

Fare Rame



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

SOPRINTENDENZA PER I BENI CULTURALI
UFFICIO BENI ARCHEOLOGICI

FareRame

2021 - PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
SOPRINTENDENZA PER I BENI CULTURALI

*Tutti i diritti riservati – nessuna parte di questo libro
può essere riprodotta o trasmessa in qualsiasi forma o
con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico o altro, senza
l'autorizzazione dei proprietari dei diritti d'autore e
dell'editore*

Presidente della Provincia autonoma di Trento
Maurizio Fugatti

Assessore all'istruzione, università e cultura
Mirko Bisesti

Dirigente generale del Dipartimento istruzione e
cultura
Roberto Ceccato

Dirigente generale di Unità di missione strategica
per la tutela e la promozione dei beni e delle attività
culturali
Franco Marzatico

Direttore dell'Ufficio beni archeologici
Franco Nicolis

A cura di
Paolo Bellintani e Elena Silvestri

Impaginazione
Giorgia Sardelli e Elena Silvestri

Revisione impaginazione e stampa
Publistampa Arti grafiche – Pergine Valsugana

Referenze grafiche e fotografiche
(quando non specificato)
*Archivio dell'Ufficio beni archeologici
Provincia autonoma di Trento*

In copertina
*Foto: forno fusorio da Valcava (comune di Fierozzo)
Disegno: Livia Stefan
Composizione grafica: Livia Stefan*



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



ISBN 978-88-7702-506-7

© Provincia autonoma di Trento



FARE RAME

La metallurgia primaria della tarda età
del Bronzo in Trentino: nuovi scavi
e stato dell'arte della ricerca sul campo

a cura di Paolo Bellintani e Elena Silvestri



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
SOPRINTENDENZA BENI CULTURALI
Ufficio beni archeologici

È da quasi mezzo secolo che, anche nel campo dei Beni Culturali, la Provincia autonoma di Trento esercita competenze che prima erano dello Stato. Nonostante le difficoltà e le sfide del nuovo millennio, restano saldi i risultati sin qui raggiunti sotto il profilo della conservazione e della valorizzazione della ricca e diversificata realtà trentina, a testimonianza dell'impegno attento con cui l'Amministrazione si è mossa al riguardo. Tutto ciò grazie a diversi fattori, in primis la potestà legislativa che ha permesso, ferme restando le normative statali in materia, di coadiuvare le stesse con provvedimenti di settore, consentendo di adattare le strutture organizzative di gestione del patrimonio archeologico, monumentale, storico-artistico, librario e archivistico alla realtà ambientale, sociale e amministrativa della nostra terra.

Anche negli ultimi anni notevole è stato lo sforzo, progettuale e finanziario, profuso nei campi del restauro, della catalogazione, dell'editoria dedicata e, infine, degli allestimenti permanenti. Tra questi ultimi è giunto a felice conclusione, nel giugno scorso, quello del Parco Archeo Natura di Fiavé che dà compimento a un virtuoso percorso di tutela – conservazione – valorizzazione, iniziato con le indagini archeologiche dirette, tra gli anni '70 e '80 del secolo scorso, dal compianto Renato Perini e proseguito con l'allestimento nel 2012 del Museo delle Palafitte di Fiavé che ha permesso la valorizzazione del ricchissimo patrimonio archeologico-palafitticolo fiavetano.

Tra i progetti di valorizzazione del patrimonio archeologico portati a termine negli ultimi anni vi è anche il progetto europeo "Virtual Arch" (2017-2020) a cui la Soprintendenza per i beni culturali ha partecipato con l'obiettivo di diffondere la conoscenza del ricchissimo patrimonio archeo-minerario di età medievale e moderna del Monte Calisio (Argentario) e renderlo visibile e fruibile da parte del pubblico più vasto grazie alla realizzazione di percorsi tematici e la creazione di contenuti e strumenti multimediali.

Miniere e metalli sono "di casa" in Trentino fin dalle più remote origini della metallurgia, ossia dalle età del Rame e del Bronzo. Dobbiamo queste importanti conoscenze ad un lungo percorso di ricerca che parte negli anni '60 del secolo scorso, con le prime esplorazioni di Ernst Preuschen, con cui collaborano Giuseppe Šebesta, allora direttore del Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina e, ancora una volta, Renato Perini, affiancato da un giovane funzionario dell'Ufficio beni archeologici: Franco Marzatico. Fu Perini, tra l'altro, a dare avvio ad una fruttuosa collaborazione con la massima istituzione scientifica europea in campo minerario: il Deutsches Bergbau-Museum di Bochum (Germania), in seguito alla scoperta nel 1979 ad Acqua Fredda al passo di Redebus di un complesso, eccezionalmente ben conservato, di installazioni per la lavorazione del minerale di rame, datato alla tarda età del Bronzo.

Oltre ad acquisire fondamentali informazioni sulla metallurgia primaria protostorica del Trentino orientale, valorizzate grazie ad interventi in convegni scientifici ma anche con eventi espositivi di più ampio respiro come "Ori delle Alpi" (Trento – Castello del Buonconsiglio 1997), uno dei più significativi risultati di tali ricerche è stata la realizzazione, nel 2008, dell'area archeologica di Acqua Fredda, punto di riferimento per il turismo eco-archeologico, grazie anche alle attività didattiche e divulgative realizzate dai Servizi Educativi dell'Ufficio beni archeologici nella stagione turistica.

Tali attività rappresentano solo alcuni esempi che evidenziano quale sia il ruolo della tutela, primario compito della Soprintendenza, nel campo dei beni culturali e specificamente in quello archeologico. Non si tratta di mera salvaguardia fine a se stessa, ma di condizione sine qua non per un corretto sviluppo culturale del territorio, che si attua, in prima istanza, con la partecipazione e il controllo pubblico alla programmazione e poi alla realizzazione delle opere che incidono (in senso fisico) sul territorio. Capire chi siamo (stati) e perché siamo (così e non altrimenti) attraverso l'archeologia è compiere un vero e proprio viaggio alle radici della nostra Storia. E le radici non vanno scoperte ed esposte alle intemperie di uno sviluppo incontrollato, ma vanno protette e valorizzate. Solo così si coniugano sviluppo e identità, elementi imprescindibili sia della cittadinanza, sia di un'offerta turistica che miri alla definizione di un brand distintivo, specifico, immediatamente riconoscibile.

Tutto questo parte (anche) dalla Tutela. Ed è grazie a quella attuata dall'Ufficio beni archeologici che è stato possibile realizzare questo volume che aggiorna, sul piano scientifico, le conoscenze su uno degli aspetti più interessanti del passato remoto del Trentino. Più di 3000 anni fa, infatti, il rame della Valsugana e dei territori limitrofi era sfruttato non solo per uso locale, ma anche per una rete di scambi che le più recenti indagini ci indicano come estesa dall'Adriatico al Baltico. Nel nostro mondo globalizzato queste dinamiche di relazione offrono spunti di riflessione utili anche per l'attualità.

A quanti a vario titolo si sono impegnati nelle ricerche, nelle pubblicazioni e nelle tante occasioni di confronto va un sentito ringraziamento.

Nella vasta estensione degli indirizzi della ricerca pre-protostorica, fin dalle origini della disciplina, il tema della produzione metallurgica, nella sua più ampia accezione, ha occupato uno spazio fondamentale. Generazioni di studiosi si sono impegnati e si applicano tuttora per dare risposta ai tanti interrogativi implicati dall'utilizzo del metallo. Come risaputo, e come delineato dai principi teorici della *Montan Archaeology*, secondo le accezioni di Thomas Stöllner, l'estrazione del metallo coinvolge un ampio ventaglio di aspetti che rientrano nelle sfere di interesse di più campi di ricerca. Tali aspetti è utile siano considerati nella loro globalità, con l'apporto degli specialisti di settore, in termini interdisciplinari. Entrano pertanto in gioco una pluralità di campi di ricerca, come ben testimonia questa pubblicazione che, dovuta all'impegno dei curatori Paolo Bellintani ed Elena Silvestri cui va un dovuto ringraziamento, intende fare il punto sullo *status quaestionis* a proposito della complessità della produzione metallurgica, tema cruciale per l'arco alpino e non solo. Tracce di rame "trentino" sono state segnalate infatti in spazi ben lontani dall'area di provenienza, fino in Italia meridionale, nei Balcani, in Grecia e in Scandinavia. In questo scenario sono pertanto chiamate in causa impostazioni di studio geologico e minerario, con l'apporto dei più recenti metodi di individuazione di traccianti isotopici e geochimici per definire provenienza e direttrici di circolazione del metallo che, peraltro, attendono ulteriori affinamenti. In questo senso si riscontrano alcune incongruenze - tema di costruttivo dibattito - fra quanto si può desumere dal confronto dei dati desumibili dalle evidenze archeologiche e dalle analisi. D'altra parte vanno considerati come importante arricchimento, non scevro di ulteriori sviluppi, gli approfondimenti conoscitivi sugli aspetti tecnologici connessi alla definizione della catena operativa della produzione che, più in particolare, negli ultimi decenni, hanno visto crescere gli apporti, grazie soprattutto all'analisi delle scorie. L'insieme dei dati contribuisce ad aumentare il grado di definizione dei processi produttivi e del loro impatto, nelle prospettive di ricostruzione storica dell'archeologia, alla quale afferiscono le questioni articolate della classificazione e attribuzione dei manufatti, degli sviluppi culturali e socio-economici, delle relazioni, contatti e scambi, materie anche queste di discussione. Il metallo dal suo primo utilizzo, fino dalla Pre-protostoria e oltre, segna dinamiche di sviluppo e recessione che intercettano i rapporti mutevoli fra centro e periferia, tanto è vero che venti anni fa è stato dato alla stampa un volume dal titolo eloquente: *"Metals Make the World Go Round"*. Da allora il dibattito non è affatto concluso e si è anzi integrato, sulla scorta di nuovi dati archeometrici, di ricerche e scavi che hanno anche prodotto posizioni differenti sul piano interpretativo. Come si evince da questo volume il confronto non può che essere utile stimolo per la ricerca in un settore che ha visto un'attenzione sempre crescente, come testimoniano la ricchezza della letteratura, iniziative espositive quale la mostra *"BERGAUF BERGAB-10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen"* e l'organizzazione di convegni e altre occasioni di scambio di informazioni e opinioni. In conclusione a quanti a diverso titolo hanno contribuito alla realizzazione della pubblicazione e del convegno annesso va un sentito ringraziamento, nella consapevolezza dell'importanza che assume la pubblicazione nel contesto dello sviluppo della ricerca.

Franco Marzatico

*Dirigente generale di Unità di missione strategica
per la tutela e la promozione dei beni
e delle attività culturali*

Nelle giornate tra il 9 e l'11 maggio 2013, si tenne a Trento e a Fivè l'incontro di studio *Fare Rame. La metallurgia primaria della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi, confronti e stato dell'arte*, organizzato dall'Ufficio beni archeologici e dedicato ai cosiddetti "siti fusori", ossia alle officine di lavorazione del minerale di rame della tarda età del Bronzo del territorio trentino. Scopo dell'incontro era la ricerca di una migliore definizione delle problematiche connesse a questi singolari contesti archeologici, a fronte di alcuni nuovi interventi di tutela, ricerca e valorizzazione, eseguiti dopo il 2000. Si era allora interrotta da alcuni anni, non volutamente ma di fatto, una felice stagione di collaborazione tra l'Ufficio di Trento, nelle persone di Renato Perini e Franco Marzatico, e il *Deutsches Bergbau-Museum* di Bochum, una tra le più qualificate istituzioni di ricerca in campo archeo-minerario a livello internazionale. Tale collaborazione, avviata in seguito alla scoperta nel 1979 dell'eccezionale complesso di Acqua Fredda al Passo del Redebus, nel Trentino orientale, e che comportò diverse campagne di scavo tra il 1985 e il 1995, si era drammaticamente interrotta con la scomparsa nel 2006 del direttore di dette ricerche, Jan Cierny. Si deve ai suoi colleghi, ossia a Thomas Stöllner, Gerd Weisgerber e Gabriele Körlin, con cui collaborò anche Franco Marzatico, al tempo alla direzione del Museo del Castello del Buonconsiglio, la pubblicazione integrale delle ricerche in un volume di *"Der Anschnitt" (Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen, n. 22, 2008)*. Oltre agli scavi ad Acqua Fredda, nel volume compare anche la schedatura di tutti i siti fusori rinvenuti nel corso degli anni di ricognizione sul territorio. Si tratta di ben 198 segnalazioni, che ancora oggi costituiscono oltre il 90% dei siti noti in questa regione mineraria.

Il lavoro dell'Ufficio beni archeologici negli ultimi 20 anni è ripartito appunto da qui, ossia dalla necessità di dare continuità a quelle azioni di tutela, conservazione e valorizzazione. Alcuni nuovi interventi di scavo su siti già noti (Segonzano - Peciapian; Transacqua - Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro; Luserna - Platz von Motze; Fierozzo - Valcava) portarono anche alla ripresa dei contatti con l'Università di Bochum, in particolare con Andreas Hauptmann, e a nuove collaborazioni, soprattutto con l'Università di Padova (Gilberto Artioli e Ivana Angelini) in funzione dell'imprescindibile apporto delle indagini archeometriche in questo settore, cui si aggiunsero anche una serie di campagne di ricerca sperimentale sul processamento del minerale, realizzate tra il 2004 e il 2011 nell'area archeologica di Fivè.

Il convegno del 2013 fu l'occasione per dare le prime informazioni sui nuovi interventi di scavo, cercando nel contempo un confronto con l'archeologia mineraria transalpina (in particolare con i colleghi dell'Università di Innsbruck Gert Goldenberg, Thomas Koch Waldner, Ulrike Töchterle, Markus Staudt) nonché con un altro progetto di ricerca in corso (anche) nel territorio trentino: il progetto *"ad Metalla"* diretto da Armando De Guio (Università di Padova).

I molti impegni a cui siamo stati chiamati in questi anni (per non parlare di cosa è successo dopo il 2019...) hanno rallentato i lavori per gli Atti, divenuti nel frattempo obsoleti a causa del proseguimento delle ricerche nei siti fusori presentati al convegno, nonché di nuove scoperte come quella del sito fusorio di Sant'Orsola - Le Val. Si è preferito pertanto editare un volume che, partendo dai lavori congressuali di otto anni fa, aggiornasse al meglio il quadro delle ricerche sul campo in Trentino, entrando nel dettaglio soprattutto della caratterizzazione dei depositi, degli spazi e delle strutture dei siti fusori, fino ad oggi rappresentati in modo adeguato solo dal contesto di Acqua Fredda. Si tratta in diversi casi di interventi non conclusi ma nonostante ciò e nei limiti di tale situazione si è tentato un sunto conclusivo, una visione d'insieme, lo "stato dell'arte" della ricerca sul campo. Questo perché l'archeologia delle miniere e della metallurgia primaria (o estrattiva) del rame è un settore fortemente connotato da aspetti specifici. La non ubiquità delle risorse minerarie e quindi delle evidenze archeologiche del loro sfruttamento ne fanno un fenomeno tendenzialmente regionale. Inoltre, la specifica "tecnicità" della ricerca sul campo, per non parlare di quella di laboratorio, hanno avuto conseguenze importanti nell'ambito del dibattito scientifico: da una parte un suo tendenziale isolamento, per certi aspetti simile a quello degli studi sulle "palafitte", senza averne tuttavia il fascino e il richiamo mediatico, dall'altra il grande "balzo in avanti", nell'ultimo ventennio, degli studi di caratterizzazione della provenienza delle materie prime, studi che talvolta ignorano, talaltra sono ignorati dalla cosiddetta "archeologia tradizionale", richiamando tuttavia maggiormente l'attenzione sia del grande pubblico che dei grandi "investitori" di risorse nel campo della ricerca archeologica (progetti europei ecc.).

L'archeologia sul campo (anche quella d'emergenza) è ricerca di base, senza la quale non si raggiunge nuova conoscenza. Opere "provvisorie" come questa ci auguriamo possano servire non solo ad affinare e a meglio comprendere le relazioni tra la metallurgia primaria pre-protostorica dei due versanti delle Alpi centro-orientali (che già sappiamo "consorelle" per molti aspetti), ma anche per avviare una più specifica riflessione sulla ricerca e sulla tutela di questi contesti nelle regioni minerarie della Penisola e delle grandi isole d'Italia.

Ancora dall'archeologia d'emergenza viene l'ultima importante prospettiva per la ricerca presente e futura. La tempesta Vaia nel 2018 e i lavori che l'hanno seguita hanno messo in luce il deposito archeologico presso il sito minerario di Vetriolo, causando qualche danno ma permettendo finalmente di dare un preciso inquadramento cronologico (facies Luco/Laugen A per quanto ad oggi noto), dei lavori di estrazione mineraria individuati nel 1960 da Preuschen. Da qui il progetto di una prima campagna d'indagine in collaborazione con l'Università di Bochum (Aydin Abar) nel corso dell'autunno 2021.

Vogliamo cogliere l'occasione per ringraziare tutte le persone che in questi anni ci hanno affiancato, aiutato e spesso preceduto. Il primo pensiero va a chi è "sul campo" più di noi: gli appassionati locali che nel tempo ci hanno segnalato i siti, l'indispensabile e instancabile Marco Gramola senza il quale le ricerche in molti siti non sarebbero nemmeno iniziate, l'Ufficio distrettuale forestale di Pergine Valsugana (Giorgio Zattoni, Susan Curzel, Massimiliano De Unterrichter ora in pensione), la Stazione forestale di Baselga di Pinè, l'ex custode forestale di Pergine Maurizio Beber, i forestali del comune di Levico Terme, soprattutto Marco Marchesoni, il custode forestale di Segonzano Stefano Schir, i sindaci e gli uffici comunali di Baselga di Pinè, Bedollo, Frassilongo, Fierozzo, Lavarone, Levico Terme, Luserna, Primiero San Martino di Castrozza, Roncegno Terme, Segonzano, S. Orsola Terme, i presidenti delle ASUC del Pinetano e della Valle dei Mocheni, i progettisti, soprattutto Alessandra Gomiero, e i titolari delle ditte di movimento terra che nel tempo, alcuni con grande sensibilità, ci hanno aiutato nella tutela dei siti sul territorio.

Per la redazione ringraziamo Giorgia Sardelli, che ha lavorato alla prima impaginazione degli articoli. Grazie ai colleghi Elisabetta Mottes, Roberta Oberosler e Monica Dorigatti per l'aiuto in varie fasi del lavoro. A Livia Stefan dobbiamo la stupenda copertina.

Grazie ad Aydin Abar, a Erica Hanning e a Mark Pearce per le traduzioni e il supporto con i testi in inglese.

Paolo Bellintani e Elena Silvestri

SOMMARIO

- 13 **Il sito fusorio di Segonzano località Peciapian. Ricerche 2007, 2008, 2011, 2013**
Paolo Bellintani, Nicola Degasperi, Michele Bassetti, Siria Biagioni, Marco Marchesini, Nicoletta Martinelli, Silvia Marvelli, Olivia Pignatelli, Elisabetta Rizzoli, Elena Silvestri, Carmela Vaccaro, Lisa Volpe
- 79 **Il sito di produzione metallurgica di Luserna, località Platz Von Motze. Ricerche 2005 – 2016**
Franco Nicolis, Nicola Cappelozza, Paolo Bellintani
- 117 **I siti fusori di Transacqua località Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro. Ricerche 2007 e 2008**
Paolo Bellintani, Nicola Degasperi, Michele Bassetti, Lisa Volpe, Carmela Vaccaro
- 145 **Il sito fusorio di Fierozzo, località Valcava (TN). Ricerche 2012**
Paolo Bellintani, Nicola Pagan, Michele Bassetti, Nicoletta Martinelli, Olivia Pignatelli
- 165 **Il sito fusorio della tarda età del Bronzo Le Val di Sant'Orsola (TN) – scavi 2014**
Elena Silvestri, Nicola Degasperi, Michele Bassetti, Paolo Bellintani
- 179 **Lavarone, località Malga Rivetta**
Cristiano Nicosia, Armando De Guio
- 187 **L'inizio della seconda fase della coltivazione del rame nel Trentino – Alto Adige/Südtirol**
Mark Pearce, Paolo Bellintani, Franco Nicolis
- 199 **Produzione metallurgica primaria e circolazione del rame nelle Alpi sud-orientali fra dati acquisiti e problemi aperti**
Franco Marzatico
- 223 **Prehistoric mining, beneficiation and smelting of copper ores in the Lower Inn Valley, North Tyrol, Austria**
Gert Goldenberg
- 237 **Ugelli utilizzati nella metallurgia del rame durante l'età del Bronzo**
Ulrike Töchterle, Markus Staudt, Peter Tropper

- 253 **Recycling of “slag sand”: the use of granulated copper smelting slag as tempering component in prehistoric pottery during the Late Bronze to Early Iron Age in North Tirol**
Markus Staudt

- 269 **Fare rame: quadro di sintesi su siti e strutture produttive della metallurgia primaria protostorica del Trentino**
Paolo Bellintani, Elena Silvestri (a cura di), Michele Bassetti, Nicola Cappellozza, Nicola Degasperi, Franco Nicolis, Nicola Pagan, Mark Pearce

IL SITO FUSORIO DI SEGONZANO LOCALITÀ PECIAPIAN. RICERCHE 2007, 2008, 2011, 2013

Paolo Bellintani, Nicola Degasperi, Michele Bassetti, Siria Biagioni, Marco Marchesini, Nicoletta Martinelli, Silvia Marvelli, Olivia Pignatelli, Elisabetta Rizzoli, Elena Silvestri, Carmela Vaccaro, Lisa Volpe*

Riassunto

La località “Peciapian” di Segonzano, in Val di Cembra (Trentino orientale), già segnalata nel 1991, è stata oggetto di 4 campagne di scavo (2007, 2008, 2011, 2013) a seguito di lavori di allargamento della strada forestale che attraversa il sito. Il pianoro interessato dalle presenze archeologiche (ca 1350 m s.l.m.), attualmente ricoperto da un bosco di conifere e nel recente passato da un prato/pascolo, si caratterizza per la costante emergenza della falda idrica che crea un’area umida nella parte a meridione. La disponibilità di acqua fu certamente uno dei fattori determinanti per la scelta del sito in cui praticare l’attività fusoria, mentre non vi sono elementi al momento per poter ipotizzare da quali giacimenti provenisse il minerale cuprifero qui processato (tra quelli noti, i più vicini si collocano nella Valle dei Mocheni e nell’Altopiano di Pinè, a circa 10 km di distanza).

Delle tre aree caratterizzate dalla dispersione di scorie derivanti da processi metallurgici primari, quella di maggiori dimensioni è l’area A (ca 5200 m²), esplorata con 48 piccoli sondaggi (di delimitazione) e 5 saggi di scavo (da 2 a 52 m² di estensione per una potenza stratigrafica ad oggi rilevata da 30 a 90 cm) che tuttavia non hanno raggiunto la base del deposito archeologico.

L’Area A è stata inoltre distinta in “zone”, parzialmente sovrapposte, sulla base delle caratteristiche macroscopiche dei depositi, presumibilmente corrispondenti al tipo di attività svolte: la zona verde, con scorie di fusione piatte e grossolane (ca. 3.600 m²) che si ritiene la zona più plausibile per la localizzazione di strutture fusorie (tuttavia non ancora identificate), la zona gialla (ca. 2.000 m²) indagata con il sondaggio 1, che presenta accumuli di sabbia di scorie con funzione di probabile arginatura del bacino idrico meridionale, ed infine la zona marrone (ca. 2300 m²), indagata con il sondaggio 4 (32 m²) che si presenta come un’area umida ricca di sfasciumi vegetali, carboni, schegge di legno, con depositi di sabbia di scorie, probabilmente destinata ad operazioni di lavaggio e di scarico di residui delle lavorazioni, dove la presenza di un ambiente saturo d’acqua ha creato le condizioni riducenti che hanno preservato la sostanza organica dai processi di degradazione ossidativa.

Lo scavo del Settore 1 (area A – zona gialla) ha permesso di rilevare 5 fasi di attività in quest’area:

- Fase 1, alternanza di livelli organici ricchi di macroresti vegetali intercalati a piani di calpestio composti da sabbia di scorie, con numerosi elementi lignei verticali (paletti) e orizzontali (pali o travi);
- Fase 2. Strati planari di sabbia di scorie probabili superfici di calpestio in prossimità della sponda del bacino idrico;
- Fase 3. potente accumulo di “sabbia di scorie” (ca. 80 cm di potenza massima) contenuto da strutture lignee (gabbioni o semplici pareti di barriera);
- Fase 4. accumulo di scorie piatte e grossolane immerse in una scarsa matrice sabbiosa.

L’accumulo di sabbia di scorie (fase 3) è stato sottoposto anche a indagini microstratigrafiche e micro-morfologiche, con sezioni sottili analizzate tramite microscopia ottica a luce polarizzata (POM) e spettroscopia micro-Raman.

Nel complesso il sedimento ha una tessitura variabile dal limo alla ghiaia fine; una percentuale minore è rappresentata da residui vegetali.

Sono state identificate diverse modalità di trasporto e sedimentazione da attività antropica (decantazione, trasporto in massa, trasporto trattivo) che si ripetono ciclicamente e che si possono ragionevolmente collegare ad attività quali la frantumazione e la macinatura delle scorie grossolane e il successivo lavaggio e vaglio della sabbia di scorie per separarne la frazione utile a successive fasi di ri-processamento termico.

Per quanto riguarda i pochi reperti mobili, a Segonzano sono stati rinvenuti, oltre ad alcuni manufatti litici connessi alle lavorazioni (incudini e percussori), 26 frammenti ceramici tipologicamente diagnostici: si tratta di fogge vascolari troncoconiche con orlo a tesa, riferibili alla *facies* Luco/Laugen A.

Sulla base delle analisi archeobotaniche è possibile stabilire che, nella fase preinsediamento, il sito risultava ricoperto da una fitta foresta di conifere. L’instaurarsi dell’attività fusoria determinò un forte calo del

* Primo e secondo autore sono i curatori del testo; gli altri autori sono indicati in ordine alfabetico e gli specifici contributi ne riportano le sigle a inizio paragrafo.

tasso di afforestamento che scese al disotto del 50% con una netta prevalenza delle conifere. Sono testimoniate numerose piante tipiche di zone umide, compatibili con la presenza di una fonte di acqua permanente che alimentava un piccolo bacino. L'attività fusoria è registrata anche dalla presenza di microcarboni di dimensioni maggiori di 250 µm che testimoniano una diffusa presenza di attività di combustione locale. Particolarmente interessante risulta l'abbondante presenza di pollini di cereali (23%) nell'US 38 del saggio 1 il cui alto valore indica probabilmente il fenomeno di accumulo di cariossidi (non presenti nei campioni esaminati) portate nel sito per l'alimentazione.

Tra gli elementi lignei conservatesi in ambiente saturo d'acqua al di sotto dell'accumulo di sabbia di scorie rinvenuto nel Settore 1, un campione (trave orizzontale squadrata - US 16), determinato come abete rosso (*Picea abies* Karst.) è stato sottoposto a indagine dendrocronologica. Nonostante la disponibilità, presso il laboratorio IVALLSA di San Michele all'Adige, di serie provenienti da legni subfossili delle Alpi orientali che risalgono anche alla protostoria, i tentativi di datazione assoluta condotti non hanno fornito alcun risultato definitivo.

Delle cinque datazioni radiocarboniche eseguite su campioni provenienti dal sito, costituiti sia da resti arborei imbibiti (un elemento ligneo orizzontale e uno strobilo) sia da carboni, quattro sono riferibili alla fase di frequentazione più antica (Fase 1) ed uno alla Fase 4. Con i dati disponibili è stato possibile applicare la statistica Bayesiana per la creazione di un semplice modello *Phase* relativo a 3 delle 4 date disponibili per la Fase 1. Gli estremi degli intervalli modellizzati indicano la pertinenza a un periodo compreso fra la fine del XIII e l'ultimo quarto dell'XI secolo cal BC.

Considerando che tutti i materiali ceramici datanti sono pertinenti alla *facies* culturale "Luco/Laugen A" e, forse, ad un suo momento iniziale parallelo alle fasi evolute del Bronzo Recente e al passaggio al Bronzo Finale dell'area planiziarica padano-veneta (ca XII sec. a.C.), le tradizionali datazioni basate sulla tipologia e quelle radiometriche sono, nel complesso, coerenti.

Summary

The smelting site at the locality of Segonzano "Peciapian" in the Cembra Valley (eastern Trentino), already known since 1991, was the subject of 4 excavation campaigns (2007, 2008, 2011, 2013) after road works cut the archaeological deposit of the site. The plateau affected by human presence (ca. 1350 m a.s.l.), currently covered by a coniferous forest and in the recent past by a meadow/pasture, is characterized by the constant outcrop of water, which creates a humid area in the southern zone. The availability of water was certainly one of the factors for the choice of the site, while at the moment there is not enough data to hypothesize about the exploited deposits for the copper ore processed at the site (among those known, the closest are located in the Mocheni Valley and in the Pinè Plateau, each about 10 km away). Out of the three zones characterized by the slag dispersion, the largest one is zone A (about 5200 m²). It was explored with 48 test pits and 5 excavation areas (between 2 and 52 m² of extension, with a depth of 30 to 90 cm, up to now, in which bedrock hasn't been reached yet).

On the basis of the macroscopic characteristics of the deposits, presumably corresponding to the type of activity carried out, zone A was divided into partially overlapping sectors (Fig. 7).

In the green sector, which is considered the most plausible area for the location of smelting structures (however, not yet identified), plate and coarse slags (approx. 3,600 m²) were found.

In the yellow sector (approx. 2,000 m²) the excavation area 1 shows heaps of slag sand with the function of probable embankment of the southern humid area. Finally the brown sector (approx. 2300 m²), with the excavation area 4 (32 m²), is a very humid area where the presence of water has created the perfect conditions for the conservation of organic substance such as faunal and botanical remains. The area was most likely dedicated to operations of washing and discarding of processing residues, as the "slag sand" deposits would indicate. In the excavation area 1 (zone A - yellow sector) 5 phases of activity were identified:

- *Phase 1: alternation of organic levels, rich in botanical macro-debris, and walking surfaces composed of slag sand, with numerous wooden elements such as vertical and horizontal poles and beams;*
- *Phase 2: horizontal layers of slag sand, probable walking surfaces near the bank of the water basin;*
- *Phase 3. thick heaps of "slag sand" (approx. 80 cm of maximum thickness) contained by wooden structures (gabions or simple fences);*
- *Phase 4. heaps of plate slag and coarse slag embedded in a sandy matrix.*

The "slag sand" heap (phase 3) was also subjected to microstratigraphic and micromorphological investigations. Thin sections were analysed with the help of a polarized light optical microscopy (POM) and micro-Raman spectroscopy. Overall, the sediment has a variable texture from silt to fine gravel; a smaller percentage consists of botanical residues. Different modes of transport and sedimentation by anthropogenic activity have been identified (decantation, mass transport, tractive transport) which were repeated cyclically or seasonally and which can be reasonably connected to activities such as crushing and grinding of coarse slags and the subsequent washing of them to separate the copper-rich fraction for re-processing steps.

For what concerns findings, in addition to some stone tools connected to crushing and grinding (anvils and pounders), 26 typologically diagnostic ceramic fragments were found: these are truncated cone-shaped vascular shapes referable to the Luco/Laugen A horizon.

On the basis of archaeobotanical analyses it is safe to state that the site was covered by a dense coniferous forest in the pre-settlement phase. The beginning of the smelting activities led to a sharp decline in the afforestation rate which fell below 50% with a clear prevalence of conifers. Numerous wetland plants are documented, indicative of the presence of a permanent water source that created a small basin. The smelting activity is also confirmed by the presence of pieces of microcarbon larger than 250 μm , which shows a widespread presence of local combustion activities. Particularly interesting is the abundant presence of pollen of cereals (23%) in SU 38 of excavation area 1. The high value suggests that unprocessed cereals (not present in the samples examined) were brought to the site as staple food.

Among the wooden elements preserved in the environment saturated with water below the "slag sand" heap in the excavation area 1, a sample (squared horizontal beam - SU 16), determined as spruce (*Picea abies* Karst.) was subjected to dendrochronological analyses. Despite the availability, at the IVALSA laboratory in San Michele all'Adige, of series coming from subfossil woods of the eastern Alps dating back to prehistory also, the analysis didn't provide any definitive results.

Five radiocarbon dates have been carried on samples from the site, consisting of both tree remains (a horizontal wooden element and a strobilus) and charcoals; four refer to the earliest frequentation phase (Phase 1) and one to the Phase 4. It was possible to apply the Bayesian statistics for the creation of a simple Phase model related to 3 of the 4 dates available for Phase 1. The intervals indicate a period between the end of the 13th and the end of the 11th century cal BC.

Considering that all datable pottery fragments are referable to the cultural facies "Luco/Laugen A" and, perhaps, to an initial moment of it corresponding to the last phases of the recent Bronze Age - transition to the final Bronze Age of the Po-Veneto plain (12th century BC ca.), traditional typology and radiometric dates are quite coherent.

Parole chiave: sito di estrazione del rame; sabbia di scorie; età del Bronzo Recente e Finale; analisi micro-morfologica; indagini botaniche; dendrocronologia; analisi radiocarboniche.

Key words: smelting site; slag sand; Recent and Final Bronze Age; micromorphology; botanical analyses; dendro-chronology; radiocarbon analyses.

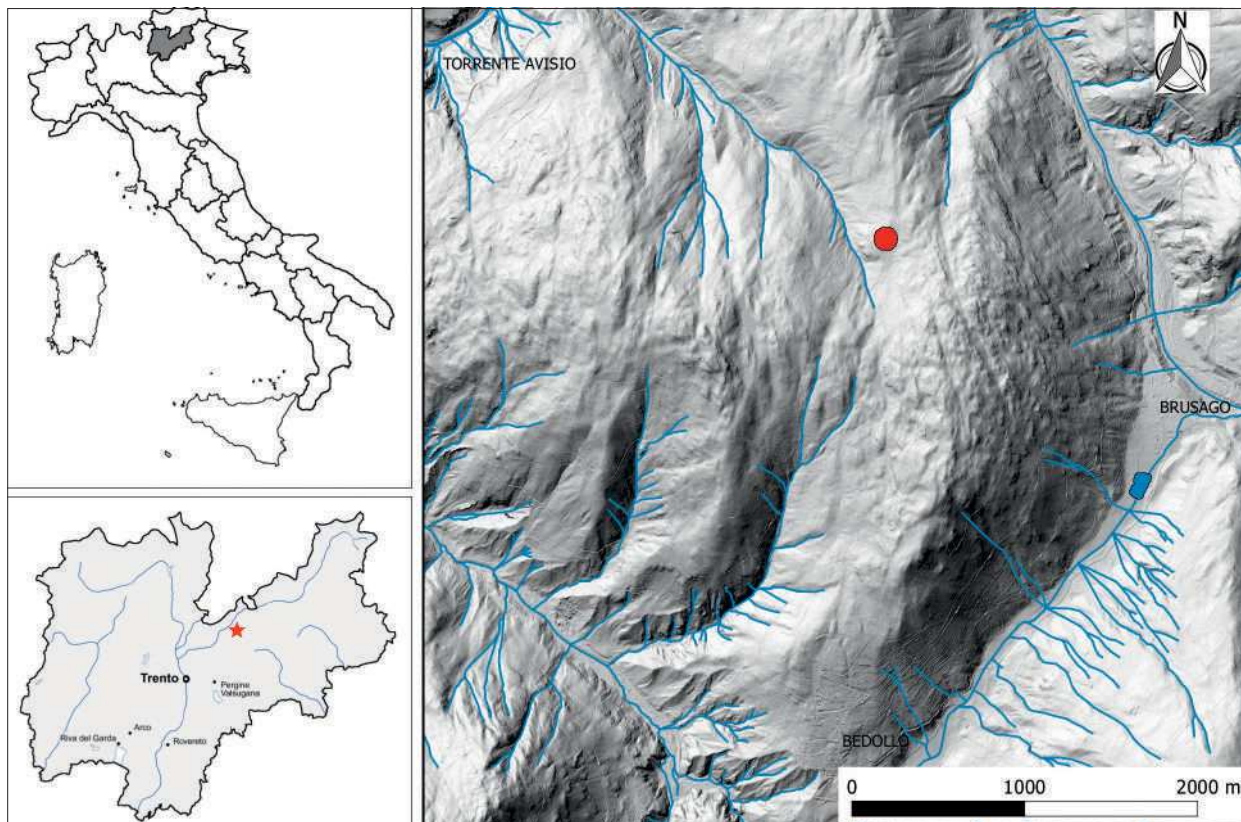


Fig. 1. Segonzano – Loc. Peciapian (Val di Cembra – Trentino orientale): inquadramento geografico e topografico del sito.
 Fig. 1. Segonzano – Loc. Peciapian (Cembra Valley – eastern Trentino): geographic and topographic maps of the site.

Introduzione

La località “Peciapian” di Segonzano, in Val di Cembra, (coordinate UTM WGS 84: 1677919E, 511800N) si trova a circa 25 km a NE di Trento sulla sinistra idrografica del torrente Avisio, corso d’acqua che at-

traversa le Valli di Fassa, Fiemme e infine la stessa Val di Cembra, attraverso la quale il torrente confluisce nell’Adige. Peciapian si trova a circa 1350 m s.l.m. e occupa un pianoro orientato grosso modo S-N che fino a pochi decenni fa era destinato a prato/pascolo (Fig. 1).

Attualmente è ricoperto da una fitta vegetazione boschiva con abete, pino nero e rare betulle. Il sottobosco è caratterizzato da vegetazione a cespuglio (mirtillo nero). Il substrato geologico è dominato da vulcaniti permiane con numerosi massi affioranti dal suolo. A causa di alcune sorgenti ai margini del pianoro, una parte di questo è occupata da un’area umida con torbe.

L’area fusoria di Peciapian è stata segnalata per la prima volta nel 1991 (TECCHIATI 1991) e, sulla base dei frammenti ceramici recuperati, è stata attribuita all’età del Bronzo Recente e/o Finale ossia, approssimativamente, all’interno dell’arco cronologico che va dal XIII al X sec.a.C.

Rinvenimenti di scorie collegabili ad attività metallurgiche (Fig. 2) sono stati segnalati anche in altri siti a poca distanza da Peciapian, sui rilievi compresi tra l’Avisio e il Rio Brusago (MARZATICO 1994; CIERNY 2008, pp. 105-106).

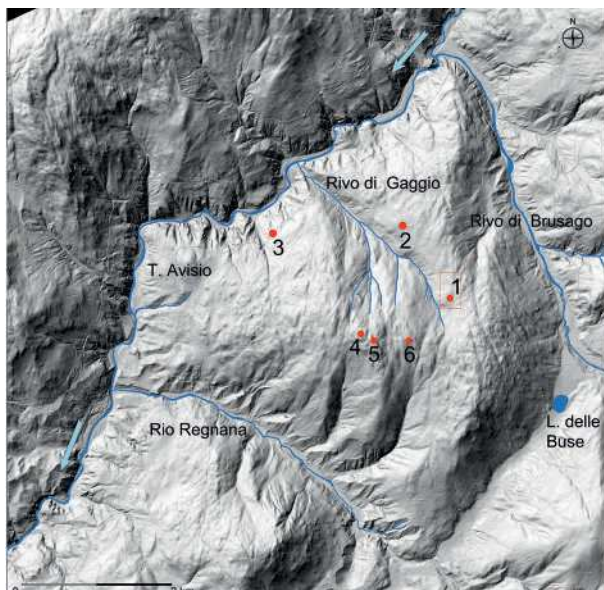


Fig. 2. Siti fusori nel territorio comunale di Segonzano: 1. loc. Peciapian; 2. Ciliegio-Ceresar; 3. Madonna dell’Aiuto; 4.5.6. Dossi di Segonzano.

Fig. 2. Smelting sites in the municipality of Segonzano: 1. loc. Peciapian; 2. Ciliegio-Ceresar; 3. Madonna dell’Aiuto; 4.5.6. Dossi di Segonzano.

Inquadramento geologico, geomorfologico e minerario (MB)

La Valle di Cembra si trova nel settore centroccidentale delle Alpi orientali, nel Trentino orientale. Essa rappresenta il tratto finale del corso del torrente Avisio, che assieme al Noce è il principale affluente dell'Adige in provincia di Trento.

Nell'area (Fig. 3) affiora estesamente il substrato costituito da sequenze di colate prevalentemente ignimbriche di composizione riolitica del Gruppo Vulcanico Atesino (Permiano inferiore), note in letteratura come ignimbriti riolitiche della Formazione di Ora (AVANZINI *et alii* 2010). In corrispondenza del sito archeologico oggetto del presente lavoro, il substrato è attraversato da una faglia riferibile al sistema tettonico di direzione NO-SE (AVANZINI *et alii* 2010).

La geomorfologia e la configurazione della rete idrografica sono profondamente condizionate

dall'assetto litostrutturale, dalla giacitura delle vulcaniti permiane e dagli effetti erosivi prodotti sulla loro superficie dai processi glaciali e dai fenomeni periglaciali e paraglaciali che si sono impressi soprattutto a partire dall'ultima grande espansione glaciale (LGM - Last Glacial Maximum) (IVY-OCHS *et alii* 2004; RASMUSSEN *et alii* 2014).

Nell'ampio bacino dell'Adige l'acme glaciale è marcato da una datazione radiometrica presso Spormaggiore, in Val di Non, tra 24.100 e 23.000 anni BP. Nella zona in oggetto, le morene LGM più elevate sono state riconosciute presso il Passo di Redebus (Malga Pez), a quota 1585 m s.l.m. Nell'area oggetto di indagine la fase di deglaciazione non fu graduale ma soggetta a temporanee rianzate della massa glaciale che produssero, nei fondovalle e sui versanti, la deposizione di una serie di lasciti morenici poste a quote decrescenti (Sistema del Garda, AVANZINI *et alii* 2010).

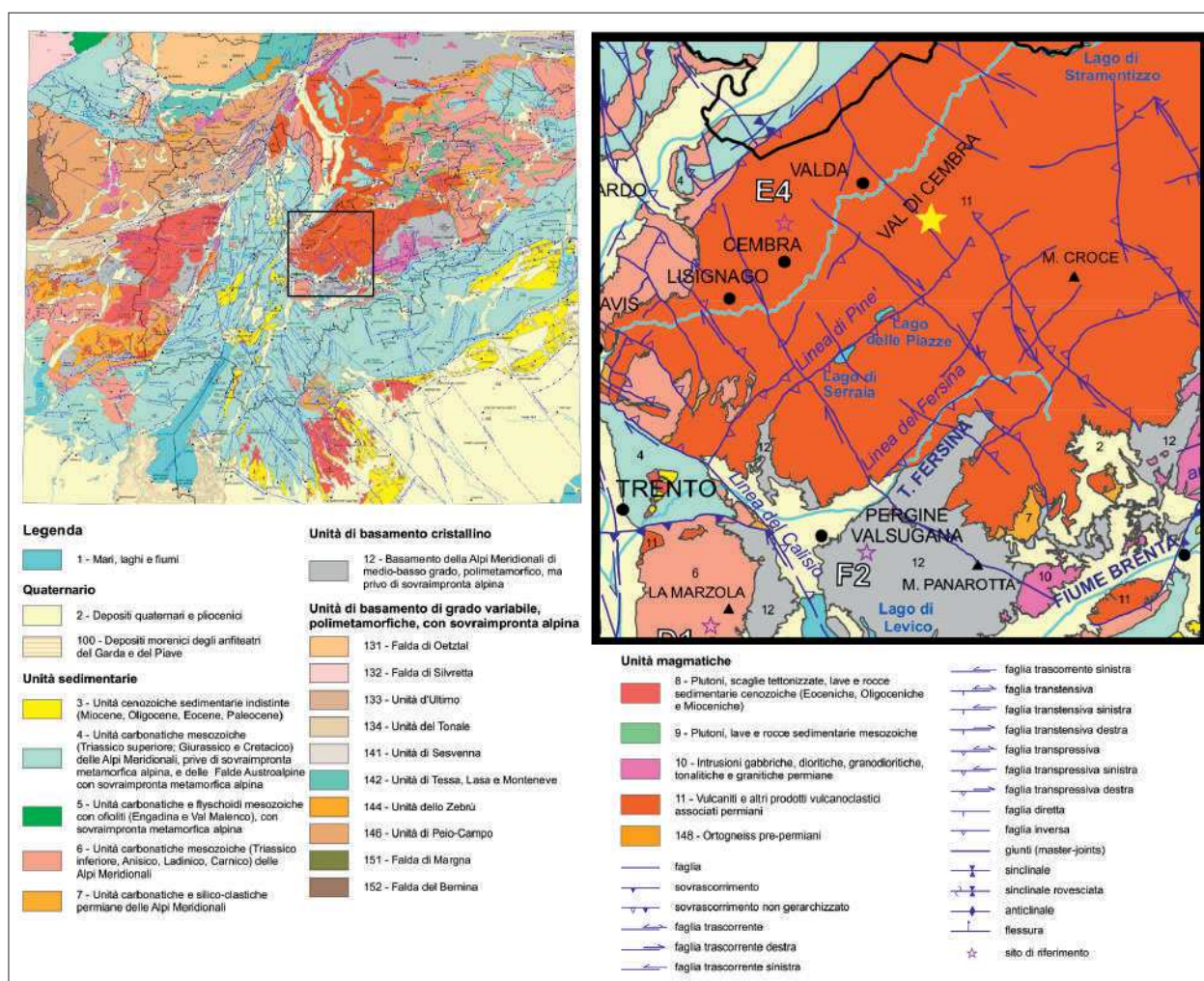


Fig. 3. Inquadramento geologico del sito. La stella gialla indica il sito di Segonzano "Peciapian" (modificata da: "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". Gennaio 2018 – 1°aggiornamento, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>).

Fig. 3. Geological map of the area. The yellow star shows the position of the site of Segonzano "Peciapian" (after "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". January 2018 – 1°update, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>).

La frammentazione della massa glaciale atesina in bacini locali provocò in Valle di Cembra la formazione di ghiaccio morto e la conseguente deposizione lungo i suoi fianchi di potenti depositi di genesi fluvio-glaciale, alluvionale, glaciolacustre e di contatto glaciale (Subsistema di Lisignago, AVANZINI *et alii* 2010). La progressiva fusione del ghiaccio ha portato all'erosione dei depositi e la conseguente formazione di superfici terrazzate conservate dalle quote più elevate a quote man mano decrescenti, conferendo al paesaggio della Valle di Cembra l'attuale fisionomia.

Il sito di Peciapian è ubicato sulla destra idrografica della valle del Rivo di Gaggio, confluyente nel torrente Avisio dal versante sinistro della Valle di Cembra. In particolare, il sito è posto alla quota di circa 1350 metri s.l.m., presso una morena laterale adagiata sulla testata della valle, che in questo tratto assume direzione NNO-SSE. Su questi depositi si sono accumulati detriti di versante provenienti dal degrado delle vulcaniti permiane affioranti sul versante occidentale.

Tra il versante roccioso e la limitata depressione, confinata a est dal deposito morenico, si osservano depositi molto ricchi di sostanza organica con torbe feltrose a *Sphagnum* intercalate a sedimenti fini, laminati.

Questa zona umida è garantita dalla bassa permeabilità delle vulcaniti, alimentata da recapiti sorgentizi di limitata portata dovuti per lo più a fratturazione del substrato roccioso. Il bacino palustre ha profondità molto ridotte (<1 metro) dipendenti dal regime pluviometrico che nelle attuali condizioni microclimatiche comportano un ristagno idrico permanente.

Giacimenti in cui sono presenti minerali cupriferi, alcuni dei quali coltivati quantomeno dal Medioevo fino a oltre la metà del secolo scorso, sono piuttosto diffusi nell'area immediatamente a sud della Valle di Cembra, nel territorio che comprende la Val dei Mocheni (Gril-Faida, Erdemolo, S. Orsola, Aubis), l'Altopiano di Pinè (Quadrata, Nogare) e l'Alta Valsugana (Viarago, Roncegno). Queste mineralizzazioni in ganga quarzosa sono costituite da giacimenti lenticolari e filoniani incasati entro il basamento metamorfico sudalpino, alla base del Gruppo Vulcanico Atesino e nella Formazione di Werfen (Permiano sup.-Triassico inf.), mentre non sono state riconosciute nella Formazione di Ora, unità più recente del Gruppo Vulcanico Atesino (AVANZINI *et alii* 2010), affiorante estesamente nel sito di Segonzano Peciapian.

Le miniere attualmente conosciute con presenza di minerali di rame prossime al sito di Segonzano Peciapian distano circa 10 km in linea d'aria e rica-

dono nel distretto minerario della Valle dei Mocheni -Altopiano di Pinè. Nell'ipotesi di un trasporto del minerale da queste zone di estrazione al sito, il percorso poteva inoltrarsi lungo la Valle del Rio Regnana, attraverso il passo di Redebus e lungo la direttrice del Torrente Silla-Altopiano di Pinè.

Modalità della ricerca e indagini nel sito (PB, ND)

Nel 2001 in occasione di lavori di sistemazione e ampliamento della strada forestale che attraversa l'area di Peciapian in senso S-N, i mezzi meccanici hanno inciso un modesto rilievo posto immediatamente a est del tracciato, mettendo in luce un deposito di scorie grossolane e un potente accumulo stratificato di sabbia di scorie (Figg. 4-5).

In seguito a ciò, nell'area archeologica sono stati eseguiti 5 interventi di scavo¹ per indagare le potenzialità informative del deposito. Le preliminari ricerche condotte per delimitare l'areale interessato dalle presenze archeologiche hanno permesso l'individuazione di tre aree principali (A, B e C) allineate grossomodo in senso S-N e caratterizzate dalla presenza in superficie di specifici indicatori archeologici, ossia scorie di lavorazione di minerale di rame di vario tipo (grossolane, piatte e sabbia di scorie; Fig. 6).

L'Area A, delimitata anche grazie a piccoli sondaggi manuali di circa 40 cm di lato, è quella maggiormente estesa (circa 5200 m²) e qui si sono concentrate le indagini di scavo (settori 1-5). La stratigrafia rilevata denuncia una potenza compresa tra i 30 e i 90 cm, costituita da strati con scorie di fusione prevalentemente del tipo piatto, lenti di sabbia di scorie, livelli di limo organico ricchi di residui vegetali. Le altre due aree, che corrispondono a più limitate dispersioni superficiali di scorie fusorie, si trovano rispettivamente poche decine di metri a Nord (Area B) e a circa 300 m sempre in direzione nord (Area C).

L'Area A può essere ulteriormente distinta, sulla base delle caratteristiche macroscopiche dei depositi, in tre zone, parzialmente intersecate tra loro (Fig. 7), ossia: zona verde, caratterizzata da dispersione, parte sul pianoro e parte sul versante, di scorie di fusione sia del tipo piatto che grossolano; la potenza dello strato non è stata indagata in estensione, ma nei pochi saggi di approfondimento non sembra mai superare i 20 cm. L'areale è stimabile in ca. 3.600 m².

Zona gialla: comprende gli accumuli e la dispersione (in direzione SW) della sabbia di scorie; l'area limitrofa al settore di scavo n. 1 è caratterizzata da accumuli primari, mentre sul versante, a SW, si tratta di "colate" ritmiche di sabbia di scorie alternata a strati organici. L'areale è stimabile in ca. 2.000 m².

¹ I lavori, realizzati negli anni 2007, 2008, 2011 e 2013, sono stati affidati alla ditta CORA Società Archeologica S.r.l. di Trento con il coordinamento sul campo di N. Degasperi e la partecipazione dei seguenti operatori: T. Bianchi, M. Boldrin, F. Consolini, W. Ferrari, J. Gavioli, E. Gentien, M. Grosso, I. Lambertini, C. Maggioni, C. Marcolla, E. Silvestri, L. Stefan. Notizie preliminari delle ricerche sono state date in: BELLINTANI *et alii* 2010; SILVESTRI *et alii* 2014; 2015a; 2015b.

Zona marrone: depositi di limo organico molto ricco di sfasciumi vegetali, carboni, schegge di legno con fendenti d'ascia; si tratta di un deposito anaerobico ben caratterizzato nel Sett. 4 e formatosi in acqua all'interno di un limitato bacino; verso SW, sempre lungo il versante, anche questi strati risultano ridepositati e si alternano ai depositi ben classati di sabbia di scorie. L'areale è stimabile in ca. 2300 m².

Nell'area A sono stati eseguiti 5 interventi di scavo di varia estensione (da poco più di 2 m² del Settore 5 a 52 m² del Settore 1) finalizzati all'individuazione di strutture connesse alle lavorazioni².

Settore 1

È stato aperto immediatamente a est della strada forestale (qq. 47-51E, 100-110N), lungo il limite di sbancamento artificiale sopra citato, per un'estensione complessiva di 52 m². Le ricerche archeologiche sono state avviate sul fronte esposto dal mezzo meccanico che ha tagliato longitudinalmente il mo-

desto rilievo (altezza conservata ca. m 1,40) formato prevalentemente da sabbia di scorie (Fig. 8).

Settore 2

Aperto a ca. 16 m in direzione NW rispetto al Settore 1 (qq. 122-126N/58-62E; 18 m²), in corrispondenza di una vistosa discontinuità morfologica. Tale anomalia si è in seguito rivelata come una struttura negativa non precisamente databile. La buca ha completamente alterato l'originario deposito che doveva comprendere anche strutture connesse all'utilizzo del fuoco (forni? focolari?) e molto probabilmente collegate all'area metallurgica (Fig. 9).

Settore 3

Aperto a ovest della strada forestale, orientato grosso modo in senso S-N, corrisponde ai quadrati 100-108N/39-40E, con una piccola appendice in direzione NW, per complessivi m² 23.

Sotto il manto erboso (US 300) è stata messa in luce una superficie disseminata di blocchi di porfido immersi in matrice composita, con chiazze grigie e rossa-



Fig. 4. L'area del rinvenimento al momento della scoperta (Area A – Settore 1).

Fig. 4. The area at the moment of discovery (Zone A – excavation area 1).



Fig. 5. Affioramento di scorie grossolane dal fronte di ampliamento della strada (Area A – Settore 1).

Fig. 5. Slags dispersed on the area of the road construction (Zone A – excavation area 1).

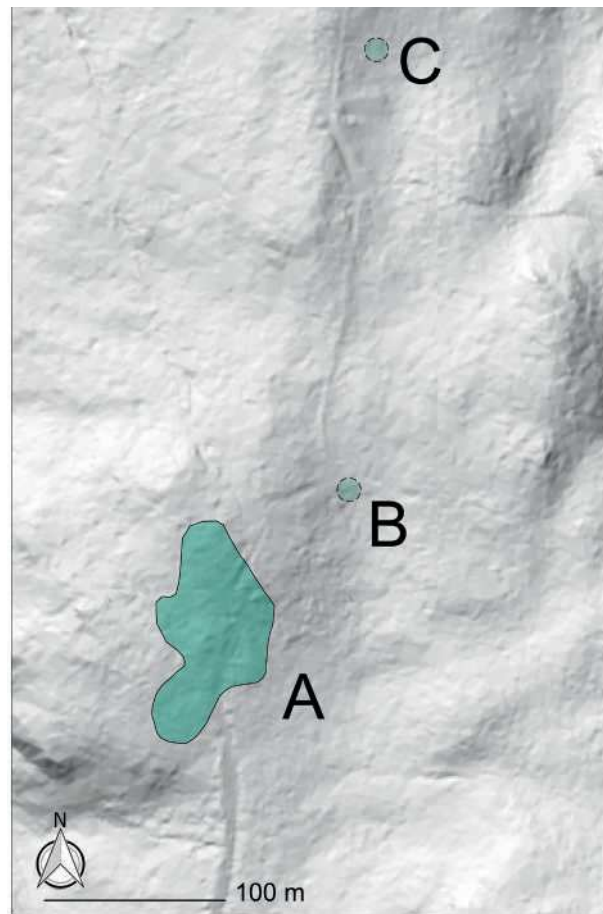


Fig. 6. Principali aree (A, B, C) con indicatori archeologici di attività fusoria (scorie) in loc. Pecapian di Segonzano (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 6. Main zones (A, B, C) with indicators of smelting activity (slags) at the loc. Pecapian di Segonzano (graphic C. Maggioni and N.D.).

² L'areale di indagine è stato inserito in una griglia di coordinate numeriche (E e N) che costituisce la quadrettatura di riferimento. Le ricerche hanno interessato i quadrati da 30 a 73 E e da 97 a 126 N.

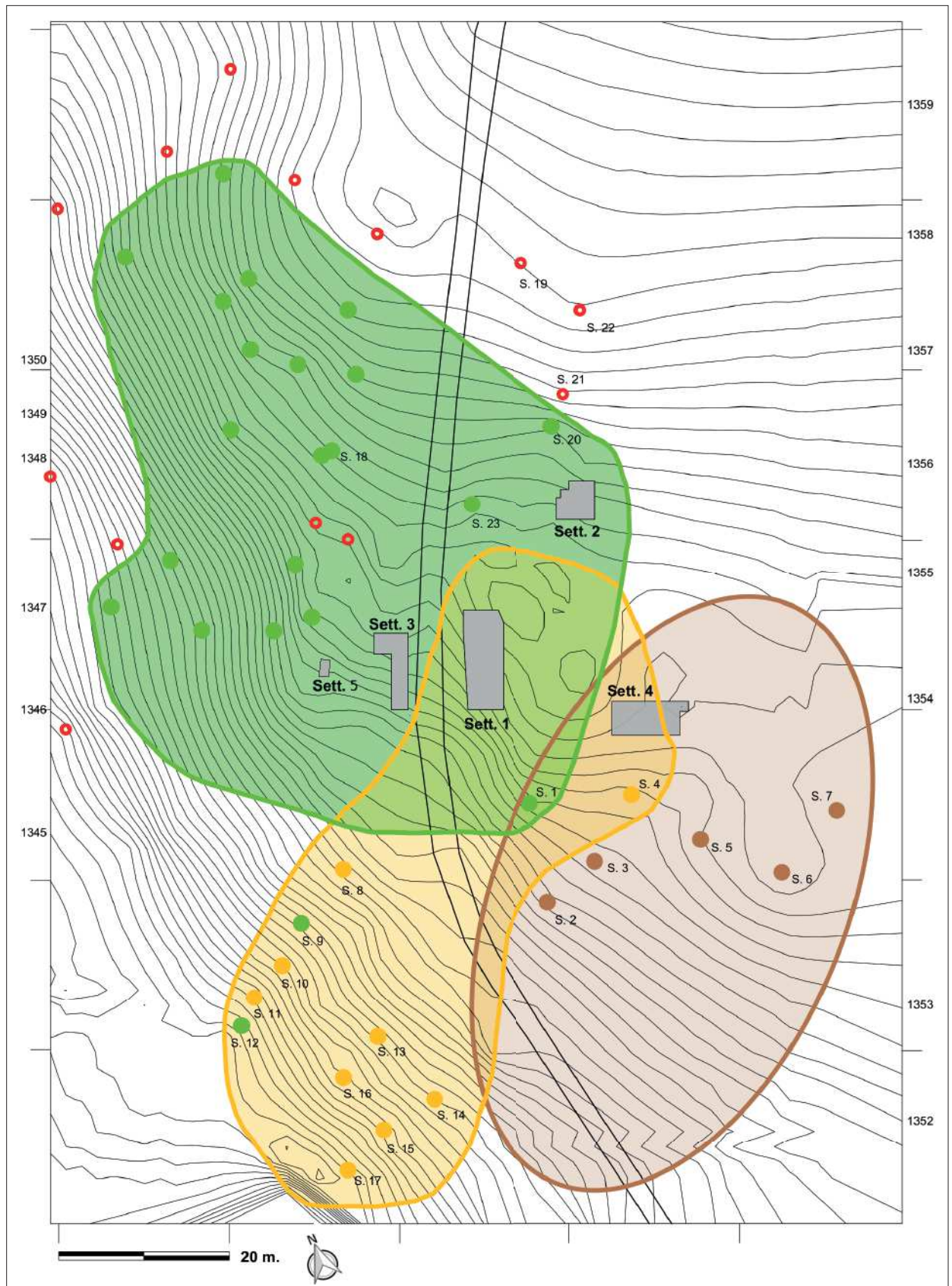


Fig. 7. Area A: planimetria dei 5 settori di scavo e dei 43 piccoli sondaggi che hanno consentito di delimitare tre diverse zone sulla base delle caratteristiche macroscopiche dei depositi: zona verde (dispersione delle scorie di fusione grossolane e piatte); zona gialla (accumulo di sabbia di scorie); zona marrone (depositi idromorfi con tracce di antropizzazione) (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 7. Zone A: plan of the 5 excavation areas and the 43 test pits that made it possible to delimit 3 different areas on the basis of the characteristics of the deposit: green sector (dispersion of coarse and plate slags); yellow sector (crushed slags heap); brown sector (hydromorphic deposits with traces of human activity) (graphic by C. Maggioni and N.D.).

stre. Anche questa zona, analogamente a quella del Settore 2, risulta profondamente alterata da lavori connessi all'allargamento dell'originaria sede stradale e probabilmente dall'attività di clandestini (Fig. 10).

Settore 4

Nel 2011 è stata aperta una nuova area di indagine nei quadrati 65-73E/97-100N, per un'estensione complessiva di 32,50 m² (Fig. 7). Si tratta dell'area umida posta al limite SE del sito archeologico, dove in precedenza era stata rinvenuta, grazie ad un sondaggio stratigrafico, una spatola in legno (US 420) (Figg. 11 e 54).

Settore 5

Si tratta di un piccolo sondaggio stratigrafico effettuato in corrispondenza dell'affioramento di uno strato carbonioso sepolto (US 502) sovrapposto ad un altro strato carbonioso associato a sedimento rubefatto (US 504). L'ipotesi è che possa trattarsi dei resti di una carbonaia, anche se allo stato attuale non è possibile definirne la datazione.

Sondaggi

Sono stati eseguiti 48 piccoli sondaggi (ca. 0,40x0,40 m) (Fig. 7 e Figg. 12-13), finalizzati alla delimitazione dell'areale di dispersione di manufatti archeologici pertinenti alle lavorazioni metallurgiche proto-storiche.

Laddove possibile (ossia in assenza di risalita dell'acqua di falda), la stratigrafia è stata attraversata fino a raggiungere il substrato, caratterizzato da un deposito di pietre porfiriche inglobate in matrice sabbiosa compatta di colore arancione.

Campionamenti

Nel corso delle indagini si è anche provveduto a raccogliere 333 campioni di cui 210 per analisi botaniche; 23 per analisi palinologiche (Fig. 14); 16 per datazioni radiometriche e dendrocronologiche; 41 per analisi sedimentologiche; 43 per analisi chimico-fisiche (Figg. 15-16).



Fig. 8. Area A - Settore 1: il cumulo di sabbia di scorie, parzialmente intaccato dai lavori stradali.
Fig. 8. Zone A - excavation area 1: the crushed slag heap partly destroyed by road works.



Fig. 9. Area A - Settore 2: resti di possibili strutture pirotecniche (forni? focolari?) scovolti da interventi successivi.
Fig. 9. Zone A - excavation area 2: remains of possible fire structures (furnaces? hearts?) destroyed by more recent activity.



Fig. 10. Area A - Settore 3: pulizia dell'area fortemente alterata dai lavori stradali e/o da interventi successivi.
Fig. 10. Zone A - excavation area 3: cleaning of the area strongly compromised by road works and/or further modifications.



Fig. 11. Area A - Settore 4: apertura del nuovo settore (2011) nella zona umida del sito. I livelli superiori, a sabbia di scorie, si caratterizzano per l'alternanza di lenti cromaticamente ben distinte (rosso / grigio scuro).
Fig. 11. Zone A - excavation area 4: opening of the new trench in the humid part of the site. The upper layers, consisting of crushed slags, are characterized by a sequence of lenses of different colours (red/dark grey).

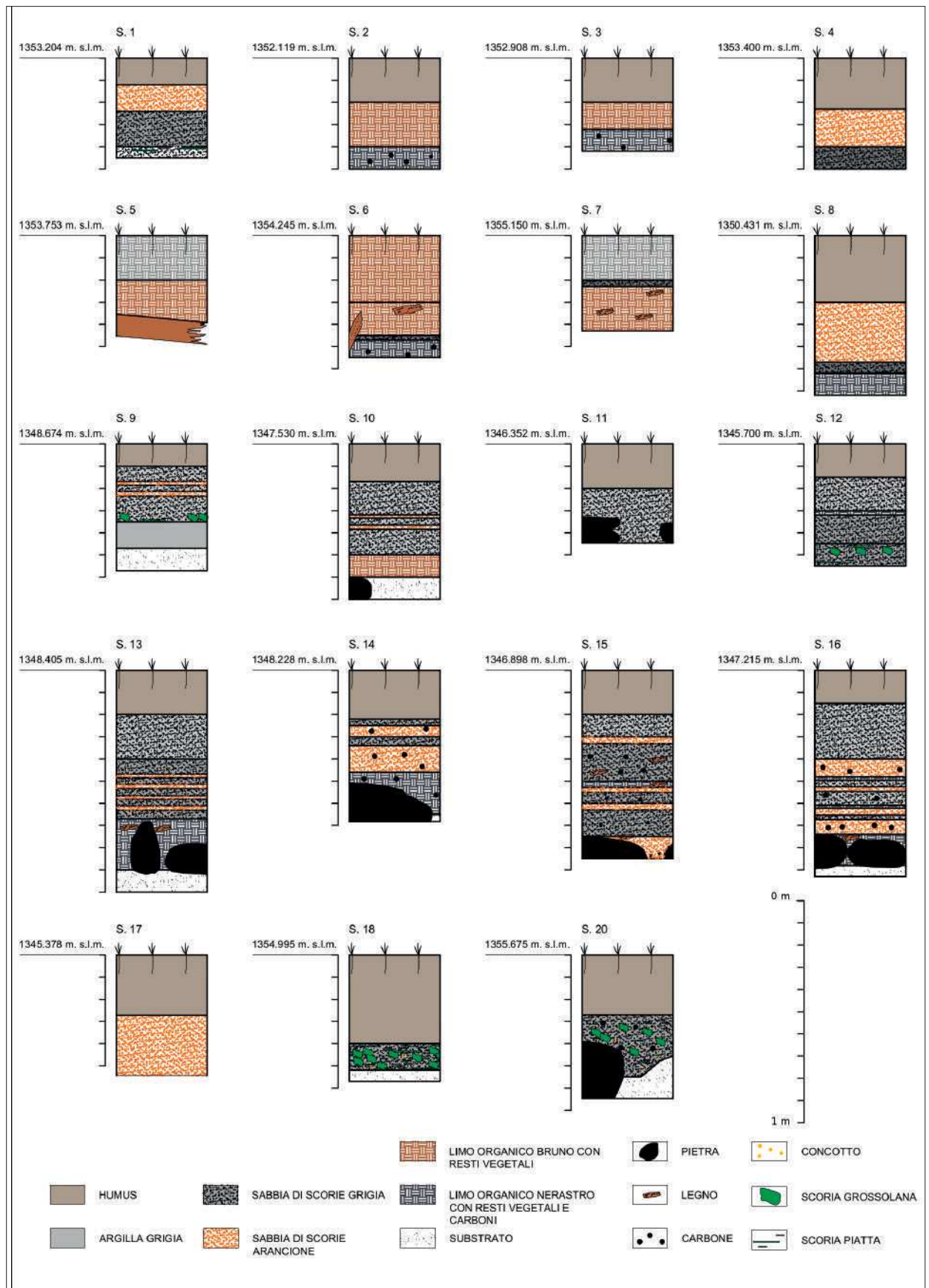


Fig. 12. Selezione di sezioni stratigrafiche dei 48 piccoli sondaggi stratigrafici (40 cm di lato) eseguiti per delimitare il sito (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 12. Selection of stratigraphic profiles of some of the 48 test pits (40 x 40 cm) excavated to delimitate the extension of the site (graphic C. Maggioni and N.D.).



Fig. 13. Sondaggio stratigrafico n. 16.
Fig. 13. Test pit n. 16.



Fig. 14. Area A - Settore 4: prelievo di una colonna stratigrafica per indagini archeobotaniche.
Fig. 14. Zone A - excavation area 4: sampling of a stratigraphic core for archaeobotanical analyses.



Fig. 15. Area A - Settore 1: prelievo di una colonna stratigrafica dalla sezione n. 2 per analisi sedimentologiche.
Fig. 15. Zone A - excavation area 1: sampling of a stratigraphic core from profile n. 2 for sedimentological analyses.



Fig. 16. Area A - Settore 4: colonna stratigrafica dall'approfondimento del pozzetto di drenaggio.
Fig. 16. Zone A - excavation area 4: stratigraphic core from the excavation of the drainage pit.

Area A / Settore 1 il deposito archeologico (PB, ND)

Gli strati indagati sono composti, in maniera predominante, da materiali derivati dall'attività di estrazione del rame, ossia sabbia di scorie, che costituisce la matrice prevalente delle unità stratigrafiche, e scorie di vario formato (grossolane, piatte, ecc.), che, con più rari clasti spesso termo-alterati, ne costituiscono lo scheletro (Figg. 17-18).

L'accentuata porosità tessiturale, l'alta concentrazione di minerali di ferro rilasciati dagli accumuli di scorie e la costante presenza di acqua, dovuta al ristagno idrico nel bacino situato immediatamente

a E-SE del Settore 1, hanno comportato la dissoluzione, la neoformazione di minerali di ferro e la loro fissazione in placche concrezionate dall'accentuato cromatismo rosso-arancione (Fig. 19).

Queste particolari condizioni ambientali hanno consentito la buona conservazione del materiale organico (legno, corteccia, residui erbacei) che si è parzialmente mineralizzato (Fig. 20).

Di seguito si presentano: la sequenza stratigrafica (Fig. 21), la descrizione e l'interpretazione delle unità stratigrafiche (Tab. I), l'analisi micromorfologica del grande accumulo di "sabbia di scorie" (UUSS 28 e 30) e infine la distinzione in fasi e l'interpretazione funzionale dei depositi e delle strutture.



Fig. 17. Area A - Settore 1: la sequenza stratigrafica del cumulo di sabbia di scorie (sezione 2, Fig. 18).

Fig. 17. Zone A - excavation area 1: stratigraphic sequence of the crushed slags heap (profile n. 2, Fig. 18).

Fig. 18. Area A - Settore 1: sezione n. 2 (pagina successiva).

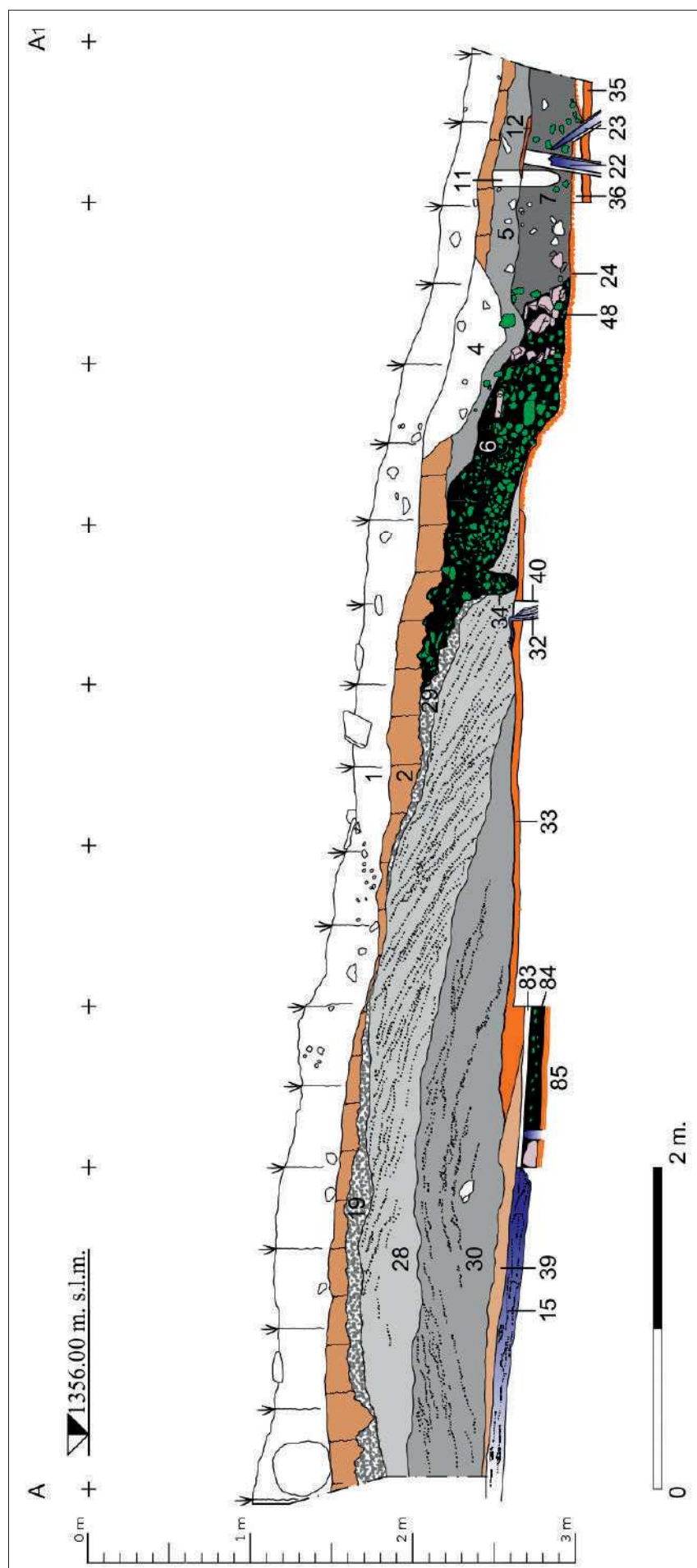
Fig. 18. Zone A - excavation area 1: profile n. 2 (next page).

Fig. 19. Area A - Settore 1: affioramento delle placche di "sabbia di scorie" concrezionata da minerali di ferro.

Fig. 19. Zone A - excavation area 1: the platforms of "slag sand" concretioned by iron minerals.

Fig. 20. Area A - Settore 1: blocco di "sabbia di scorie" concrezionata con macroresti vegetali conservatisi grazie ai minerali di ferro.

Fig. 20. Zone A - excavation area 1: concretioned "slag sand" block with botanical remains preserved by iron minerals.



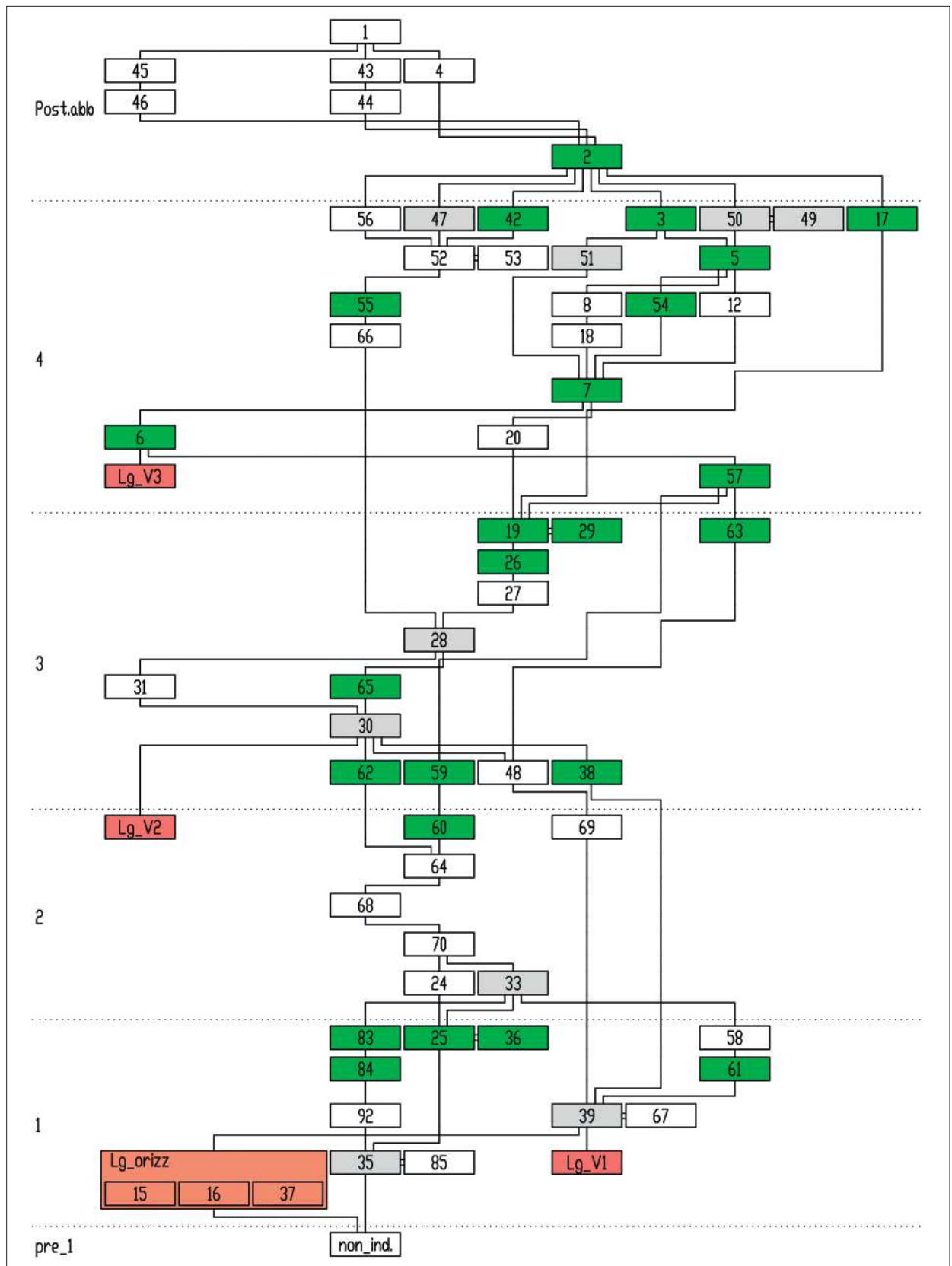


Fig. 21. Area A - Settore 1: diagramma stratigrafico (matrice di Harris).

Grigio: unità costituite da "sabbia di scorie"; verde: unità contenenti scorie di fusione; Lg_V 1,2,3: elementi lignei verticali; Lg_orizz: elementi lignei orizzontali. A sx. le "fasi" individuate: "pre_1": parte inferiore del deposito non indagata; "Post_abb": unità formatesi successivamente all'abbandono del sito fusorio.

Fig. 21. Zone A - excavation area 1: Harris' matrix.

Grey: "slag sand" stratigraphic units; green: slag layers; Lg_V 1,2,3: wooden vertical elements; Lg_orizz: wooden elements in horizontal position. The numbers to the left indicate the "phases" identified: "pre_1": lower part of the deposit, not investigated; "Post_abb": units formed after the abandonment of the smelting site.

Tab. I. Area A - Settore 1: descrizione e interpretazione delle unità stratigrafiche.

Tab. I. Zone A - excavation area 1: description and interpretation of the stratigraphic units.

US	Descrizione	Interpretazione - osservazioni
1	Strato vegetato (h. da 20 a 40 cm). <i>Very dark grayish brown</i> 10YR 3/2.	Strato di riporto attuale.
2	Strato di humus boschivo (h. 10-20 cm); contiene numerose scorie di fusione. <i>Very dark grayish brown</i> 10YR 3/2.	Strato di riporto attuale.
3	Strato di scorie di fusione piatte e grossolane; matrice limo-sabbiosa; presenza di noduli di sedimento rubefatto in giacitura secondaria e frustoli carboniosi; rari clasti di porfido, osso calcinato e ceramica d'impasto. <i>Reddish brown</i> 2,5YR 4/3.	Scarico localizzato.
4	Depressione colmata da sabbia limosa.	Bioturbazione: ceppaia d'albero.
5	Strato di sabbia grigio scura con carbone, scorie di fusione piatte e grossolane, frustoli di concotto, osso calcinato e alcuni clasti di porfido. <i>Black</i> 10YR 2/1.	Scarico localizzato.
6	Strato di scorie di fusione grossolane e piatte (h. ca. 40 cm) in scarsa matrice sabbiosa sciolta; presenti anche carboni, clasti in porfido, ceramica e noduli di concotto. Situato a sud dell'accumulo di sabbie grossolane US 30-28. <i>Reddish black</i> 2,5YR 2,5/1.	Scarico localizzato. La presenza, a nord, della buca US 34, colmata dalle stesse scorie di US 6b, potrebbe documentare una struttura di contenimento con palo sfilato in antico.
7	Strato a matrice sabbiosa composto da numerosi microlivelli carboniosi con scorie prevalentemente piatte, clasti in porfido, concotto, ceramica e osso; zona sud Sond. 1. <i>Very dark grayish brown</i> 10YR 3/2.	Scarico localizzato.
9	Buca (e relativo riempimento) di palo ligneo di forma circolare (diam: cm 8) ad andamento subverticale.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V2")
11	Buca (e relativo riempimento) di palo sub-verticale di forma circolare (diam: cm 10), documentata per una profondità residua di ca. cm 40. Il riempimento conserva labili tracce di fibre lignee a contatto con le pareti. <i>Very dark brown</i> 10YR2/2	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V3")
12	Strato localizzato di ramaglie parzialmente mineralizzate; alcuni elementi sembrano conservare una disposizione ad "intreccio".	Probabile manufatto (stuoia, cesta)?
15	Elemento ligneo orizzontale (diam. cm 18; lung. max cm 172)	Elemento strutturale (palo orizzontale) (?).(Nel matrix "Lg_orizz")
16	Elemento ligneo orizzontale (diam. cm 12; lung. max cm 127).	Elemento strutturale (palo orizzontale) (?).(Nel matrix "Lg_orizz")
17	Strato di scorie piatte e scorie grossolane in matrice limo-sabbiosa; presenza di noduli di sedimento rubefatto in giacitura secondaria e di frustoli carboniosi; zona nord Sond. 1. <i>Dark reddish brown</i> 5YR 3/2.	Scarico localizzato.
18	Strato lenticolare di sabbia ossidata contenente frustoli di carbone, di concotto e di ceramica; zona sud Sond. 1.Strong <i>brown</i> 7,5YR 5/8.	Scarico localizzato.

19	=29. Strato di sabbia grossolana con carboni, rari framm. di osso calcinato e non, scorie e framm. ceramici. <i>Very dark gray</i> 10YR 3/1	Degrado della parte superiore dell'accumulo di sabbie UUSS 28 e 30 rielaborato da US 2 (humus).
21	Buca (cm 36x18) riempita da resti di palo ligneo fortemente inclinato con immersione a 45° verso SE (probabile cedimento in antico) e sedimento sciolto. <i>Very dark gray</i> 10YR 3/1	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V2")
24	Interfaccia debolmente rubefatta, consistenza compatta con presenza di fibre lignee. <i>Yellowish red</i> 5YR 5/6	Superficie di calpestio.
25	=36. Strato sub-orizzontale di sabbia grossolana di consistenza friabile, contenente: scorie, carbone, ceramica, macroresti vegetali (ramaglie, schegge), un frammento ceramico diagnostico (orlo).	Scarico localizzato.
26	Accumulo localizzato di scorie di fusione piatte e grossolane in scarsa matrice sabbiosa con carboni e rari framm. di clasti porfirici alterati; fortemente disturbato dai lavori di realizzazione della strada forestale. <i>Reddish black</i> 2,5Y 2,5/1	Scarico localizzato.
27	Interfaccia sub-verticale ad andamento rettilineo con direzione N-S; gli si appoggia l'accumulo di scorie US 26.	Traccia negativa di struttura lignea di contenimento di US 28 (?).
28	Strato cumuliforme di sabbia di scorie fortemente concrezionata. Contiene rare scorie grossolane, carboni, frustoli di legno mineralizzato e rari noduli di concotto. Macrounità costituita da numerose lenti che si dispongono con angolo di riposo di ca. 45°. Il concrezionamento è da imputarsi alla dissoluzione e conseguente fissazione di ossidi di ferro. <i>Dark grayish brown/black</i> , 2,5Y 4/2-2,5/1	Esito di reiterate azioni di scarico. Possibile funzione di arginatura.
29	=19	
30	Strato di sabbia di scorie fortemente concrezionata. Lo strato, di consistenza tenace, cementizia, contiene rare scorie di tipo grossolano e piatto, carboni, legno mineralizzato (anche in listelli e schegge) e rari noduli di concotto. <i>Dark grayish brown/black</i> , 2,5Y 4/2-2,5/1	Parte basale dell'accumulo di sabbia di scorie composto anche da US 28.
31	Strato localizzato di ramaglie parzialmente mineralizzate, di consistenza friabile; conservano numerose biforcazioni e fibre lignee iso-orientate.	Probabile manufatto da ricollegare a strutture leggere di contenimento
33	Placca sub-orizzontale composta da sabbia di scorie concrezionata di consistenza compatta. <i>Reddish yellow</i> 5YR 6/8.	Superficie di calpestio.
34	Buca di palo (diam. cm 12) riempita dalle scorie di US 6 in seguito all'asportazione del palo.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V3")
35	Strato di sabbia di scorie fortemente ossidate con presenza di legno anche mineralizzato. <i>Yellowish red</i> 5YR 5/8.	Superficie di calpestio.
36	=25	
37	Frammento di elemento ligneo (larg 9 cm lung 42 cm) semicarbonizzato orizzontale.	Elemento strutturale (palo orizzontale). (Nel matrix "Lg_orizz")
38	Strato argilloso sabbioso; contiene rare scorie e frustoli di legno mineralizzato; riconosciuto soltanto in una piccola porzione lungo il limite nord del Sond. 1. <i>Dark reddish brown</i> 2,5YR2,5/4.	

39	=67. Strato a matrice sabbiosa fine (sabbia di scorie) e limo organico, di consistenza compatta, individuato nell'area N del Sond.1. Sono presenti inclusi argillosi con lamine da decantazione. <i>Dark grayish brown 10YR4/2.</i>	Superficie di calpestio. Costituisce la superficie in continuità, verso nord, con le placche rubefatte di US 33.
40	Buca di forma circolare (diam 8 cm) contenente resti di palo ligneo verticale. La parte superiore del palo è adagiata orizzontalmente a sud dell'accumulo di sabbie US 30 ed è coperta dal successivo accumulo US 28. Il palo prosegue verticalmente verso il basso.	Elemento strutturale (palo verticale). Collassato in antico. (Nel matrix "Lg_V2")
42	Strato (accumulo) di scorie grossolane, di grandi dimensioni (fino a 30 cm.) disposte orizzontalmente; matrice sabbiosa. Area N del sett. 1; lo strato prosegue oltre i limiti di scavo. <i>Dark reddish brown, 2,5YR 2,5/4).</i>	Scarico localizzato.
43	Riempimento di taglio localizzato; rimaneggiato	Intervento post-abbandono.
44	Taglio.	Intervento post-abbandono.
45	Strato di riempimento di US 46.	Intervento post-abbandono.
46	Taglio.	Intervento post-abbandono (canaletta di drenaggio).
47	Strato (accumulo) di sabbia di scorie concrezionata a zolle. I blocchetti (anche di grandi dimensioni - 30x30 cm) derivano dall'incisione dell'accumulo US 28; giacitura secondaria. <i>Dark grayish brown/black, 2,5Y 4/2, 2,5/1.</i>	Intervento post-abbandono.
48	Allineamento di ciottoli, clasti in porfido e un frammento di macinello, dimensionalmente eterogenei, con vistose alterazioni da contatto col fuoco; Orientato in senso SE-NW.	Probabile struttura connessa con pratiche di contenimento dei mucchi di scorie
49	=50. Strato lentiforme a matrice sabbiosa grossolana di consistenza friabile, molto bioturbato. <i>Reddish brown, 5YR 4/4.</i>	Degrado della parte sommitale dell'accumulo di sabbie di scorie US 28.
50	=49.	
51	Strato di sabbia di scorie grossolane di consistenza friabile, contenente scorie di fusione. <i>Very dark gray, 10YR 3/1.</i>	Scarico localizzato.
52	=53. Strato lenticolare limoso sabbioso di consistenza compatta, disposto lungo le parti distali dell'accumulo di sabbia di scorie grossolana US 28. <i>Dark red, 2,5YR 3/6.</i>	Scarico localizzato.
53	=52.	
54	Interfaccia con elementi disposti in piano: pietre alterate dal fuoco, carbone, concotti in noduli o blocchetti, framm. ceramici; materiale osteologico, framm. di pietra lavorata (macina) scorie piatte.	Superficie di calpestio (?).
55	Strato (accumulo) di scorie prevalentemente grossolane in matrice limosa carboniosa. <i>Dusky red, 2,5YR 3/4.</i>	Scarico localizzato.
56	Strato limoso sabbioso, fortemente bioturbato; individuato nell'angolo NE del settore di scavo. <i>Yellowish brown; 10YR 5/6.</i>	

57	Interfaccia orizzontale caratterizzata da pietre alterate dal fuoco, carbone e concotti; presenti anche ceramica, osso e scorie prevalentemente grossolane. Matrice limoso-sabbiosa. È delimitata, a sud, dal cordolo di porfidi US 48. <i>Very dark grayish brown, 10YR 3/2</i>	Superficie di calpestio (?).
58	Strato argilloso sub-orizzontale fortemente ossidato. Individuato in un piccolo approfondimento, al di sotto di US 33, nei qq. 103-104N/50-51E. Non scavato.	
59	Strato limoso sabbioso con sedimento e pietre alterate dal fuoco, rare scorie grossolane, carbone, concotto e osso; frequenti clasti di porfido a schegge. L'unità è delimitata, a sud, dal cordolo di porfidi US 48. <i>Very dark brown, 10YR 3/3</i>	
60	Strato di scorie grossolane e piatte.	Scarico localizzato.
61	Strato localizzato di scorie grossolane. Non scavato.	Scarico localizzato.
62	Concentrazione lineare, con orientamento SW-NE, di clasti e ciottoli (prevalentemente porfidi) alterati dal fuoco; matrice limo-sabbiosa con abbondante carbone, concotto in blocchetti e più rare scorie di fusione prevalentemente piatte. <i>Dark reddish brown, 5YR 3/2.</i>	Struttura (?) lineare. Probabile prosecuzione ad angolo retto dell'allineamento US 48.
63	Strato cumuliforme limoso sabbioso individuato nell'angolo SE del settore di scavo. La base è caratterizzata da sfasciumi di legno (ramaglie), mentre la matrice ha restituito scorie grossolane e piatte, carboni, osso e clasti di porfido a schegge. <i>Black 10YR 2/1.</i>	Scarico localizzato.
64	Lente limoso sabbiosa con sfasciumi di legno e carboni. Quadrati: 101N-50E. Non scavato <i>Black 10YR 2/1.</i>	
65	Allineamento (NW-SE) di grosse placche argillose concrezionate e pietre alterate, individuato nella zona nord. Non scavato.	
66	=71=72. Strato sabbioso. Non scavato. <i>Red 2,5YR5/8.</i>	
67	= 39. Non scavato.	
68	Strato sabbioso. Non scavato. <i>Dark reddish gray 2,5YR4/1.</i>	
69	Strato sabbioso. Non scavato. <i>Dark reddish gray 2,5YR4/1</i>	
70	Strato sabbioso. Non scavato. <i>Red 2,5YR5/8</i>	
71	=66=72. Non scavato.	
72	=66=71. Non scavato.	
73	Taglio e riempimento di probabile buca di palo. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V2")
74	Taglio e riempimento di probabile buca di palo; Conserva elemento ligneo verticale. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V1")
75	Taglio e riempimento di probabile buca di palo. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V1")

76	Taglio e riempimento di probabile buca di palo. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V1")
77	Taglio e riempimento di probabile buca di palo; conserva elemento ligneo verticale. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V2")
78	Taglio e riempimento di probabile buca di palo; conserva elemento ligneo verticale. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V2")
79	Taglio e riempimento di probabile buca di palo; conserva elemento ligneo verticale. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V2")
80	Taglio e riempimento di probabile buca di palo; conserva elemento ligneo verticale. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V1")
81	Taglio e riempimento di probabile buca di palo. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V1")
82	Taglio e riempimento di probabile buca di palo. Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V2")
83	Strato orizzontale a matrice limosa organica. Contiene abbondanti resti vegetali non combustibili: ramaglie, aghi e strobili di conifera, fogliame, abbondanti schegge lignee con fendenti d'ascia, legni parzialmente carbonizzati, carboni e scorie del tipo piatto. Il tetto di US 83 è caratterizzato da una lente sub-millimetrica di ossidi verdastri. <i>Very dark grayish brown 10YR3/2.</i>	
84	Strato di sabbia grossolana con frazione limosa di consistenza sciolta; abbondanti resti vegetali: ramaglie, schegge da fendente, corteccia, carboni. Presenza di scorie (piatte e grossolane) e frammenti ceramici (RR. 78, 79 e 80, frammento di parete con attacco di grande ansa a nastro). <i>Dark grayish brown, 10YR4/2.</i>	Superficie di calpestio (?).
85	Interfaccia a matrice sabbiosa compatta di colore grigio scuro e minuti sfasciamenti vegetali disposti planarmente. Insiste su un più profondo strato di sabbia di scorie di colore arancione molto intenso, del tutto simile a US 33 (Reddish yellow, 5YR6/8). Questo strato non è stato scavato. <i>Dark grayish brown, 10YR4/2.</i>	Superficie di calpestio (?).
86-90	Paletti lignei verticali di piccole dimensioni (diam. 3-5 cm). Non scavato.	Elemento strutturale (palo verticale). (Nel matrix "Lg_V1")
91	Assicella lignea (larg cm 8; spess cm 2) sbazzata, infissa verticalmente. Non scavato.	Elemento strutturale (?). (Nel matrix "Lg_V1")
92	Lente argillosa di forma circolare. Non scavato. <i>Pinkish white 2,5YR8/2.</i>	

Area A / Settore 1: analisi micromorfologica dell'accumulo di "sabbia di scorie" (MB, CV, LV)

Metodologia

Vengono qui analizzati i caratteri microstratigrafici di uno specifico deposito antropogenico noto in ambito archeometallurgico con il termine di "sabbia di scorie" e riconosciuto in alcuni siti dell'età del Bronzo del Trentino³. Il sito trentino in cui è maggiormente rappresentata è il sito fusorio di Acqua Fredda al Passo di Redebus (1445 metri s.l.m.) dove la discarica di sabbia di scorie, il cui peso è stato stimato tra 1000 e 1500 tonnellate, è estesa su una superficie di almeno 1700 m² (CIERNY 2008). Secondo HOHLMANN *et alii* (2004) la sabbia di scorie è stata presumibilmente prodotta dalla frantumazione e macinazione delle scorie allo scopo di separare le inclusioni residue ricche di rame.

A Segonzano Peciapian il riconoscimento nella tessitura del deposito di una selezione idraulica del sedimento (strati suddivisi in lamine e presenza di strutture sedimentarie) con evidenze di trasporto in massa (strati disorganizzati, massivi e caotici) ha permesso di documentare un'ulteriore fase nel processo di trattamento della sabbia che ne prevedeva la separazione per gravità e flottazione a umido.

Nel sito in questione, questa caratteristica facies sedimentaria antropogenica⁴ ha una granulometria che varia dal limo alla ghiaia fine⁵ e consiste in un accumulo stratificato lentiforme dello spessore di circa 0,80 metri e della lunghezza di oltre 10 metri. La parte sommitale dell'accumulo è caratterizzata da strati inclinati a basso angolo (UUSS 28, 30) che progrediscono su un deposito tabulare (UUSS 33, 39, 58).

La dettagliata stratificazione del deposito rilevata in fase di scavo è stata ulteriormente segmentata in unità di rango inferiore (microfacies) aventi spessore da millimetrico a pochi centimetri. L'approccio microstratigrafico consente di individuare all'interno di ogni singola sezione sottile i cambiamenti delle caratteristiche sedimentarie e pedologiche e attri-

buirli a specifici processi formativi (COURTY 2001; GOLDBERG *et alii* 2009). La tecnica applicata è quella della micromorfologia del suolo, impiegata con successo in differenti periodi e contesti archeologici (COURTY *et alii* 1989; GOLDBERG, MACPHAIL 2006).

È stato così possibile verificare le ipotesi avanzate in fase di scavo e definire analiticamente i processi sedimentari, i caratteri antropogenici (es. calpestio) e i fenomeni post-deposizionali di genesi naturale (GOLDBERG, MACPHAIL 2006; GOLDBERG, BERNA 2010; MALLOL *et alii* 2013), nel caso specifico la formazione dei rivestimenti e delle croste di minerali di ferro.

In particolare, è stata analizzata una successione verticale di microfacies dello spessore di circa 30 cm, relativa a quattro sezioni sottili (Tab. II) che comprendono il passaggio tra gli strati basali (UUSS 58, 39, 33) e l'unità superiore (US 30).

Le sezioni sottili⁶ hanno uno spessore di 30-40 micrometri (µm) e sono state montate su vetrini porta-oggetto di 95 x 55 mm, senza copertura con vetrino copri-oggetto in modo da consentire tramite tecniche supplementari alla microscopia ottica, di acquisire informazioni sulla composizione chimica dei costituenti. Le sezioni sono state analizzate con microscopio a luce polarizzata a 20x, 40x, 100x, 400x, descritte e interpretate secondo i criteri adottati da BULLOCK *et alii* (1985), COURTY *et alii* (1989), STOOPS (2003) e STOOPS *et alii* (2010) (Tab. III).

Tramite l'osservazione al microscopio ottico a luce polarizzata (POM), è stato possibile effettuare una prima descrizione petrografica del campione. Per un più preciso riconoscimento, mirato all'identificazione di alcune specie mineralogiche, sono state condotte analisi in spettroscopia micro-Raman. La spettroscopia Raman è una tecnica analitica che, sfruttando l'interazione tra i fotoni emessi dalla sorgente laser e la materia, permette di studiare i livelli energetici vibro-rotazionali delle molecole costituenti il campione (IAN, HOWELL 2001). L'abbinamento di un microscopio ottico alla strumentazione Raman (micro-Raman) consente di focalizzare l'analisi su un'area di

Campione	U.U.SS.	Coordinate di scavo (m.)	
		WE/SN	Quota (tetto)
SePe07-71	30	48,63/108,15	-4,82 (1347,87 s.l.m.)
SePe07-110	33	48,89/105,23	-5,14 (1347,55 s.l.m.)
SePe08-174	33,58	50,35/103,20	-5,04 (1347,65 s.l.m.)
SePe07-111	39	48,28/108,05	-5,06 (1347,63 s.l.m.)

Tab. II: elenco dei campioni micro morfologici.

Tab. II: list of the micromorphological samples.

³ PREUSCHEN 1968; PERINI 1992; SEBESTA 1992; CIERNY 2008; BELLINTANI *et alii* 2010. Per una disamina più approfondita della terminologia citata si rimanda al contributo di BELLINTANI *et alii* 2021.

⁴ Per facies, in geologia del sedimentario, si intende: "a particular combination of lithology, structural and textural attributes that defines features different from other rock bodies" (WALKER 1992).

⁵ Per la descrizione sedimentologica si è fatto riferimento alla scala granulometrica di WENTWORTH 1922.

⁶ Le sezioni sono state preparate dal Dr. M. Sbrana del laboratorio Servizi per la Geologia, Piombino (Livorno), mediante deidratazione, impregnazione sottovuoto e taglio.

dimensioni micrometriche del campione (MCCREERY 2000); in tal modo è stato possibile riconoscere le fasi mineralogiche opache individuate sulla sezione sottile. Le analisi Micro-Raman sono state effettuate con uno spettrometro LabRam HR800 (Horiba Jobin Yvon, Francia) abbinato al microscopio Olympus BXM. Gli spettri sono stati acquisiti utilizzando la sorgente He-Ne laser 632.8 nm e l'obiettivo a 50 x. Per la descrizione sedimentologica, invece, si è fatto riferimento ai testi di RICCI LUCCHI (1980), BOSELLINI *et alii* (1989). I colori sono stati determinati ad umido e codificati mediante la Munsell® Soil Color Charts (1992).

Risultati

La frazione minerale della "sabbia di scorie" è composta per lo più da granuli di minerali opachi, residui della macinatura delle scorie di fusione grossolane. I granuli hanno forma poliedrica, equidimensionale, con spigoli da angolari a subangolari, caratterizzati internamente da una *fabric* vescicolare eterogenea in cui si osserva una porzione massiva, composta da inclusioni dendritiche a struttura scheletrica aventi alti colori di interferenza (olivine fayalitiche) e ortopirosseni (ferrosilite). In alcune aree si osservano domini ricchi in ferrosilite che si associano a fenocristalli di quarzo. Probabilmente le scorie ricche in ferrosilite e ganga (quarzo e vetro silicatico) rappresentano i residui derivati del processo di scorificazione. Associati ai residui delle scorie si riconoscono anche granuli di quarzo equigranulare provenienti dall'erosione delle vulcaniti riolitiche e non dal processo metallurgico. Nel complesso il sedimento ha una tessitura variabile dal limo alla ghiaia fine. Una frazione minore è rappresentata da residui vegetali, come tessuti legnosi, frammenti di carbone di legno, foglie (aghi di conifera), residui erbacei (strame) ed escrementi di erbivori. I processi sedimentari rilevati avvengono sempre in presenza di acqua e sono distinti sulla base delle modalità di trasporto: si distinguono strati dominati da decantazione (mf 30D, 30C, 33A, 39, 58B), da trasporto in massa (mf 30A) e da trasporto trattivo (mf 30B, 33C, 33D, 58A). Di seguito vengono descritti i processi formativi individuati nelle unità che compongono il deposito di sabbia di scorie: UUSS 39 e 58 (fase 1), US 33 (fase 2) e US 30 (fase 3) (Fig. 22).

L'unità inferiore US 39 (campione 111) (Fig. 23), è un deposito formatosi per l'accumulo ripetuto di sedimenti sottilmente stratificati composti dall'alternanza di una coppia di lamine sabbiose. Ogni singolo ciclo è costituito alla base da una lamina scura, composta da minerali opachi, ad alto peso specifico, a cui si sovrappone una lamina chiara composta da granuli di quarzo spesso associati a detrito vegetale

e frustoli carboniosi. Questi ultimi sono interpretati come il residuo flottante a chiusura di ogni ciclo di decantazione. Sono distinguibili due sequenze principali intervallate da una lamina chiara più spessa (2 mm). Si ritiene molto probabile che tale sedimentazione rifletta una non meglio precisabile scansione temporale di lavorazione della sabbia di scorie. Il campione mostra inoltre una deformazione plastica interpretata in fase di scavo come l'effetto del calpestio (cfr *infra*). In sezione sottile sono infatti evidenti microdislocazioni della stratificazione indotte dalla pressione verticale che si scompone lateralmente in piegamenti prodotti dall'espulsione dell'acqua che doveva saturare i sedimenti.

Il trasporto trattivo (mf 58A, 33D, 33C, 30B) presuppone una corrente idrica che tende a selezionare il sedimento per differenza di densità e ad organizzare i granuli in modo embricato lungo strati inclinati (fenomeno di *avalanching*⁷). In questo caso, la corrente idrica dilavava il sedimento allontanando in sospensione la frazione fine che veniva trasportata più a valle. Il trascinarsi dei granuli sulla superficie formava un'evidente laminazione tabulare, piano parallela (Fig. 24). Al trasporto da parte della corrente, si alterna la decantazione di strati centimetrici con frammenti vegetali, composti da strame, porzioni di tessuti lignei e aghi di conifera (mf 58B, 33A, 33B, 30C, 30D). Il materiale si presenta isorientato per compattazione e mostra spesso una moderata classazione granulometrica (mf 33B) (Fig. 25).

Tale alternanza potrebbe riflettere la ciclicità delle operazioni di macinatura dove il materiale vegetale rappresenta la fase di decantazione finale delle operazioni di lavaggio.

Nella porzione superiore della sequenza prevale la sedimentazione per trasporto in massa. Mf 30A è interpretabile come una colata fluida che si riconosce per l'accumulo caotico di sedimenti eterogenei, dotati di scarsa o assente selezione granulometrica, costituiti da "sabbia di scorie", materiale vegetale e aggregati di sedimento fine proveniente dalla microfacies mf 30C.

Alternata alla sedimentazione minerale, è stata rilevata la deposizione di strati centimetrici o pluricentimetrici costituiti prevalentemente da frustoli di legno combusto (mf 30D).

I resti vegetali sembrano rappresentare le trappole preferenziali per l'accumulo di minerali di ferro. Le unità basali (US 58, 39, 33) sono composte da una articolata e complessa sequenza di microfacies caratterizzate dalla formazione post-deposizionale di generazioni di rivestimenti, impregnazioni della massa di fondo e croste cementate da mineralizzazioni a base di ferro. In sezione sottile la crosta si presenta sottoforma di rivestimento a tessitura

⁷ Frangimento dei granuli sciolti sul fianco di un pendio, di una increspatura o di una duna, dovuto all'azione della forza di gravità.

Tab. III. Descrizione micro morfologica dei campioni in sezione sottile.
 Tab. III. *Micro morphological description of the thin section samples.*

U.S.	Microfacies	Sezione sottile	Microstruttura	Massa di fondo						Materiale organico	Figure pedologiche	Caratteri sedimentari
				limite g/f	materiale minerale grosso	materiale organico grosso	micromassa	rapporto g/f	distrib. relativa g/f			
30	30A	71	Microaggregati intergranulari a distribuzione casuale con vuoti di costruzione complessi	250µm	Granuli costituiti da minerali opachi (<5 mm, 50%), quarzo angolare (35%)	Frammenti di carbone (<1000µm, 15%)	Aggregati di materiale opaco della dimensione della sabbia fine, bruno chiaro (60%) con quarzo (20%), microcarbone (20%), b-fabric indifferenziata	40:60	Enaulica fine a spaziatura doppia	/	/	Strato eterogeneo di ghiaietta e sabbia a supporto di matrice con scarsa selezione granulometrica
	30B		Grani singoli con distribuzione lineare parallela a basso angolo con vuoti di costruzione composti	500µm	Granuli costituiti da minerali opachi, (<8 mm, 70%), quarzo angolare (<30%)	/	Aggregati di materiale opaco della dimensione della sabbia fine, bruno chiaro (65%) con quarzo (30%), frammenti di carbone (5%), b-fabric indifferenziata	70:30	Enaulica fine a spaziatura singola	/	/	Strato omogeneo a stratificazione inclinata di ghiaietta e sabbia a supporto clastico con discreta selezione granulometrica
	30C		Massiva	63µm	Granuli costituiti da minerali opachi (90%), quarzo angolare (10%)	/	Granuli della dimensione del limo costituiti da minerali opachi (80%) e quarzo (20%) della dimensione della sabbia fine, b-fabric indifferenziata	90:10	Porfirica aperta	/	/	Sabbia fine ben selezionata, con laminazioni piano parallele
	30D		Massiva	4000µm	Quarzo angolare (5%)	Frammenti di carbone (<1,5 cm, 95%)	/	95:5	Monica fine	/	/	Materiale vegetale a stratificazione piano parallela
33	33A	174	Pellicolare, a grani interconnessi, con vuoti costituiti da pseudomorfi di materiale vegetale	250µm	Granuli costituiti da minerali opachi (85%), quarzo angolare (15%)	/	Granuli costituiti da minerali opachi (80%) con quarzo (20%), b-fabric indifferenziata	60:40	Chito-Gefurica, porfirica aperta	Tessuti legnosi e cellule vegetali	Crosta interna laminata di materiale criptocristallino/ amorfo, senza linee di estinzione (ossidi di Fe e idrossidi di Fe-Mn)	Lamine cementate costituite da ghiaietta, sabbia e materiale vegetale
	33B		Grani singoli con distribuzione lineare con vuoti di costruzione semplice	250µm	Quarzo angolare (10%)	Materiale vegetale parzialmente decomposto (<5mm, 90%): residui di tessuti legnosi, aghi di conifera, strame	Quarzo, b-fabric indifferenziata	90:10	Monica	Residui cellulari e materiale organico fine amorfo	Materiale vegetale debolmente impregnato (ossidi di Fe e idrossidi di Fe-Mn)	Lamine costituite da ghiaietta, sabbia e materiale vegetale
	33C		Grani singoli con distribuzione casuale con vuoti di costruzione semplice	2000µm	Granuli costituiti da minerali opachi (<8 mm, 75%), quarzo angolare (<25%)	/	Granuli costituiti da minerali opachi (65%) con quarzo (35%), frammenti di carbone, b-fabric indifferenziata	5:95	Enaulica fine a spaziatura singola	/	/	Strato omogeneo a stratificazione inclinata di ghiaietta e sabbia a supporto clastico con discreta selezione granulometrica
	33D	110	Pellicolare a grani interconnessi	250µm	Granuli costituiti da minerali opachi (85%), quarzo angolare (15%)	/	Granuli costituiti da minerali opachi (65%) con quarzo (30%), frammenti di carbone (5%), b-fabric indifferenziata	60:40	Chito-Gefurica, porfirica aperta	Tessuti legnosi e cellule vegetali	Rivestimenti incompleti crescenti di materiale criptocristallino-amorfo, senza linee di estinzione (ossidi di Fe e idrossidi di Fe-Mn)	Lamine parzialmente cementate costituite da ghiaietta e sabbia
58	58A	174	Pellicolare a grani interconnessi, con vuoti costituiti da pseudomorfi di materiale vegetale con vuoti costituiti da pseudomorfi di materiale vegetale	250µm	Granuli costituiti da minerali opachi (85%), quarzo angolare (15%)	/	Granuli costituiti da minerali opachi (70%) con quarzo (30%), b-fabric indifferenziata	60:40	Chito-Gefurica, porfirica aperta	/	Crosta interna laminata di materiale criptocristallino/ amorfo, senza linee di estinzione	Lamine cementate costituite da ghiaietta e sabbia
	58B		Grani singoli con distribuzione lineare con vuoti di costruzione semplice	250µm	Quarzo angolare (10%)	Materiale vegetale (<1,5 cm, 90%): residui di tessuti legnosi, aghi di conifera, radici, strame	Quarzo angolare, b-fabric indifferenziata	90:10	Monica grossa	Residui cellulari e materiale organico fine amorfo	Escrementi elissoidali di erbivori	Materiale vegetale a stratificazione piano parallela
39		111	Massiva	63µm	Granuli costituiti da minerali opachi (60%), quarzo angolare (10%)	Frammenti di carbone (30%)	Granuli della dimensione del limo costituiti da minerali opachi, b-fabric indifferenziata	80:20	/	/	/	Sequenza ciclica laminata a gradazione diretta di sabbia fine e media con resti vegetali combustibili. Presenti deformazioni da impronte di carico




















Microfacies (US+mf)		Processi formativi della "sabbia di scorie"		
		Processi sedimentari	Modificazioni postdeposizionali	Modificazioni antropogeniche
	30D	Decantazione di frammenti legnosi carbonizzati		
	30C	Decantazione di sabbie fini e limi		
	30A	Trasporto in massa di sabbie e limi		
	30C	Decantazione di sabbie fini e limi		
	30A	Trasporto in massa di sabbie e limi		
	30B	Trasporto trattivo di sabbie		
	30A	Trasporto in massa di sabbie e limi		Calpestio?
	33C	Trasporto trattivo di sabbie		
	33A	Decantazione di residui vegetali con carboni di legno	Concrezione di minerali di Fe	
	33B	Sedimentazione di residui erbacei e legnosi con aghi di conifera (decantazione?)	Compattazione e impregnazione di minerali di Fe	Apporto di materiale vegetale
	33A	Decantazione di residui vegetali con carboni di legno	Concrezione di minerali di Fe	
	33B	Sedimentazione di residui erbacei e legnosi con aghi di conifera (decantazione?)	Compattazione e impregnazione di minerali di Fe	Apporto di materiale vegetale
	33D	Trasporto trattivo di sabbie	Rivestimenti incompleti dei vuoti di minerali di Fe	
	33B	Sedimentazione di residui erbacei e legnosi con aghi di conifera (decantazione?)	Compattazione e impregnazione di minerali di Fe	Apporto di materiale vegetale
	33D	Trasporto trattivo di sabbie	Rivestimenti incompleti dei vuoti di minerali di Fe	
	33B	Sedimentazione di residui erbacei e legnosi con aghi di conifera (decantazione?)	Compattazione e impregnazione di minerali di Fe	Apporto di materiale vegetale
	58B	Decantazione di residui erbacei e legnosi con aghi di conifera	Compattazione	Apporto di materiale vegetale
	58A	Trasporto trattivo di sabbie	Concrezione di minerali di Fe	
	39	Decantazione ciclica di sabbie e limi		Calpestio

Fig. 22. Successione stratigrafica delle unità che compongono il deposito di sabbia di scorie. Dal basso verso l'alto: UUSS 39 e 58 (fase 1), US 33 (fase 2) e US 30 (fase 3). L'icona fotografica esemplificativa è affiancata la suddivisione in microfacies (mf) delle UUSS e l'interpretazione dei processi formativi del deposito di "sabbia di scorie".

Fig. 22. Stratigraphic sequence of the units of the "slag sand" deposit. From below: SSUU 39 and 58 (phase 1), SU 33 (phase 2) and SU 30 (phase 3). The second column is the division in microfacies (mf) of the SSUU and the other columns are the explanation of the formation processes of the "slag sand" deposit.

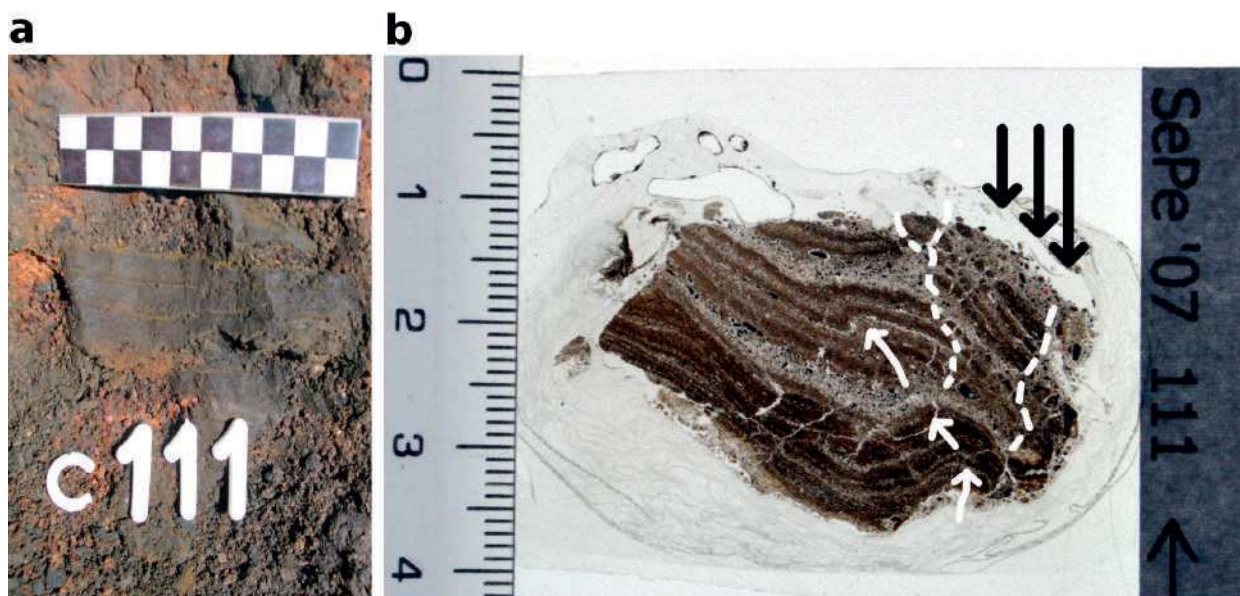


Fig. 23. Campione 111, a: campione prima del prelievo; b: macrografia della sezione sottile. Laminazione piano-parallela di sabbie e limi di US 39 ("sabbia di scorie") deformata da calpestio. Le frecce verticali indicano la componente della pressione verticale, in tratteggio le discontinuità prodottesi per pressione nel sedimento mentre le frecce bianche la deformazione plastica laterale.

Fig. 23. Sample 111, a: before sampling; b: macrography of the thin section. Plano-parallel lamination of sand and silt from SU 39 ("slag sand") deformed by trampling. The black arrows show the vertical pressure, the dashed line the discontinuity produced by pressure in the sediment, the white arrows indicate the lateral plastic deformation.

argillosa, con colori variabili da arancione a rosso scuro-brunastro (Fig. 26).

I vuoti possono essere completamente (mf 58A, 33A) o parzialmente riempiti (mf 33D, 33B) da sottili laminazioni, indicative di un processo chimico che avviene ciclicamente, tramite l'alternanza di condizioni riducenti e ossidanti che hanno presieduto le fasi di rivestimento dei granuli. Questo può essere dovuto a periodiche condizioni di saturazione d'acqua a cui si avvicendano condizioni secche, forse in concomitanza, data la quota del sito, di fasi di gelo e disgelo. Questa particolare figura pedogenetica è simile alle croste ferruginee che si rinvencono all'interno di alcuni suoli tipici di un clima umido o perumido (*iron pan*, *placic horizon*, *ortstein*, vedi ad esempio STOOPS *et alii* 2010; SOIL SURVEY STAFF 2003; IUSS Working Group WRB 2014). La genesi di questo processo chimico è molto complessa (HUISMAN 2009) e nel caso specifico può essere imputata all'instaurarsi di un sistema idrologico sovrassaturo in condizioni anaerobiche che ha alterato chimicamente i minerali di ferro contenuti nella sabbia di scorie trasformando il ferro nella sua forma solubile (Fe^{2+}), consentendone così la precipitazione.

La corrosione del Fe e di altri elementi (Mn, S) può essere dovuta anche all'azione di microrganismi, soprattutto batteri (biocorrosione) ma anche a causa di funghi, alghe ecc., che traggono energia per il loro metabolismo dal cambiamento di stato di ossidazione dei metalli. Il ferro lisciviato dalla parte superiore del deposito precipita all'interno delle porosità degli strati sottostanti dove si ha suf-

ficiente ossigeno da consentirne l'ossidazione nella sua forma insolubile (Fe^{3+}). Nella porzione inferiore del deposito si sviluppano quindi arricchimenti in forme cristalline e composti amorfi a base di ferro (HUISMAN 2009). L'accumulo di ossidi e idrossidi in forma amorfa è tipica in presenza di materia organica acida che forma assieme ai metalli composti organo-metallici (COURTY *et alii* 1989).

Questo complesso di reazioni di ossidoriduzione che coinvolgono il ferro e le molecole d'acqua, sono controllate dall'attività biologica e dalle variazioni di saturazione d'acqua che ingenerano modificazioni del pH e delle concentrazioni di ossigeno e CO_2 (HUISMAN 2009). Le diverse colorazioni della crosta dipendono dall'intensità dei cicli di alterazione e dal grado di ossidazione del sistema: condizioni ben areate causano la formazione di ematite di colorazione bruno-rossastra (Fe_2O_3), mentre il colore giallastro tipico della limonite ($\text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) indica tenori maggiori di umidità (PPL). I composti così formati, più stabili, possono precipitare nei pori e/o rivestire i granuli sabbiosi e impregnare le fibre vegetali. Lo sviluppo del processo porta alla formazione di una crosta continua in cui tutti i vuoti vengono progressivamente riempiti dai composti di ferro (crosta polifasica: mf 58A, 33A).

Strettamente legato a questo processo sono le evidenze rinvenute nel corso dello scavo archeologico di fossilizzazione indiretta di tronchi dei quali si conserva solo l'impronta esterna. Alla scala microscopica sono stati osservati vuoti pseudomorfi di vegetali associati a tracce di permeazione cellulare ad opera di sostanze minerali criptocristalline,

Fig. 24. Campione 174, a: macrografia della sezione sottile con la suddivisione in microfacies. Il rettangolo in giallo indica la posizione delle micrografie. b: microfacies 58B, escremento di erbivoro (nicol paralleli, 20x); c: microfacies 58B, letto con aghi di conifera (nicol paralleli, 20x).

Fig. 24. Sample 174, a: macrography of the thin section with the division in microfacies. The yellow rectangles indicate the position of the micrographies. b: microfacies 58B, herbivore excrement (plane-polarized light, 20x); c: microfacies 58B, layer with coniferous needles (plane-polarized light, 20x).

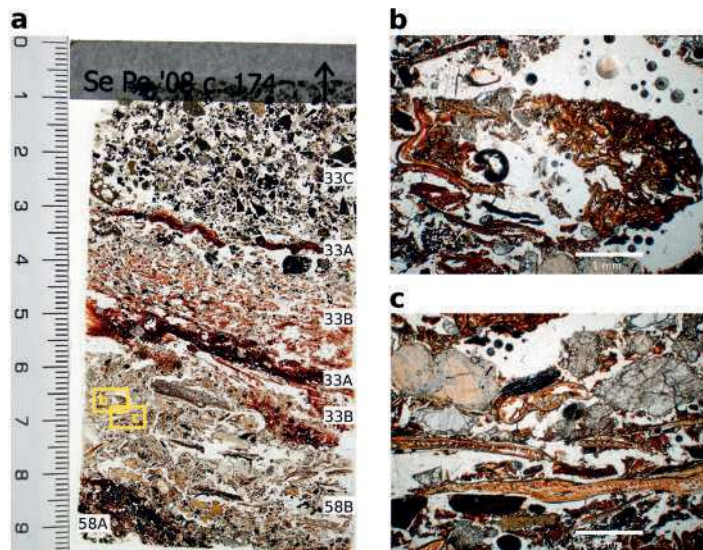


Fig. 25. Campione 71, a: macrografia della sezione sottile con la suddivisione in microfacies. Il rettangolo in giallo indica la posizione delle micrografie. b: microfacies 30C con limi e sabbie laminate (nicol paralleli, 20x); c: microfacies 30B costituita da "sabbia di scorie" (nicol paralleli, 20x).

Fig. 25. Sample 71, a: macrography of the thin section with the division in microfacies. The yellow rectangles indicate the position of the micrographies. b: microfacies 30C with laminated silts and sands (plane-polarized light, 20x); c: microfacies 30B made of "slag sand" (plane-polarized light, 20x).

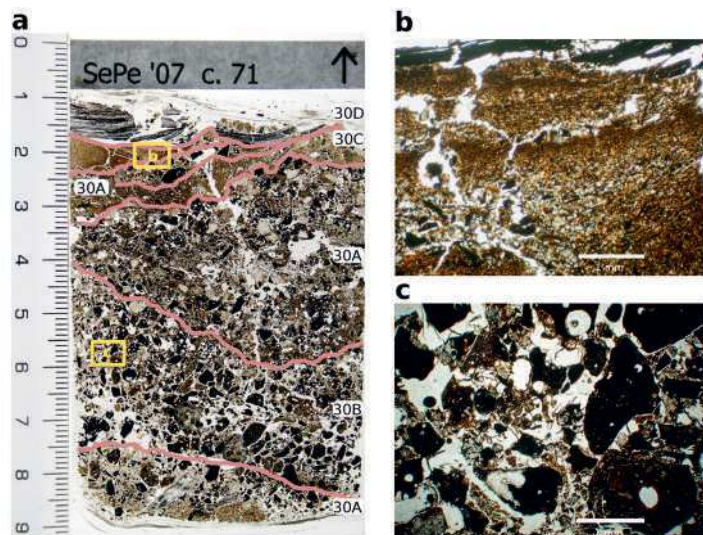
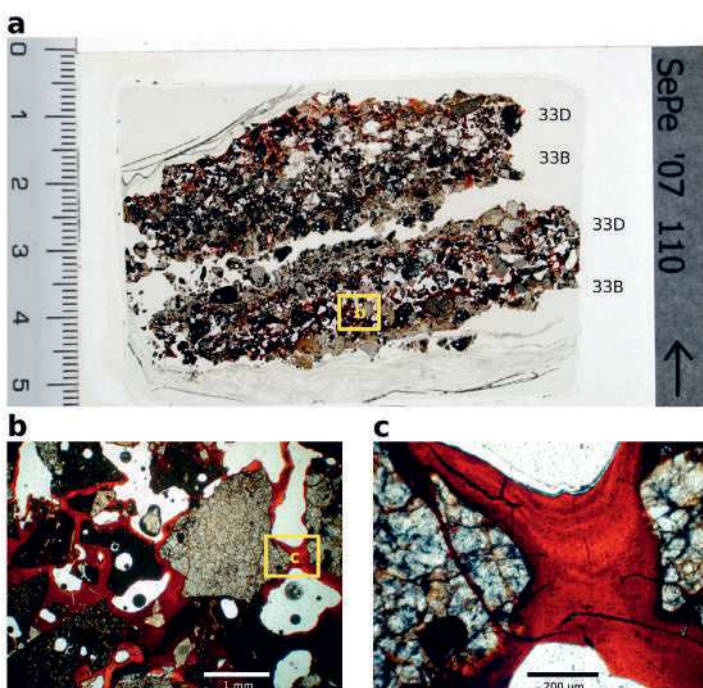


Fig. 26. Campione 110, a: macrografia della sezione sottile con la suddivisione in microfacies. Il rettangolo in giallo indica la posizione delle micrografie. b: microfacies 33D, rivestimenti incompleti di ossidi di ferro (nicol paralleli, 20x); c: particolare del rivestimento di ossidi di ferro (nicol paralleli, 200x).

Fig. 26. Sample 110, a: macrography of the thin section with the division in microfacies. The yellow rectangles indicate the position of the micrographies. b: microfacies 33D, incomplete iron oxides coatings (plane-polarized light, 20x); c: detail of the iron oxides coating (plane-polarized light, 200x).



amorfe, che hanno permesso la conservazione della struttura interna del vegetale.

Si ritiene plausibile che questo processo di incrostazione diagenetica possa essere avvenuto precocemente, in brevissimo tempo, probabilmente già nel corso delle fasi di occupazione antropica, in ambiente acido, saturo d'acqua (Fase 1). L'instaurazione di successive condizioni ossidanti è responsabile del degrado dei resti lignei e della precipitazione di ossidi di ferro nelle aree di intergranulo (Fig. 26 C) in ambienti di acque saturate in ferro bivalente. Nel corso dello scavo archeologico in corrispondenza delle placche concrezionate sono state riconosciute, infatti, superfici di occupazione con materiali ceramici.

Le studio condotto tramite spettroscopia Micro-Raman ha confermato la presenza di fasi mineralogiche di Ferro, in corrispondenza dell'area caratterizzata dall'incrostazione di colore rosso-arancione presente all'interno della sezione SePe08_c174 (UUSS 33; 58). In particolare, le analisi puntuali in tali aree hanno permesso di indentificare la fase mineralogica dell'ematite con le caratteristiche bande Raman a 222 cm^{-1} (s), 295 cm^{-1} (s), 407 cm^{-1} (s), 1306 cm^{-1} (s) (DE FARIA *et alii* 2007) (Fig. 27).

Area A/Settore 1: sequenza delle fasi e interpretazione funzionale dei depositi (PB, ND, MB)

Le indagini svolte nel 2007, 2008 e 2013 nel Settore 1 non hanno raggiunto la base del deposito archeologico. Tuttavia, al fine di schematizzare la sequenza, sono state definite 4 "fasi" a partire dal livello più profondo raggiunto con le indagini.

Fase 1. La più antica fase di frequentazione fino ad ora individuata (Cfr. Fig. 21) è rappresentata da un'alternanza di livelli organici ricchi di macroresti vegetali intercalati a piani di calpestio sempre composti da sabbia di scorie (Figg. 28-30). Tale sequenza, depositatasi in presenza di acqua, è probabilmente l'esito di ripetute azioni di dispersione o spargimento di residui delle lavorazioni che vanno dall'utilizzo del legname allo scarto delle parti non più riciclabili delle scorie grossolane (la cosiddetta "sabbia di scorie").

È altresì probabile che tali azioni siano in parte dovute alla volontà di stabilizzare (bonificare) il margine SW del bacino idrico (zona marrone dell'area A). Allo stesso scopo (bonifica/consolidamento) possono essere ricondotti i paletti verticali UUSS 74, 75, 76, 80, 81, 86, 87, 88, 89, 90, 91 (nel matrix: "LgV_1") (Fig. 31), nonché gli elementi lignei orizzontali UUSS 15, 16 e 37 ("Lg_orizz") (Figg. 32-33), ossia piccoli pali o resti di travi a sezione circolare o a spicchio, ottenute mediante fenditura radiale del tronco.

Fase 2. L'interfaccia sub-orizzontale fortemente concrezionata (individuata in US 33 e 24) (Figg. 34-35) oblitera le testate erose e deformate dei paletti verticali di fase 1. Strati planari di sabbia di scorie si susseguono in cicli deposizionali veicolati dall'acqua, intercalati da sfasciumi vegetali e carbone fluitato, con scarsa presenza di frammenti ceramici.

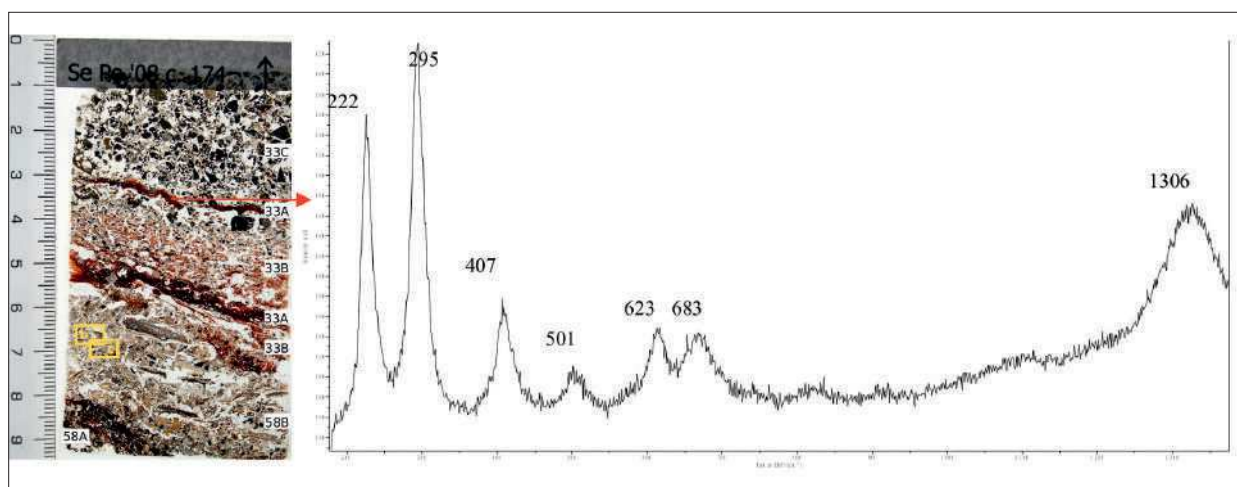


Fig. 27. Spettro Raman del punto analisi in corrispondenza della linea rosso-arancione (laser 632,81 nm, 50x, 2 mW, 30 s acquisition time): fase ematite.

Fig. 27. Raman spectrum of the point in correspondence of the red-orange line (laser 632,81 nm, 50x, 2 mW, 30 s acquisition time): hematite phase.

Si tratta di superfici di calpestio in prossimità della sponda del bacino idrico le cui periodiche trasgressioni hanno ridislocato e classato i sedimenti (ambiente idromorfo).

Fase 3. La fase successiva è caratterizzata dalla deposizione di un potente accumulo di “sabbia di scorie” (ca. 80 cm di potenza massima) prodotta dalla macinatura delle scorie grossolane; l’accumulo (formato principalmente dalle UUSS 30 e 28) ha sequenza clino-stratificata che si dispone in angolo di riposo a partire dal vertice dello scarico, localizzabile nei qq. 106-107N ed ha anch’esso un orientamento NW-SE (Fig. 36).

L’accumulo era contenuto da strutture lignee (gabbioni o semplici pareti di barrieramento), probabilmente allo scopo di creare una sorta di argine di contenimento delle acque del bacino il cui livello poteva innalzarsi anche in conseguenza dell’adduzione d’acqua necessaria alle operazioni di lavaggio delle scorie macinate. Nel record archeologico tali strutture sono rappresentate dai resti di vari elementi lignei verticali (UUSS 9, 21, 23, 40, 73, 77, 78, 79, 82, nel matrix: “LgV_2”), dalla presenza di abbondanti ramaglie conservatesi grazie alla loro parziale mineralizzazione ed infine dall’accumulo di sabbia di scorie e scorie grossolane e piatte rilevato, per oltre 10 m, lungo la sponda occidentale del bacino idrico ora interamente intorbato.

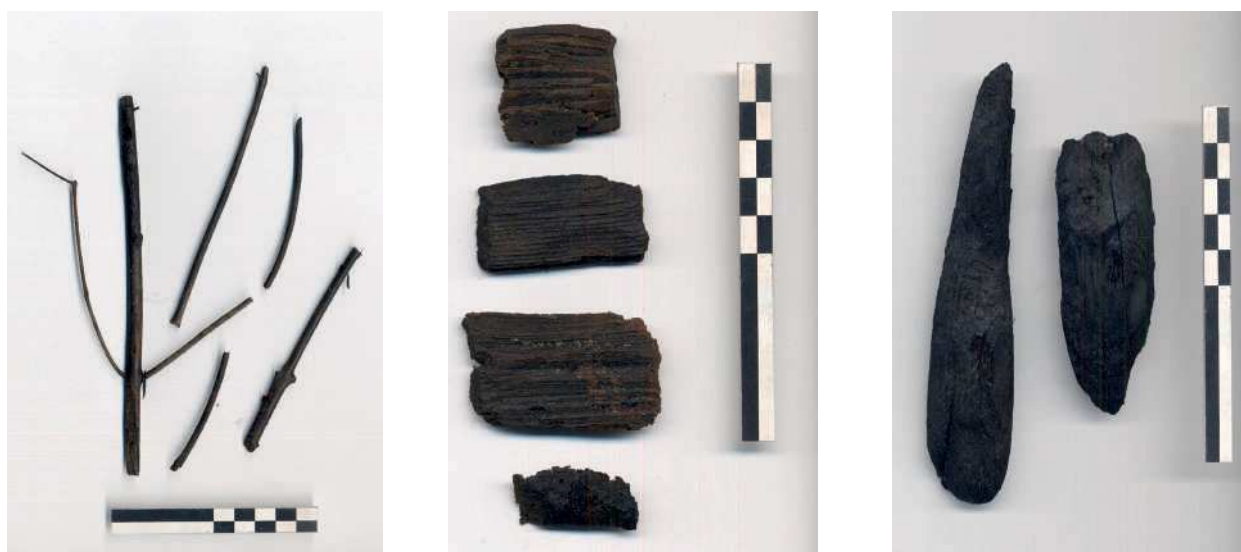
La limitatezza dell’area indagata non consente di individuare con chiarezza degli allineamenti definiti.

Tuttavia l’ipotesi dell’utilizzo di gabbionature in ramaglie riempite di sabbia di scorie con la funzione di arginare il bacino idrico è sorretta da alcune evidenze. In primo luogo, la presenza di pali lignei verticali o inclinati coperti dalle parti distali dell’ac-

cumulo dei sottoprodotti dell’attività metallurgica (UUSS 28; 30). Riferibili alle strutture di contenimento sono anche gli allineamenti di pietre e rozzi “mattoni” crudi di argilla e sabbia fortemente concrezionati (UUSS 48, 62 e 65) orientati NE-SW, interpretabili come cordoli perimetrali di rafforzamento del gabbione (Fig. 37).

L’intero deposito cumuliforme, inoltre, del tutto omogeneo in quanto a componenti e privo di manufatti, risulta cementato da un forte concrezionamento. Le concrezioni (minerali di ferro) si dispongono lungo le superfici delle diverse gettate e sono spesso associate a stesure di ramaglie e sfasciumi lignei parzialmente mineralizzati. Il tetto del cumulo di sabbie grossolane è caratterizzato da linee irregolari di fratture di assestamento, conservatesi anch’esse grazie al costante concrezionamento. Questi episodi di cedimento degli accumuli potrebbero costituire una prova indiretta dell’originaria presenza di strutture di contenimento che possono essere indiziate anche dalle evidenze di interfacce verticali riconosciute in fase di scavo: una tale morfologia non può che essere ricondotta – in un contesto dominato da granulometria fine e originariamente sciolta – alla presenza di elementi di contenimento ligneo (tavole e/o graticci di ramaglie) che hanno consentito il concrezionamento delle sabbie ad opera degli ossidi percolati e che in seguito, con il loro inevitabile degrado, hanno accompagnato il distacco delle linee di frattura in ambiente ormai consolidato (Fig. 38).

Fase 4. Nelle parti distali del potente accumulo di sabbia di scorie di fase 3 (UUSS 28 e 30), segue una fase di accumulo di scorie piatte e grossolane (UUSS 3, 5, 6, 7, 17, 26, 55, Fig. 39) immerse in una scarsa matrice sabbiosa, con abbondante presenza



Figg. 28, 29, 30. Area A - Settore 1 – Fase 1: macroresti vegetali (rametti, schegge con tracce di fendenti d’ascia, legni con corteccia).

Figg. 28, 29, 30. Zone A - excavation area 1 – Phase 1: plant macroremains (twigs, flakes with cutting traces, wood with bark).



Fig. 31. Area A - Settore 1 – Fase 1: paletti verticali individuati alla base del deposito; si notino gli aloni di ossidi di ferro.

Fig. 31. Zone A - excavation area 1 – Phase 1: vertical stakes found at the bottom of the deposit; the iron oxides ring is evident.

Fig. 32. Area A - Settore 1 - Fase 1: gli elementi lignei orizzontali US 15 e 16.

Fig. 32. Zone A - excavation area 1 - Phase 1: the horizontal wooden elements SU 15 and 16.

Fig. 33. Area A - Settore 1 - Fase 1: il travetto orizzontale US 37 sigillato dalla sabbia di scorie concrezionata da ossidi di ferro.

Fig. 33. Zone A - excavation area 1 - Phase 1: horizontal joist SU 37 covered by "slag sand" concreted by iron oxides.

Fig. 34. Area A - Settore 1 - Fase 2: planimetria delle superfici concrezionate da ossidi di ferro di Fase 2 (elaborazione grafica C. Maggioni e N. D.).

Fig. 34. Zone A - excavation area 1 - Phase 2: plan of the surfaces concreted by iron oxides belonging to phase 2 (graphic C. Maggioni e N. D.).

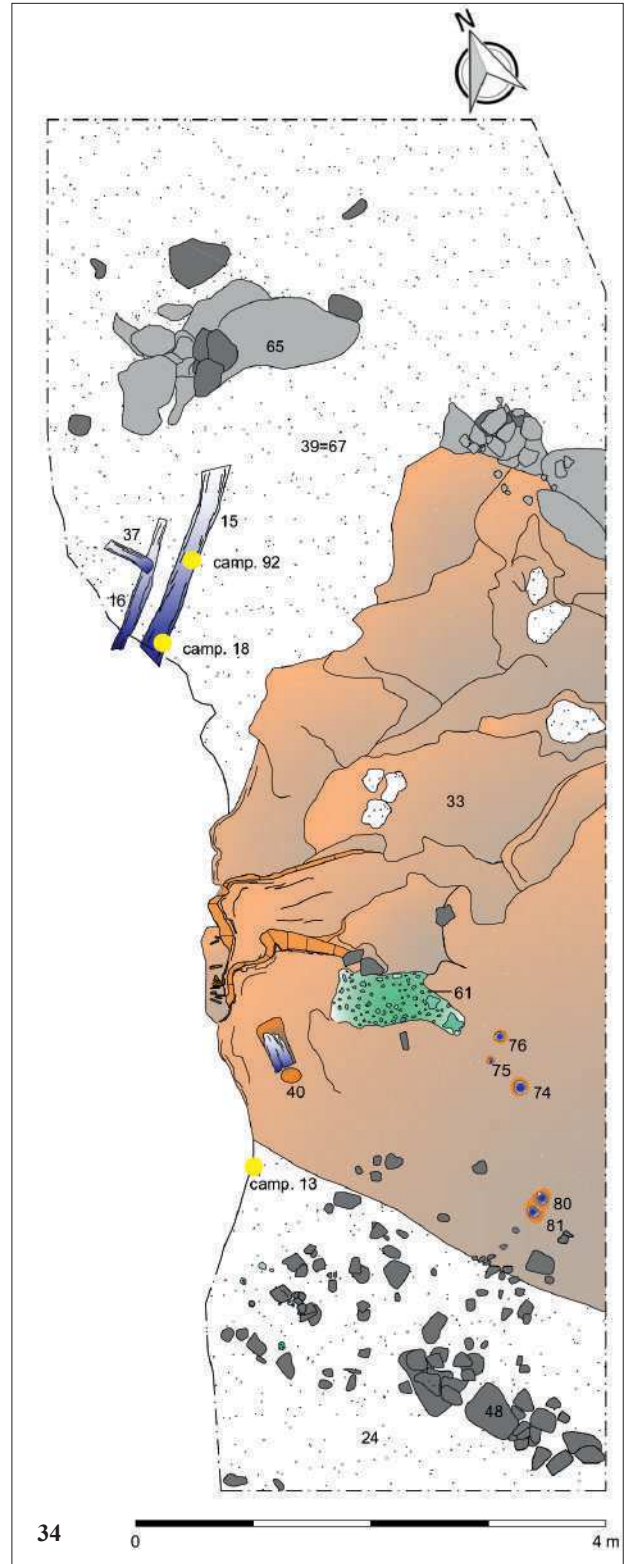


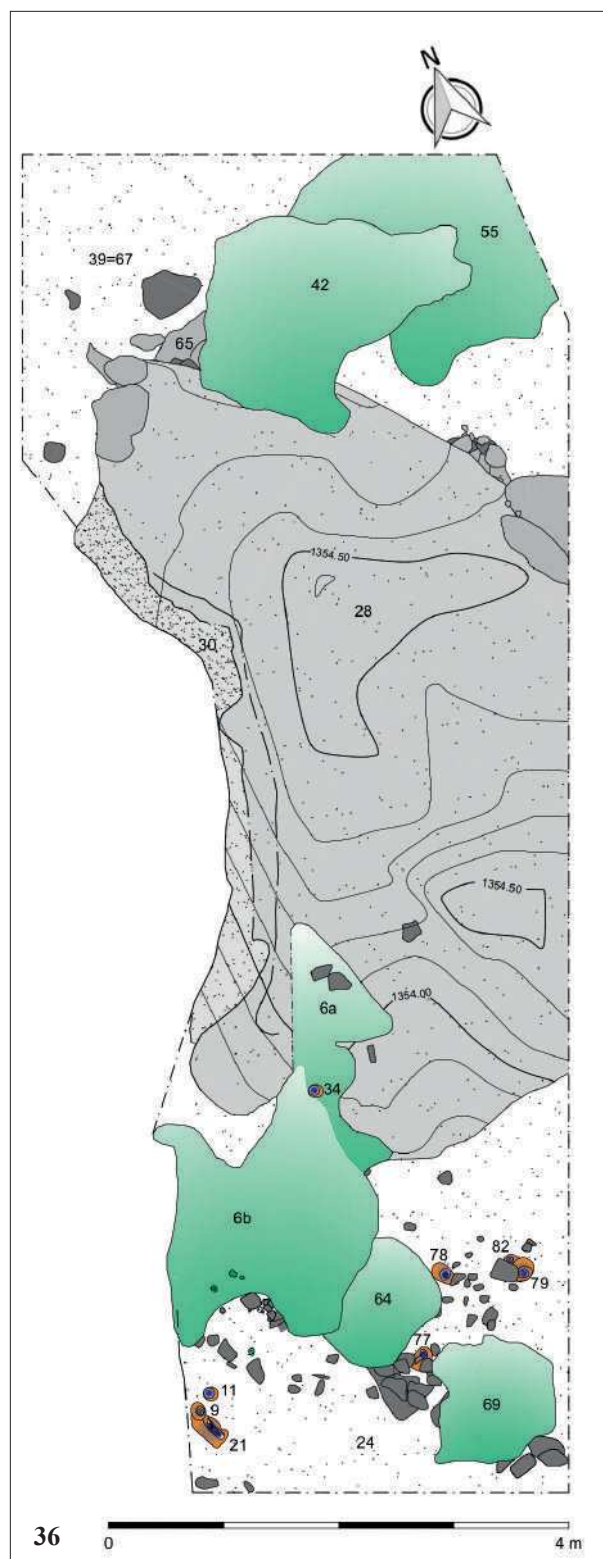


Fig. 35. Area A - Settore 1 - Fase 2: l'interfaccia fortemente concrezionata US 33.

Fig. 35. Zone A - excavation area 1 - phase 2: the highly concreted interface SU 33.

Fig. 36. Area A - Settore 1 - Fase 3: planimetria dell'accumulo di sabbia di scorie UUSS 28-29; nelle parti distali si dispongono scarichi localizzati di scorie (elaborazione grafica C. Maggioni e N. D.).

Fig. 36. Zone A - excavation area 1 - phase 3: plan of the "slag sand" heap SSUU 28-29; at the extremities, in green, small slag heaps (graphic C. Maggioni e N. D.).



di carboni e più rari resti faunistici (molto degradati) e ceramici. Anche in questa fase sono riconoscibili tracce di un'organizzazione razionale degli accumuli riferibile a originari recinti di contenimento degli scarichi di scorie. Si tratta di due buche per

palo (UUSS 11, 34, nel matrix: "LgV_3") che insistono in punti localizzati ai margini dei principali accumuli di scorie (UUSS 5, 6, 7, 17, 42, 51, 55) e di ramaglie che in qualche caso presentano una vaga disposizione ad intreccio.

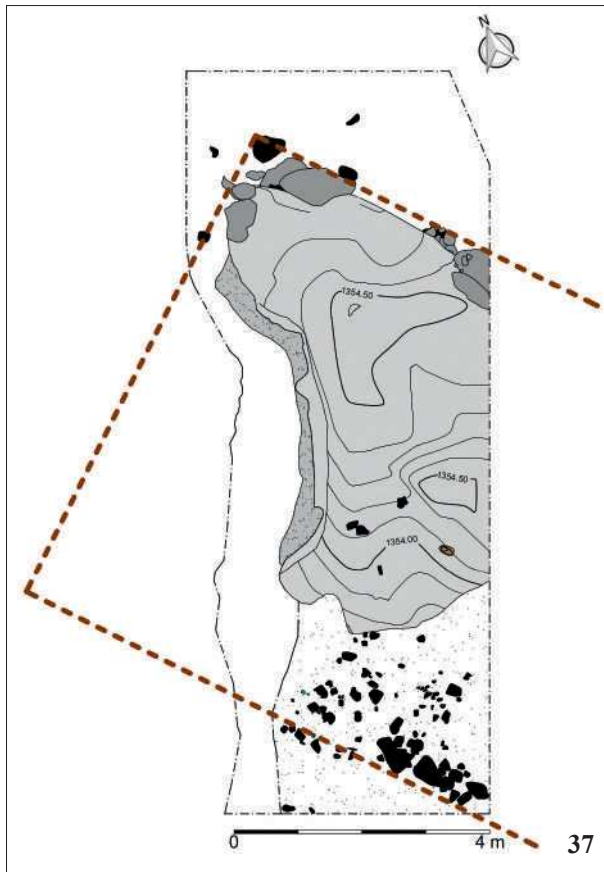


Fig. 37. Area A - Settore 1 – Fase 3: ipotesi ricostruttiva delle “gabbionature” lignee con funzione di argine (elaborazione grafica C. Maggioni e N. Degasperì).

Fig. 37. Zone A - excavation area 1 – Phase 3: hypothetical reconstruction of the wooden structure possibly used to retain slag dumps (graphic C. Maggioni e N. Degasperì).

Fig. 38. Area A - Settore 1 – Fase 3: evidenze di interfacce verticali nella sezione nord dell’accumulo di sabbia di scorie del Settore 1.

Fig. 38. Zone A - excavation area 1 – Phase 3: the shape of the slope of the slag sand deposit in the northern profile of the slag heap might be indicative of gabions or walls to retain slag dumps.

Fig. 39. Area A - Settore 1 – Fase 4: scarico localizzato di scorie piatte e grossolane (US6), ai margini dell’accumulo di sabbia di scorie.

Fig. 39. Zone A - excavation area 1 – Phase 4: small plate and coarse slags heap (SU 6) at the limit of the “slag sand”.

Area A/Settore 4: il deposito archeologico (PB, ND)

Nel 2007 era stato effettuato un primo carotaggio manuale (carota 1) nell'area del bacino intorbato presente immediatamente a est del Settore 1. Il carotaggio aveva dato esito positivo, mostrando la presenza di stratificazioni torbose intercalate da lenti di sabbie di scorie e carboni, il tutto sovrapposto a sedimenti limosi di colore biancastro (Fig. 40).

Nel 2008 è stato eseguito un piccolo sondaggio manuale accanto alla Carota 1, allo scopo di raccogliere campionature palinologiche e sedimentologiche nell'area umida dell'antico bacino intorbato.

La stratigrafia documentata nel sondaggio è la seguente:

- strato A (=US 400): suolo attuale, ricco di materiale vegetale decomposto (ca. 20 cm);
- strato B (=US 401): strato limoso argilloso bruno (ca. 40 cm);
- strato C (=US 420): livello torboso stratificato con sfasciumi vegetali, cortecce, schegge con fendenti

d'ascia, carboni, sabbia di scorie e scorie in micro-livelli (ca. 50-60 cm);

- strato D (=US 421): ciottoli e legni in posizione orizzontale; probabile bonifica situata a ca. 1,20 m sotto il piano di calpestio;
- strato E (=US 422): limi biancastri, laminati, con presenza di carboni. La flottazione ad acqua dello strato a torbe (C) ha consentito di recuperare un gran numero di reperti botanici: legno, corteccia, semi; tra questi assumono un importante significato archeologico le numerose schegge che conservano le tracce di fendenti prodotti da strumenti da taglio (probabili colpi d'ascia) ed altri elementi che risultano parzialmente carbonizzati (Fig. 41).

Le ricerche sono riprese nel 2011, con l'apertura del Settore 4: si tratta di un'area rettangolare (8x4 m, per complessivi 32 m²), orientata grosso modo in senso W-E. Inserito nella maglia generale di scavo, il Settore 4 comprende i quadrati 97-100N/65-72E (Figg. 42-43).

Di seguito si presentano i dati relativi alla sequenza stratigrafica (Tab. IV, Fig. 44) e alla descrizione e all'interpretazione delle Unità Stratigrafiche.



Fig. 40. Area A: carotaggio manuale eseguito nell'area umida situata a est del Sett.1.

Fig. 40. Area A: manual core sampling in the humid area east of excavation area 1.



Fig. 41. Area A: macroresti vegetali dai livelli a torbe.

Fig. 41. Area A: plant macroremains from the peat layers.



Fig. 42. Area A – Settore 4: apertura del nuovo settore di scavo nel 2011.

Fig. 42. Area A – excavation area 4: opening of the new excavation in 2011.



Fig. 43: Area A – Settore 4: affioramento del deposito anaerobico.
Fig. 43: Zone A - excavation area 4: the top of the anaerobic deposit.

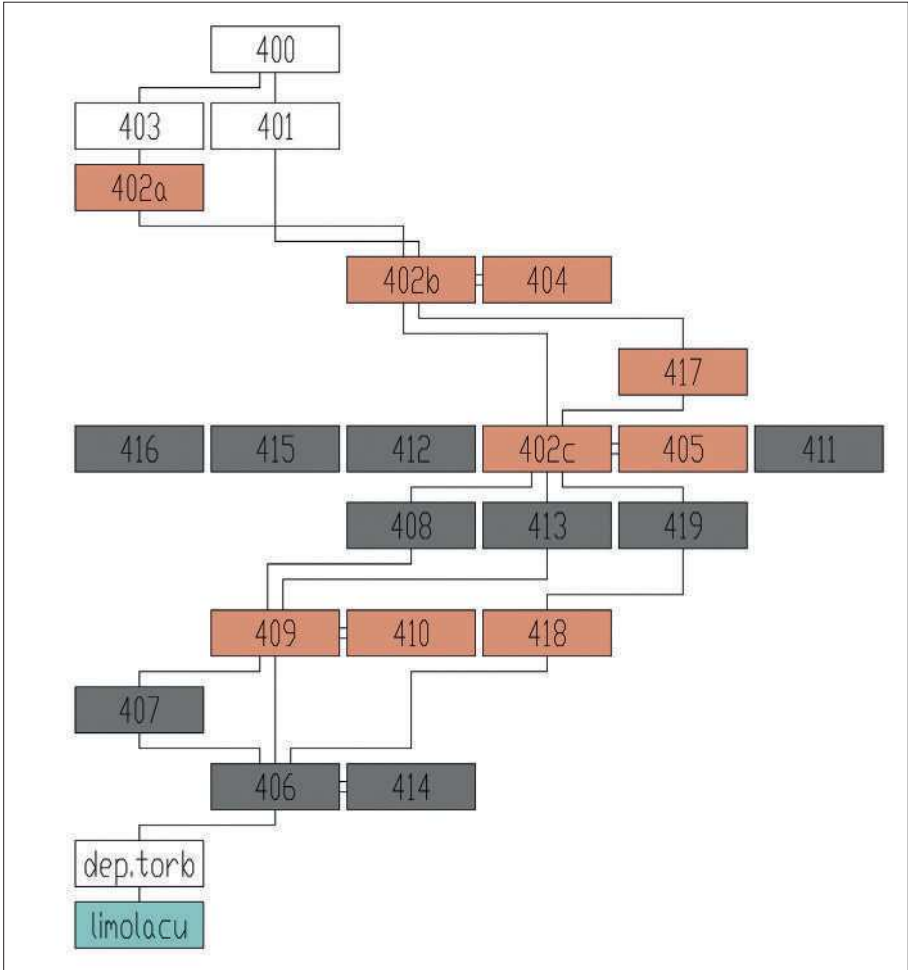


Fig. 44 – Area A – Settore 4: diagramma stratigrafico (matrix di Harris).
Fig. 44 – Zone A - excavation area 4: Harris' matrix.

Tab. IV – Settore 4: descrizione e interpretazione delle unità stratigrafiche.
Tab. IV – excavation area 4: description and interpretation of the stratigraphic units.

US	Descrizione	Interpretazione - osservazioni
400	Strato limoso organico in gran parte composto da apparati radicali attivi di conifera ed erbe palustri. Fortemente bioturbato (canali di insetti), presenza di rari clasti di porfido. <i>Dark reddish brown, 5YR-3/2.</i>	Humus superficiale, suolo attuale.
401	Strato di limo organico derivante dalla decomposizione di elementi vegetali fini (in massima parte erbacee) con presenza di legni orizzontali fluitati, in prevalenza rami di conifera, in ambiente idromorfo anaerobico. Individuato nella porzione est del Sondaggio. <i>Very dark brown, 7,5YR2,5/2.</i>	Formazione post-abbandono
402 a	Strato lenticolare di “sabbia di scorie” ossidate a granulometria fine, limitato alla zona ovest del settore indagato. Sono presenti abbondanti bioturbazioni provenienti dal suolo attuale (radici e tane di insetti), rare scorie fusorie piatte e un frammento ceramico (RR 58, parete con cordone plastico). <i>Dark reddish brown, 5YR3/4.</i>	Tetto degli scarichi antropici connessi alle fasi di lavorazione.
402 b	=404. Strato lenticolare di sabbia di scorie di colore più scuro rispetto a US 402a e di consistenza compatta. Presenti anche scorie piatte. Nello strato sono state recuperate due “incudinelle” in porfido (RR 59 e 60) con singola “coppella” centrale ed un percussore, sempre in porfido (RR 61). <i>Very dark greyish brown 10YR 3/2.</i>	Scarico di residui di lavorazione, spianati per bonifica dell’area e approntamento superfici d’uso.
402 c	= 405. Strato lenticolare di sabbia di scorie di consistenza compatta, a placche orizzontali sabbiose cementate dagli ossidi di ferro presenti nel deposito. Scarse scorie di fusione. Abbondano: impronte (ossidazioni) di legni e ramaglie orizzontali; aggregati di forma ovale, giallastro-arancioni, friabili (coproliti?) in associazione con piccoli clasti di porfido. Verso ovest, l’US presenta un limite netto marcato da un’impronta lignea semi-mineralizzata e da un’incudine in porfido (RR 70) <i>Dark reddish brown 5YR 3/4.</i>	Scarico di residui di lavorazione, spianati per bonifica dell’area e approntamento superfici d’uso.
403	Taglio ad andamento rettilineo, orientato S-N, parzialmente obliato dalla crescita di US 400 e dalle bioturbazioni.	Intervento post-abbandono (canaletta di drenaggio).
404	=402 b.	
405	=402 c.	
406	=414. Strato di limo organico nerastro compatto, costituito in gran parte da legni (rametti e schegge) e soprattutto da carboni anche di grossa pezzatura (>2cm). Costituisce il tetto del deposito anaerobico che ha consentito una buona conservazione del materiale organico. Sono stati scavati solo 3 quadranti di 50 cm di lato in 100N/71E (precisamente i quadranti I-II e IV); nel quadrante IV è stata rilevata una particolare concentrazione di clasti in porfido con faccia piana e levigata (macine frammentarie?) infissi verticalmente, probabile inzeppatura per palo. <i>Black, 10YR,2/1.</i>	Deposito di decantazione ai margini delle aree di lavorazione.

407	Lente limosa organica di forma subcircolare. Contiene: carboni, legno mineralizzato e coproliti, nonché minuti frammenti di porfido a spigolo vivo. Localizzata nei qq. 99-100N/68E. <i>Black</i> , 10YR2/1.	
408	Lente localizzata di limo organico carbonioso, di spessore centimetrico; presenza di probabili coproliti. <i>Black</i> 10YR2/1.	Scarico localizzato di carbone. Contestuale agli scarichi di sabbia di scorie.
409	=410. Strato planare di sabbia di scorie alquanto friabile, composto di placche sabbiose stratificate e parzialmente cementate da ossidi di ferro. <i>Dark reddish brown</i> , 5YR3/4.	Superficie di calpestio. Insiste su depositi di scarico che marciano la netta cesura tra la parte superiore (aerobica) e quella inferiore (anaerobica) del deposito.
410	=409	
411	Lente localizzata di limo organico carbonioso, di spessore centimetrico, inglobata nello strato US 402 c = 405. <i>Black</i> 10YR2/1.	Scarico localizzato di carbone. Contestuale agli scarichi di sabbia di scorie.
412	Lente localizzata di limo organico carbonioso, di colore perlopiù nero, di spessore centimetrico, inglobata nello strato US 402 c = 405. <i>Black</i> 10YR2/1.	Scarico localizzato. Contestuale agli scarichi di sabbia di scorie.
413	Lente localizzata di limo organico carbonioso, di colore nero, di spessore centimetrico. Da notare la presenza di probabili coproliti. <i>Black</i> 10YR2/1.	Scarico localizzato di carbone. Contestuale agli scarichi di sabbia di scorie.
415	Lente localizzata di limo organico carbonioso, di spessore centimetrico, inglobata nello strato US 402 c = 405. <i>Black</i> 10YR2/1.	Scarico localizzato di carbone. Contestuale agli scarichi di sabbia di scorie.
416	Lente localizzata di limo organico carbonioso, di colore perlopiù nero, di spessore centimetrico, inglobata nello strato US 402 c = 405. <i>Black</i> 10YR2/1.	Scarico localizzato di carbone. Contestuale agli scarichi di sabbia di scorie.
417	Lente sabbiosa, friabile. Fa parte degli scarichi ripetuti di sabbia di scorie, ma si caratterizza per una notevole concentrazione di clasti di porfido fortemente alterati dal fuoco e per i frammenti di legno semi-mineralizzato dalle ossidazioni. Localizzata nei qq. 97-98N/95E <i>Dark yellowish brown</i> 10YR3/4.	Scarico di residui di lavorazione, spianati per bonifica dell'area e approntamento superfici d'uso.
418	Strato planare di sabbia di scorie. Non scavato	Scarico di residui di lavorazione, spianati per bonifica dell'area e approntamento superfici d'uso.
419	Lente localizzata di limo organico carbonioso, di spessore centimetrico. Da notare la presenza di probabili coproliti. <i>Black</i> 10YR2/1.	Scarico localizzato di carbone. Contestuale agli scarichi di sabbia di scorie.
420	Torba stratificata e limo organico con abbondanti macroresti vegetali, intercalazioni lenticolari di sabbia di scorie, legni con tracce di lavorazione e reperti ceramici. Non scavato. <i>Dark brown</i> 10YR3/3.	Deposito di decantazione ai margini delle aree di lavorazione.
421	Strato di tronchi in giacitura orizzontale e pietre. Non scavato	
422	Strato di limo lacustre, laminato e contenente rari carboni. Non scavato. <i>Light grey</i> 10YR7/2.	Fondale del piccolo bacino successivamente intorbatosi.

Area A / Settore 4: sequenza delle fasi e interpretazione funzionale dei depositi e delle strutture (PB, ND, MB)

La stratigrafia messa in luce nel Settore 4 (ca. 1 metro di potenza, Fig. 45) può essere schematicamente suddivisa, sulla base della genesi e delle condizioni deposizionali e postdeposizionali, in due macrounità principali.

Deposito di ambiente anaerobico. La parte inferiore della serie stratigrafica del Settore 4 è caratterizzata da ambiente riducente anaerobico, con presenza di limi organici scuri e strati torbificati con abbondanti macroresti vegetali (UUS 406, 420) (Fig. 46).

I due limitati pozzetti di drenaggio realizzati manualmente per gestire l'acqua di falda hanno rilevato la presenza, negli strati profondi, di materiale archeologico correlabile alle fasi di frequentazione protostorica del sito, associato alle attività metallurgiche: frammenti ceramici, scorie fusorie,

schegge di legno con fendenti d'ascia e un manufatto ligneo associabile alle lavorazioni (spatola; cfr. *infra* e Fig. 52).

La presenza di tali indicatori antropici intervallati alla crescita di torbe nell'area umida, unitamente alla costante presenza di lamine di sabbia di scorie, inducono a ritenere plausibile la contemporaneità del piccolo bacino con le attività fusorie attestate nell'area. Scorie, sabbie di macinatura e resti vegetali trattati dall'uomo sono rimasti intrappolati nella sedimentazione subacquea ricca di materiale organico e si sono conservati grazie alle particolari condizioni anaerobiche.

Il contatto con i limi di fondo (US 422) è caratterizzato da pietre e legni adagiati in orizzontale (US 421) che si trovano, significativamente, alla medesima quota degli elementi lignei documentati nel Settore 1 alla base degli accumuli di sabbia di scorie (Fase 1). Anche questo dato sembra confermare la presenza di una barriera fisica (arginatura) che si frappone tra l'area asciutta posta ad ovest e quella caratterizzata da ristagno d'acqua (cfr. Settore 1).



Fig. 45. Area A – Settore 4: sezione stratigrafica parete nord.
Fig. 45. Zone A - excavation area 4: northern profile of the area.

Fig. 46. Area A – Settore 4: particolare del deposito anaerobico (limi organici con macroresti vegetali).
Fig. 46. Zone A - excavation area 4: detail of the anaerobic deposit (organic silt with plant macroremains).

Fig. 47. Area A – Settore 4: incudine di porfido *in situ*.
Fig. 47. Zone A - excavation area 4: porphyry anvil stone *in situ*.

Fig. 48 A. Area A – Settore 4: macine in porfido.
Fig. 48 A. Zone A - excavation area 4: porphyry anvil stones.

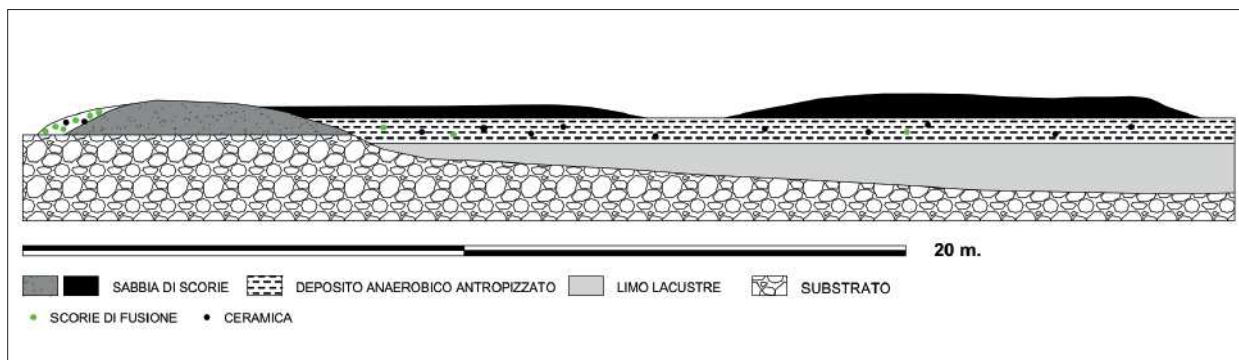


Fig. 49. Area A – Settore 4: sezione schematica esemplificativa degli accumuli di sabbia di scorie sopra i livelli limosi e torbosi del deposito anaerobico (elaborazione grafica C. Maggioni e N. D.).

Fig. 49. Zone A - excavation area 4: schematic profile of the slag sand heap above the silty and peaty layers of the anaerobic deposit (graphic C. Maggioni and N.D.).

Deposito di ambiente aerobico. La parte superiore del deposito stratigrafico è per molti versi assai simile alla serie indagata nel Settore 1: si tratta di scarichi reiterati (e forse spianati con intento di bonifica) di “sabbia di scorie” di varia granulometria alternati a butti localizzati di carbone e macroresti vegetali accompagnati da manufatti litici probabilmente connessi alle varie fasi di lavorazione del minerale: percussori, incudini, ecc. (Figg. 47-48).

Si deve sottolineare la marcata dicotomia cromatica di queste “sabbie”, che virano dal rosso arancione al grigio scuro.

Sporadica è la presenza di reperti ceramici, mentre più diffuse sono le scorie fusorie piatte e grossolane, ma senza le concentrazioni ad accumulo rilevate nel Settore 1.

Nel complesso, sembra trattarsi di scarichi e spianamenti che tendono ad ampliare l’area calpestabile e asciutta verso l’interno del bacino idrico (Fig. 49); la granulometria grossolana delle scorie, infatti, poteva consentire il drenaggio delle acque e limitare la risalita capillare.

Reperti mobili (PB, ES)

Reperti ceramici

Di prassi nei siti fusori sud-alpini i reperti mobili sono limitati a qualche decina di elementi ceramici e faunistici e, talvolta, singoli oggetti in bronzo (in genere spilloni). A Segonzano sono stati rinvenuti 26 frammenti ceramici tipologicamente diagnostici, di cui 19 provenienti dal settore 1, 1 dal settore 4 e 6 fuori contesto stratigrafico. La gran parte dei materiali del Settore 1 vengono dalla fase 1 (9 frammenti - US 85: nn. 10,13; US 39: n. 19; US 36: nn. 18, 23, 25; US 35: nn. 6, 9; US 84: n. 24) e dalla fase 4 (10

frammenti - US 6: nn. 2, 7; US 7: nn. 1, 3, 8, 20, 22, 26; US 18: n. 14; US 3: n. 12). Si tratta prevalentemente di fogge vascolari troncoconiche che, quando sufficientemente documentate nello sviluppo della parete, sembrano pertinenti a forme relativamente profonde⁸.

In assenza di specifiche indagini di caratterizzazione degli impasti, i materiali possono essere riconducibili, sulla base dell’analisi autoptica, a tre principali classi:

- A) nucleo di colore grigio, con rari inclusi submillimetrici, tra cui alcuni di colore bianco. La superficie risulta liscia, con tracce evidenti di steccatura, di colore dal grigio al nocciola, con rari vacuoli di dimensioni inferiori a 1 mm (Fig. 50.9, 8, 13, 10, 11, 12; Fig. 51.8, 9);
- B) nucleo di colore grigio, con rari inclusi visibili anche millimetrici tra cui alcuni di colore bianco. La superficie risulta liscia con tracce evidenti di steccatura, di colore da nocciola a grigio; sono presenti diffusi vacuoli di dim. fino a 1 mm (Fig. 50.1, 3, 4, 5, 6, 7, 14; Fig. 51.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10);
- C) nucleo compatto, di colore grigio scuro; non sono presenti inclusi di dimensioni percepibili alla vista. La superficie risulta liscia e lucidata, di colore omogeneo, grigio scuro – nero (Fig. 51.11, 12).

Le prime due classi (A e B) si distinguono solamente per la leggera differenza nelle dimensioni degli inclusi e dei vacuoli lasciati sulla superficie dal loro distacco. Più marcata la differenza dell’impasto C che sembrerebbe pertinente a una lavorazione che implicava un maggior controllo della temperatura e dei processi ossido-riduttivi.

Vaso troncoconico con orlo a tesa ingrossato internamente (Fig. 50,1-4)

Breve orlo a tesa ingrossato internamente e distinto da spigolo, con bordo arrotondato; la parete si

⁸ Trattandosi di un numero di reperti limitato e abbastanza omogeneo dal punto di vista formale, si è preferito presentarli per tipologia, indicandone comunque la provenienza stratigrafica.

presenta da rettilinea a leggermente convessa. In un caso (Fig. 50,4) compare una decorazione a singolo cordone liscio e rettilineo, impostato poco sotto l'orlo. In un altro caso (Fig. 50,1) e nella medesima posizione, si trova un fascio di 3 solcature parallele. Il diametro all'orlo è compreso tra i 12 e i 13 cm.

Tre elementi sono pertinenti alla fase 4 (Fig. 50,1 - SePe 07, RR 35, US 7, sondaggio 1; Fig. 50,2 - SePe 07, RR 6, US 6, sondaggio 1; Fig. 50,3 - SePe 07, RR 13, US 7 base, sondaggio 1), mentre un quarto frammento è stato recuperato fuori contesto (Fig. 50,4 - "Recupero pozzetto di drenaggio").

Forme di piccole dimensioni, come quelle descritte, trovano un preciso confronto a Tires - Bäckewiesl, (BZ), in un contesto di abitato attribuito alla *facies* "Luco/Laugen A" (TECCHIATI *et alii* 2014, tav. 1, n. 9, tav. 5, n. 12). Con riferimento alla conformazione dell'orlo più che alle ridotte dimensioni del tipo, in ambito Luco/Laugen A altri possibili elementi di confronto per l'elemento di Fig. 50,4 provengono da: Groa di Sopramonte (TN) (PERINI 1979, fig. 10.10, 11), Ciaslir di Monte Ozol (PERINI 1970, fig. 25.45), Appiano/Eppan (BZ) (LEITNER 1988, fig. 41.17, 29, 31, 34), mentre l'elemento di Fig. 50,3 trova confronto a Ganglegg - Sluderno/Schluderns (BZ) (STEINER 2010, p. 476, fig. 15) e Appiano S.Paolo/Eppan St.Pauls (LEITNER 1988, figg. 41.24 e 44.1).

Orlo a tesa ingrossato internamente (Fig. 50.5-14)

Breve orlo a tesa ingrossato internamente e distinto da spigolo, con bordo arrotondato. Pur non conservando un tratto di parete sufficiente per definirne la forma e non essendo certa, in alcuni casi, l'inclinazione, i frammenti in esame sembrerebbero prevalentemente riferibili a fogge troncoconiche (vasi/boccali/bicchieri). In due casi (Fig. 50.10, 11) compare una decorazione a fascio di incisioni parallele orizzontali immediatamente sotto l'orlo.

Quattro elementi sono pertinenti alla fase 1 (Fig. 50.6 - SePe 07, RR 17, US 35, sondaggio 1; Fig. 50.9 - SePe 07, RR 16, US 35, sondaggio 1; Fig. 50.10 - SePe 13, RR 76, US 85; Fig. 50.13 - SePe 13, RR 75, US 85); cinque frammenti provengono invece da livelli della fase 4 (Fig. 50.5, SePe 07, RR 1, US 2/3 Sondaggio 1; Fig. 50.7, SePe 07, RR 7, US 6 Sondaggio 1; Fig. 50.8, SePe 07, RR 9, US 7 Sondaggio 1; Fig. 50.12, SePe 07, RR 2, US 3 Sondaggio 1; Fig. 50.11, SePe 07, RR 25, US 6 Sondaggio 1).

Per questi elementi tipologici valgono le considerazioni espresse per la forma precedente, ossia trovano confronto nell'ambito delle fasi avanzate del Bronzo Recente e nel Bronzo Finale della regione Trentino-Alto Adige e in particolare nell'ambito della *facies* "Luco/Laugen A". Ad esempio il frammento di Fig. 50.7 trova confronti tra i materiali di Ganglegg - Sluderno/Schluderns (STEINER 2010, p. 576, fig. 15) e di Appiano S.Paolo/Eppan St.Pauls

(LEITNER 1988, figg. 41.24 e 44.1); quelli di Fig. 50.5,6 con frammenti da Castellar de la Groa (MARZATICO 1997, p. 208, nn. 498-499). Sulle varietà degli orli a tesa della *facies* Luco/Laugen A si veda anche il contesto di Salorno - Dos de la Forca (PISONI, TECCHIATI 2019, pp. 118-120).

Vaso troncoconico con orlo a tesa (Fig. 51.1-6)

Breve orlo a tesa distinto all'interno da spigolo; la parete si presenta da rettilinea a leggermente convessa. Si differenzia dalle forme precedenti per la mancanza dell'ingrossamento interno dell'orlo. L'esemplare di Fig. 51.1 presenta il bordo inclinato e ingrossato verso l'esterno che trova confronti a Groa di Sopramonte (TN) (PERINI 1979, fig. 10.19). Marzatico (1997, p. 193, n. 356) rimanda a confronti con Dos Gustinaci di Fia-vé (PERINI 1994, cc3588; 3590) ossia con il BR non evoluto. Anche l'esemplare di Fig. 51.2 rimanda a forme attestate nel Bronzo Recente 1 (ad es. Nomi Cef (TN), MARZATICO 1985, p. 45; tav. 4.5).

Forme troncoconiche profonde con orlo a tesa distinto sono caratteristiche della *facies* Luco/Laugen A (Bronzo Recente 2 - Bronzo Finale; cfr. MARZATICO 2001, p. 387; MARZATICO 2012, pp. 192-193).

Orlo a tesa orizzontale (Fig. 51.7)

Orlo a tesa complanare rispetto al piano della bocca del vaso; breve tratto di parete probabilmente riferibile a un corpo troncoconico. Trova confronti a Ganglegg - settore 5 da un contesto riferibile alla *facies* Luco/Laugen A (STEINER 2007, p. 451, tav. 49, 25). Diversi esemplari sono stati individuati anche tra i materiali provenienti dai recenti scavi condotti nel sito fusorio di Luserna Platz Von Motze (NICOLIS *et alii* 2021).

Orlo estroflesso (Fig. 51.8)

Orlo non distinto leggermente estroflesso.

Scodella a calotta o emisferica (Fig. 51.9)

Orlo leggermente aggettante nel tratto terminale e distinto internamente (spigolo); parete a profilo convesso.

Ansa a nastro verticale (Fig. 51.10)

Attacco inferiore di ansa a nastro verticale.

Parete decorata (Fig. 51.11)

Frammento di parete decorata con cordone con tacche oblique.

Si tratta di un motivo decorativo usuale in ambito Luco/Laugen A (ad es. Appiano S.Paolo/Eppan St.Pauls; LEITNER 1988, figg. 27-28).

Fondo (Fig. 51.12)

Parete a profilo leggermente convesso e fondo piano.

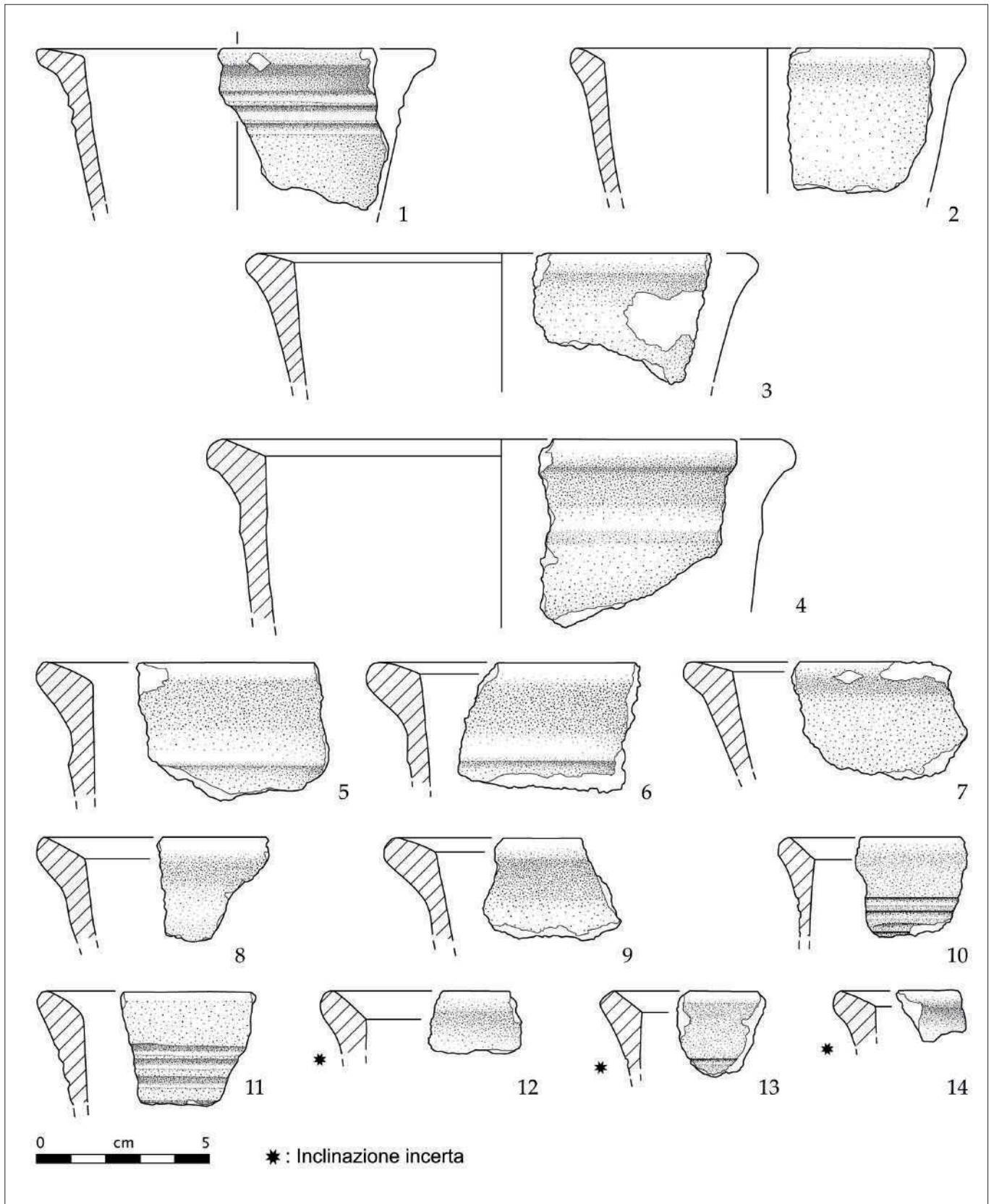


Fig. 50. I materiali ceramici (dis.: L. Stefan).
 Fig. 50. Pottery fragments (drawings: L. Stefan).

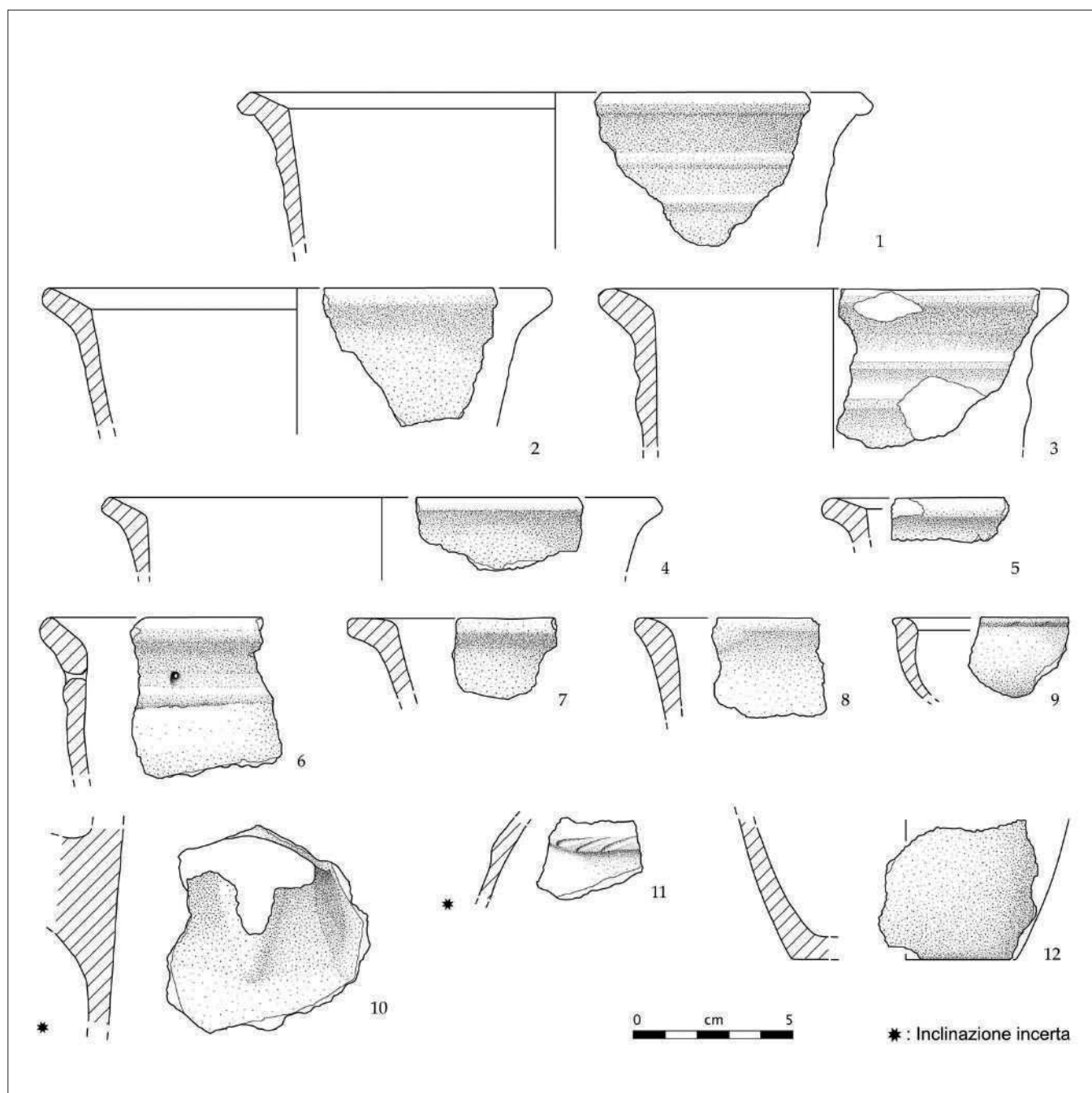
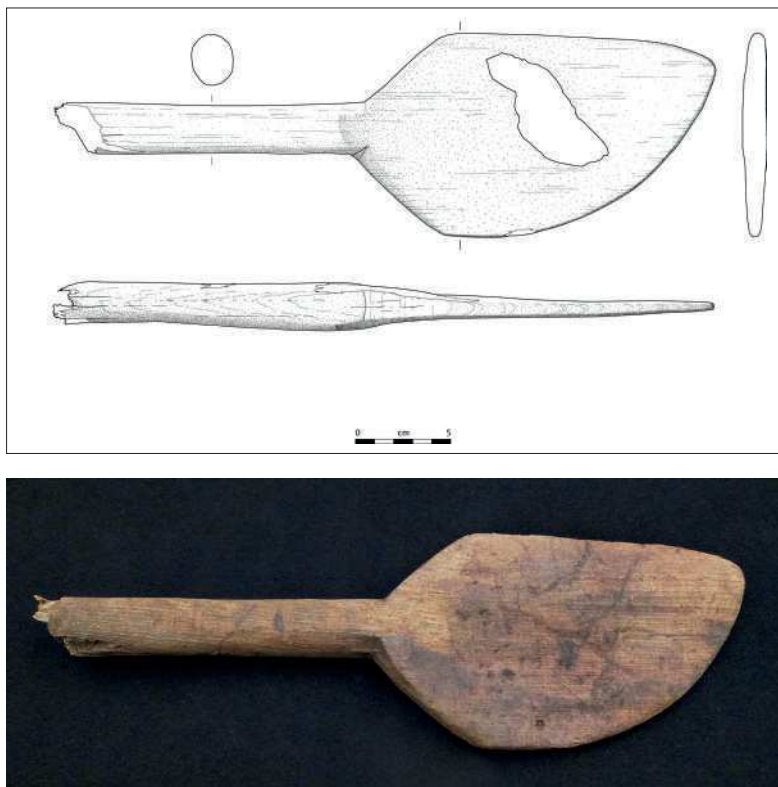


Fig. 51. I materiali ceramici (dis.: L. Stefan).
 Fig. 51. Pottery fragments (drawings: L. Stefan).

Fig. 52. Area A – Settore 4: la spatola lignea recuperata nel pozzetto di drenaggio del Sett. 4 (dis.: L. Stefan; foto: archivio UBA TN).

Fig. 52. Zone A - excavation area 4: wooden spatula found in the drainage pit in the excavation area 4 (dr.: L. Stefan; photo: UBA TN).



Reperti lignei

La flottazione ad acqua del terreno proveniente dai livelli torbificati individuati nel Settore 4 ha consentito di recuperare un gran numero di reperti botanici: legno, corteccia, semi, nonché numerose schegge di legno con evidenti tracce prodotte da uno strumento da taglio (ascia?) ed altri elementi parzialmente carbonizzati.

Spatola

Dalla ripulitura del pozzetto di drenaggio scavato nel 2008 presso la Carota 1, quindi privo di contesto stratigrafico, è stato recuperato un manufatto ligneo di eccezionale interesse (lunghezza massima 36 cm; Fig. 52).

Si tratta di uno strumento funzionalmente definibile come “spatola”. L’impugnatura è frammentaria; se ne conserva un segmento (lung. max 16 cm; diam. 2 cm) di forma cilindrica allungata a sezione ellittica. La parte attiva dello strumento, lunga cm 19,5, ha forma simile alla lama di un coltello, con alto dorso a profilo rettilineo e taglio fortemente curvilineo. Il raccordo tra impugnatura e lama è dato da una forte rastremazione del dorso e del taglio, con andamento rettilineo e convergente sull’impugnatura. Sulle facce della lama sono ben visibili delle striature lineari subparallele, forse derivanti dall’uso.

Strumenti in legno connessi alle attività di scavo o di primo trattamento dei minerali sono stati rin-

venuti in diversi siti minerari, grazie alle loro particolari condizioni di conservazione. Esempari che richiamano quello di Segonzano provengono dall’area mineraria di Mitterberg (spatole tipo Mitterberg Hauptgang) e sono datati alla media età del Bronzo (THOMAS 2018, pp. 288-294, fig. 269, A).

Una datazione (dendrocronologica) al 900-870 BC è stata invece proposta per il sito di arricchimento del minerale (lavaggio) di “Mauk F” (Schwarzenberg Moos, KLAUNZER *et alii* 2010). Si tratta di un’area di torbiera da cui provengono strumenti in pietra, in ceramica e soprattutto in legno, tra cui due trogoli e alcuni “coltelli” che si suppone utilizzati nel processo di separazione della frazione di minerale a più alto contenuto metallico. Diversi confronti vengono anche da uno studio condotto su 19 strumenti in legno - definiti genericamente “palette” (*shovels*) – provenienti da miniere di età storica della Turchia. Molto simili per forma e dimensioni sono gli esemplari provenienti dalle miniere di rame di Murgul-Artvin⁹ e di Maden-Elazig¹⁰ e da quella di rame, zinco, argento e piombo di Hurşit-Köprübaşı (Tirebolu, Giresun)¹¹.

A proposito di quest’ultima, l’autore parla di un manufatto “made to shovel powdered ore in a channel” e, oltre alla foto della “paletta”, contenuta all’interno di un segmento di tronco d’albero scavato, propone una ricostruzione degli impianti di trattamento del minerale polverizzato per il suo arricchimento,

⁹ Legno di castagno; lung. max 52 cm; II metà del I millennio a.C.; KAPTAN 2008, p. 140, fig. 1.

¹⁰ Legno di quercia; lung. max. 57 cm; XVIII-XIX sec.d.C.; KAPTAN 2008, p. 140, fig. 4.

¹¹ Legno di ontano; lung. max. 23 cm; non datata; KAPTAN 2008, p. 140, fig. 9.

dove compare una canaletta artificiale in segmenti di tronco spaccati a metà in senso longitudinale e scavati all'interno (KAPTAN 2008, p. 148). Tracce di simili impianti sono note anche tra le testimonianze della metallurgia pre-protostorica trentina come nel caso della canaletta artificiale, originariamente foderata con assi di legno, dall'area di *smelting* di Acqua Fredda (CIERNY *et alii* 2004, p. 132).

Infine, un manufatto simile a quello in esame proviene anche dal sito palafitticolo di Fivè-Carera (TN). Si tratta della "paletta" frammentaria, rinvenuta nei livelli della media età del Bronzo (C1) della zona di scavo 2, settore VIII, di dimensioni più ridotte rispetto al reperto in esame¹². Il caso di Fivè è di un certo interesse perché si riferisce ad un contesto completamente diverso, ossia di attività domestica, e permette di ipotizzare un utilizzo non specifico di un determinato settore produttivo, ma semplicemente collegato alla necessità di trattare materiale "sciolto" o plasmabile entro un contenitore a superficie interna concava: una scodella o una doccia lignea.

Reperti Litici

Tra i reperti mobili figurano anche alcuni strumenti litici legati al trattamento del minerale e/o delle scorie grossolane. Dall'US 402 c (= 405) del settore 4, uno strato lenticolare di "sabbia di scorie" grossolana, provengono due elementi in porfido di forma quadrangolare irregolare con due facce maggiori, di cui una presenta la superficie levigata e una coppella in posizione centrale. A queste si aggiungono diversi esemplari (interi o frammentari) di ciottoli, di forma irregolare, caratterizzati da una superficie levigata.

Dal punto di vista funzionale questi reperti sono riconducibili, sulla base dei confronti (STÖLLNER *et alii* 2006, pp. 130-132, fig. 50), a piccole incudini, nel

primo caso, e a dei macinelli nel secondo (Figg. 47-48). Anche ad Acqua Fredda di Redebus strumenti certamente connessi a varie tecniche di frantumazione (macine, incudini, percussori, macinelli ecc.) sono stati trovati nei depositi di sabbia di scorie (settore V; CIERNY *et alii* 2004, p. 131) o anche in associazione con strutture (una canaletta) connesse al lavaggio di sabbia di minerale e/o di scorie (settore VII; CIERNY *et alii* 2004, p. 132).

Considerazioni sulla crono-tipologia dei materiali

La disamina degli elementi tipologicamente diagnostici, ossia di quelli ceramici, permette in linea di massima di inquadrare il sito nell'ambito delle fasi recente e finale dell'età del Bronzo e, dal punto di vista culturale, della *facies* Luco A¹³. Pur non essendo ancora disponibile una seriazione crono-tipologica che permetta di demarcare con una certa affidabilità le fasi interne della *facies* Luco A, si propongono le seguenti considerazioni.

Gli elementi diagnostici utili si limitano, in buona sostanza, ad alcune varianti di orlo a tesa, tra cui prevalgono quelli con ingrossamento interno a spigolo; tali elementi tipologici si ritrovano lungo tutta la sequenza stratigrafica ad oggi indagata a Segonzano – Settore 1. Pur essendo già presenti nell'ambito della "*facies* di Dos Gustinaci", la loro prevalenza rispetto alla forma senza ingrossamento e senza spigolo viene di norma attribuita alla *facies* "Luco A" (MARZATICO 2001, p. 387; MARZATICO 2012, pp. 192-193). Dato il richiamo ad analoghe forme della Pianura Veneta, considerate marcatori cronologici delle fasi evolute del Bronzo Recente (BAGOLAN, LEONARDI 2000, p. 17, fig. 2.1-4) si potrebbe ipotizzare che una loro prevalenza, come nel caso in esame, possa essere indice di un momento iniziale di Luco A, parallelo al BR2 del comparto planiziaro del Nord-est italiano.

¹² PERINI 1987, pag. 212 (l.162); pag. 257; Tav. XLVII, pag. 329 fig.157; lunghezza della lama: cm 8,7. Proviene dallo strato C1 della zona 2, attribuita alla fase Fivè 5 (Bronzo medio - XVI sec.a.C. ca).

¹³ Si rimanda al proposito a quanto recentemente discusso in MARZATICO 2012 (e all'ampia bibliografia citata) e in PISONI, TECCHIATI 2019.

Aspetti paesaggistici ed ambientali emersi dalle indagini botaniche (MM, SM, SB, ER)

Materiali e metodi

Il campionamento effettuato durante le fasi di scavo nel Settore 1, seguendo appropriate procedure, ha previsto il recupero di numerosi campioni ricchi di reperti vegetali macroscopici (legni/carboni, semi/frutti, ecc.) e microscopici (pollini e spore). È stato effettuato inoltre un sondaggio (C1) nell'area umida dell'antico bacino intorbato, a circa 21 m in direzione est rispetto al Settore 1. Complessivamente sono stati studiati 14 campioni pollinici: 7 dal Settore 1 e 7 dal sondaggio C1 e 3 campioni di macroresti provenienti dal sondaggio C1.

Di seguito vengono riportati i campioni pollinici e microantracologici analizzati indicando provenienza, US, caratteristiche ed eventuali profondità da cui sono stati prelevati.

Settore 1:

- camp. 1, US 49, strato lentiforme a matrice sabbiosa grossolana, di consistenza friabile, bioturbato; si tratta del degrado della parte sommitale dell'accumulo di sabbie di scorie;
- camp. 2, US 52, strato lenticolare limoso sabbioso, di consistenza compatta, disposto lungo le parti distali dell'accumulo di sabbie grossolane;
- camp. 3, US 51, strato di sabbia grossolana di consistenza friabile, contenente scorie di fusione;
- camp. 4, US 5, strato di sabbia grigio scura con carbone, scorie di fusione, frustoli di concotto e osso calcinato e clasti di porfido;
- camp. 5, US 38, strato argilloso sabbioso, contiene rare scorie e frustoli di legno mineralizzato;
- camp. 6, US 39, strato a matrice argillosa con sabbia fine, di consistenza compatta, costituisce la superficie in continuità, verso nord, con le placche rubefatte di US 33;
- camp. 7, US 58, stesura argillosa sub-orizzontale fortemente rubefatta individuata al di sotto di US 33.

Sondaggio C1:

- camp. 1, cm 10 dal p.d.c.
- camp. 2, cm 20 dal p.d.c.
- camp. 3, cm 25 dal p.d.c.
- camp. 4, cm 40 dal p.d.c.
- camp. 5, cm 70 dal p.d.c.
- camp. 6, cm 90 dal p.d.c.
- camp. 7, cm 100 dal p.d.c.

I 3 campioni di macroresti provengono tutti dal Sondaggio C1. Di seguito sono riportati i singoli campioni con l'indicazione della profondità:

- Camp. 1: cm 30-50 dal p.d.c. attuale
- Camp. 2: cm 50-60 dal p.d.c. attuale
- Camp. 3: cm 70-75 dal p.d.c. attuale.

I campioni pollinici sono stati sottoposti in laboratorio alle tradizionali metodologie di routine seguendo un metodo messo a punto presso il Diparti-

mento di Scienze della Terra dell'Università di Vrije - Amsterdam (LOWE *et alii* 1996) con leggere modifiche da noi apportate. L'osservazione dei campioni è stata effettuata al microscopio ottico a 1.000x.

La determinazione dei granuli è basata sulla Palinoteca del nostro Laboratorio e sui correnti atlanti/chavi polliniche in aggiunta ad una vasta miscelanea morfopalinologica specifica in tema. Per tutti i campioni pollinici analizzati sono stati redatti spettri pollinici generali su base percentuale (cfr. Tabb. V e VI) e diagrammi utilizzando TILIA e TILIA GRAPH (GRIMM 1991 e 2004) raggruppando separatamente i campioni del settore 1 e quelli del sondaggio C1 (Fig. 53).

Sono state tenute fuori percentuale le Conifere, che risultano negli spettri sovrarappresentate. Su ogni campione è stata effettuata inoltre l'analisi dei microcarboni per valutare la presenza di fuochi/incendi, naturali o antropici, attestati in zone vicine agli insediamenti o in aree molto distanti da essi. È stata realizzata inoltre una tavola pollinica con alcuni granuli rinvenuti negli spettri (Fig. 54).

Il metodo scelto per separare i reperti vegetali macroscopici dalla matrice terrosa è quello che combina il procedimento della flottazione in acqua con quello della setacciatura in acqua (GREIG 1989; PEARSALL 2000). Il materiale flottato e setacciato è stato analizzato allo stereomicroscopio (da 8 a 80 ingrandimenti) per isolare l'eventuale presenza di semi/frutti e legni/carboni nei diversi campioni e poi identificarli.

Nei casi in cui la determinazione antracologica richiedeva un'ulteriore indagine, è stato utilizzato il microscopio ottico a luce riflessa. La determinazione dei macroresti è basata sulla carpoteca e xilo-antracoteca del nostro Laboratorio e sui correnti atlanti/chavi carpologiche e xilo/antracologiche abbinati a una vasta miscelanea specifica in tema. Anche per i macroresti sono stati redatti spettri antracologici su base numerica (Tab. VII), utili per approfondire il contesto vegetazionale e soprattutto antropico del sito. In base agli spettri sono inoltre stati redatti alcuni grafici (Fig. 55) in cui vengono riportati i taxa rinvenuti nei livelli analizzati.

È stata realizzata inoltre una tavola fotografica, con le principali specie legnose e antracologiche rinvenute (Fig. 56). I nomi latini dei reperti archeobotanici sono in accordo a TUTIN *et alii* (1993), PIGNATTI (1982; 2017-2019); i nomi italiani sono in accordo a PIGNATTI (1982; 2017-2019) e ZANGHERI (1976).

Risultati

Vengono qui esposti i risultati e le considerazioni delle analisi inerenti microreperti (pollini) e macroresti carpologici e xilo-antracologici rinvenuti nei campioni indagati.

Stato di conservazione, numero, e ricchezza floristica dei reperti

Lo stato di conservazione dei granuli pollinici è mediamente buono/ottimo in tutti i campioni ana-

lizzati. Le concentrazioni polliniche, espresse come numero di granuli pollinici per grammo di sedimento iniziale (pollini/g), risultano nel complesso piuttosto buone/ottime: infatti l'andamento riporta valori compresi fra 10^3 e 10^6 pollini/g. Decisamente più basse sono le concentrazioni delle spore di felci che vanno da 10^2 a 10^5 spore/g, mentre rari sono i reperti in giacitura secondaria. Complessivamente sono stati contati circa 16.943 sporomorfi di cui 14.389 granuli pollinici, in media da 537 a 1.519 granuli per campione e 2.554 spore di felci da 29 a 790.

La ricchezza e varietà floristica risulta nel complesso decisamente elevata e variegata: l'elenco floristico infatti comprende nel Settore 1 120 taxa, di cui 114 riferibili a Spermatophyta: 34 sono taxa di piante legnose e 80 di piante erbacee, le spore di felci sono rappresentate da 6 taxa, mentre i granuli in deposizione secondaria da 2 taxa. Nel sondaggio C1, l'elenco floristico comprende 121 taxa di cui 115 riferibili a Spermatophyta: 40 sono taxa di piante legnose e 75 di piante erbacee, le spore di felci sono rappresentate da 6 taxa, mentre i granuli in deposizione secondaria da 1 taxon.

Tutti i reperti carpologici e lignei rinvenuti nei campioni presi in esame si presentavano in buono stato di conservazione, dovuto principalmente alle modalità di conservazione in condizioni anaerobiche tipiche degli ambienti umidi con falda freatica alta e acqua costantemente presente. Anche i reperti antracologici sono ben conservati grazie a un buono stato di carbonizzazione. Sono stati rinvenuti reperti riferibili a semi/frutti solamente nel camp. 2 del Sondaggio C1; in totale sono stati contati 30 reperti.

Sono inoltre stati rinvenuti circa una cinquantina di aghi probabilmente di Abete. In totale sono stati riconosciuti 8 taxa (di cui 1 riferibile ad un arbusto e 7 a specie erbacee).

I reperti lignei e antracologici sono stati suddivisi in base alla loro tipologia in pezzi, rametti, schegge lavorate e legno combusto lavorato; in particolare i pezzi sono frammenti di alberi e/o arbusti, i rametti sono invece piccole porzioni di rami, le schegge sono frammenti staccati con fendenti in seguito a lavorazione. Reperti riferibili a legni sono stati rinvenuti in tutti i campioni, mentre i carboni sono stati rinvenuti solamente nei camp. 2 e 3.

In totale sono stati riconosciuti 5 taxa (di cui 4 riferibili a reperti lignei e 4 a reperti antracologici) su 83 reperti determinati (di cui 31 lignei e 52 antracologici).

Il paesaggio vegetale

Lo studio dei numerosi reperti botanici recuperati durante lo scavo effettuato nel sito di Peciapian a Segonzano (Trento) ha fornito una grande mole di dati utili per ricostruire l'ambiente, le attività e alcuni aspetti della "vita" degli antichi frequentatori dell'area.

Nella fase preinsediamento il sito risulta ricoperto da una fitta foresta di conifere (88,4%-93%). Nel

livello più basso della carota C1 a 100 cm (camp. 7) prevale nettamente il Pino con Pino silvestre/*Pinus cf. sylvestris*, Pino cembro/*Pinus cf. cembra* e Pino mugo/*Pinus cf. mugo*. Rilevante è anche la presenza della Betulla/*Betula* e dell'Ontano verde/*Alnus viridis*, specie tipiche dei piani vegetazionali superiori, che supera rispettivamente il 30% e il 4%. Nel livello superiore a 90 cm (camp. 6) si verifica una forte espansione dell'Abete rosso e un incremento dell'Abete bianco accompagnato dal Faggio. La presenza di piante tipiche di aree umide seppur non elevata è significativa (5,2%-14,3%). Il valore maggiore è raggiunto nella parte superiore del livello (camp. 6) dove la presenza costante di gamberaja/*Callitriche* attesta l'esistenza di un corso d'acqua o torrente (?) attivo in tutte le fasi dell'anno. Valori interessanti riportano anche i querceti (28,3%-31%) tipici del piano vegetazionale inferiore con la presenza di numerose Querce caducifoglie soprattutto di Roverella/*Quercus cf. pubescens*, Farnia/*Quercus cf. robur* e Rovere/*Quercus cf. petraea*; accompagnate da Acero oppio/*Acer campestre*, vari Carpini e, in particolare Carpino comune/*Carpinus betulus* e Carpino nero-Carpino orientale/*Ostrya carpinifolia-Carpinus orientalis*, Tigli (*Tilia cordata* e *Tilia platyphyllos*), Olmo/*Ulmus* e arbusti come Nocciolo/*Corylus avellana*.

L'instaurarsi dell'attività fusoria determina un forte calo del tasso di afforestamento che scende al disotto del 50% con una netta prevalenza sempre delle conifere. Dato attestato sia dall'analisi dei livelli di frequentazione del sito che dai corrispondenti campioni della carota C1. L'uomo taglia il bosco per procurarsi grosse quantità di legname/carbone necessarie per fondere il metallo. Sono testimoniate numerose piante tipiche di zone umide. In particolare sono diffuse specie che vivono solamente con una presenza costante di acqua quali sagittaria/*Sagittaria sagittifolia*, giunco fiorito/*Butomus umbellatus*, *Callitriche*, cannuccia di palude/*Phragmites australis*, lenticchia d'acqua/*Lemna*, lisca a foglie strette/*Typha angustifolia*, lisca maggiore/*Typha latifolia*, sedano sommerso/*Apium inundatum*, accompagnate da numerose Ciperacee. Questi dati potrebbero essere compatibili con la presenza di una fonte di acqua permanente che alimentava un piccolo bacino. La diminuzione della percentuale delle piante umide nei livelli superiori potrebbe essere dovuto a una progressiva bonifica, della bassura, dato confermato dal rinvenimento di pietre e legni posti in posizione orizzontale e utilizzata come punto di accumulo del materiale di scarto in particolare carboni e scaglie di legno provenienti dal taglio dei tronchi e dai rami delle piante abbattute nel bosco. Questo dato è confermato dall'abbondante presenza di carbone di Conifere, in particolare di Abete bianco con tracce di Abete rosso, e di Faggio, che conferma un rifornimento locale del legno per l'attività di fusione; infatti la pioggia pollinica attesta che nell'età del Bronzo il ricoprimento arboreo era composto prin-

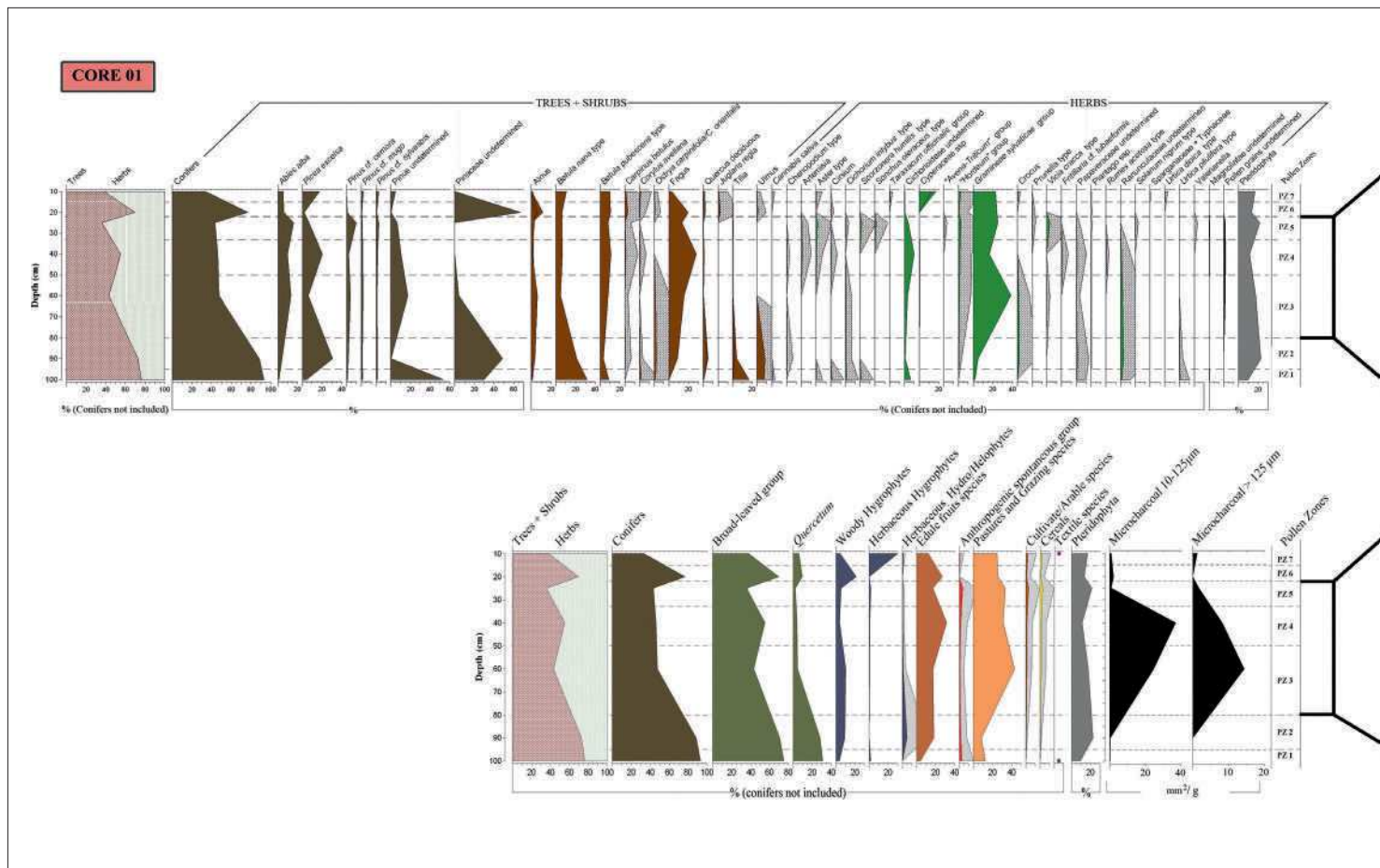


Fig. 53. Grafici pollinici e microcarburi. Diagramma della percentuale di pollini (le conifere sono escluse dalla somma totale dei pollini) – curve di concentrazione dei microcarburi – scala di profondità; a) taxa selezionati e b) gruppi taxon (Ingrandimento 10X). [diagrammi realizzati usando TILIA e TILIA GRAPH (GRIMM 1991 e 2004)].

Fig. 53 Pollen and microcharcoal diagrams. Percentage Pollen Diagram (Conifers species are excluded from the total pollen sum) – Microcharcoal concentration curves – depth scale; a) selected taxa and b) taxon groups (Magnification 10X). [Diagrams were calculated using the TILIA and TILIA GRAPH (GRIMM 1991 and 2004)].

Fig. 54 (pagina a fronte). Tavola pollinica. Granuli pollinici selezionati e resti di microcarburi [P=polar axis; E=equatorial axis]: a) *Abies alba* (E=120 µm - P=70 µm); b) *Pinus cf. mugo* e *Ulmus* (E=60 µm - P=55 µm e E=25 µm - P=25 µm); c) *Tilia* (E=45 µm - P=45 µm); d) *Fagus* (E=42 µm - P=42 µm); e) *Betula* (E=15 µm - P=15 µm); f) *Picea excelsa* (E=100 µm - P=85 µm); g) *Epilobium* (E=38 µm - P=50 µm); h) gruppo *Poaceae spontaneae* (E=25 µm - P=25 µm); i) microcarbone (ingrandimento=400x).

Fig. 54 (next page). Pollen table. Selected pollen grains and microcharcoal remains [P=polar axis; E=equatorial axis]: a) *Abies alba* (E=120 µm - P=70 µm); b) *Pinus cf. mugo* and *Ulmus* (E=60 µm - P=55 µm and E=25 µm - P=25 µm); c) *Tilia* (E=45 µm - P=45 µm); d) *Fagus* (E=42 µm - P=42 µm); e) *Betula* (E=15 µm - P=15 µm); f) *Picea excelsa* (E=100 µm - P=85 µm); g) *Epilobium* (E=38 µm - P=50 µm); h) *Poaceae spontaneous group* (E=25 µm - P=25 µm); i) Slide view of microcharcoal (magnification=400x).

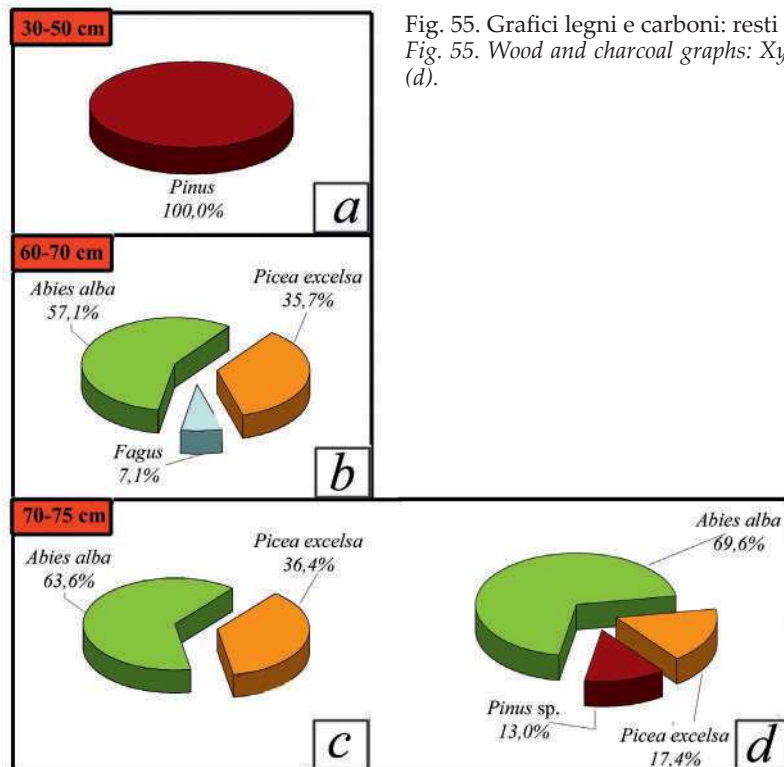


Fig. 55. Grafici legni e carboni: resti xilologici (a-c), resti antracologici (d).
Fig. 55. Wood and charcoal graphs: Xylological remains (a-c), anthracological remains (d).

cialmente da queste specie. L'attività fusoria è registrata anche dalla presenza dei microcarboni che supera il 40% nel settore del sondaggio C1 e superano il 10% in numerosi campioni dell'insediamento.

Buona è la presenza di microcarboni di dimensioni maggiori di 250 μm che testimonia una diffusa attività di combustione locale. Nei livelli preinsediamento (Sond. C1 camp. 6 e 7) la presenza di microcarboni è inferiore all'1% e si riduce a valori vicini al 2% nei livelli superiori (Sond. C1 camp. 1 e 2).

La presenza dell'uomo determina lo sviluppo di una ricca flora antropogenica che passa da 2,4% a 3,9% nella zona circostante l'insediamento e a 8,6% nell'insediamento. Incrementano le specie antropiche spontanee che accompagnano la presenza dell'uomo caratterizzata da assenzio/*Artemisia*, cardo/*Cirsium*, ortiche/*Urtica*, piantaggini/*Plantagine*, morella comune/*Solanum nigrum*, ecc. Particolarmente interessante risulta l'abbondante presenza di pollini di cereali (23%) nell'US 38 il cui alto valore indica probabilmente fenomeni di accumulo di cariossidi portate nel sito per l'alimentazione (BOTTEMA 1992). In base ai dati morfo-biometrici e a quelli presenti in letteratura, i cereali rinvenuti nel sito appartengono al gruppo dell'orzo/*Hordeum* gruppo (1,6-17,4%) presente in sei campioni su sette e al gruppo dell'avena-grano/*Avena-Triticum* gruppo (0,3-5,3%) testimoniato in due campioni su sette (*sensu* ANDERSEN 1979 modificato secondo FAEGRI, IVERSEN 1989). Con un valore percentuale nettamente inferiore è presente in un solo campione anche panico comune/*Panicum cf. miliaceum*. Tracce di cereali sono attestate anche nel sondaggio C1 (1,3-

3%). Questi valori suggeriscono la presenza di cereali nel sito a scopo alimentare. Le cariossidi (non presenti nei campioni esaminati) potevano essere trasportate dalle zone di coltivazione e immagazzinate/lavorate per produrre alimenti che venivano consumati dai frequentatori del sito.

Sono presenti anche tracce di granuli pollinici di canapa nel settore 1 in due campioni, ciò potrebbe essere dovuto a un trasporto involontario da collegare alla presenza di contenitori quali sacchi costruiti con le fibre di questa pianta, la cui diffusione è largamente documentata già a partire dalle prime fasi del Bronzo in numerosi siti della pianura Padana (MERCURI *et alii* 2002).

Con l'abbandono del sito (Sond. C1 camp. 2) si verifica una progressiva riforestazione dell'area con un incremento delle conifere (76,7%) e in particolare dei Pini e degli Abeti. Raddoppia anche il valore delle latifoglie decidue che raggiunge il 70% con un forte aumento del Faggio e degli Ontani che superano rispettivamente il 19% il 21%.

Nella zona più superficiale (Sond. C1 camp. 2) dell'area intorbata si registra un forte incremento delle piante tipiche di ambiente umido che raggiungono il 35% con una netta prevalenza delle Cipracee, seguono con una presenza nettamente inferiore *Apium cf. inundatum*, lisca a foglie strette/*Typha angustifolia*, coltellaccio a foglie strette/*Sparganium emersum* tipo, ecc. La presenza delle igrofite arboree è limitata a Ontani/*Alnus* e tracce di Salici/*Salix* e Pioppi/*Populus*. In questo livello decrementa il tasso di afforestamento che scende al 33,5%; incrementano invece gli indicatori antropici, indice di una intensificazione della presenza dell'uomo nell'area.

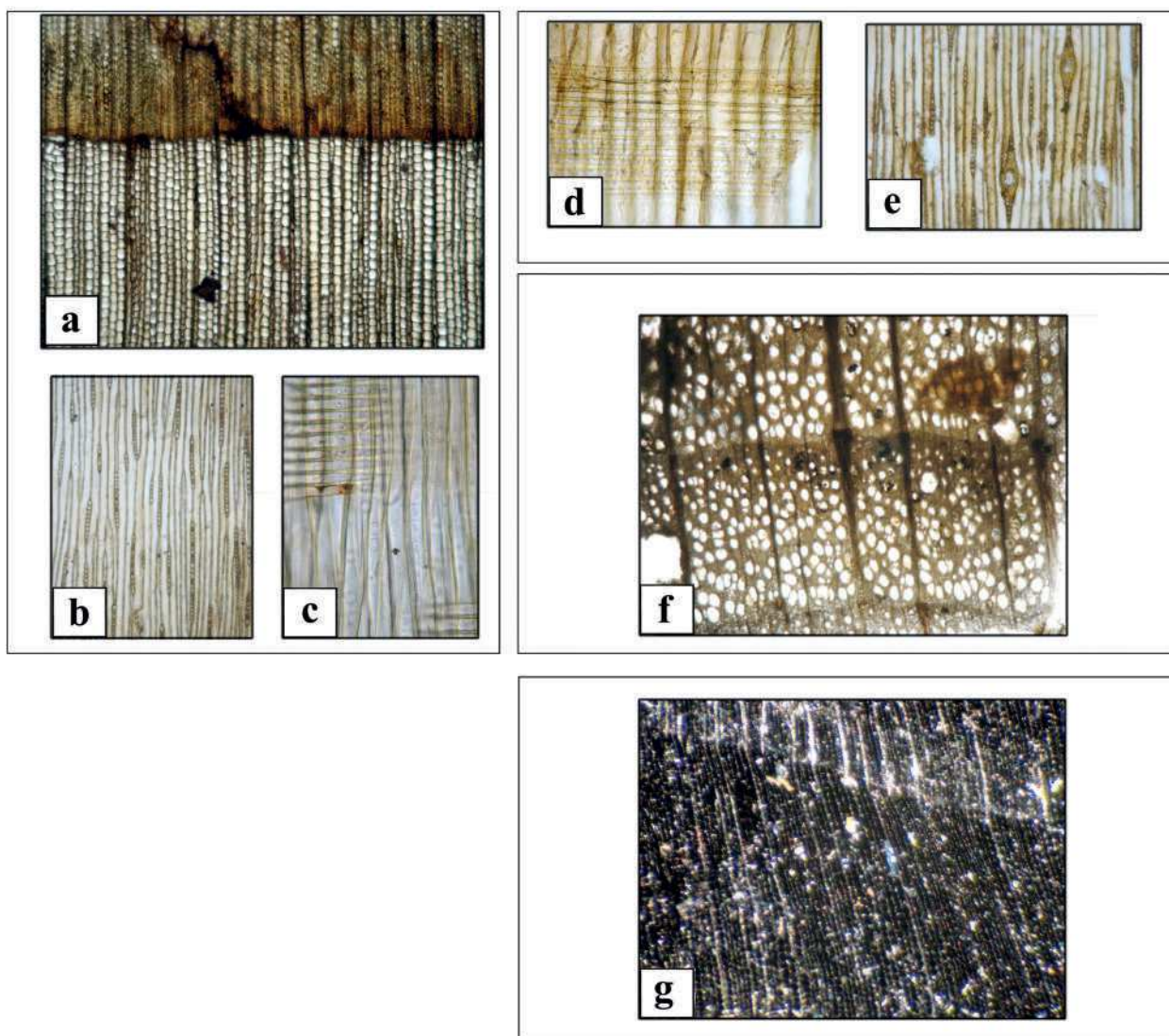


Fig 56. Tavola dei legni e carboni. Resti xilologici (a-f) e antracologici (g): *Abies alba* a) sezione trasversale (ingrandimento=100x); b) sezione tangenziale (ingrandimento=100x); c) sezione radiale (ingrandimento=250x); *Picea excelsa* d) sezione radiale (ingrandimento=250x); e) sezione tangenziale (ingrandimento=100x); *Fagus* f) sezione trasversale (ingrandimento=100x); *Abies alba* g) sezione trasversale (ingrandimento=60x).

Fig 56. Wood and charcoal table. Xylological (a-f) and anthracological remains (g): *Abies alba* a) Transverse section (magnification=100x); b) Tangential section (magnification=100x); c) Radial section (magnification=250x); *Picea excelsa* d) Radial section (magnification=250x); e) Tangential section (magnification=100x); *Fagus* f) Transverse section (magnification=100x); *Abies alba* g) Transverse section (magnification=60x).

Tab. V. Spettri pollinici generali percentuali – settore 1.
Tab. V. Percentage General Pollen spectra – excavation area 1.


PECIAPIAN										
Segonzano (Trento, Nord Italia), 1.350 m s.l.m.										
Spettri pollinici generali percentuali (somma pollinica = A+ar+L+E)										
SETTORE				Settore 1						
UNITA' STRATIGRAFICHE (US)				US 49	US 52	US 51	US 5	US 38	US 39	US 58
CAMPIONI POLLINICI (N.)				1	2	3	4	5	6	7
SPERMATOPHYTA (%)			GRUPPI							
ARBOREE-ARBUSTIVE-LIANOSE			A+ar+L							
ACERACEAE	<i>Acer campestre</i> tipo	Acero oppio tipo	A,LD,Q			0,3	0,5	0,3	1,3	0,3
BETULACEAE	<i>Alnus cf. glutinosa</i>	Ontano comune cf.	A,LD,I	5,3	1,7	1,3	9,5	0,9	2,6	2,8
	<i>Alnus cf. incana</i>	Ontano bianco cf.	A,LD,I	2,5	2,6	1,3	5,1	0,3	0,7	3,2
	<i>Alnus cf. viridis</i>	Ontano verde cf.	ar,LD,I	0,3	8,6	0,3	9,5	0,6	0,7	3,8
	<i>Betula nana</i> tipo	Betulla nana tipo	ar,LD	19,6	11,2	17,9	3,6			9,1
	<i>Betula pubescens</i> tipo	Betulla pubescente tipo	A,LD	37,3	31,9	10,7	15,6	4,0		12,0
	<i>Betula</i> indiff.	Betulla	A,LD	1,4					6,6	
CANNABACEAE	<i>Humulus lupulus</i> L.	Luppolo comune	L,LD			1,3	0,7			0,3
CISTACEAE	<i>Helianthemum</i>	Eliantemo	ar			1,6			0,3	
CORYLACEAE	<i>Carpinus betulus</i> L.	Carpino comune	A,LD,Q	0,6	0,9	2,3			0,7	0,6
	<i>Corylus avellana</i> L.	Nocciolo comune	ar,LD,Q,Fe	1,4		1,9	9,2	1,6	3,9	2,2
	<i>Ostrya carpinifolia</i> / <i>C. orientalis</i>	Carpino nero / <i>C. orientale</i>	A,LD,Q	0,3		0,6	1,9		0,3	1,3
CUPRESSACEAE	<i>Juniperus</i> tipo	Ginepro tipo	ar,Cf	0,2						
ERICACEAE	<i>Erica cf. carnea</i>	Erica carnicina	ar	0,3						0,9
FAGACEAE	<i>Castanea sativa</i> Miller	Castagno comune	A,LD,Fe	0,3						
	<i>Fagus sylvatica</i> L.	Faggio comune	A,LD,Fe	0,8	3,4	4,9	4,9	0,6	3,9	7,9
	<i>Quercus cf. cerris</i>	Cerro cf.	A,LD,Q,Fe					0,6		
	<i>Quercus cf. petraea</i>	Rovere cf.	A,LD,Q,Fe	1,7						
	<i>Quercus cf. pubescens</i>	Roverella cf.	A,LD,Q,Fe	0,6			1,0			0,9
	<i>Quercus cf. robur</i>	Farnia cf.	A,LD,Q,Fe		0,9		0,5			
	<i>Quercus caducif.</i> indiff.	Quercia caducif. indiff.	A,LD,Q,Fe	0,8	1,7	1,0	0,5	0,6	0,3	0,3
JUGLANDACEAE	<i>Juglans regia</i> L.	Noce comune	A,LD,Fe		0,9	1,3	1,0		0,3	0,3
OLEACEAE	<i>Fraxinus excelsior</i> tipo	Frassino comune tipo	A,LD,Q	0,3						
PINACEAE	<i>Abies alba</i> Miller	Abete bianco	A,Cf	8,7	8,7	4,5		6,3	9,7	6,7
	<i>Picea excelsa</i> Lam.	Abete rosso	A,Cf	15,8	12,7	0,8	2,0	4,5	1,5	6,5
	<i>Pinus cf. cembra</i>	Pino cembro cf.	A,Cf	2,7	3,5		0,9	0,8	0,2	2,7
	<i>Pinus cf. mugo</i>	Pino mugo cf.	ar,Cf	0,1	0,9		0,7		0,5	2,0
	<i>Pinus cf. sylvestris</i>	Pino silvestre cf.	A,Cf	0,1	1,3	0,3	0,8	0,3	0,5	1,8
	<i>Pinus</i> indiff.	Pino indiff.	A,Cf	19,0	22,3	12,7	19,0	3,7	11,5	7,2
	<i>Pinaceae</i> indiff.	Pinacee indiff.	A,Cf	12,2			37,7			2,0
RANUNCOLACEAE	<i>Clematis cf. alpina</i>	clematide alpina cf.	L,LD	0,6						
SALICACEAE	<i>Salix</i>	Salice	A,LD,I	0,3						
TILIACEAE	<i>Tilia cordata</i> Miller	Tiglio selvatico	A,LD,Q			0,3	0,7	0,3	10,8	
	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Tiglio nostrano	A,LD,Q				0,2		3,3	
ERBACEE			E							
ALISMATACEAE	<i>Sagittaria sagittifolia</i> tipo	sagittaria comune tipo	id/el						0,3	
BUTOMACEAE	<i>Butomus umbellatus</i> L.	giunco fiorito	id/el						0,3	
CALLITRICHACEAE	<i>Callitriche</i>	gamberaja	id/el			0,3				
CAMPANULACEAE	<i>Phyteuma</i> tipo	raponzolo tipo								0,3
CANNABACEAE	<i>Cannabis sativa</i> L.	canapa comune	fe,ts	0,6					1,3	

SETTORE				Settore 1						
UNITA' STRATIGRAFICHE (US)				US 49	US 52	US 51	US 5	US 38	US 39	US 58
CAMPIONI POLLINICI (N.)				1	2	3	4	5	6	7
CARYOPHYLLACEAE	<i>Cerastium fontanum</i> tipo	peverina fontana tipo		2,2	2,6	1,3	0,2		1,6	
	<i>Sagina procumbens</i> tipo	sagina sdraiata tipo	As					0,6		
	<i>Silene vulgaris</i> tipo	silene rigonfia tipo		0,3	2,6					
	Caryophyllaceae indiff.	Cariofillaceae indiff.		0,6	0,9	1,9	2,2			
CHENOPODIACEAE	Chenopodiaceae indiff.	Chenopodiaceae indiff.	As			0,3				
COMPOSITAE	<i>Ambrosia</i> tipo	ambrosia tipo	As				0,5	0,3	0,3	
	<i>Artemisia</i>	assenzio	As						0,7	0,6
	<i>Aster</i> tipo	astro tipo	pp		0,9	2,6	0,2	3,4	2,3	4,4
	<i>Cirsium</i>	cardo	As		0,9		0,7	1,9		0,3
	Asteroidae indiff.	Asteroidae indiff.	pp		6,9	1,3	0,5	0,3	1,0	
	<i>Cichorium intybus</i> tipo	cicoria comune tipo	As					0,3		
	<i>Matricaria</i> cf.	camomilla cf.	As						2,0	
	Cichorioideae indiff.	Cicorioideae indiff.	pp	0,3	1,7	1,3	0,5	1,9	6,9	2,8
CONVOLVULACEAE	<i>Convolvulus arvensis</i> tipo	vilucchio comune tipo	As	0,3	2,6					
CRASSULACEAE	<i>Sedum</i> tipo	borracina tipo				0,3	0,2			
CRUCIFERAE	<i>Hornungia</i> tipo	iberidella tipo					1,5			0,6
	<i>Sinapis</i> tipo	senape tipo								0,3
CYPERACEAE	<i>Carex</i> tipo	carice tipo	i	0,3			0,5	0,9		
	<i>Schoenus</i> tipo	giunco nero tipo	i					0,9		
	Cyperaceae indiff.	Ciperaceae indiff.	i	0,3				1,9	0,7	0,3
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	euforbia				0,3				
GERANIACEAE	<i>Geranium</i>	geranio				0,6				
GRAMINEAE	"Avena-Triticum " gruppo	avena/grano gruppo	fe,ce,cc					5,3	0,3	
	"Hordeum " gruppo	orzo gruppo	fe,ce,cc	3,6		1,6	1,9	17,4	4,6	4,7
	<i>Festuca</i>	festuca	pp					2,5		
	<i>Panicum</i> cf. <i>miliaceum</i>	panico	fe,ce,cc					0,3		
	<i>Phragmites</i> cf. <i>australis</i>	cannuccia di palude cf.	id/el						0,7	
	Gramineae spontanee gruppo	Graminacee spontanee gruppo	pp	11,2	12,1	17,9	10,9	45,3	29,8	9,5
GUTTIFERAE	<i>Hypericum</i>	erba di S.Giovanni				3,2				
IRIDACEAE	<i>Crocus</i>	zafferano	pp	0,3	0,9					
	<i>Crocus</i> cf. <i>albiflorus</i>	zafferano alpino cf.	pp				0,7			
LABIATAE	<i>Mentha</i> tipo	menta tipo				0,6		0,3	0,7	1,3
	<i>Prunella</i> tipo	prunella tipo	pp						0,7	0,6
	<i>Stachys sylvatica</i> tipo	stregona dei boschi tipo		0,3		3,9		0,9	1,0	0,9
	Labiatae indiff.	Labiatae indiff.				0,3	0,2	0,6	1,3	1,3
LEGUMINOSAE	<i>Lotus</i> tipo	ginestrino tipo	pp					0,3		
	<i>Vicia cracca</i> tipo	veccia montanina tipo							0,3	
	Leguminosae indiff.	Leguminose indiff.						0,6		
LEMNACEAE	<i>Lemna</i> cf. <i>minor</i>	lenticchia d'acqua comune cf.	id/el				0,7			
LILIACEAE	<i>Allium</i> tipo	aglio tipo	As					0,3		0,3
	Liliaceae indiff.	Liliaceae indiff.		0,3		0,6	1,5			0,3
ONAGRACEAE	<i>Epilobium</i>	garofanino		0,3		0,3	0,2			1,3
PAPAVERACEAE	Papaveraceae indiff.	Papaveraceae indiff.				1,6	1,0		1,3	1,3
PLANTAGINACEAE	<i>Littorella uniflora</i> tipo	littorella tipo	i					0,3		
	<i>Plantago media</i> tipo	piantaggine pelosa tipo	pp			1,3	1,7		0,3	0,3
	<i>Plantago</i> indiff.	Piantaggine indiff.	As		0,9			0,3		
PLUMBAGINACEAE	<i>Armeria maritima</i> tipo	spillone tipo	pp			1,3	0,2		1,0	0,3
POLYGONACEAE	<i>Polygonum persicaria</i> gruppo	poligono persicaria gruppo	As		0,9					
PRIMULACEAE	Primulaceae indiff.	Primulaceae indiff.								0,6

SETTORE				Settore 1						
UNITA' STRATIGRAFICHE (US)				US 49	US 52	US 51	US 5	US 38	US 39	US 58
CAMPIONI POLLINICI (N.)				1	2	3	4	5	6	7
RANUNCULACEAE	<i>Aconitum napellus</i> tipo	aconito napello tipo				2,3	0,2			
	<i>Adonis annua</i> tipo	adonide annua tipo	As							0,6
	<i>Caltha palustris</i> tipo	calta palustre tipo					0,5			
	<i>Helleborus viridis</i> tipo	elleboro verde tipo		0,6			2,2			4,4
	<i>Ranunculus acris</i> tipo	ranuncolo comune tipo		0,3	1,7	1,0	1,7		1,0	0,9
	<i>Ranunculus</i> cf. <i>bulbosus</i>	ranuncolo bulboso cf.	pp					0,9		
	<i>Pulsatilla</i> cf. <i>vernalis</i>	pulsatilla primaverile cf.	pp	0,8		1,6	0,5		1,0	11,0
	Ranunculaceae indiff.	Ranunculaceae indiff.		0,3			1,2		0,3	0,3
ROSACEAE	<i>Alchemilla</i> tipo	ventaglina tipo		1,1		1,0				
	<i>Alchemilla</i> cf. <i>Alpina</i>	ventaglina alpina cf.		0,8			0,5			
	Rosaceae indiff.	Rosaceae indiff.							0,3	0,3
SAXIFRAGACEAE	<i>Saxifraga</i>	sassifraga				0,3	0,5			
SCROFULARIACEAE	<i>Euphrasia</i> tipo	eufrasia tipo	pp			1,3		0,6		1,9
	<i>Scrophularia</i> tipo	scrophularia tipo				0,3		0,3	0,3	
	<i>Veronica</i> tipo	veronica tipo	As					0,3		
SOLANACEAE	Solanaceae indiff.	Solanaceae indiff.								0,6
SPARGANIACEAE/TYPHACEAE	<i>Typha angustifolia</i> L.	lisca a foglie strette	id/el	0,6						
	<i>Typha latifolia</i> tipo	lisca maggiore tipo	id/el		0,9		0,2			
UMBELLIFERAE	<i>Apium inundatum</i> tipo	sedano sommerso tipo	id/el							0,6
	<i>Pimpinella</i> cf. <i>major</i>	tragoselino maggiore cf.	pp							0,6
	Umbelliferae indiff.	Umbellifere indiff.		0,6					0,3	
URTICACEAE	<i>Urtica dioica</i> tipo	ortica comune tipo	As			1,3	0,5	0,3		
	<i>Urtica pilulifera</i> tipo	ortica a campanelli tipo	As			0,6	1,2	0,3		
VALERIANACEAE	<i>Valeriana</i>	valeriana							0,3	
	<i>Valeriana</i> cf. <i>Officinalis</i>	valeriana comune						0,3		
MAGNOLIATAE INDETERMINATE									1,3	
GRANULI INDETERMINABILI (% su S+se stessi)				0,5	5,0	3,1	0,8	0,3	2,9	
PTERIDOPHYTA (% su S+se stesse)			P							
ASPLENACEAE	<i>Asplenium</i> tipo	asplenio tipo	P			0,7	0,1			
OPHIOGLOSSACEAE	<i>Botrychium lunaria</i> tipo	botrichio lunaria tipo	P				0,3		0,2	
POLYPODIACEAE	<i>Polypodium vulgare</i> tipo	polipodio comune tipo	P						0,2	
THELYPTERIDACEAE	<i>Thelypteris palustris</i> tipo	felce palustre tipo	P						0,2	
FILICALES MONOLETI		spore monoleti	P	8,0	10,9	7,5	14,0	8,2	12,2	29,8
FILICALES TRILETI		spore trileti	P	2,6	0,4	1,2	0,1	0,2	3,9	0,5
PTERIDOPHYTA - TOTALE			P	10,6	11,2	9,4	14,5	8,4	16,8	30,3
ALIA (% S+se stesse)										
MYCOPHYTA				*		**		*		
DEPOSIZIONE SECONDARIA (% su S+se stesse)										
	Triporati					0,3	0,8		0,7	
	Tri-aperturati						0,1		0,7	0,4
DEPOSIZIONE SECONDARIA - TOTALE						0,3	0,8		1,5	0,4
GRUPPI										
CONIFERE			Cf	58,8	49,3	18,3	61,1	15,5	23,9	28,9
SOMMATORIA <i>Pinus</i>				21,9	27,9	13,0	21,4	4,7	12,7	13,7
LEGNOSE			A+ar+L	74,2	63,8	47,1	64,5	9,9	35,7	46,1
ERBACEE			E	25,8	36,2	52,9	35,5	90,1	64,3	53,9
ARBOREE+ARBOREE/ARBUSTIVE			A	52,1	44,0	24,0	41,4	7,8	30,8	29,7

SETTORE		Settore 1							
UNITA' STRATIGRAFICHE (US)		US 49	US 52	US 51	US 5	US 38	US 39	US 58	
CAMPIONI POLLINICI (N.)		1	2	3	4	5	6	7	
ARBUSTIVE	ar	21,7	20,7	21,8	23,0	2,2	5,4	18,1	
LIANOSE	L	0,6		1,3	0,7			0,3	
LATIFOGLIE DECIDUE	LD	73,9	63,8	45,5	64,5	9,9	35,4	45,1	
SOMMATORIA <i>Quercus</i> DECIDUE		4,2	3,4	4,5	5,4	1,9	16,7	3,5	
QUERCETUM (Alberi+Alberi/arbusti+arbusti)	Q = A+ar	5,6	3,4	6,5	14,6	3,4	20,7	5,7	
IGROFITE LEGNOSE	I	8,4	12,9	2,9	24,1	1,9	3,9	9,8	
IGROFITE ERBACEE	i	0,6			0,5	4,0	0,7	0,3	
IDRO/ELOFITE ERBACEE	id/el	0,6	0,9	0,3	1,0		1,3	0,6	
IGROFITE + IDRO/ELOFITE ERBACEE	i+id/el	1,1	0,9	0,3	1,5	4,0	2,0	0,9	
IGRO-IDRO/ELOFITE TOTALI	I+i+id/el	9,5	13,8	3,2	25,5	5,9	5,9	10,7	
LEGNOSE a FRUTTI EDULI	Fe	5,6	6,9	9,1	17,0	3,4	8,5	11,7	
ERBACEE a FRUTTI EDULI	fe	4,2		1,6	1,9	23,0	6,2	4,7	
FRUTTI EDULI TOTALI	Fe+fe	9,8	6,9	10,7	19,0	26,4	14,8	16,4	
INDICATORI ANTROPICI SPONTANEI ERBACEI	As	0,3	5,2	2,3	2,9	4,7	3,0	1,9	
INDICARORI DI PRATO/PASCOLO	pp	12,6	22,4	28,6	15,3	55,3	43,0	31,5	
COLTIVATE /COLTIVABILI ERBACEE	cc	3,6		1,6	1,9	23,0	4,9	4,7	
CEREALI	ce	3,6		1,6	1,9	23,0	4,9	4,7	
TESSILI	ts	0,6					1,3		
INDICATORI ANTROPICI TOTALI (escluse Cf)	As+cc	3,9	5,2	3,9	4,9	27,6	7,9	6,6	
<i>GRANULI CONTATI</i>	TOTALI								
TRACHEOPHYTA	4.418	S+P	970	258	416	1236	416	482	640
SPERMATOPHYTA (SOMMA POLLINICA)	3.758	S(A+ar+L+E)	867	229	377	1057	381	401	446
PTERIDOPHYTA	660	P	103	29	39	179	35	81	194
GRANULI CONIFERAE	1.622	Cf	510	113	69	646	59	96	129
TOT. GRANULI - CONIFERAE	2.796	(S+P) - Cf	460	145	347	590	357	386	511
DEPOSIZIONE SECONDARIA	18			1	9		6	2	
<i>NUMERO TAXA</i>	TOTALI								
TRACHEOPHYTA	120	A+ar+L+E+P	50	34	54	61	49	60	57
SPERMATOPHYTA	114	A+ar+L+E	48	32	51	57	47	55	55
CONIFERE	8	Cf	8	6	4	6	5	6	7
SOMMATORIA <i>Pinus</i>	3		3	3	1	3	2	3	3
LEGNOSE	34	A+ar+L	26	16	19	22	15	20	22
ERBACEE	80	E	22	14	30	31	30	31	31
ARBOREE+ARBOREE/ARBUSTIVE	25	A	19	13	14	17	13	16	16
ARBUSTIVE	7	ar	6	3	4	4	2	4	5
LIANOSE	2	L	1		1	1			1
LATIFOGLIE DECIDUE	24	LD	17	10	14	16	10	13	14
QUERCETUM (Alberi+Alberi/arbusti+arbusti)	12	Q(A+ar)	7	3	6	8	5	7	6
IGROFITE LEGNOSE	4	I	4	3	3	3	3	3	3
IGROFITE ERBACEE	4	i	2			1	4	1	1
IDRO/ELOFITE ERBACEE	8	id/el	1	1	1	2		3	1
IGROFITE + IDRO/ELOFITE ERBACEE	12	i+id/el	3	1	1	3	4	4	2
IGRO-IDRO/ELOFITE TOTALI	16	I+i+id/el	7	4	4	6	7	7	5
LEGNOSE a FRUTTI EDULI	9	Fe	6	4	4	6	4	4	5
ERBACEE a FRUTTI EDULI	4	fe	2		1	1	3	3	1
FRUTTI EDULI TOTALI	13	Fe+fe	8	4	5	7	7	7	6
INDICATORI ANTROPICI SPONTANEI ERBACEI	15	As	1	4	3	4	9	3	4
INDICARORI DI PRATO/PASCOLO	15	pp	4	5	8	8	8	8	9
COLTIVATE /COLTIVABILI ERBACEE	3	cc	1		1	1	3	2	1

SETTORE			Settore 1						
UNITA' STRATIGRAFICHE (US)			US 49	US 52	US 51	US 5	US 38	US 39	US 58
CAMPIONI POLLINICI (N.)			1	2	3	4	5	6	7
CEREALI	3	ce	1		1	1	3	2	1
TESSILI	1	ts	1					1	
INDICATORI ANTROPICI TOTALI	18	As+cc	2	4	4	5	12	5	5
PTERIDOPHYTA	6	P	2	2	3	4	2	5	2
DEPOSIZIONE SECONDARIA	2				1	2		2	1
INDICI									
INDICE RICCHEZZA FLORISTICA (Taxa Tracheofite/Taxa Totali sito Tracheofita)*100		IRF	41,7	28,3	45,0	50,8	40,8	50,0	47,5
INDICE DI INFLUENZA ANTROPICA SULLA VEGETAZIONE (Totale Indicatori Antropici/A+ar+L)*100		IIAV	5,3	8,1	8,3	7,5	278,1	22,0	14,4
FPA (n. granuli/grammo)									
FPA TRACHEOPHYTA			199.287	4.896	30.586	134.571	33.114	16.700	23.112
FPA SPERMATOPHYTA			178.126	4.346	27.718	115.082	30.328	13.893	16.106
FPA PTERIDOPHYTA			21.161	550	2.867	19.489	2.786	2.806	7.006
FPA GRANULI SECONDARI					74	980		208	72
MICROCARBONI									
CAMPI DI VISIONE			175	178	202	158	164	212	183
10 - 50 µm			698	2862	1590	1250	1255	1079	1935
50 - 125 µm			845	1105	270	297	612	176	680
125 - 250 µm			260	1160	1270	470	225	360	1282
>250 µm			1100	1000	3040	377		390	200
TOTALE			2903	6127	6170	2394	2092	2005	4097
LYCOPODI			2	2	4	6	4	1	2
FPA MICROCARBONI 10 - 50 µm			2,92	11,60	2,86	1,93	2,77	7,40	7,71
FPA MICROCARBONI 50 - 125 µm			3,54	4,48	0,49	0,46	1,35	1,21	2,71
FPA MICROCARBONI 125 - 250 µm			1,09	4,70	2,29	0,73	0,50	2,47	5,11
FPA MICROCARBONI >250 µm			4,60	4,05	5,48	0,58		2,68	0,80
FPA MICROCARBONI TOTALE			12,15	24,84	11,12	3,70	4,62	13,76	16,33

PECIAPIAN										
Segonzano (Trento, Nord Italia), 1.350 m s.l.m.										
Spettri pollinici generali percentuali (somma pollinica = A+ar+L+E)										
										
CAROTAGGIO				SONDAGGIO C1						
PROFONDITA' (cm)				10	20	25	40	70	90	100
CAMPIONI POLLINICI (N.)				1	2	3	4	5	6	7
SPERMATOPHYTA (%)				GRUPPI						
ARBOREE-ARBUSTIVE-LIANOSE				A+ar+L						
ACERACEAE	<i>Acer campestre</i> tipo	Acero oppio tipo	A,LD,Q		0,3	0,7		0,9	1,3	1,6
ARALIACEAE	<i>Hedera helix</i> L.	Edera	L						0,3	
BETULACEAE	<i>Alnus</i> cf. <i>glutinosa</i>	Ontano comune cf.	A,LD,I	0,3	11,6	0,7	0,3	0,9	3,2	
	<i>Alnus</i> cf. <i>incana</i>	Ontano bianco cf.	A,LD,I	1,2	5,9	1,6	2,0	3,5	2,2	1,3
	<i>Alnus</i> cf. <i>viridis</i>	Ontano verde cf.	ar,LD,I		3,8	3,0	1,0	6,0	3,8	0,7
	<i>Alnus</i> indiff.	Ontano indiff.	A,LD,I							1,3
	<i>Betula nana</i> tipo	Betulla nana tipo	ar,LD	10,8	6,3	6,2	6,4	4,7	21,0	31,7
	<i>Betula pubescens</i> tipo	Betulla pubescente tipo	A,LD	9,9	10,6	8,2	10,7	8,2	3,2	8,8
CAPRIFOLIACEAE	<i>Betula</i> indiff.	Betulla	A,LD	0,3			1,3			
	<i>Sambucus racemosa</i> L.	Sambuco rosso	ar,LD,AS				0,3			
	<i>Lonicera alpigena</i> tipo	Madreselva alpina tipo	ar,LD				0,3		0,3	
	<i>Viburnum opulus</i> tipo	Oppio tipo	ar,LD	0,3			0,3			
CISTACEAE	<i>Helianthemum</i>	Eliantemo	ar						0,3	
CORYLACEAE	<i>Carpinus betulus</i> L.	Carpino comune	A,LD,Q	1,2	3,1	0,7	1,3	0,3	0,6	
	<i>Corylus avellana</i> L.	Nocciolo comune	ar,LD,Q,Fe	1,2	0,6		0,7		0,3	2,0
	<i>Ostrya carpinifolia</i> /C. <i>orientalis</i>	Carpino nero/C. orientale	A,LD,Q	0,3	0,6			1,6	2,2	1,6
CUPRESSACEAE	<i>Juniperus</i> tipo	Ginepro tipo	ar,Cf				0,2		0,1	
ERICACEAE	<i>Erica</i> cf. <i>carnea</i>	Erica carnicina	ar	0,3					1,3	1,0
FAGACEAE	<i>Castanea sativa</i> Miller	Castagno comune	A,LD,Fe	2,5	0,6	0,7				
	<i>Fagus sylvatica</i> L.	Faggio comune	A,LD,Fe	2,8	19,4	13,1	27,9	15,5	8,6	
	<i>Quercus</i> cf. <i>petraea</i>	Rovere cf.	A,LD,Q,Fe	0,9						
	<i>Quercus</i> cf. <i>pubescens</i>	Roverella cf.	A,LD,Q,Fe	1,5	1,9	0,3	0,3	0,3	4,8	0,7
	<i>Quercus</i> cf. <i>robur</i>	Farnia cf.	A,LD,Q,Fe		0,6		0,3		0,3	0,3
	<i>Quercus caducif.</i> indiff.	Quercia caducif. indiff.	A,LD,Q,Fe		0,9		1,0	0,3	3,8	0,7
JUGLANDACEAE	<i>Juglans regia</i> L.	Noce comune	A,LD,Fe	0,9	2,2					
OLEACEAE	<i>Fraxinus ornus</i> L.	Orniello	A,LD,Q	0,3						
PINACEAE	<i>Abies alba</i> Miller	Abete bianco	A,Cf	5,7	5,9	16,0	9,9	13,4	4,1	1,1
	<i>Larix decidua</i> Miller	Larice comune	A,Cf	0,2						
	<i>Picea excelsa</i> Lam.	Abete rosso	A,Cf	17,5	1,9	6,9	20,4	6,0	30,9	4,3
	<i>Pinus</i> cf. <i>cembra</i>	Pino cembro cf.	A,Cf	0,2	0,7	9,9	2,2	4,0	1,7	1,1
	<i>Pinus</i> cf. <i>mugo</i>	Pino mugo cf.	ar,Cf	2,1	0,3	1,1	1,3	1,7	1,1	1,5
	<i>Pinus</i> cf. <i>sylvestris</i>	Pino silvestre cf.	A,Cf	2,9	0,6	2,6	1,6	1,2	1,5	1,5
	<i>Pinus</i> indiff.	Pino indiff.	A,Cf	4,9	0,4	6,7	10,5	17,2	0,1	53,7
	<i>Pinaceae</i> indiff.	Pinacee indiff.	A,Cf		66,9			4,3	48,8	29,8
RANUNCOLACEAE	<i>Clematis</i> cf. <i>alpina</i>	clematide alpina cf.	L,LD	0,3						
SALICACEAE	<i>Populus</i>	Pioppo	A,LD,I	0,6			0,3			0,3
	<i>Salix</i>	Salice	A,LD,I	2,2						
TILIACEAE	<i>Tilia cordata</i> Miller	Tiglio selvatico	A,LD,Q			0,7	0,3	0,3	4,5	16,7
	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Tiglio nostrano	A,LD,Q		0,3			0,6	2,2	
ULMACEAE	<i>Ulmus</i>	Olmo	A,LD,Q	0,3	0,9				8,3	7,5
ERBACEE				E						
BORAGINACEAE	<i>Pulmonaria obscura</i> tipo	polmonaria oscura tipo				5,2				



Tab. VI. Spettri pollinici generali percentuali - excavation area C1.
Tab. VI. Percentages General Pollen spectra - test pit C1.


PROFONDITA' (cm)				10	20	25	40	70	90	100
CAMPIONI POLLINICI (N.)				1	2	3	4	5	6	7
BORAGINACEAE	Boraginaceae indiff.	Boraginaceae indiff.				0,7	0,7			
CALLITRICHACEAE	<i>Callitriche</i>	gamberaja	id/el					0,6	5,1	
CAMPANULACEAE	Campanulaceae indiff.	Campanulaceae indiff.								0,3
CANNABACEAE	<i>Cannabis sativa</i> L.	canapa comune	fe,ts	0,3						0,3
CARYOPHYLLACEAE	<i>Cerastium fontanum</i> tipo	peverina fontana tipo			0,3	0,3				
	<i>Silene vulgaris</i> tipo	silene rigonfia tipo					0,3			
	Caryophyllaceae indiff.	Cariofillaceae indiff.			0,3	0,3		1,3		
CHENOPODIACEAE	<i>Chenopodium</i> cf.	farinello cf.	As				0,3		0,6	
	Chenopodiaceae indiff.	Chenopodiaceae indiff.	As	0,3						0,7
COMPOSITAE	<i>Artemisia</i>	assenzio	As			0,7	1,0			
	<i>Aster</i> tipo	astro tipo	pp	0,6		1,6	0,7			0,7
	<i>Cirsium</i>	cardo	pp		0,3		0,7			1,3
	Asterioideae indiff.	Asterioidee indiff.	pp			1,3	2,7	0,6		1,6
	<i>Cichorium intybus</i> tipo	cicoria comune tipo	As			0,3		0,6	0,6	1,3
	<i>Scorzonera humilis</i> tipo	scorzonera minore tipo	i			1,6				1,3
	<i>Sonchus oleraceus</i> tipo	grespino comune tipo	As			1,3				
	<i>Taraxacum officinalis</i> gruppo	tarassaco comune gruppo	pp	0,3						
	Cichorioideae indiff.	Cicorioidee indiff.	pp	0,6	0,3	3,9	9,7	3,2	1,0	6,5
CONVOLVULACEAE	<i>Convolvulus arvensis</i> tipo	vilucchio comune tipo	As						0,3	
CRASSULACEAE	<i>Sedum</i> tipo	borracina tipo					0,3			
	<i>Umbilicus</i> cf. <i>rupestris</i>	ombelico di venere cf.					0,3			
CRUCIFERAE	<i>Hornungia</i> tipo	iberidella tipo		0,3						
CYPERACEAE	<i>Carex</i> tipo	carice tipo	i	17,0						
	Cyperaceae indiff.	Ciperaceae indiff.	i	12,7			0,3	0,3		
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	euforbia						0,3		
GRAMINEAE	" <i>Avena-Triticum</i> " gruppo	avena/grano gruppo	fe,ce,cc			0,3				
	" <i>Hordeum</i> " gruppo	orzo gruppo	fe,ce,cc	2,2	0,9	2,6	1,3	1,3	0,3	
	<i>Phragmites</i> cf. <i>australis</i>	cannuccia di palude cf.	id/el				0,3			
	Gramineae spontanee gruppo	Graminacee spontanee gruppo	pp	22,8	24,1	25,2	16,4	38,2	5,1	2,0
GUTTIFERAE	<i>Hypericum perforatum</i> tipo	erba di S.Giovanni comune tipo			0,6	1,3				
IRIDACEAE	<i>Crocus</i>	zafferano	pp	0,3				1,3	1,9	
LABIATAE	<i>Mentha</i> tipo	menta tipo			0,6	1,6		0,3	0,6	
	<i>Prunella</i> tipo	prunella tipo	pp		0,3	0,3				
	<i>Stachys sylvatica</i> tipo	stregona dei boschi tipo			0,3	1,6	2,3	0,3	1,0	
	Labiatae indiff.	Labiatae indiff.		0,3		0,7		0,9	0,3	
LEGUMINOSAE	<i>Trifolium</i> tipo	trifoglio tipo				0,3		0,3		
	<i>Vicia cracca</i> tipo	vecchia montanina tipo				3,0		0,3		
	Leguminosae indiff.	Leguminose indiff.						0,3		
LILIACEAE	<i>Fritillaria</i> cf. <i>tubaeformis</i>	meleagride alpino cf.	pp				0,7			
	<i>Scilla</i> tipo	scilla tipo				0,3				1,0
	Liliaceae indiff.	Liliacee indiff.				0,3	0,3			
ONAGRACEAE	<i>Epilobium</i>	garofanino						0,9		0,7
PAPAVERACEAE	Papaveraceae indiff.	Papaveraceae indiff.				0,3	1,0	0,3	1,3	1,0
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago media</i> tipo	piantaggine pelosa tipo	pp		0,6		0,3		0,3	
	<i>Plantago lanceolata</i> tipo	piantaggine lanciuela tipo	As	0,3						
	<i>Plantago</i> indiff.	Piantaggine indiff.	As			0,7		0,3		
POLYGONACEAE	<i>Rumex acetosa</i> tipo	romice acetosa tipo	As				0,3			
	Polygonaceae indiff.	Poligonaceae indiff.					0,3			
POTAMOGETONACEAE	<i>Potamogeton</i> tipo	brasca tipo	id/el			0,3				
PRIMULACEAE	Primulaceae indiff.	Primulaceae indiff.				0,7	0,7			

PROFONDITA' (cm)				10	20	25	40	70	90	100
CAMPIONI POLLINICI (N.)				1	2	3	4	5	6	7
RANUNCULACEAE	<i>Aconitum napellus</i> tipo	aconito napello tipo		0,6						
	<i>Actaea spicata</i> tipo	barba di capra tipo		0,3						
	<i>Caltha palustris</i> tipo	calta palustre tipo			0,3	1,0	1,3	0,3		0,3
	<i>Helleborus viridis</i> tipo	elleboro verde tipo		0,9	0,3	0,7		0,3	0,6	0,7
	<i>Ranunculus acris</i> tipo	ranuncolo comune tipo		0,3	0,3	1,6	0,3		1,9	1,3
	<i>Ranunculus</i> cf. <i>scelleratus</i>	ranuncolo tossico cf.	i				0,3			
	<i>Pulsatilla</i> cf. <i>vernalis</i>	pulsatilla primaverile cf.	pp			1,0				0,3
	Ranunculaceae indiff.	Ranunculaceae indiff.					1,0	2,2	3,2	1,0
ROSACEAE	<i>Alchemilla</i> tipo	ventagliana tipo					0,3			
SCROFULARIACEAE	<i>Digitalis</i> cf.	digitale cf.						0,9		
	<i>Scrophularia</i> tipo	scrofularia tipo						0,3	0,3	
	<i>Veronica</i> tipo	veronica tipo				0,7		0,3	1,9	
	Scrophulariaceae indiff.	Scrophulariaceae indiff.						0,3		
SOLANACEAE	<i>Solanum nigrum</i> tipo	morella comune tipo	As			0,3				
SPARGANIACEAE/TYPHACEAE	<i>Sparganium emersum</i> tipo	coltellaccio a foglia stretta tipo	id/el	0,3						
	<i>Typha angustifolia</i> L.	liscia a foglie strette	id/el	0,3						
UMBELLIFERAE	<i>Apium inundatum</i> tipo	sedano sommerso tipo	i	0,3						0,3
	<i>Peucedanum palustre</i> tipo	imperatoria delle paludi tipo			0,6				0,6	
	Umbelliferae indiff.	Umbellifere indiff.				0,7				
URTICACEAE	<i>Urtica dioica</i> tipo	ortica comune tipo	As	0,3						
	<i>Urtica pilulifera</i> tipo	ortica a campanelli tipo	As						0,3	1,0
VALERIANACEAE	<i>Valeriana</i>	valeriana		0,3		0,3		0,3		
	<i>Valerianella</i>	gallinella	As			0,3				
MAGNOLIATAE INDETERMINATE						0,7	0,3			0,3
GRANULI INDETERMINABILI (% su S+se stessi)				0,2	0,1	1,5	2,0	1,5	0,2	0,2
PTERIDOPHYTA (% su S+se stesse)				P						
ASPLENACEAE	<i>Asplenium</i> tipo	asplenio tipo	P	0,2			0,3			0,1
OPHIOGLOSSACEAE	<i>Ophioglossum vulgatum</i> tipo	ofioglossa comune tipo	P	0,2			0,2			0,1
	<i>Botrychium lunaria</i> tipo	botrichio lunaria tipo	P				0,2	0,1		0,1
POLYPODIACEAE	<i>Polypodium vulgare</i> tipo	polipodio comune tipo	P				0,2			
FILICALES MONOLETI		Spore monoleti	P	15,9	13,1	19,4	9,2	16,9	22,1	9,0
FILICALES TRILETI		Spore trileti	P	0,7	0,2	2,0	1,1	0,5	0,5	0,1
PTERIDOPHYTA - TOTALE				P	16,9	13,3	21,5	11,1	17,6	9,3
ALIA (% S+se stesse)										
MYCOPHYTA				***						**
DEPOSIZIONE SECONDARIA (% su S+se stesse)										
	Tri-aperturati			0,2		0,2				
DEPOSIZIONE SECONDARIA - TOTALE				0,2		0,2				
GRUPPI										
CONIFERE			Cf	33,5	76,7	43,2	46,1	47,6	88,4	93,0
SOMMATORIA <i>Pinus</i>				5,1	1,6	13,6	5,1	6,8	4,3	4,2
LEGNOSE			A+ar+L	38,3	69,7	35,7	55,0	43,2	72,6	76,1
ERBACEE			E	61,7	30,3	64,3	45,0	56,8	27,4	23,9
ARBOREE+ARBOREE/ARBUSTIVE			A	25,3	59,1	26,6	46,0	32,5	45,2	40,8
ARBUSTIVE			ar	14,7	10,9	10,3	10,3	12,4	28,2	36,8
LIANOSE			L	0,3					0,3	
LATIFOGLIE DECIDUE			LD	38,0	69,7	35,7	55,0	43,2	70,7	75,2
SOMMATORIA <i>Quercus</i> DECIDUE				2,5	3,4	0,3	1,7	0,6	8,9	1,6
QUERCETUM (Alberi+Alberi/arbusti+arbusti)				Q = A+ar	5,9	9,4	2,3	4,4	28,3	31,0

PROFONDITA' (cm)			10	20	25	40	70	90	100	
CAMPIONI POLLINICI (N.)			1	2	3	4	5	6	7	
IGROFITE LEGNOSE		I	4,3	21,3	5,2	3,7	10,4	9,2	3,6	
IGROFITE ERBACEE		i	29,9		1,6	0,7	0,3		1,6	
IDRO/ELOFITE ERBACEE		id/el	0,6		0,3	0,3	0,6	5,1		
IGROFITE + IDRO/ELOFITE ERBACEE		i+id/el	30,6		2,0	1,0	0,9	5,1	1,6	
IGRO-IDRO/ELOFITE TOTALI		I+i+id/el	34,9	21,3	7,2	4,7	11,4	14,3	5,2	
LEGNOSE a FRUTTI EDULI		Fe	9,9	26,3	14,1	30,2	16,1	17,8	3,6	
ERBACEE a FRUTTI EDULI		fe	2,5	0,9	3,0	1,3	1,3	0,3	0,3	
FRUTTI EDULI TOTALI		Fe+fe	12,3	27,2	17,0	31,5	17,4	18,2	3,9	
INDICATORI ANTROPICI SPONTANEI ERBACEI		As	0,9		3,6	1,7	0,9	1,6	2,9	
INDICARORI DI PRATO/PASCOLO		pp	24,7	25,6	33,4	31,2	43,2	8,3	12,4	
COLTIVATE /COLTIVABILI ERBACEE		cc	2,2	0,9	3,0	1,3	1,3	0,3		
CEREALI		ce	2,2	0,9	3,0	1,3	1,3	0,3		
TESSILI		ts	0,3						0,3	
INDICATORI ANTROPICI TOTALI		As+cc	3,1	0,9	6,6	3,0	2,2	1,9	2,9	
GRANULI CONTATI		TOTALI								
TRACHEOPHYTA		12.525	S+P	586	1.586	684	622	734	3.495	4.818
SPERMATOPHYTA (SOMMA POLLINICA)		10.631	S(A+ar+L+E)	487	1.375	537	553	605	2.705	4.369
PTERIDOPHYTA		1.894	P	99	211	147	69	129	790	449
GRANULI CONIFERAE		8.447	Cf	163	1.055	232	255	288	2.391	4.063
TOT. GRANULI - CONIFERAE		4.078	(S+P) - Cf	423	531	452	367	446	1.104	755
DEPOSIZIONE SECONDARIA		2		1		1				
NUMERO TAXA		TOTALI								
TRACHEOPHYTA		121	A+ar+L+E+P	53	41	56	58	50	51	48
SPERMATOPHYTA		115	A+ar+L+E	49	39	54	52	47	49	43
CONIFERE		9	Cf	7	7	6	7	7	8	7
SOMMATORIA <i>Pinus</i>		3		3	3	3	3	3	3	3
LEGNOSE		40	A+ar+L	27	24	17	24	20	28	22
ERBACEE		75	E	22	15	37	28	27	21	21
ARBOREE+ARBOREE/ARBUSTIVE		28	A	21	20	14	16	17	19	17
ARBUSTIVE		10	ar	5	4	3	8	3	8	5
LIANOSE		2	L	1					1	
LATIFOGIE DECIDUE		27	LD	19	17	11	17	13	17	14
SOMMATORIA <i>Quercus</i> DECIDUE			SV							
QUERCETUM (Alberi+Alberi/arbusti+arbusti)		12	Q = A+ar	7	9	4	6	7	10	8
IGROFITE LEGNOSE		6	I	4	3	3	4	3	3	4
IGROFITE ERBACEE		5	i	3		1	2	1		2
IDRO/ELOFITE ERBACEE		5	id/el	2		1	1	1	1	
IGROFITE + IDRO/ELOFITE ERBACEE		10	i+id/el	5		2	3	2	1	2
IGRO-IDRO/ELOFITE TOTALI		16	I+i+id/el	9	3	5	7	5	4	6
LEGNOSE a FRUTTI EDULI		8	Fe	6	7	3	5	3	5	4
ERBACEE a FRUTTI EDULI		3	fe	2	1	2	1	1	1	1
FRUTTI EDULI TOTALI		11	Fe+fe	8	8	5	6	4	6	5
INDICATORI ANTROPICI SPONTANEI ERBACEI		12	As	3		6	3	2	3	3
INDICARORI DI PRATO/PASCOLO		11	pp	5	5	6	7	4	4	6
COLTIVATE /COLTIVABILI ERBACEE		2	cc	1	1	2	1	1	1	
CEREALI		2	ce	1	1	2	1	1	1	
TESSILI		1	ts	1						1
INDICATORI ANTROPICI TOTALI		14	As+cc	4	1	8	4	3	4	3
PTERIDOPHYTA		6	P	4	2	2	6	3	2	5
DEPOSIZIONE SECONDARIA		1		1		1				

<i>INDICI</i>								
PROFONDITA' (cm)		10	20	25	40	70	90	100
CAMPIONI POLLINICI (N.)		1	2	3	4	5	6	7
INDICE RICCHEZZA FLORISTICA (Taxa Tracheofite/Taxa Totali sito Tracheofita)*100	IRF	43,8	33,9	46,3	47,9	41,3	42,1	39,7
INDICE DI INFLUENZA ANTROPICA SULLA VEGETAZIONE (Totale Indicatori Antropici/A+ar+L)*100	HAV	8,1	1,3	18,3	5,5	5,1	2,6	3,9
<i>FPA (n. granuli/grammo)</i>								
FPA TRACHEOPHYTA		511.972	588.041	11.767	12.011	40.956	1.847.726	30.811
FPA SPERMATOPHYTA		425.478	509.809	9.238	10.679	33.758	1.430.072	27.939
FPA PTERIDOPHYTA		86.494	78.233	2.529	1.332	7.198	417.655	2.871
FPA GRANULI SECONDARI		874		17				
<i>MICROCARBONI</i>								
CAMPI DI VISIONE		201	229	182	179	184	192	150
10 - 50 µm		59	241	798	1292	1228	25	330
50 - 125 µm		20		675	2028	980		145
125 - 250 µm				1124	740	910		40
>250 µm		120		1625		380		
TOTALE		199	241	4222	4060	3498	25	515
LYCOPODI		1	1	18	1	1	1	18
FPA MICROCARBONI 10 - 50 µm		0,61	2,16	0,49	14,24	13,57	0,27	0,18
FPA MICROCARBONI 50 - 125 µm		0,21		0,42	22,35	10,83		0,08
FPA MICROCARBONI 125 - 250 µm				0,70	8,16	10,05		0,02
FPA MICROCARBONI >250 µm		1,24		1,01		4,20		
FPA MICROCARBONI TOTALE		2,06	2,16	2,62	44,75	38,65	0,27	0,28

Tab. VII. Spettri xilo-antracologici – sondaggio C1.
 Tab. VII. Xilo-anthraccological Spectra – test pit C1.

PECIAPIAN											
Segonzano (Trento, Nord Italia), 1.350 m s.l.m.											
Spettri xilo-antracologici											
SONDAGGIO					SONDAGGIO C1						Totali
PROFONDITA' dal p.d.c. attuale					30-50 cm		50-60 cm		70-75 cm		
CAMPIONI					1		2		3		
TIPOLOGIA DI REPERTI					legni		legni	carboni	legni	carboni	
ARBOREE-ARBUSTIVE-LIANOSE											
Famiglia	Taxa	Nome volgare	Tipo di reperto	Gruppi							
FAGACEAE	<i>Fagus sylvatica</i> L.	Faggio comune	scheggia	A,LD,Fe		1				1	
PINACEAE	<i>Abies alba</i> Miller	Abete bianco	scheggia	A,Cf		3				3	
			scheggia lavorata	A,Cf		2		5		7	
			legno combusto lavorato	A,Cf				2		2	
			rametto	A,Cf		3				3	
			pezzo	A,Cf			25		16	41	
	<i>Picea excelsa</i> Lam.	Abete rosso	scheggia lavorata	A,Cf		4		3		7	
			scheggia	A,Cf		1				1	
			rametto	A,Cf				1		1	
			pezzo	A,Cf					4	4	
	<i>Pinus</i> indiff.	Pini indiff.	scheggia	A,Cf	6					6	
			rametto	A,Cf			2			2	
			pezzo	A,Cf					3	3	
TAXACEAE	<i>Taxus baccata</i> L.	Tasso comune	pezzo	A,Cf			2			2	
SOMMATORIE											
ARBOREE				A	6	14	29	11	23	83	
LATIFOGIE DECIDUE				LD		1				1	
CONIFERE				Cf	6	13	29	11	23	82	
FRUTTI EDULI				Fe		1				1	
TAXA											
ARBOREE				A	1	6	3	4	3	17	
LATIFOGIE DECIDUE				LD		1				1	
CONIFERE				Cf	1	5	3	4	3	16	
FRUTTI EDULI				Fe		1				1	
TIPO DI REPERTI											
scheggia					6	5				11	
scheggia lavorata						6		8		14	
legno combusto lavorato								2		2	
pezzo							27		23	50	
rametto						3	2	1		6	
TOTALE REPERTI DETERMINATI					6	14	29	11	23	83	

Analisi e datazione dei resti vegetali dall'area di scavo (NM, OP)¹⁴

Le indagini xilotomiche e dendrocronologiche (NM e OP)

Al di sotto degli strati con placche rubefatte (US 33) e scorie grossolane, lo scavo ha messo in luce alcune travi orizzontali di legno, conservatesi per la presenza costante d'acqua. È proprio la presenza di un ambiente di deposizione saturo d'acqua ad aver offerto in questo sito archeologico la non consueta opportunità di svolgere analisi su reperti organici, anche per l'applicazione di metodi di datazione assoluta.

La conservazione di numerosi resti lignei, in particolare, rende il sito di Segonzano Peciapian un contesto archeologico ideale per la ricerca dendrocronologica. La grande quantità di tronchi e fram-

menti lignei nel vicino bacino torboso potrebbe consentire la creazione di curve di riferimento locali per i legni di conifera, che a loro volta permetterebbero la datazione assoluta di precisione dei manufatti trovati in questo sito fusorio e in altri siti coevi del Trentino.

Allo stato attuale della ricerca un unico campione è stato sottoposto a indagine dendrocronologica, quello proveniente da una trave orizzontale squadrata (US 16, Fig. 52) con la più lunga sequenza anulare riscontrata nei resti lignei dal sito archeologico. L'esame per l'identificazione della specie legnosa (UNI 11118:2004), ha permesso di attribuire l'elemento a legno di abete rosso (*Picea abies* Karst.), specie idonea a questo tipo di indagine¹⁵. L'analisi dendrocronologica, condotta secondo la procedura classica come definita da BAILLIE (1982) e FRITTS (1976) e la norma UNI 11141 (2004)¹⁶ ha portato alla creazione di una sequenza di 49 anelli (Tab. VIII e Fig. 57).

Tab. VIII. Parametri dendrocronologici della sequenza elaborata per US 16.

Tab. VIII. Dendrochronological parameters of the sequence elaborated for SU 16.

Lunghezza n. anelli	Ampiezza anulare media 10 ⁻² mm	Deviazione standard	Autocorrelazione	Sensibilità media
49	151.7	90.9	0.910	0.191

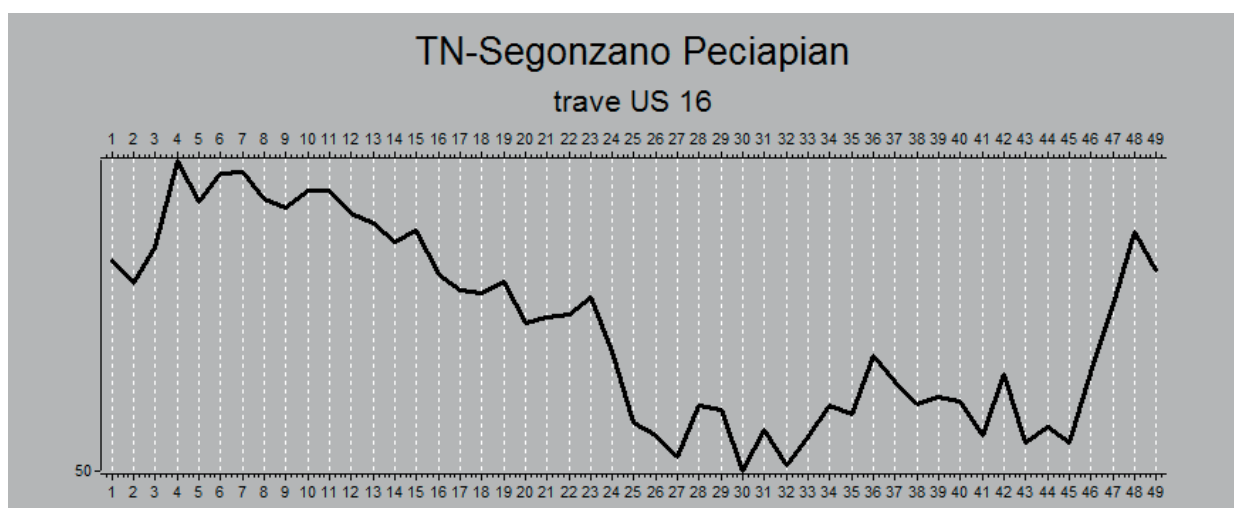


Fig. 57. Curva dendrocronologica del campione indagato dalla trave US 16.

Fig. 57. Dendrochronological curve of the sample from beam SU 16.

¹⁴ Testo consegnato nel giugno 2019.

¹⁵ L'identificazione della specie è stata effettuata sulla base dei caratteri diagnostici riportati da SCHWEINGRUBER 1990.

¹⁶ La preparazione delle direttrici di lettura sulle sezioni trasversali dei campioni è stata eseguita senza alcun tipo di trattamento preventivo sul legno imbibito, utilizzando particolari tecniche manuali di pulizia con lamette Gillette, messe a punto per il legno archeologico. La misurazione dello spessore degli anelli di accrescimento è stata effettuata, lungo almeno due diverse direttrici di lettura su ciascun campione, con lo strumento Lintab di F. Rinn (Heidelberg, Germania), che consente la precisione al centesimo di millimetro. I dati raccolti sono stati registrati ed elaborati con i programmi Catras© (Computer Aided Tree Ring Analysis) (ANIOI 1983) e TSAP© (Time Series Analysis Program) (TSAP-WinTM 2003). I tentativi di datazione assoluta sono stati eseguiti attraverso la sincronizzazione ottica e statistica, quest'ultima operata attraverso i programmi già citati.

L'abete rosso è stato già oggetto di numerosi studi dendrocronologici in ambito alpino e sono numerose le curve di età storica disponibili, fra cui si distingue la più lunga cronologia regionale contenente serie provenienti dal Trentino Alto Adige, che copre il periodo 1362-1988 d.C. (BEBBER *et alii* 1992). Presso il laboratorio IVALSA di San Michele all'Adige sono disponibili le serie provenienti da legni subfossili delle Alpi orientali che risalgono anche alla protostoria, ma che sono lacunose negli ultimi secoli del II millennio a.C. Di conseguenza i tentativi di datazione assoluta condotti non hanno fornito alcun risultato definitivo; la presenza di legni di abete rosso fra i resti conservati nel vicino bacino torboso, tuttavia, fa ben sperare che future indagini estese a questo contesto conducano alla creazione di una cronologia locale dell'abete rosso protostorico che permetta la datazione assoluta del reperto esaminato.

Le datazioni radiocarboniche (NM, ND e PB)

Sono cinque le datazioni radiocarboniche eseguite su campioni provenienti dal sito, costituiti sia da resti arborei imbibiti (un elemento ligneo orizzontale e uno strobilo) sia da carboni¹⁷: quattro sono riferibili alla fase di frequentazione più antica (Fase 1) ed uno alla fase 4 del sito, caratterizzata da un accumulo di scorie piatte e grossolane (Fig. 58).

Nessuno dei campioni selezionati per l'analisi radiocarbonica è stato sottoposto a determinazione e/o osservazione del materiale, con conseguente parziale perdita del potenziale informativo; tuttavia nel caso di due campioni la selezione di un rametto

stagionale (campione 255) e di uno strobilo (campione 260), sebbene di specie arboree non identificate, consente di riconoscerne i caratteri di *short-life sample* (Tab. IX). Le datazioni sono state affidate dall'Ufficio beni Archeologici della Soprintendenza per i beni Culturali della Provincia di Trento ai due laboratori italiani CEDAD (Centro di Datazione e Diagnostica dell'Università del Salento) a Lecce e CIRCE (*Center for Isotopic Research on Cultural and Environmental Heritage* dell'INNOVA, presso la seconda Università di Napoli) a Caserta. La datazione convenzionale al radiocarbonio è stata corretta per gli effetti di frazionamento isotopico naturale mediante la misura del $\delta^{13}\text{C}$ effettuata direttamente con l'acceleratore al CEDAD (CALCAGNILE *et alii* 2004), mentre presso il CIRCE la misura del $\delta^{13}\text{C}$ è stata effettuata tramite EA-IRMS (VIGNOLA *et alii* 2017).

Per quanto riguarda l'analisi dei risultati, si deve premettere che l'assenza di date riferibili alle Fasi 2 e 3 del sito impedisce l'elaborazione di un modello stratigrafico che consenta di ridurre in modo significativo l'ampiezza degli intervalli individuati con la calibrazione. Con i dati disponibili è possibile l'applicazione della statistica Bayesiana per la creazione di un semplice modello *Phase* relativo a 3 delle 4 date disponibili per la Fase 1 del sito, escludendo la data LTL 2791-A che parrebbe affetta dall'*old-wood effect*¹⁸. L'attendibilità del modello è confermata dai valori degli indici A_{model} pari al 104,6%, e A_{overall} pari al 106%. Anche se deve essere tenuta in considerazione la limitatezza del campione preso in esame, gli estremi degli intervalli modellizzati ottenuti per i tre campioni indicano la loro pertinenza a un periodo compreso fra la fine del XIII e l'ultimo quarto

Tab IX. Le date radiocarboniche; calibrazione eseguita col programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13, dati atmosferici (REIMER *et alii* 2013) - *intercepts method* (STUIVER, REIMER 1986); gli intervalli alla probabilità del 95,4% delle *posterior density estimate* derivano dal modello di Fig. 58.

Tab IX. Radiocarbon dates, calibrated with OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13, atmospheric data (REIMER *et alii* 2013) - *intercepts method* (STUIVER, REIMER 1986); the range at 95,4% probability of the posterior density estimate derives from the model in Fig. 58.

Provenienza	Fase stratigrafica	n. campione	Materiale	Codice Laboratorio	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	età radiocarbonica BP	età calibrata cal BC (2σ)	Posterior density estimate cal BC (68.2% probability)	Posterior density estimate cal BC (95.4% probability)
base US 6	Fase 4	13	carbone	LLTL2790A	27.1 ± 0.2	2996 ± 45	1393 - 1059		
US 15	Fase 1	18	legno	LLTL2791A	20.5 ± 0.1	3019 ± 45	1401 - 1126		
US 15	Fase 1	92	legno	LLTL2792A	23.1 ± 0.2	2969 ± 45	1376 - 1041	1216 - 1111	1265 - 1047
			legno: rametto						
US 83	Fase 1	255	stagionale	DSH8266_W	25.9 ± 0.1	2906 ± 34	1211 - 1005	1193 - 1076	1212 - 1029
US 83	Fase 1	260	strobilo	DSH8267_W	23.0 ± 0.2	2942 ± 35	1260 - 1028	1206 - 1110	1230 - 1046

¹⁷ La selezione e la preparazione dei carboni è stata curata da N. Degasperi.

¹⁸ Si è preferito non procedere al calcolo della *weighted mean* delle due misurazioni cui è stato sottoposto il legno US 15 dal momento che non è possibile stabilire a posteriori se i due campioni analizzati provenissero dai medesimi anelli di accrescimento; le elaborazioni successive hanno suggerito, infatti, che il campione 18 potesse provenire da una porzione centrale dell'elemento e la data ottenuta sia affetta dall'*old-wood effect*.

dell'XI secolo cal BC, permettendo comunque di ridurre l'incertezza delle singole date calibrate, scaturita dai caratteri della curva di calibrazione ricca di *wiggles* nel segmento di interesse.

Si deve segnalare che il limite inferiore così individuato per i campioni della Fase 1 non si discosta di molto da quello dell'intervallo ottenuto dalla calibrazione del campione n. 13 della Fase 4 (al 95.4% probabilità) e proprio quest'ultimo (1059 cal BC) parrebbe indicare come le attività organizzate nel sito possano essersi concluse già nella seconda metà dell'XI secolo cal BC; tale osservazione, tuttavia, deve essere accolta con cautela sia per la mancanza dell'esame antracologico sul campione sia per il contesto tafonomico.

In conclusione, per il momento i dati di cronologia assoluta ottenuti da metodi di datazione indipendenti non consentono di definire precisi ambiti cronologici in cui collocare le fasi archeologiche riconosciute, ma suggeriscono che l'attività fusoria nel suo complesso possa essere collocata in un ambito cronologico relativamente ristretto, comunque non superiore all'intervallo compreso fra la fine del XIII e l'XI secolo cal BC. Tali risultati, pur nella limitatezza del campione disponibile, non contrastano con le osservazioni scaturite dall'esame del materiale archeologico, in prevalenza attribuibile a un momento iniziale di Luco/Laugen A, e pongono Segonzano Peciapian in concomitanza con la prima fase di attività del sito di Acqua Fredda di Redebus (MARZATICO *et alii* 2010).

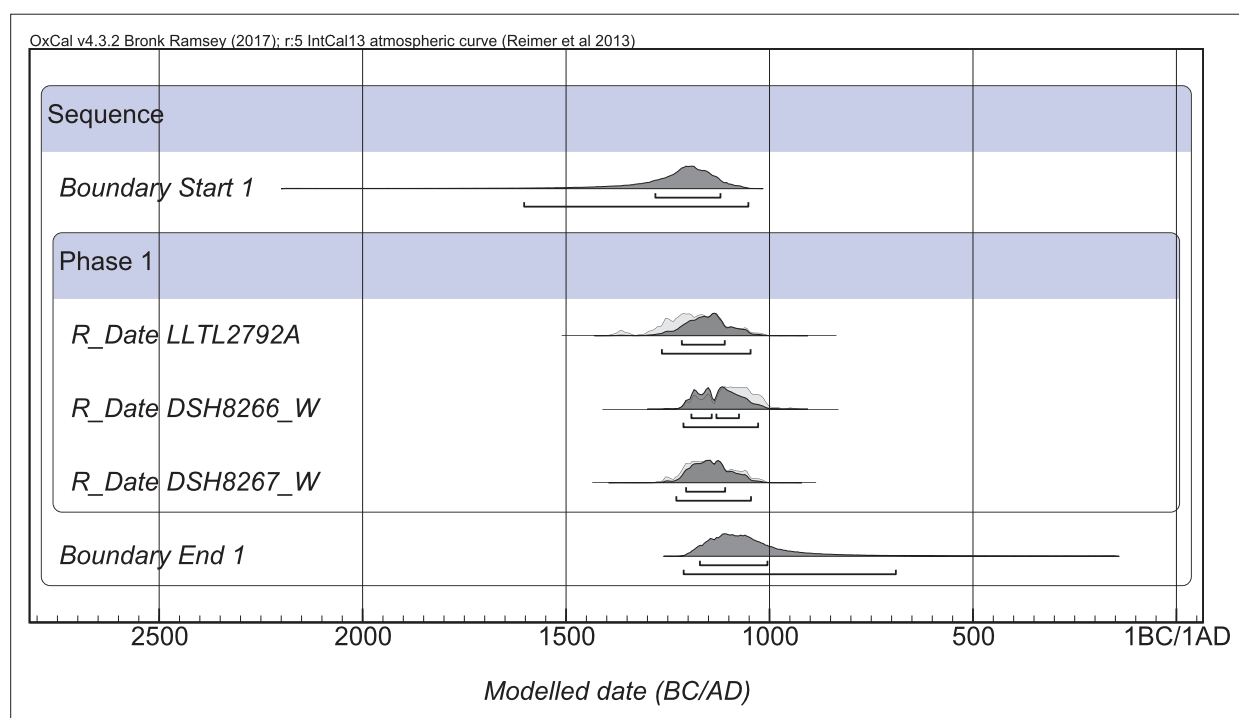


Fig. 58. Modello bayesiano elaborato per la fase 1 del sito di Segonzano – Peciapian. I risultati della semplice calibrazione sono denotati dal colore grigio chiaro, mentre le *posterior probability distributions* basate sul modello cronologico adottato sono campite in nero. Programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13 (REIMER *et alii* 2013).

Fig. 58. Bayesian model elaborated for phase 1 of Segonzano – Peciapian. The results of the simple calibration are in light grey, while the *posterior probability distributions* based on the adopted chronological model are in black. Program OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13 (REIMER *et alii* 2013).

Conclusioni

Nell'areale complessivo ad oggi esplorato, sono state individuate tre aree con dispersione di materiale derivato dalle lavorazioni estrattive (scorie). Solo l'area A, di circa 5500 m², è stata sottoposta a indagini regolari, mentre delle altre due (B e C), pressappoco allineate in senso N-S e poste rispettivamente a ca 50 e 200 m dalla prima, è nota attualmente solo la posizione.

L'area A è costituita da un pianoro (attualmente ricoperto da un bosco di conifere e nel recente passato da un prato/pascolo) che si caratterizza per il costante affioramento della falda idrica. La disponibilità di acqua fu certamente uno dei fattori determinanti per la scelta del sito in cui praticare l'attività fusoria, mentre non vi sono elementi al momento per poter ipotizzare da quali giacimenti provenisse il minerale cuprifero qui processato (tra quelli noti, i più vicini si collocano nella Valle dei Mocheni e nell'Altopiano di Pinè, a circa 10 km di distanza).

Un dato interessante per la comprensione delle dinamiche formative dei depositi è il contatto diretto, quantomeno sul margine meridionale, ossia contro versante, della sedimentazione antropica con il substrato (corpo di frana e sabbie grossolane). In altri termini sembra che le attività fusorie si siano impostate su parte di un versante completamente denudato e privo di suolo, proprio a causa dell'impatto antropico; pertanto l'attuale aggradazione deve essere imputata quasi esclusivamente alle attività umane.

Sulla base degli scavi e dei più limitati sondaggi finalizzati alla sua delimitazione, l'area appare caratterizzata da tre diversi tipi di complessi stratigrafici (Fig. 7) presumibilmente corrispondenti alle attività ivi svolte.

La "zona verde" è quella maggiormente estesa (3600 m²) ma anche quella meno indagata e presenta stratificazioni a scorie grossolane, ma soprattutto piatte, in ambiente asciutto; si ritiene la zona più plausibile per la localizzazione delle strutture fusorie, data anche la presenza di resti di attività "a fuoco" purtroppo gravemente distrutti da azioni connesse all'ampliamento della strada forestale, e/o da successivi scavi clandestini (Settori 2 e 3).

Verso il limite sud della zona verde, si trova la "zona gialla", caratterizzata da potenti cumuli di sabbia di scorie (altezza max m 0,80), indagati con lo scavo del Settore 1. Diversi indicatori di opere di consolidamento alla base e all'interno della fitta stratificazione dei depositi (pali, paletti, relitti di ramaglie intrecciate, porzioni concrezionate ad assetto verticale dei cumuli di sabbia di scorie) sembrano indiziare l'originaria presenza di una sorta di arginatura strutturata a gabbioni che avrebbe originato, o quantomeno incrementato, il bacino idrico, in seguito completamente intorbato, all'estremità meridionale dell'area.

Circa le modalità di formazione dei cumuli di scorie e in particolare la fitta stratificazione a sabbia di

scorie, le osservazioni micro-morfologiche eseguite sui cumuli hanno permesso di evidenziare diverse modalità di trasporto dei depositi (decantazione, trasporto in massa, trasporto trattivo) che si ripetono ciclicamente e che si possono ragionevolmente collegare ad attività quali la frantumazione e la macinatura delle scorie grossolane e il successivo lavaggio e vaglio della sabbia di scorie per separarne la frazione utile a successive fasi di ri-processamento termico.

L'estremità meridionale dell'area, ossia la "zona marrone" (parzialmente indagata con lo scavo effettuato nel Settore 4) con depositi di circa 1 metro di potenza e suddivisibili in due macrounità principali sulla base dell'ambiente di formazione (umido o asciutto), si diversifica da quella precedente soprattutto per l'andamento sub-tabulare della sequenza stratigrafica. Un'altra caratteristica di questi depositi è la marcata dicotomia cromatica delle "sabbie" (dal rosso arancione al grigio scuro) forse riferibile alle condizioni primarie di produzione delle scorie oppure a fattori post-deposizionali, anche connessi alle fluttuazioni del livello di falda.

Ad oggi in ambito regionale lo studio di questo tipo di depositi si limitava al caso di Acqua Fredda di Redebus (HOHLMANN *et alii* 2004; CIERNY 2008) dove la sabbia di scorie è stata interpretata come esito finale del processamento di scorie grossolane, allo scopo di separare le inclusioni residue ricche di rame (minerale non reagito, metallina).

A Segonzano Peciapian il riconoscimento nella tessitura del deposito di una selezione idraulica del sedimento (strati suddivisi in lamine e presenza di strutture sedimentarie) con evidenze di trasporto in massa (strati disorganizzati, massivi e caotici) ha permesso di confermare il processo di trattamento della sabbia che ne prevedeva la separazione per gravità e flottazione a umido.

Circa la presenza e la distribuzione di attrezzature legate alle lavorazioni (incudini, macine, pestelli, una spatola lignea, nonché di numerosi spezzoni e schegge connessi al trattamento del legname) non sono state rilevate associazioni e/o concentrazioni immediatamente significative in nessuna delle 3 zone del sito. Inoltre, anche a Segonzano, come in tutti i siti fusori trentini indagati, risulta assente il minerale cuprifero grezzo, quantomeno a livello macroscopico.

Altra caratteristica condivisa in ambito regionale è la scarsità dei tradizionali macro-indicatori archeologici connessi alla vita quotidiana e al sostentamento della comunità dei metallurghi. Per quanto riguarda le forme ceramiche, i frammenti diagnostici (26 in tutto) sono riferibili in gran parte a forme aperte troncoconiche (22) con diametro (quando determinabile) variabile tra i 10 e i 20 cm circa. Il numero esiguo di reperti rinvenuti a Segonzano, da un lato, e l'importanza, in senso quantitativo, delle forme troncoconiche nell'ambito del Bronzo Recente e Finale della regione alpina centro-orientale, dall'altro, non permettono tuttavia

di valutare l'eventuale significatività in senso funzionale di tale preponderanza percentuale. Qualche dato in più viene dalle analisi archeobotaniche che rispondono bene all'attesa di un forte impatto dell'attività fusoria sull'ambiente: diminuzione del manto forestale originario di circa il 50%; aumento delle specie antropogeniche da 2,4% a 3,9% e infine presenza di microcarboni (indicatori di attività di combustione in loco) fino a oltre il 40%. Circa le specie destinate al sostentamento umano, particolarmente abbondanti a livello pollinico sono i cereali (23%) che appartengono prevalentemente al gruppo dell'orzo/*Hordeum* (1,6-17,4%) e al gruppo dell'avena-grano/*Avena-Triticum* (0,3-5,3%). Queste elevate concentrazioni polliniche sono probabil-

mente da collegare a processi di accumulo e lavorazioni locali a scopo alimentare.

Infine alcune considerazioni sulla cronologia del sito. Tutti i materiali ceramici datanti sono pertinenti alla *facies* Luco A e, forse, ad un suo momento iniziale che può essere considerato parallelo alle fasi evolute del Bronzo Recente e al passaggio al Bronzo Finale dell'area pianiziarica padano-veneta (ca XII sec.a.C.).

Tali indicazioni non contrastano con quanto emerso dalle indagini radiometriche che, pur con alcune riserve dovute a limiti intrinseci dei campioni analizzati, suggeriscono un periodo di frequentazione del sito non molto ampio e compreso tra la fine del XIII e l'XI secolo cal BC.

Bibliografia

- ANDERSEN S.T. 1979, *Identification of wild grass and cereal pollen*, "Danmarks Geol. Undersagelse", pp. 66-92.
- ANIOL R.W. 1983, *Tree ring analysis using Catras*, "Dendrochronologia", 1, pp. 45-53.
- AVANZINI M., BARGOSSA G.M., BORSATO A., SELLI L. 2010, *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 060, Trento*, Trento.
- BAGOLAN M., LEONARDI G. 2000, *Il Bronzo Finale nel Veneto*, in M. HARARI, M. PEARCE (a cura di), *Il Protovillanoviano al di qua e al di là dell'Appennino*, Atti della giornata di Studio, Pavia Collegio Ghisleri 17 giugno 1995, pp. 15-46.
- BAILLIE M.G.L. 1982, *Tree-ring dating and archaeology*, London - Canberra, Croom Helm.
- BEBBER A.E., BURRO M., MARTINELLI N., PIGNATELLI O., STROPPA M. 1992, *Coniferous tree-ring chronologies for Northern Italy*, "LUNDQUA Report", 34, pp. 14-16.
- BELLINTANI P., MOTTESS E., NICOLIS F., SILVESTRI E., STEFAN L., BASSETTI M., DEGASPERI N., CAPPELLOZZA N. 2010, *New Evidence of Archaeometallurgical Activities During the Bronze Age in Trentino*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPER (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck, pp. 277-282.
- BELLINTANI P., SILVESTRI E., BASSETTI M., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., NICOLIS F., PAGAN N., PEARCE M. 2021, *Fare rame: quadro di sintesi su siti e strutture produttive della metallurgia primaria protostorica del Trentino*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BERGLUND B.E., RALSKA-JASIEWICZOWA M. 1986, *Pollen analysis and pollen diagrams*, in B.E. BERGLUND (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, Chichester, pp. 455-484.
- BOSELLINI A., MUTTI E., RICCI LUCCHI F. 1989, *Rocce e successioni sedimentarie*, Torino.
- BOTTEMA S. 1992, *Prehistoric cereal gathering and farming in the Near East: the pollen evidence*, "Review Palaeobotany Palynology", 7, pp. 21-23.
- BRONK RAMSEY C. 1995, *Radiocarbon and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program*, "Radiocarbon", 37 (2), pp. 425-430.
- BRONK RAMSEY C. 2009, *Bayesian analysis of radiocarbon dates*, "Radiocarbon", 51 (1), pp. 337-360.
- BULLOCK P., FEDOROFF N., JONGERIUS A., STOOPS G.J., TURSINA T. 1985, *Handbook for Soil Thin Section Description*, Wayne Research Publications, Albrighton.
- CALCAGNILE L., QUARTA G., D'ELIA M., RIZZO A., GOTTDANG A., KLEIN M., MOUS D.J.W. 2004, *A new accelerator mass spectrometry facility in Lecce, Italy*, "Nuclear Instruments and Methods in Physics Research" B, Elsevier, 223-224C, pp. 16-20.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen*, "Der Anschnitt", Beiheft 22.
- CIERNY J., MARZATICO F., PERINI R., WEISGERBER G. 2004, *La riduzione del rame in località Acqua Freda al Passo del Redebus (Trentino) nell'età del Bronzo Recente e Finale. Risultati preliminari delle ricerche*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 125-164.
- COURTY M.A. 2001, *Microfacies analysis assisting archaeology stratigraphy*, in P. GOLDBERG, V.T. HOLLIDAY, C.R. FERRING (eds.), *Earth Sciences and Archaeology*, Kluwer, New York, pp. 205-239.
- COURTY M.A., GOLDBERG P., MACPHAIL R.I. 1989, *Soils and Micromorphology in Archaeology*, Cam-

- bridge Manuals in Archaeology, Cambridge University Press.
- DE FARIA D.L.A., LOPES F.N. 2007, *Heated goethite and natural hematite: can Raman spectroscopy be used to differentiate them?*, "Vibrational Spectroscopy", 45, pp. 117-121.
- FAEGRI K., IVERSEN J. 1989, *Textbook of Pollen analysis*, 4^o edizione a cura di K. Faegri, P.E. Kaland, K. Krzywinski, Chichester.
- FRITTS H.C. 1976, *Tree ring and climate*, London-New York-San Francisco, Academic press.
- GOLDBERG P., MACPHAIL R.I. 2006, *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Oxford.
- GOLDBERG P., MILLER C.E., SCHIEGL S. 2009, *Bedding, hearths, and site maintenance in the Middle Stone Age of Sibudu Cave, KwaZulu-Natal, South Africa*, "Archaeological and Anthropological Sciences", Volume 1, 2, pp. 95-122.
- GOLDBERG P., BERNA F. 2010, *Micromorphology and context*, "Quaternary International", 214, pp. 56-62.
- GREIG J. 1989, *Archaeobotany (Handbooks for Archaeologists n°4)*, European Science Foundation, Strasbourg.
- GRIMM E. 1991, *Tilia. Version 1.12*, Springfield, Illinois State Museum Research Collection Center.
- GRIMM E. 2004, *Tgview. Version 2.0.2*, Springfield, Illinois State Museum Research Collection Center.
- HOHLMANN B., HAUPTMANN A., SCHRÖDER B. 2004, *Der spätbronzezeitliche Verhüttungsplatz von Acqua Fredda am Passo Redebus (Trentino)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 261-267.
- HUISMAN D. J. 2009, *Iron*, in D.J. HUISMAN (ed.), *Degradation of Archaeological Remains*, Den Haag: SdU Uitgevers b.v., pp. 91-109.
- IAN R.L., HOWELL E. 2001, *Handbook of Raman Spectroscopy: From the Research Laboratory to the Process Line*, Marcel Dekker Inc., New York, pp. 1-3.
- IUSS WORKING GROUP WRB 2014, *World reference base for soil resources 2014*, World Soil Resources Reports No. 106, FAO, Rome.
- IVY-OCHS S., SCHÄFER J., SYNAL H.A., KUBIK P.W., SCHLÜCHTER C. 2004, *The timing of deglaciation on the northern Alpine foreland (Switzerland)*, "Eclogae geologicae Helvetiae", 97, pp. 47-55.
- KAPTAN E. 2008, *Wooden miner showels from the ancient underground mines in Anatolia*, in U. YALÇIN, H. ÖZBAL (eds.), *Ancient mines in Turkey and the Eastern Mediterranean*, International Conference AMITEM 2008, Ankara, pp. 139-148.
- KLAUNZER M., GOLDENBERG G., HYE S., STAUDT M., TOECHTERLE U., TOMEDI G. 2010, *Prehistoric Fahl-ore Mining and Metallurgy in the Mauken Valley, Radfeld/Brixlegg, North Tyrol*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPE (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HIMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck University Press, Innsbruck, pp. 345-349.
- LEITNER W. 1988, *Eppan-St.Pauls, eine Siedlung der späten Bronzezeit. Ein Beitrag zur inneralpinen Laugen/Melaun-Kultur*, "Archaeologia Austriaca", 72, pp. 1-90.
- LOWE J.J., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., BISHOP A., VAN DER KAARS S., FORLANI L., MERCURI A.M., RIVALENTI C., TORRI P., WATSON C. 1996, *Pollen stratigraphy of sediment sequences from crater lakes Albano and Nemi (near Rome) and from the central Adriatic, spanning the interval from oxygen isotope Stage 2 to the present day*, "Memorie Istituto Italiano Idrobiologia", 55, pp. 71-98.
- MALLOL C., HERNANDEZ C.M., CABANES D., MACHADO J., SISTIAGA A., PEREZ L., GALVAN B. 2013, *Human actions performed on simple combustion structures: an experimental approach to the study of middle Palaeolithic fire*, "Quaternary International", 315, pp. 3-15.
- MARZATICO F. 1985, *Gli insediamenti di Dosso Alto di Rovereto e di Nomi-Cef nel quadro della recente età del Bronzo*, in L. SALZANI, G. POLICANTE (a cura di), *Atti del primo Convegno archeologico sulla Valdadige meridionale*, Volargne (VR) – Trento, pp. 35-52.
- MARZATICO F. 1994, *I ritrovamenti archeologici di Cembra nel quadro dell'antico popolamento della valle*, in S. BENVENUTI (a cura di), *Storia di Cembra*, Trento, pp. 38-65.
- MARZATICO F. 1997, *I materiali preromani della Valle dell'Adige nel Castello del Buonconsiglio*, Patrimonio storico artistico del Trentino, Servizio Beni Culturali della Provincia Autonoma di Trento – Ufficio Beni Archeologici, 21, Trento.
- MARZATICO F. 2001, *L'età del bronzo Recente e Finale*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di) *Storia del Trentino I. La preistoria e la proto-storia*, Ed. il Mulino, Bologna, pp. 367 - 416.
- MARZATICO F. 2012, *La cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti*, in A. ANGELINI, G. LEONARDI (a cura di), *Il castelliere di Castel de Pedena. Un sito di frontiera del II e I millennio a.C.*, Saltuarie dal laboratorio del Piovego, 9, pp.177-204.
- MCCREERY R. L. 2000, *Raman Spectroscopy for Chemical Analysis*, Wiley, New York, pp. 293-309.
- MERCURI A.M., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M. 2002, *The long history of Cannabis and its cultivation by the Romans in central Italy, shown by pollen records from Lago Albano and Lago di Nemi*, "Vegetation History and Archaeobotany", 11, pp. 263-276.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS 1992, *Munsell Soil Color Charts e Revised Edition*, New Windsor: Munsell® Color.
- NICOLIS F., CAPPELLOZZA N., BELLINTANI P. 2021, *Il sito di produzione metallurgica di Luserna, loc. Platz von Motze. Ricerche 2005 – 2016*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia*

- estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- PEARSALL D.M. 1989, *Palaeoethnobotany*, Academic Press, San Diego.
- PERINI R. 1970, *Ciaslir del Monte Ozol (Valle di Non). Scavo 1968*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", Sez. B, Vol. XLVII, n. 2. Riedito in G. CIURLETTI (a cura di), *Renato Perini. Scritti di archeologia*, Provincia autonoma di Trento, Ufficio beni archeologici, Trento, 2004, pp. 187-247.
- PERINI R. 1976, *Appunti per una definizione delle fasi della cultura Luco sulla base delle recenti ricerche nel Trentino*, "Studi Trentini di Scienze Storiche", Sezione II, LV, pp. 151-176.
- PERINI R. 1979, *Area culturale preistorica sulla Groa di Sopramonte (Trento)*, "Studi Trentini di Scienze Storiche", LVIII, II, n. 1, pp. 41-65.
- PERINI R. 1987, *Scavi archeologici nella zona palafitticola di Fiaavé-Carera. Parte II Campagne 1969-1976. Resti della cultura materiale metallo – osso – litica – legno*. Servizio Beni Culturali della Provincia autonoma di Trento, Trento.
- PERINI R. 1992, *Evidence of metallurgical activity in Trentino from Chalcolithic times to the end of the Bronze Age*, in E. ANTONACCI SANPAOLO (a cura di), *Archeometallurgia. Ricerche e prospettive*, Atti del colloquio Internazionale di Archeometallurgia, 18-21 ottobre 1988, Bologna – Dozza Imolese 1992, pp. 54-80.
- PERINI R. 1994, *Scavi archeologici nella zona palafitticola di Fiaavé-Carera. Parte III. Campagne 1969-1976. Resti della cultura materiale. Ceramica. Volume 2*, Servizio Beni Culturali della Provincia autonoma di Trento, Trento.
- PIGNATTI S. 1982, *Flora d'Italia*, Bologna.
- PIGNATTI S. 2017-2019, *Flora d'Italia*, Milano.
- PISONI L., TECCHIATI U. 2019, *La ceramica e i fittili non vascolari del Bronzo Finale provenienti dall'ustrinum/luogo di culto funerario di Salorno Dos de la Forza (Cava Girardi)(BZ). Inquadramento cronologico e culturale*, "Padusa", LV, 2019, pp. 113-174.
- PREUSCHEN E. 1968, *Bronzezeitlicher Kupfererzbergbau im Trentino*, "Der Anschnitt", 20, H. 1, pp. 3-15.
- PROTEZIONE CIVILE DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO 2018, *Carta Geologico-Strutturale del Trentino*, Gennaio 2018, 1° aggiornamento, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/Cartageologicostrutturale>.
- RASMUSSEN S.O., BIGLER M., BLOCKLEY S.P., BLUNIER T., BUCHARDT S.L., CLAUSEN H.B., CVIJANOVIC I., DAHL-JENSEN D., JOHNSEN S.J., FISCHER H., GKNIS V., GUILLEVIC M., HOEK W.Z., LOWE J.J., PEDRO J.P., POPP T., SEIERSTAD I.K., STEFFENSEN J.P., SVENSSON A.M., VALLELONGA P., VINTHER B.M., WALKER M.J., WHEATLEY J.J., WINSTRUP M. 2014, *A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy*, "Quaternary Science Review", 106, pp. 14-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.0070277e3791>.
- REIMER P.-J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK E., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAFLIDASON H., HAJDEAS I., HEATON A.G., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER F.F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., TURNER C.S.M., VAN DER PLICHT J. 2013, *Intcal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP*, "Radiocarbon", 55 (4), DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947.
- RICCI LUCCHI F. 1980, *Sedimentologia*, Bologna.
- SCHWEINGRUBER F.H. 1990, *Anatomie europäischer Hölzer*, Stuttgart, WSL FNP.
- ŠEBESTA G. 1992, *La via del Rame*, Economia Trentina, supplemento n. 3, Calliano (TN).
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2014, *Evidence of mining without mines: smelting activity during the Bronze Age in Trentino*, in J. SILVERTANT (ed.), *Research and preservation of ancient mining areas*, 9th International symposium on archaeological mining history, Trento-Italy, pp. 88-103.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., NICOLIS F., BASSETTI M., BIAGIONI S., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., MARCHESINI M., MARTINELLI N., MARVELLI S., PIGNATELLI O. 2015a, *New excavations at smelting sites in Trentino, Italy: archaeological and archaeobotanical data*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESSI-TEHRANI (eds.), *Archaeometallurgy in Europe 2011*, Proceedings of the 3rd international conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29-July 1 2011, "Der Anschnitt", Beiheft 26, pp. 369-376.
- SILVESTRI E., HAUPTMANN A., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2015b, *Bronzezeitliche Kupferverüttung in Trentino*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 201-208.
- SOIL SURVEY STAFF 2003, *Keys to Soil Taxonomy*, 9th ed., USDA-NCRS, Washington DC.
- STEINER H. (Hrsg.) 2007, *Die befestigte Siedlung am Ganglegg im Vinschgau - Südtirol. Ergebnisse der Ausgrabungen 1997-2001 (Bronze-/Urnenfelderzeit) und naturwissenschaftliche Beiträge*, Abteilung Denkmalpflege Amt für Bodendenkmäler, Forschungen zur Denkmalpflege in Südtirol - Band III, Temi Editrice Trento.
- STEINER H. 2010, *Archaeologische Untersuchungen am Ganglegg bei Schluderns in den Jahren 1997 bis 2001*, in L. DAL RÌ, P. GAMPER, H. STEINER (Hrsg./a cura di), *Höhensiedlungen der Bronzezeit und Eisenzeit. Kontrolle der Verbindungswege über die Alpen/Abitati d'altura dell'età del Bronzo e del Ferro. Controllo delle vie di comunicazione attraverso le Alpi*, Beni Cultu-

- rali in Alto Adige – Studi e Ricerche – Vol. VI, pp. 487-557.
- STÖLLNER T., CIERNY J., EIBNER C., BOENKE N., HERD R., MAAS A., ROETTGER K. SORMAZ T., STEFFENS G., THOMAS P. 2006, *Der bronzezeitliche Bergbau im Südtiroler Mitterberggebiet. Bericht zu den Forschungen der Jahre 2002 bis 2006*, "Archaeologia Austriaca", 90, pp. 87-137.
- STOOPS G. 2003, *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- STOOPS G., MARCELINO V., MEES F. (eds.) 2010, *Interpretation of Micromorphological Features of Soil and Regoliths*, Amsterdam, Elsevier.
- STUIVER M., REIMER P. J. 1986, *A computer program for radiocarbon age calculation*, "Radiocarbon", 28, pp. 1022-1030.
- TECCHIATI U. 1991, *L'età del Bronzo*, in T. PASQUALI (a cura di), *La Val di Cembra in età preromana. Dai cacciatori raccoglitori mesolitici del Lagorai al mondo retico*, Trento, pp. 89-109.
- TECCHIATI U., CAVALIERI S., DI BRAIDA S. 2014, *Resti d'abitato del Bronzo Finale (cultura di Luco) rinvenuti a Tires – località Backenwiesl (BZ)*, "Annali del Museo Civico di Rovereto", Sez. Archeologia, Storia, Scienze naturali, Vol. 29 (2013), pp. 3-76.
- THOMAS P. 2018, *Studien zu den bronzezeitlichen Bergbauhölzern im Mitterberger Gebiet*, "Der Anschnitt", Beiheft 39, Bochum.
- TSAP-WIN™ 2003, *Time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications. Version 4.70 for Microsoft Windows 98, 2000, XP*, User Reference, Heidelberg, Rinntech.
- TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N.A., VALENTINE D.H. 1993, *Flora Europaea*, Cambridge University Press.
- UNI 11114:2004, *Beni Culturali. Manufatti lignei – Linee guida per la datazione dendrocronologica del legno*, Milano, UNI.
- UNI 11118:2004, *Beni Culturali, Manufatti lignei. Criteri per l'identificazione delle specie legnose*, Milano, UNI.
- VIGNOLA C., MASI A., BALOSSA RESTELLI F., FRANGIPANE M., MARZAIOLI F., PASSARIELLO I. 2017, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ from ^{14}C -AMS dated cereal grains reveal agricultural practices during 4300-2000 BC at Arslantepe (Turkey), "Review of Palaeobotany and Palynology", 247, pp. 164-174.
- WALKER R. G. 1992, *Facies, facies models and modern stratigraphic concepts*, in R. G. WALKER, N. P. JAMES (eds.), *Facies Models: Response to Sea Level Change*, Geological Association of Canada, GeoText 1, pp. 1-14.
- WENTWORTH C.K. 1922, *A scale of grade and class terms for clastic sediments*, "Journal of Geology", 30, p. 377-392.
- ZANCHERI P. 1976, *Flora italica*, Vol. I-II, Padova.

IL SITO DI PRODUZIONE METALLURGICA DI LUSERNA, LOCALITÀ PLATZ VON MOTZE. RICERCHE 2005-2016

Franco Nicolis, Nicola Cappellozza, Paolo Bellintani¹

Riassunto

Tra il 2005 e il 2016 un ampio lotto destinato alla realizzazione di un'area artigianale in località Platz von Motze, nel comune di Luserna (TN), è stato oggetto di indagini allo scopo di valutare l'interferenza di detti lavori con l'area archeologica (sito fusorio) già nota fin dal secolo scorso.

La località è ubicata a una quota di circa 1300 m s.l.m., ed è caratterizzata da una modesta conca pianeggiante, limitata a est dalla S.P. n° 9 di Luserna e a ovest da un evidente dosso allungato che domina la sottostante Valle dell'Astico.

Le ricerche condotte estensivamente hanno permesso di riconoscere l'effettiva entità stratigrafica del sito, individuando più strutture pertinenti con buona probabilità a apparati fusori dell'età del Bronzo Recente/Finale.

Particolare rilievo hanno le strutture UUSS 140, 76, 74, 77, 150, le quali mostrano forti analogie dal punto di vista strutturale, nonché una precisa relazione spaziale, essendo tutte disposte al piede del debole pendio sul lato est del dosso presente lungo il limite ovest del sito e allineate – in batteria – lungo un asse N – S. Le forti tracce di attività combustive presenti sia nei depositi interni ed esterni delle strutture che sulle superfici delle strutture stesse, inducono ad attribuire a queste unità la funzione di apparati fusori allineati lungo un fronte di lavorazione. In alcuni di essi (140, 76 e 150) si è altresì notato un probabile uso protratto nel tempo, evidenziando, in questo modo, più fasi di utilizzo che, date le condizioni ambientali del sito, potrebbero avere avuto cadenza stagionale.

Subito ad est dei forni fusori, dove il terreno si fa pianeggiante, sono invece di particolare interesse le strutture UUSS 134, 50, 170, 177. Estremamente simili tra di loro, sono anch'esse evidentemente allineate lungo un asse N – S e disposte a valle delle strutture fusorie UUSS 140, 74, 76, 150, 77. Le caratteristiche emerse dall'indagine suggeriscono di interpretarle come "letti di arrostitimento" o quantomeno come strutture in qualche modo correlate agli apparati disposti più a monte.

I reperti diagnostici datanti associati alle strutture sono relativamente pochi, come di consueto nei siti fusori del versante meridionale delle Alpi centro-orientali, ma sono tutti attribuibili alla *facies* Luco/Laugen A (BR2-BF1/2). L'arco cronologico proposto invece dalle tre misure radiocarboniche eseguite suggerisce una datazione calibrata tra XV e inizi XII sec. a.C. ca., ossia sono compatibili con una frequentazione all'inizio del XII, o con più frequentazioni su un arco cronologico più lungo.

Summary

A large area was investigated at Platz von Motze, in the municipality of Luserna (Trento, Northern Italy), between 2005 and 2016, in order to evaluate the impact of the construction of a new building on a prehistoric smelting site which has been known since the last century.

The site is located at an altitude of about 1300 m a.s.l., and it consists of a shallow basin bounded to the east by a road and to the west by a low ridge overlooking the Valle dell'Astico below.

By excavating a large area, it was possible to reconstruct the stratigraphy of the site, and structures that are probably recent/final Bronze Age smelting furnaces were uncovered.

The structures SU 140, 76, 74, 77, 150 are particularly important: they are structurally very similar and have a spatial relationship: they are all aligned in a battery along a N – S axis at the foot of a weak slope. The strong evidence for burning both inside and outside the structures and on their surfaces suggests they were smelting furnaces aligned along a working front. Some of them (SU 140, 76 and 150) were probably used over a prolonged period of time, and there is evidence for several phases of use which, given the environmental conditions of the site, could have been seasonal.

Immediately east of the smelting furnaces, on flatter ground, the structures SU 134, 50, 170, 177 are of particular interest. They are very similar to each other, and are also aligned along a N – S axis. They are downslope of the smelting furnaces (SU 140, 74, 76, 150, 77). Their features suggest that they should be interpreted as "roasting beds" or at least as structures in some way related to the furnaces upslope.

¹ I paragrafi relativi ai materiali e alle datazioni radiometriche sono dovuti a Paolo Bellintani; gli altri sono frutto di un lavoro condiviso da parte di Franco Nicolis e Nicola Cappellozza.

The three radiocarbon dates for the site give a calibrated date of 15th - early 12th century BC. There is relatively little datable material culture associated with the structures, as it is usual at smelting sites on the southern side of the central-eastern Alps, but they all date to the Luco/Laugen A culture. Combining the two sources of evidence we can therefore date this smelting site to the early 12th century BC, or to multiple phases over a longer chronological span.

Parole chiave: sito di produzione metallurgica; forni fusori; letti di arrostitimento; età del Bronzo Recente e Finale.

Key words: smelting site; smelting furnaces; roasting bed; Recent and Final Bronze Age.

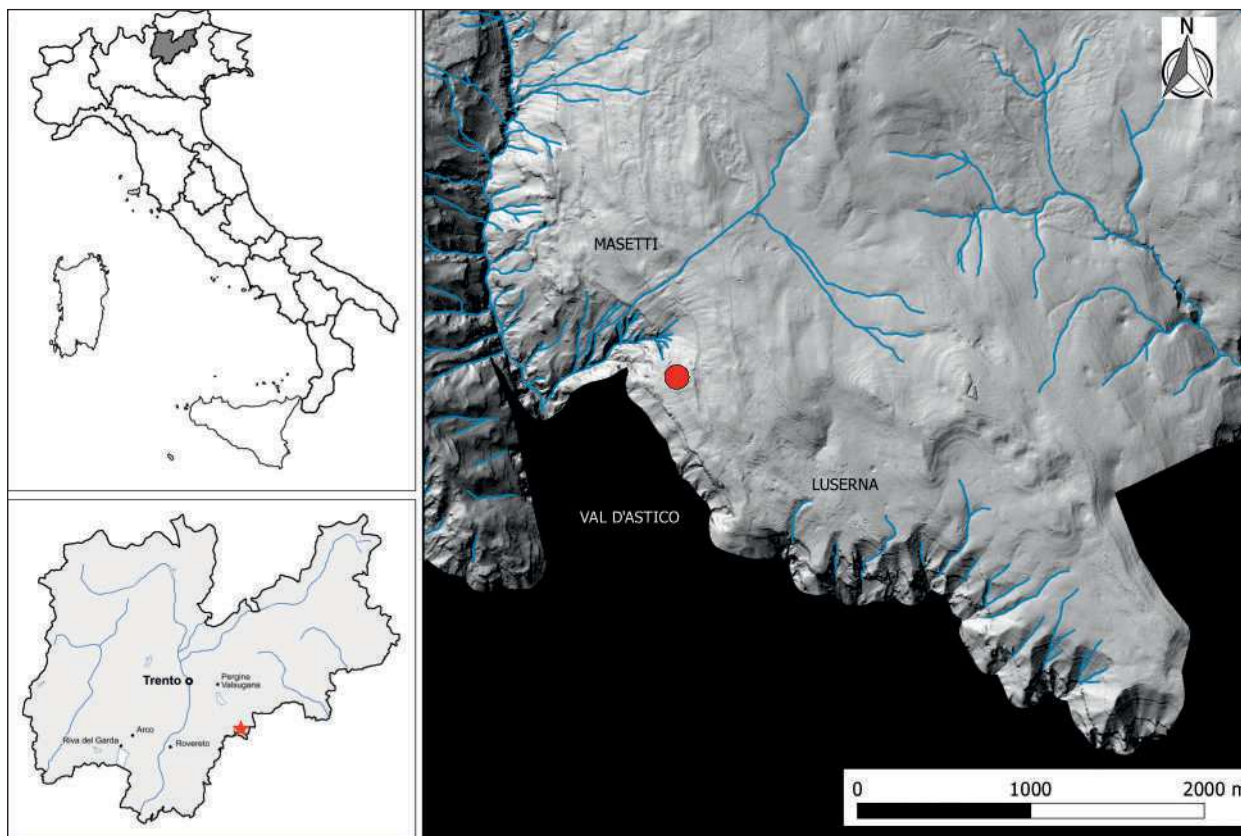


Fig. 1. Inquadramento geografico e topografico del sito (dis.: Chiara Maggioni).

Fig. 1. Geographic and topographic maps of the site (elaboration: Chiara Maggioni).

Introduzione

Tra il 2005 e il 2016 in località Platz von Motze, nel territorio comunale di Luserna (TN), all'interno di un ampio lotto destinato all'edificazione di un'area artigianale, sono state condotte indagini destinate a verificare e a valutare la natura e l'estensione delle testimonianze archeologiche presenti nel sottosuolo del perimetro lottizzato².

La località è ubicata a una quota di circa 1300 m s.l.m., ed è caratterizzata da una modesta conca pianeggiante, limitata a est dal versante occidentale del Raut di Masetti (e dalla S.P. n° 9 di Luserna) e a ovest da un evidente dosso allungato che domina la sottostante Valle dell'Astico (Figg. 1 e 2). Il sito, archeologicamente già noto per evidenze emerse da saggi effettuati in più riprese³ (Fig. 3) è stato particolarmente interessato da attività artigianali legate

² Con la direzione scientifica del dott. Franco Nicolis, hanno partecipato alle diverse campagne di scavo i tecnici archeologi della SAP Società Archeologica: Nicola Cappellozza, Simone Melato, Maria Elena Cavicchioli, Francesco Sartor, Enzo Mantovani, Ornella Magalini, Enrico Pajello, Umberto Ferrante, Filippo Bernardinelli, Lorenzo Amoruso, Nicola Pagan, Laura Contessi, Ezio Sarina, Emiliano Garatti, Maria Bosco, Giovanni Pavan, Alessandro D'Alfonso, Michele Fait, Silvio Lorenzi, Igor Sanavia.

³ Le prime ricerche, effettuate nel 1963, si devono a Preuschen (1965); ulteriori indagini furono eseguite da Perini nel 1977 e da Marzatico nel 1992. Per una sintesi degli interventi pregressi si rimanda a CIERNY 2008, pp. 214-215, Kat.-Nr: D6-12; plan 36-48.

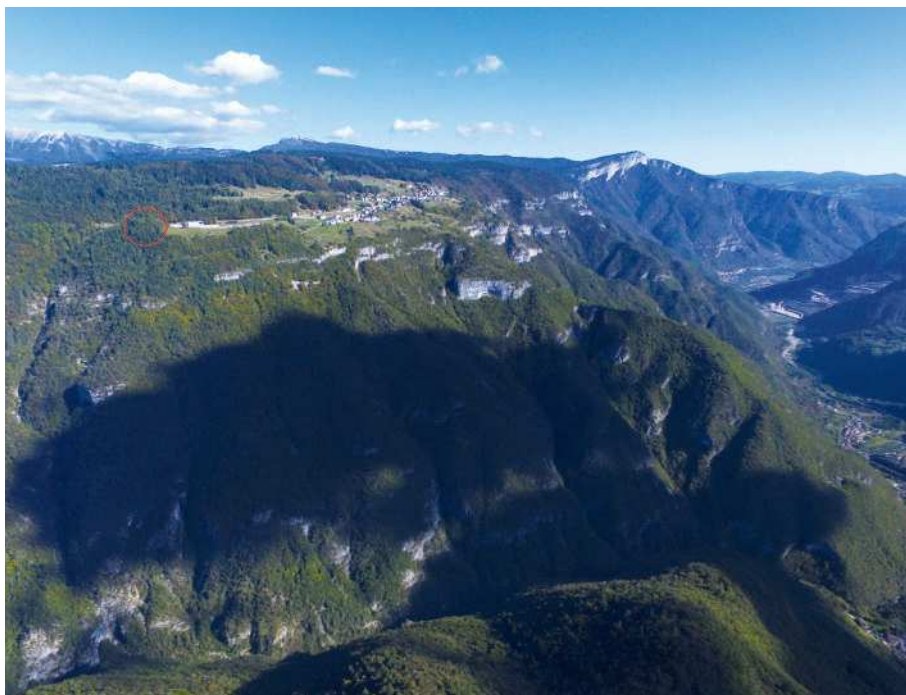


Fig. 2. Panoramica da drone. Si possono vedere, a monte del sito (cerchiato in rosso) le retrostanti dorsali del M. Verena e del M. Portule, nel territorio dell'Altopiano di Asiago; sulla destra invece è ben visibile il taglio della Valle dell'Astico.

Fig. 2. Panoramic view from a drone. Behind the site (red circle) the ridge with M. Verena and M. Portule (Asiago Plateau); to the right of the picture the Astico Valley.

alla metallurgia protostorica, finalizzate alla produzione di metalli cuprici (Fig. 4). Ulteriori evidenze si riferiscono a lavorazioni agricole di età storica e a interventi di natura militare relativi alla Prima Guerra Mondiale. Le ricerche, condotte in estensione, hanno permesso di riconoscere l'effettiva entità areale e stratigrafica del sito, identificando alcune strutture interpretabili con buona probabilità come apparati fusori della tarda età del Bronzo, con i relativi livelli di frequentazione, strutture accessorie e ampie zone di accumulo degli scarti di lavorazione (scorie grossolane e scorie piatte).

Inquadramento geologico, geomorfologico e minerario

Il territorio di Luserna si trova in un piccolo altopiano collocato all'interno di un'estesa area prealpina che, assieme ai consimili altopiani di Asiago, Vezzena, Lavarone e Folgaria, è geologicamente parte integrante di una piattaforma carbonatica solcata dalle linee strutturali ed erosive della Valle dell'Astico e della Valsugana. L'ossatura principale di questa elevazione montuosa è composta da rocce giurassiche e triassiche, con diffusa prevalenza delle formazioni relative al Giurassico, particolarmente rappresentato dai Calcari grigi di Noriglio. *“L'area in esame, come anche il vicino altopiano di Asiago, compone un grande corpo geologico compreso, da un punto di vista paleogeografico, in una macroarea definita «ruga di Trento o atesina», con caratteri di piattaforma carbonatica a sedimentazione neritica e rapida subsidenza, nel corso del Lias; con caratteri di soglia a subsidenza scarsa a sedimentazione, dapprima neritica poi pelagica, condensata e lacunosa, nel corso del Dogger -*

Malm” (STURANI 1973). La piattaforma, perimetrata da grandi linee tettoniche (solco lombardo a ovest e solco di Belluno a est), è diffusamente interessata da uno sviluppato sistema carsico (Fig. 5).

La morfologia di Platz von Motze è condizionata dalla presenza di una frattura strutturale (ben visibile a nord del sito), orientata N – S, la quale interrompendo la naturale giacitura del substrato roccioso ha creato la depressione che, intaccata dagli agenti erosivi, ha dato origine alla conca su descritta. Il versante a est raggiunge quote superiori ai 1400 m ed è costituito da formazioni rocciose del Triassico Superiore (Retico) (Fig. 6). In particolare affiorano calcari mal stratificati che passano da *facies* con grandi quantità di fango (*mudstones – wackestones*) a *facies* ricche di bioclasti (DAL PIAZ 1988). È presente nei livelli squisitamente carbonatici un forte carsismo, mentre il contatto tra i banchi calcarei e i letti fangosi è responsabile della formazione di sorgenti d'acqua, una delle quali si nota poco a monte del sito, lungo la provinciale che conduce al paese. L'avvallamento presenta tutte le caratteristiche della trappola stratigrafica, in quanto conserva, al di sopra della roccia in posto, un apprezzabile spessore di deposito morenico, altrimenti eroso lungo i versanti. Immersi nel detrito glaciale si riconoscono elementi lapidei alloctoni rappresentati da vulcaniti porfiriche e rari scisti cristallini. Il carattere argilloso dell'alterazione dei corpi geologici affioranti e la presenza di acqua hanno provocato episodi di colate fangose e detritiche (*mudflow* e *debrisflow*), testimoniate dalla presenza di deposito a matrice fine che colma tasche e depressioni erosive. La conseguente pedogenesi di questi episodi deposizionali ha dato origine a dei suoli sui quali si imposta la frequentazione antropica. Data l'entità del deposito archeologico, è spunto



Fig. 3. Luserna, Platz Von Motze durante le indagini condotte da Ernst Preuschen nel settembre 1963 (sinistra, da PREUSCHEN 1965, figg. 4-5, p. 11) e nell'ottobre 2016 all'apertura dell'ultima campagna di scavo.

Fig. 3. Luserna, Platz Von Motze during the excavation by Ernst Preuschen in September 1963 (left, from PREUSCHEN 1965, figg. 4-5, p. 11) and in October 2016 at the beginning of the last excavation campaign.

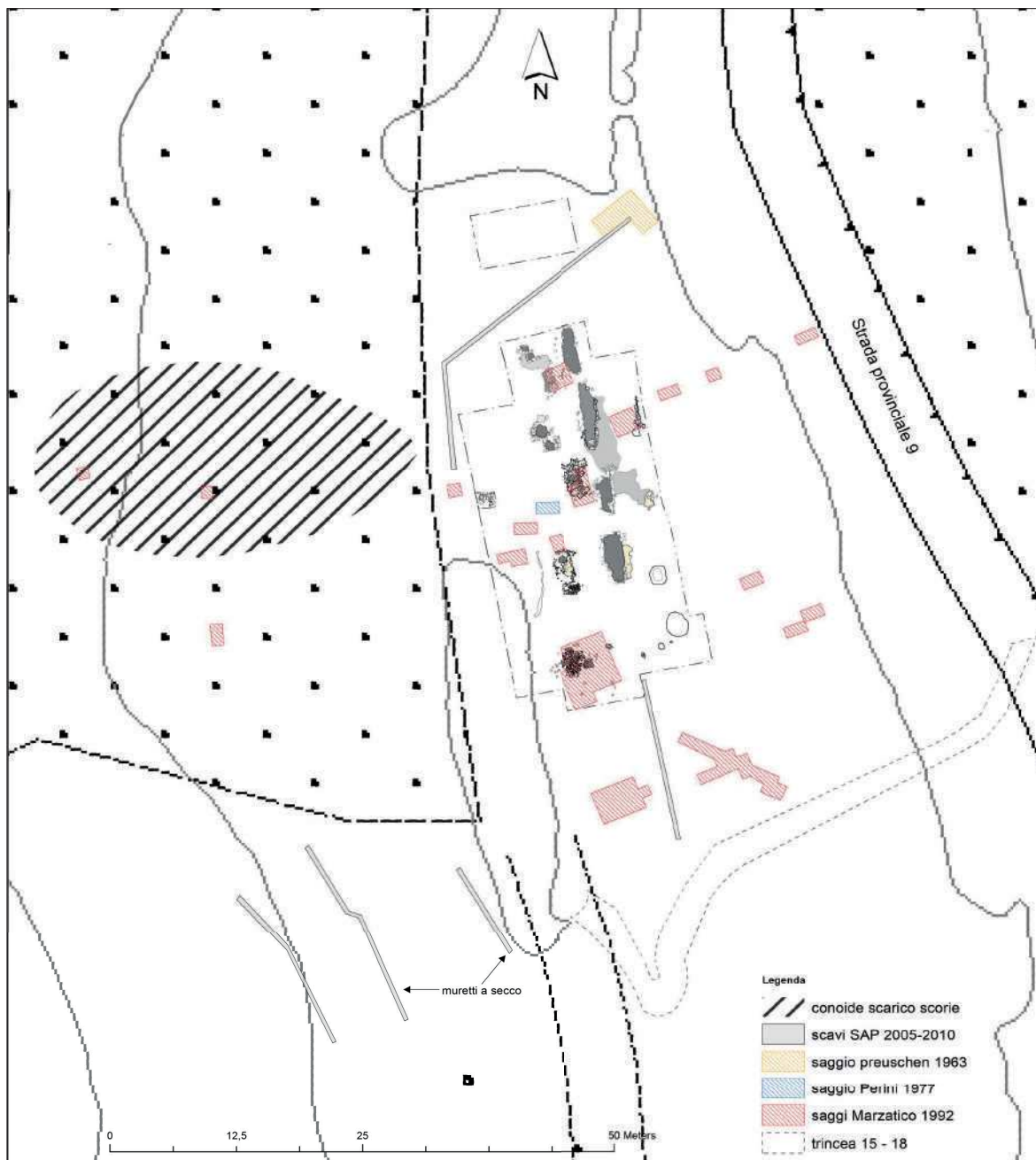


Fig. 4. Planimetria generale con i vari interventi di scavo.

Fig. 4. General plan with the excavation areas (coloured areas), WW1 trench (dashed line), slag heap (diagonal black lines).

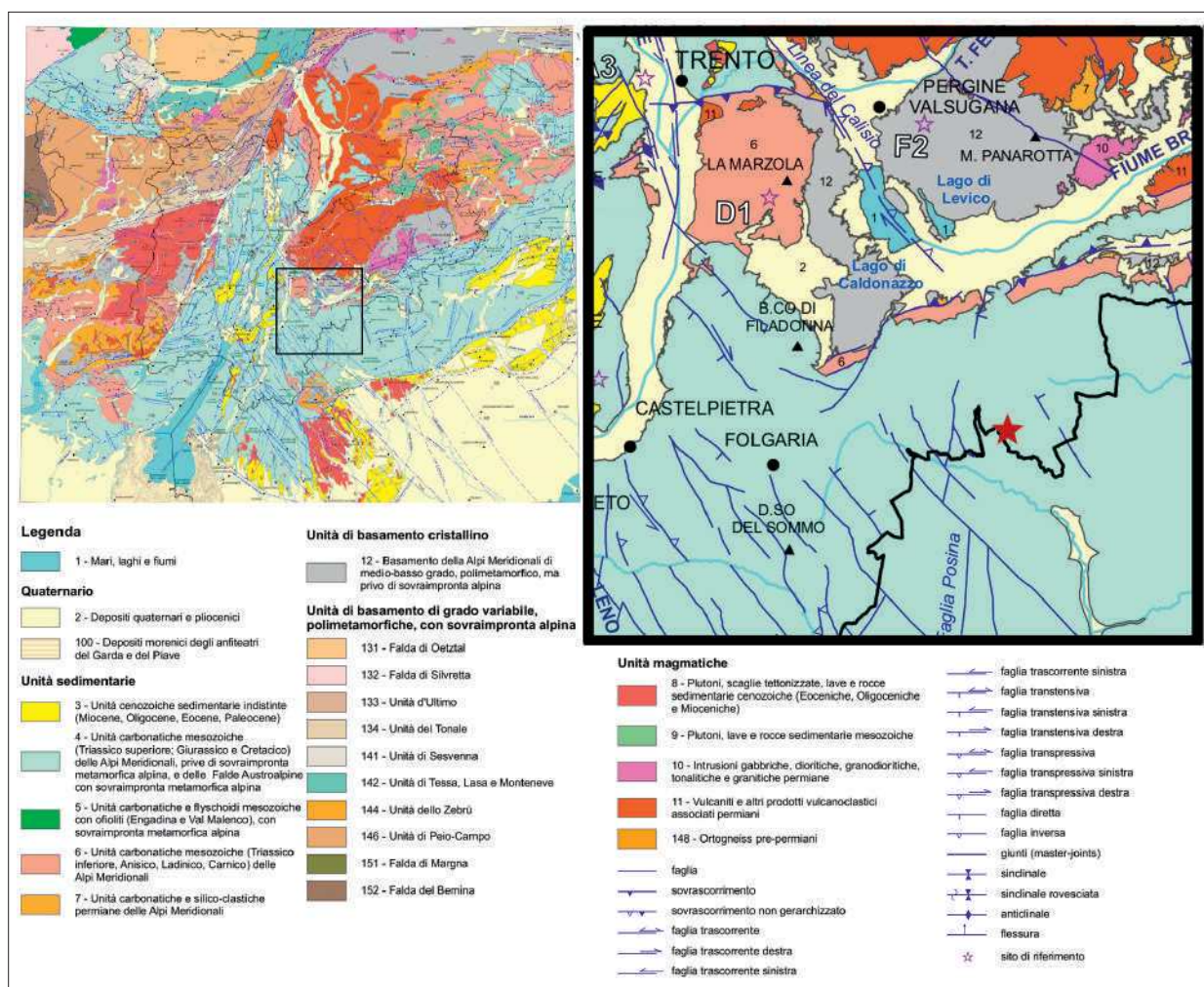


Fig. 5. Estratto della carta geologica con evidenziata la posizione del sito (stella rossa), dove è ben apprezzabile il dominio carbonatico del substrato roccioso, caratterizzato dalla colorazione celeste.

Fig. 5. Geological map with the position of the site (red star). It is evident that the carbonatic bedrock (in light blue) is predominant in the area.

di interessante riflessione l'attuale assenza di dati o informazioni relative a giacimenti minerali nelle strette vicinanze del sito. Sono noti invece gli affioramenti cristallini della non lontana Valsugana ma, ferma restando la provenienza alloctona del minerale, rimangono elemento di discussione le modalità di trasporto del medesimo dalla valle alle officine in una quantità tale, come testimonia la mole enorme di scarti di lavorazione, da aver sicuramente attivato una intensa catena produttiva⁴.

Modalità della ricerca

Nell'autunno del 2005 l'allora Soprintendenza per i Beni archeologici della Provincia autonoma di Trento ha dato inizio a un'attività di ricerca scien-

tifica che si è articolata su più campagne stagionali (Fig. 7).

L'obiettivo era quello di indagare archeologicamente una porzione di deposito posto sul limite del perimetro lottizzato dal Comune di Luserna, al fine di verificare la fattibilità del progetto edilizio dell'area artigianale. Le ricerche hanno interessato quasi integralmente i quadrati più meridionali del settore centrale, raggiungendo, dove necessario, il substrato naturale.

L'attività di indagine stratigrafica è stata accompagnata da un sistematico campionamento effettuato sulle estese e spesse concentrazioni di scorie piatte, per indagini di caratterizzazione composizionale e tessiturale condotte dall'Università di Padova (Addis *et alii* 2016) al fine di ottenere il maggior numero possibile di informazioni sulla catena produttiva (Fig. 8).

⁴ "Rimaneva pertanto valida soltanto l'ipotesi che si trattasse di installazioni preistoriche esclusivamente destinate al trattamento dei minerali. I minerali metalliferi devono essere stati portati lì a fondere da altri terreni minerali, probabilmente quelli dei vicini monti della Valsugana, per sfruttare da un lato la disponibilità di legname offerta dal patrimonio boschivo di Lavarone e risparmiare, dall'altro, sui luoghi delle miniere, il legname necessario al lavoro di estrazione che era praticato mediante l'arroventamento della roccia (metodo detto "Feuersetzen"). Comportamenti del tutto analoghi si ritrovano anche nei centri minerali sfruttati in età preistorica localizzati nelle Alpi Orientali al di là dello spartiacque" (PREUSCHEN 1965, p. 9).



Fig. 6. La fitta e tormentata stratificazione dei calcari triassici lungo la provinciale per Luserna nei pressi del sito.

Fig. 6. The thick stratification of triassic calcars along the provincial street to Luserna, close to the site.

Le campagne di ricerca sono state caratterizzate dall'esigenza di una comprensione dell'organizzazione spaziale e degli aspetti funzionali e produttivi del sito fusorio, bilanciate però con la possibilità di conservare *in situ* alcune tra le evidenze più significative; a tale scopo è stata applicata una strategia basata su approfondimenti stratigrafici poco invasivi e mirati a valutare l'entità conservata dei livelli e delle strutture archeologiche, unitamente, se possibile, all'interpretazione del loro potenziale utilizzo.

Su tutta l'area di indagine è stato adottato un sistema di rilievo orto-fotografico e, quando necessario, fotogrammetrico di dettaglio, adattabile alla elaborazione tridimensionale della superficie topografica, proponendo in questo modo la possibilità di visualizzare a tavolino la situazione morfologica del sito, in virtù anche di una potenziale valorizzazione virtuale delle evidenze indagate (Fig. 9).

Nel corso delle campagne archeologiche sono stati inoltre prelevati campioni finalizzati ad indagini radiometriche e paleobotaniche. Essi, prelevati con criterio micromorfologico, sono potenzialmente rappresentativi del contatto stratigrafico tra le unità antropogeniche e il deposito naturale, nonché della stratificazione di riempimento delle strutture funzionali o accessorie del processo produttivo (Fig. 10).

Particolare attenzione ha richiesto il prelevamento e la preparazione dei campioni relativi alle grandi concentrazioni di scorie piatte (UUS 65, 110 e 111). Le operazioni hanno previsto di effettuare prelevamenti puntuali su tutta l'area interessata, mediante piccoli saggi aventi lato minimo di 0.30 m, nei quali è stata integralmente raccolta l'unità, comprensiva dell'eventuale matrice. Dalla dimen-

sione del saggio si è ricavato il volume, al quale si aggiungeranno, dopo setacciatura, i dati sul peso e sul numero totale delle scorie presenti, escludendo dal conteggio, ma non dalla pesata, le scorie con dimensioni inferiori al mezzo centimetro. In questa prima ed empirica elaborazione di campagna, sono stati contati 86.136 pezzi, per un peso complessivo di 674 kg (Fig. 11).

Per i manufatti, quasi esclusivamente di impasto ceramico (Fig. 12), è stato applicato un rilevamento puntuale, ossia sono stati registrati quota e coordinate di ogni singolo reperto, evidenziando nel contempo i raggruppamenti areali. Dall'analisi di questi dati si ricava che la maggior parte dei manufatti non disturbati da rimaneggiamenti moderni delle superfici si trova abbastanza concentrata nei pressi delle principali strutture, all'interno di depositi relativi all'intensa attività produttiva (Fig. 13).

La stessa metodologia è stata applicata ai rinvenimenti faunistici, non discussi in questa sede, la maggior parte dei quali è in buono stato di conservazione. Tali reperti mostrano probabili tracce di macellazione e, quasi sempre, un'anomala pigmentazione di colore verde assorbita in seguito al probabile contatto subito all'interno del deposito fortemente inquinato da ossidi di rame. Unica eccezione è un segmento di osso lungo, rinvenuto in giacitura verticale nell'US 156 (deposito con evidenti tracce di focature) all'interno della struttura 50 (probabile letto di arrostitimento in quadrato C 11), dove la superficie osteologica non presenta tracce di colorazione anomala. Nella pulizia della superficiale US 65 e della sottostante unità carboniosa US 73 sono stati rinvenuti alcuni manufatti derivanti dalla lavorazione di roccia silicea, mentre nell'unità 72 (interno della probabile struttura

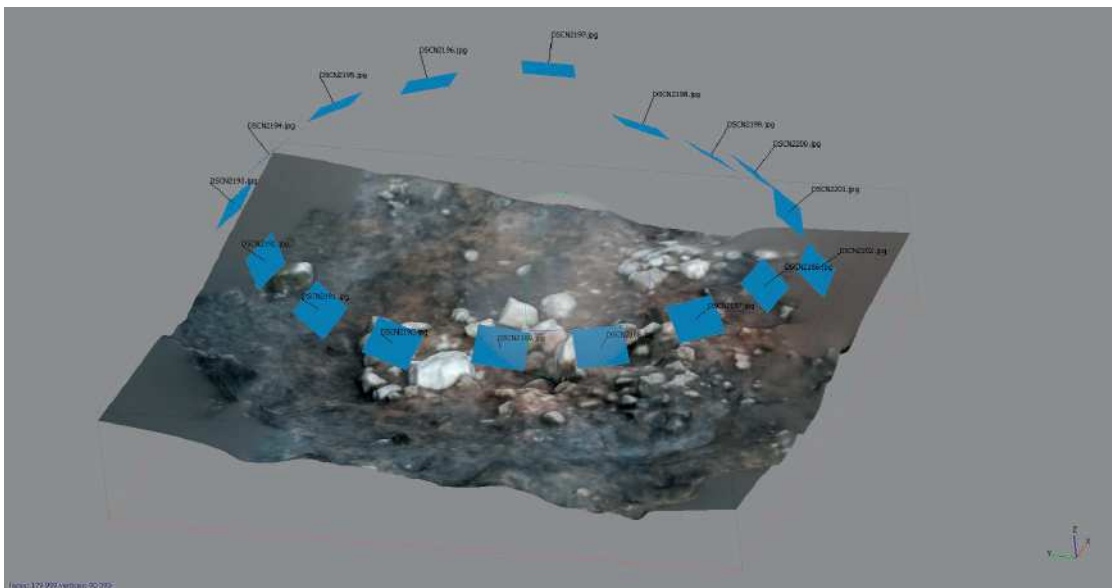
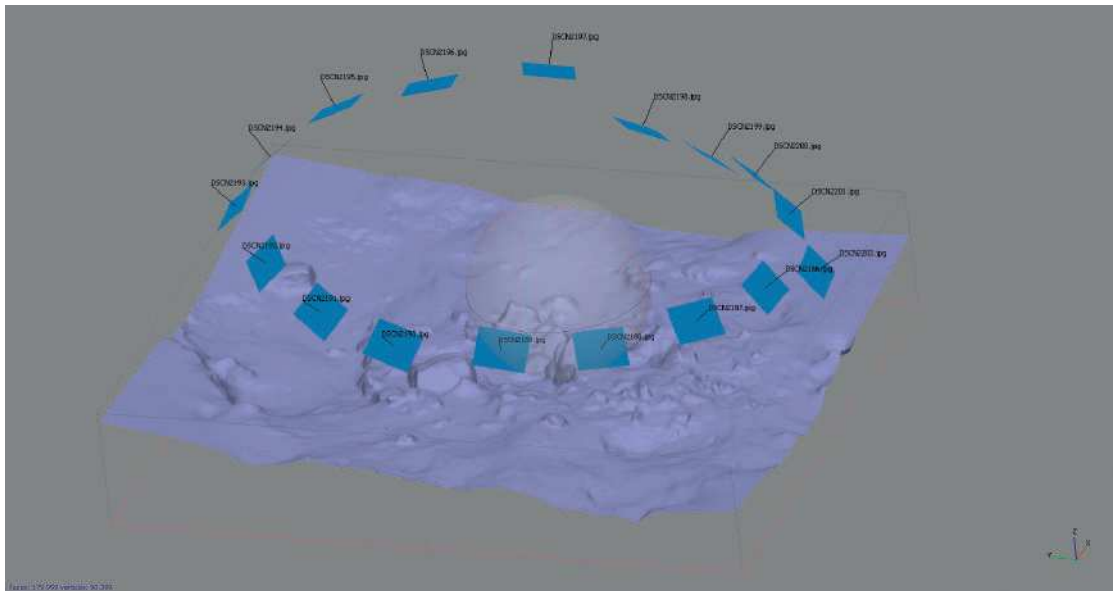
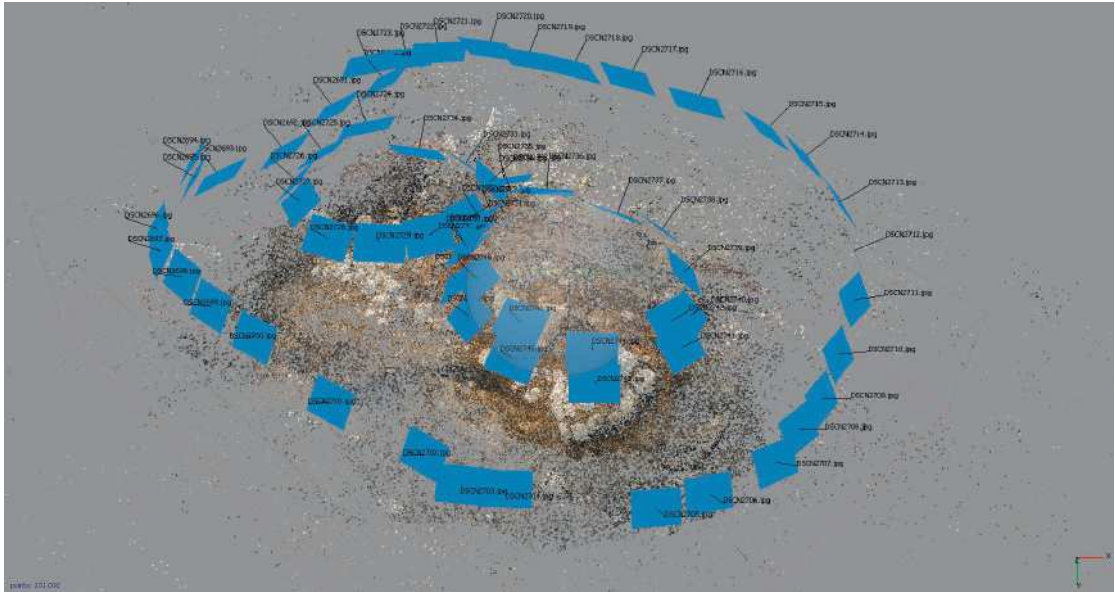
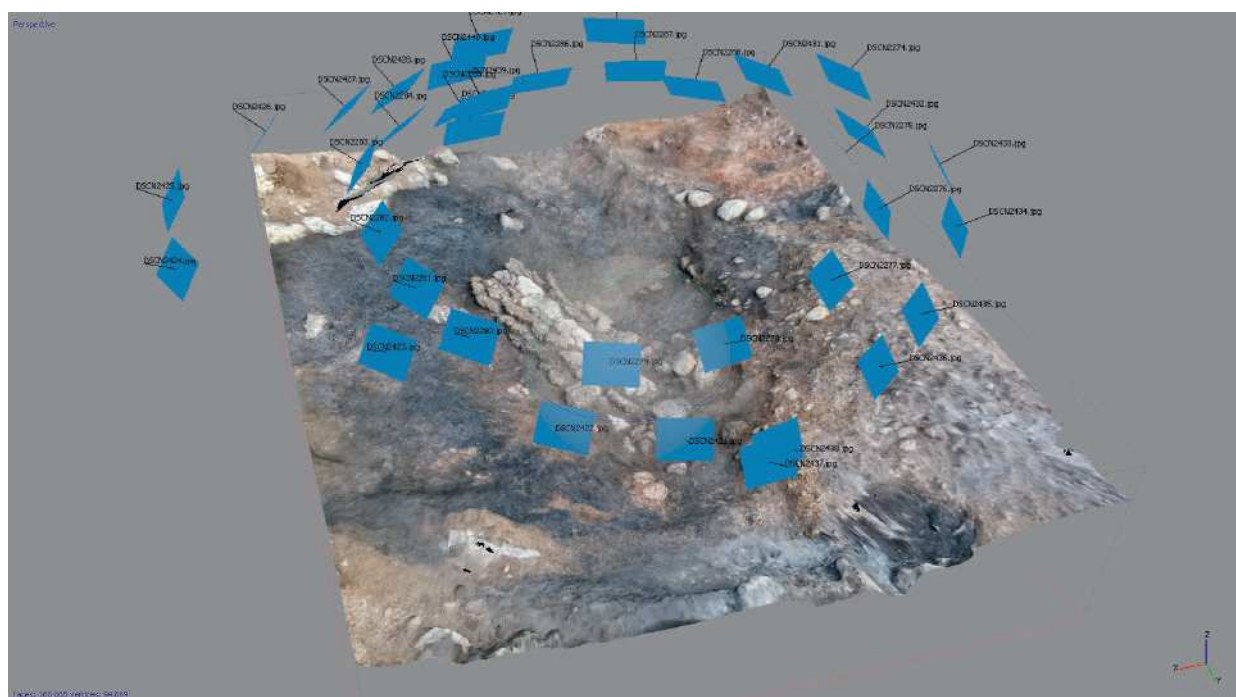


Fig. 9 a,b,c,d,e. Elaborazione tridimensionale delle strutture (USS 48-77-150) individuate e documentate all'interno del sito.

Fig. 9 a,b,c,d,e. 3D reconstruction of the structures unearthed and documented at the site (SSUU 48-77-150).



fusoria US 74) è stato rinvenuto un probabile macinello in roccia porfirica⁵.

Nel corso dell'indagine, sono continuati gli sporadici rinvenimenti di materiali di età più recente, presenti nello strato umifero di superficie: qualche chiodo in

ferro a sezione quadrata associato a frammenti di ceramica basso medievale o moderna; numerosi reperti relativi alla presenza di truppe appartenenti all'Imperial Regio esercito di Austria-Ungheria durante la Prima Guerra Mondiale (Fig. 14).

⁵ Anche se non provenienti da contesto stratigrafico, sono numerosi i frammenti in roccia porfirica riportanti evidenti tracce di lavorazione. Dal settore C, inoltre, proviene una macina in porfido con profilo a sella, rinvenuta anch'essa fuori contesto nel corso della campagna 2005 e attualmente conservata presso il Centro di documentazione del Comune di Luserna.



Fig. 10. Prelevamento di campione stratigrafico, finalizzato allo studio micromorfologico del deposito.

Fig. 10. Stratigraphic sample for the micromorphological study of the deposit.



Fig. 11. L'omogeneo deposito di scorie piatte visibile all'interno di uno dei piccoli saggi effettuati sulle porzioni più abbondanti delle USS 110 e 111.

Fig. 11. The relatively homogeneous plate slag layers during sampling SSUU 110 and 111 in their thicker part.



Fig. 12. Frammenti di manufatti ceramici rinvenuti nel corso dello scavo a Platz von Motze; tra essi sono presenti alcuni frammenti di orlo a tesa, attribuibili alla *facies* Luco/Laugen A.

Fig. 12. Pottery fragments found during the excavation at Platz von Motze; in between them some rims dating to the Luco/Laugen A phase.

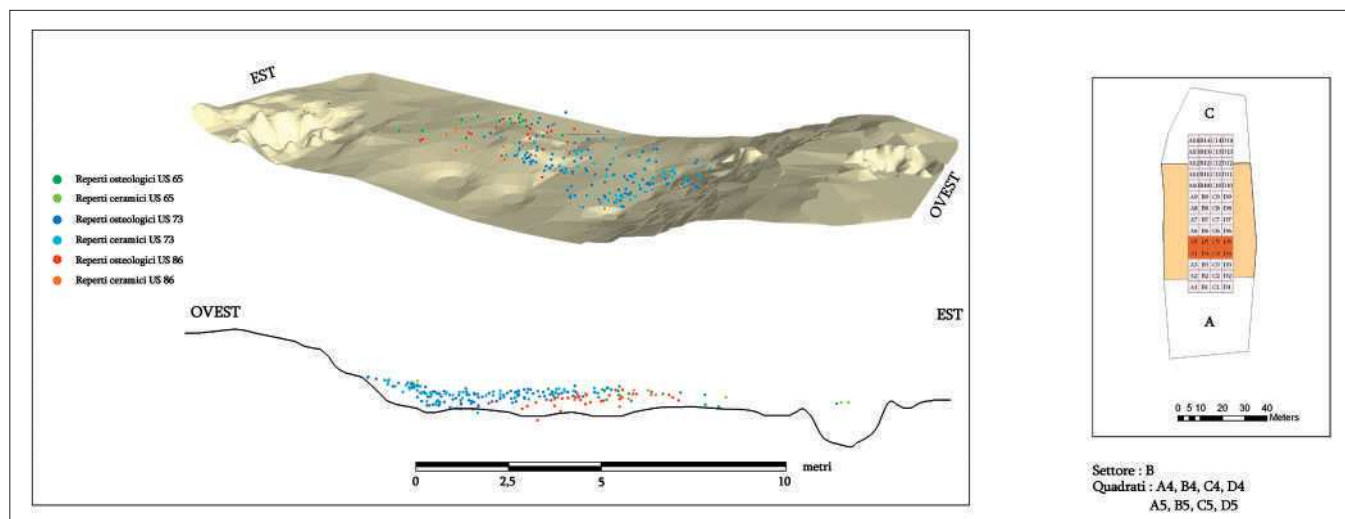


Fig. 13. Visualizzazione tridimensionale della distribuzione spaziale dei reperti ceramici e ossei rinvenuti all'interno del deposito indagato.

Fig. 13. 3D layout of the spatial distribution of pottery and animal bones in the deposit.

Fig. 14. Oggetti personali appartenuti a militari austro-ungarici di presidio allo Stützpunkt 33 (caposaldo 33) di Platz von Motze durante la I Guerra Mondiale.

Fig. 14. Personal objects of Austro-Hungarian soldiers at the garrison 33 at Platz von Motze during World War I.



Analisi del deposito archeologico (Figg. 15-16, Tabb. I e II)

Il sito è stato inizialmente suddiviso da sud verso nord in tre settori: A,B,C (Fig. 15). Sono state eseguite tre trincee esplorative, una per settore, allo scopo di valutare l'entità del deposito archeologico e, dove possibile, le caratteristiche geomorfologiche del substrato naturale.

Settore A

Nel settore A la sequenza stratigrafica è rappresentata da un deposito morenico (US 15) a supporto di matrice; include localmente clasti aventi dimensioni tra 0,60 e 0,05 m. La litologia, almeno in superficie, è costituita quasi esclusivamente da calcari tipo *mudstones*, da una percentuale minima di calcari marnosi alterati di colore grigio cemento e sporadiche vulcaniti porfiriche. La matrice del deposito è

costituita da limo argilloso di colore 10 YR 4\1 *dark grey* e ghiaia fine e grossolana, con clasti spigolosi o poco arrotondati. Sono visibili piccole lenticelle costituite da argilla (alterazione in posto di argilliti o marne calcaree).

L'unità 15 risulta coperta da lenti residuali di limo argilloso massivo (US 13), di buona\ottima consistenza e di colore 7,5 YR 4\6 *strong brown*, contenente rari clasti carbonatici argillificati. Questo deposito, a diretto contatto con il materasso morenico, sembra l'accumulo naturale di colate fangose intrappolate all'interno di depressioni presenti sulla sottostante superficie, quindi preservate da erosioni e sviluppi pedogenetici. La frequentazione nel corso delle fasi avanzate dell'età del Bronzo arriva, in più punti, a contatto di questa unità, probabilmente sfruttandone le caratteristiche di impermeabilità e plasticità nell'edificazione delle strutture⁶. Al tetto di US 15 si sviluppa un suolo bruno (US 10), più

⁶ La sua presenza, diagnosticata in punti diversi, impone delle uguaglianze con UUSS 67c e 75. La campionatura effettuata per un'eventuale analisi micromorfologica potrà ulteriormente chiarire genesi e costituenti di questa unità.

organico, che a sua volta viene sfruttato dall'evoluzione di un suolo agrario-forestale, sopra il quale troviamo lo strato umifero attuale (US 1).

In questo settore le uniche evidenze di interesse archeologico sono rappresentate, in superficie, dai resti di una trincea di camminamento, relativa alle opere di difesa terrestre edificate dall'esercito austroungarico alla vigilia del primo conflitto mondiale.

Settore B

Nel settore B si conservano le maggiori evidenze archeologiche, ma non sono esaustivamente chiare le dinamiche deposizionali delle unità che compongono il deposito, in quanto il settore è stato solo parzialmente indagato⁷. L'assetto del substrato naturale è identico alla sequenza descritta nel settore A, decisamente diversa è invece la situazione della stratigrafia antropica che qui presenta invece notevole complessità.

Dall'alto la serie è caratterizzata da unità a matrice fine (UUSS 65, 92, 73, 93, 94, 86, 87), costituite principalmente da residui carboniosi e lenti di terreno rubefatto, concentrazioni di scorie grossolane (US 85) e, all'estremità orientale del profilo, da una grande buca (avente 1,60 m di profondità e ca. 2,00 m di diametro) riempita da prodotti di combustione (UUSS 91, 90, 89, 88); molto simile alla vicina (Fig. 15) US 100, anch'essa colma di residui carboniosi, il cui assetto è però sconvolto dalla presenza di una grossa bioturbazione (US 102).

L'insieme di questi eventi sembra verosimilmente corrispondere alla fase più recente di un'intensa attività artigianale, in grado di produrre una grande quantità di scarti di lavorazione fittamente stratificati.

Subito a sud della sezione 1, nell'area dei quadrati A-B-C-D 5, a contatto con il substrato naturale sono state individuate delle unità negative (UUSS 97, 98, 103, 104, 105, 106, 107, 108). Si tratta di una sequenza apparentemente allineata est - ovest di buche che raggiungono diverse profondità, da 1,00 m a 0,40 m, con diametri variabili (massimo 0,60 m), e riempimenti simili, omogeneamente correlabili alle unità soprastanti. La difficoltà a distinguere i riempimenti dei tagli delle unità negative dagli strati che li sigillano e l'assenza di elementi datanti, rendono a tutt'oggi dubbia l'interpretazione di queste evidenze, nonché la loro collocazione cronologica.

Su quasi tutta l'area indagata del settore B, lo scavo di US 65 e la parziale asportazione delle UUSS 110 e 111 (grande concentrazione di scorie piatte nei quadrati A 8-A 9 e B 8-B 9; Fig. 17) ha permesso di mettere in luce limiti e geometrie della sottostante sequenza stratigrafica comprensivi dei resti, a volte affioranti, di potenziali strutture come nel caso dell'US 118, che identifica una anomala concentra-

zione, apparentemente disposta ad L, di prevalenti blocchi calcarei, misti ad un blocco in porfido e alcune grosse scorie grossolane; la struttura, alloggiata in un taglio, nel visibile misura 1,70 x 1,30 m per poi scomparire oltre il limite di scavo.

Tali grosse anomalie strutturali e cromatiche, che verranno interpretate come il sistema principale degli apparati fusori e dei letti di arrostitimento, sono caratterizzate da matrice fortemente arrossata associata a concentrazioni di residui carboniosi e pietrame eterogeneo spesso con tracce di termoclasti (calcarei in prevalenza e porfidi in misura minore), interpretati come ciò che rimane dell'abbandono o del disfacimento di probabili apparati fusori. A est di queste prime evidenze e al piede del pendio, dove il terreno si fa pianeggiante, si notano altre concentrazioni lapidee apparentemente ordinate in geometrie sub rettangolari, contenenti terreno rubefatto e abbondanti residui carboniosi; la simmetria, unitamente alle dimensioni e agli elementi costitutivi comuni, suggeriscono l'ipotesi che possa trattarsi di una strutturazione organizzata di apparati artigianali vicini e allineati tra loro (hanno tutti lo stesso orientamento) e con la medesima funzione (probabili letti di arrostitimento).

Infine, la parte bassa del deposito è caratterizzata da un accumulo di pietrame (US 95), probabile deperimento di una struttura a secco, forse provocato da un debole smottamento del versante (US 109). Queste unità sigillano una breve sequenza (UUSS 96, 101, 99) di episodi simili a quelli incontrati al tetto della stratificazione, ma probabilmente appartenenti ad una fase leggermente più antica.

Come si è detto, le testimonianze archeologiche più significative si concentrano a ridosso del modesto crinale posto ad ovest del settore e sono rappresentate dai resti di almeno tre o quattro principali apparati fusori (UUSS 74, 76, 77, 140), affiancati con direzione N - S a distanze tra loro variabili. In vicina associazione (più in basso e verso est) si trovano altre strutture di tipo pirotecnologico (letti di arrostitimento UUSS 170, 50, 134, 177), o con funzioni accessorie come nel caso di US 48. Le strutture si presentano spesso in fase con livelli di frequentazione, che restituiscono materiale osteologico e ceramico di età protostorica (UUSS 66, 73, 84, 136), nonché una distribuzione in esigue concentrazioni di resti derivanti dalla macinatura di scorie, maggiormente presente nelle unità (UUSS 182, 66, 135, 152, 174) poste quasi esclusivamente a ridosso delle strutture interpretate come letti di arrostitimento (UUSS 50, 170, 134, 177) e solo raramente a contatto con probabili strutture fusorie, come nel caso dell'unità 152.

Superfici e strutture, in questo settore, sono quasi esclusivamente sigillati da una coltre (US 65) a spessore variabile, costituita da una matrice fine carboniosa ricca di scorie (netta prevalenza di sco-

⁷ Per una visione complessiva delle evidenze si veda la planimetria generale in Fig. 15.

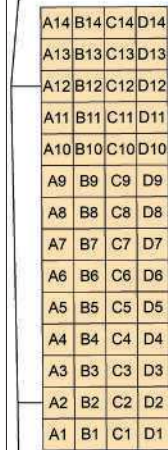


Fig. 15. General plan of area B. In light grey the stones, in light pink the slags, in grey the layers with charcoal, in orange and light orange the layers of burnt clay, in dark pink the layers with unclear limits, in white the isolated layers. To the left the division in areas.

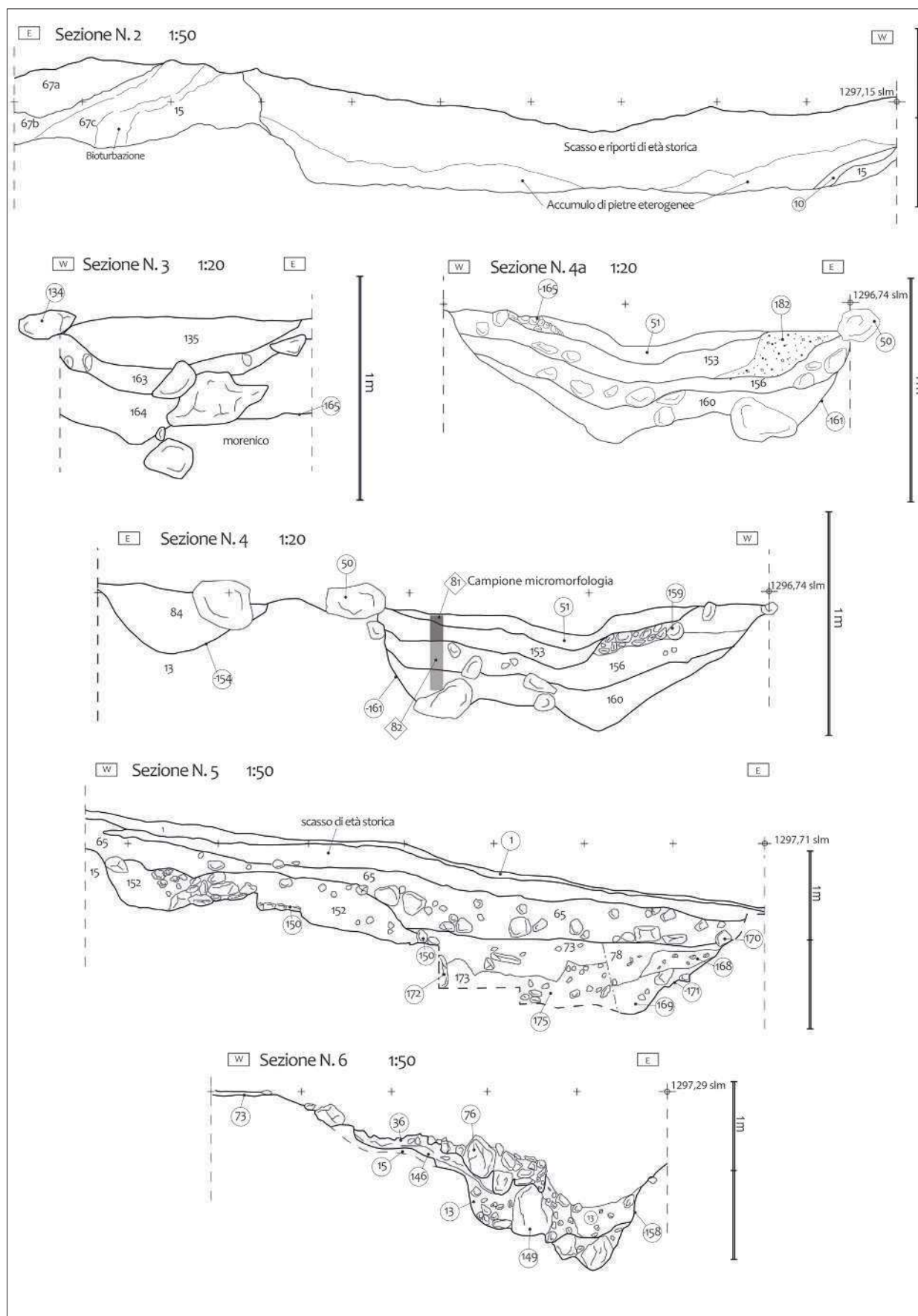


Fig. 16. Sezioni, numerate da 2 a 6 (cfr. Fig. 15), dei diversi profili documentati nel corso delle indagini. La sezione 1 non è stata riportata perchè non determinante per la comprensione del contesto.

Fig. 16. Profiles, from 2 to 6, visible in Fig. 15. The profile 1 has been omitted because it doesn't provide any essential information for the understanding of the context.

rie piatte), che tende a esaurirsi con il diminuire della pendenza da ovest verso est. L'unità 65 e altre evidenze sub affioranti, vengono immediatamente coperte dall'humus inerbato (US 1), tale contatto ravvicinato con la superficie ha prodotto su queste unità rasature, disturbi e rimaneggiamenti derivanti da lavorazioni recenti o sub attuali. Come premesso, i principali tipi di scorie presenti sul sito sono le scorie grossolane e le scorie piatte. Le prime sono di grandi dimensioni (superiori a 0,10 m) e caratterizzate da una forma sub-circolare, da un aspetto poroso e da un colore brunastro; esse contengono, a volte, tracce di residui carboniosi e ossidi di rame. Le scorie piatte, invece, sono placchette frammentarie (le dimensioni raggiungono raramente i 0,10 m) lisce di colore grigio antracite, contenenti al loro interno tracce di gocciolature e increspature e, meno frequentemente, ossidazioni cupriche e alterazioni cromatiche rosse. A tutt'oggi è stato rinvenuto solo un manufatto metallico (campionato) presumibilmente riferibile all'attività del sito. Si tratta di una piccola lastra di forma irregolare, interpretabile come sgocciolatura o residuo di colata, involontariamente dispersa (BELLINTANI *et alii* 2021, fig. 32).

Al limite sud del settore B, al piede del crinale che delimita il sito a occidente, è presente un breve muro di terrazzamento edificato con pietrame

a secco, in fase con un suolo organico, dal quale provengono materiali di età medievale. A chiusura della serie cronologica rimangono visibili, un po' ovunque, i resti di sostegni (in legno e in ferro) per il filo spinato che sbarrava il terreno pianeggiante a difesa del caposaldo (*Stützpunkt* 33) posto tra il versante della Valle dell'Astico e la strada provinciale per Luserna, negli anni del primo conflitto mondiale (Fig. 18).

Settore C

Il settore C presenta grossomodo le stesse caratteristiche stratigrafiche del settore B ma, purtroppo, molto poco conservate a causa di forti disturbi sia di origine naturale (bioturbazioni vegetali) sia di origine antropica (sistemazioni agrarie e opere belliche).

Le uniche evidenze antiche degne di nota sono residui di estese combustioni (depositi carboniosi, superfici rubefatte) e concentrazioni di grosse scorie, già visibili nella sezione della trincea esplorativa del 2005 (Fig. 16 sezione 2 UUSS 67a, 67b, 67c); queste unità sono verosimilmente interpolabili con simili evidenze presenti nel settore B, in particolare con la struttura US 48 e gli strati circostanti la struttura US 77.



Fig. 17. L'entità del deposito prevalente di scorie piatte delle UUSS 110 e 111, l'accumulo raggiunge spesso una potenza variabile tra 0,50 e 0,70 m, in grado a volte di occultare i reali dislivelli morfologici all'interno del sito.

Fig. 17. SSUU 110 and 111 are mostly consisting of plate slags. Their thickness is around 50 to 70 cm and they cover in some areas the real morphology of the site.

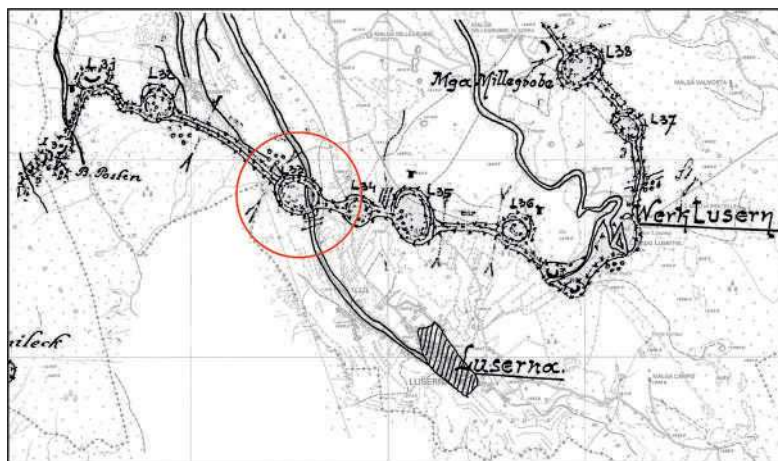


Fig. 18. Cerchiato in rosso lo sviluppo planimetrico del caposaldo (*Stützpunkt* 33) austro ungarico che sbarrava la strada a Nord dell'abitato di Luserna. Lo schizzo topografico (conservato presso l'Archivio di Stato di Trento) viene qui riproposto in sovrapposizione alla C.T.P. in scala 1:10.000.

Fig. 18. In the red circle the Austro-Hungarian garrison (*Stützpunkt* 33) controlling the access north of Luserna (topographic drawing on Carta Tecnica Provinciale scale 1:10.000, in the Archivio di Stato of Trento).

Tab. I. Luserna – Platz Von Motze: descrizione e interpretazione delle principali unità stratigrafiche.

Tab. I. Luserna – Platz Von Motze: description and interpretation of the main stratigraphic units.

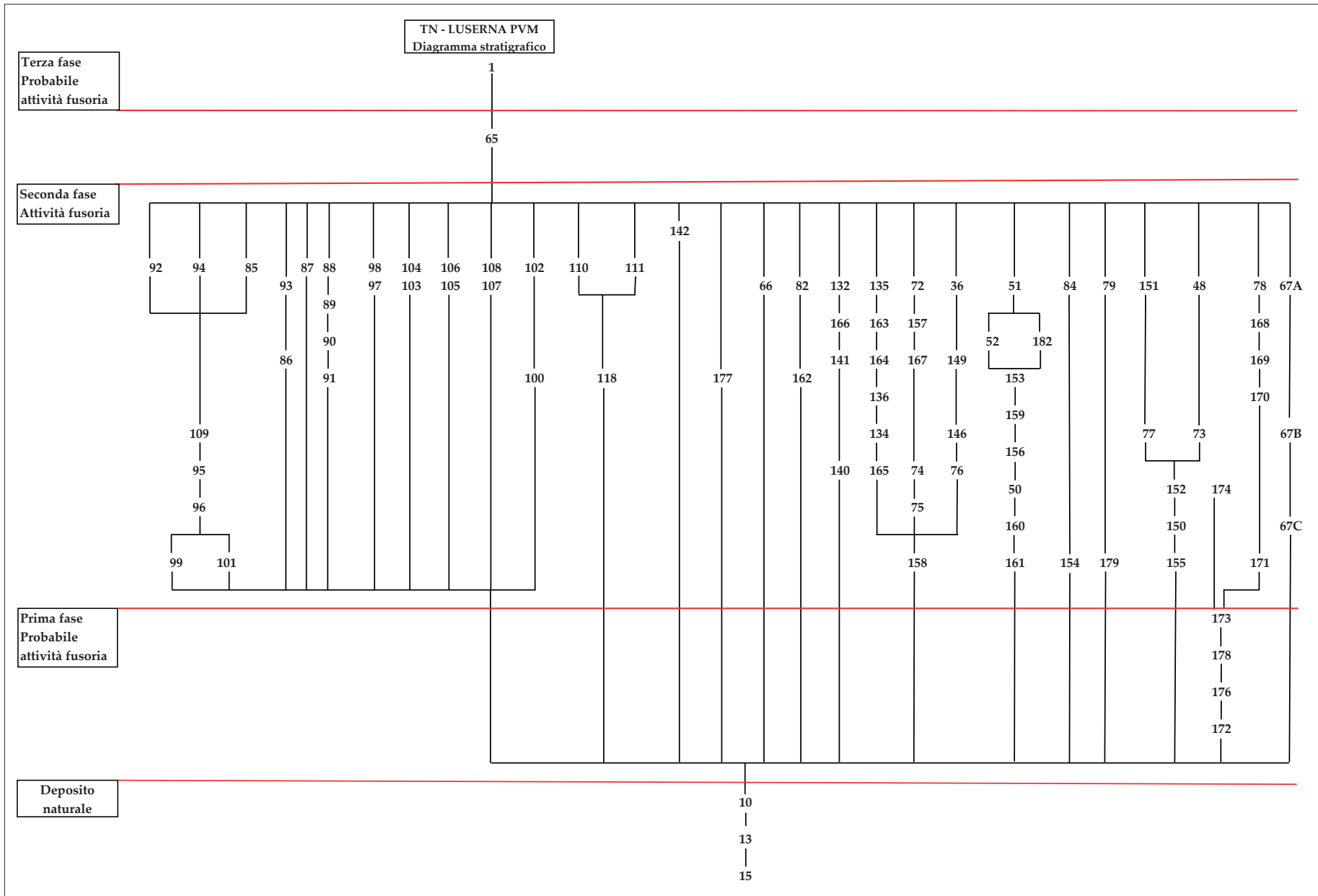
US	Descrizione	Interpretazione - osservazioni
1	Strato di humus boschivo (h. 10-20 cm); contiene numerose scorie di fusione; <i>very dark grayish brown</i> 10 YR 3/2)	suolo attuale
10	Cfr UUSS 57, 61	Suolo evoluto a spese del sottostante deposito US 13, il cui tetto sembra troncato da attività agricole.
13	Tasche di limo argilloso massivo, di buona\ottima consistenza e di colore 7,5 YR 4\6 <i>strong brown</i> . Contiene rari clasti carbonatici argillificati	Accumulo naturale di colate fangose intrappolate all'interno di depressioni presenti sulla sottostante superficie morenica.
15	Deposito, a supporto di matrice, e localmente di clasti.	Deposito morenico
36	Deposito costituito da un corpo principale contenente abbondanti frammenti di porfido, frammenti di scorie grossolane, e clasti carbonatici con forti tracce di alterazione corticale.	Residui di attività dell'apparato fusorio US 76
48	Singolare allettamento ordinato di scorie grossolane e blocchi calcarei.	Probabile struttura corrispondente ad un piccolo deposito di materiali selezionati.
50	Struttura costituita da due allineamenti paralleli di pietre carbonatiche orientati N – S, che si diramano da un grosso blocco.	Probabile letto di arrostitimento
51	Strato a supporto di piccole scorie piatte fortemente arrossate, 2,5 YR 4\8 <i>red</i> .	Scarico localizzato all'interno di US 50, non completamente indagato.
52	Anomalia subcircolare (diametro cm 50 circa), caratterizzata da una matrice totalmente carboniosa di colore 10 YR 2\1 <i>black</i> .	Scarico localizzato
65	Strato composto da una matrice limosa poco consistente, di colore bruno-nerastro (7.5 YR 3/2 <i>dark brown</i>) e scorie a placchetta	Scarichi derivanti dall'attività produttiva.
66	Superfici di terreno rubefatto, visibili in diversi punti del settore B.	Livelli d'uso, non completamente indagati
67a	Accumulo costituito da residui carboniosi (2,5 YR 2\1 <i>black</i>) contenenti grosse scorie bollose e alcuni grossi blocchi calcarei.	Cfr US 48
67b	Unità a supporto di matrice fine, costituita da residui carboniosi di colore 10 YR 2\1 <i>black</i> .	Prodotto residuale di grandi attività di combustione.
67c	Cfr US 13	Accumulo naturale di colate fangose intrappolate all'interno di depressioni presenti sulla sottostante superficie morenica.
72	Deposito costituito da una matrice prevalentemente limosa, con una colorazione rossastra – 5 YR 4/6 <i>yellowish red</i> .	Residui di attività dell'apparato fusorio US 76
73	Unità del tutto simile a 67b.	Esteso scarico di residui delle lavorazioni
74	Concentrazione di grossi blocchi calcarei disposti in modo verosimilmente ordinato.	Resti di apparato fusorio
75	Unità del tutto simile nelle caratteristiche ad US 67c, è stata individuata limitatamente all'esterno delle strutture 76 e 77.	Accumulo naturale di colate fangose intrappolate all'interno di depressioni presenti sulla sottostante superficie morenica.
76	Struttura dall'aspetto quadrangolare, costituita dall'utilizzo combinato di blocchi calcarei, porfirici e da grosse scorie grossolane.	Resti di apparato fusorio
77	Anomala concentrazione di grosse pietre e scorie grossolane, di forma subquadrangolare, presenta una fascia perimetrale formata quasi esclusivamente da grossi blocchi calcarei e alcuni blocchi di porfido.	Resti di apparato fusorio

78	Anomalia ellittica costituita da terreno termicamente alterato con uno spessore medio di 0,40 m.	Deposito derivante da lavorazioni interne alla struttura US 170.
79	Resti di struttura a secco orientata N-S.	Resti di un probabile muretto di contenimento edificato a secco.
82	Deposito superficiale a supporto di matrice limosa di colore bruno nero (7,5 YR 3/2 <i>dark brown</i>).	Riempimento di US 162
84	Unità caratterizzata da una matrice fine limo-sabbiosa fortemente organica e di colore nerastro – 10 YR 2/1 <i>black</i> .	Scarico localizzato presso l'US 50, indagato solo parzialmente.
85	Concentrazione di grosse scorie bollose, che poggia sulla testa di US 73 ed è coperta da US 65.	Scarico localizzato di risulta delle lavorazioni
86	Strato composto da sequenze di residui carboniosi intercalati da lenti di materiale eterogeneo.	Scarico localizzato
87	Lente di materiale rubefatto (2.5 YR 4/8 <i>red</i>) che colma una depressione.	Scarico localizzato
88	Deposito costituito da terreno a matrice organica, fortemente arricchita da residui carboniosi.	Riempimento sommitale di US 91
89	Lente rubefatta (2.5 YR 4/8 <i>red</i>).	Compresa nel riempimento di US 91
90	Deposito a matrice limo-argillosa di colore rossastro, contenente clasti carbonatici di piccole dimensioni, unitamente a grossi blocchi.	Riempimento inferiore di US 91
91	Taglio di una grande buca subcircolare 2.60 x 2.10 x 1.60 m di profondità.	Probabile fossa di scarico
92	Estesa lente di materiale a matrice fine fortemente rubefatto, contiene frammenti di rocce carbonatiche con tracce di alterazione, oltre a qualche sporadica scoria bollosa.	Scarico localizzato
93	Strato lentiforme grigio a matrice molto fine (cenere) contenente grumi di concotto, frammenti di roccia calcarea fortemente decarbonatata.	Scarico localizzato
94	Lente di materiale rubefatto (simile ad US 92) di colore 2.5 YR 5/8 <i>red</i> e di buona consistenza.	Scarico localizzato
95	Fitta concentrazione di clasti carbonatici. L'unità include sporadiche scorie bollose.	Potrebbe trattarsi dei resti di una struttura a secco edificata per sistemare il pendio e successivamente crollata (cfr US 109).
96	Concentrazione di scorie a placchetta (2.60 x 2.00 m). Le scorie non sembrano avere matrice propria.	L'unità ha l'aspetto di una piccola conoide di scarico
97	Taglio di forma circolare con pareti verticali e fondo leggermente concavo.	Buca per l'infissione di un palo.
98	Deposito a supporto di matrice (2.5 YR 3/2 <i>very dark grayish brown</i>).	Riempimento di US 97
99	Esteso deposito a supporto di matrice organica, ha restituito ossi di fauna.	Probabile suolo antropico in fase con le UUS 96 e 101. Attualmente non ancora esaustivamente indagato
100	Taglio di forma subcircolare cfr US 91	Probabile fossa di scarico
101	Concentrazione di scorie a placchetta (1.50 x 0.60 m), per la descrizione cfr US 96.	Le unità 96 e 101 sembrano testimoniare una prima fase di attività artigianali.
102	Deposito a supporto di matrice organica cfr US 88	Riempimento di US 100
103	Taglio di forma oblunga (dim. 0.60 x 0.30 x 0.75 m di profondità), con pareti subverticali digradanti verso il fondo piatto subcircolare.	Il taglio sembra intercettato se non addirittura scavato da un apparato radicale.
104	Cfr US 98	Riempimento di US 103

105	Taglio di forma subcircolare (dim. 0.65 x 0.65 x 0.40 m di profondità), con parete meridionale subverticale e parete settentrionale inclinata, digradante verso il fondo piano.	Buca per l'infissione di un palo.
106	Cfr US 98	Riempimento di US 105
107	Taglio di forma oblunga (dim. 0.80 x 0.30 x 0.60 m di profondità), con pareti subverticali, e il fondo caratterizzato da due differenti livelli.	Buca per l'infissione di un palo.
108	Cfr US 98	Riempimento di US 107
109	Strato dello spessore di circa 0.15 – 0.20 m, di colore bruno-giallastro (7.5 YR 4/4). Contenente ghiaia media e fine mista a ciottoli medi e piccoli.	Colamento detritico innescato da scorrimento idrico superficiale.
110	Concentrazione di scorie a placchetta molto frammentate.	Esteso scarico di residui delle lavorazioni
111	Concentrazione di scorie a placchetta in grandi frammenti.	Esteso scarico di residui delle lavorazioni
118	Concentrazione di grossi blocchi calcarei disposti in modo verosimilmente ordinato.	Resti di struttura di contenimento (?). Non indagata.
132	Deposito dall'aspetto maculato, la porzione sommitale presenta una dominante colorazione rossastra omogenea (5 YR 5/8 <i>yellow red</i>).	deposito derivante da lavorazioni interne alla struttura US 140.
134	Struttura composta prevalentemente da pietrame calcareo disposto su due filari paralleli con orientamento N-S.	Probabile letto di arrostitimento.
135	Strato a supporto di matrice limo – argillosa di colore rossastro (2,5 YR 5/8 <i>red</i>).	Deposito della serie che colma il taglio US 165.
136	Strato carbonioso a supporto di matrice limosa di colore bruno nero (7.5 YR 3/2 <i>dark brown</i>).	Scarico localizzato.
140	Struttura quadrangolare caratterizzata dalla presenza di due grossi blocchi contrapposti, uno calcareo ed uno porfirico, integrati da altro pietrame di minore pezzatura, prevalentemente di origine carbonatica, che ne completano il perimetro (1.20 x 1.40 m).	Resti di apparato fusorio.
141	Strato carbonioso a supporto di matrice limosa di colore bruno nero (7.5 YR 3/2 <i>dark brown</i>).	L'unità è presente come un coronamento esterno a contatto con US 140.
142	Concentrazione di pietrame	Accumulo eterogeneo di età contemporanea.
146	Strato a supporto di matrice limo argillosa massiva a struttura poliedrica subangolare di colore dominante 10 YR 3/4 <i>dark yellowish brown</i> .	Sembra deposto intenzionalmente sul fondo della zona funzionale dell'apparato US 76.
149	Concentrazione di scorie grossolane disposte verticalmente ed isorientate.	Probabile imbocco funzionale dell'apparato US 76.
150	Struttura costituita da blocchi di roccia calcarea e da due scorie grossolane.	Probabili reti di apparato fusorio.
151	Deposito costituito da una consistente matrice prevalentemente limosa, con evidenti tracce di alterazione termica che le conferiscono una colorazione bruno rossastra – 10 YR 3/3 <i>dark brown</i> .	Sembra colmare l'interno dell'unità 77.
152	Strato a supporto di matrice limo-argillosa di colore bruno rossastro (10 YR 3/3 <i>dark brown</i>).	Residui di lavorazione
153	Strato a supporto di matrice limo-argillosa di colore rossastro – 5 YR 4/6 <i>yellowish red</i> .	Probabile superficie di lavorazione all'interno di US 50.
154	Taglio con pareti diritte e fondo piano.	Asporto colmato da US 84.

155	Deposito a supporto di matrice limo argillosa massiva di colore dominante bruno rossiccio 5 YR 3/2 <i>dark reddish brown</i> .	Probabile superficie di lavorazione all'interno di US 150.
156	Strato a supporto di matrice limo-argillosa di colore rossastro – 2,5 YR 4/8 <i>red</i> .	Deposito localizzato all'interno di US 50.
157	Sottile livello (0,04 m) fortemente rubefatto - 5 YR 4/6 <i>yellowish red</i> - e con andamento planare.	Probabile superficie di lavorazione all'interno di US 74.
158	Depressione presente a valle (est) delle strutture 74 e 76.	Probabile avvallamento funzionale agli apparati fusori
159	Concentrazione di ciottoli carbonatici di piccole e medie dimensioni, disposti con andamento sub-circolare.	Deposito localizzato all'interno di US 50.
160	Strato a supporto di matrice limo-argillosa di colore brunastro – 7,5 YR 4/4 <i>brown</i> .	Strato apparentemente “spalmato” per coprire fondo e pareti del taglio US 161.
161	Taglio orientato N-S.	Asporto antropico di terreno naturale, atto a contenere la struttura US 50
162	Struttura in pietrame calcareo e scorie bollose.	Probabili resti di focolare (?).
163	Strato a supporto di matrice limo – argillosa di colore rossastro (5 YR 4/6 <i>yellowish red</i>).	Deposito della serie che colma il taglio US 165.
164	Strato a supporto di matrice argillo-limosa di colore bruno giallastro (10 YR 4/4 <i>dark yellowish brown</i>).	Deposito della serie che colma il taglio US 165.
165	Taglio relativo alla struttura US 134	Asporto antropico di terreno naturale, atto a contenere la struttura US 134
166	Strato a supporto di matrice limo argillosa massiva a struttura poliedrica subangolare di colore dominante 10 YR 3/4 <i>dark yellowish brown</i> .	Deposito sul fondo della zona funzionale dell'apparato US 140, simile ad US 13.
167	Esiguo deposito (0,05 m) a contatto con la superficie funzionale di US 74, molto carbonioso (colore 5 YR 2,5/1 <i>black</i>)	Residuo di lavorazione
168	Deposito a supporto di matrice limo sabbiosa di colore rossastro (5 YR 6/4 <i>light reddish brown</i>).	Deposito della serie che colma il taglio US 171.
169	Deposito a supporto di matrice limosa, anch'esso come i precedenti di colore rossastro (5 YR 4/4 <i>reddish brown</i>).	Deposito della serie che colma il taglio US 171.
170	Struttura sub rettangolare orientata nord - sud, costituita da pietrame calcareo eterogeneo.	Probabile letto di arrostitimento.
171	Taglio artificiale di forma sub rettangolare, orientato nord - sud.	Taglio funzionale alla struttura US 170
172	Allineamento di blocchi in calcare e di un blocco in porfido	Resti di struttura.
173	Deposito costituito da una matrice limosa (colore dominante: 5 YR 4/4 <i>reddish brown</i>).	Residuo del livello d'uso relativo alla struttura US 172.
174	Deposito costituito da una matrice limo argillosa di colore bruno (7,5 YR 4/4 <i>brown</i>) che include una cospicua quantità di frantumi derivanti dalla macinatura di scorie grossolane.	Prodotto di macinatura di scorie.
176	Deposito a supporto di matrice limo argillosa di colore nerastro (10 YR 2/1 <i>black</i>).	Scarico localizzato.
177	Struttura caratterizzata da una concentrazione di matrice mediamente consistente, arrossata (7,5 YR <i>strong brown</i>), di forma ellittica, orientata nord - sud (4,90 m N-S x 1,10 m E-W)	Probabile letto di arrostitimento.
178	Deposito a supporto di matrice limosa rubefatta (2,5 YR 4/8 <i>red</i>).	Scarico di lavorazione.
179	Deposito a matrice limosa di colore brunastro (2,5 YR 5/2 <i>greyish brown</i>) e scheletro costituito da abbondanti clasti e ciottoli calcarei.	Probabile drenaggio per la struttura in pietrame a secco US 79.
182	Deposito lentiforme con matrice carboniosa (colore 10 YR 2/1 <i>black</i>), principalmente costituita da uno scheletro di macinatura di scorie grossolane e piatte.	Prodotto di macinatura localizzato dentro US 50.

Tab. II. Luserna – Platz Von Motze: diagramma stratigrafico (matrix di Harris).
Tab. II. Luserna – Platz Von Motze: stratigraphic diagram (Harris' matrix).



Le strutture

Forni fusori

Forno US 140

L'insieme delle UUSS 140, 132, 166, 141 (Fig. 15; q. B7; Fig. 19) identifica una struttura sub quadrangolare costituita grossomodo da un filare di pietrame eterogeneo, anche di grandi dimensioni, posto al piede del debole versante che caratterizza verso ovest la morfologia del sito (US 140) e che perimetra al suo interno almeno due depositi sovrapposti a matrice fine, caratterizzati da una ben distinguibile colorazione rossastra: US 132 in superficie e US 166 al di sotto. La struttura 140 è altresì coronata dall'evidente deposito carbonioso US 141.

US 140: struttura quadrangolare caratterizzata dalla presenza di due grossi blocchi contrapposti, uno calcareo posto a nord (calcare di provenienza locale) ed uno porfirico posto a sud (esotico reperito localmente, residuo di trasporto glaciale), integrati da altro pietrame di minore pezzatura, prevalentemente di origine carbonatica, che ne completano il perimetro (1.20 x 1.40 m). Sul lato settentrionale si nota una disposizione lineare di circa sette pietre di media grandezza, le quali formano un lato più ribassato della struttura, nonché un angolo con un più sconnesso allineamento che si dirama verso est. Tale evidenza strutturale potrebbe identificare la pianta originaria effettiva dell'apparato, attribuendogli quindi un perimetro maggiore (1,50 x 1,30 m); oppure può rappresentare ciò che resta di una struttura precedente con medesime funzioni, smantellata in vista di una nuova costruzione con misure minori o semplicemente spostata più verso sud.

La presenza dei due blocchi maggiori distingue probabilmente l'effettiva zona funzionale dell'apparato (60 x 55 m); essa delimita infatti nettamente un'area contenente un deposito fortemente rubefatto (UUSS 132, 166). Gli

elementi in porfido mostrano, a differenza dei calcarei, tracce di una forte termoclasì; è probabile infatti che siano stati utilizzati come fodera refrattaria primaria all'interno della camera di combustione dell'apparato, strutturato verso l'esterno dal più comune pietrame calcareo.

US 132: deposito presente all'interno della struttura US 140, è costituito da un corpo principale contenente abbondanti frammenti di porfido termotrasformato, frammenti di scorie grossolane, in misura minore clasti carbonatici con forti tracce di alterazione corticale, comuni blocchi in porfido non alterato e diverse grosse scorie grossolane (dim. max 30 x 20 cm).

Il tutto è immerso in una matrice fine nella quale sono dispersi piccoli grumi di concotto rossastri (5 YR 5/8 *yellow red*) e giallastri (10 YR 5/6 *yellow brown*). L'insieme del deposito ha un aspetto maculato, a differenza della porzione sommitale che presenta invece una dominante colorazione rossastra omogenea (5 YR 5/8 *yellow red*). Copre l'unità 166.

US 166: strato a supporto di matrice limo argillosa massiva a struttura poliedrica subangolare di colore dominante 10 YR 3/4 *dark yellowish brown*. Sembra deposto sul fondo della zona funzionale dell'apparato US 140 e tra gli elementi costitutivi dello stesso.

Presenta forti similitudini con l'US 13 (matrice del deposito naturale) è probabile infatti che si tratti di porzioni della stessa unità asportati intenzionalmente per essere impiegati come legante. Ingloba anche diversi frammenti di vulcaniti porfiriche, probabilmente provenienti dalla strutturazione refrattaria interna dell'apparato fusorio.

US 141: strato carbonioso a supporto di matrice limosa di colore bruno nero (7.5 YR 3/2 *dark brown*). Dallo spessore non ancora valutato, è presente come un coronamento esterno a contatto a est e a nord con la struttura US 140.

Coppia di forni UUSS 74 – 76

L'insieme delle UUSS 36, 72, 74, 75, 76, 146, 149, 157, 158, 167 (Fig. 15, qq. B9, B10; Figg. 20a; 21) identifica probabilmente una coppia di forni fusori, ossia due complesse strutture affiancate (UUSS 76 e



Fig. 19. Il probabile apparato fusorio US 140, contenuto dagli elementi lapidei principali. È visibile una cospicua testimonianza di deposito termotrasformato (US 132).

Fig. 19. Probable smelting furnace SU 140, surrounded by stones. The layer of thermo-altered clay (SU 132) is also visible.



Fig. 20a. I resti del probabile apparato fusorio US 76 e relativi residui dei diversi depositi formati in seguito a ripetute attività combustive (UUS 36-146).

Fig. 20a. Remains of the probable smelting furnace SU 76 and of the deposits formed after several pyrotechnological activities (SSUU 36-146).

74) poste al piede del crinale occidentale del sito. Come nel caso dell'unità 140, esse sono costituite da pietrame misto: calcareo (dal substrato affiorante), porfirico (esotico da trasporto glaciale) e l'impiego funzionale anche di grosse scorie. I diversi depositi che ne colmano l'interno costituiscono una serie sovrapposta di strati fortemente rubefatti e carboniosi (UUS 36, 146, 72, 157, 167). La presenza dell'unità 149 (esiguo filare di scorie grossolane; Fig. 20b) che delimita in modo abbastanza evidente un accesso funzionale della struttura US 76, avvalorata l'ipotesi che la stessa abbia avuto almeno due diverse fasi di utilizzo.

US 76: la struttura dall'aspetto quadrangolare (2,35 x 2,50 m l'esterno; 1,20 x 1,30 m l'interno) è costituita dall'utilizzo combinato di blocchi calcarei, porfirici e da grosse scorie grossolane. L'uso del porfido e delle scorie sembra funzionale alla volontà di utilizzare un materiale maggiormente resistente al calore rispetto al calcare; questi elementi sono infatti disposti o sul fondo del piano di lavorazione o lungo l'interno delle pareti della struttura, a foderare i più voluminosi, ma più sensibili a fenomeni di termoclasti, elementi carbonatici. La struttura ha verosimilmente avuto più fasi di utilizzo: la prima riconoscibile nelle sistemazioni planari di porfidi e scorie (grossolane) mescolate ad un livello argilloso massivo e rubefatto (US



Fig. 20b. Concentrazione di scorie grossolane disposte verticalmente (US 149); delimita l'imbocco del forno US 76, allo scopo di creare un nuovo accesso funzionale.

Fig. 20b. Concentration of coarse slags put vertically in the soil (SU 149); it closes the access to furnace SU 76, to create a new mouth.

146) che funge da legante tra questi elementi. In questa fase l'accesso funzionale era probabilmente rivolto verso nord-est. La seconda fase è riconoscibile grazie alla presenza della sistemazione (US 149) di diverse scorie grossolane che "tamponano" il precedente accesso e determinano una rotazione dell'asse di utilizzo dell'intero apparato, portandolo decisamente verso est. Esiste anche una ipotetica terza fase, distinta dall'US 36, che colma la struttura attualmente documentabile, diventando essa stessa un probabile piano di lavorazione (Fig. 16, sezione 6; Fig. 20a).

US 149: concentrazione di scorie grossolane disposte verticalmente ed isorientate secondo un asse NO-SE. Questi elementi (mediamente 0,20 x 0,20 m) sembrano sistemati con la funzione di formare una parete (dimensioni 0,60 x 0,30 x 0,20 m) delimitante verso NE l'imbocco dell'apparato US 76, allo scopo di creare un altro accesso funzionale rivolto a est. L'unità 149 isola infatti, sempre verso est, la presenza delle unità 36 e 146 (forse ultime testimonianze di lavorazione).

US 36: deposito presente all'interno della struttura US 76, è costituito da un corpo principale contenente abbondanti frammenti di porfido alterato da calore e frammenti di scorie grossolane, clasti carbonatici con forti tracce di alterazione corticale, meno comuni, diversi blocchi in porfido non alterato (almeno 13 pezzi con dimensioni max di 0,35 x 0,27 m) e una grossa scoria grossolana (dim. 0,30 x 0,20 m). Tutto immerso in una matrice fine nella quale

sono dispersi piccoli grumi di concotto rossastri (5 YR 5/8 *yellow red*) e giallastri (10 YR 5/6 *yellow brown*).

L'insieme del deposito ha un aspetto maculato, a differenza della porzione sommitale che presenta invece una dominante colorazione rossastra omogenea (5 YR 5/8 *yellow red*). Copre lo strato US 146.

US 146: strato a supporto di matrice limo argillosa massiva a struttura poliedrica subangolare di colore dominante 10 YR 3/4 *dark yellowish brown*. Sembra deposto sul fondo della zona funzionale dell'apparato US 76 e tra gli elementi costitutivi dello stesso, a volte inglobandoli. La matrice presenta forti similitudini con l'unità 13 (matrice delle colate fangose a contatto con deposito morenico); è probabile infatti che si tratti di porzioni della stessa unità asportati intenzionalmente per essere impiegati come legante. In alcuni punti l'US 146 presenta una colorazione molto più rossa, probabilmente dovuta all'effetto del calore sviluppato dalle combustioni.

US 158: Entrambe le strutture 74 e 76 sembrano organizzate sfruttando un avvallamento artificiale ricavato sul versante, alla base del quale è presente una specie di trincea (profondità circa 0,80 m) posta precisamente di fronte agli imbocchi funzionali delle strutture. La parete del taglio, soprattutto nella parte ricavata per accogliere i probabili apparati fusori, sembra letteralmente foderata con un deposito massivo a matrice fine (US 75) simile, se non uguale, ad US 13, con la probabile funzione di creare forse una ordinata superficie di lavorazione come nel caso di US 146. È importante segnalare che la presenza di un deposito con caratteristiche decisamente simili all'unità 13 è stata quasi sempre riscontrata a contatto con tutte le strutture, sia i potenziali apparati fusori che i probabili letti di arrostitimento. Non è inoltre peregrina l'ipotesi che il taglio più profondo (US 158) corrisponda anche ad una piccola cava di matrice, ricavata dal deposito naturale US 13, per l'ottenimento di un impasto plastico refrattario e impermeabile, da utilizzare probabilmente come materiale duttile nei lavori di edificazione delle strutture.

US 74: concentrazione di grossi blocchi calcarei a sud della struttura US 76, disposti in modo ordinato. Formano, in questo modo, una struttura subquadrangolare (2,00 x 2,60 m perimetro esterno) che delimita un accumulo caotico di ciottoli sempre di origine calcarea, sopra i quali è presente una sistemazione più ordinata di scorie grossolane miste a pietrame carbonatico che insieme formano un piano abbastanza regolare (superficie funzionale dell'apparato? 0,55 x 0,60 m). L'imbocco del potenziale forno fusorio doveva essere rivolto a NE ed era probabilmente utilizzato dal fondo dell'avvallamento 158. La struttura 74 è affiancata alla 76 con la quale condivide il lato nord; le rocce calcaree non mostrano particolari tracce di alterazione termica, pertanto è possibile che le pareti interne dell'apparato fossero "rivestite" con materiale più refrattario come le rocce porfiriche rinvenute nell'unità che colma la struttura (Fig. 21).

US 72: è il deposito che sembra colmare l'interno dell'unità 74 (cfr. US 36); è costituito da una matrice prevalentemente limosa, con evidenti tracce di alterazione termica che le conferiscono una colorazione rossastra - 5 YR 4/6 *yellowish red*. Contiene rare piccole scorie piatte di dimensioni massime 0,5 x 0,2 m, comuni scorie grossolane (la parte indagata ne ha restituite 24, con dimensioni medie di 0,13 x 0,15 x 0,6 m) e comuni blocchi di porfido con visibili tracce di termoclasti (la parte indagata ne ha restituiti 17 con dimensioni medie di 0,16 x 0,17 x 0,9 m). La loro posizione sembra testimoniare una disposizione

atta a creare una sorta di "intercapedine" tra la zona di combustione e i blocchi calcarei della struttura esterna. Copre l'unità 157.

US 157: sottile livello (0,04 m) fortemente rubefatto - 5 YR 4/6 *yellowish red* - e con andamento planare. È situato all'interno della struttura 74 ed è costituito da una matrice limo-argillosa molto pulita senza inclusi grossolani, fatta eccezione per rari grumi di concotto millimetrici e clasti carbonatici. Lo strato si trova direttamente a contatto con la sistemazione di scorie grossolane e pietrame che dovrebbe costituire la superficie di lavorazione dell'apparato fusorio, riempiendo anche gli interstizi tra i suddetti elementi. È molto simile alla già descritta US 146 all'interno della struttura 76.

US 167: esiguo deposito (0,05 m) immediatamente al di sotto di US 157 e a contatto con la superficie funzionale di US 74. Molto carbonioso (colore 5YR 2,5/1 *black*), contiene millimetrici grumi di concotto rossastro.

Coppia di forni UUSS 77, 150

La sequenza delle UUSS 73, 77, 150, 151, 152, 155 (Fig. 15, qq. B11 e B12; Fig. 22) identifica due strutture sub-quadrangolari (UUSS 77 e 150), poste al piede del debole versante che caratterizza verso ovest la morfologia del sito; esse risultano grossomodo parallele e costituite da pietrame eterogeneo prevalentemente calcareo ma con la presenza anche di porfidi esotici (come anche le simili strutture UUSS 140, 74, 76). La struttura 150 sembra più antica della vicina 77, o quantomeno stratigraficamente inferiore, in quanto risulta coperta dal deposito carbonioso (US 73) prodotto dalle combustioni dell'attività di quest'ultima. L'unità 77 è colmata da un deposito fine fortemente rubefatto (US 151) che include anche grossi frammenti di scorie grossolane. Simile risulta anche il deposito cresciuto sulla struttura 150 (US 152) che copre un'ulteriore strato (US 155), più scuro e che conserva sulla superficie uno spargimento di frammenti ossei di fauna, caratterizzati da pigmentazione verde da ossidi di rame.

US 77: anomala concentrazione di grosse pietre e scorie grossolane, di forma sub quadrangolare; presenta una fascia perimetrale (1,00 x 1,45 m) formata quasi esclusivamente da grossi blocchi calcarei di provenienza locale (dim. mass. visibili 0,50 x 0,35 m) e alcuni blocchi di porfido, anch'esso reperibile localmente (residui del trasporto glaciale) con dimensioni massime visibili di 0,50 x 0,47 x 0,20 m. La zona centrale (perimetro interno 0,50 x 0,65 m) è caratterizzata da una disposizione planare di scorie grossolane. Evidenti tracce di termoclasti sono visibili sulla superficie di alcuni blocchi porfirici, mentre le rocce carbonatiche non presentano vistose alterazioni.

US 151: deposito che sembra colmare l'interno dell'unità 77, costituito da una consistente matrice prevalentemente limosa, con evidenti tracce di alterazione termica che le conferiscono una colorazione bruno rossastra - 10 YR 3/3 *dark brown* -. Contiene rare piccole scorie piatte di dimensioni massime 0,5 x 0,2 m, comuni scorie grossolane (con dimensioni medie di 0,13 x 0,15 x 0,6 m) e comuni blocchi di porfido con visibili tracce di termoclasti (con dimensioni medie di 0,16 x 0,17 x 0,9 m); la loro posizione sembra testimoniare una disposizione atta a creare una sorta di



Fig. 21. Resti del probabile apparato fusorio US 74. La zona centrale è caratterizzata dal deposito derivante da ripetute attività combustive (US 72).

Fig. 21. Remains of the probable furnace SU 74. The inside part SU 72 is a layer formed by repeated pyrotechnical activities.



Fig. 22. I resti del probabile apparato fusorio US 77, con al centro porzione del deposito rufatto che lo colmava (US 151).

Fig. 22. Probable furnace SU 77, with the fired layer SU 151 inside.

“intercapedine refrattaria” tra la zona di combustione e i blocchi calcarei della struttura esterna (Fig. 22).

US 150: struttura costituita da blocchi di roccia calcarea (dim max 0,50 x 0,24 x 0,16 m) e da due scorie grossolane (dim 0,26 x 0,15 x 0,8 m e 0,43 x 0,22 x 0,6 m) disposti di piatto e longitudinalmente a formare un unico filare.

L'unità ha forma sub-rettangolare (1,00 x 1,65 m perimetro esterno e 0,50 x 1,00 m perimetro interno), risulta orientata E-W e rimane conservata per l'altezza di un corso (circa 0,20 m), tranne che nel terzo elemento da ovest dove sono apprezzabili due corsi. La struttura sembra meglio conservata nei lati sud ed ovest, mentre quello est sembra mancante e il lato nord è conservato per soli due elementi a contatto con la struttura 77. I blocchi calcarei risultano fratturati (probabile effetto del calore). Data l'assenza totale o parziale dei lati nord ed est e la mancanza di chiari segni della loro asportazione, non è possibile de-

terminare se e come la struttura chiudesse in queste direzioni. Risulta coperta da US 152 (Fig. 23a).

US 152: strato a supporto di matrice limo-argillosa di colore bruno rossastro (10 YR 3/3 *dark brown*), contenente frequenti inclusi di concotto anche lentiformi (10 R 4/8 *red*) e comuni residui carboniosi, quest'ultimi particolarmente presenti presso il limite inferiore dello strato. L'unità rilascia inoltre discrete quantità di frammenti di scorie grossolane e sporadicamente residui di probabile macinatura di scorie. I limiti inferiori appaiono netti e seguono la pendenza da W verso E del sottostante suolo naturale. Lo strato è stato indagato limitatamente alla parte corrispondente alla sottostante struttura 150; copre inoltre l'US 155.

US 155: strato a supporto di matrice limo argillosa massiva a struttura poliedrica subangolare di colore dominante bruno rossiccio 5 YR 3/2 *dark reddish brown*. Sembra depo-



Fig. 23a. Il complesso dell'apparato US 77 a contatto con la vicina struttura US 150, forse ciò che resta di un precedente forno o di un'appendice della stessa unità 77, alla quale però risulta difficile attribuire un'interpretazione funzionale.

Fig. 23a. The complex of SU 77 in contact with the close structure SU 150, which could be a residue of an older furnace or of an appendix of SU 77 itself, but the interpretation remains uncertain.



Fig. 23b. Nell'immagine sono evidenziate le principali unità stratigrafiche: US 172 (struttura) e US 173 (superficie di lavorazione).

Fig. 23b. In the picture the main stratigraphic units SU 172 (structure) and 173 (working surface) are visible.

sto sul fondo della zona funzionale dell'apparato US 150 (valgono anche in questo caso le considerazioni espresse per le unità 13, 67C, 75, 146).

Come premesso, l'unità contiene altresì una dispersione di numerosi resti di fauna, probabilmente in giacitura primaria (planare), come quasi tutti i resti osteologici individuati nel sito, dotati della caratteristica pigmentazione ossidativa verde.

Struttura pirotecnologica (forno?) UUSS 172, 173, 174, 176, 178

A est delle strutture 77 - 150, all'interno dei quadrati C 11 - C 12, è presente un complesso sistema di ano-

malie riferibili ad unità che identificano i resti molto compromessi di altre strutture di combustione e i loro relativi prodotti. Queste evidenze sono coperte dall'unità carboniosa US 73 (asportata solo parzialmente)⁸; tale dato ci suggerisce che esse siano probabilmente pertinenti a lavorazioni precedenti all'ultima fase di utilizzo delle più recenti unità 77-150 (Fig. 16, sezione 5; Fig. 23b).

US 174: Deposito costituito da una matrice limo argillosa di colore bruno (7,5 YR 4/4 *brown*) che include una cospicua quantità di frammenti (dimensioni massime 0,10 m) derivanti dalla macinatura di scorie grossolane (è presen-

⁸ L'esigenza di non asportare integralmente le evidenze ha impedito di effettuare approfondimenti estensivi che permettessero di comprendere in modo più chiaro la presenza e le modalità funzionali di fasi produttive più antiche.



Fig. 24. Vista generale da est della struttura del letto di arrostitimento US 134.

Fig. 24. General view, from east, of the roasting bed SU 134.

te tra gli inclusi anche un frammento di macina in porfido). L'unità si estende nel visibile per una superficie di 1,18 x 0,85 m e raggiunge una potenza massima di 0,10 m. Data la sua posizione stratigrafica, al tetto della serie di seguito descritta, non è peregrina l'ipotesi che questa unità rappresenti parte del lavoro di macinatura correlabile al limitrofo letto di arrostitimento US 170.

US 172: resti di struttura rappresentati da un allineamento di blocchi in calcare (dimensioni massime 0,46 x 0,32 x 0,16 m) e di un blocco in porfido (0,14 x 0,13 x 0,16 m). Sembrano orientati nord - sud e, almeno nella parte centrale (la struttura è visibile solo parzialmente), i blocchi sono disposti su due corsi, mentre altrove è visibile un solo corso.

US 173: anche se solo parzialmente visibile, questa unità identifica un probabile residuo del livello d'uso relativo alla struttura US 172; esso si estende nel visibile per una superficie di 2,8 m (N-S) x 1 m (E-W) e risulta costituito da una matrice limosa (colore dominante: 5 YR 4/4 reddish brown) che include comuni clasti calcarei e grumi rossastri di concotto (colore 10R 4/8 red).

US 176: deposito a supporto di matrice limo argillosa di colore nerastro (10YR 2/1 black) e sufficientemente consistente. Contiene rari grumi di concotto rossastro dispersi caoticamente nella matrice; raggiunge, nel visibile, uno spessore massimo di 0,16 m (presunto deposito di scarico relativo all'uso della struttura US 172).

US 178: deposito di media consistenza, a supporto di matrice limosa rubefatta (2,5YR 4/8 red); include rari frustoli di carbone e frammenti di scorie grossolane e piatte. Particolarmente visibile a ridosso della struttura US 172, della quale potrebbe rappresentare un prodotto di lavorazione. Raggiunge, anch'esso nel visibile, uno spessore massimo di 0,10 m.

Letti di arrostitimento

Letto di arrostitimento US 134

L'insieme delle UUSS 134, 135, 136, 163, 164, 165

(Fig. 15, qq. C6 e C7; Fig. 24), identifica una struttura subrettangolare, orientata N - S, costituita da un coronamento di pietre, prevalentemente calcaree (US 134), che delimita un taglio (US 165) eseguito a spese del substrato naturale, il quale raccoglie al suo interno una sequenza sovrapposta di strati a matrice fine caratterizzati da una decisa colorazione rossastra (UUSS 135, 163, 164). In appoggio e all'esterno della struttura US 134, è presente - particolarmente sul lato est - un deposito carbonioso fine (US 136) che si estende grossomodo per tutta la lunghezza della struttura. Al fine di indagare approfonditamente il deposito interno, è stata scavata una piccola trincea esplorativa, eseguita ortogonalmente rispetto all'allineamento N - S della struttura, la quale ha reso possibile documentare esaurientemente i rapporti stratigrafici tra i livelli che ne colmano l'interno (Fig. 16, sezione 3).

US 134: struttura composta prevalentemente da pietrame calcareo disposto su due filari paralleli con orientamento N-S per circa 5 m e altri due, sempre paralleli ma più corti, circa 1,50 m, disposti con orientamento E - W. L'angolo S-E sembra quello meglio conservato, ed è costituito da pietre di media pezzatura; la porzione più settentrionale è caratterizzata invece da pietre di maggiori dimensioni (anche decimetriche). Il filare che delimita la struttura verso ovest è distinto da un'alternanza di pietre medie (centimetriche). L'intero assetto degli elementi lapidei sembra verosimilmente impostato lungo il limite superiore di un taglio precedentemente scavato (US 165).

US 165: asporto antropico di terreno naturale, atto a contenere la struttura US 134 e la sequenza di livelli sovrapposti che ne caratterizzano il riempimento (UUSS 164, 163, 135). Il taglio non è stato completamente messo in luce, nel visibile raggiunge una larghezza di 1,05 m ed una profondità di circa 30 cm (Fig. 16, sezione 3); le pareti sono inclinate ed il fondo leggermente concavo.



Fig. 25. Il probabile letto di arrostitimento US 50, con la sezione dei diversi depositi che lo colmavano, attraverso la quale è altresì visibile il taglio della fossa nella quale fu strutturato.

Fig. 25. Probable roasting bed SU 50, with the cross-section of the layers filling the cut in which it was built.

US 164: è il deposito più profondo della serie che colma il taglio US 165 e a diretto contatto con esso. È uno strato a supporto di matrice argillo-limosa di colore bruno giallastro (10 YR 4/4 *dark yellowish brown*) di ottima consistenza e che raggiunge lo spessore di circa 20 cm. Il limite superiore risulta di profilo irregolare ma abbastanza netto, il limite inferiore è omogeneamente a contatto con la parete del taglio e ne segue la sua irregolarità. Include sporadici clasti prevalentemente calcarei di piccole dimensioni e caratterizzati da un notevole cortex di alterazione. È coperta dall'US 163 (cfr. Fig. 16, sezione 3).

US 163: strato a supporto di matrice limo – argillosa di colore rossastro (5 YR 4/6 *yellowish red*) di ottima consistenza e che raggiunge lo spessore di circa 10 cm. Il limite superiore risulta netto e dall'andamento concavo, quello inferiore più diffuso ma cromaticamente ben visibile. Include comuni clasti carbonatici non particolarmente alterati. È coperto dall'US 135 (cfr. Fig. 16, sezione 3).

US 135: strato a supporto di matrice limo – argillosa di colore rossastro (2,5 YR 5/8 *red*) di buona consistenza e che raggiunge lo spessore di circa 20 cm. È il livello più superficiale, il cui limite inferiore risulta netto e dall'andamento concavo. Lo strato, a causa della sua superficialità, ha subito disturbi sia di natura biologica (radici) che

antropica (coltivazioni e infrastrutture militari). È coperto infatti dallo strato umifero US 1; tuttavia al suo interno si notano numerose concentrazioni di minuti frammenti di scorie macinate (sabbia di scorie).

US 136: strato carbonioso a supporto di matrice limosa di colore bruno nero (7.5 YR 3/2 *dark brown*). Presenta uno spessore medio di 15 cm ed è disposta a contatto della parte esterna della struttura US 134.

Letto di arrostitimento US 177

Struttura caratterizzata da una concentrazione di matrice mediamente consistente, arrossata (7,5 YR *strong brown*), di forma ellittica, orientata nord - sud (Fig. 15, qq. C8 e C9; 4,90 m N-S x 1,10 m E-W). Sulla superficie sono individuabili frequenti residui carboniosi e comuni frammenti di scorie in prevalenza grossolane. La superficie, in alcuni punti, pare delimitata da allineamenti in pietrame calcareo, a tratti fortemente lacunosi, soprattutto sul lato a settentrione, dove la rubefazione del deposito appare più accentuata. La struttura risulta stratigraficamente coperta dall'unità 84 (prodotto di attività della vicina struttura US 50, con la quale risulta allineata), a testimonianza di una probabile sequenzialità delle dinamiche operative del sito.

Letto di arrostitimento US 50

L'insieme delle UUS 50, 51, 52, 84, 153, 154, 161, 160, 156, 159, 182 (Fig. 15, qq. C9, C10, C11; Fig. 25) identifica una struttura subrettangolare, orientata N-S, costituita da un coronamento di pietre, prevalentemente calcaree (US 50), che delimita un taglio (US 161) eseguito a spese del substrato naturale. Il taglio raccoglie al suo interno una sequenza sovrapposta di strati e lenti quasi tutti a supporto di matrice, caratterizzati da una decisa colorazione rossastra (UUS 51, 52, 153, 156, 160, 182).

In appoggio e all'esterno della struttura US 50, è presente – quasi esclusivamente sul lato est – un deposito carbonioso fine (US 84) che si estende grossomodo per tutta la lunghezza della struttura, e che solo verso est risulta contenuto in un taglio (US 154).

Al fine di indagare approfonditamente l'interno del deposito, è stata eseguita (come nella struttura 134) una piccola trincea esplorativa (Fig. 16 sezione 4), la quale taglia ortogonalmente gli strati compresi tra il coronamento di pietre e la stratigrafia in appoggio al lato est dell'unità 50. La struttura, di forma subrettangolare e orientata N – S, mostra diverse analogie con l'unità 134 posta più a sud e risulta in ogni caso allineata con essa.

US 50: lacerto di struttura costituito da due allineamenti paralleli di pietre carbonatiche (dim. mass. 0,20 x 0,15 x 0,15 m) orientati N – S, che si diramano da un grosso blocco, sempre calcareo, di dimensioni 0,65 x 0,45 m. Le due file sono distanti tra loro di circa 1,5 m e raggiungono una lunghezza di circa 8 m. L'allineamento sul lato ovest perde evidenza dopo circa 3 m, mentre l'altro prosegue fino a essere intercettato da una buca di età storica (US 64). Tra

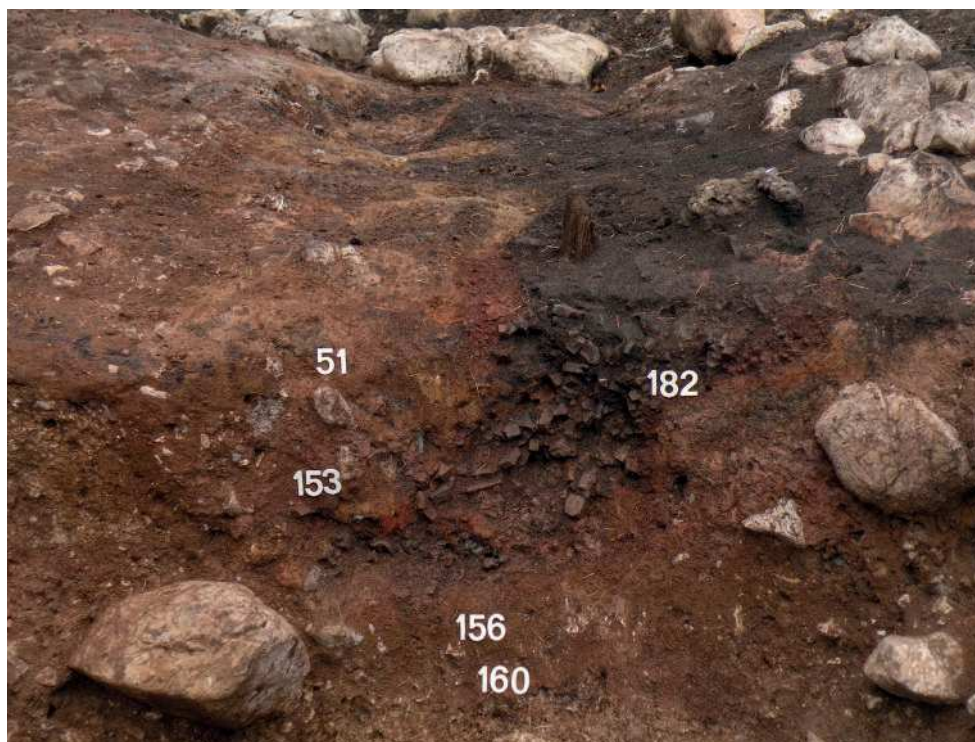


Fig. 26. Dettaglio dei riempimenti della struttura US 50 (letto di arrostitimento) nel quale si evidenzia l'unità 182, costituita da minuti frammenti di scorie macinate.

Fig. 26. Detail of the layers filling SU 50 (roasting bed); please note SU 182, consisting of very small pieces of crushed slags.

gli allineamenti sono contenuti una notevole dispersione di piccole scorie piatte (US 51). La struttura non è stata completamente indagata.

US 161: taglio orientato N-S, documentato solo nel sondaggio denominato Trincea 5; qui risulta largo circa 1.80 m e raggiunge una profondità di 55 cm. Nel visibile appare con la parete ovest svasata, parete est diritta, mentre il fondo, forse originariamente piatto o leggermente concavo, risulta oggi irregolare a causa delle alterazioni dovute alla frequente presenza di bioturbazioni. Taglia il suolo naturale US 15.

US 51: strato a supporto di piccole scorie piatte fortemente arrostate, 2,5 YR 4/8 *red*, immerse in una matrice limo-argillosa poco consistente anch'essa con evidenti tracce di alterazione termica (2,5 YR 4/6 *red* - 10 R 3/6 *dark red*). Questo livello è contenuto esclusivamente all'interno di US 50. All'estremità meridionale, lo strato contiene una concentrazione subcircolare di residui carboniosi (US 52). L'unità non è stata completamente indagata (campione 81).

US 52: anomalia subcircolare (diametro 50 cm circa), caratterizzata da una matrice totalmente carboniosa di colore 10 YR 2/1 *black*. L'unità si colloca a ridosso del grosso blocco calcareo dal quale si origina la struttura US 50 e contiene, nella zona centrale, una grossa scoria grossolana posizionata verticalmente. Sono presenti inoltre delle scorie piatte di dimensioni centimetriche e piccoli grumi di concotto. L'unità è stata completamente indagata solo all'interno della trincea, dove l'orizzonte inferiore dell'unità 51 presenta una matrice limo-argillosa giallastra (5 Y 7/4 *pale yellow*) contenente sporadici residui carboniosi e rari grumi di concotto concentrati alla base; il limite inferiore appare netto con profilo a V. Copre l'unità 153.

US 153: strato a supporto di matrice limo-argillosa di colore rossastro - 5 YR 4/6 *yellowish red* - contenente sporadici inclusi carboniosi e frequenti grumi di concotto. Il colore deriverebbe dal processo di rubefazione causato dalle temperature elevate a cui è stata sottoposta la matrice stessa. L'unità 153 si trova all'interno dei limiti dati

dalla struttura US 50 ed è stata documentata all'interno della trincea esplorativa, per cui non si conosce con precisione se essa sia distribuita in modo omogeneo su tutta l'area racchiusa da US 50. Presenta limite inferiore netto, sembra appoggiarsi all'unità 159 e copre l'US 156.

US 159: concentrazione di ciottoli carbonatici di piccole e medie dimensioni, disposti con andamento sub-circolare (almeno nell'area interessata dalla Trincea 5) lungo il limite ovest della struttura 50. I ciottoli presentano evidenti tracce di alterazione termica e posizionati per lo più di piatto e in diversi filari irregolari, formando una sorta di massicciata.

US 156: strato a supporto di matrice limo-argillosa di colore rossastro - 2,5 YR 4/8 *red* - contenente sporadici clasti carbonatici di piccole e medie dimensioni e altrettanto sporadici residui carboniosi. Il limite inferiore si mostra netto e dal profilo leggermente concavo nella parte centrale. Copre US 160.

US 182: deposito lentiforme (0,40 x 0,24 m) con matrice carboniosa (colore 10 YR 2/1 *black*), poco consistente e principalmente costituita da uno scheletro di macinatura di scorie grossolane e piatte (misura massima 0,04 m) (Fig. 26).

US 160: strato a matrice limo-argillosa di colore bruno - 7,5 YR 4/4 *brown* - che supporta uno scheletro costituito da clasti carbonatici di piccole e medie dimensioni, caratterizzati da un evidente cortex di alterazione. Lo strato segue l'andamento del sottostante taglio US 161; infatti sembrerebbe quasi "spalmato" per coprire fondo e pareti del taglio. L'interfaccia tra US 160 e il deposito naturale US 15 presenta tracce di polvere cuprifera, probabilmente percolata dagli strati soprastanti (la serie costituita dalle unità 153, 159, 156, 160 è stata campionata con criterio micromorfologico).

US 84: l'unità integralmente indagata limitatamente all'interno della trincea esplorativa, si presenta come uno strato di riempimento (del taglio US 154), ma presente in dispersione anche all'esterno della struttura US 50. È caratterizzata da una matrice fine limo-sabbiosa fortemente organica e



Fig. 27. La sistemazione ordinata di una selezione di scorie grossolane e pietrame calcareo, costituenti l'unità 48.

Fig. 27. SU 48 is formed by selected and organized coarse slags and lime stones.

di colore nerastro – 10 YR 2/1 *black*. Include frequenti fibre vegetali carbonizzate di dimensioni centimetriche, particolarmente concentrate nella parte inferiore del deposito. L'unità ha inoltre restituito 5 elementi lapidei in porfido (dim. massime 0,7 x 0,4 x 0,25 m e 0,27 x 0,18 x 0,13 m), 4 scorie grossolane (dim. massime 0,7 x 0,4 x 0,3 m e 0,24 x 0,17 x 0,4 m) ed alcuni frammenti ceramici ad impasto, tra i quali un orlo a tesa tipo "Luco/Laugen A".

US 154: taglio visibile solo parzialmente all'interno della trincea; in questa porzione presenta pareti diritte e fondo piano.

Letto di arrostitimento US 170

Il complesso è formato dalle UUSS 170, 78, 168, 169, 171 (Fig. 15, qq. C11 e C12). L'unità 78 è caratterizzata da una estesa superficie di terreno rubefatto, in sequenza con altri depositi sottostanti (UUSS 168, 169) apparentemente circoscritti da pietrame calcareo (US 170), il quale conferisce all'insieme un aspetto sub rettangolare. Esse sono contenute all'interno di un taglio artificiale (US 171) orientato N – S e allineato, verso nord, con la vicina e simile struttura US 50 (Fig. 16, sezione 5).

US 170: struttura sub rettangolare orientata nord - sud, costituita da pietrame calcareo eterogeneo. Gli elementi sono posti su un singolo corso poco conservato. Raggiunge una lunghezza di 5,30 m ed una larghezza massima di 1,80 m.

US 78: anomalia ellittica costituita da terreno termicamente alterato, circoscritto da pietre di media pezzatura (prevalentemente calcaree con eccezione di due vulcaniti porfiriche US 170). Delimitata da US 170, misura 4,25 m asse N – S, per 1,50 m E – W, con uno spessore medio di 0,40 m. La matrice è di buona consistenza e di colore 5 YR 4/4 *yellowish red*. Sono visibili all'interno della matrice rare scorie a placchetta di dimensioni centimetriche, rari clasti calcarei e porfirici con tracce di termoclasti. Copre le unità 168 e 169.

US 168: deposito a supporto di matrice limo sabbiosa di colore rossastro (5YR 6/4 *light reddish brown*) e di buona consistenza; contiene una discreta quantità di ghiaia grossolana, mista a scaglie di calcare e rari frustoli di carbone; raggiunge uno spessore massimo di 0,20 m.

US 169: deposito a supporto di matrice limosa, anch'esso come i precedenti di colore rossastro (5YR 4/4 *reddish brown*) e di buona consistenza; contiene una discreta quantità di ghiaia grossolana, mista a clasti calcarei e rari frustoli di carbone; raggiunge uno spessore massimo di 0,50 m.

US 171: Taglio artificiale di forma sub rettangolare, orientato nord - sud; le pareti sono abbastanza svasate e il fondo è leggermente concavo ed irregolare. In pianta misura 5,00 m lungo l'asse N-S mentre misura 1,50 m lungo l'asse E-W; la profondità massima è di 0,88 m. È stato superficialmente strutturato con l'unità 170 e riempito dai depositi UUSS 78, 168, 169.

Strutture accessorie

Focolare (?) US 162

Le UUSS 162, 82, 66 (Fig. 15, q. D8) identificano una struttura (US 162) costituita da grossi elementi litici di origine calcarea che, unitamente a grosse scorie grossolane, delimitano un avvallamento colmato di residui carboniosi (US 82) presenti anche all'esterno, a loro volta delimitati verso ovest da terreno rubefatto (US 66).

US 162: struttura probabilmente ottenuta da un taglio quadrangolare successivamente rafforzato foderando le pareti con pietre carbonatiche di grandi dimensioni (max 0,50 x 0,35 m) e almeno due grosse scorie grossolane (max 0,33 x 0,30 m). Il taglio, se esistente, è stato eseguito sul debole pendio che delimita verso est l'avvallamento del sito. L'intera struttura all'esterno misura circa 1,20 x 1,40 m, mentre la luce interna corrisponde a circa 0,80 x 0,45

m. Il lato nord risulta essere il più strutturato, si compone infatti di tre grossi blocchi principali, mentre il lato sud sembra distinto da un risparmio del deposito morenico integrato da blocchi rocciosi più piccoli e da scorie grossolane.

All'interno della struttura è presente un approfondimento contenente materiale eterogeneo, forse residui di disturbi posteriori di età moderna. L'interno e l'esterno sono entrambi caratterizzati dalla presenza di un deposito carbonioso (US 82) il quale, particolarmente verso ovest, è coronato da un terreno fortemente arrossato (US 66). A sud dell'unità 162 si nota la presenza di un grande blocco calcareo (0,85 x 0,65 m), il quale sembra delimitare il piccolo dosso di materiale detritico che caratterizza verso sud la struttura. Nessuno degli elementi rocciosi carbonatici presenta tracce visibili di termotrasformazione. Dato il diverso orientamento e la modesta entità di tracce lasciate da fonti di calore sugli elementi lapidei e sui depositi interni, è poco verosimile interpretare questa struttura come i resti di un apparato fusorio simile alle vicine strutture UUSS 140, 76, 74, 77; è più probabile che essa rappresenti ciò che resta di una struttura relativa ad attività di combustione, ma con un regime di energia calorica decisamente più basso.

US 82: deposito superficiale a supporto di matrice limosa di colore bruno nero (7,5 YR 3/2 *dark brown*). Si compone di abbondanti residui carboniosi che includono sporadici e millimetrici grumi di concotto rosso (2,5 YR 4/8 *red*), nonché frammenti anche centimetrici di carbone di legna (10 YR 2/1 *black*).

US 66: superfici (anche molto estese) di terreno rubefatto, visibile in diversi punti del settore B. La matrice è prevalentemente limosa, arricchita di abbondanti residui derivanti dall'alterazione termica del terreno o, a volte, da alterazione diretta. Di media consistenza e di colore 5 YR 4/6 *red*. L'unità non è stata completamente indagata; ha restituito frammenti ceramici di età protostorica e numerosi piccoli accumuli lentiformi di macinatura di scorie.

Sistemazione/deposito di scorie grossolane US 48

Questa unità (Fig. 15, qq. B11, C11; Fig. 27) identifica un singolare allettamento ordinato di scorie grossolane e blocchi calcarei presenti all'interno del modesto avvallamento che caratterizza la zona centrale del settore B. Gli elementi che costituiscono il deposito sono disposti regolarmente secondo un allineamento N-S lungo circa 2 m e in almeno 3/4 file parallele.

Le scorie hanno dimensioni medie di 0,30 x 0,25 x 0,15 m, sono tutte in giacitura inclinata da ovest verso est, una accanto all'altra, mentre le varie file così formate sono leggermente sovrapposte l'una

sull'altra. Gli elementi in roccia calcarea raggiungono le dimensioni massime di 0,35 x 0,30 x 0,20 m, sembrano disposti in modo più casuale e non mostrano tracce di alterazione. La struttura segue l'andamento del pendio posto a occidente e sembra trovare un riscontro nella disposizione dei materiali che caratterizzano l'unità 67A documentata sul profilo della sezione 2.

Muro di contenimento (?) US 79

US 79 (Fig. 15, qq. D9, D10): resti di struttura a secco orientata N-S, documentabile per una lunghezza di 3,50 m, costituita principalmente da un solo corso di pietrame calcareo di dimensioni variabili (massimo 0,30 x 0,30 m), con la sola eccezione di un blocco in roccia metamorfica (0,25 x 0,10 x 0,15 m esotico da trasporto glaciale) e di un blocco in roccia porfirica (0,30 x 0,20 x 0,15 m anch'esso esotico veicolato dal ghiacciaio). Verso nord la struttura si esaurisce scomparendo, mentre verso sud risulta integrata con scorie grossolane che sembrano appoggiarsi ad un grosso masso calcareo (0,90 x 0,60 x 0,40 m) sfruttato a guisa di caposaldo per la struttura, interpretata come i resti di un muretto di contenimento edificato a secco.

US 179: deposito a matrice limosa di colore brunoastro (2,5YR 5/2 *greyish brown*) e scheletro costituito da abbondanti clasti e ciottoli calcarei, presente solo a ridosso del prospetto est della struttura US 79 e indagato per soli 1,50 x 0,84 m per raggiunti limiti di scavo. Identifica il probabile drenaggio per una struttura in pietrame a secco (US 79).

Concentrazione di pietrame eterogeneo US 142

US 142: Questa unità (Fig. 15, qq. B9, C9) identifica una grossa concentrazione di pietrame eterogeneo misto a frammenti di scorie (sia grossolane che piatte) e chiazze di terreno rubefatto; è di forma subretangolare orientata N - S. Inizialmente fu interpretata come residuo di una struttura pirotecnologica (forno) connesso al vicino letto di arrostitimento US 177. A differenza di quanto atteso, l'indagine stratigrafica di questa unità ha permesso di stabilire che si tratta di una anomalia generata dall'accumulo di materiali eterogenei dovuto molto probabilmente alle lavorazioni agrarie moderne o a disturbi relativi al periodo bellico 1914 - 18; al suo interno sono stati rinvenuti chiodi in ferro stampato e un ferro per zoccolo di quadrupede.

Materiali ceramici e in bronzo

A Luserna - Platz Von Motze sono stati rinvenuti 34 frammenti ceramici tipologicamente diagnostici, tutti (tranne uno) provenienti dal settore di scavo B (cfr Tab. III). Si tratta quasi esclusivamente di orli a tesa che, nei casi in cui la parete è sufficientemente conservata, sembrano riferirsi a fogge vascolari troncoconiche abbastanza profonde.

Orlo a tesa orizzontale
(Figg. 28.1-13; 29.1, 2)

Dato il margine di errore nella ricostruzione dell'inclinazione di frammenti di orlo di piccole dimensioni, si è preferito riunire in una medesima categoria sia gli orli a tesa complanari rispetto al piano della bocca del vaso, sia quelli fortemente inclinati verso l'esterno; in entrambi i casi sono riferibili a forme troncoconiche.

Tab. III. Luserna – Platz Von Motze: reperti mobili diagnostici e relativi riferimenti planimetrici e stratigrafici.

Tab. III. Luserna – Platz Von Motze: datable materials and their position in planimetry and stratigraphy.

Fig. n.	Anno di scavo	Settore	Quadrato	US	R.R. e note
28.1	2006	B			pulizia sezione 3
28.2	2006	B	B5	73	
28.3	2007	B	B11	73	87; 88
28.4	2006	B	C6	65	
28.5	2005	B		73	
28.6	2005	B		66	
28.7	2009	B	B12	73	112
28.8	2009	B	C12	48	102
28.9	2006	B	C5	86	
28.10	2007	B	B12	48	98
28.11	2007	B	C6	86	74
28.12	2006	B	C5	86	
28.13	2006	B	B12	73	106
29.1	2006	B	A6	65	
29.2	2006	B	A9	111	
29.3	2005	C		67B	
29.4	2006	B			Sporadico
29.5	2005			65	
29.6	2005	B		73	
29.7	2006	B	B5	86	
29.8	2005			66	
29.9	2005	B		73	
29.10	2006	B	B5	73	
30.1	2007	B1	A6	65	32
30.2	2005	B		73	
30.3	2005			66	
30.4	2005	B		73	
30.5	2005	B		73	
30.6	2005	B		73	
30.7	2006	B	C6	65	
30.8	2007	B	B8	112	13
30.9	2007	B	A8	112	2
30.10	2006	B	C5	65	
30.11	2006	B	B5	85	125N-105E
30.12		B			Sporadico; spillone in bronzo

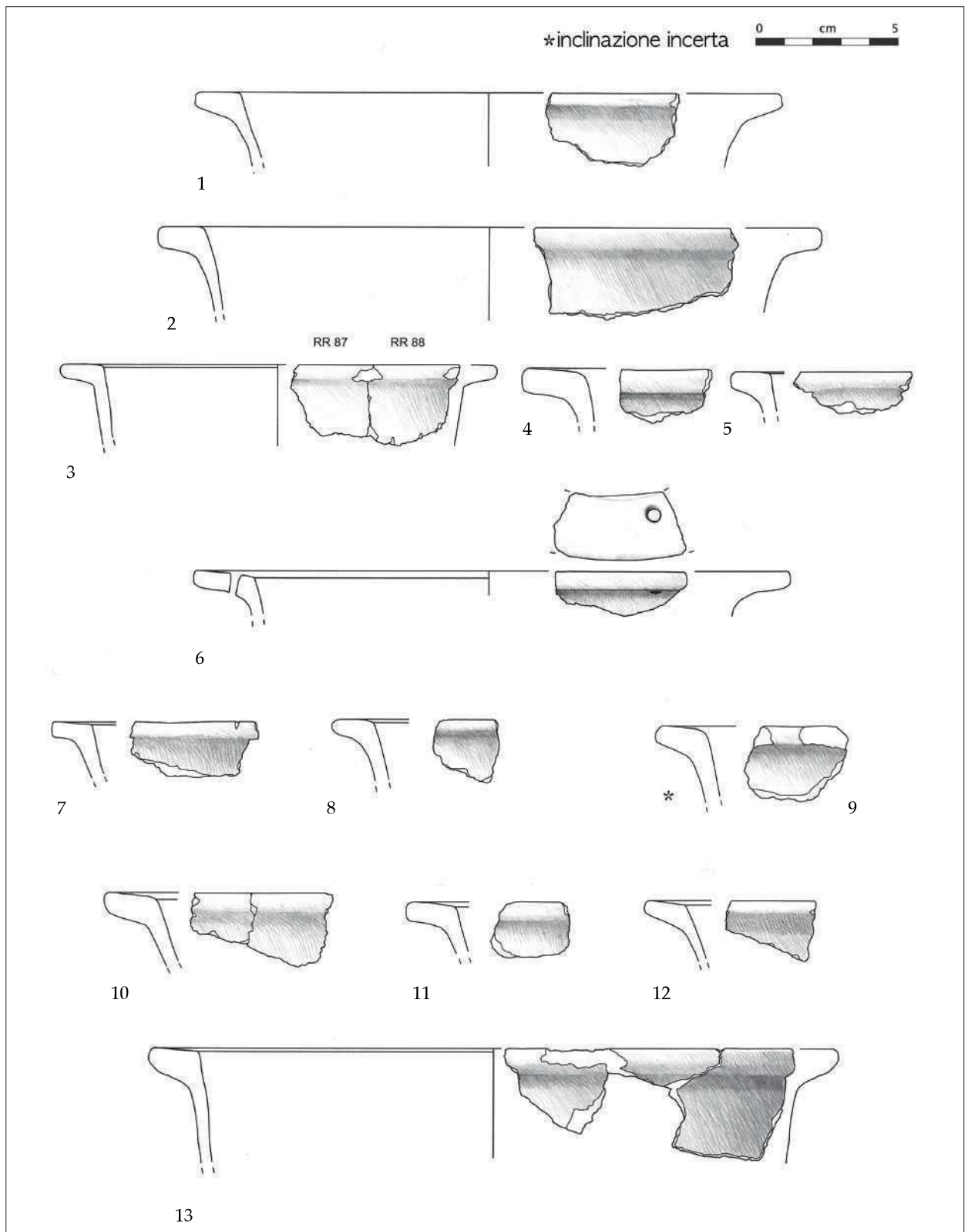


Fig. 28. Materiali ceramici dal settore B (dis.: L. Stefan).

Fig. 28. Pottery fragments from excavation area B (drawings: L. Stefan).

Negli esemplari che sembrerebbero perfettamente orizzontali (Fig. 28.1, 2) la tesa presenta uno spessore maggiore rispetto alla parete; essi trovano confronto a Ganglegg - settore 5 - in un contesto riferibile alla *facies* Luco/Laugen A (BR2-BF1/2) (STEINER 2007, p. 451, tav. 49, 25). Gli orli a tesa orizzontali o fortemente incli-

nati (Fig. 28.3-12), già presenti nel sito eponimo della prima fase del Bronzo Recente sud alpino, ossia a Dos Gustinaci (MARZATICO 1979, fig. 7.9, 10), sono ben attestati nelle fasi iniziale e centrale del Bronzo finale (Luco/Laugen A) come ad esempio a Ganglegg - settore 5 (STEINER 2007, p. 452, tav. 50.11; 24) e Appiano

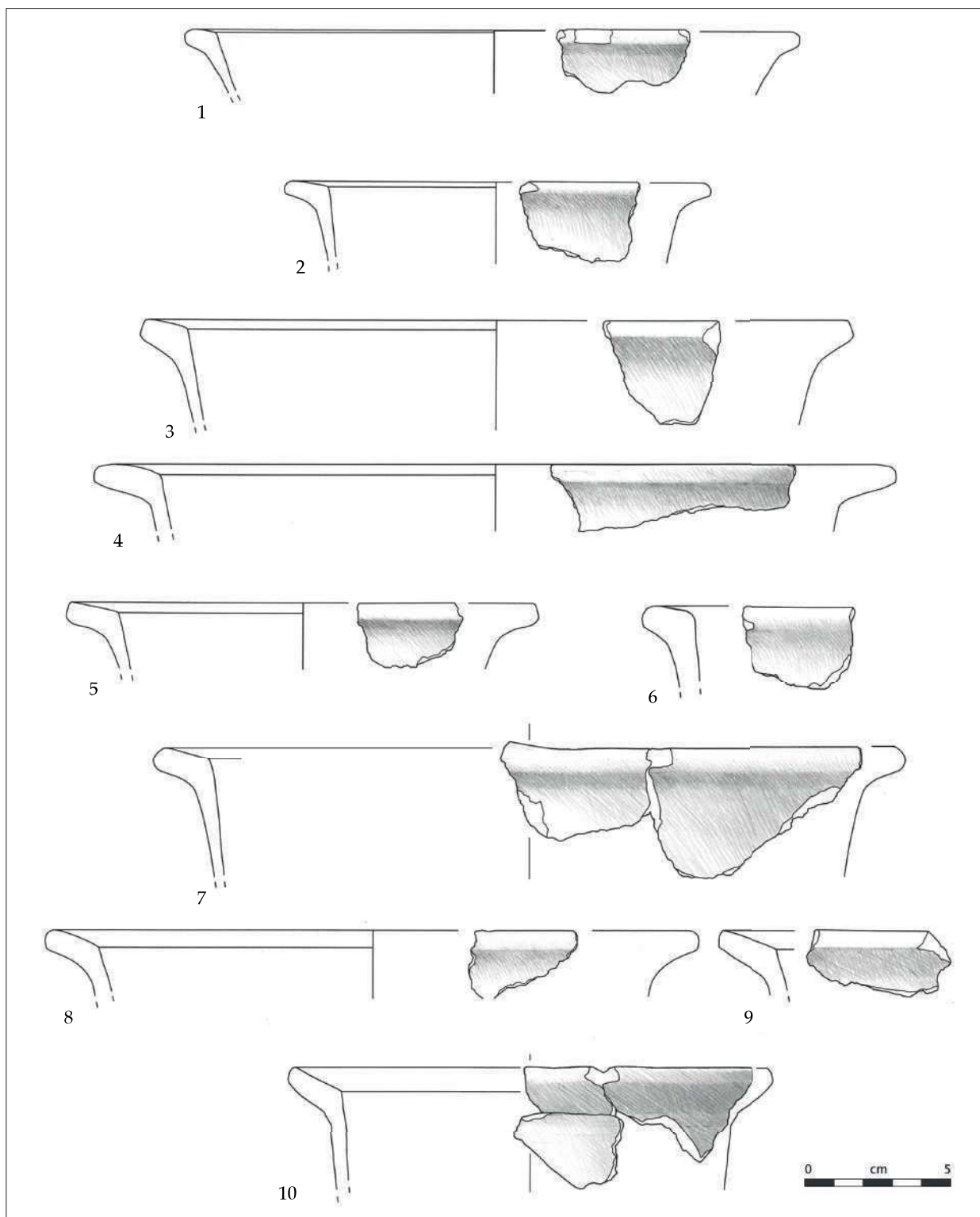


Fig. 29. Materiali ceramici dai settori B e C (dis.: L. Stefan).

Fig. 29. Pottery fragments from excavation areas B and C (drawings: L. Stefan).

S.Paolo/Eppan St.Pauls (LEITNER 1988, figg. 40.8, 13, 14; 43.21), in territorio altoatesino.

Infine, su un esemplare di orlo a tesa è presente un foro pervio; tale caratteristica trova confronto sempre ad Appiano S.Paolo/Eppan St.Pauls (LEITNER 1988, fig. 56.3).

Lo spigolo interno della tesa sembra passare, senza soluzione di continuità, da spessori pros-

simi a quelli della parete a forme più ingrossate (Fig. 28.13) confrontabili con esemplari sempre della *facies* Luco/Laugen A (Appiano S.Paolo/Eppan St.Pauls; LEITNER 1988, figg. 39.2; 45.7, 9).

Orlo a tesa ingrossato internamente
(Fig. 29.3)

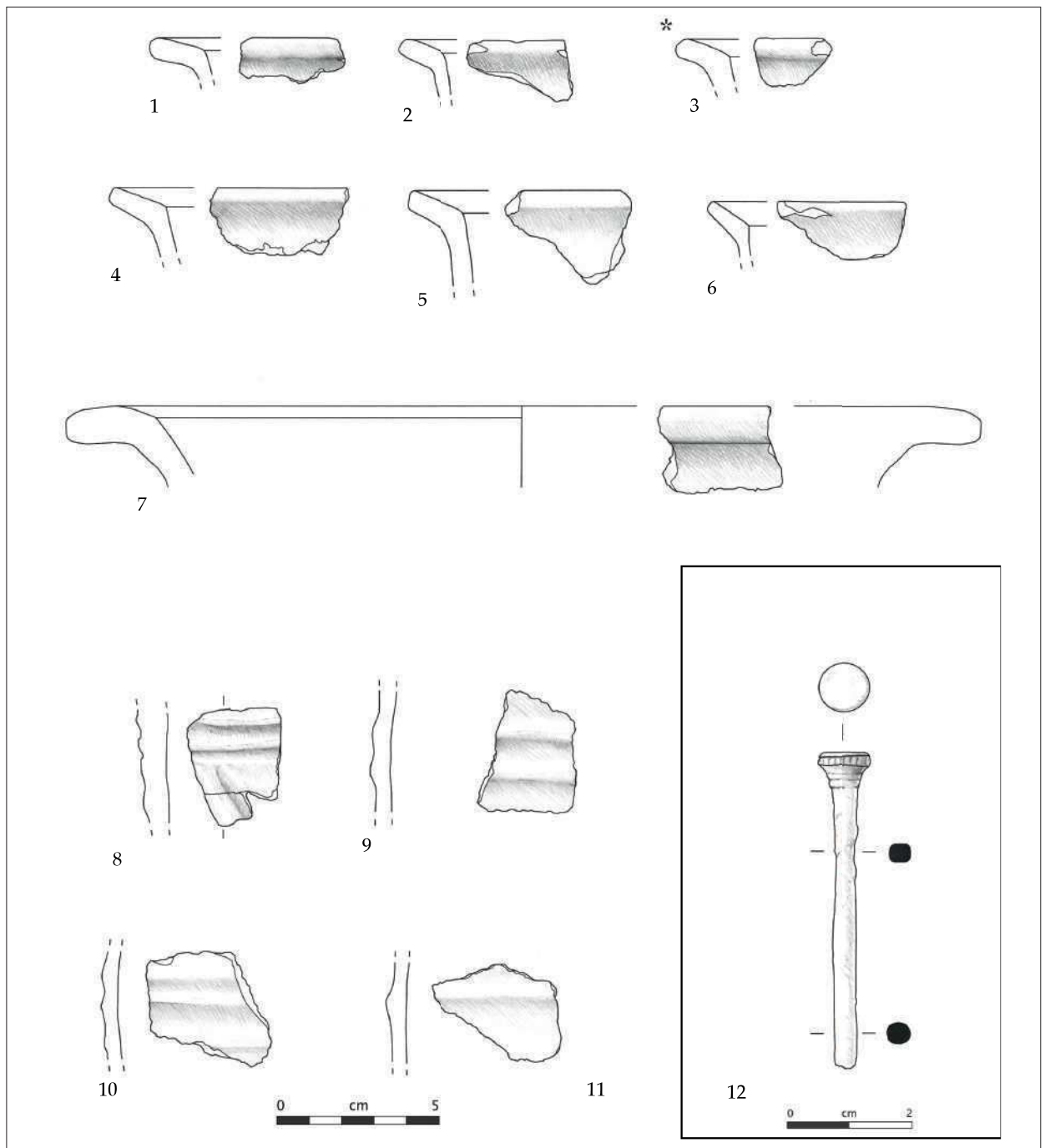


Fig. 30. Materiali ceramici dai settori B e C (dis.: L. Stefan).

Fig. 30. Datable pottery fragments from excavation areas B and C (drawings: L. Stefan).

Frammento di orlo a tesa ingrossato internamente e distinto da spigolo; bordo appiattito e inclinato verso l'esterno; parete a profilo rettilineo. Sembra pertinente a un vaso troncoconico.

Questo elemento tipologico è attribuibile alla *facies* Luco/Laugen A e trova confronti sia in ambito trentino (cfr. MARZATICO 2001, fig. 14.11 e p. 387; MARZATICO 2012, pp. 192-193) che in Alto Adige, come ad Appiano S. Paolo/Eppan St. Pauls (KAUFMANN 2015, p. 93, tav. 8.4).

Orlo a tesa (Figg. 29.4-10; 30.1-6)

Frammenti di orlo a tesa distinto all'interno da spigolo e con parete a profilo rettilineo.

Dal grado di inclinazione dei tratti conservati di parete, si direbbero pertinenti a forme profonde.

Si tratta di un elemento tipologico riferibile alla *facies* Luco/Laugen A⁹.

⁹ Cfr. MARZATICO 2001, fig. 14.9, 10, 19-21 e p. 387; MARZATICO 2012, pp. 192-193. Sulle varietà degli orli a tesa della *facies* Luco/Laugen A si veda anche il contesto di Salerno - Dos de la Forca (PISONI, TECCHIATI 2019, pp. 118-120).

Orlo a tesa a doppio spigolo interno (Fig. 30.7)

Frammento di orlo a tesa orizzontale caratterizzato da due spigoli interni: uno complanare al piano della bocca e uno poco al di sotto.

Orli di questo tipo, ossia “sfaccettati”, non rientrano nel repertorio del tardo Bronzo del Trentino se non occasionalmente (Groa di Sopramonte – strato B2, PERINI 1979, fig. 9.4) e rimandano all’ambito dei Campi d’Urne, come proposto a proposito di analoghi esemplari provenienti dal Friuli e dal Carso, dove sono datati in prevalenza alle fasi BzD-HaA, pur essendo presenti anche in contesti più tardi (da ultimo e per la bibliografia: MORO, TASCA 2010, p. 121, nota 39, p. 129, fig. 12.129).

Decorazioni a cordoni lisci (Fig. 30.8-11)

Frammenti di parete con: cordone liscio singolo

(11); due cordoni lisci paralleli (9,10); due cordoni lisci paralleli e un cordone obliquo (8). Queste decorazioni sono relativamente comuni nel Bronzo Recente e Finale trentino.

Spillone con capocchia a chiodo (Fig. 30.12)

Proviene dal settore B, purtroppo non da contesto stratigrafico. Ne è conservata circa la metà, ossia la capocchia appiattita con sezione trasversale sub trapezoidale, a lati concavi, e parte del gambo. La capocchia è decorata con brevi e fitte incisioni verticali sulla massima espansione e con 3 incisioni orizzontali appena al di sotto, nel tratto di giunzione al gambo. Due esemplari simili provengono dal sito della tarda età del Bronzo di Appiano S.Paolo/Eppan St.Pauls. Recentemente Kaufmann ne ha proposto la datazione al passag-

Provenienza	Campione	Materiale	Codice Laboratorio	Età radiocarbonica (BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Età calibrata (1 σ)		Età calibrata (2 σ)	
2005 US 86 sez. 3	PVM 10	carbone	DSH8294_C	3080 \pm 33	-25.6 \pm 0.1	1406 – 1370 cal BC 1360 – 1296 cal BC	35% 65%	1426-1260 cal BC	100%
2006 Q B5 US 73	PVM 15	carbone	DSH8293_C	3111 \pm 28	-24.2 \pm 0.2	1424 - 1384 cal BC 1340 - 1310 cal BC	59% 41%	1436-1295 cal BC	100%

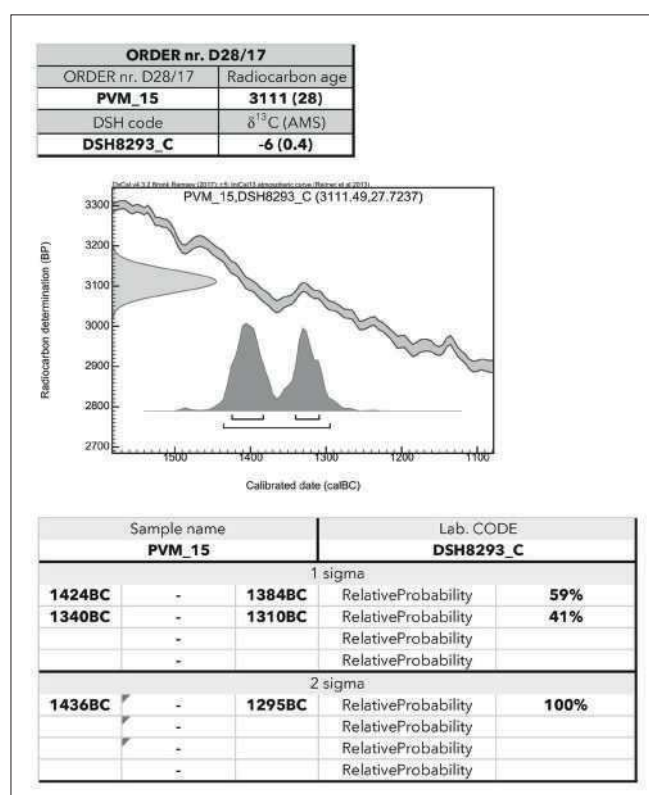
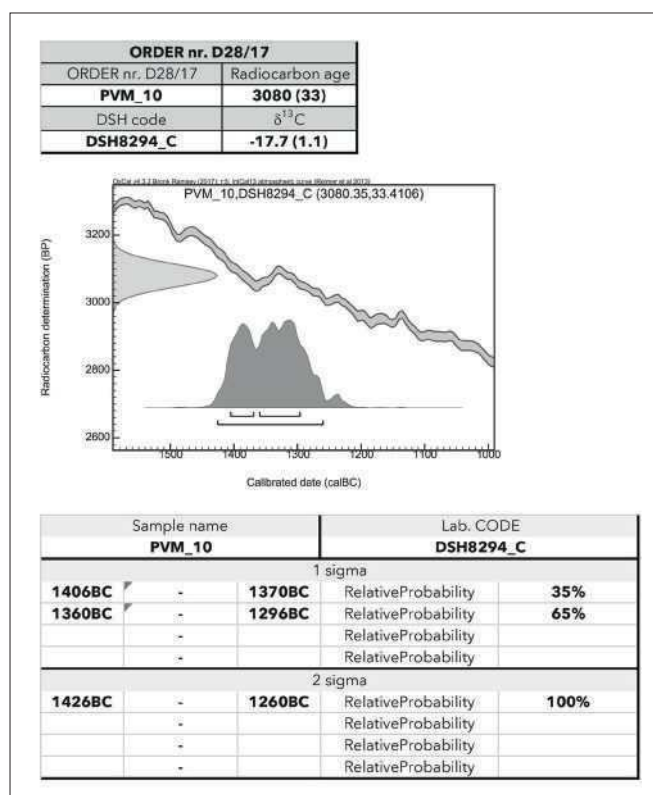


Fig. 31. Dati dei campioni PVM 10 e 15 e risultati delle analisi al radiocarbonio. Calibrazione eseguita col programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13, dati atmosferici (REIMER *et alii* 2013). Per il grafico cfr. PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

Fig. 31. Radiocarbon dates from samples PVM 10 and 15, calibrated with OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13, atmospherical data (REIMER *et alii* 2013). For the multi-plot see PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

Provenienza	Campione	Materiale	Codice Laboratorio	Età radiocarbonica (BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Età calibrata (1 σ)		Età calibrata (2 σ)	
2009 Q C11 US 84	PVM_79	carbone	DSH8308_C	3028 \pm 30	-25.7 \pm 0.1	1373-1356 cal BC 1302-1224 cal BC	16% 84%	1395-1332 cal BC 1326-1194 cal BC 1140-1134 cal BC	26% 73% 1%

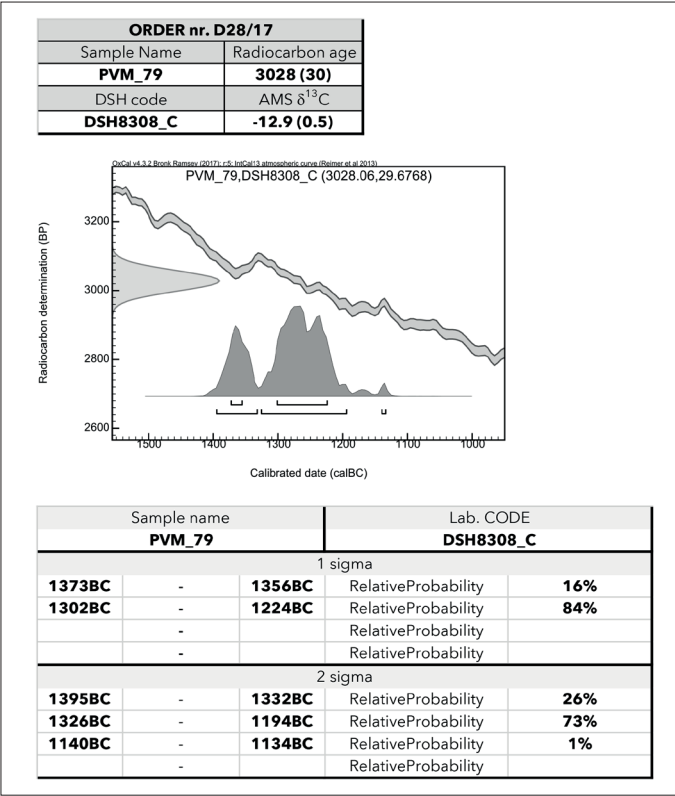


Fig. 32. Dati del campione PVM 79 e risultati delle analisi al radiocarbonio. Calibrazione eseguita col programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13, dati atmosferici (REIMER *et alii* 2013). Per il grafico cfr. PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

Fig. 32. Radiocarbon dates from sample PVM 79, calibrated with OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13, atmospheric data (REIMER *et alii* 2013). For the multi-plot see PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

gio BzD/HaA1 o alla fase HaA1 (KAUFMANN 2015, p. 96, tav. 6, 2-3 e bibl. rel.).

Le datazioni radiocarboniche

Sono tre le datazioni radiocarboniche eseguite su carboni provenienti dal sito, tutti pertinenti alla fase di attività delle strutture piro-tecnologiche meglio documentate. Si tratta dei campioni: PVM 79, proveniente da US 84, deposito carbonioso relativo all'attività del letto di arrostitimento US 50; PVM 10, proveniente da US 86 e PVM 15, proveniente da US 73, deposito carbonioso in fase con l'attività del forno US 77.

Le datazioni sono state affidate dall'Ufficio Beni Archeologici al laboratorio CIRCE (*Center for Isotopic Research on Cultural and Environmental Heritage* dell'INNOVA, presso la seconda Università di Napoli) di Caserta. La datazione convenzionale al radiocarbonio è stata corretta per gli effetti di frazionamento isotopico naturale mediante la misura del $\delta^{13}\text{C}$ effettuata tramite EA-IRMS.

Gli estremi ottenuti per due dei tre campioni analizzati (PVM 10 e PVM 15: calibrazione a 2 σ)

indicano la loro pertinenza a un periodo compreso tra la seconda metà del XV e la prima metà del XIII secolo cal BC (Fig. 31). Tenendo conto anche del campione PVM 79 (Fig. 32) il limite inferiore dell'arco cronologico potrebbe scendere all'inizio del XII sec.a.C. I tre campioni sarebbero pertanto compatibili con una o più fasi di frequentazione collocabili tra il 1400 (1395) e il 1290 (1292) a.C., oppure tra il 1440 (1436) e il 1130 (1134) a.C. Tali risultati non coincidono esattamente con le osservazioni scaturite dall'esame del materiale archeologico che, quando sufficientemente diagnostico, è attribuibile alla *facies* archeologica Luco/Laugen A (BR2-BF1/2; XII-XI sec.a.C. circa). Va tuttavia aggiunto che, come già detto, gli orli a tesa orizzontali o fortemente inclinati, uno degli elementi tipologici ceramici maggiormente attestati nelle UUSS 73 e 86 (da cui rispettivamente i campioni PVM 15 e PVM 10) sono già attestati nella prima fase del Bronzo Recente sud alpino (Dos Gustinaci). Se si accettasse questa attribuzione, si avrebbe un maggiore avvicinamento tra crono-tipologia e cronologia radiometrica (in particolare la forbice 1440 – 1130 a.C.). Rimane il problema di una datazione nell'ambito del XV sec. a.C. che non vi è modo di giustificare su base tipologica,

ma che potrebbe trovare spiegazione o nella natura dei campioni (effetto *old wood*), o nell'originaria provenienza dei campioni da livelli più profondi, che sono stratigraficamente documentati.

Conclusioni

Le indagini archeologiche condotte sul sito fusorio di Luserna - Platz Von Motze tra il 2005 e il 2016 hanno reso possibile una lettura omogenea, anche se non integrale, dell'area di scavo e in particolare dell'intero settore B. È stato cioè possibile identificare un complesso sistema di strutture che si presumono funzionalmente legate tra loro nell'ambito delle attività di estrazione del metallo da minerali cupriferi attraverso processi di scorificazione.

Particolare rilievo hanno le strutture UUSS 140, 76, 74, 77, 150, le quali mostrano forti analogie dal punto di vista strutturale, nonché una precisa relazione spaziale, essendo tutte disposte al piede del debole pendio sul lato est del dosso presente lungo il limite ovest del sito e allineate in batteria lungo un asse N-S. Le forti tracce di attività combustive, presenti sia nei depositi interni ed esterni delle strutture che sulle superfici delle strutture stesse, induce ad attribuire a queste unità la funzione di apparati fusori allineati lungo un unico fronte di lavorazione. In alcuni di essi (UUSS 140, 76 e 150) si è altresì notato un probabile uso protratto nel tempo, evidenziando, in questo modo, più fasi di utilizzo che, date le condizioni ambientali del sito, potrebbero avere avuto cadenza stagionale. Il mediocre stato di conservazione delle strutture fusorie, suggerisce inoltre la possibilità che le stesse venissero abbandonate dopo l'ultimo utilizzo e ricostruite o risistemate all'inizio della nuova stagione.

Subito a est dei forni fusori, dove il terreno si fa pianeggiante, sono invece di particolare interesse le strutture UUSS 134, 50, 170, 177. Estremamente simili tra di loro, sono anch'esse allineate lungo un asse N-S e disposte a valle rispettivamente delle strutture fusorie UUSS 140, 74, 76, 150, 77. Le caratteristiche emerse dall'indagine suggeriscono di interpretarle come "letti di arrostitimento" o quantomeno come strutture in qualche modo correlate agli apparati disposti più a monte.

Un caso a sé stante è rappresentato dall'unità 48, la quale identifica una sistemazione ordinata di scorie grossolane, posizionata all'interno di un avvallamento (US 158) poco profondo (circa 0,80 m) presente tra gli "apparati fusori" e i cosiddetti "letti di arrostitimento". Questa anomalia, particolarmente apprezzabile nella parte più settentrionale del settore B (nei pressi delle UUSS 76, 77, 78, 150, 50), sembra verosimilmente proseguire verso sud e verso nord, forse comprendendo anche le evidenze visibili nel profilo della sezione 2 all'interno del settore C.

A integrazione del contesto generato da questa teoria di simmetrie strutturali, si è notato, soprat-

tutto lungo il limite sud del sito, un sistema di unità negative costituite da due grosse buche (UUSS 91 e 100), colmate da depositi eterogenei compatibili con la complessità delle attività fusorie circostanti, e da altre buche di minori dimensioni (UUSS 97, 98, 103, 104, 105, 106, 107, 108). Queste ultime sono state individuate all'interno del deposito naturale, dopo l'integrale rimozione di tutti i depositi antropogenici soprastanti. Non essendovi all'interno di queste unità particolari strutturazioni, né materiali tipologicamente datanti, non è facile attribuire loro una specifica funzione né una sicura collocazione cronologica.

I materiali datanti associati alle strutture sono relativamente pochi, come di consueto nei siti fusori del versante meridionale delle Alpi centro-orientali, e attribuibili alla fase A della cultura Luco/Laugen (BR2-BF1/2), anche se non si può escludere, per alcune forme, una possibile attribuzione alla *facies* di Dos Guistinaci, databile a una fase iniziale del Bronzo Recente. Questa ipotesi, come si è detto, sarebbe più prossima (anche se non completamente sovrapponibile) alle datazioni radiometriche che indicano una frequentazione del sito già nel corso del XV sec. a.C.

Il sito di Luserna - Platz von Motze rappresenta un importante caso studio per la conoscenza delle dinamiche e dei processi legati alla produzione archeometallurgica protostorica sul versante meridionale delle Alpi. L'estensione areale delle ricerche ha permesso di identificare con sufficiente chiarezza le strutture utilizzate nelle varie fasi della lavorazione e di capire l'uso degli spazi dove si svolgevano le diverse attività. Una prima indicazione che emerge dall'analisi dei dati è quella della regolarità e della serialità delle strutture e della loro adattabilità alle caratteristiche morfologiche del sito.

Il sito di Luserna non si trova in prossimità di affioramenti di minerali di rame, i più vicini infatti si trovano a circa 10 chilometri di distanza, a Calceranica e a Vetriolo. Questo dimostra, ancora una volta, che la posizione dei siti produttivi non era determinata dalla vicinanza con le fonti di approvvigionamento ma da altri fattori come la presenza di acqua e l'abbondanza di legname.

Nel territorio della provincia di Trento, in particolare sugli Altopiani di Lavarone, Luserna e Vezzena, in Val dei Mocheni e in Val di Cembra, è testimoniata, durante l'età del Bronzo Recente e Finale, un'attività di produzione metallurgica di dimensioni quasi industriali che con ogni evidenza rispondeva a una domanda di materia prima, il rame, che non poteva provenire solo dai mercati locali.

In effetti, durante lo stesso periodo in ambito europeo e mediterraneo, si assiste allo sviluppo di una complessa organizzazione della produzione e della diffusione di oggetti e strumenti metallici. Ciò presuppone l'esistenza di un articolato sistema economico che gestisce relazioni culturali a lunga distanza e controlla circuiti di traffico commerciale internazionale.

È in questa vastissima rete di rapporti che caratterizza il "sistema-mondo" europeo dell'età del Bronzo che si inserisce, certamente con un ruolo non

secondario, il sistema di produzione metallurgica del Trentino in età protostorica, e nel quale agisce anche il sito di Platz von Motze.

Bibliografia

- ADDIS A., ANGELINI I., NIMIS P., ARTIOLI G. 2016, *Late Bronze Age copper smelting slags from Luserna (Trentino, Italy): interpretation of the metallurgical process*, "Archaeometry", 58, 1 (2016), pp. 96–114, doi: 10.1111
- BELLINTANI P., SILVESTRI E., BASSETTI M., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., NICOLIS F., PAGAN N., PEARCE M. 2021, *Fare rame: quadro di sintesi su siti e strutture produttive della metallurgia primaria protostorica del Trentino*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BRONK RAMSEY C. 2009, *Bayesian analysis of radiocarbon dates*, "Radiocarbon", 51 (1), pp. 337–360.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen*, "Der Anschnitt", Beiheft 22 (= Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 163), Bochum.
- DAL PIAZ G.V. (a cura di) 1988, *Carta geologica del Veneto, Note illustrative*, Firenze.
- KAUFMANN G. (Hrsg.) 2015, *Archäologie des Übergang/Archeologia dell'Oltradige*, Collana del Museo Archeologico dell'Alto Adige, 5.
- LEITNER W. 1988, *Eppan-St.Pauls, eine Siedlung der späten Bronzezeit. Ein Beitrag zur inneralpinen Laugen/Melaun-Kultur*, "Archaeologia Austriaca", 72, pp. 1–90.
- MARZATICO F. 1979, *Fiavé Dos Gustinaci (Valli Giudicarie). Scavi 1976*, "Preistoria Alpina", 15, pp. 57–72.
- MARZATICO F. 2001, *L'età del Bronzo Recente e Finale*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di), *Storia del Trentino I. La preistoria e la protostoria*, pp. 367 – 416.
- MARZATICO F. 2012, *La cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti*, in A. ANGELINI, G. LEONARDI (a cura di), *Il castelliere di Castel de Pedena. Un sito di frontiera del II e I millennio a.C.*, Saltuarie dal laboratorio del Piovego, 9, pp. 177–204.
- MORO G., TASCA G. 2010, *Gradisce di Codroipo (UD): ceramica dall'US 61*, "Gortiana", 32, pp. 111–138.
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2021, *L'inizio della seconda fase della coltivazione del rame nel Trentino – Alto Adige/Südtirol*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- PERINI R. 1979, *Area culturale preistorica sulla Groa di Sopramonte (Trento)*, "Studi Trentini di Scienze Storiche", LVIII, II, n. 1, pp. 41–65.
- PISONI L., TECCHIATI U. 2019, *La ceramica e i fittili non vascolari del Bronzo finale provenienti dall'ustrinum/luogo di culto funerario di Salorno Dos de la Forca (Cava Girardi) (BZ). Inquadramento cronologico e culturale*, "Padusa", LV, 2019, pp. 113–174.
- PREUSCHEN E. 1965, *Das urzeitliche Kupfer-Verhüttungsgebiet von Lavarone (Trentino)*, "Der Anschnitt", 17, H. 4–5, pp. 8–13.
- REIMER P.-J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK E., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDELRSON T.P., HAFLIDASON H., HAJDEAS I., HEATON A.G., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER F.F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J. 2013, *Intcal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP*, "Radiocarbon", 55 (4), DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947.
- STEINER U. (Hrsg./a cura di) 2007, *Die Befestigte Siedlung am Ganglegg im Vinschgau – Südtirol/L'insediamento fortificato di Ganglegg in Val Venosta – Alto Adige*, Beni Culturali in Alto Adige – Studi e Ricerche – Vol. 3.
- STURANI C. 1973, *Veneto Occidentale e Dolomiti*, in A. DESIO, *Geologia dell'Italia*, pp. 310–311.

I SITI FUSORI DI TRANSACQUA LOCALITÀ PEZHE ALTE E ACQUEDOTTO DEL FAORO. RICERCHE 2007 E 2008

Paolo Bellintani, Nicola Degasperi, Michele Bassetti, Lisa Volpe, Carmela Vaccaro

Riassunto

Nella valle di Primiero o del Cison, all'estremità orientale della provincia di Trento e più precisamente nel territorio di Transacqua (comune di Primiero San Martino di Castrozza), sono stati indagati due siti fusori, distanti circa 500 m in linea d'aria uno dall'altro: Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro.

Le prime indagini sulla metallurgia preistorica della Valle di Primiero, come di tutto il Trentino orientale, furono eseguite da Ernst Preuschen che segnalò qui due siti fusori (Pezhe Alte 1 e 2) di cui uno probabilmente corrispondente al nostro "Pezhe Alte". Il Primiero non è stato invece preso in esame nelle ricerche realizzate dall'Ufficio Beni archeologici di Trento, in collaborazione con il *Deutsches Bergbau-Museum* di Bochum, tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso (CIERNY 2008).

Il sito archeometallurgico di Pezhe Alte, databile tra Bronzo Recente e Bronzo Finale iniziale (ca XIII-XII sec.a.C.) sulla base della tradizionale crono-tipologia dei materiali ceramici, ma con datazioni radiometriche che vanno dalla seconda metà del XV al XIII secolo cal BC, presenta aspetti specifici e caratteristici, rispetto ad altri analoghi contesti trentini.

Dal punto di vista dimensionale (ca. 1157 m²) può definirsi un sito di medie dimensioni, con deposito di scorie, prevalentemente del tipo piatto, ma anche grossolano, stimato tra 100 e 200 tonnellate, mentre è assente la cosiddetta "sabbia di scorie". La presenza di strutture pirotecniche dedicate al trattamento diretto del minerale di rame (forni e letti di arrostitimento), è indiziata per ora solo da tracce indirette (concoiti in giacitura secondaria alla base della discarica di scorie).

Nell'area sud del settore di scavo, la piccola struttura da fuoco US 517 sembra riferibile a un "focolare" che, grazie ad analisi effettuate con microscopio petrografico, SEM-EDS e micro-raman, sembrerebbe riferibile al trattamento termico di locali rocce metamorfiche per la produzione di sabbia a base di quarzo, che potrebbe essere stata utilizzata nel processamento dei solfuri di rame.

Il contesto indagato in loc. Acquedotto del Faoro, datato radiometricamente tra la fine del XIV e l'XI secolo cal. BC, sembra riferibile ad un "letto di arrostitimento". Si tratta della parte terminale, larga ca. 2,50 m, di una piattaforma quadrangolare, delimitata da pietrame di varie dimensioni e con preparazione del fondo realizzato con frammenti di scorie piatte. La sequenza stratigrafica sembra riferibile ad almeno due cicli di attività. Nel territorio sud-alpino, altre due aree indagate con scavi regolari e relativamente estesi hanno restituito strutture confrontabili con quella in esame: Cortaccia/Kurtatsch (NOTHDURFTER 1993; NOTHDURFTER, HAUSER 1986) e Luserna – Platz Von Motze (BELLINTANI *et alii* 2010, p. 279; SILVESTRI *et alii* 2015a, p. 373 fig.10; NICOLIS *et alii* 2021).

Summary

Between 2007 and 2008, in the Primiero area, the Archaeological Heritage Office of Trento investigated two smelting sites, Pezhe Alte and Acquedotto del Faoro. Both are relatively close to each other, around 500 m as the crow flies, and are located in the Primiero Valley, also known as Cison Valley, at the eastern fringes of the province of Trento, in the territory of Transacqua (municipality of Primiero San Martino di Castrozza). The first investigations of prehistoric metallurgy in the Primiero Valley were carried out by Ernst Preuschen who reported two smelting sites (Pezhe Alte 1 and 2), one of which probably corresponds to our "Pezhe Alte". The area was not examined in the context of the collaborative works of the Archaeological Heritage Office of Trento and the *Deutsches Bergbau-Museum* Bochum (CIERNY 2008), so our knowledge on that area was very limited up until recently. The smelting site of Pezhe Alte can be dated between Recent Bronze Age and the initial phases of the Final Bronze Age (ca. 13th -12th century BC) on the basis of the traditional chrono-typology of ceramic materials, while radiocarbon dates are partly significantly older, ranging from the second half of the 15th to the 13th century BC. The site presents specific and characteristic aspects, compared to other similar contexts from Trentino. Regarding its size it can be considered a medium-sized site, covering approximately 1157 m². The deposit, estimated to ca. 100 to 200 tons, consists mainly of plate slag and coarse slag, while the so-called "slag sand" is absent. The presence of pyrotechnic structures dedicated to the production of copper (furnaces and roasting beds) can only be assumed on the basis of pieces of burnt furnace lining, found in secondary position at the base of the slag dump. In the southern part of the excavation area, the small pyrotechnical structure US 517 seems to refer to a "hearth"

which, thanks to analyses carried out with a petrographic microscope, SEM-EDS and micro-Raman, seems to be related to the treatment of local metamorphic rocks for the production of quartz sand, which may have been used in the processing of the sulfidic copper ore.

The context investigated in loc. Acquedotto del Faoro, dated radiometrically between the end of the 14th and the 11th century BC, seems to consist of the remnants of a roasting bed, cut by a forest road. It is the terminal part, approx. 2.50 m wide, of a quadrangular platform, bordered by stones of various sizes. The bottom was neatly laid out with plate slag fragments. The stratigraphic sequence seems to refer to at least two cycles of activity. In the south-alpine territory, two other areas investigated with regular and relatively extensive excavations have returned structures comparable to the one in question: Cortaccia/Kurtatsch (NOTHDURFTER 1993; NOTHDURFTER, HAUSER 1986) and Lu-serna - Platz Von Motze (BELLINTANI et alii 2010, p. 279; SILVESTRI et alii 2015a, p. 373 fig. 10; NICOLIS et alii 2021).

Parole chiave: metallurgia primaria del rame; scorie; letto di arrostitimento; analisi micromorfologiche, analisi SEM-EDS, età del Bronzo Recente - Finale.

Key words: copper smelting; slags; roasting bed; micromorphological analyses; SEM-EDS analyses; recent-final Bronze Age.

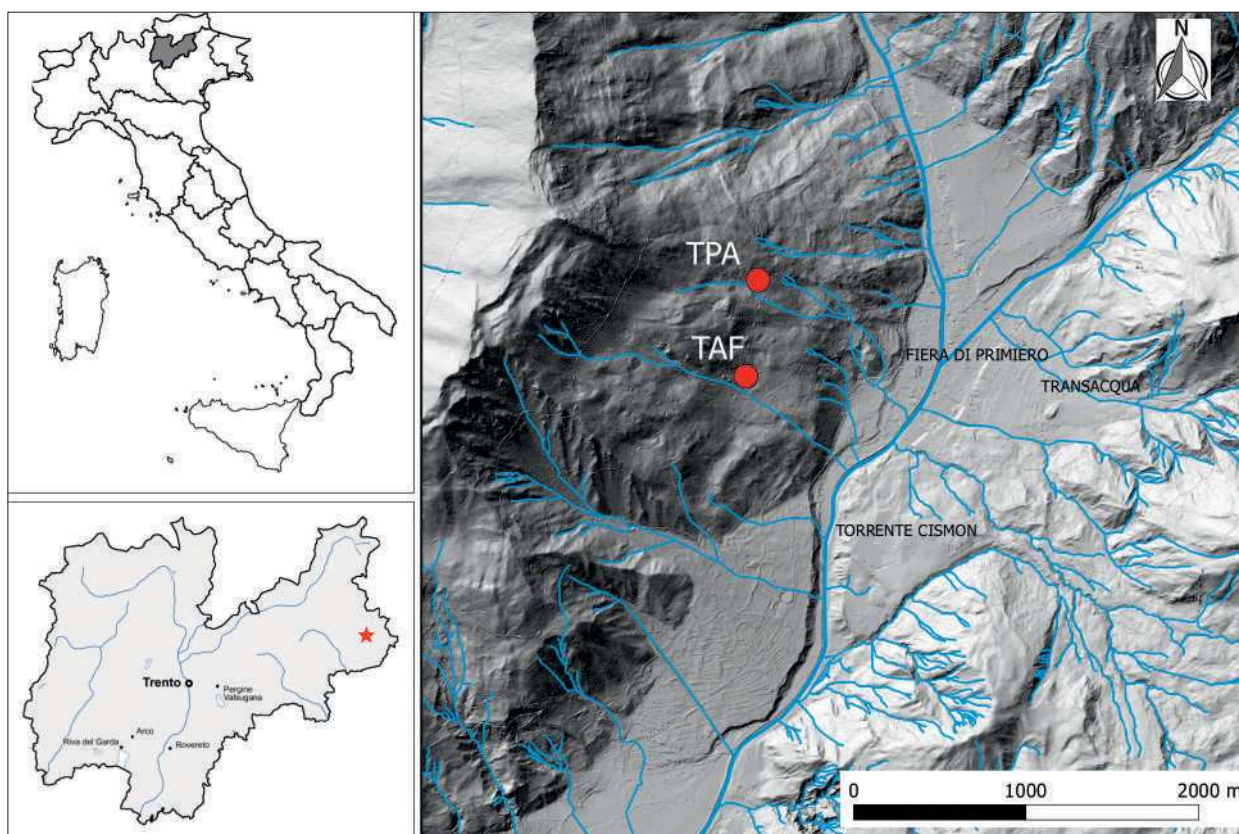


Fig. 1. Inquadramento geografico e topografico dell'areale in esame (comune di Primiero – frazione di Transacqua), con i siti oggetto della ricerca: le loc. Pezhe Alte (TPA) e Acquedotto del Faoro (TAF) (elaborazione grafica C. Maggioni).

Fig. 1. Geographic and topographic maps of the area (municipality of Primiero – village of Transacqua) with the position of the sites: Pezhe Alte (TPA) and Acquedotto del Faoro (TAF) (graphic C. Maggioni).

Introduzione

La valle di Primiero o del Cismon, dal nome del torrente che nasce a nord del Passo Rolle (1984 m s.l.m.) e la attraversa, è situata nel Trentino Orientale. Mette in comunicazione il Primiero con il Feltrino (BL) e la Valsugana ed è delimitata da imponenti gruppi montuosi: a Nord-Est le Pale di San Martino, a Nord-Ovest il Lagorai e a sud le Vette Feltrine (Fig. 1).

Lo sfruttamento minerario della Valle (rame, ferro, piombo, argento) è stato particolarmente intenso tra il XV e il XVI secolo d.C., sotto l'egida dei conti Welsperg legati alla casa d'Austria, ma alcune miniere sono rimaste attive fino al XX secolo (ZANETEL 1993).

Una delle aree fusorie preistoriche individuate alle pendici del Monte Bedolé (loc. Scudele), coincide approssimativamente con un sito di estrazione di minerali di rame e di ferro documentato in età moderna lungo la "Via Nova", poco sopra l'abita-



Fig. 2. Panoramica del Monte Bedolè (da est).
Fig. 2. Panoramic view of Mount Bedolè (from east).

to di Mezzano. I siti fusori oggetto di scavo (Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro) si trovano sempre sul Monte Bedolè (Fig. 2), a circa 2 chilometri da Col-santo, sito di estrazione di minerali di ferro e di rame attivo prima del 1450 (ZANETEL 1993, p. 14, n. 8; p. 16).

Le prime indagini sulla metallurgia preistorica della Valle di Primiero, come di tutto il Trentino orientale, furono eseguite da Ernst Preuschen (1973, p. 143). L'ingegnere minerario austriaco segnalò qui due siti fusori: Pezhe Alte 1 e 2. Il primo è indicato come "piccola fonderia" a quota 1100 m s.l.m. e prossimo a un ruscello. Il secondo sarebbe di maggiori dimensioni e ubicato a quota 1270 m s.l.m. La quota e la definizione di "piccola fonderia" di Pezhe Alte 1 ben si adattano al "Pezhe Alte" della ricerca effettuata dall'Ufficio BB.AA. di Trento¹, ma ciò non permette di stabilire con certezza l'equivalenza delle due segnalazioni, data la presenza di altre aree fusorie su questo versante della valle. Il Primiero non è stato invece preso in esame nelle ricerche dell'Ufficio Beni archeologici di Trento e del *Deutsches Bergbau-Museum* di Bochum, tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso (CIERNY 2008).

Inquadramento geologico, geomorfologico e minerario (MB)

La Valle di Primiero (Fig. 3) si sviluppa da S. Martino di Castrozza (1487 m s.l.m.), in direzione NNW-SSE, verso Fiera di Primiero (710 m s.l.m.), per deviare gradualmente verso S fino ad assumere direzione NE-SW e confluire nel Fiume Brenta, in Valsugana. L'assetto geologico del territorio del Primiero è condizionato soprattutto dalla Linea della

Valsugana. L'importante lineamento tettonico attraversa in direzione WSW-ENE la valle all'altezza di Tonadico (750 m s.l.m.) e Transacqua (746 m s.l.m.) per proseguire verso Passo Cereda (1369 m s.l.m.) lungo la valle del Mis. La faglia è responsabile del forte innalzamento dell'area dolomitica rispetto alle Prealpi meridionali: a nord affiora il corpo intrusivo granitico di età permiana di Cima d'Asta (Cima d'Asta, 2847 m s.l.m.), mentre a sud, la successione sedimentaria permo-mesozoica delle Vette Feltrine (Sas de Mura, 2547 m s.l.m.).

Immediatamente a nord di Transacqua si sviluppa il caratteristico paesaggio dolomitico con l'affioramento della piattaforma carbonatica medio-triassica del Gruppo delle Pale di San Martino (Cima Vezzana, 3192 m s.l.m.), dominata da vette e grandi scarpate subverticali, mentre a NW contrastano le dolci dorsali del Lagorai ed il massiccio di Cima d'Asta.

L'evoluzione geomorfologica del territorio ha visto il concorso di numerose cause: tettoniche, litologiche, climatiche e antropiche. L'andamento di questo tratto della Valle del Cison è stato influenzato soprattutto dall'andamento delle linee di dislocazione tettonica dove fasce rocciose cataclastate erano più sensibili ai processi di degradazione meteorica.

Il modellamento ad opera dei cicli glaciali pleistocenici ha contribuito in misura minore all'attuale assetto morfologico della regione, mentre più rilevanti sono i processi successivi all'Ultimo Massimo Glaciale (UMG, 30.000-19.000 anni cal BP) (LAMBECK *et alii* 2002).

Il periodo di miglioramento climatico che segue, denominato Tardoglaciale, può essere considerato uno dei momenti più importanti nella storia delle trasformazioni del paleoambiente alpino. Durante questo intervallo, che si sviluppa approssimativamente tra 18-19.000 anni e 11.700 anni cal BP (IVY-OCHS *et alii* 2004; RASMUSSEN *et alii* 2014), avviene la completa deglaciazione e la configurazione dell'assetto morfologico attuale. Le vallate alpine furono interessate da una lunga fase di sedimentazione alluvionale durata approssimativamente da 15.000 a 8.000 anni cal BP, ovvero fino al primo Olocene (PELLEGRINI *et alii* 2005; CARTON *et alii* 2009). Questo quadro evolutivo concorda con il generale regime di miglioramento climatico instauratosi in questo periodo, durante il quale si innescarono una serie di processi geomorfologici, dominati essenzialmente dalla gravità e da processi di dilavamento da parte delle acque meteoriche, che portarono i versanti verso un nuovo profilo d'equilibrio. I depositi di accumulo glaciale vennero così erosi e i sedimenti rideposti nel fondovalle sotto forma di depositi alluvionali e di conoidi di versante. Imponenti falde di detrito ed estesi fenomeni franosi interessarono il

¹ Notizie preliminari sono state date in: BELLINTANI *et alii* 2010; SILVESTRI *et alii* 2014; SILVESTRI *et alii* 2015a; SILVESTRI *et alii* 2015b.

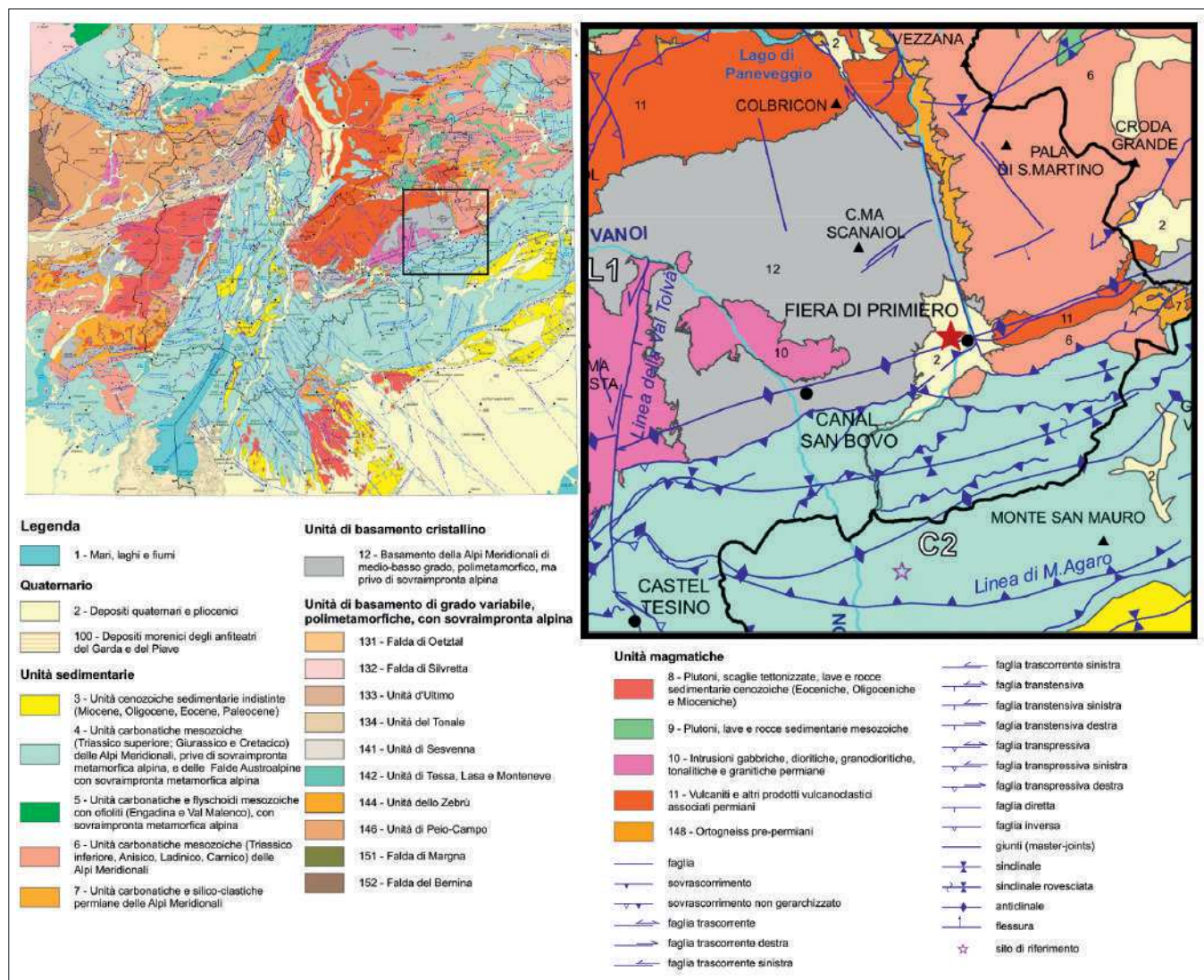


Fig. 3. Inquadramento geologico dei siti. La stella rossa indica la posizione dei siti Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro (modificata da: "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". Gennaio 2018 – 1°aggiornamento, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>).

Fig. 3. Geological map of the sites. The red star indicates the position of Pezhe Alte and Acquedotto del Faoro (after "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". January 2018 – 1°update, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>).

versante orientale del Monte Bedolè (1792 m s.l.m., Fig. 2) e costituirono il substrato su cui si svilupparono i siti di Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro. In particolare, alla formazione di questo deposito contribuirono i processi di degradazione delle pareti rocciose a gneiss e porfiroidi del Basamento metamorfico sudalpino (BRAGA *et alii* 1971).

Nel fondovalle, al periodo di sedimentazione alluvionale ne seguì uno preminentemente erosivo che incise gli antichi depositi fluviali. Questa fase erosiva, che perdura tuttora, non è stata continua nel tempo ma intervallata da momenti di stabilità con limitate fasi di sedimentazione. In questo arco di tempo, il generalizzato approfondimento della rete idrografica alpina, compresa quella del Torrente Cismon, ha portato alla formazione di numerose generazioni di terrazzi delimitati da ripide scarpate (CARTON *et alii* 2009).

L'attività metallurgica protostorica è stata molto probabilmente il primo importante fattore di impatto antropico sul territorio. Il sito di Pezhe Alte si colloca in prossimità dell'importante giacimento minerario di Siror-Transacqua e, pertanto, si ritiene molto probabile una connessione diretta con l'attività di estrazione dei locali minerali cupriferi. Il giacimento, incassato entro il Basamento metamorfico Sudalpino, è stato interessato da diffuse coltivazioni note fin dal Medioevo e consiste in una mineralizzazione a solfuri massicci polimetallici a pirite e pirrotina, galena, calcopirite, sfalerite, marcasite, arsenopirite, cassiterite, stannite, magnetite, bournonite, meneghinite, nonché minerali forti portatori di argento come freibergite e pirargirite, oltre a oro nativo (BRAGA *et alii* 1971; CASAGRANDE 2013).

A nord di Siror (765 m s.l.m.), in sinistra idrografica, è segnalato un giacimento a solfuri misti noto

con il nome di Terre Rosse, caratterizzato in prevalenza da pirite, con subordinate calcopirite, galena, blenda (BRAGA *et alii* 1971). Altre manifestazioni di minerali cupriferi a carattere filoniano si rinvennero piuttosto distanti dal sito, all'interno del massiccio granitico di Cima d'Asta (Monte Cima, Val Calamento e Val Campanelle), il più importante dei quali è il filone Valparolini esplorato e coltivato per i minerali di rame (BRAGA *et alii* 1971; CATTOI *et alii* 1995; ARTIOLI *et alii* 2015).

Molto note sono le miniere di siderite di Transacqua alle falde del Cimon di Fradusta (Miniera di Montevecchio) e in Valle Uneda (Miniera di S. Caterina) intensamente sfruttate nei secoli scorsi (BRAGA *et alii* 1971).

Modalità della ricerca (PB, ND)

Negli anni immediatamente successivi al 2000 è stata allargata e risistemata la strada forestale che collega i paesi di fondovalle (Transacqua e Fiera di Primiero) con Baita Zeni, a circa 1080 m s.l.m. sul versante orientale del Monte Bedolè. Tali lavori hanno portato alla luce un consistente strato di scorie, derivanti da processi estrattivi del rame, in loc. Pezhe Alte, a poche decine di metri da Baita Zeni (Fig. 4).

Per evitare ulteriori danneggiamenti al sito si è quindi proceduto a un intervento che permettesse di definire l'estensione e le principali caratteristiche dei depositi archeologici. In prossimità dei livelli archeologici esposti dai lavori stradali è stato aperto lo scavo di un'area di 61 m² (Settore 1).

Una serie di piccoli sondaggi è invece stata eseguita per verificare l'areale di dispersione dei principali indicatori archeologici, ossia le scorie fusorie (Fig. 5).

L'indagine si è estesa anche ad altre aree di affioramento di scorie fusorie sempre sul versante orientale del Monte Bedolè e in una di queste, detta "Acquedotto del Faoro" (Fig. 1), si è proceduto ad un piccolo saggio di scavo per indagare un contesto archeometallurgico, anch'esso danneggiato dai lavori stradali.

In generale, sembra esservi una stretta correlazione tra le attività metallurgiche protostoriche e la geomorfologia della zona in esame. I resti archeologici individuati sono costantemente associati a consistenti accumuli di frana che si dispongono in canali lungo il gradiente di versante. Tali corpi di frana costituiscono il naturale alveo di scorrimento di numerosi ruscelli che possono aver garantito il costante approvvigionamento dell'acqua necessaria alle lavorazioni.

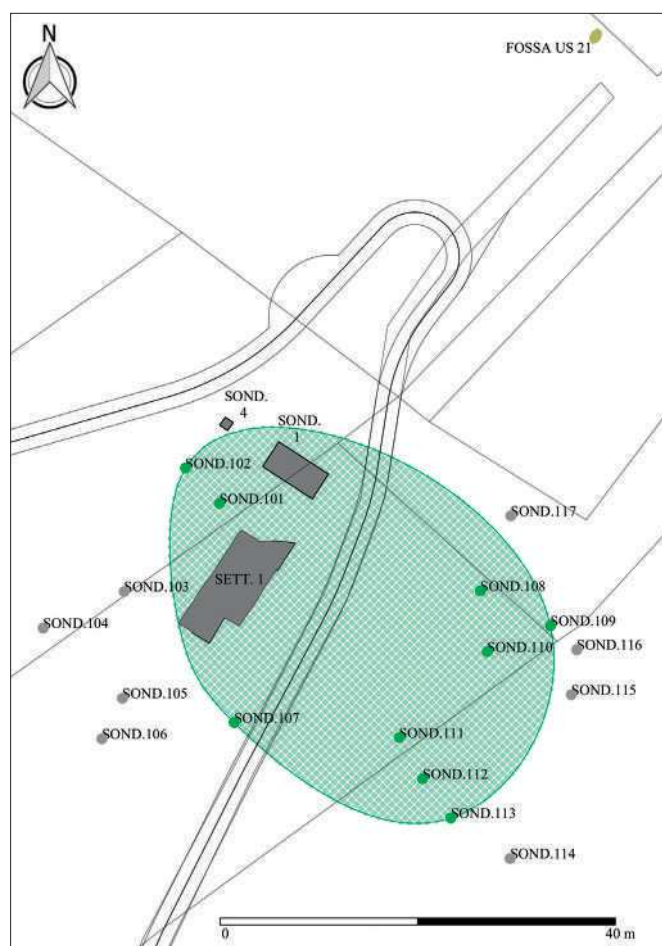


Fig. 4. L'affioramento di scorie di fusione sul fronte di ampliamento della strada forestale.

Fig. 4. The slag heap cut by a forest road.

Fig. 5. Transacqua Pezhe Alte: localizzazione dei saggi di scavo e delimitazione, mediante piccoli sondaggi, dell'areale di dispersione di scorie. In verde l'area dei sondaggi positivi (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 5. Transacqua Pezhe Alte: general plan of the excavation areas and test pits excavated in order to delimit the area of dispersion of the slags. In green the area where the test pits unearthed the archaeological deposit (graphic C. Maggioni and N.D.).



Pezhe Alte - Settore 1: il deposito archeologico (Fig. 14, Tab. I) (PB, ND)

Al di sotto dello strato di humus superficiale (US 1) è stato asportato lo strato colluviale (UUS 500=300) fino ad individuare una serie di fosse di dubbia interpretazione, ma sicuramente databili alle fasi storiche di frequentazione del sito, probabilmente di età medievale, come sembrano suggerire alcuni frammenti di ceramica "pettinata" rinvenuti in uno dei riempimenti (US 502) e in uno strato contiguo (US 3) (Fig. 6).

Sempre a momenti recenti di frequentazione del sito si possono ascrivere le strutture di pietre a secco US 4 e US 311, sorta di piccolo terrazzamento con andamento E-W (Fig. 7). Un esteso strato sabbioso colluviale (US 302), contenente scorie fusorie, carboni e frammenti ceramici in posizione caotica, è

stato interpretato come livello di abbandono delle sottostanti fasi protostoriche. Più sotto è stato individuato un potente deposito di scorie di fusione (prevalentemente del tipo piatto e in minor misura grossolane) (UUS 309, 312, 303, 328, 329, 325, 313). Tale deposito è collocato nella parte nord del settore e si trova quasi completamente all'interno di una marcata depressione del substrato naturale con andamento monte-valle (Figg. 8-10).

La scarsa matrice sabbiosa del deposito a scorie presenta: frequenti frammenti di legno carbonizzato; numerosi elementi in pietra (porfiroidi e gneiss) tra cui percussori, una piccola incudine e soprattutto frammenti di manufatti litici con fratture a spigolo vivo ed evidenti tracce di alterazione termica; frammenti ceramici che, quando tipologicamente diagnostici, risultano pertinenti a fasi avanzate dell'età del Bronzo. Alla base del deposito di sco-

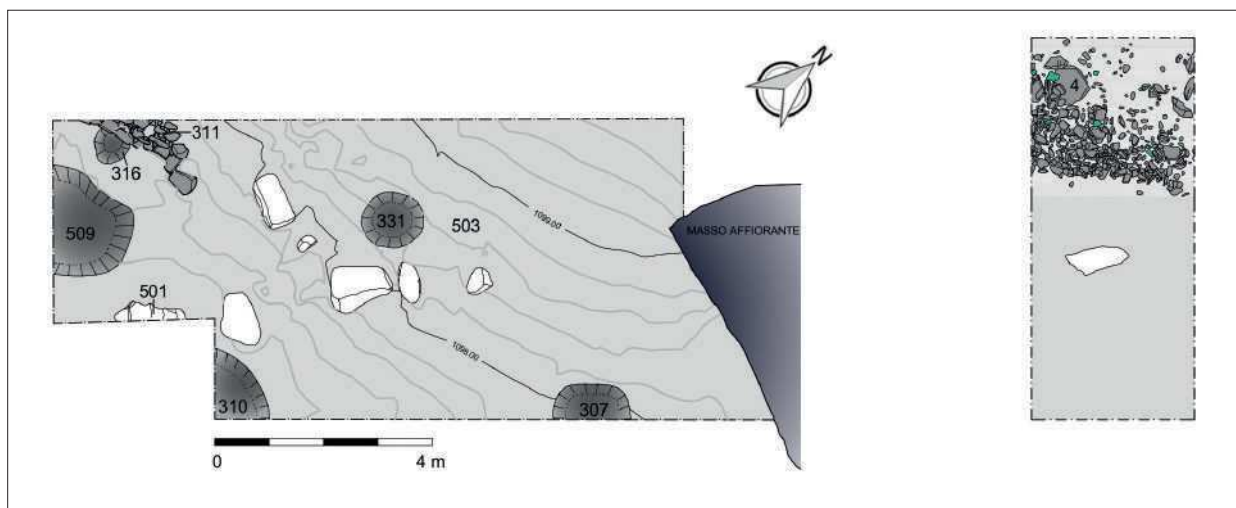


Fig. 6. Planimetria delle strutture (struttura a secco US 311 e serie di buche nel Sett. 1 e, a destra, massicciata di terrazzamento nel Sond.1) attribuite alla fase di frequentazione di epoca storica (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 6. Plan of the structures belonging to the historic frequentation phase: dry stone wall SU 311, series of holes in excavation area 1 and, to the right, an artificial terrace made of stones in test pit 1 (graphic C. Maggioni e N.D.).

Fig. 7. Il muretto a secco US 311 associato a resti ceramici medioevali.

Fig. 7. Dry stone wall SU 311 associated with medieval pottery.



Fig. 8 (a dx). Settore 1. Fase di scavo con il testimone che conserva gli accumuli di scorie di fusione.

Fig. 8 (right). Excavation area 1. Excavation of the slag heap with a balk showing the profile with the heap layers.

Fig. 9 (in basso). Settore 1. Sezione stratigrafica lungo il gradiente del versante, cfr. Fig. 8 (el. grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 9 (below). Excavation area 1. Profile, see Fig. 8 (graphic C. Maggioni and N.D.).

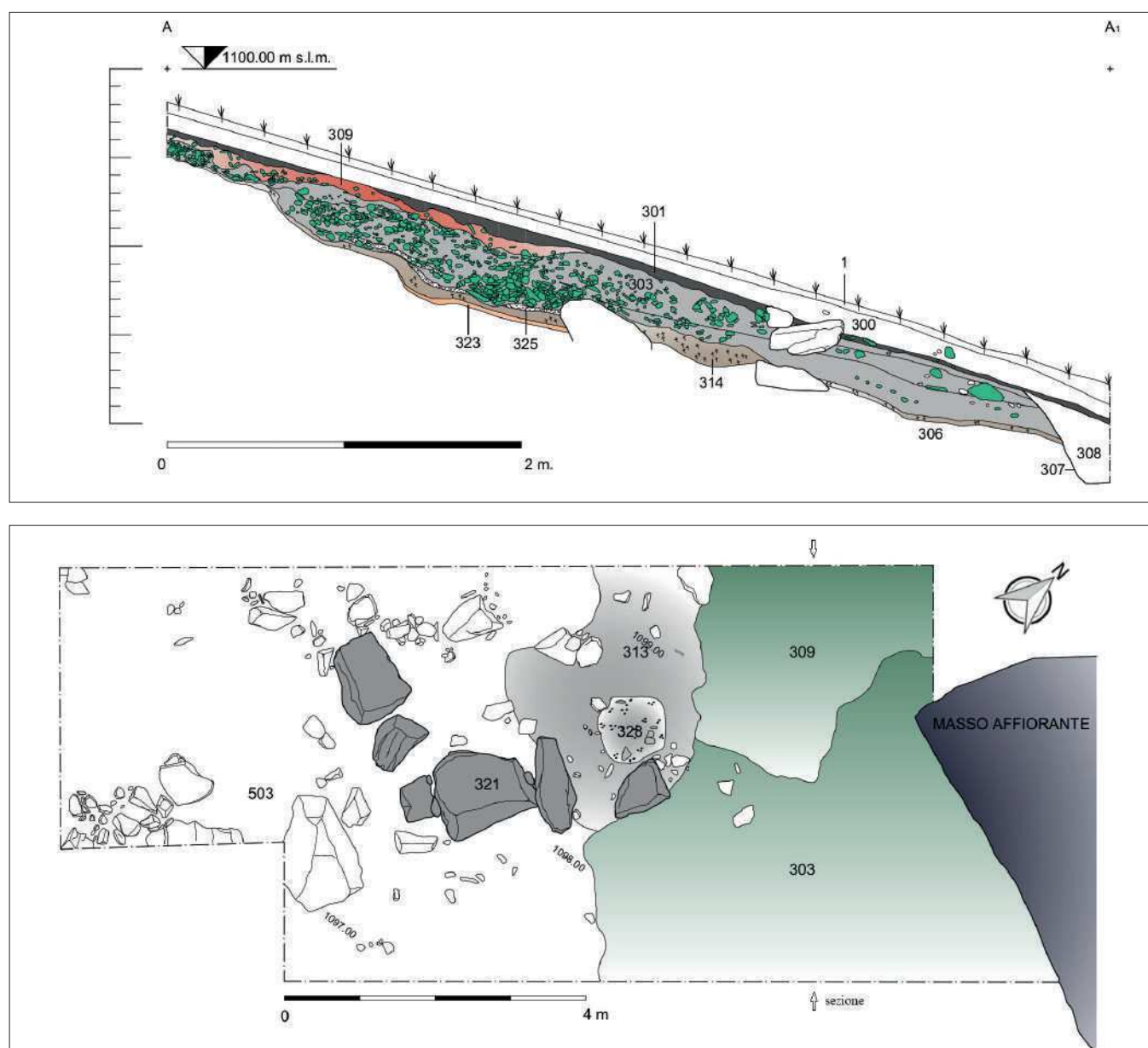


Fig. 10. Settore 1. Planimetria degli accumuli di scorie di fusione (in verde), la lente carboniosa US 313 (in grigio chiaro) e la struttura di terrazzamento US 321 (grigio scuro) (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 10. Excavation area 1. Plan with the slag heaps (in green), the charcoal layer SU 313 (light grey) and the stone structure SU 321 (dark grey) (graphic C. Maggioni and N.D.).

rie sono state rinvenute concentrazioni di noduli di concotto in giacitura secondaria, anche in frammenti di grandi dimensioni. Alcuni grossi massi affioranti dal substrato sembrano descrivere degli allineamenti artificiali (UUSS 315 e 321), costituendo una sorta di piccoli terrazzi sub-pianeggianti realizzati per creare dei piani di lavoro (Figg. 11-12).

Gli strati contenenti scorie sono stati campionati anche per la determinazione statistica del peso delle scorie stesse. A tale scopo sono stati prelevati 5 campioni integrali di 50 x 50 cm; in sede di laboratorio si è provveduto a pesare separatamente il contenuto di scorie di fusione e di pietrame contenuti nel sedi-

mento. L'indagine eseguita ha permesso di rilevare che il rapporto percentuale in termini di peso tra scorie e pietre costituenti lo scheletro degli scarichi localizzati è costante: 88% scorie, 12% pietre (Fig. 13) e che pertanto il peso complessivo delle scorie nel sito è ragionevolmente stimabile tra 100 e 200 tonnellate.

Procedendo verso sud il deposito presenta una matrice più sabbiosa e carboniosa, relativamente povera di scorie. È stata qui individuata una sequenza di depositi connessi ad attività pirotecniche caratterizzate da sedimento brunificato e rubefatto, abbondanti concotti (anche in aderenza

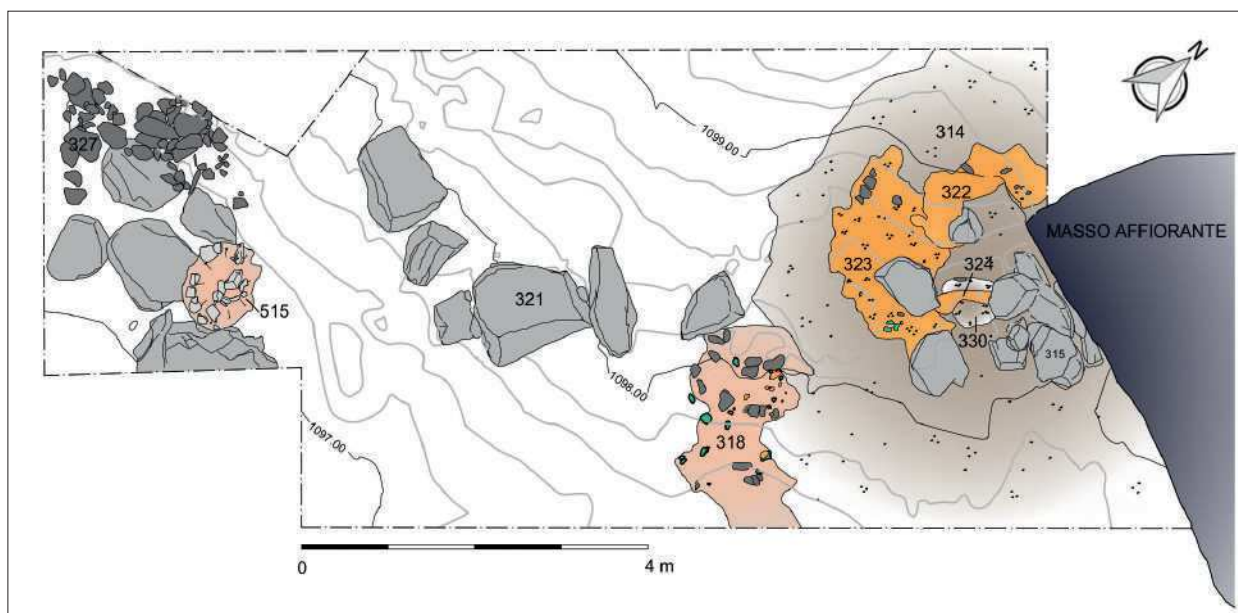


Fig. 11. Settore 1. Planimetria delle principali evidenze strutturali riferibili alle attività metallurgiche (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 11. Excavation area 1. Plan of the main structures connected with metallurgical activities (graphic C. Maggioni e N.D.).

Fig. 12. Settore 1. Strutturazione in grossi massi (contenimento di terrazzamento).

Fig. 12. Excavation area 1. Structure made of large stones, part of the artificial terrace.



con le pietre alterate dal fuoco) piccoli clasti alterati e caratterizzati da concrezionamenti probabilmente indotti da ossidi e idrossidi di ferro di neoformazione dovuti a una prolungata esposizione al fuoco. A partire dall'alto troviamo le UUS: 514, 327, 517 e 505; anche queste strutture, purtroppo di non facile lettura, sono alloggiate entro strutturazioni artificiali di terrazzamento (US 321 e 501) realizzate con grandi blocchi di pietra locale (gneiss).

Nel deposito archeologico sono state distinte due "fasi" principali: la fase 1, riferibile alle attività fusorie protostoriche e la fase 2, inquadrabile in una frequentazione di epoca storica, probabilmente di età medievale e a carattere agro-pastorale.

le. All'interno della fase 1 la sequenza fisica delle deposizioni suggerisce un quadro articolato di attività metallurgiche, con strutture pirotecniche molto degradate e conservate a livello residuale, alternate a scarichi di pietrame, carboni, concotti e abbondanti accumuli di scorie fusorie. È plausibile che tali scarichi, composti da scarti del processo fusorio e dai resti di forni smantellati, derivino da strutture di processamento situate immediatamente a monte.

Di seguito si presentano la sequenza stratigrafica, rappresentata con matrice di Harris (Fig. 14) nonché la descrizione e l'interpretazione delle unità stratigrafiche del Settore 1 (Tab. I).

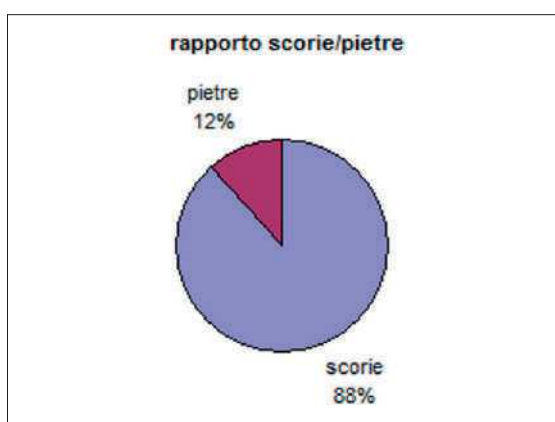
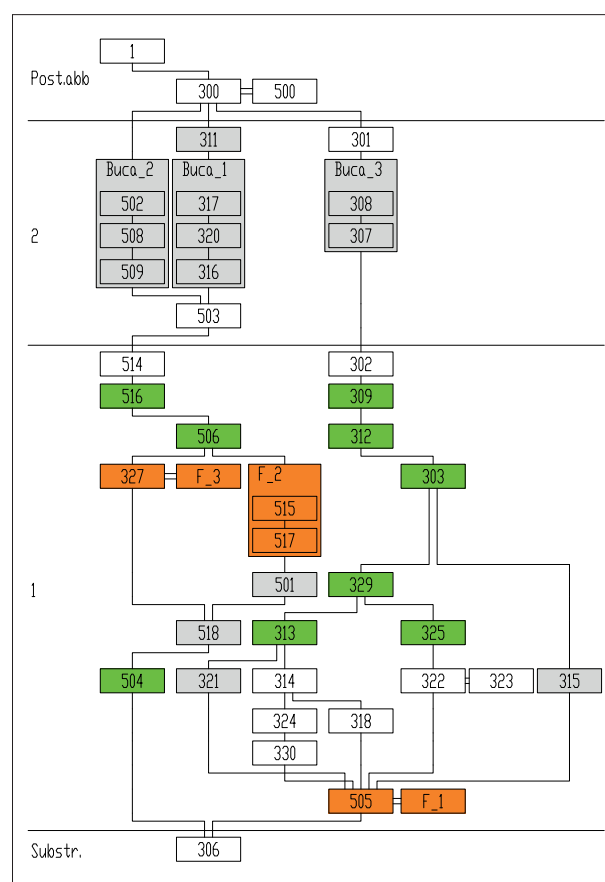


Fig. 13. Il grafico mostra il rapporto percentuale (ponderale) tra scorie e pietre contenute negli scarichi localizzati.
Fig. 13. The chart shows the proportion in weight between slags and stones in the slag heap layers.

Fig. 14. Transacqua Pezhe Alte, diagramma stratigrafico. In verde le UUS con grandi quantitativi di scorie, prevalentemente piatte; in arancione le UUS relative a strutture piro-tecnologiche.

Fig. 14. Transacqua Pezhe Alte, stratigraphic diagram. In green the layers containing a large amount of slags, mostly plate slags; in orange the layers connected to fire structures.



Tab. I. Transacqua - Pezhe Alte, Settore 1: descrizione e interpretazione delle unità stratigrafiche.

Tab. I. Transacqua - Pezhe Alte, Excavation area 1: description and interpretation of the stratigraphic units.

US	Descrizione	Interpretazione - osservazioni
1	Humus superficiale.	Suolo attuale (Matrix Fase post-abbandono).
3	Strato sabbioso con carboni, scorie (piatte e grossolane), ceramica.	Piano di calpestio relativo a fasi post-abbandono (Matrix Fase 2).
4	Struttura in pietre con andamento E-W, individuata nel Sondaggio 1 (area N-E).	Muretto di terrazzamento relativo a fasi post-abbandono (Matrix Fase 2).

300=500	Strato sabbioso esteso su tutta l'area; contiene rare scorie di fusione e clasti di scisto, porfido e quarzo. <i>Dark yellowish brown, 10 YR 3/4.</i>	Strato colluviale (Matrix Fase post-abbandono).
301	Strato di scorie. Matrice sabbiosa contenente: scorie di fusione piatte e grossolane, pietre, anche alterate dal fuoco, carboni, noduli di concotto, fr. di orlo a tesa (RR 4 e 6) e un fr. di parete con cordone (RR 5). Localizzato nell'area nord, nella parte superiore del deposito e in prossimità di strutturazioni artificiali probabilmente di epoca storica. Probabilmente in giacitura secondaria (cfr. US 311) <i>Dark olive brown/Black, 2,5 YR 3/3 e 5 YR 2,5/1.</i>	Scarico; rimaneggiato in fasi post-abbandono (Matrix Fase 2).
302	Strato sabbioso sciolto contenente carboni, scorie di fusione piatte e grossolane disposte caoticamente e rari frammenti ceramici. Localizzato nell'area nord. <i>Very dark grayish brown, 2,5 Y 3/2</i>	Scarico. Parzialmente rielaborato dai suoli post-abbandono (Matrix Fase 1).
303	Potente strato di scorie in matrice sabbiosa friabile, ulteriormente distinguibile in sotto-livelli di scorie piatte (prevalentemente a monte) e grossolane (prevalentemente a valle), intervallati da lenti sabbiose e da cenere. Lo strato contiene anche: clasti di scisto, calcari rosacei e porfidi anche alterati dal fuoco, carboni, legnetti mineralizzati e rari ossi molto alterati, noduli di concotto, frammenti ceramici e manufatti litici (percussori e "incudine" in porfido). <i>Black, 10 YR 2/1; Dark brown, 7,5 YR 3/2.</i>	Scarico localizzato. Formazione dovuta a reiterate azioni di scarico (Matrix Fase 1).
306	Strato sabbioso ossidato <i>Yellowish red, 5 YR 5/6.</i>	Substrato naturale.
307-308	Buca 3. Taglio e riempimento di buca	Intervento post-abbandono (Matrix Fase 2).
309	Strato di scorie in matrice sabbiosa rossastra (<i>Reddish yellow, 7,5 YR 6/8</i>) con carboni e noduli di concotto. Prevalgono nettamente le scorie piatte, di piccole dimensioni (8-10 cm).	Scarico (Matrix Fase 1).
310-310b	Buca 4. Taglio e riempimento di buca.	Intervento post-abbandono (Matrix Fase 2).
311	Struttura in pietre con andamento E-W, individuata nell'angolo sud occidentale.	Muretto di terrazzamento relativo a fasi post-abbandono (Matrix Fase 2).
312	Lente limo-sabbiosa contenente: concotto (in noduli concentrati), carboni, scorie di fusione, sia grossolane che piatte, fr. di osso notevolmente degradati. Il concotto è presente in noduli concentrati. <i>(Yellowish red, 5 YR 5/8)</i>	Scarico (Matrix Fase 1).
313	Strato limoso sabbioso con rare scorie. <i>Reddish yellow, 7,5 YR 6/8</i>	Scarico (Matrix Fase 1).
314	Strato sabbioso carbonioso con lenti di cenere e noduli di concotto. <i>Black, 7,5 YR 2,5/1.</i>	Scarico. Formazione dovuta a reiterate azioni da attività connesse con il fuoco (Matrix Fase 1).
315	Struttura di pietre (gneiss) di grandi dimensioni, a secco, individuata nell'area nord, a ridosso di un grande masso di frana.	Struttura non identificata, forse in fase con l'attività metallurgica protostorica (Matrix Fase 1).
316	Buca 1. Taglio di fossa subcircolare (diam. 0,65 m ca. profondità 0,30 m ca.), riempita da US 320 e 317.	Si tratta di una buca di epoca storica, che taglia i livelli a scorie (Matrix Fase 2).
317	Buca 1. Riempimento di US 316. Rare scorie di fusione e noduli di concotto.	Cfr US 316.
318	Lente carboniosa con pietre alterate e concotti di grandi dimensioni, alcuni dei quali sagomati a faccia piana in aderenza a clasti di porfido. Sono presenti scorie di fusione e un frammento ceramico (orlo a tesa).	Scarico localizzato con resti di strutture pirotecnologiche smantellate (Matrix Fase 1).
320	Buca 1. Riempimento di US 316. Rare scorie di fusione e noduli di concotto.	Cfr US 316

321	Struttura di forma angolare, composta da grandi blocchi di gneiss (0.80 x 0.50 m fino a 1.30 x 1.00 m) profondamente incassati nel versante.	Probabile struttura di terrazzamento artificiale in fase con l'attività metallurgica protostorica (Matrix Fase 1).
322	=323. Lente di carbone e concotto in matrice limosa con rare scorie (piatte e grossolane). Copre il substrato US 306=505. <i>Dusky red</i> , 10R 3/4.	Scarico localizzato, con resti di strutture pirotecnologiche smantellate (Matrix Fase 1).
323	=322	
324	Lente localizzata di concotto con abbondante carbone. Prossimo alla probabile "struttura" US 321.	Scarico localizzato (Matrix Fase 1).
325	Strato centimetrico di sabbia fine con rare scorie prevalentemente piatte di piccola pezzatura. <i>Yellowish brown</i> , 10YR 5/4.	Scarico localizzato (Matrix Fase 1).
327	Accumulo di clasti, anche giustapposti, in cui sono riconoscibili lineazioni ellissoidali. Le pietre sono immerse in un sedimento biancastro molto simile a US 515. L'ipotetica struttura è ubicata immediatamente a W di US 517. In situ, da scavare.	Probabile focolare, simile a US 517 (Matrix Fase 1).
328	Lente carboniosa (1-2 cm di potenza) con matrice sabbiosa contenente noduli minuti di concotto. <i>Dark grey</i> , 2,5Y 4/1.	Scarico localizzato (Matrix Fase 1).
329	Strato sabbioso limoso con scorie prevalentemente piatte e piccoli clasti. <i>Very pale brown</i> , 10YR 8/3.	Scarico localizzato. (Matrix Fase 1).
330	Lente di carbone e cenere (3-4 cm di potenza) con rare scorie di fusione sia grossolane che piatte. <i>Black</i> , 2,5Y 2,5/1	Muretto di terrazzamento relativo a fasi post-abbandono (Matrix Fase 2).
331-331b	Buca 5. Taglio e riempimento di fossa subcircolare (1.14 x 1.00 m, profondità 0,40 ca.)	Intervento post-abbandono (Matrix Fase 1).
501	Concentrazione di pietre rilevata nell'angolo S-E. Non scavata.	Probabile struttura di terrazzamento artificiale in fase con l'attività metallurgica protostorica (Matrix Fase 1).
502	Buca 2. Riempimento di US 509 (Cfr).	
503	Strato limoso sabbioso. Presenti clasti di porfido, scisto e quarzite, rari frustoli carboniosi, poche scorie di fusione e un fr. ceramico (orlo). <i>Brown</i> , 10YR 4/3.	Strato di probabile origine colluviale (Matrix Fase 2).
504	Strato a matrice limoso sabbiosa con scorie piatte e (in prevalenza) grossolane, queste ultime di grandi dimensioni (fino a 20 cm). È sovrapposto alla probabile struttura pirotecnologica US 505. <i>Dark reddish brown</i> , 10YR3/4).	Scarico localizzato (Matrix Fase 1).
505	Area sabbiosa subrettangolare fortemente rubefatta. <i>Dark red</i> , 2,5YR 3/6.	Struttura di combustione (piccola fornace? focolare?). In situ, da scavare (Matrix Fase 1).
506	Strato sabbioso con cenere, carbone e clasti in porfido alterati dal fuoco, rare scorie di fusione in prevalenza grossolane e blocchetti di concotto. È localizzata al di sopra della struttura di combustione US 517 e ne copre il rivestimento (US 515) <i>Dark grayish brown</i> , 10YR 4/2	Strato di abbandono della struttura di combustione US 517, alterato e rimaneggiato da interventi successivi (Matrix Fase 1).
508	Buca 2. Riempimento di US 509 (Cfr).	
509	Buca 2. Taglio di fossa subcircolare (diam. 1,90 m ca. profondità 0,40 m ca.). I riempimenti (US 508 e 502) hanno restituito un frammento di ceramica "pettinata" (RR 7) e un manufatto in porfido, probabilmente un'incudinella con vistosa depressione da percussione (RR 23).	Intervento post-abbandono (Matrix Fase 2).
514	Area sabbiosa subrettangolare fortemente rubefatta. <i>Dark red</i> , 2,5YR 3/6.	Probabile struttura pirotecnologica (piccola fornace? focolare?) (Matrix Fase 1).

515	Strato costituito da una sorta di rivestimento fortemente aggregato e alterato da aloni di ossidazione all'interno della struttura di combustione US 517; presenza di carbone e noduli di concotto. <i>Light gray</i> , 10YR 7/1.	Alterazione da contatto con il fuoco (Matrix Fase 1).
516	Strato a matrice limoso sabbiosa con carbone, scorie piatte e frammenti ceramici. <i>Brownish yellow</i> , 10YR6/8.	Scarico localizzato (Matrix Fase 1).
517	Si tratta di una struttura infossata, di forma sub-circolare (100 x 80 cm), realizzata tra alcuni grandi massi presenti nel substrato e delimitata da una serie di pietre in porfido alterate dal fuoco.	Struttura di combustione (focolare) (Matrix Fase 1).
518	Taglio orientato W-E realizzato in US 504, probabilmente al momento di realizzare le strutture fusorie UUSS 517 e 327.	Taglio di approntamento di strutture di combustione (Matrix Fase 1).

Pezhe Alte - Settore 1. La struttura di combustione US 517

Analisi micromorfologica (MB)

Introduzione e obiettivi

La micromorfologia del suolo viene impiegata molto spesso nella ricostruzione delle dinamiche di formazione delle strutture di combustione (COURTY *et alii* 1989; WATTEZ 1992; 2000; MENTZER 2012). In questi ultimi anni l'analisi di queste strutture archeologiche si è intensificata attraverso studi etnografici e microstratigrafici (vedi ad esempio GOLDBERG, WHITBREAD 1993; MALLOL *et alii* 2007) mentre i processi di formazione sono stati recentemente verificati e approfonditi da repliche sperimentali in diversi contesti preistorici (WATTEZ 1992; BERNA *et alii* 2007; PLUMETTAZ 2007; MILLER *et alii* 2010; MARCH *et alii* 2012; MALLOL *et alii* 2013).

Nell'ambito della metallurgia preistorica i forni fusori sono spesso oggetto di approfonditi studi archeometrici e sperimentali mentre sono pressoché sconosciute, dal punto di vista micromorfologico e microstratigrafico, le strutture di combustione accessorie, ovvero non connesse direttamente alla fusione del minerale. La struttura US 517 del sito di Transacqua Pezhe Alte è stata studiata in dettaglio allo scopo di comprenderne la funzione e il ruolo all'interno del ciclo di produzione del rame. L'indagine si è concentrata sull'analisi micromorfologica del suo riempimento (US 515) e in particolare sui campioni n° 93 e 96.

Metodologia

Lo studio è stato eseguito su due sezioni sottili relative ai campioni n° 93 e 96 (Tab. II). Le sezioni sottili sono state preparate secondo la metodologia di MURPHY (1986) mediante deidratazione, impregnazione sottovuoto e taglio², hanno uno spessore di 30-40 micrometri (μm) e sono state montate su vetrini portaoggetto di 95 x 55 mm, senza copertura con vetrino coprioggetto in modo da consentire

ulteriori analisi con tecniche microscopiche e ultramicroscopiche (Cfr. Volpe e Vaccaro *infra*). L'analisi è stata effettuata al microscopio ottico petrografico a nicol paralleli (PPL, *plane polarized light*) e a nicol incrociati (XPL, *cross polarized light*) a 20x, 40x, 100x, 400x, descritte e interpretate secondo i criteri adottati in: BULLOCK *et alii* 1985; COURTY *et alii* 1989; STOOPS 2003 e STOOPS *et alii* 2010.

Risultati

È stato possibile riconoscere a livello microscopico la registrazione sequenziale degli eventi che hanno interessato la struttura di combustione US 517 (Figg. 15-16).

1. Il riempimento della struttura è costituito da due facies distinte: frammenti angolari di roccia con dimensioni >250 micron e <3 cm (comprendenti i seguenti litotipi: gneiss, porfiroidi, fillosilicati: biotite) incorporati in una massa di fondo costituita da granuli quarzosi della granulometria della sabbia fine (<250 micron)³. In questa facies sono presenti, seppur in modo sporadico, minuti residui carbonizzati (2%, <3 mm) e rari granuli di scorie di fusione. L'origine di questo sedimento clastico, detritico, derivante con tutta probabilità dal locale substrato, non è compatibile con un processo di disaggregazione dovuto a fenomeni naturali di gelo-disgelo o all'azione dell'acqua (umidificazione-disseccamento) all'interno della struttura ma, secondo la nostra interpretazione, è da imputare a un'azione antropica.
2. La porzione basale del riempimento è interessata da un alone di ossidazione per alterazione termica che modifica la composizione mineralogica del sedimento. Questo processo di rubefazione, o arrossamento, determina la neoformazione di ematite (Fe_2O_3) a partire da temperature superiori a 450°C (CANTI, LINFORD 2000). Si tratta con tutta probabilità della registrazione dell'ultimo evento di combustione che si sviluppa sul riempimento residuale di precedenti attività. La temperatura raggiunta non doveva comunque

² Le sezioni sottili sono state realizzate dal laboratorio Servizi per la Geologia, Piombino (Livorno) del dott. M. Sbrana.

³ Micro-organizzazione omogenea composta secondo COURTY, FEDOROFF 2002.

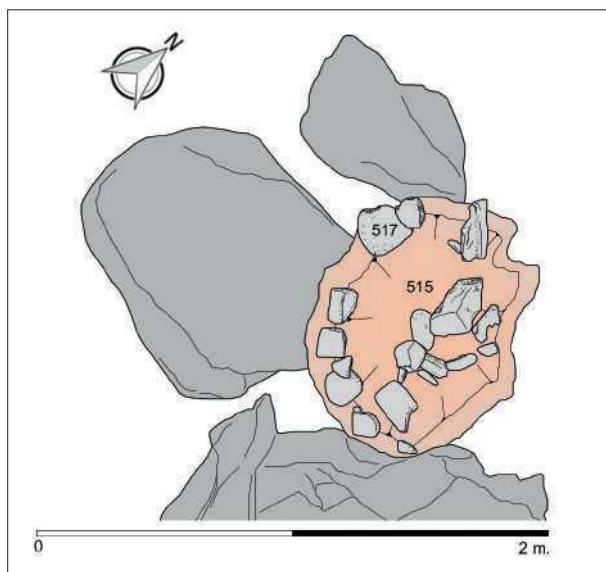


Fig. 15. Planimetria della struttura US 517 con il rivestimento US 515 (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).
Fig. 15. Plan of the structure SU 517 with the layer SU 515 (graphic C. Maggioni e N.D.).



Fig. 16. La struttura di combustione US 517 in fase di scavo.
Fig. 16. Fire structure SU 517 during the excavation.

superare 800°C in quanto non si notano caratteristiche alterazioni dei granuli di quarzo, come la fusione dei bordi dei cristalli e la successiva formazione di diagnostiche “gocce” di fusione (*dewdrop*) o, a temperature superiori a 1000°C, l'insorgere di bollosità (*bubbled quartz*). Inoltre, sopra gli 800°C, a basse pressioni, il quarzo si trasforma in tridimite, fase non riconosciuta a livello micromorfologico e con la tecnica RAMAN (cfr. Volpe e Vaccaro *infra*).

3. L'abbandono della struttura ha determinato l'insorgere di modificazioni post-deposizionali nel riempimento. L'osservazione microscopica evidenzia una microstruttura massiva a cavità residuali (secondo COURTY, FEDOROFF 2002) dominata dallo sviluppo di vuoti policoncavi formati in seguito al collasso della struttura saturata d'acqua (Fig. 17).
4. La successiva percolazione del flusso idrico attraverso i sedimenti è responsabile del trasferimento delle particelle solide lungo il profilo: le variazioni di precipitazione, giornaliera, stagionali o interannuali, possono generare delle trasformazioni a varia scala nei sedimenti. In particolare è stata osservata una riorganizzazione legata ai cicli di umidificazione/disseccamento con zone dominate, in luce polarizzata, da birifrangenza striata (*b-fabric* striata) dovuta all'isorientamento delle particelle argillose generata dalle direttrici di compressione e dalla presenza di granuli o vuoti (*b-fabric* grano e poro striata).
5. La neoformazione di argilla, proveniente dall'alterazione dei fillosilicati (es. biotite) presenti nel-

le metamorfite locali, e la loro successiva dispersione nel sedimento può essere favorita da un alto tenore in cationi scambiabili (ad es. potassio) presenti, ad esempio nella cenere (COURTY *et alii* 1989), i quali sono responsabili della diminuzione della coesione tra le particelle. La cenere ottenuta dal legno, costituita da aggregati di calcite (15-20 micron) pseudomorfi su ossalato di calcio, non si è conservata nel sedimento a causa della sua rapida e totale alterazione per dissoluzione chimica in condizioni acide del suolo (COURTY *et alii* 1989).

6. La percolazione di acqua all'interno dei sedimenti determina la traslocazione delle particelle della taglia delle argille e il loro accumulo (il-luviazione) nei vuoti sottoforma di rivestimenti nel riempimento US 515. I rivestimenti sono spesso composti da limo grosso e sabbia fine. Nel complesso, queste particolari figure pedologiche sono di tipo polifasico, composte cioè da argille limpide giallo-arancio microlaminate, risultato di un deposito lento a partire da una sospensione acquosa capillare, alternate a lamine composte da argille pulverulente e limo indicativi di fasi di percolazione molto intense, in condizioni di semi-saturazione idrica come avviene, ad esempio, durante il disgelo. Si notano, inoltre, intercalazioni di lamine scure che sono da riferire a deposizioni di microcarbone o sostanza organica finemente decomposta, riferibili, presumibilmente, ad attività antropiche nell'area (Fig. 18).

Fig. 17. Transacqua Pezhe Alte. Campione 96, a: macrografia della sezione sottile. Il rettangolo in giallo indica la posizione della micrografia. b: micrografia con vuoti policoncavi (nicol paralleli, 20x).

Fig. 17. Transacqua Pezhe Alte. Sample 96, a: macrography of the thin section. The yellow rectangle indicates the position of the micrography; b: micrography with polyconcave voids (plane-polarized light, 20x).

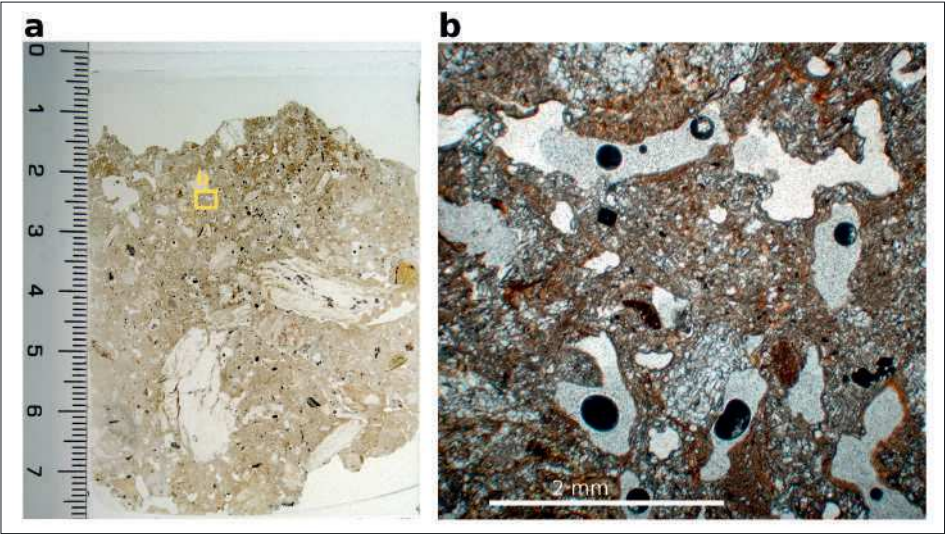
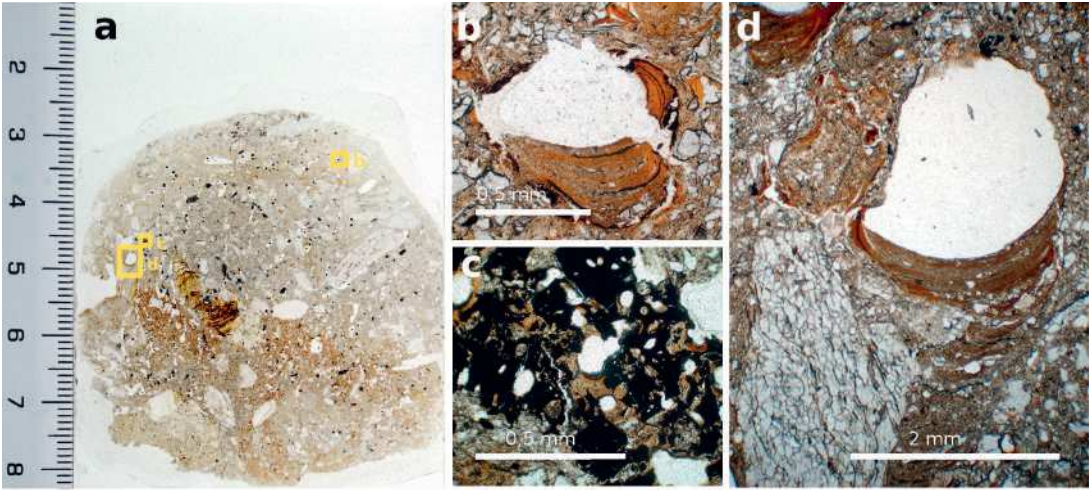


Fig. 18. Transacqua Pezhe Alte. Campione 93, a: macrografia della sezione sottile. I rettangoli in giallo indicano la posizione delle micrografie; b: micrografia di vuoto con rivestimenti crescenti composti dall'alternanza di argilla limpida, argilla pulverulenta, limi e materiale organico (nicol paralleli, 40x); c: carbone di legno con riempimenti di argilla limpida, argilla pulverulenta e limi (nicol paralleli, 40x); d: micrografia di vuoto con rivestimenti crescenti composti dall'alternanza di argilla limpida, argilla pulverulenta, limo e materiale organico (nicol paralleli, 20x).

Fig. 18. Transacqua Pezhe Alte. Sample 93, a: macrography of the thin section. The yellow rectangles indicate the position of the micrographs; b: micrography of voids with crescent coatings composed alternatively of limpid clay, dusty clay, silt and organic material (plane-polarized light, 40x); c: wood charcoal with infilling composed alternatively of limpid clay, dusty clay and silt (plane-polarized light, 20x); d: micrography of voids with crescent coatings composed alternatively of limpid clay, dusty clay, silt and organic material (plane-polarized light, 20x).



Tab. II. Descrizione sintetica delle sezioni sottili.
Tab. II. Short description of the thin sections.

U.S.	Camp.	Microstruttura		Massa di fondo						Figure pedologiche
		vuoti	tipo di microstruttura	limite g/f	materiale minerale grosso	materiale organico	micromassa	rapp. g/f	distribuz. relativa g/f	
515	93, 96	Vescicolare con forme prolate e oblate (5%), cavità (5%)	Vescicolare	250 μ m	frammenti di roccia (gneiss)	Materia organica puntiforme nerastra e carboni fini (2%, <3mm)	Sabbia fine quarzosa, b-fabric grano e poro striata	30/70	Porfirica a spaziatura singola	Rivestimenti crescenti composti di argilla limpida alternati ad argilla pulverulenta con limo e sabbia molto fine, riempimenti completi e incompleti crescenti, noduli ortici dendritici di idrossido di manganese

Analisi SEM-EDS e Micro-Raman (LV, CV)

Obiettivi

Lo studio è stato focalizzato sull'identificazione della composizione chimica del materiale di riempimento presente all'interno della struttura di combustione US 517. A seguito delle analisi petrografiche condotte sulla sezione lucida sottile, che hanno permesso di individuare una massa di fondo costituita prevalentemente da sabbia quarzosa, sono state condotte analisi al SEM-EDS e Micro-Raman per una più precisa caratterizzazione chimica-mineralogica dei campioni analizzati.

Metodo

SEM-EDS. La microscopia elettronica a scansione (SEM - *Scanning Electron Microscopy*) corredata di microsonda elettronica (EDS - *Energy Dispersive X-ray Spectrometer*) è una tecnica analitica qualitativa e semiquantitativa, che permette sia la microanalisi chimica sia l'osservazione del campione ad alti ingrandimenti (in alcuni casi, ingrandimenti da 10 a 200.000x). La tecnica sfrutta l'interazione tra un fascio di elettroni (primari), che colpisce il campione, e la materia costituente. Durante l'analisi, il campione emette tre tipi di segnali diversi: 1) elettroni secondari, che permettono di ottenere un'immagine tridimensionale della superficie del campione stesso, fornendo informazioni relative alla struttura morfologica; 2) elettroni retrodiffusi (*back scattering*), che consentono di evidenziare la distribuzione degli elementi con diverso peso atomico; 3) i raggi X (emessi per fluorescenza) che permettono l'identificazione qualitativa e semiquantitativa (o quantitativa se con opportuni *standard* interni) degli elementi chimici presenti all'interno del campione (APPOLONIA *et alii* 2002).

Le analisi sono state effettuate tramite microscopio a scansione SEM ZEISS EVO MA15-HR corredata di software OXFORD SmartMap EDS INCA Energy 250 X-Act per la microanalisi chimica EDS. La strumentazione utilizzata è provvista di sorgente da esaboruro di lantanio (LaB₆), che consente un'elevata brillantezza del segnale, ottimizzando l'acquisizione analitica. Il *working setup* con il quale sono state condotte le analisi è il seguente: *accelerating voltage* 20-22 kV, *working distance* da 8 a 9.5 mm (20 kV e 8.5 mm per EDS). *Detected signal*: elettroni secondari, elettroni *backscattered*, microanalisi EDS sia puntuale sia profili e mappe composizionali.

Micro-Raman. La spettroscopia Raman confocale è una tecnica analitica qualitativa che, permettendo di analizzare i livelli energetici vibro-rotazionali delle molecole costituenti il campione, generati dall'interazione tra radiazione (sorgente laser) e materia, consente di fornire informazioni relative alla composizione mineralogica del campione stesso (IAN, HOWELL 2001). Quando un materiale è esposto a un fascio di luce monocromatica (unica lunghezza d'on-

da, λ ; es. la luce proveniente da un laser nel vicino IR, visibile o vicino UV) emette una radiazione con una lunghezza d'onda maggiore (corrispondente a un'energia inferiore) legata ai processi di assorbimento energetico dovuto agli stati vibrazionali delle molecole. In base alla natura di atomi, legami chimici, etc. ogni molecola presenta specifiche proprietà vibrazionali che, se identificate, ne permettono il riconoscimento. La spettroscopia Raman, quindi, rileva l'energia *backscattered* proveniente dai gruppi funzionali a seguito della fase di assorbimento della radiazione incidente (ARTIOLI 2010).

Nel caso in cui si abbinino un microscopio ottico alla strumentazione Raman, è possibile focalizzare il punto di analisi su un'area di dimensioni micrometriche (MCCREERY 2000), sfruttando quindi i vantaggi della tecnica Micro-Raman.

Nella presente ricerca, sono state effettuate analisi Micro-Raman su sezioni sottili dei campioni, oggetto di studio, tramite spettrometro LabRam HR800 (Horiba Jobin Yvon, Francia) abbinato a microscopio Olympus BXFM. La strumentazione è dotata di sorgente He-Ne laser 632.8 nm e l'acquisizione degli spettri è avvenuta utilizzando obiettivo 50 x.

Per l'identificazione delle fasi mineralogiche, si è fatto riferimento sia a bibliografia esistente sia alle Librerie Raman disponibili in commercio (LabSpec 5 *Raman Spectroscopy Library*) ed in rete (es. RRUFF *database*).

Risultati

Campione TPA_07_C93. Le analisi SEM-EDS condotte sulla sezione TPA_07_C93 confermano la presenza di una matrice composta principalmente da una sabbia quarzosa (Fig. 19b): quarzo con struttura granulare, legato probabilmente a frammenti di gneiss, ricca in fillosilicati (es. biotite, Fig. 21c), feldspati (es. albite, Fig. 19a; sanidino, Fig. 20) e frammenti di rocce metamorfiche di medio-basso grado di metamorfismo.

All'interno del campione è possibile riscontrare, inoltre, minerali femici (es. anfiboli, Fig. 21b), minerali di ossido di titanio (es. rutile, Fig. 21a) ed alcune impurezze ricche in rame, ferro, etc. sparse all'interno della matrice e probabilmente legate alle scorie metalliche (Fig. 19c).

Campione TPA_07_C96. Lo studio della sezione lucida sottile del campione TPA_07_C96, tramite microscopia elettronica a scansione, ha permesso di confermare una matrice composta principalmente da feldspati e miche (Fig. 22c), all'interno della quale si possono riscontrare diversi minerali quali quarzo, feldspati (Fig. 22a), anfiboli (Fig. 22b), etc.

Considerando che il quarzo, riscontrato all'interno del campione, non presenta particolari alterazioni (es. tracce di fusione lungo i bordi dei cristalli, etc.) è stato ipotizzato che non siano avvenuti fenomeni di trasformazione del quarzo nei suoi polimorfi (in particolare tridimite o cristobalite).

Per verificare tale ipotesi, sono state condotte analisi Micro-Raman sui granuli di quarzo presenti all'interno della sezione: gli spettri Raman ottenuti sul campione, oggetto di studio, hanno

confermato la presenza di Quarzo, con il caratteristico picco a 521 cm^{-1} e 207 cm^{-1} (Fig. 23a) e non di fasi tridimite (Fig. 23b) e cristobalite (Fig. 23c).

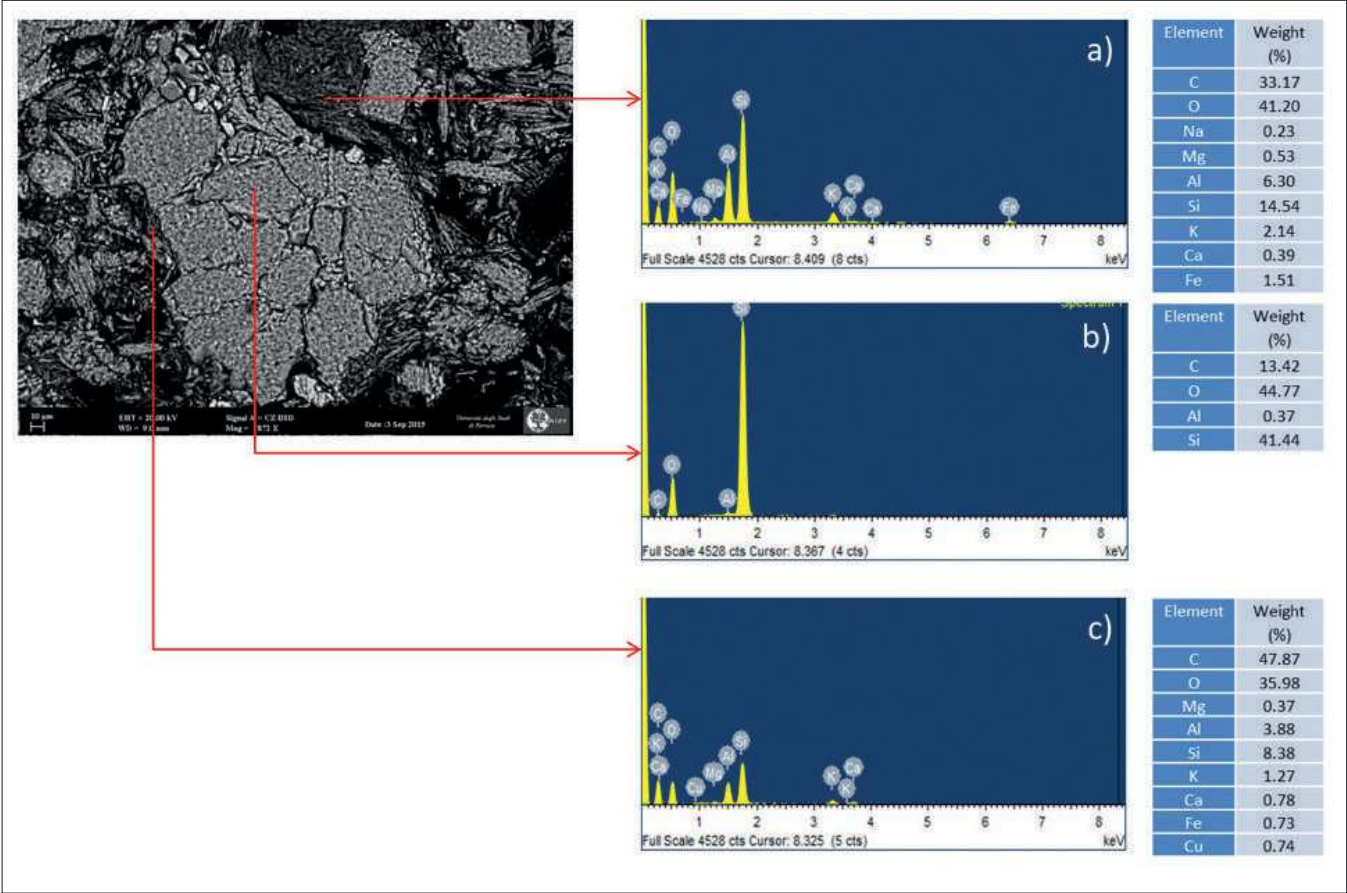


Fig. 19. Analisi SEM-EDS su sezione sottile TPA_07_C93: a) feldspati; b) quarzo; c) granuli contenenti elementi metallici.
Fig. 19. SEM-EDS analyses of the thin section TPA_07_C93: a) feldspar; b) quartz; c) granules containing metallic elements.

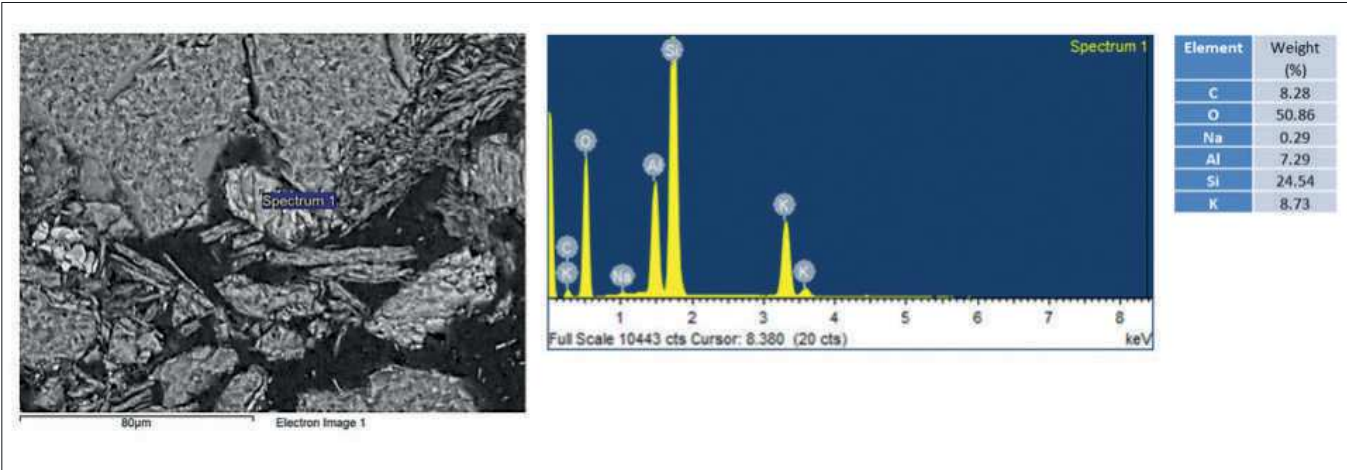


Fig. 20. Analisi SEM-EDS su sezione sottile TPA_07_C93: feldspato di potassio (sanidino) particolarmente povero in sodio per cui si tratta di un minerale di alta temperatura.
Fig. 20. SEM-EDS analyses of the thin section TPA_07_C93: potassium feldspar (sanidino); it is very low in sodium so it is a high temperature mineral.

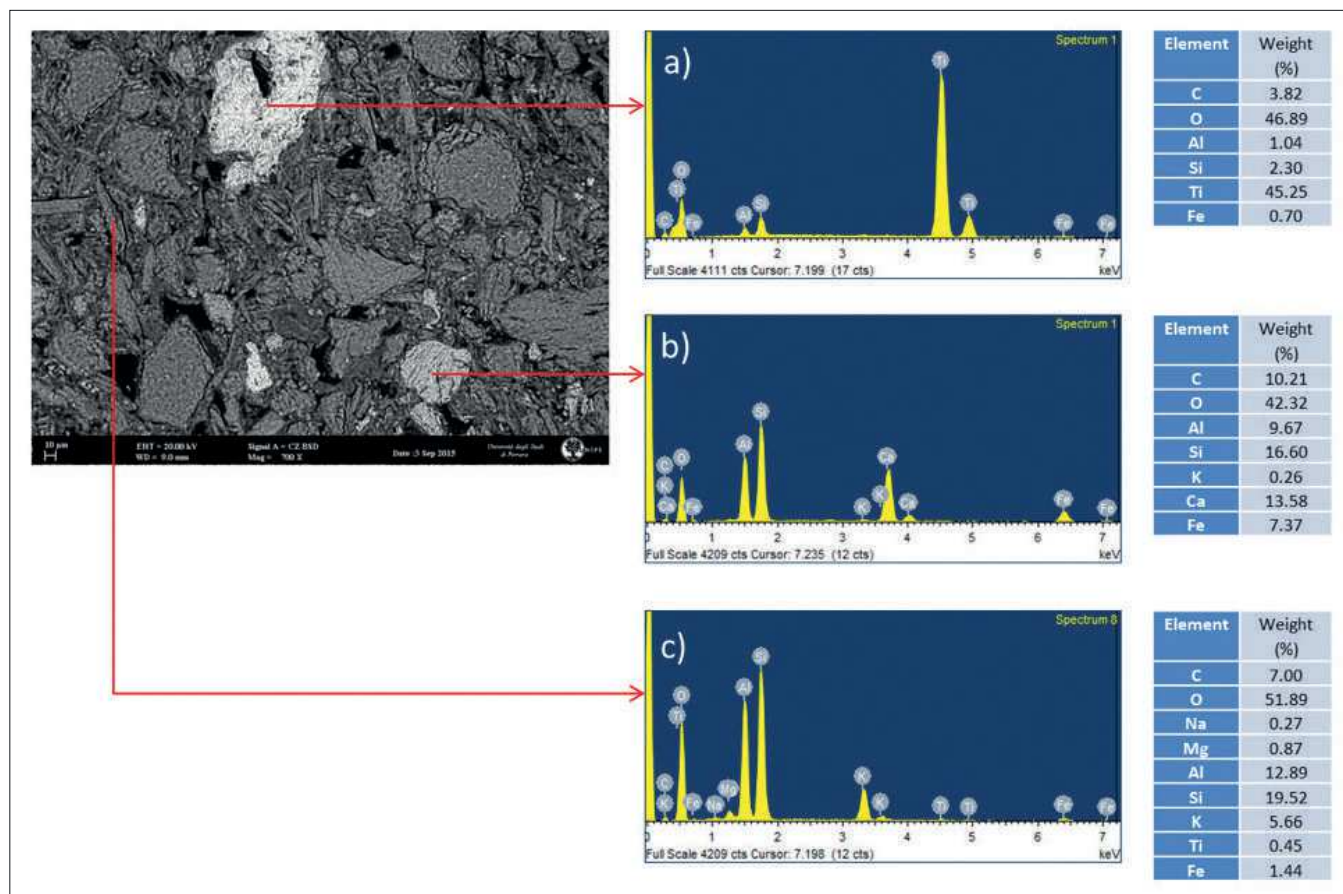


Fig. 21. Analisi SEM-EDS su sezione sottile TPA_07_C93: a) rutile; b) anfibolo; c) biotite.

Fig. 21. SEM-EDS analyses of the thin section TPA_07_C93: a) rutile; b) amphibole; c) biotite.

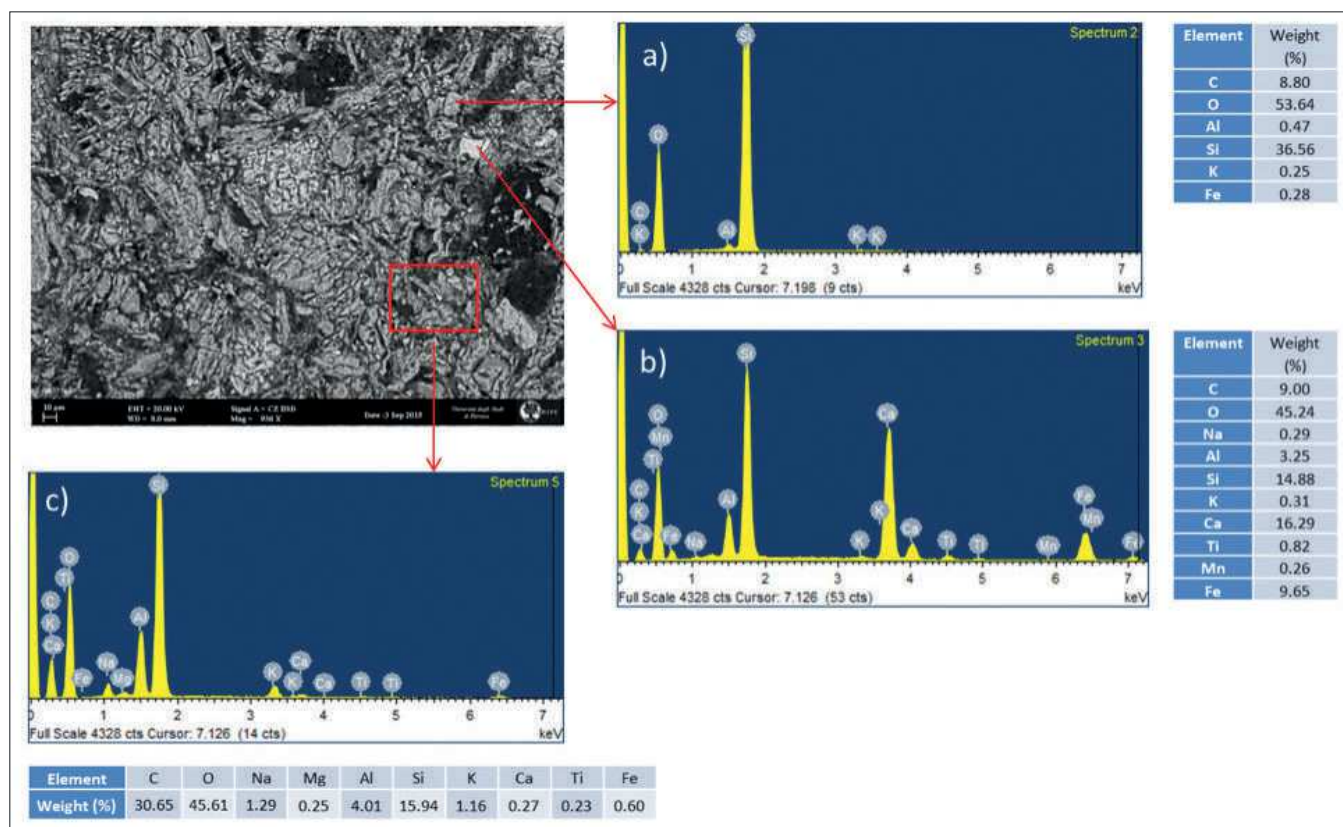


Fig. 22. Analisi SEM-EDS su sezione sottile TPA_07_C96: a) quarzo, feldspato; b) anfibolo; c) matrice.

Fig. 22. SEM-EDS analyses of the thin section TPA_07_C96: a) quartz, feldspar; b) amphibole; c) matrix.

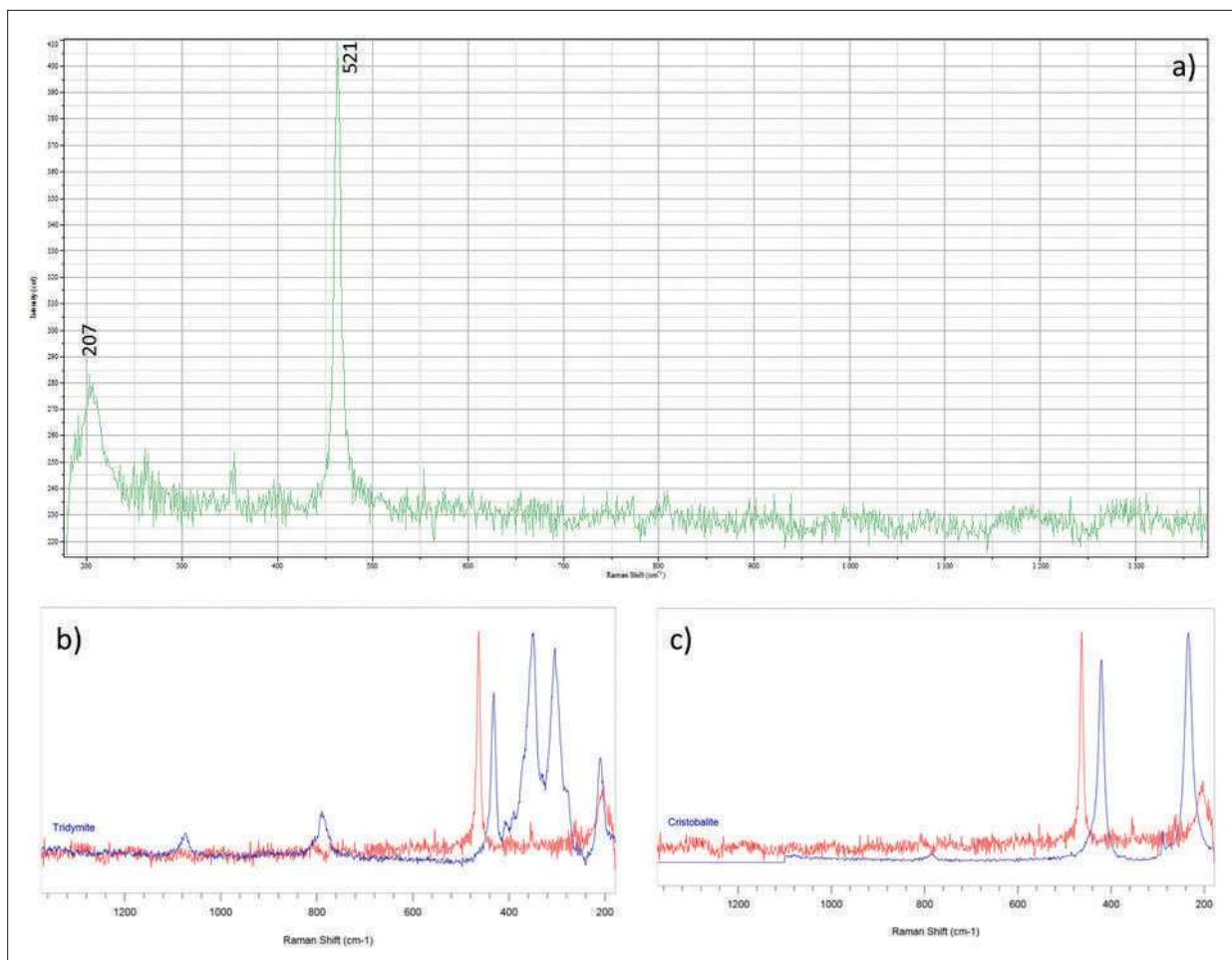


Fig. 23. Analisi MicroRaman su cristallo SiO_2 : a) spettro Raman del campione (Quarzo); b) confronto tra lo spettro acquisito (in rosso) e lo spettro della tridimite da database (in blu); c) confronto tra lo spettro acquisito (in rosso) e lo spettro della cristobalite da database (in blu).

Fig. 23. MicroRaman analysis of a SiO_2 crystal: a) Raman spectrum of the sample (Quartz); b) comparison between the spectrum from the analysis (in red) and the tridymite spectrum from database (in blue); c) comparison between the spectrum from the analysis (in red) and the cristobalite spectrum from database (in blue).

Pezhe Alte - Settore 1. Reperti mobili (PB)

Reperti ceramici

A Transacqua – Pezhe Alte/Settore 1 sono stati rinvenuti 8 frammenti ceramici diagnostici, più una decina di frammenti pertinenti a un vaso tronconico di cui è stato possibile ricostruire buona parte del profilo (Figg. 24; 25.1). Quattro reperti provengono da unità stratigrafiche della fase 1, relativa alla vita del sito fusorio (US 302 = Fig. 25.7; US 303 = Fig. 25.1-2; US 318 = Fig. 25.3), mentre altri quattro vengono da UUSS della fase 2, formatesi in età storica (US 301 = Figg. 25.5-6; US 11 = Fig. 25.4; US 3 = Fig. 25.8); questo secondo gruppo di materiali, certamente protostorici, deve essere considerato in giacitura secondaria e derivante dalle attività connesse alla fase 2. Nel complesso, si tratta di fogge vascolari troncoconiche che, quando sufficientemente documentate nello sviluppo della parete,

sembrano pertinenti a forme relativamente profonde⁴.

In assenza di specifiche indagini di caratterizzazione degli impasti, i materiali possono essere riconducibili, sulla base dell'analisi autoptica, a due classi:

- A) nucleo di colore grigio, con rari inclusi submillimetrici, tra cui alcuni di colore bianco. La superficie risulta lisciata, con tracce evidenti di stuccatura, di colore dal grigio al nocciola, con rari vacuoli di dimensioni inferiori a 1 mm (Fig. 25.2-9);
- B) nucleo di colore grigio, con rari inclusi visibili anche millimetrici tra cui alcuni di colore bianco. La superficie risulta lisciata con tracce evidenti di stuccatura, di colore da nocciola a grigio; sono presenti diffusi vacuoli di dim. fino a 1 mm (Fig. 25.1).

Le due classi sembrerebbero distinguersi solamente per la leggera differenza nelle dimensioni

⁴ Trattandosi di un numero di reperti limitato e abbastanza omogeneo dal punto di vista crono-tipologico si è preferito presentarli distinguendoli solo dal punto di vista tipologico.



Fig. 24. Frammento di orlo a tesa *in situ* (Fig. 25.1).
Fig. 24. Rim fragments *in situ* (Fig. 25.1).

degli inclusi e dei vacuoli lasciati sulla superficie dal loro distacco.

Vaso troncoconico con orlo a tesa (Fig. 25.1)

Orlo a tesa distinto all'interno da spigolo; corpo troncoconico conservato per oltre metà del suo sviluppo, privo del fondo; parete ad andamento pressoché rettilineo, con profilo spezzato a circa metà del corpo (TPA 2007, RR 12, US 303).

Nei termini proposti a suo tempo da Renato Perini in merito alla classificazione della ceramica Luco/Laugen del Trentino, potrebbe corrispondere sia alla forma "boccale semplice, troncoconico", sia al semplice "orcio troncoconico" (PERINI 1976, figg. 5, 8).

Confronti puntuali si trovano nei complessi Luco/Laugen A di: Groa di Sopramonte (PERINI 1979, fig. 11.1, 4); Ganglegg – Sluderno/Schluderns (STEINER 2010, p. 476, fig. 13, 1-5); Appiano S. Paolo/Eppan St. Pauls (diversi esemplari in LEITNER 1988, fig. 44).

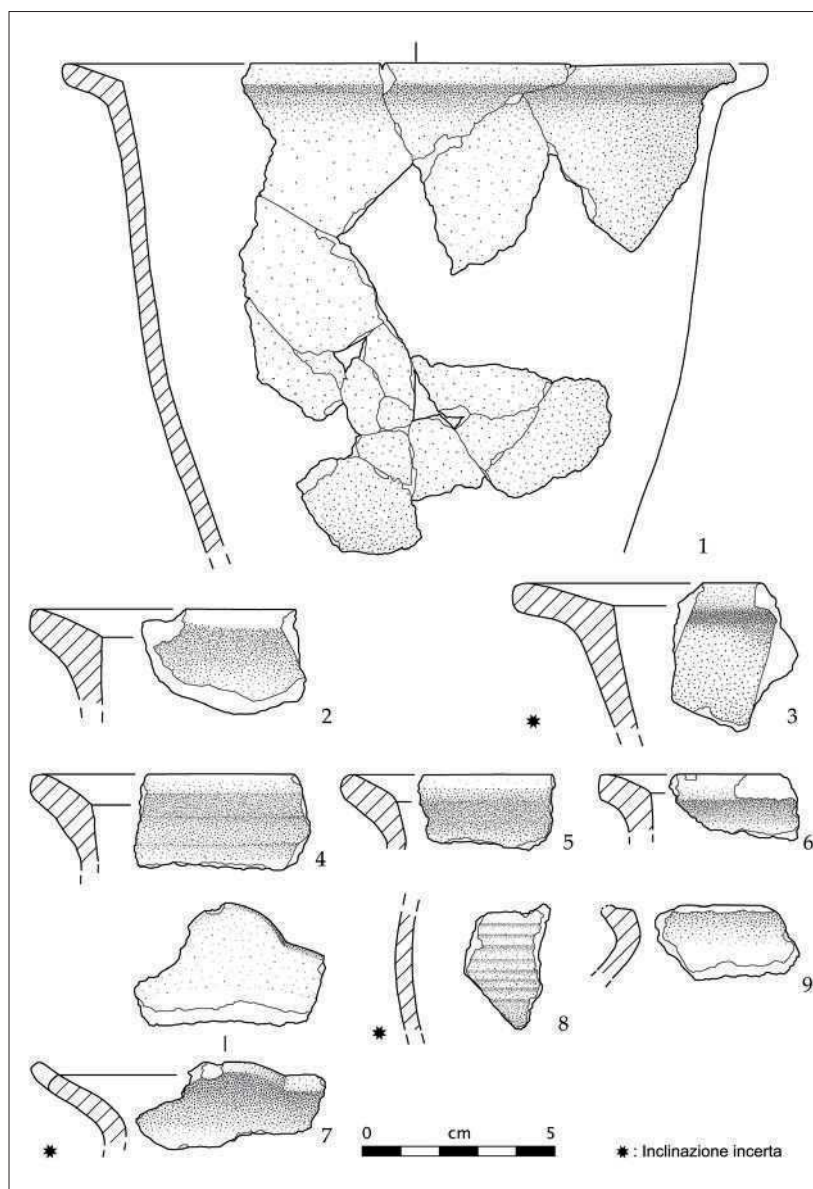


Fig. 25. Transacqua Pezhe Alte: materiali ceramici (disegni di L. Stefan).
Fig. 25. Transacqua Pezhe Alte: pottery fragments (drawings by L. Stefan).

Orlo a tesa ingrossato internamente (Fig. 25.2). Breve orlo a tesa ingrossato internamente e distinto da spigolo (TPA 2007, RR 13, US 303).

Potrebbe essere riferibile ad una forma troncoconica (vasi/boccali/bicchieri). Questo elemento tipologico trova largamente confronto nell'ambito delle fasi recente evoluta e finale dell'età del Bronzo della regione Trentino-Alto Adige, ossia nell'ambito della *facies* Luco/Laugen A (cfr. MARZATICO 2001, p. 387, fig. 14.11; MARZATICO 2012, pp. 192-193; PISONI, TECCHIATI 2019, pp. 119-120).

Orlo a tesa (Fig. 25.3-6)

Orlo a tesa in genere di breve sviluppo, salvo il caso di Fig. 25.3, distinto all'interno da spigolo (Fig. 25.3: TPA 2007, RR 27, US 318; Fig. 25.4: TPA 2007, RR 11, US 11; Fig. 25.5: TPA 2007, RR 6, US 301; Fig. 25.6: TPA 2007, RR 4, US 301). Anche questo elemento trova confronti nelle fasi evolute del Bronzo Recente e nel Bronzo Finale, ossia nell'ambito della *facies* Luco/Laugen A (MARZATICO 2001, pp. 383-387; MARZATICO 2012, pp. 191-193; PISONI, TECCHIATI 2019, pp. 119-120).

Elemento a linguetta su orlo a tesa (Fig. 25.7)

Frammento di orlo a tesa con elemento a linguetta semicircolare aggettante (TPA 2007, RR 10, US 302).

Decorazione a solcature (Fig. 25.8)

Frammento di parete a profilo convesso con decorazione a solcature (TPA 2007, US 3).

Trova confronto, anche se su forme di maggiori dimensioni, sia in contesti della prima fase del Bronzo Recente, come Dos

Gustinaci di Fiavé (PERINI 1994, c3377, c3568) sia in siti altoatesini attribuiti al Luco/Laugen A come Appiano S. Paolo/Eppan St. Pauls (LEITNER 1988, fig. 40) e Tires – loc. Bäckewiesl (TECCHIATI *et alii* 2014, tav. 6, nn. 5, 7, 8, 11).

Reperti litici

Tra i reperti mobili figurano anche alcuni strumenti litici legati al trattamento del minerale e/o delle scorie grossolane. Dalla potente US 303, in realtà serie continua di butti di scorie in prevalenza di tipo piatto, provengono diversi frammenti e alcuni oggetti integri in porfido funzionalmente identificabili come incudini di piccole dimensioni, macinelli e martelli (o percussori) (STÖLLNER *et alii* 2006, pp. 130-132, fig. 50).

Alla base di US 303, a pochi cm di distanza l'uno dall'altro, sono stati rinvenuti una piccola incudine di forma irregolare con due facce maggiori di cui una presenta un'unica coppella centrale e un ciotto-

lo in arenaria di forma sub-sferica, con due piccole depressioni contrapposte a formare una specie di impugnatura, identificabile come percussore (Fig. 26).

Acquedotto del Faoro: il deposito archeologico (PB, ND)

A circa 570 m in linea d'aria, a sud-est di Pezhe Alte e a quota 1000 m s.l.m. circa, è stato individuato un altro sito con evidenze di metallurgia primaria da minerali cupriferi. Il toponimo (Acquedotto del Faoro) deriva da una vasca di raccolta dell'acqua prossima alla strada forestale. Lo scasso operato per la realizzazione della strada stessa ha portato alla luce un contesto stratificato connesso all'attività di una struttura di combustione. Lo scavo, circa 14 m², ha permesso il recupero di dati della parte residua di un probabile "letto di arrostitimento" in gran parte danneggiato dai moderni lavori (Fig. 27).

La sequenza stratigrafica indagata (Fig. 30, Tab. II) inizia con la superficie suborizzontale US 1008, ricavata artificialmente nel substrato di versante (US 1010), e presentante deboli tracce di focatura. Al di sopra fu realizzato uno strato di preparazione costituito da frammenti di scorie piatte e pietrame (US 1009) sopra al quale fu steso uno strato sottile di sabbia limosa che presenta una marcata rubefazione della superficie (US 1005). L'area rubefatta è delimitata da accumuli di pietre a spigolo vivo.

L'azione del fuoco è testimoniata anche dalla successiva US 1004, strato limoso sabbioso con carboni, scorie piatte, clasti termoalterati. Al di sopra dei carboni si ripresenta nuovamente uno strato di limo sabbioso giallastro (US 1003) alla cui testa sono state rilevate deboli tracce di focatura (Figg. 28, 29). Di seguito si presentano: la sequenza stratigrafica (Fig. 30), la descrizione e l'interpretazione delle unità stratigrafiche del Settore 1 (Tab. III).



Fig. 26. Transacqua Pezhe Alte. Piccola incudine in porfido e percussore in arenaria rinvenuti alla base di US 303.
Fig. 26. Transacqua Pezhe Alte. Small grinding stone made of porphyry and hammer stone made of sandstone found at the base of SU 303.



Fig. 27. Transacqua Acquedotto del Faoro: prima pulizia del deposito archeologico messo in luce dallo scasso di ampliamento della strada forestale.
Fig. 27. Transacqua Acquedotto del Faoro: the archaeological deposit unearthed by the forest road.

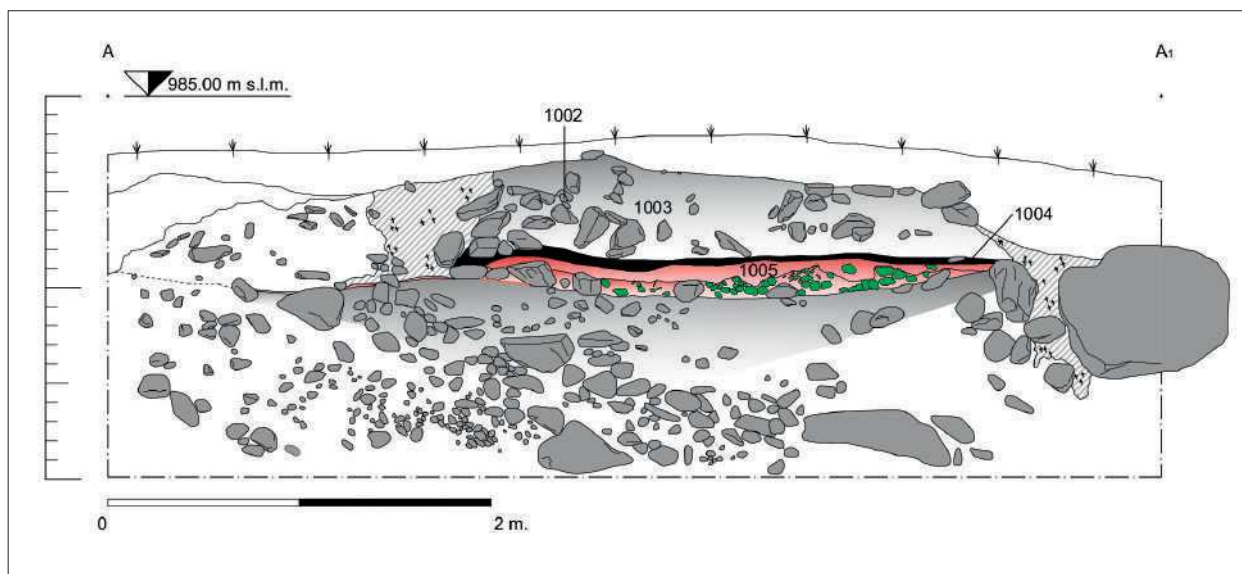


Fig. 28. Transacqua Acquedotto del Faoro: sezione stratigrafica (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 28. Transacqua Acquedotto del Faoro: profile (graphic C. Maggioni and N.D.).

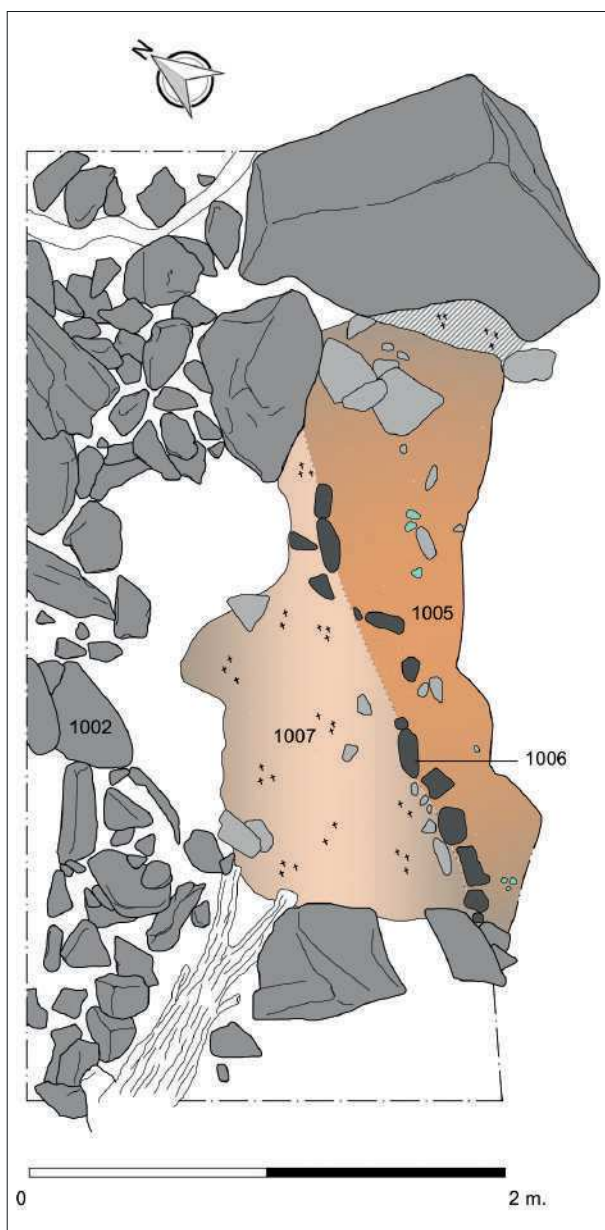


Fig. 29. Transacqua Acquedotto del Faoro: planimetria del letto di arrostitimento (elaborazione grafica C. Maggioni e N.D.).

Fig. 29. Transacqua Acquedotto del Faoro: plan of the roasting bed (graphic C. Maggioni and N.D.).

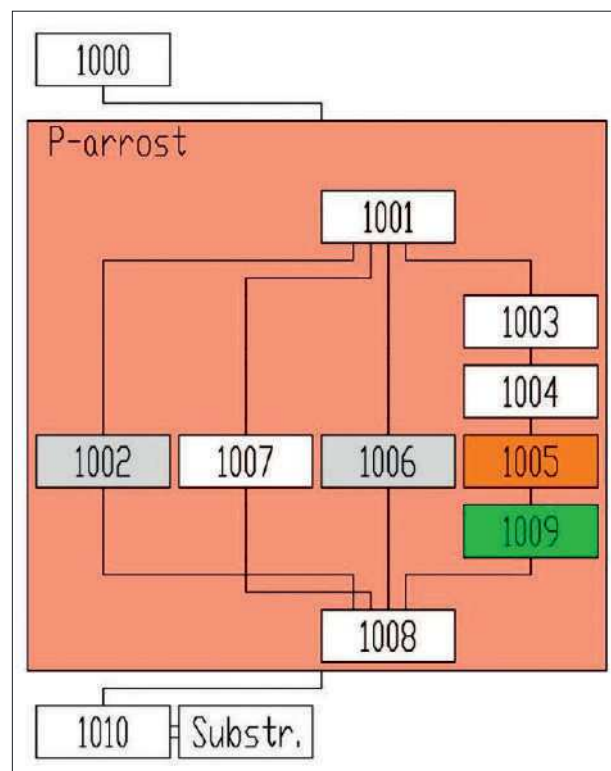


Fig. 30. Transacqua Acquedotto del Faoro: diagramma stratigrafico (Matrix di Harris). In verde l'US con scorie; in arancione l'US con alterazione termica.

Fig. 30. Transacqua Acquedotto del Faoro: Harris' matrix. In green the layer containing slags; in orange the layer altered by fire.

Tab. III. Transacqua Acquedotto del Faoro: descrizione e interpretazione delle unità stratigrafiche.
 Tab. III. Transacqua Acquedotto del Faoro: description and interpretation of the stratigraphic units.

US	Descrizione	Interpretazione - osservazioni
1000	Humus superficiale.	Suolo attuale.
1001	Strato limoso carbonioso con pietre alterate (gneiss e scisto), molto bioturbato; lo strato presenta localizzate deboli tracce di focatura. <i>Very dark brown, 10YR 2/2.</i>	Residui fortemente alterati dell'ultima fase conservata di utilizzo di letto del arrostitimento. In fase con UUSS 1003 e 1004.
1002	Concentrazione di grosse pietre (gneiss) a spigolo vivo, in posizione caotica, concentrate ai margini della struttura di combustione.	Probabili perimetrazioni di letto di arrostitimento, completamente collassate e bioturbate.
1003	Strato limoso con clasti di quarzite e porfido termo alterati; si segnalano deboli aree rubefatte, molto disturbate da bioturbazione. <i>Dark yellowish brown, 10YR 4/6.</i>	Piano di lavoro del letto di arrostitimento. In fase con UUSS 1001 e 1004.
1004	Strato limoso sabbioso ricco di carbone anche centimetrico, clasti di porfido termo alterato, concotto e scorie in prevalenza piatte. <i>Very dark brown, 7,5YR 2,5/2.</i>	Strato di preparazione del piano di lavoro del letto di arrostitimento. In fase con UUSS 1003 e 1001.
1005	Strato limoso fortemente rubefatto con carboni, cenere, scorie piatte e grossolane di piccole dimensioni. In alcuni punti l'alterazione termica ha completamente "concottizzato" il sedimento. <i>Reddish brown, 5YR 4/4.</i>	Piano di lavoro ("letto") e residui dell'attività di arrostitimento. In fase con US 1009.
1008	Taglio artificiale nel versante, con andamento sub-orizzontale.	Spianamento di preparazione per le attività connesse all'uso di letto di arrostitimento.
1009	Strato di scorie piatte di piccole dimensioni e clasti di porfido e gneiss.	Strato di preparazione per le attività connesse all'uso del letto di arrostitimento. In fase con US 1005.
1010	Strato a matrice sabbiosa con clasti di roccia locale (gneiss).	Substrato.

Le datazioni radiocarboniche (PB)

Pezhe Alte

Le due datazioni radiocarboniche eseguite su campioni di carbone provenienti dal sito di Pezhe Alte (Fig. 31), sono pertinenti alla struttura US 517, il cosiddetto "focolare" (TPA 92 - DSH8296_C) e ai livelli basali del grande cumulo di scorie piatte US 303 (TPA_50 - DSH8310_C) quindi ad un momento di piena attività del sito che, viste le caratteristiche generali del deposito, non sembrerebbe di lunga durata o essere stato frequentato in fasi diverse.

Le datazioni sono state affidate al laboratorio CIRCE (*Center for Isotopic Research on Cultural and Environmental Heritage* dell'INNOVA, presso la seconda Università di Napoli) di Caserta⁵.

Gli estremi ottenuti per i due campioni (calibrazione a 2 σ) indicano la loro pertinenza a un periodo compreso tra la seconda metà del XV e il

XIII secolo cal BC. Tali risultati sono scarsamente coerenti con le osservazioni scaturite dall'esame del materiale archeologico che, quando sufficientemente diagnostico, è attribuibile prevalentemente alla *facies* archeologica Luco/Laugen A (BR2-BF1/2; XII-XI sec.a.C. circa). Questo apparente sfasamento tra i due sistemi di datazione potrebbe trovare spiegazione nella natura dei campioni (il cosiddetto "effetto *old wood*").

Acquedotto del Faoro

Non sono invece possibili confronti con la tradizionale crono-tipologia per la datazione di un campione di carbone proveniente da un livello di preparazione – fortemente rubefatto – del letto di arrostitimento di Acquedotto del Faoro (US 1005). Il campione (TAF 15 - DSH8317_C; Fig. 32) risulta collocabile (con calibrazione a 2 σ) tra l'inizio del XIV e la fine dell'XI secolo cal BC.

⁵ La misura del rapporto isotopico $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ del campione è stata effettuata con il metodo della Spettrometria di Massa con Acceleratore, utilizzando il sistema descritto in TERRASI *et alii* 2008. I campioni sono stati trattati secondo i protocolli standard in uso nel laboratorio. I valori dell'età calendariale (età calibrata) sono ottenuti con l'utilizzo del programma CALIB7. La datazione convenzionale al radiocarbonio è stata corretta per gli effetti di frazionamento isotopico naturale mediante la misura del $\delta^{13}\text{C}$ effettuata tramite EA-IRMS.

Considerazioni conclusive

Transacqua - Pezhe Alte

Il sito archeometallurgico di Pezhe Alte, sostanzialmente attribuibile alla *facies* Luco/Laugen A (BR2-BF1/2) ma con datazioni radiometriche che vanno dalla seconda metà del XV al XIII secolo cal. BC, presenta aspetti specifici e caratteristici rispetto ad altri analoghi contesti trentini.

In primo luogo le dimensioni: grazie ai sondaggi eseguiti si è potuta circoscrivere l'area di dispersione delle scorie che risulta essere estesa 1157 m², ossia considerevolmente più piccola rispetto ai siti di maggiori dimensioni (Segonzano P.: 5200 m²). Il deposito di scorie, concentrato nell'area nord e stimato su base campionaria tra 100 e 200 tonnellate, appare formato da una sequenza continua di butti di materiale di risulta

delle lavorazioni. I concotti in giacitura secondaria alla base del deposito sono probabilmente provenienti dal rivestimento in argilla di strutture fusorie che dovevano trovarsi a monte dello scarico. Le scorie sono prevalentemente del tipo piatto; il loro grado di frantumazione non è elevato, tanto che in molti casi si conserva una porzione di margine sufficiente a calcolarne il diametro che è compreso tra 14,5 e 23 cm; anche le scorie grossolane si presentano poco frantumate e spesso integre. Da notare, infine, che a Pezhe Alte sembra assente la cosiddetta "sabbia di scorie", ossia la graniglia fine ottenuta dalla macinatura delle scorie grossolane per il recupero di materiale da riciclare (minerale non reagito e metallina).

Nell'area sud del settore di scavo compare la piccola struttura piro-tecnologica US 517, definita "focolare" in quanto confrontabile con esemplari

Contesto	Campione	Materiale	Codice	R.Date (BP)	δ13C (‰)	Età calibrata (1 σ)		Età calibrata (2 σ)	
US 515	TPA_92	carbone	DSH8296_C	3114±25	-26.2± 0.1	1426 – 1386 cal BC 1340 – 1317 cal BC	67% 33%	1438 – 1369 cal BC 1360 – 1298 cal BC	60% 40%
US 303 base	TPA_50	carbone	DSH8310_C	3039±27	-23.5± 0.2	1380 – 1344 cal BC 1306 – 1258 cal BC 1246 – 1233 cal BC	35% 54% 11%	1395 – 1216 cal BC	100%

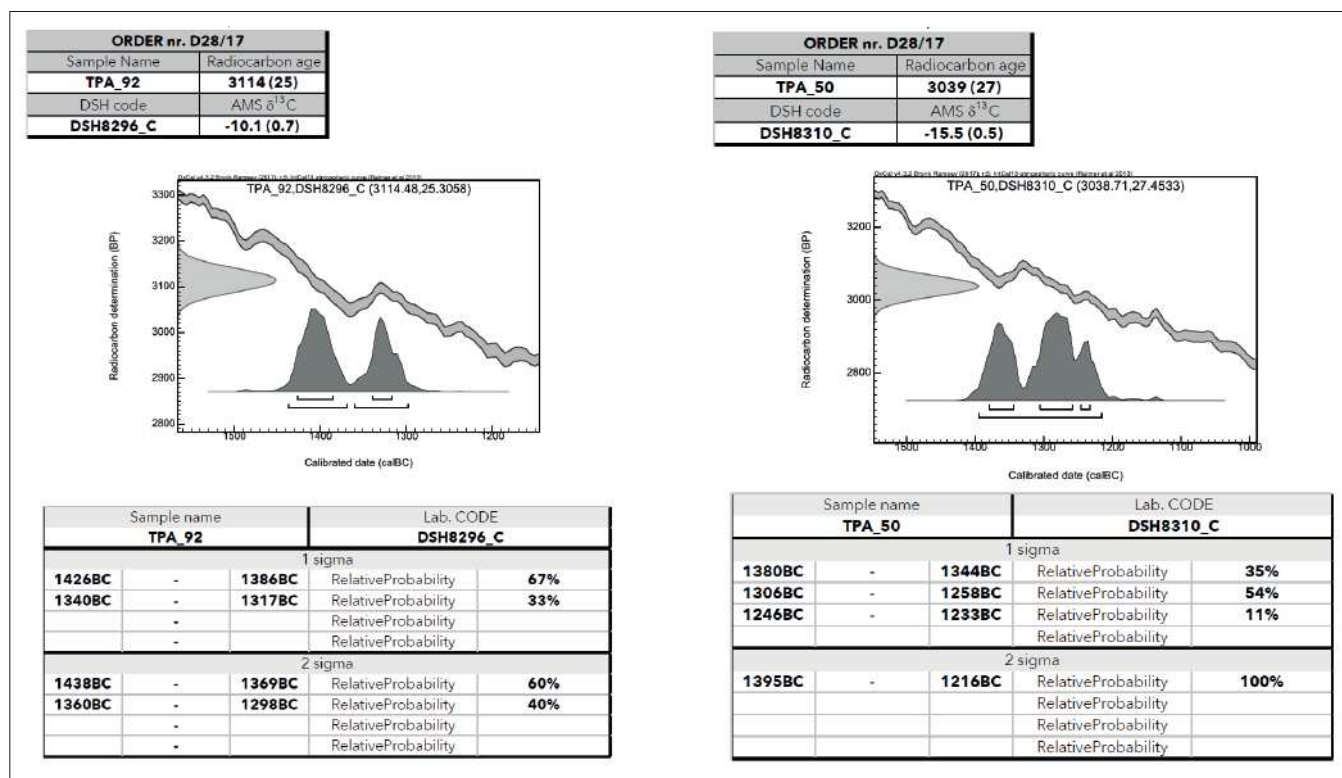


Fig. 31. Transacqua - Pezhe Alte: Dati dei campioni e risultati delle analisi al radiocarbonio. Calibrazione eseguita col programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13, dati atmosferici (REIMER *et alii* 2013). Per il grafico cfr. PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

Fig. 31. Transacqua - Pezhe Alte: list of analysed samples and results of the radiocarbon dates, calibrated with OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13, atmospheric data (REIMER *et alii* 2013). For the multi-plot see PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

Contesto	Campione	Materiale	Codice	R.Date (BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Età calibrata (1 σ)		Età calibrata (2 σ)	
US 1005	TAF_15	carbone	DSH8317_C	2972 \pm 50	-26.6 \pm 0.1	1266 – 1115 cal BC	100%	1381 – 1342 cal BC 1306 – 1027 cal BC	5% 95%

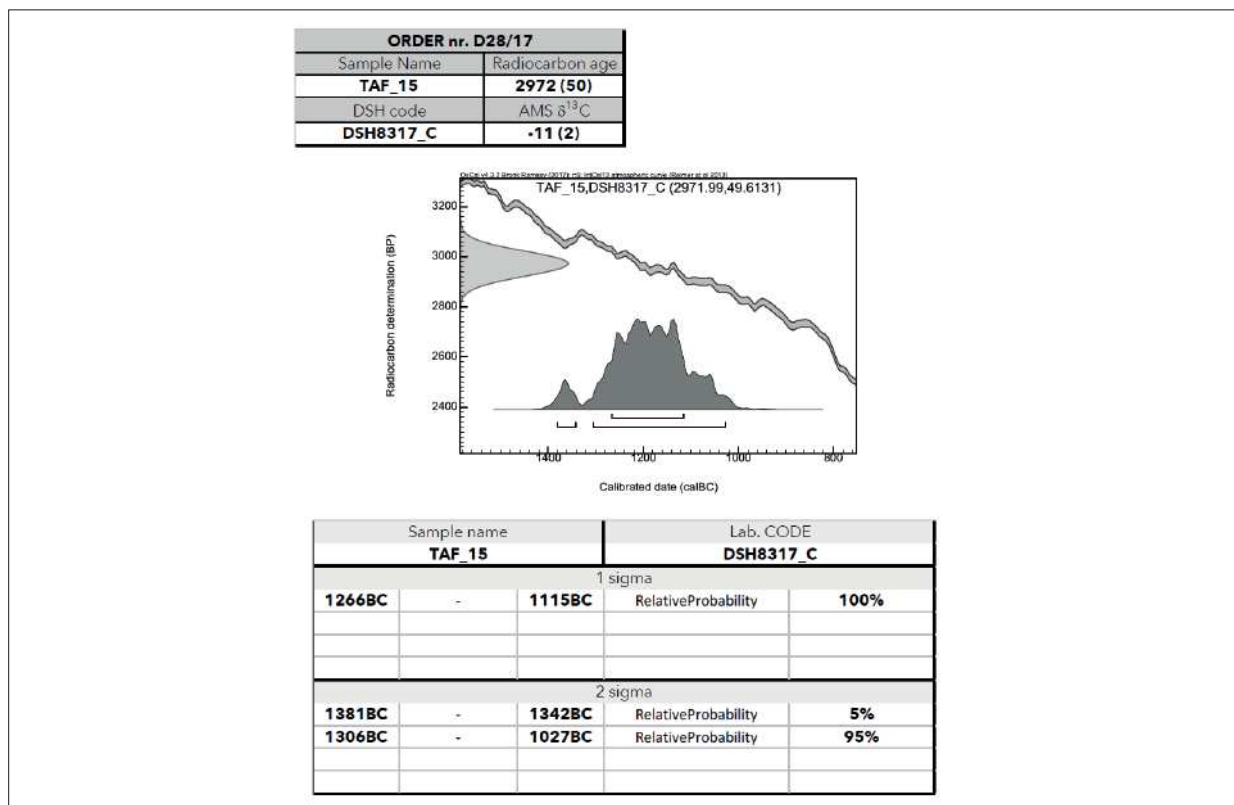


Fig. 32. Transacqua - Acquedotto del Faoro. Dati del campione e risultati dell'analisi al radiocarbonio. Calibrazione eseguita col programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13, dati atmosferici (REIMER et alii 2013). Per il grafico cfr. PEARCE et alii 2021, fig. 1.

Fig. 32. Transacqua - Acquedotto del Faoro: sample data and results of the radiocarbon date, calibrated with OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13, atmospheric data (REIMER et alii 2013). For the multi-plot see PEARCE et alii 2021, fig. 1.

simili rinvenuti ad Acqua Fredda, distinti dai forni fusori (CIERNY 2008, pp. 59 e 61). Sulla scorta delle macro-evidenze stratigrafiche e soprattutto di quanto appurato grazie alle analisi microscopiche e ultramicroscopiche (microscopio petrografico, SEM-EDS e micro-Raman) si può escludere che tale struttura sia stata utilizzata per la riduzione dei solfuri di rame. Le temperature raggiunte (certamente inferiori a 800°C) potrebbero invece essere servite al trattamento termico di frammenti rocciosi da macinare per ottenere sabbia quarzosa.

Ciò sembrerebbe in linea con quanto sostenuto da alcuni autori relativamente al processo fusorio, sulla base delle analisi archeometriche di scorie di fusione di diversi siti trentini, tra cui Transacqua: la silice necessaria per ottenere la separazione della componente ferrosa del minerale, con la formazione delle scorie fayalitiche (Fe_2SiO_4), non deriverebbe dalla ganga del minerale cuprifero e sarebbe stata aggiunta durante il processamento del minerale (ADDIS et alii 2016, pp. 108-109).

Transacqua - Acquedotto del Faoro

Il contesto indagato, datato radiometricamente tra la fine del XIV e l'XI secolo cal. BC, sembra riferibile ad una struttura pirotecnologica che in letteratura viene comunemente interpretata come "letto di arrostitimento" (EIBNER 1982; GOLDENBERG 2004; 2015). Si tratta di piattaforme quadrangolari allungate, delimitate da pietrame di varie dimensioni e con preparazione del fondo in argilla o, come nel nostro caso, con residui derivati dalle lavorazioni (scorie piatte). Secondo l'interpretazione corrente, il minerale di rame (come la calcopirite) adeguatamente frantumato, doveva essere esposto al calore su tali "letti di arrostitimento" per rimuovere parte dello zolfo e per permettere la formazione di ossidi di ferro. Prescindendo dagli strati più superficiali, fortemente bioturbati, la sequenza stratigrafica sembrerebbe indiziare almeno due cicli di attività.

Nel territorio sud-alpino, altre due aree indagate con scavi regolari e relativamente estesi han-

no restituito strutture confrontabili con quella in esame: Cortaccia/Kurtatsch (NOTHDURFTER 1993; NOTHDURFTER, HAUSER 1986) e Luserna – Platz

Von Motze (BELLINTANI *et alii* 2010, p. 279; SILVESTRI *et alii* 2015a, p. 373 fig. 10; NICOLIS *et alii* 2021).

Bibliografia

- ADDIS A., ANGELINI I., NIMIS P., ARTIOLI G. 2016, *Late Bronze Age copper smelting slags from Luserna (Trentino, Italy): interpretation of the metallurgical process*, "Archaeometry", 58, pp. 96-114.
- ALBERTI A., DAL RI L., MARZOLI C., TECCHIATI U. 2005, *Evidenze relative al X, IX, VIII sec. a. C. nell'ambito dell'alto bacino del fiume Adige (cultura di Luco-Meluno)*, in G. BARTOLONI, F. DELPINO (a cura di), *Oriente e Occidente: metodi e discipline a confronto. Riflessioni sulla cronologia dell'età del Ferro italiana*, Atti dell'Incontro di Studio, Roma, 30-31 ottobre 2003, Pisa-Roma, pp. 227-238.
- APPOLONIA L., VOLPIN S. 2002, *Le analisi di laboratorio applicate ai beni artistici policromi*, Padova, pp. 38-40.
- ARTIOLI G. 2010, *Scientific Methods and Cultural Heritage. An introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science*, Oxford, pp. 42-46.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., TECCHIATI U., PEDROTTI A. 2015, *Eneolithic copper smelting slags in the Eastern Alps: Local patterns of metallurgical exploitation in the Copper Age*, "Journal of Archaeological Science", 63, pp. 78-83.
- BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F., SILVESTRI E., STEFAN L., BASSETTI M., DEGASPERI N., CAPPELLOZZA N. 2010, *New evidence of archaeometallurgical activities during the Bronze Age in Trentino*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPER (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HIMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck, pp. 277-282.
- BERNA F., BEHAR A., SHAHACK-GROSS R., BERG J., BOARETTO E., GILBOA A., SHARON I., WEINER S. 2007, *Sediments exposed to high temperatures: reconstructing pyrotechnological processes in Late Bronze and Iron Age strata at Tel Dor (Israel)*, "Journal of Archaeological Science", 34 (3), pp. 358-373.
- BRAGA G.P., GATTO G.O., GATTO P., GREGNANIN A., MASSARI F., MEDIZZA F., NARDIN M., PERNA G., ROSI D., SACERDOTI M., SEMENZA E., SOMMAVILLA E., ZIRPOLI G., ZULIAN T. 1971, *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 22 (Feltre)*, edizioni Servizio Geologico d'Italia, Firenze.
- BULLOCK P., FEDOROFF N., JONGERIUS A., STOOBS G.J., TURSINA T. 1985, *Handbook for Soil Thin Section Description*, Albrighton.
- CANTI M.G., LINFORD N. 2000, *The effects of fire on archaeological soils and sediments: temperature and colour relationships*, "Proceedings of the Prehistoric Society", 66, pp. 385-395.
- CARTON A., BONDESAN A., FONTANA A., MENEGHEL M., MIOLA A., MOZZI P., PRIMON S., SURIAN N. 2009, *Geomorphological evolution and sediment transfer in the Piave River watershed (north-eastern Italy) since the LGM*, "Géomorphologie: relief, processus, environnement", 3, pp. 37-58.
- CASAGRANDE L. (con contributi di BATTELLI N., FERRETTI P. FRIZZO P.) 2013, *Paesaggi minerari del Trentino*, in D.E. ANGELUCCI, L. CASAGRANDE, A. COLECCHIA, M. ROTTOLI (a cura di), *APSAT 2. Paesaggi d'altura del Trentino. Evoluzione naturale e aspetti culturali*, Progetti di archeologia, Mantova, pp. 177-308.
- CATTOI E., D'AMICO C., FABRIS S. 1995, *Studio petro-archeometrico di scorie di fusione della fine dell'Età del Bronzo e confronti con scorie dell'Età del Rame/Bronzo Antico in Trentino*, "Preistoria Alpina", 31, pp. 125-145.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen*, "Der Anschnitt", Beiheft 22, Bochum.
- COURTY M.A., FEDOROFF N. 2002, *Micromorphologie des sols et des sédiments archéologiques*, in J.C. MISKOWSKY (sous la dir. de), *Géologie de la Préhistoire: méthodes, techniques, applications*, Paris, pp. 511-554.
- COURTY M.A., GOLDBERG P., MACPHAIL R.I. 1989, *Soils and Micromorphology in Archaeology*, Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge.
- EIBNER C. 1982, *Der Kupferbergbau in den österreichischen Alpen in der Urzeit*, "Archäologie Österreichs", 3/1, 1982, pp. 12-16.
- GOLDENBERG G. 2004, *Ein Verhüttungsplatz der mittleren Bronzezeit bei Jochberg (Nordtirol)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, Bochum, pp. 165-176.
- GOLDENBERG G. 2015, *Prähistorische Kupfergewinnung aus Fahlerzen der Lagerstätte Schwaz-Brixlegg im Unterinntal, Nordtirol*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 151-163.
- GOLDBERG P., WHITBREAD I. 1993, *Micromorphological study of a Bedouin tent floor*, in P. GOLDBERG, D. T. NASH, M. D. PETRAGLIA (eds.), *Formation Processes in Archaeological Context*, Madison, Wisconsin, pp. 165-188.
- IAN R.L., HOWELL E. 2001, *Handbook of Raman Spectroscopy: From the Research Laboratory to the Process Line*, New York, pp. 1-3.

- IVY-OCHS S., SCHÄFER J., SYNAL H.A., KUBIK P.W., SCHLÜCHTER C. 2004, *The timing of deglaciation on the northern Alpine foreland (Switzerland)*, "Eclogae geologicae Helvetiae", 97, pp. 47-55.
- LAMBECK K., YOKOYAMA Y., PURCELLA T. 2002, *Into and out of the Last Glacial Maximum: sea-level change during Oxygen Isotope Stages 3 and 2*, "Quaternary Science Reviews", 21, pp. 343-360.
- LEITNER W. 1988, *Eppan-St.Pauls, eine Siedlung der späten Bronzezeit. Ein Beitrag zur inneralpinen Laugen/Melaun-Kultur*, "Archaeologia Austriaca", 72, pp. 1-90.
- MALLOL C., MARLOWE F.W., WOOD B.M., PORTER C.C. 2007, *Earth, wind, and fire: ethnoarchaeological signals of Hadza fires*, "Journal of Archaeological Science", 34, pp. 2035-2052.
- MALLOL C., HERNANDEZ C.M., CABANES D., MACHADO J., SISTIAGA A., PEREZ L., GALVAN B. 2013, *Human actions performed on simple combustion structures: An experimental approach to the study of middle Palaeolithic fire*, "Quaternary International", 315, pp. 3-15.
- MARCH R.J., LUCQUIN A., JOLY D., FERRERI J.C., MUHIEDDINE M. 2012, *Processes of Formation and Alteration of Archaeological Fire Structures: Complexity Viewed in the Light of Experimental Approaches*, "Journal of Archaeological Method and Theory", 2012, pp. 1-45.
- MARZATICO F. 2001, *L'età del Bronzo Recente e Finale*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di), *Storia del Trentino I. La preistoria e la protostoria*, pp. 367 - 416.
- MARZATICO F. 2012, *La cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti*, in A. ANGELINI, G. LEONARDI (a cura di), *Il castelliere di Castel de Pedenà. Un sito di frontiera del II e I millennio a.C.*, *Saltuarie dal laboratorio del Piovego*, 9, pp. 177-204.
- MCCREERY R. L. 2000, *Raman Spectroscopy for Chemical Analysis*, Wiley, New York, pp. 293-309.
- MENTZER S.M. 2012, *Microarchaeological approaches to the identification and interpretation of combustion features in prehistoric archaeological sites*, "Journal of Archaeological Method and Theory", pp. 1-53.
- MILLER C.E., CONARD N.J., GOLDBERG P., BERNA F. 2010, *Dumping, sweeping and trampling: experimental micromorphological analysis of anthropogenically modified combustion features*, "Paleethnology", 2, pp. 25-37.
- MURPHY C.P. 1986, *Thin Section Preparation of Soils and Sediments*, Herts.
- NICOLIS F., CAPPELLOZZA N., BELLINTANI P. 2021, *Il sito di produzione metallurgica di Luserna, loc. Platz von Motze. Ricerche 2005 - 2016*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- NIEDERWANGER G., TECCHIATI U. 2000, *Acqua, fuoco, cielo. Un luogo di roghi votivi di minatori della tarda età del Bronzo*, Bolzano.
- NOTHDURFTER H. 1993, *Zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung im Trentino und in Südtirol*, in H. UR- LICH, K. NUBER, K. SCHMID, H. STEUER, T. ZOTZ (Hrsg.), *Montanarchäologie in Europa - Berichte zum Internationalen Kolloquium "Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa"*, Sigmarin- gen, pp. 67-81.
- NOTHDURFTER H., HAUSER L. 1986, *Bronzezeitliche Kupferschmelzöfen aus Fennhals*, "Denkmalpflege in Südtirol/Tutela dei Beni culturali in Alto Adige", Bolzano, pp. 177-190.
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2021, *L'inizio della seconda fase della coltivazione del rame nel Trentino - Alto Adige/Südtirol*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- PELLEGRINI G.B., ALBANESE D., BERTOLDI R., SURIAN N. 2005, *La deglaciazione nel Vallone Bellunese, Alpi Meridionali Orientali*, "Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria", 7, pp. 271-280.
- PERINI R. 1976, *Appunti per una definizione delle fasi della cultura Luco sulla base delle recenti ricerche nel Trentino*, "Studi Trentini di Scienze Storiche", Sezione II, LV, pp. 151-176.
- PERINI R. 1979, *Area culturale preistorica sulla Groa di Sopramonte (Trento)*, "Studi Trentini di Scienze Storiche", LVIII, II, n. 1, pp. 41-65.
- PERINI R. 1994, *Scavi archeologici nella zona palafitticola di Fiavé-Carera. Parte III. Campagne 1969-1976. Resti della cultura materiale. Ceramica*, Vol. 2, Patrimonio Storico e Artistico del Trentino, Trento.
- PLUMETTAZ N. 2007, *Le Site Magdalénien de Monruz, 2. Étude des foyers à partir de l'analyse des pierres et de leurs remontages*, "Archeologie neuchâto- loise", 38, Neuchâtel.
- PREUSCHEN E. 1973, *Estrazione mineraria dell'età del Bronzo nel Trentino*, "Preistoria Alpina", 9, pp. 113-150.
- PROTEZIONE CIVILE DEL TRENTINO 2018, *Carta Geologico-Strutturale del Trentino, Gennaio 2018 - 1°aggiornamento*, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>.
- RASMUSSEN S.O., BIGLER M., BLOCKLEY S.P., BLUNIER T., BUCHARDT S.L., CLAUSEN H.B., CVIJANOVIC I., DAHL-JENSEN D., JOHNSON S.J., FISCHER H., GKINIS V., GUILLEVIC M., HOEK W.Z., LOWE J.J., PEDRO J.P., POPP T., SEIERSTAD I.K., STEFFENSEN J.P., SVENSSON A.M., VALLELONGA P., VINTHER B.M., WALKER M.J., WHEATLEY J.J., WINSTRUP M. 2014, *A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three*

- synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy, "Quaternary Science Reviews", 106, pp. 14-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.0070277e3791>.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2014, *Evidence of mining without mines: smelting activity during the Bronze Age in Trentino*, in J. SILVERTANT (ed.), *Research and preservation of ancient mining areas*, 9th International symposium on archaeological mining history, Trento-Valkenburg aan de Geul, 2014, pp. 88-103.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., NICOLIS F., BASSETTI M., BIAGIONI S., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., MARCHESINI M., MARTINELLI N., MARVELLI S., PIGNATELLI O. 2015a, *New excavations at smelting sites in Trentino, Italy: archaeological and archaeobotanical data*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESI-TEHRANI (eds.), *Archaeometallurgy in Europe 2011*, Proceedings of the 3rd international conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29-July 1 2011, "Der Anschnitt", 26, pp. 369-376.
- SILVESTRI E., HAUPTMANN A., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2015b, *Bronzezeitliche Kupferverüttung in Trentino*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Bochum, pp. 201-208.
- STEINER H. 2010, *Archaeologische Untersuchungen am Ganglegg bei Schluderns in den Jahren 1997 bis 2001*, in L. DAL RÌ, P. GAMPER, H. STEINER (Hrsg./a cura di), *Hoehensiedlungen der Bronzezeit und Eisenzeit. Kontrolle der Verbindungswege über die Alpen/Abitati d'altura dell'età del Bronzo e del Ferro. Controllo delle vie di comunicazione attraverso le Alpi*, Beni Culturali in Alto Adige – Studi e Ricerche – Vol. VI, pp. 487-557.
- STÖLLNER T., CIERNY J., EIBNER C., BOENKE N., HERD R., MAASS A., RÖTTGER K., SORMAZ T., STEFFENS G., THOMAS P. 2006, *Der Bronzezeitliche Bergbau im Südtiroler Mitterberggebietes. Bericht zu den Forschungen der Jahre 2002 bis 2006*, "Archeologia Austriaca", 90, pp. 87-137.
- STOOPS G. 2003, *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*, Madison.
- STOOPS G., MARCELINO V., MEES F. (eds.) 2010, *Interpretation of Micromorphological Features of Soil and Regoliths*, Amsterdam.
- TECCHIATI U., CAVALIERI S., DI BRAIDA S. 2014, *Resti d'abitato del Bronzo Finale (cultura di Luco) rinvenuti a Tires – località Backenwiesl (BZ)*, "Annali del Museo Civico di Rovereto", Sez. Archeologia, Storia, Scienze naturali, Vol. 29 (2013), pp. 3-76.
- WATTEZ J. 1992, *Dynamique de formation des structures de combustion de la fin du paléolithique au néolithique moyen: approche méthodologique et implications culturelles*, Thèse de doctorat en Archéologie, Université de Paris Sud, (Sorbonne), Paris.
- WATTEZ J. 2000, *Enregistrement sédimentaire des structures de combustion et fonctionnement de l'espace dans les campements de la fin du Paléolithique. Exemples des sites magdaléniens de Monruz (Neuchâtel, Suisse) et d'Etiolles (Soisy-sur Seine, France) et du site du Closeau (Rueil-Malmaison, Hauts-de-Seine, France)*, in P. BODU, C. CONSTANTIN (sous la dir. de), *Approches fonctionnelles en Préhistoire*, Actes du XXVe Congrès Préhistorique de France, Nanterre, pp. 225-237.
- ZANETEL L. 1993, *Attività mineraria*, in S. GADENZ, M. TOFFOL, L. ZANETEL (a cura di), *Le miniere di Priero. Raccolta antologica di studi*, Calliano (TN), pp. 9-16.

IL SITO FUSORIO DI FIEROZZO, LOCALITÀ VALCAVA (TN). RICERCHE 2012

Paolo Bellintani, Nicola Pagan, Michele Bassetti, Nicoletta Martinelli, Olivia Pignatelli

Riassunto

Tra i mesi di giugno e ottobre 2012, è stata eseguita una campagna di indagini archeologiche su un piccolo pianoro del versante occidentale della Valcava, tributaria della Valle del Fersina (o Valle dei Mocheni/Bernstol), all'interno del territorio comunale di Fierozzo (TN).

Valcava era già stata segnalata da Preuschen in relazione ad antiche coltivazioni minerarie, tuttavia solo l'intervento del 2012 ha permesso di portare in luce e documentare i depositi di abbandono di un sito per la riduzione del rame pertinente all'età del Bronzo Recente - Finale.

La stratigrafia relativa ai livelli d'uso degli apparati fusori non è stata asportata, ma esclusivamente messa in luce e documentata a seguito dello scavo dei livelli di abbandono. L'area interessata da strutture piro-tecnologiche, strati carboniosi, piani d'uso e fosse in fase con le strutture descritte, occupa una superficie pari a circa 900 m², mentre l'area che ha restituito le tracce di forni (sondaggi 1-3) si estende per circa 200 m². Sono stati individuati 3 forni, di cui due in coppia, che apparentemente sembrano far parte di una batteria. Indizio di ciò è il comune orientamento NW-SE, con lato privo di muratura a NE ossia verso valle, e l'accertata appartenenza alla stessa fase dei forni 1 e 2, mentre non è possibile affermarlo con sicurezza per il forno 3.

Al collasso delle strutture in esame segue la formazione di uno strato eterogeneo (US 13) al cui interno sono stati rinvenuti frammenti ceramici attribuibili alla *facies* Luco/Laugen A (BR2-BF1/2). Dallo stesso strato proviene un campione datato radiometricamente che, in seguito a modellizzazione bayesiana, è collocabile tra 1385 e 1131 cal BC (95.4%), ossia in un range parzialmente sovrapponibile alla datazione assoluta crono-tipologica. All'abbandono dei forni 1 e 2 segue la formazione dello strato di "sabbia di scorie" US 2, presente anche all'interno del forno 1. La sostanziale coincidenza dell'arco cronologico (convenzionale e radiometrico) delle fasi di abbandono e post-abbandono dei forni 1 e 2 permette di collocare il dislocamento dei forni in altra zona o in livelli superiori distrutti dagli interventi moderni. Le datazioni convenzionali e radiometriche delle fasi di abbandono e post-abbandono dei forni 1 e 2 lasciano presagire che la riqualificazione dell'area sia avvenuta immediatamente dopo la disattivazione dei forni 1 e 2.

Summary

Between June and October 2012, an archaeological campaign was carried out on a small plateau on the western side of the Valcava, a tributary of the Valle del Fersina (or Valle dei Mocheni/Bernstol), within the municipality of Fierozzo (TN). The locality was reported by Preuschen already for the presence of potential prehistoric copper ore exploitation, but only with the campaign of 2012 it was possible to bring to light and document the upper part of the deposits of a smelting site dating to the Recent - Final Bronze Age.

The layers related to the abandonment phases of the site were removed and the smelting activity phases brought to light and documented. The area with pyro-technological structures, charcoal layers, working surfaces and pits synchronous with the structures described, occupies about 900 square meters, while the area with smelting furnaces (excavation areas 1- 3) extends for about 200 square meters.

3 furnaces (two of which in pairs) have been identified, and they seem to be part of a battery. An indication of this are the common NW-SE orientation, with the side without masonry to the NE, and the ascertained dating to the same phase of the furnaces 1 and 2, while it is not possible to say with certainty whether or not furnace 3 belongs to the same phase. The collapse of the structures is followed by the formation of an heterogeneous layer (SU 13) inside which pottery fragments dating to the Luco/Laugen A facies (BR2-BF1/2) have been found. A radiocarbon date from the same layer (1385 - 1131 cal BC 95.4%) is partially overlapping the chrono-typology. The abandoned furnaces 1 and 2 are covered by a layer of "slag sand", SU 2, present inside furnace 1 also. This layer seems to belong to a phase of activity with displacement of the smelting structures to another area or in layers destroyed by modern works. The conventional and radiometric dates of the abandonment and post-abandonment phases of furnaces 1 and 2 suggest that the reorganization of the area took place immediately after the deactivation of furnaces 1 and 2.

Parole chiave: sito di estrazione del rame; forni fusori; età del Bronzo Recente e Finale.

Key words: smelting site; smelting furnaces; Recent and Final Bronze Age.

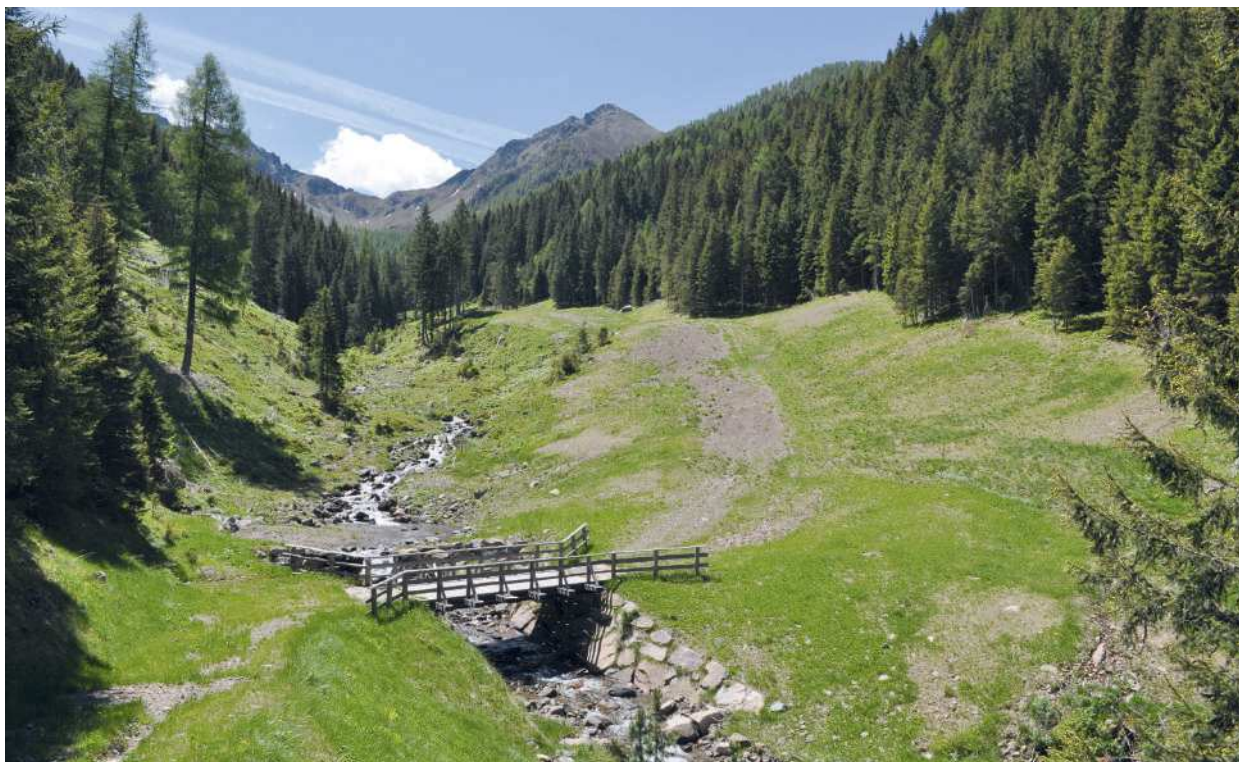


Fig. 1. Il sito prima dell'inizio delle indagini. Al centro dell'immagine, ai lati del sentiero che parte dal ponte, è visibile l'areale di dispersione superficiale delle scorie di fusione, parzialmente ricollocate dai lavori di miglìoria fondiaria. Fig. 1. The site before the excavation. In the centre of the photo, along the path after the bridge, the dispersion of slags caused by deforestation and land works is visible.

Introduzione

Tra i mesi di giugno e ottobre 2012, è stata eseguita una campagna di indagini archeologiche su un piccolo pianoro del versante occidentale della Valcava, tributaria della Valle del Fersina (o dei Mocheni), all'interno del territorio comunale di Fierozzo (TN) (Fig. 1).

Valcava era già stata segnalata da Preuschen in relazione ad *"antiche coltivazioni minerarie, delle quali a stento tuttavia oggi si scorgono le tracce"* (PREUSCHEN 1973, p. 124, fig. 4, 14); lo stesso autore non fa menzione invece di installazioni fusorie. Un rinvenimento di *"scorie grezze e fini"* fu segnalato in zona, a quota 1540 m s.l.m., da Pasquali e Zampedri (1980, p. 105); la notizia è stata poi ripresa anche in CIERNY 2008 (pp. 125-126). In entrambi i casi non sono date indicazioni topografiche utili ad un preciso posizionamento. La segnalazione di lavori in corso nell'area archeologica si deve a Marco Gramola.

L'intervento del 2012 ha permesso di portare in luce e documentare i depositi di abbandono di un sito di tipo artigianale per la riduzione del rame pertinente all'età del Bronzo Recente-Finale.

La stratigrafia relativa ai livelli d'uso degli apparati fusori non è stata asportata, ma esclusivamente messa in luce e documentata a seguito dello scavo dei livelli di abbandono.

Il sito è ubicato sulla sinistra idrografica del torrente Balkof, tributario in sinistra idrografica del

torrente Fersina. La Valcava è orientata circa N-S ed è delimitata a sud dallo spartiacque costituito dai rilievi del Monte Mut (2157,50 m s.l.m.), del Gronlait (2380,70 m s.l.m.) e del Pizzo Alto (2218,80 m s.l.m.). In particolare, il sito è posto presso il fondovalle alla quota di circa 1580 m s.l.m., alla sommità di una morfologia terrazzata digradante verso NE e sospesa una decina di metri rispetto alla quota attuale del torrente. Il deposito glaciale ghiaioso-sabbioso è inciso a E da una scarpata erosiva fluviale allungata in direzione N-S, mentre verso W si raccorda gradualmente al versante.

La Valle dei Mocheni. Inquadramento geologico e geomorfologico (Figg. 2-3) (MB)

La Valle del Fersina, conosciuta anche con il toponimo di Valle dei Mocheni/Bernstol, si trova nel settore centroccidentale delle Alpi orientali, nel Trentino orientale. La valle è solcata dal torrente Fersina che nasce dal Lago di Erdemolo (2006 m s.l.m.) per confluire nell'Adige all'altezza di Trento.

La morfologia della valle, compresa la configurazione della rete idrografica, è prevalentemente condizionata dall'assetto litostrutturale dominato dalla "Linea del Fersina". Questo lineamento ha direzione NE-SW e consiste in una faglia inversa che ha determinato l'innalzamento di circa 800 metri della

porzione posta a SE. Parallele a questa faglia principale vi sono dislocazioni a rigetto minore a carattere trascorrente di direzione prevalentemente NW-SE. Pertanto, sul versante in sinistra idrografica affiorano estesamente i litotipi del basamento metamorfico pre-Permiano (Unità della Valsugana) mentre su quello destro dominano le vulcaniti permiane del Gruppo Vulcanico Atesino (Permiano inferiore, AVANZINI *et alii* 2010; BARTOLOMEI *et alii* 1969).

Il modellamento prodotto dai processi glaciali è avvenuto soprattutto nel corso dell'ultima grande espansione glaciale (LGM - *Last Glacial Maximum*) (IVY-OCHS *et alii* 2004; RASMUSSEN *et alii* 2014) mentre fenomeni periglaciali e paraglaciali sono stati attivi nella formazione del successivo paesaggio tardo-glaciale.

Nella zona in oggetto, le morene LGM più elevate sono state riconosciute presso il Passo di Redebus (Malga Pez) a quota 1585 metri s.l.m. Dopo l'LGM, nell'area oggetto di indagine la fase di deglaciazione non fu continua e le temporanee riavanzate produssero nel fondovalle e sui versanti la formazione di una serie di depositi (Sintema del Garda, AVANZINI *et alii* 2010). La disattivazione delle transfluenze glaciali (Tardoglaciale auct.) tra la Valle dell'Adige e l'alta Valsugana provocò nel bacino del torrente Fersina la formazione di ampie conoidi di *debris flow* e terrazzi di contatto glaciale (*kame*) sospesi di varie decine di metri rispetto all'attuale fondovalle

(Subsistema di Monte Gian, AVANZINI *et alii* 2010).

Numerose sono le mineralizzazioni seppur di modesta entità nell'alta Val dei Mocheni, tra Palù del Fersina e il Lago di Erdemolo, ed in Valcava, sul versante sinistro. Tra queste la più significativa è il giacimento cuprifero e argentifero della miniera di Erdemolo (*Grua va Hardömbel*). Analoghe manifestazioni si hanno nella miniera di S. Orsola, sempre in Val dei Mocheni. Nel giacimento di Gril-Faida si estraevano galena, blenda, calcopirite, pirite, tetraedrite, pirolusite, rodonite, rodocrosite e quarzo entro le ignimbriti riodacitiche della formazione del Castelliere e le lave dacitiche della formazione di Pinè del Gruppo Vulcanico Atesino (AVANZINI *et alii* 2010). Infine, possiamo citare le miniere di Aubis sul versante sinistro della valle presso l'alveo del torrente Fersina, con mineralizzazioni a pirite, rame e arsenico nelle lave dacitiche sempre nella Formazione di Pinè (OMENETTO, DETOMASO 1970; AVANZINI *et alii* 2010; CASAGRANDE *et alii* 2013). Il complesso minerario di Viarago sfrutta una mineralizzazione filoniana a pirite, blenda, calcopirite, tetraedrite, magnetite entro le lave andesitiche della formazione di Cembra. In località Rementil, sopra Viarago, le mineralizzazioni sono costituite da berthierite, stibnite, probabile meneghinite, antimonio nativo, kermesite e ocre di antimonio oltre a pirite, blenda, arsenopirite e limonite (BURTET FABRIS *et alii* 1974).

Immediatamente a nord della Val dei Mocheni,

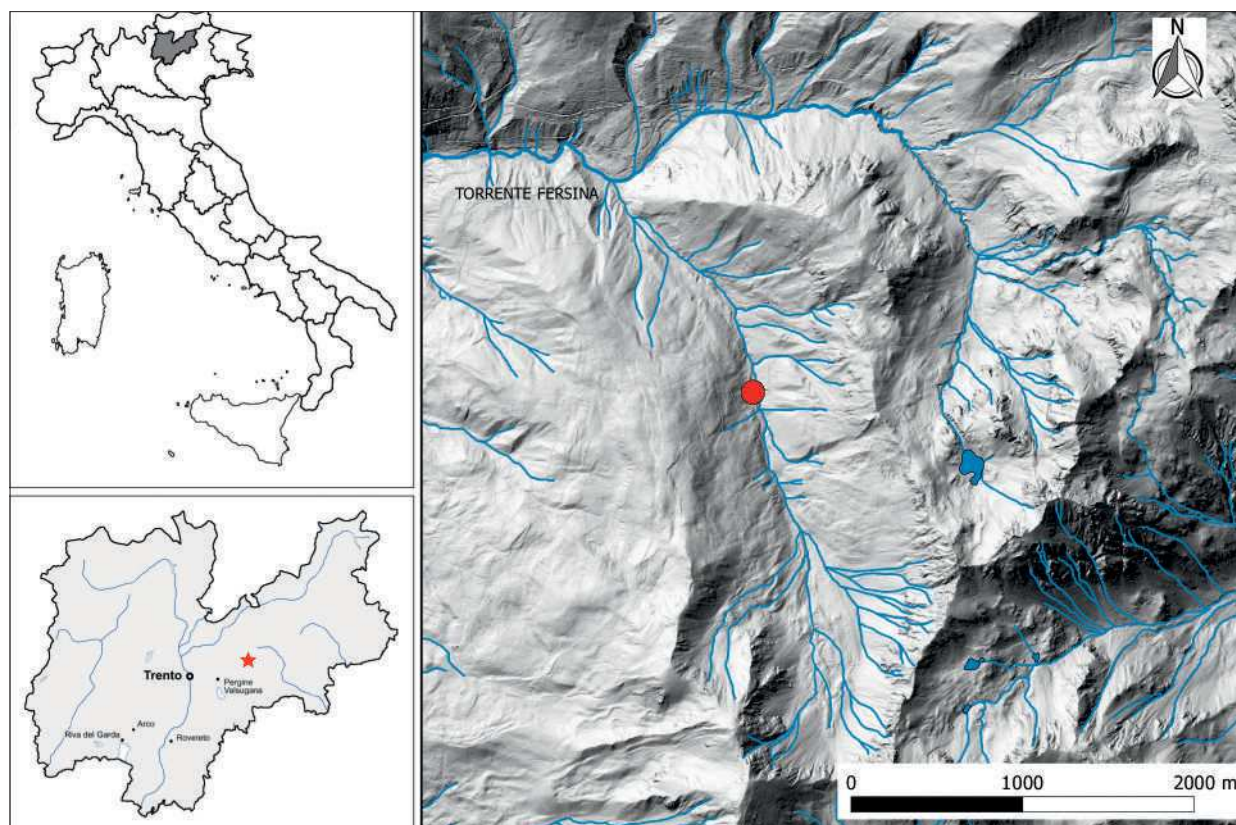


Fig. 2. Fierozzo Loc. Valcava (Val dei Mocheni – Trentino orientale): inquadramento geografico e topografico del sito.
Fig. 2. Fierozzo Loc. Valcava (Mocheni Valley – eastern Trentino): geographical and topographical maps of the site.

sul versante sinistro della valle del Torrente Silla, si trova la miniera di Quadrate, una mineralizzazione filoniana e in parte di impregnazione di galena argentifera, blenda, calcopirite e pirite. Nel giacimento di Nogaré, posto poco distante, sono presenti arsenopirite, galena, blenda, pirite, calcopirite, tetraedrite, antimonite, quarzo ed interessa le daciti della formazione di Pinè e le andesiti della formazione di Cembra (OMENETTO, DETOMASO 1970; AVANZINI *et alii* 2010).

Infine, in Alta Valsugana sono presenti numerosi giacimenti nelle metamorfiti del basamento cristallino costituiti da pirite, marcasite, arsenopirite, calcopirite, sfalerite, galena e solfosali con tracce di rame e antimonio per i quali citiamo, in particolare, le miniere di Vetriolo, Cinquevalli, Roncegno, Cima d'Orno, Valar e Calceranica.

Quest'ultima rappresenta ad oggi il più grande giacimento sfruttato per estrarre rame dell'Alta Valsugana (AVANZINI *et alii* 2010; CASAGRANDE *et alii* 2013).

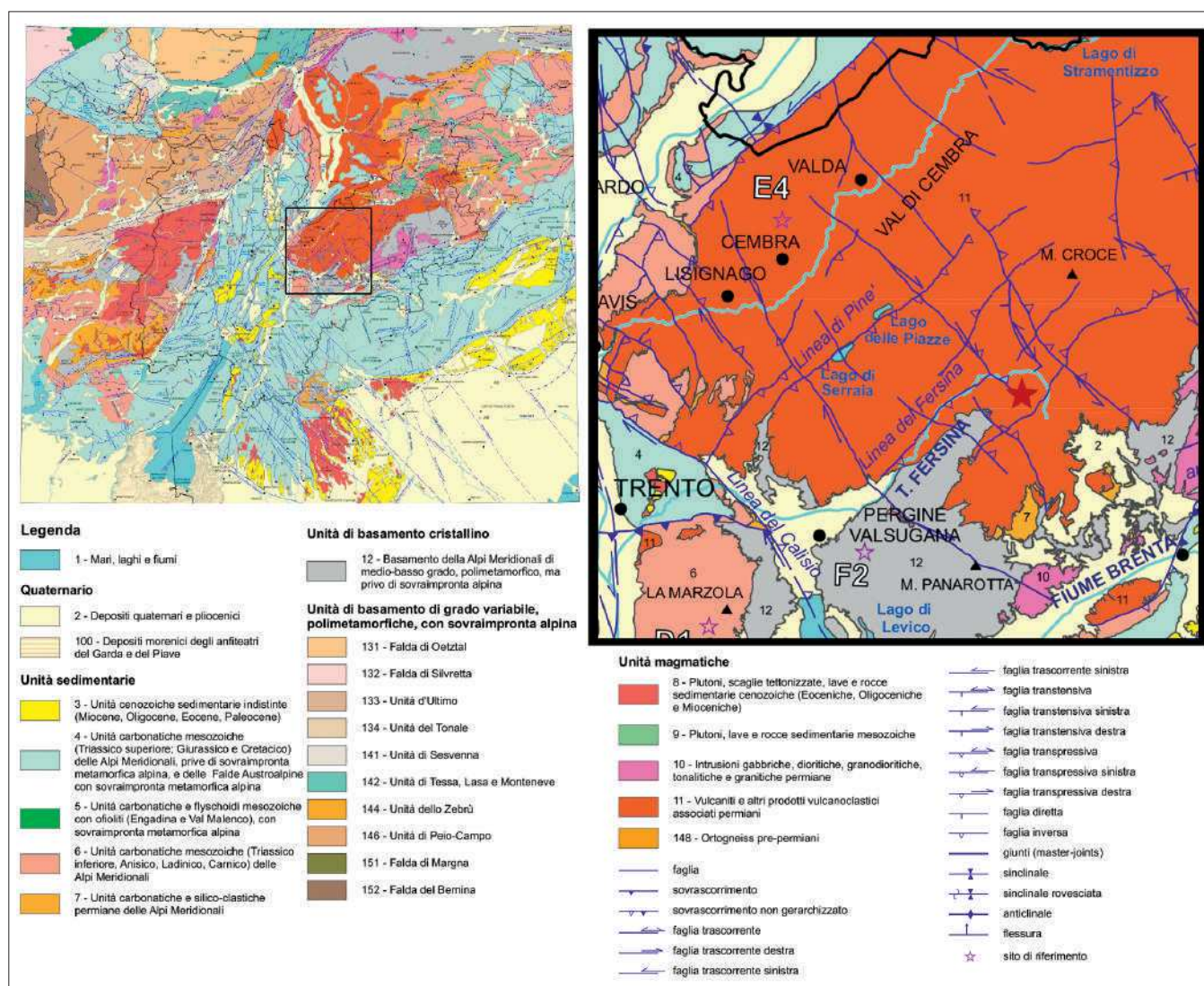


Fig. 3. Inquadramento geologico del sito. La stella rossa indica il sito (modificata da: "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". Gennaio 2018 – 1°aggiornamento, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologico-costrutturale>).

Fig. 3. Geological map of the area. The red star indicates the position of the site (after "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". January 2018 – first update, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologico-costrutturale>, modified).

La discarica di scorie (PB, NP)

L'indagine aveva come obiettivo prioritario il rilievo planimetrico di un'area caratterizzata dalla presenza di scorie di fusione messa in luce in occasione di recenti lavori di sistemazione del versante¹ (Fig. 3). L'attuale morfologia del deposito di scorie presente sul versante occidentale della valle è stata alterata, almeno parzialmente, da recenti lavori di spianamento, eseguiti con mezzi meccanici, per la realizzazione di un'area destinata a pascolo; tale superficie palinestica è distinta in due diverse concentrazioni di materiali (Fig. 4). Nella campagna di ricerche 2012 si è deciso di operare sulla parte più a monte (area sud), dove affioramenti di frammenti di intonacature in argilla rubefatta (concotti) e altre tracce di esposizione al fuoco indiziavano la presenza di strutture di combustione ancora in posto.

Per definire l'areale di dispersione delle scorie dell'area sud sono stati eseguiti 17 piccoli sondaggi, di dimensione media di 1,5 x 1 m, fino al substrato ghiaioso naturale o alla testa di strutture connesse alle lavorazioni archeometallurgiche (Fig. 5). Grazie ai sondaggi, sappiamo che l'area sud misura 110 m di lunghezza e da 10 a 30 m di larghezza (ca 2300 m²), per uno spessore massimo di circa 40 cm. Più a valle, ad una distanza di circa 30 m e in corrispondenza di un piccolo pianoro, si trova il limite meridionale di un secondo accumulo di scorie (area nord) che prosegue per 70 m di lunghezza e 10-12 m di larghezza (ca 700 m²) ma che non è stato indagato ulteriormente. Non è stato ancora chiarito se si tratti di due discariche, pertinenti a cicli di lavorazione diversi, oppure dello stesso accumulo distinto in due parti a seguito di interventi successivi alla sua formazione.

L'attuale superficie dei depositi (Fig. 6) è costituita in prevalenza da scorie piatte frantumate (*platten-schlacken*) di dimensioni variabili da 2-3 fino a 10 cm, di colore prevalentemente grigio, ma con concentrazioni di scorie dal colore bruno rossastro. Seguono in minor numero le scorie di tipo grossolano (*schlackenkuchen*) anche intere (fino a 40 cm di lato) di colore prevalentemente bruno grigio e infine frammenti di pietre, soprattutto calcaree. Dove sono stati eseguiti i sondaggi di scavo (area sud) è stata rilevata anche la presenza di strati formati prevalentemente da sabbia di scorie.

Sondaggi 1-3 - Settore SE. I forni 1 e 2 (PB, NP)

Dato il rinvenimento di evidenze archeologiche di particolare interesse, si è deciso di ampliare il sondaggio 1, creando un'area di 21 x 5 m collegata da due trincee ai sondaggi 2 e 3. L'indagine (Cfr. *infra* Tab. 1, Figg. 7a, 7b e 12) ha comportato lo scotico della coltre erbosa, cresciuta a diretto contatto con i livelli archeologici sul pianoro, e l'asportazione dello strato di terreno disomogeneo, con scorie piatte e sabbia di scorie in giacitura secondaria, derivante da recenti lavori di spianamento (US 3).

Successivamente si è proceduto allo scavo di un deposito di sabbia di scorie (US 2) esteso su tutta l'area che sigillava, con potenza variabile da pochi cm a 20 cm, i resti di apparati fusori con relative pertinenze. Uno di questi, denominato "forno 1", emerso a seguito dell'asportazione della sabbia che lo colmava per buona parte, è stato oggetto di ulteriori indagini, attraverso lo scavo dei collassi fino al raggiungimento dei riempimenti superiori (Figg. 7a e b).

Si tratta di una struttura quadrangolare (US 28) con muretti in pietra, alterata dal calore, realizzati a secco contro terra². Il lato NE, che doveva permettere l'accesso al forno e non era costruito contro terra, risulta collassato (US 29). La parete nord occidentale, invece, solo parzialmente visibile e alla quale si addossa uno strato di terreno rubefatto di colore rosso arancio (US 40), è costituita da un conglomerato di pietre in frammenti e sciolte per alterazione termica (US 27) e sembra limitare un secondo forno fusorio (US 34) non indagato. Immediatamente a valle dei due forni è presente uno strato di terreno rubefatto (US 26) che presenta andamento longitudinale nordovest-sudest, misura 5 m di lunghezza e 90 cm circa di larghezza, possibile piano d'uso delle strutture piro-tecnologiche (Fig. 8).

Il forno 1 era colmato da un potente deposito di sabbia di scorie (US 5; Fig. 7b, sezz. A-B e C-D) al cui interno sono stati rinvenuti: rari frammenti di porfidi alterati, poche scorie grezze di piccole dimensioni (max 5 cm), frammenti ceramici e uno spillone in bronzo (Fig. 13.5). US 5 copriva i resti collassati del muretto nord orientale (US 29), un secondo livello di collasso di parte della stratigrafia esterna (US 11) e i riempimenti pertinenti alle ultime fasi di utilizzo, ossia US 38, terreno argillo-limoso di colore bru-

¹ I lavori sono stati promossi e finanziati dall'Ufficio beni archeologici della Provincia Autonoma di Trento sotto la direzione scientifica del dott. Paolo Bellintani ed eseguiti dalla società Ar.Tech. srl di Caprino Veronese (VR) per la quale hanno partecipato Nicola Pagan (coordinatore), Laura Contessi, Maria Giovanna Cremona e Michele Cumer.

Il rilievo della discarica di scorie è stato eseguito per mezzo della stazione totale Geomax ZTS 600 con utilizzo di 70 punti di appoggio. Il rilievo planimetrico delle evidenze è stato ricavato con metodo fotogrammetrico, con l'ausilio della stazione totale per i punti di appoggio. Per il forno 1 è stato eseguito anche il rilievo tridimensionale attraverso triangolazione fotogrammetrica. Tutti gli interventi sono stati georeferenziati utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Provinciale e il rilievo lidar della Provincia Autonoma di Trento, con sistema di riferimento UTM-WGS.

² Sui lati SE e SW, quelli indagati, risultano tre corsi di pietre.

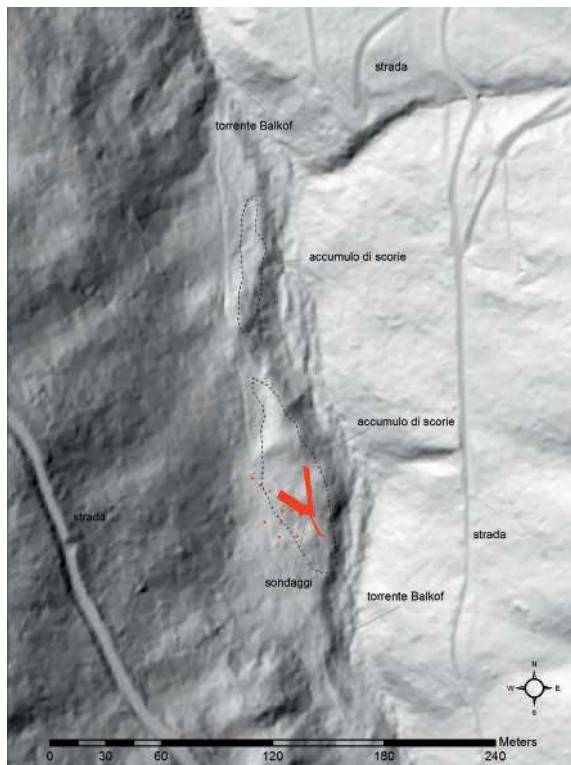


Fig. 4. Topografia dell'areale interessato dai depositi archeologici. Le aree contornate a puntinato corrispondono alle due superfici di dispersione delle scorie. In rosso gli interventi di scavo o sondaggio che hanno permesso di definire l'estensione dei depositi in giacitura primaria nell'area sud.
 Fig. 4. Topography of the area. The dotted zones are the two slag dispersions (slag heaps partly dispersed by superficial works). In red the excavation areas and the test pits that allowed to define the extension of the archaeological deposits inside the southern dispersion.

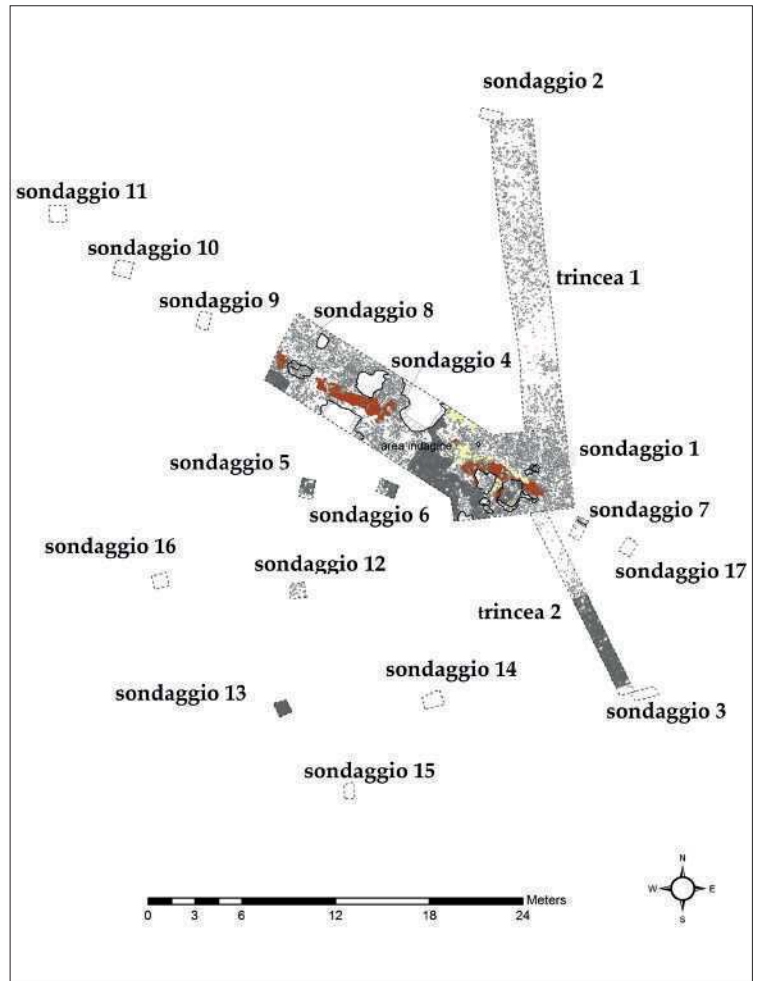


Fig. 5. Interventi stratigrafici nell'area sud del sito: i 17 piccoli sondaggi di delimitazione e il successivo ampliamento dei sondaggi 1-3.
 Fig. 5. Stratigraphic excavations in the southern area of the site: 17 test pits and the enlargement of test pits 1-3 into a larger excavation area.



Fig. 6. L'area di dispersione delle scorie, vista da nord verso sud.
 Fig. 6. The slag dispersion, from north to south.

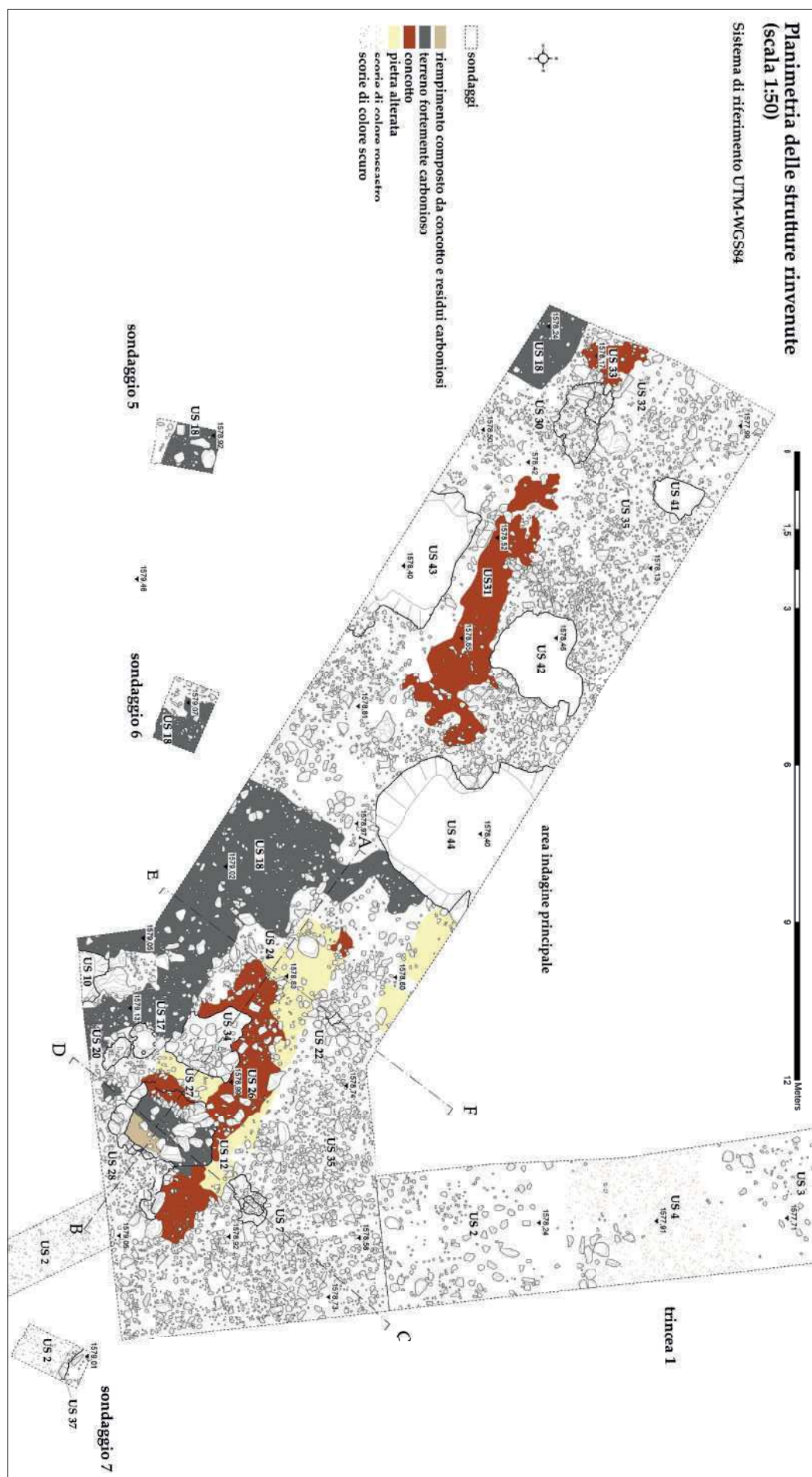


Fig. 7a. Sondaggi 1-3: planimetria generale.
Fig. 7a. Excavation areas 1-3: general plan.



Fig. 7b. Sondaggi 1-3: sezioni.
Fig. 7b. Excavation areas 1-3: profiles.



Fig. 8. Sondaggi 1-3: settore SE. I forni 1 (UUS 28, 29, 40) e 2 (UUS 34), il piano d'uso antistante (US 26) e il piano di calpestio (US 18) alle spalle dei forni.

Fig. 8. Excavation areas 1-3: zone SE. The furnaces 1 (SSUU 28, 29, 40) and 2 (SU 34), the working surface (SU 26) and the walking surface (SU 18) behind the furnaces.

no-nero con residui carboniosi e US 39, di analoga composizione, a cui si aggiungono residui di concotti che determinano la colorazione bruno-rossa dello strato. La loro collocazione, rispettivamente nella porzione NW e SE del forno, e il limite orizzontale netto tra i due strati (apparentemente in appoggio verticale, uno contro l'altro) lascia supporre l'originaria presenza di un elemento divisorio (Fig. 9). La luce interna del forno misura 105 x 90 cm. L'esterno, ossia il massimo ingombro della struttura, è pari a 156 x 164 cm. A monte (ossia a SW) dei forni 1 e 2, coperto dal deposito di sabbia di scorie che interessa quasi tutta l'area (US 2), è presente uno strato carbonioso organico di colore bruno-nerastro molto scuro (US 18) con un limite netto verso valle, in corrispondenza e con lo stesso orientamento dei forni (Fig. 8). Tale strato dovrebbe corrispondere al piano di calpestio connesso all'uso degli apparati fusori, in fase anche con una serie di buche presenti sia a valle che a monte. Si tratta delle UUS 17 e 20, due piccole buche poco profonde foderate di ciottoli sui lati e sul fondo, probabilmente buche per palo, e – US 10, fossa di forma circolare di circa 1 metro di diametro profonda 30 cm, colmata da una serie di depositi sovrapposti di sabbia di scorie più o meno fine (Figg. 7a, 7b e 8). A valle (ossia a NE) dei forni 1 e 2 distanti circa 1/1,5 m, sono presenti due profon-

de buche di palo (UUS 8 e 23) il cui riempimento di abbandono era costituito dalla stessa sabbia di scorie rinvenuta su tutta l'area e all'interno del forno 1, mentre sul fondo sono stati rinvenuti i residui carboniosi esito del deperimento del palo ligneo portato, il quale era sostenuto da una zeppatura in ciottoli e blocchi. La profondità delle due buche è di 70 cm (Fig. 8).

Sondaggi 1-3 - Settore NW. Il forno 3 (PB, NP)

Nel settore nord-occidentale ci si è limitati all'asportazione del deposito composto dalla discarica di scorie (US 3, potenza fino a 10 cm) e allo scavo del livello di sabbia di scorie (US 2), qui di scarsa potenza e spesso associato a bioturbazioni, o interferenze di origine moderna.

La pulizia dei depositi portati alla luce ha però permesso di documentare due aree all'interno delle quali sono presenti resti di strutture piro-tecnologiche. La prima è caratterizzata dalla presenza di un'estesa lente di terreno rubefatto (US 31) di colore rosso-arancio, forma sub-rettangolare con orientamento nordovest-sudest che misura 5 m circa di lunghezza e larghezza variabile da 90 a 170 cm (Figg. 7a e 10). Lo strato è interessato dalla presenza

di numerose piccole asportazioni dovute ad apparati radicali più o meno profondi. Sia a nord che a sud due grosse fosse (-US 30), forse di albero, in ogni caso di epoca moderna (poiché al suo interno si sono rinvenuti resti di attrezzi di ferro), sembrano avere parzialmente intercettato lo strato US 31 impedendone un'adeguata lettura planimetrica. Nell'angolo sud-ovest del residuo rubefatto è presente un allineamento di pietre che lo limita verso sud. Potrebbe trattarsi del piano d'uso immediatamente a ridosso di forni completamente asportati da opere successive (-US 30), analogamente a US 26, oppure di un letto di arrostitimento.

Nella seconda area, localizzata nel limite nord-occidentale dell'area di scavo, sono emersi

i resti strutturati di un forno (US 32) di forma quadrangolare, individuabili solo attraverso la presenza di una grossa pietra infissa nel terreno di taglio, alcuni ciottoli allineati con essa e uno strato di terreno rubefatto (US 33) che a essi sembra appoggiarsi (Fig. 11). Oltre il limite sud-occidentale del forno che - come nel caso dei due precedenti - appare netto, è presente il deposito di terreno limo-argilloso organico ricco di residui carboniosi (US 18) già segnalato in relazione all'attività dei forni 1 e 2 e interpretato come piano di calpestio.

La struttura, pur nei limiti di un'indagine parziale, sembra avere andamento NW-SE e dimensioni simili ai forni 1 e 2.

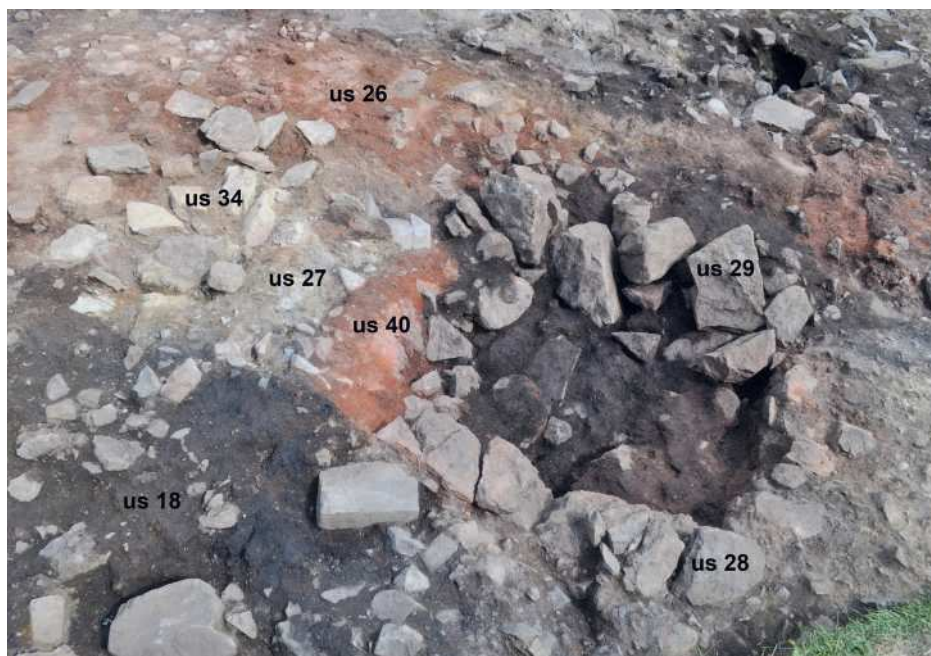


Fig. 9. Il forno 1 dopo la rimozione dello strato US 5 (sabbia di scorie) che copriva i livelli pertinenti all'ultima fase di attività del forno (UUS 38 e 39).

Fig. 9. Furnace 1 unearthed below SU 5 (crushed slags layer) that covered the last activity phase of the furnace (SSUU 38 and 39).



Fig. 10. Sondaggi 1-3: settore NW. Resti di piano d'uso o letto di arrostitimento (US 31).

Fig. 10. Areas 1-3, NW. Remains of a working surface or a roasting bed (SU 31).



Fig. 11. L'US 31, possibile piano d'uso o letto di arrostitimento.

Fig.11. SU 31, possible working surface or roasting bed.

Tab. I. Sondaggi 1-3: descrizione e interpretazione delle unità stratigrafiche.

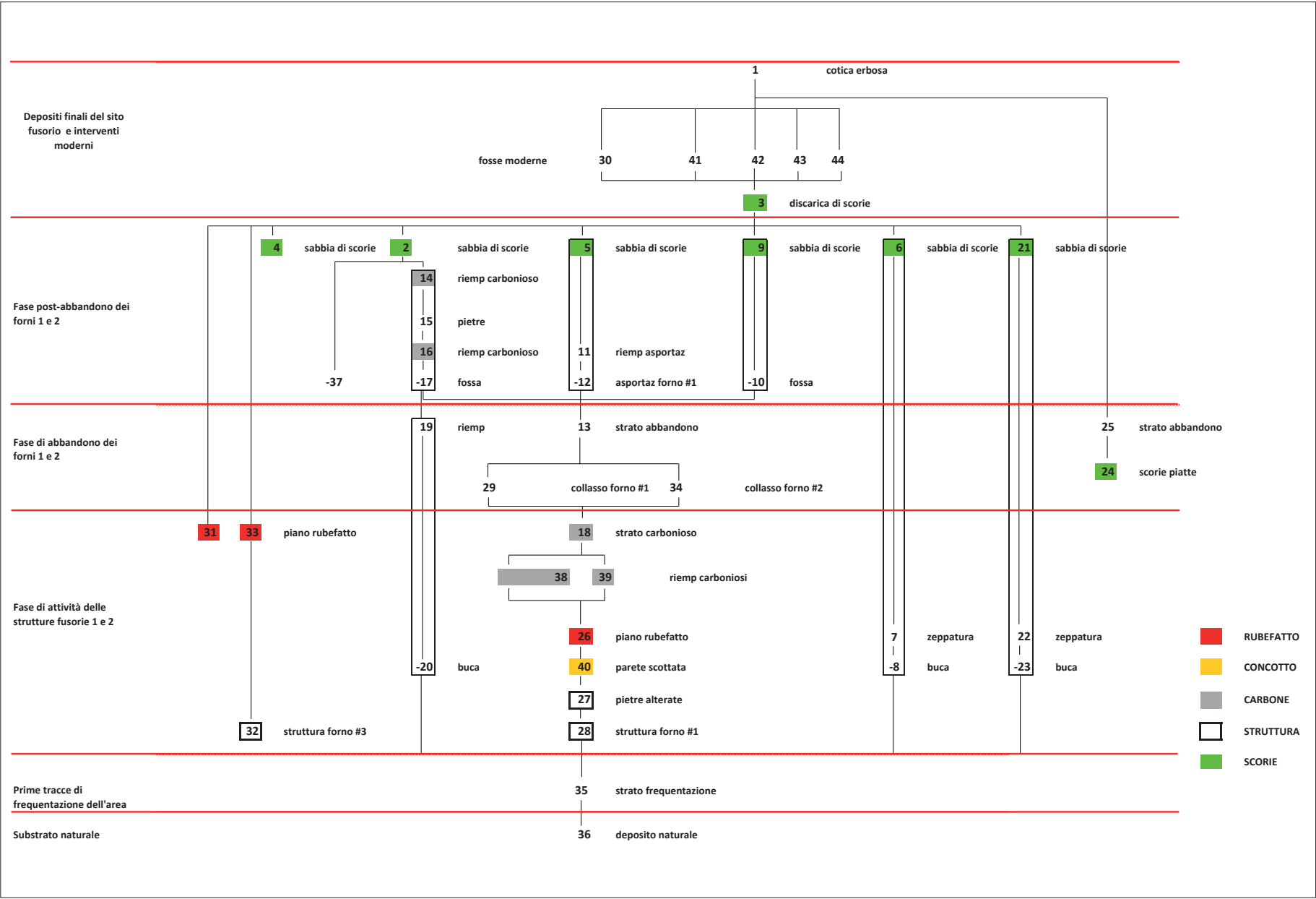
Tab. I. Excavation areas 1-3: description and interpretation of the stratigraphic units.

US	Descrizione	Interpretazione - osservazioni
1	Strato centimetrico di terreno disomogeneo formato da apparati radicali erbosi insistenti sul suolo attuale e clasti, scorie piatte e sabbia di scorie in giacitura secondaria.	Esito di lavori di asportazione e spianamento dell'area eseguiti dopo il 2000.
2	Strato di sabbia di scorie di colore bruno grigiastro. È presente su gran parte dell'area dell'indagine principale, nella trincea 1 e 2 e all'interno del sondaggio 7.	Deposito legato all'ultima fase di attività del sito fusorio.
3	Strato di scorie grossolane (da 2-3 a 40 cm) e piatte (da 2-3 a 10 cm; colore: >grigio, < bruno-rosso) con clasti e sabbia di scorie. Presente su gran parte del pianoro e del versante interessato dall'indagine.	Deposito probabilmente legato all'abbandono dell'attività del sito fusorio. Alterato da interventi post-abbandono.
4	Strato di sabbia di scorie di colore bruno-rosso. Presente nella trincea 1.	Scarico localizzato.
5	Strato di sabbia di scorie (colore: > bruno grigio < bruno violaceo) con rare scorie grossolane (max 5 cm) e fr. di rocce (porfidi alterati) che strutturavano il forno 1. Materiali: fondo di vaso in ceramica e spillone in bronzo.	Riempimento del forno 1 in fase post-abbandono della struttura.
6	Strato di riempimento con sabbia di scorie (colore: bruno grigio) e rari ciottoli; sul fondo: resti carboniosi di palo ligneo.	Disuso della buca di palo US 8.
7	Strato di riempimento con pezzame litico.	Zeppatura della buca di palo US 8.
8	Taglio di buca.	Buca di impianto di elemento strutturale (palo).
9	Serie di riempimenti di vario colore e grana di sabbia di scorie (s.d.s.) che colmano una fossa indagata parzialmente. Dal più recente: US 9f: s.d.s. fine-media bruno grigio, parzialmente si trova all'esterno della fossa. US 9b s.d.s. fine-grossolana bruno giallastra. US 9c s.d.s. media gialla con terreno argilloso bruno giallastro e rari residui carboniosi. US 9d: s.d.s. fine-molto fine bruno rossastra. US 9e: s.d.s. molto fine grigia. US 9a: s.d.s. fine-molto fine grigia presente tra le due pietre che fungono da parete nord della fossa.	Scarico localizzato (riempie US 10).
10	Taglio di fossa di forma sub rettangolare (lato max 110 cm h. 30 cm).	(cfr US 9)

11	Deposito carbonioso argillo-limoso nerastro, misto a terreno di colore rosso arancio, con frr. di ciottoli e pietre alterate dal fuoco. Localizzato all'interno e all'esterno del forno 1.	Esito del collasso di parte della struttura del forno 1 all'interno della buca US 12.
12	Taglio di forma irregolare che incide e asporta parte della struttura del forno 1 (lato N).	Parziale asportazione della struttura, in fase post-abbandono.
13	Strato di limo con sabbia di scorie frustoli di carbone, pietre e scorie sia piatte che grossolane; colore bruno. Materiali: frr di ossi combusti e ceramici (orlo tipo "Luco A").	Struttura non identificata, forse in fase con l'attività metallurgica protostorica. (Matrix Fase 1).
14	Strato di riempimento (US 17) con carbone (spess. 1-8 cm) e pietre alterate dal fuoco; copre parte della struttura del forno US 28.	Riempimento post-abbandono di una struttura (palo) presente a SW del forno 1 e contenuta in US 17.
15	Strato di riempimento (US 17) poco compatto di pietrisco a pezzatura medio fine, misto a limo ricco di residui carboniosi, rare scorie globulari e sabbia di scorie. Sono presenti anche alcune grosse pietre.	Esito di demolizione di struttura (palo) presente a SW del forno 1 che doveva essere contenuta in US 17.
16	Strato di riempimento (base US 17), costituito da terreno limoso con carbone sciolto e in frustoli anche di dimensione centimetrica, raro pietrisco e scorie.	Riempimento di abbandono di una struttura (palo) presente a SW del forno 1 e contenuta in US 17.
17	Taglio di fossa di forma circolare con parete digradante nella parte superiore e ad andamento verticale verso il fondo che si presenta planare. A ridosso della parete est è presente un approfondimento con diametro di 7 cm, conico, profondo 10 cm rispetto al fondo della fossa. La parete NW risulta strutturata con pezzame litico.	Taglio di fondazione di struttura (palo).
18	Deposito carbonioso. Non scavato.	
19	Strato di riempimento di buca con sabbia di scorie e raro pietrisco. Conserva nella parte superiore due pietre della zeppatura e la foderatura sulle pareti costituita da terreno limo argilloso bruno nerastro con screziature rossastre.	Riempimento di abbandono di US 20.
21	Strato di riempimento con sabbia di scorie (col.:bruno grigiastro), rari frr. di pietra collassati, 1 frammento di orlo in ceramica tipo "Luco A" e una bioturbazione moderna. Sul fondo: residui carboniosi pertinenti a palo ligneo.	Riempimento di abbandono di US 23.
22	Costituita da pezzame litico, in prevalenza porfidi (rossi e verdi) e rari calcari. Non scavata.	Zeppatura della buca di palo US 23.
23	Taglio di buca di palo.	Buca di impianto di elemento strutturale (palo).
24	Strato di frr. minuti di scorie piatte	Probabile focolare, simile a US 517. (Matrix Fase 1).
25	Strato eterogeneo costituito da sabbia di scorie, limo, poche piccole pietre, residui carboniosi, bioturbazioni moderne, rari frr minuti di scorie.	Deposito riferibile ad una fase di abbandono delle strutture da fuoco.
26	Strato di terreno rubefatto presente a nord del forno 1, di forma rettangolare, con orientamento EW parallelo a quella che sembra la batteria dei forni fusori. Presenta lunghezza visibile di circa 5 metri e larghezza di 90 cm.	Piano di uso esterno alle strutture da fuoco (forni 1 e 2).
27	Parte di struttura in pietrame fortemente alterato dal fuoco. Non scavata.	Probabile parete divisoria tra forno 1 e forno 2.
28	Struttura di forma quadrangolare costruita contro terra all'interno di una fossa della stessa forma (156 x 164 cm). La parte scavata è costituita da muretti a secco sui lati S e E, formati da pietre (soprattutto porfido; da 10 a 50 cm di lato) allineate su tre corsi; presentano tracce di alterazione da fuoco; il lato W è coperto da un potente livello di concotto (US 40); il lato N (US 29), forse in origine fuori terra, risulta collassato all'interno della struttura del forno.	Intervento post-abbandono. (Matrix Fase 1).
	Misure del vano interno: 105 cm (N-S) x 90 cm (E-W).	
29	Resti della muratura a secco settentrionale del forno #1.	Esito del collasso del muro N del forno 1.

30	Fossa moderna a SE di US 33	Fossa di età moderna.
31	Strato di terreno rubefatto di forma sub rettangolare (5,00 x 1,70 m); iso-orientato rispetto al piano US 26.	Probabile piano d'uso esterno a strutture da fuoco? letto di arrostito?
32	Resti di struttura di un forno fusorio non scavata.	Forno 3.
33	Strato di terreno scottato visibile all'interno della struttura US 32.	
34	Area di forma rettangolare, ad alta concentrazione di pietre (porfidi alterati dal fuoco) ubicata immediatamente a ovest del forno #1. Dimensioni visibili 1,26 x 1 m.	Forno 2. Esito del collasso della struttura.
35	Strato ghiaioso ricco di ciottoli e qualche blocco, incluso in terreno franco argilloso di colore da bruno chiaro a scuro. Include rari residui carbiosi, tracce di sabbia di scorie e alcune scorie, sia piatte che globulari.	Suolo su cui insistono le strutture piro-tecnologiche.
36	Substrato ghiaioso con ciottoli e blocchi naturale, presente su tutta l'area.	
37	Taglio di fossa rinvenuta nel sond. 7 (parzialmente indagata). Il taglio è allineato alle strutture individuate nell'area di scavo principale. È riempito da sabbia di scorie.	Non sufficientemente indagato.
38	Strato carbonioso di colore bruno nerastro scuro, presente all'interno del forno #1.	Riempimento in fase d'uso del forno 1.
39	Strato carbonioso con residui di concotto di colore bruno rossastro scuro, presente all'interno del forno #1, nel settore orientale.	Riempimento in fase d'uso del forno 1.
40	Deposito di terreno rubefatto presente a ridosso della parete occidentale del forno #1	
41	Fossa moderna a NE di US 33.	Fossa di epoca moderna.
42	Fossa moderna a N di US 31.	Fossa di epoca moderna.
43	Fossa moderna a S di US 31.	Fossa di epoca moderna.
44	Fossa moderna a E di US 31.	Fossa di epoca moderna.

Fig. 12. Sondaggi 1-3: diagramma stratigrafico (matrix di Harris).
Fig. 12. Excavation areas 1-3: stratigraphic diagram (Harris' matrix).



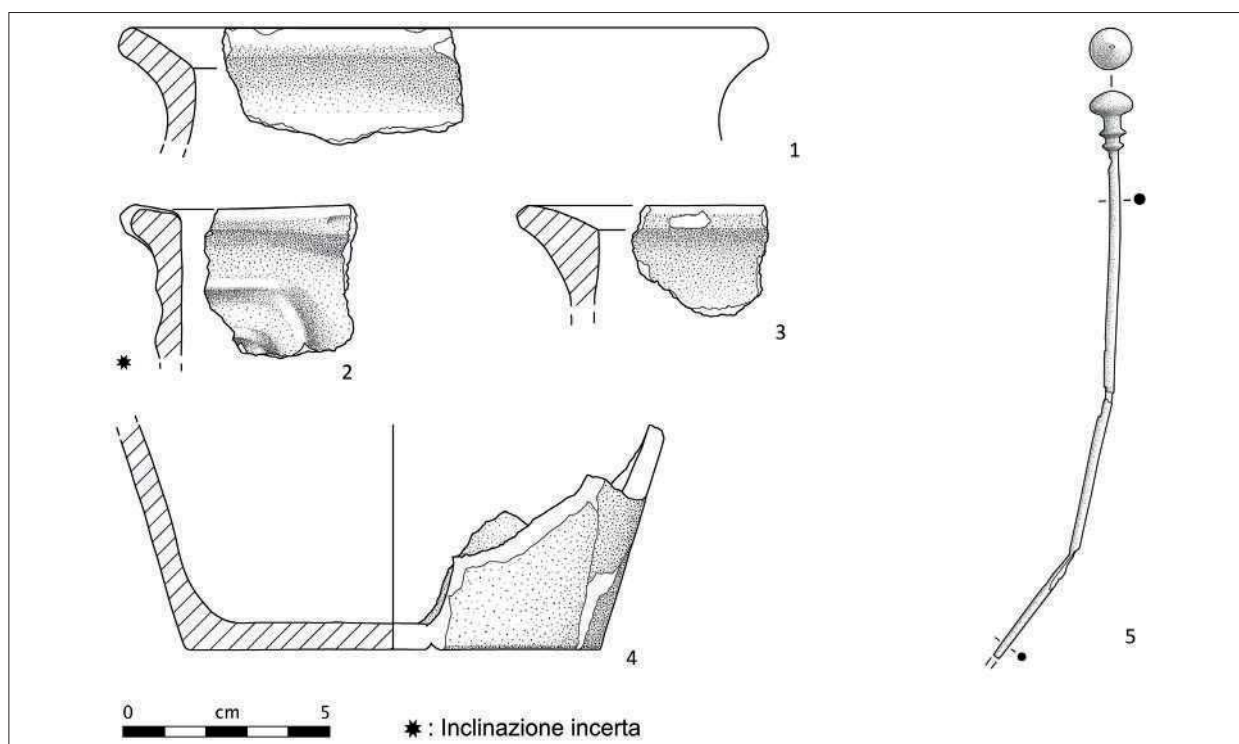


Fig. 13. Materiali diagnostici in ceramica e bronzo (dis.: L. Stefan).

Fig. 13. Datable ceramics and bronze pin (drawings: L. Stefan).

I materiali (PB)

Reperti ceramici

A Fierozzo sono stati rinvenuti 4 frammenti ceramici diagnostici.

In assenza di specifiche indagini di caratterizzazione degli impasti, i materiali possono essere riconducibili, sulla base dell'analisi autoptica, a due classi:

- A) nucleo di colore grigio, con rari inclusi sub-millimetrici, tra cui alcuni di colore bianco. La superficie risulta lisciata, con tracce evidenti di stuccatura, di colore dal grigio al nocciola, con rari vacuoli di dimensioni inferiori a 1 mm (Fig. 13.2,3);
- B) nucleo di colore grigio, con rari inclusi visibili anche millimetrici tra cui alcuni di colore bianco. La superficie risulta lisciata con tracce evidenti di stuccatura, di colore da nocciola a grigio; sono presenti diffusi vacuoli di dim. fino a 1 mm (Fig. 13.1,4).

Le due classi sembrerebbero distinguersi solamente per la leggera differenza nelle dimensioni degli inclusi e dei vacuoli lasciati sulla superficie dal loro distacco.

Forma chiusa (olla? vaso biconico?) con orlo a tesa (Fig. 13.1)

Breve orlo a tesa con spigolo interno e bordo arrotondato, proveniente da US 21.

Vasi di questo tipo, in genere olle, sono documentate frequentemente nei contesti della *facies* Luco/Laugen A (BR2-BF1/2) come ad esempio: Groa di Sopramonte (PERINI 1979, fig. 9.1); Appiano S.Paolo/

Eppan St.Pauls (LEITNER 1988, fig. 46, n. 14) e Tires loc. Baeckenwiesl (TECCHIATI *et alii* 2014, tav. 1. 3-5).

Framm. di probabile boccale (Fig. 13.2)

Breve orlo a tesa a spigolo interno che conserva l'attacco di un elemento aggettante (rosto? ansa?); parete a profilo rettilineo con decorazione a cordoni lisci piegati ad angolo; proviene da US 13.

Un motivo decorativo simile compare su uno scodellone da La Groa di Sopramonte (PERINI 1979, fig. 12.2) che è riportato come rappresentativo della *facies* Luco/Laugen A da Marzatico e Tecchiati (2001, fig. 5, n. 17).

Orlo a tesa ingrossato internamente (Fig. 13.3)

Orlo a tesa ingrossato internamente e distinto da spigolo, con bordo arrotondato; proviene da US 13.

Questo elemento tipologico trova confronti in contesti datati alle fasi recente evoluta e finale dell'età del Bronzo della regione Trentino-Alto Adige e in particolare nell'ambito della *facies* Luco/Laugen A, come ad esempio: Appiano S.Paolo/Eppan St.Pauls (LEITNER 1988, fig. 41.24 – fig. 44, 1) e Tires loc. Baeckenwiesl (TECCHIATI *et alii* 2014, tav. 1.11).

Fondo piano (Fig. 13.4)

Frammento comprendente il fondo piano e parte della parete; proviene da US 5.

Reperti metallici

Spillone con capocchia globulare schiacciata e collo costolato (tipo Wollmesheim - Fig. 13.5)

Capocchia globulare schiacciata; collo leggermente ingrossato con due costolature ravvicinate; ago a sezione circolare; privo della punta; proviene da US 5.

È riferibile al tipo Wollmesheim, diffuso in Europa centro-occidentale - soprattutto Svizzera e Germania - nella tarda età del Bronzo e più precisamente nelle fasi BzD - HaA1 della cronologia centro-europea (DAVID ELBIALI 2000, p. 222, III. 100; p. 223, carte 61, 62).

A sud delle Alpi elementi attribuibili a questo gruppo tipologico sono molto rari. Un esemplare non identico ma che presenta gli stessi elementi tipologici viene da Peschiera - Bacino Marina ed è riferito da Carancini al tipo (o gruppo) "spilloni con capocchia globulare e collo costolato" (CARANCINI 1975, pp. 251-252, n. 1851). Per i confronti l'autore rimanda a "una foggia frequente nell'area sud-occidentale dell'Europa centrale ... tra il Bronzo D e la fase Halstatt A1".

L'esemplare di Peschiera presenta però un ago più grosso e corto e una decorazione a trattini verticali sulle costolature che non compare nell'esemplare di Fierozzo.

Sempre con riferimento agli spilloni dell'Italia continentale un altro possibile confronto è quello con alcuni esemplari del tipo Capodaglio, in particolare il n. 2214, proveniente da "Este o Ponso"

(collezione Nazari) (CARANCINI 1975, p. 287). Il tipo è datato prevalentemente all'VIII sec. a.C.

Un reperto molto simile al nostro è stato recentemente rinvenuto a Volano - San Rocco (TN), nell'ambito di uno scavo di emergenza che ha messo in luce un'area a destinazione cultuale - funeraria frequentata in diversi momenti dell'età del Bronzo, tra cui la sua fase finale e/o di passaggio all'età del Ferro, come documentato in particolare da due datazioni radiometriche effettuate sulle ossa di un inumato (privo di corredo) e di un bovino, "sepolto" a poca distanza (BASSETTI *et alii* 2005, pp. 41-42)³. Lo spillone, anch'esso proveniente da livelli pertinenti a questa fase di frequentazione del sito (la terza), è stato attribuito al tipo Capodaglio. In seguito, Marzatico ha osservato che lo spillone di Volano - San Rocco sarebbe piuttosto da riferire al tipo Wollmesheim e rientrerebbe nel quadro delle intense relazioni tra i due versanti alpini nella tarda età del Bronzo (MARZATICO 2012, p. 183).

A sostegno dell'attribuzione alla tipologia transalpina dell'esemplare di Fierozzo sono anche due datazioni radiometriche (cfr *infra*) eseguite su campioni di carbone provenienti, come lo spillone, dai livelli pertinenti all'abbandono dei forni 1 e 2 (XIV e XI sec.a.C.) nonché - più in generale - con il contesto di provenienza, dove i pochi materiali ceramici diagnostici sono riferibili alla *facies* Luco/Laugen A.

Tab. II. Le date radiocarboniche; calibrazione eseguita col programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) - curva di calibrazione IntCal13, dati atmosferici (REIMER *et alii* 2013) - *intercepts method* (STUIVER, REIMER 1986); gli intervalli alla probabilità del 95,4% delle *posterior density estimate* derivano dal modello di Fig. 14.

Tab. II. Radiocarbon dates; calibration with OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) - calibration curve IntCal13, atmospheric data (REIMER *et alii* 2013) - *intercepts method* (STUIVER, REIMER 1986); the range at 95,4% probability of the *posterior density estimate* derives from the model in Fig. 14.

Provenienza	Fase stratigrafica	Campione	Materiale	Codice Laboratorio	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	età radiocarbonica BP	età calibrata cal BC (1 σ)	età calibrata cal BC (2 σ)	Posterior density estimate cal BC (68.2% probability)	Posterior density estimate cal BC (95.4% probability)
US 6	Post-abbandono dei forni 1 e 2	FIEROZZO 1	carbone di <i>Larix decidua</i> Mill. non centrale	UBA-25282	29	2940 \pm 34	1220-1089	1260-1020	1205-1091	1221-1044
US 13	Abbandono dei forni 1 e 2	FIEROZZO 2	osso combusto non determinabile	UBA-25284	25	3017 \pm 29	1370-1210	1390-1130	1295-1211	1385-1131
US 6	Post-abbandono dei forni 1 e 2	FZBK_23	carbone non determinato	DSH8299_C	8.3 \pm 0.9	3038 \pm 25	1376-1235	1393-1218		
US 16	Post-abbandono dei forni 1 e 2	FZBK_20	carbone non determinato	DSH8304_C	20.6 \pm 0.8	2903 \pm 45	1190-1010	1230-940	1202-1082	1219-1027

³ Relativamente alle due datazioni gli autori indicano che: "la prima (KIA 12445) ha dato il seguente risultato: 2804 \pm 49 BP (Before Present), corrispondente a 1110-1100, 1078-1061, 1052-830 a.C. in cronologia calibrata. La seconda (KIA 12444) ha dato il seguente risultato: 2791 \pm 38 BP (Before Present), corrispondente a 1014-832 a.C. in cronologia calibrata" (BASSETTI *et alii* 2005, p. 42).

Più recente è, infine, la segnalazione, sempre in Trentino, di due esemplari attribuiti al tipo Wollmesheim dall'area culturale di Cles – Campi Neri. Il contesto di rinvenimento è quello del riempimento di una fossa da cui proviene un'eccezionale quantità di bronzi tra cui una sessantina di spilloni databili, nel complesso, tra Bronzo Recente e Bronzo Finale (ENDRIZZI, DEGASPERI 2018).

Le datazioni radiocarboniche⁴ (NM)

Le date radiocarboniche disponibili per Fierozzo-Valcava sono 4: tre sono state eseguite su campioni costituiti da carboni e una su un campione costituito da frammenti di osso parzialmente combusti. Tutte sono riferibili alle due fasi più recenti del sito fusorio, relative all'“abbandono dei forni 1 e 2” e al “post-abbandono dei forni 1 e 2” (cfr. *supra*).

L'unico campione sottoposto a indagini preliminari (FIEROZZO 1 dall'US 6) è risultato in legno di

larice (*Larix decidua* Mill.), proveniente da una porzione non centrale del fusto originario⁵. Date le condizioni di conservazione, invece, non risultavano determinabili i frammenti d'osso che costituivano il campione FIEROZZO 2 e due dei tre campioni di carbone (FZBK_20 e FZBK_23), con conseguente parziale perdita del potenziale informativo.

Le determinazioni radiocarboniche sui materiali di FIEROZZO 1 e FIEROZZO 2 sono state affidate al Laboratorio AMS ¹⁴C CHRONO Center for Climate, The Environment and Chronology di Belfast (Queen's University of Belfast, responsabile Prof. Paula J. Reimer), e quelle sui due campioni FZBK_20 e FZBK_23 al laboratorio CIRCE (Center for Isotopic Research on Cultural and Environmental Heritage a Caserta (INNOVA, presso la seconda Università di Napoli, responsabile Prof. Filippo Terrasi). La datazione convenzionale al radiocarbonio è stata corretta per gli effetti di frazionamento isotopico naturale mediante la misura del $\delta^{13}\text{C}$ effettuata direttamente con l'acceleratore (Tab. II).

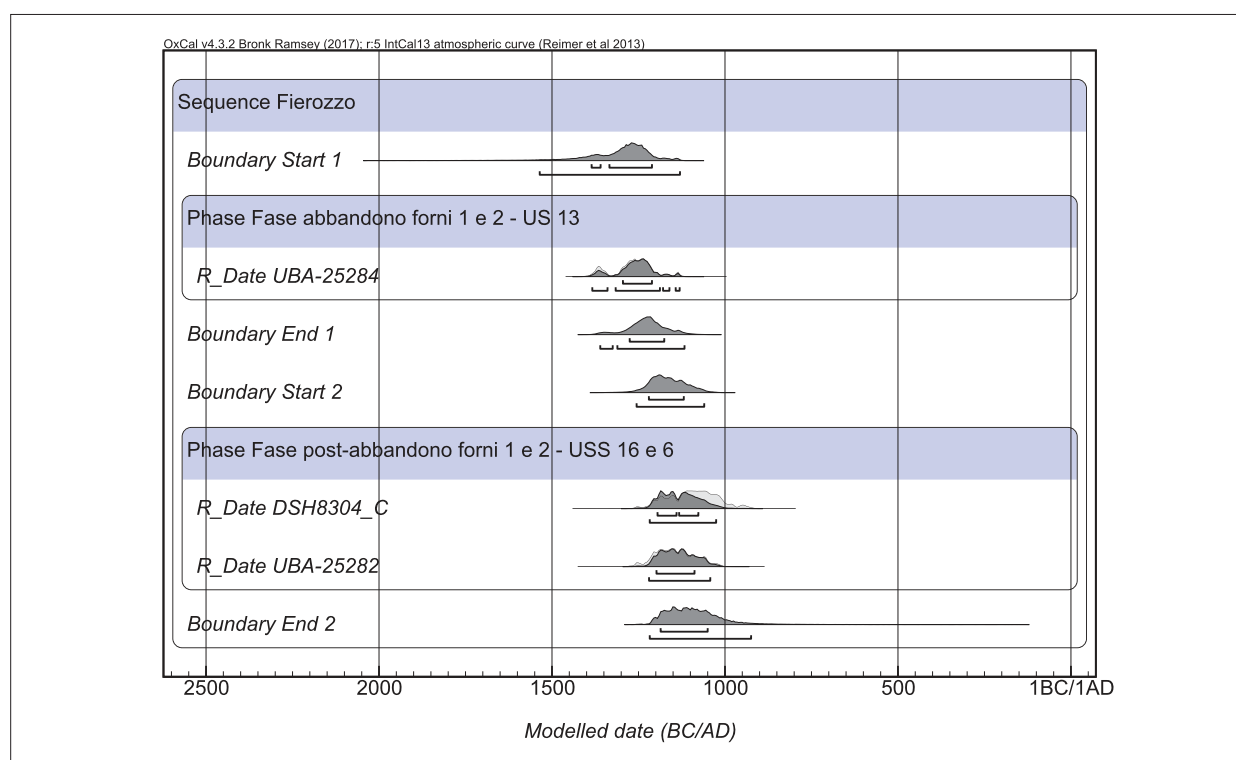


Fig. 14. Modello bayesiano elaborato delle due fasi dell'“abbandono dei forni 1 e 2” e del “post-abbandono dei forni 1 e 2”, applicato a 3 delle 4 date disponibili per il sito di Fierozzo – Valcava. I risultati della semplice calibrazione sono denotati dal colore grigio chiaro, mentre le *posterior probability distributions* basate sul modello cronologico adottato sono campite in nero. Programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13 (REIMER *et alii* 2013).

Fig. 14. Bayesian model elaborated for the two phases “abandonment of furnaces 1 and 2” and “post abandonment of furnaces 1 and 2”, applied to 3 of the 4 dates available for Fierozzo - Valcava. The results of the simple calibration are in light grey, while the *posterior probability distributions* based on the adopted chronological model are in black. Program OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13 (REIMER *et alii* 2013).

⁴ Testo consegnato ad agosto 2019.

⁵ Identificazione della specie legnosa e osservazioni dendrologiche eseguite da Olivia Pignatelli per la Dendrodata s.a.s. di Verona.

Data la limitatezza del campione preso in esame – tre sole date, considerata la necessaria esclusione di DSH8299_C, che parrebbe affetta dall'*old-wood effect*⁶ – l'applicazione della statistica Bayesiana è stata possibile solo per la creazione di un semplice modello *Sequence*⁷ per le due fasi di "abbandono dei forni 1 e 2" e del "post-abbandono dei forni 1 e 2", applicato a 3 delle 4 date disponibili per il sito (Fig. 14). L'attendibilità del modello è confermata dai valori degli indici A_{model} pari al 104,1%, e $A_{overall}$ pari al 105,5%.

Si nota come l'elaborazione del modello stratigrafico non abbia consentito di ridurre in modo significativo l'ampiezza degli intervalli individuati con la calibrazione delle date radiocarboniche, fatta eccezione per la data ottenuta dal campione FZBK_20 dall'US 16, i cui limiti inferiori, dopo la modellizzazione, non scendono oltre il terzo quarto dell'XI secolo cal BC. I risultati ottenuti, quindi, non possono indicare con precisione l'ambito cronologico in cui è avvenuta la cessazione dell'attività fusoria nei forni 1 e 2, poiché dall'unica data disponibile per la "fase di abbandono dei forni 1 e 2" – ottenuta da un campione dell'US 13 – è stato possibile ottenere, anche dopo la modellizzazione, l'ampio intervallo 1385-1131 cal BC (95.4%).

Al contrario, per la datazione dell'ultima frequentazione dell'area (fase "post-abbandono dei forni 1 e 2") la modellizzazione delle due date UBA-25282 e DSH8304_C ha consentito di ridurre l'intervallo di quasi tre secoli, definito dalla sola calibrazione, a un arco di tempo compreso fra gli ultimi decenni del XIII e il terzo quarto dell'XI secolo cal BC. Tali risultati nella loro limitatezza non possono contribuire a precisare il contesto cronologico in cui è avvenuta la dismissione e l'abbandono dei due forni 1 e 2 e la successiva frequentazione con diversa destinazione d'uso dell'area dei due forni, ma paiono non contrastare con la cronologia assoluta suggerita dalle osservazioni scaturite dall'esame del materiale archeologico, in particolare dello spillone di tipo Wollmesheim rinvenuto nel riempimento del forno 1 (US 5)(cfr. *supra*).

Conclusioni

Seppure con i limiti di un'indagine che in buona parte si è limitata all'asporto dei livelli superiori (UUSS 2 e 3), sono possibili alcune considerazioni inerenti a quella che, con tutta evidenza, appare come un'area destinata all'estrazione del rame da minerali che necessitano di processi di scorificazione.

Sulla base dei sondaggi eseguiti è possibile stabilire che l'area complessivamente interessata da depositi archeologici riferibili ad attività di riduzione del minerale cupriferi si estende per ca. 3000 m², distinti in due aree, di cui quella più meridionale di ca 2300 m² e quella settentrionale (più a valle di qualche decina di metri) di ca. 700 m². Le strutture piro-tecnologiche (forni) e i depositi ad esse collegati (strati carboniosi, piani d'uso e fosse) fino ad oggi esplorati con scavo archeologico, occupano una superficie pari a circa 200 m², all'estremità meridionale dell'area sud, ossia la parte più a monte del deposito. Non è dato sapere attualmente se la discarica settentrionale sia collegata alle strutture individuate più a sud o sia da riferire ad altri forni non ancora individuati.

I 3 forni portati parzialmente alla luce nell'area sud sembrano far parte di una batteria. Indizio di ciò sono: il comune orientamento (NW-SE con lato privo di muratura rivolto a NE (ossia verso valle) e l'accertata appartenenza alla stessa fase dei forni 1 e 2 (Fig. 12), mentre non è possibile affermare tale circostanza con certezza per il forno 3.

L'area dei forni 1 e 2 permette, inoltre, di proporre una sequenza stratigrafica che, a partire dai depositi più antichi, può essere così sintetizzata come segue (Fig. 12):

- substrato naturale. Deposito naturale ghiaioso misto a sabbia, blocchi e ciottoli (US 36);
- fase di prima frequentazione. Livello di frequentazione sul quale si impostano le strutture, costituito da ghiaia mista a sabbia e limo con ciottoli e blocchi sparsi, al cui interno sono evidenti tracce, anche in concentrazione, di residui carboniosi (US 35);
- fase di attività delle strutture fusorie 1 e 2. In fase con questi forni sono anche lo strato di terreno rubefatto immediatamente a valle degli stessi (US 26), esito delle lavorazioni, le piccole buche a monte (UUSS 17 e 20) e le più profonde buche di palo a valle (UUSS 7 e 22), di cui si può ipotizzare la funzione di sostegno per una copertura all'area di lavoro;
- fase di abbandono dei forni 1 e 2. In seguito al collasso delle strutture in esame segue la formazione di uno strato eterogeneo (US 13) al cui interno sono stati rinvenuti frammenti ceramici attribuibili alla *facies* Luco/Laugen A (BR2-BF1/2). Dallo stesso strato proviene un campione datato radiometricamente che, in seguito a modellizzazione bayesiana, è collocabile tra 1385 e 1131 cal BC (95.4%), ossia in un *range* parzialmente sovrapponibile alla datazione assoluta crono-tipologica.

⁶ Le due date DSH8299_C e UBA-25282, pertinenti alla medesima US 6, sono risultate *significantly different at 95% level*, con χ^2 pari a 3,85, di conseguenza è stata esclusa dalle successive elaborazioni la DSH8299_C, ritenuta potenzialmente affetta da *old-wood effect*. Tale considerazione è stata suggerita anche dalla constatazione che per la preparazione dei carboni erano utilizzati anche fusti di larice, specie arborea longeva, come documentato in FIEROZZO 1.

⁷ Nell'impostazione del modello le due fasi sono state considerate *sequential*.

- fasi post-abbandono dei forni 1 e 2. Si tratta sostanzialmente del deposito di sabbia di scorie US 2 (cui si legano le simili UUSS 4, 5, 6, 9 e 21) presente anche all'interno del forno 1 (US 5) che ha restituito uno spillone tipo Wollmesheim, databile, come si è detto, tra le fasi BzD e Ha A1 (seconda metà del XIV- prima metà del XII sec.a.C. ca). Dallo strato US 21 proviene un frammento ceramico attribuibile alla *facies* Luco/Laugen A, mentre le date radiometriche sottoposte a modellizzazione bayesiana (da UUSS 6 e 16) indicano un arco di tempo compreso fra fine XIII e il terzo quarto dell'XI secolo cal BC. Lo strato US 2 indica una diversa destinazione d'uso dell'area, conseguente al probabile dislocamento dei forni in altra zona o in livelli superiori distrutti dagli interventi moderni. Le datazioni convenzionali e radiometriche delle fasi di abbandono e post abbandono dei forni 1 e 2 lasciano presagire che la riqualificazione dell'area sia avvenuta immediatamente dopo la disattivazione dei forni 1 e 2.
- Interventi moderni. Si tratta in sostanza dell'azione di disturbo creata dagli interventi di sistemazione del versante, eseguiti pochi anni or sono, che hanno messo in luce i depositi più superficiali del sito fusorio, costituiti prevalentemente da scorie piatte, ma anche grossolane, e clasti di varia dimensione, rinvenuti sia nell'area delle indagini stratigrafiche (US 3) sia lungo il sottostante versante. Né le indagini di scavo, né quelle di superficie hanno permesso, al momento, di comprendere le originarie giacitura, natura e funzione dell'insieme definito "US 3".

Bibliografia

- AVANZINI M., BARGOSSO G.M., BORSATO A., SELLI L. 2010, *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 060, Trento, Trento.
- BARTOLOMEI G., CORSI M., DAL CIN R., D'AMICO C., GATTO G.O., GATTO P., NARDIN M., ROSSI D., SACERDOTI M., SEMENZA E. 1969, *Note illustrative alla carta Geologica d'Italia*, F. 21 (Trento), edizioni Servizio Geologico d'Italia, Firenze.
- BASSETTI M., DEGASPERI N., NICOLIS F. 2005, *Volano prima della storia*, in R. ADAMI, M. BONAZZA, G.M. VARANINI (a cura di), *Volano. Storia di una comunità*, Rovereto, pp. 27-57.
- BRONK RAMSEY C. 2009, *Bayesian analysis of radiocarbon dates*, "Radiocarbon", 51 (1), pp. 337-360.
- BURTET FABRIS B., DETOMASO G., OMENETTO P. 1974, *Sulla mineralizzazione a Berthierite (FeSb₂S₄) di Prementil presso Viarago (Trentino)*, "Studi Trentini di Scienze Naturali", 51, pp. 30-38.
- CARANCINI G.L. 1975, *Gli spilloni nell'Italia continentale*, *Prähistorische Bronzefunde*, XIII, 2.
- CASAGRANDE L. (con contributi di BATTELLI N., FERRETTI P. FRIZZO P.) 2013, *Paesaggi minerari del Trentino*, in D.E. ANGELUCCI, L. CASAGRANDE, A. COLECCHIA, M. ROTTOLI (a cura di), *APSAT 2. Paesaggi d'altura del Trentino. Evoluzione naturale e aspetti culturali*, Progetti di archeologia, Mantova, pp. 177-308.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen*, "Der Anschnitt", Beiheft 22.
- DAVID ELBIALI M. 2000, *La Suisse occidentale au II millénaire av. J.-C. Chronologie, culture, intégration européenne*, "Cahiers d'archéologie Romande", 80, Losanne.
- ENDRIZZI L., DEGASPERI N. 2018, *Nuove indagini archeologiche ai Campi Neri di Cles (Val di Non-Trentino occidentale)*, poster presentato al Convegno Internazionale "Frattesina cinquant'anni dopo. Il Delta del Po tra Europa e Mediterraneo nei secoli attorno al 1000 a.C.", 13-15 aprile 2018, Museo dei Grandi Fiumi di Rovigo, frattesina50.jimdo.com.
- IVY-OCHS S., SCHÄFER J., SYNAL H.A., KUBIK P.W., SCHLÜCHTER C. 2004, *The timing of deglaciation on the northern Alpine foreland (Switzerland)*, "Ecolgae geologicae Helvetiae", 97, pp. 47-55.
- LEITNER W. 1988, *Eppan-St.Pauls, eine Siedlung der spaeten Bronzezeit. Ein Beitrag zur inneralpinen Laugen/Melaun-Kultur*, "Archaeologia Austriaca", 72, pp. 1-90.
- MARZATICO F. 2012, *La cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti*, in A. ANGELINI, G. LEONARDI (cura di), *Il castelliere di Castel de Pedena. Un sito di frontiera del II e I millennio a.C.*, Saltuarie dal laboratorio del Piovego, 9, pp. 177-204.
- MARZATICO F. TECCHIATI U. 2001, *The Bronze Age in Trentino and Alto Adige/Südtirol*, Atti XXXIII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, "Preistoria Alpina", 34, 1998, pp. 27-60.
- OMENETTO P., DETOMASO G. 1970, *Le mineralizzazioni filoniane a solfuri misti della zona di Piné (Trento)*, in G. PERNA, *L'industria mineraria del Trentino-Alto Adige*, "Economia Trentina", 19, 2-3, pp. 143-163.
- PASQUALI T., ZAMPEDRI M. 1980, *Val dei Mocheni e Piana Perginese (Trento)*, "Preistoria Alpina", 16, Trento, Museo Tridentino di Scienze Naturali, pp. 104-107.
- PERINI R. 1979, *Area culturale preistorica sulla Groa di Sopramonte (Trento)*, "Studi Trentini di Scienze Storiche", LVIII, II, n. 1, pp. 41-65.
- PREUSCHEN E. 1973, *Estrazione mineraria dell'età del Bronzo nel Trentino*, "Preistoria Alpina", 9, pp. 113-150.
- RASMUSSEN S.O., BIGLER M., BLOCKLEY S.P., BLUNIER T., BUCHARDT S.L., CLAUSEN H.B., CVIJANOVIC

- I., DAHL-JENSEN D., JOHNSEN S.J., FISCHER H., GKINIS V., GUILLEVIC M., HOEK W.Z., LOWE J.J., PEDRO J.P., POPP T., SEIERSTAD I.K., STEFFENSEN J.P., SVENSSON A.M., VALLELONGA P., VINSTER B.M., WALKER M.J., WHEATLEY J.J., WINSTRUP M. 2014, *A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy*, "Quaternary Science Review", 106, pp. 14-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.007>.
- REIMER P.-J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK E., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROTTES P.M., GUILDELRSON T.P., HAFLIDASON H., HAJDEAS I., HEATON A.G., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER F.F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J., 2013, *Intcal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP*, "Radiocarbon", 55 (4), DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947.
- STUIVER M., REIMER P. J. 1986, *A computer program for radiocarbon age calculation*, "Radiocarbon", 28, pp. 1022–1030.
- TECCHIATI U., CAVALIERI S., DI BRAIDA S. 2014, *Resti d'abitato del Bronzo finale (cultura di Luco) rinvenuti a Tires – località Backenzwiesl (BZ)*, "Annali del Museo Civico di Rovereto", Sez. Archeologia, Storia, Scienze naturali, 29 (2013), pp. 3-76.

IL SITO FUSORIO DELLA TARDA ETÀ DEL BRONZO LE VAL DI SANT'ORSOLA TERME (TN) - SCAVI 2014

Elena Silvestri, Nicola Degasperì, Michele Bassetti, Paolo Bellintani

Riassunto

Nell'estate del 2014 lavori forestali hanno messo in luce un deposito di scorie, dando inizio ad un breve intervento di scavo durato circa 3 settimane lungo il tragitto della costruenda strada forestale. È stata individuata una situazione molto interessante, in particolare per quanto riguarda le strutture e l'organizzazione degli spazi di lavoro. A causa della pendenza infatti il sito è stato insediato su un terrazzo artificiale realizzato contenendo il versante con un muro a secco. Sul piano di lavoro sono state individuate due strutture fusorie a poca distanza l'una dall'altra, con gli alzati distrutti probabilmente già in antico, con muretto in pietra su tre lati e evidenza di varie fasi di rifacimento e riutilizzo. Un'altra importante evidenza è una fossa di forma ovale (90 x 50 cm circa, profondità 50 cm) riempita con scorie e una lente carboniosa sul fondo, ma senza tracce di scottatura sulle pareti.

I pochi materiali datanti collocano il sito nella fase Luco/Laugen A (BR 2-BF 1/2).

Delle tre datazioni radiocarboniche effettuate, una sembra non essere coerente con le altre ed è probabilmente da escludere. Le altre due si collocano in un *range* considerevolmente ampio, compreso tra metà XV e prima metà dell'XI sec.a.C.

Summary

During the summer of 2014, forest service road works unearthed a slag deposit, giving the impetus to a short excavation campaign. The most interesting outcome of the excavation, even if limited to 27 square meters, was the possibility to investigate the organization of the working space. To create a flat surface, an artificial terrace was built, with the uphill slope being retained by a dry stone wall. The excavation unearthed two smelting furnaces, standing singularly, one meter far from each other. The structures, destroyed in antiquity already, were built with walls made of porphyry on three sides. Both furnaces show indications of phases of renovation and reuse. Another important evidence is an oval shaped pit (90 x 50 cm, 50 cm deep) filled with slags and a charcoal lens on the bottom but without traces of direct firing in the sediment. The very few findings can be dated to the Luco/Laugen A phase (BR 2-BF 1/2, 12th-11th century BC ca). Two radiocarbon dates are in a broad range between half of XV century and first half of the XI century BC. A third date is more recent and its validity has to be put into discussion.

Parole chiave: sito di estrazione del rame; forni fusori; fossa ovale; età del Bronzo Recente e Finale.

Key words: *smelting site; smelting furnaces; oval pit; Recent and Final Bronze Age.*

Introduzione (ND, ES)

Il sito di Sant'Orsola Le Val è ubicato nella media valle dei Mocheni (a circa 14 km in direzione NE da Pergine Valsugana), in destra idrografica del torrente Fersina e ad una quota media di m 1450 s.l.m. (Figg. 1 e 2), sul fianco SE del Dosso di Costalta (1954,7 m s.l.m.), displuvio con l'Altopiano di Pinè. Il sito è stato individuato in seguito ai lavori di realizzazione di una nuova strada forestale che hanno portato alla luce scorie fusorie associate a frammenti di ceramica d'impasto. Il monitoraggio dei lavori si è tradotto in un breve intervento di scavo archeologico della durata di 3 settimane, che ha avuto luogo nei mesi di agosto e settembre 2014¹.

La Valle dei Mocheni è ben nota per essere stata un'area di sfruttamento minerario già in epoca preistorica. Qui, infatti, sono segnalati giacimenti metalliferi e possibili discariche di miniera (PREUSCHEN 1973, pp. 122-126) e numerosi siti fusori sia della prima (tarda età del Rame – inizio età del Bronzo) che soprattutto della seconda fase (tarda età del Bronzo) di attività metallurgica pre-protostorica (PREUSCHEN 1973, pp. 136-139; SEBESTA 1992, p. 179 e seg.; CIERNY 2008, p. 116 e seg.).

Anche nella zona in oggetto erano già stati individuati 3 siti fusori, come evidenziato nella mappatura di Cierny (CIERNY 2008 pp. 121-123, nr. catalogo D2-10 val di Mezzo, D2-11 Val della Mussa, D2-12 Valle dei Borti). Il primo sito era stato in

¹ I lavori, diretti dalla dott.ssa E. Silvestri, sono stati eseguiti dalla ditta Cora Società Archeologica srl (N. Degasperì, M. Grosso).

precedenza pubblicato da Preuschen nel 1968 e gli altri due erano stati segnalati da Maurizio Beber di Pergine Valsugana nel 1986. Cierny riferisce che non è stato possibile ritrovarli durante le ricognizioni del *Deutsches-Bergbau Museum Bochum* negli anni '90, a causa dell'erosione o di lavori che possono nel frattempo aver modificato la morfologia.

Questi siti non corrispondono però alla località Le Val, trovandosi a quota inferiore. La concentrazione di siti nella zona è quindi notevole, dal momento che i 3 siti in località Le Val descritti in questo articolo (cfr. Fig. 4) si sommano ai 3 noti riportati nel catalogo di Cierny e ad altri 3 in zona Malga Cambroncoi poco più a monte, di cui uno scoperto molto recentemente. Nove siti fusori in un'area di meno di 1,5 km² fanno di questa parte di versante una delle aree più ricche di attività metallurgica finora note.



Fig. 2. Panoramica delle valli in cui si trova il sito di S. Orsola, a monte delle quali si raggiunge il pascolo di Malga Cambroncoi.

Fig. 2. Panoramic view of the valleys where the site is located. The upper part of the valleys ends at the Malga Cambroncoi pasture area.

Inquadramento geomorfologico² (MB)

Il substrato affiorante è rappresentato da ignimbriti riodacitiche della formazione di Gargazzone (Gruppo Vulcanico Atesino, AVANZINI *et alii* 2010)(Fig. 3). La geomorfologia del versante è fortemente condizionata dallo sviluppo di un reticolo dendritico di incisioni torrentizie (Valle della Mussa, Valle di

Mezzo, Valle dell'Albi) che confluisce nel Rio Borti, affluente nel torrente Fersina, circa un chilometro a monte di S. Orsola Terme. Nell'area del sito la copertura quaternaria è pressoché ubiquitaria e sono distinguibili depositi glaciali indifferenziati nella Valle dell'Albi mentre una coltre di depositi di versante si estende verso monte (Fratte).

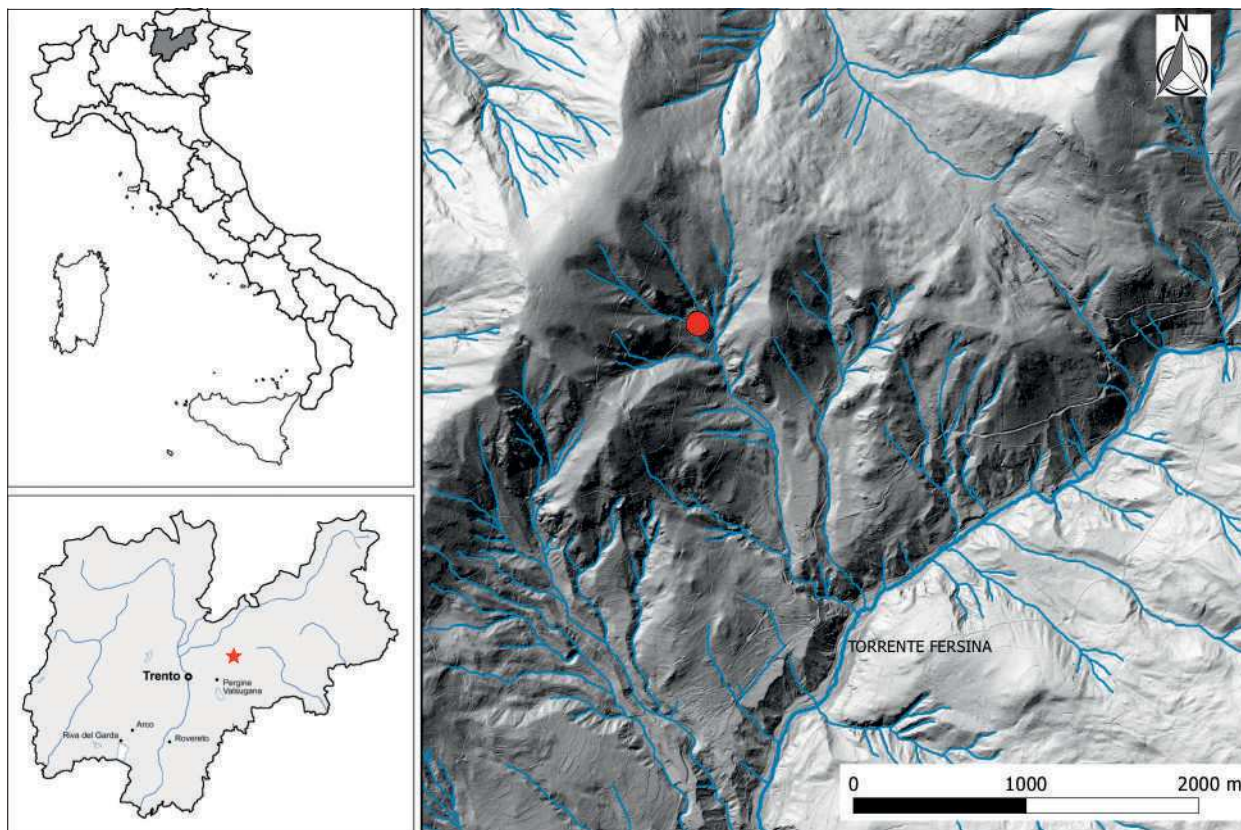


Fig. 1. Inquadramento geografico e topografico dell'areale in esame con la localizzazione del sito di S. Orsola Le Val (elaborazione grafica C. Maggioni).

Fig. 1. Geographical and topographical maps of the area with the position of the site of S. Orsola Le Val (graphic C. Maggioni).

² Per l'inquadramento geologico generale della Valle dei Mocheni si veda il relativo paragrafo in BELLINTANI *et alii* 2021b.

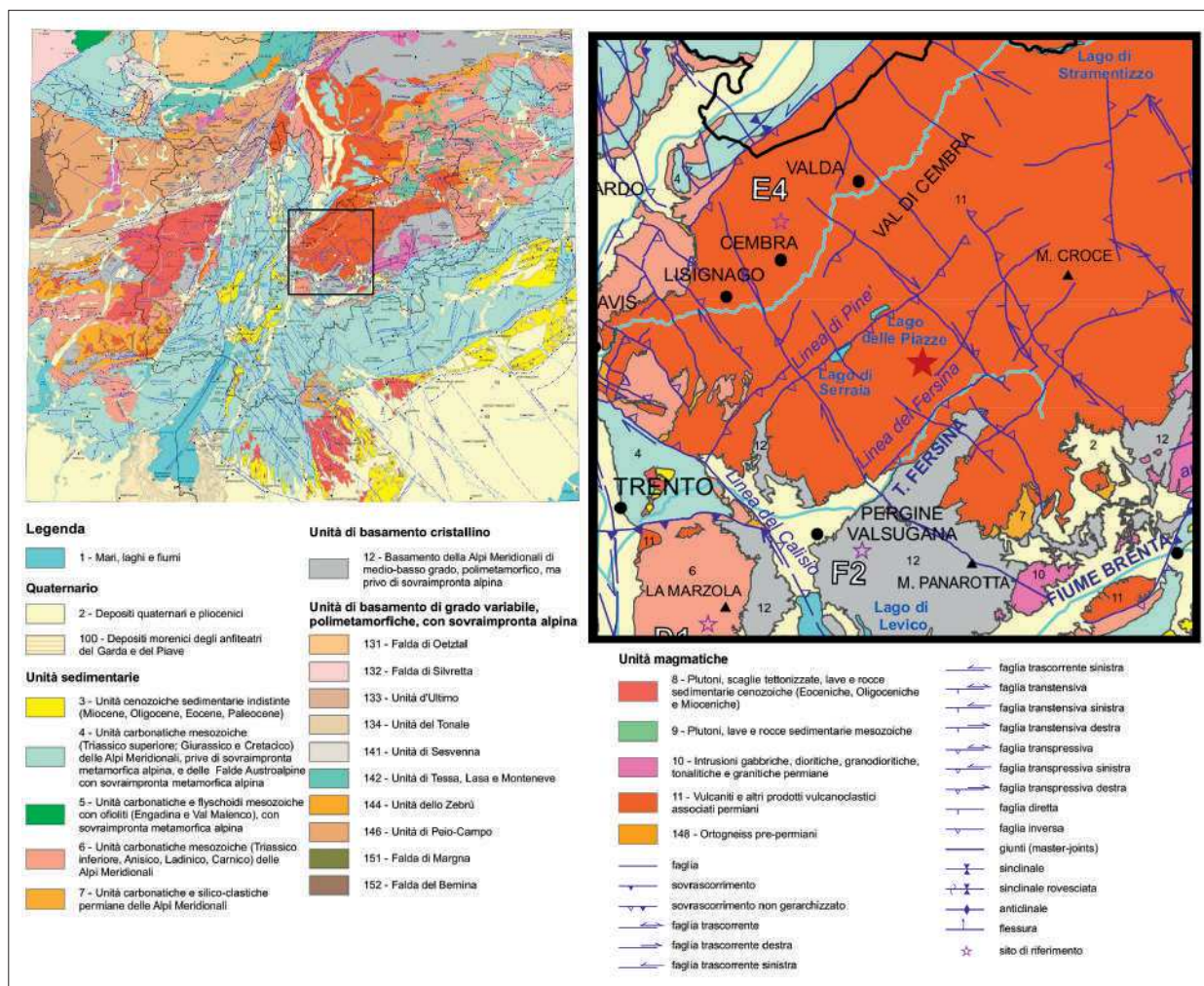


Fig. 3. Inquadratura geologica del sito. La stella rossa indica la posizione del sito S. Orsola Le Val (modificata da: "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". Gennaio 2018 – 1°aggiornamento, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>).

Fig. 3. Geological map of the site. The red star indicates the position of S. Orsola Le Val (after "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". January 2018 – 1°update, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>).

Il deposito archeologico (ND, ES)

Nell'area, in un raggio di ca. 200 metri, sono stati mappati tre distinti affioramenti di scorie fusorie, denominati Siti 1, 2 e 3, individuati lungo il tracciato della nuova strada (Fig. 4).

Le indagini stratigrafiche si sono concentrate nel Sito 1, laddove un breve tratto sub-pianeggiante interrompeva la naturale acclività del versante e dove affiorava un allineamento di pietre a secco interpretabile come muro di terrazzamento. Fortunatamente l'area non era ancora stata raggiunta dalla strada in costruzione, che aveva già intaccato la discarica di scorie più a valle.

Una prima trincea di accertamento (6,80 x 1,50 m), ha consentito di verificare la presenza di stratigrafia archeologica; l'area di scavo è stata quindi ampliata fino a raggiungere i 27 m² (Figg. 5 e 6).

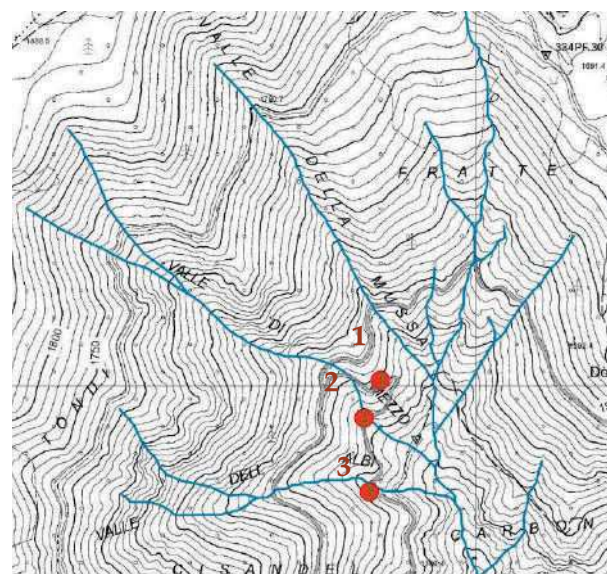


Fig. 4. La località Le Val a S.Orsola con i tre affioramenti di scorie denominati sito 1, 2, 3.

Fig. 4. The locality "Le Val" S.Orsola with the 3 smelting sites, called 1, 2, 3.

Gli elementi strutturali (ND, ES)

L'area indagata nel Settore 1 (Figg. 7a e b, 8) è costituita da un terrazzamento artificiale (UUS 13 e 14, Figg. 5 e 6) che ha profondamente inciso il substrato sterile ed è stato protetto, a monte, con un muro a secco (US 23) costruito con clasti di porfido organizzati in rozzi corsi, con la parte retrostante colmata da pietrame minuto con funzione di drenaggio.

Mentre in direzione E-NE il muro a secco termina tronco, marcando quindi un limite certo alla piazzola fusoria, nella direzione opposta non è stato possibile completare l'indagine e definire il limite della struttura.

Sulla superficie sub-orizzontale così ottenuta e a ridosso del muro di contenimento US 23, sono state realizzate due strutture quadrangolari, distanti tra loro circa un metro, interpretabili come forni fusori



Fig. 5. Sant'Orsola Le Val. Dettaglio del terrazzo artificiale con i forni fusori.

Fig. 5. Sant'Orsola Le Val. Detail of the artificial terrace with the two smelting furnaces.



Fig. 6. Sant'Orsola Le Val. Dettaglio del terrazzo artificiale con i forni fusori, da nord.

Fig. 6. Sant'Orsola Le Val. Detail of the artificial terrace with the two smelting furnaces, from north.

per la riduzione del rame (forno 1: UUSS 25, 28, 32, 33, 34, 35 e 36; forno 2: UUSS 26, 27, 30, 31, 37, 38, 39, 40, 41) di cui si conservano le parti basali.

I due forni, molto simili tra loro per dimensioni complessive, misurano come superficie interna 45 x 40 cm il primo e 54 x 49 cm il secondo (Fig. 7a).

Le due strutture, realizzate con pietrame in porfido legato con argilla, conservano solo in minima parte l'alzato e sembrerebbero essere stati smantellati in antico, come lascerebbe ipotizzare la presenza di pietre disposte in piano (US 24) alla base del muro di contenimento.

In entrambi i casi la base dei forni (catino) risulta leggermente incassata nel substrato e conserva all'interno una sequenza ripetuta di unità (Figg. 8, 9 e 10; Tab. I), con alternanza di vespai di pietra accuratamente posati (UUSS 33 e 36 per forno 1; 30 e 41 per forno 2), lenti sabbiose rubefatte ossidate da contatto con il fuoco (UUSS 35 per forno 1; 38 e 40 forno 2), lenti carboniose con residui del combustibile vegetale (UUSS 28, 34 forno 1; 27, 37, 39 forno 2).

Tale sequenza si ripete due volte nel Forno 1 e tre nel Forno 2 (Fig. 8 e Tab. I), documentando pertanto una reiterata ciclicità di utilizzo e rifacimento prima del definitivo smantellamento delle strutture fusorie.

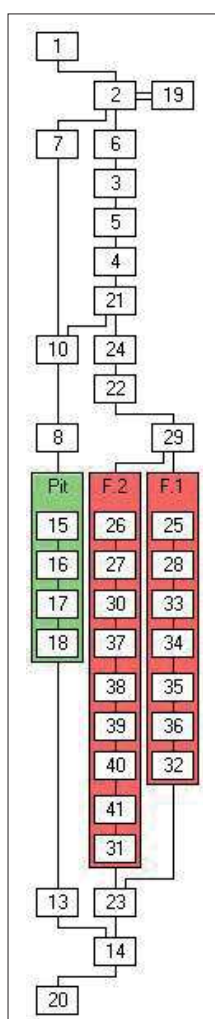


Fig. 8. Sant'Orsola Le Val. Diagramma stratigrafico. In verde il pozzetto e in rosso i forni 1 e 2.

Fig. 8. Sant'Orsola Le Val. Harris'matrix. In green the pit and in red the furnaces 1 and 2.



Fig. 9. Sant'Orsola Le Val. Forno 1.

Sequenza dello scavo stratigrafico del forno con le varie fasi di ristrutturazione in ordine stratigrafico dall'alto in basso.

Fig. 9. Sant'Orsola Le Val. Furnace 1.

Sequence of photos from the excavation of the furnace with several phases of renovation, in stratigraphic order (from above).

Tab. I. Sant'Orsola Le Val. Descrizione e interpretazione delle unità stratigrafiche.
 Tab. I. Sant'Orsola Le Val. Description and interpretation of the stratigraphic units.

US	Descrizione	Interpretazione / osservazioni
1	Strato di humus superficiale; h: 20-40 cm.	Humus boschivo pervaso da apparati radicali attivi e rari blocchi calcarei
2	Lente carboniosa suborizzontale a monte del muro a secco US 3. Matrice limoso sabbiosa friabile con minuti clasti di porfido; h: 4-6 cm. <i>dark grayish brown 10YR4/2</i>	Coperta dall'humus attuale, la lente è correlabile al muro a secco US 3 ed è stata interpretata come residuo di "carbonaia" di epoca storica
3	Muro a secco realizzato con clasti di porfido.	Muro di terrazzamento artificiale funzionale alle attività di produzione di carbone di epoca storica.
4	Strato di pietre (in prevalenza porfido) disposto a 45° lungo il gradiente del versante, con presenza di scorie (piatte e grossolane) e frustoli di carbone; h.max: 60 cm.	Coperto dal muro a secco US 3, lo strato è stato interpretato come crollo/degrado della colmataura retrostante il muro protostorico US 23
5	Strato limoso sabbioso friabile con clasti di porfido inclusi; h: 20-30 cm <i>brown 7,5YR5/3-4</i>	Lo strato si dispone monte-valle con inclinazione di ca. 30°; interpretato come strato di formazione naturale (colluvio) successivo all'abbandono del sito protostorico
6	Strato di pietre con inclinazione di ca. 30° alla base del muro a secco US 3; h: 15-20 cm	Interpretato come crollo/degrado del muro a secco di epoca storica US 3
7	Strato limoso organico a frazione sabbiosa di consistenza friabile con clasti di porfido, abbondante legno carbonizzato (rami Ø 1-1,5 cm), scorie sia grossolane che piatte, concotto in aderenza a scoria; h: 10 cm <i>dark reddish brown 5YR3/3</i>	Strato limitato all'area attigua al muro a secco US 23; le scorie e le pietre sono in posizione caotica, con evidenti bioturbazioni (tane e radici); interpretato come strato di abbandono delle fasi archeo-metallurgiche
8	Strato sub-orizzontale individuato in piano, a valle del muro US 23. Matrice limosa con sabbia fine, clasti di porfido e più rare quarziti, carbone diffuso, minuti frammenti di osso, scorie (soprattutto piatte), concotto (anche in aderenza alle scorie), ceramica ad impasto e macinello in porfido; consistenza friabile, debolmente compatta. Le scorie e i frammenti ceramici sono disposti in piano; i clasti di porfido sono minuti (2-3 cm). h: 10-15 cm <i>black 5YR1,5/1</i>	Strato planare, compattato, interpretato come progressivo accrescimento di un piano di calpestio, in fase con le attività metallurgiche, al di sopra dell'interfaccia US 13. Da notare la presenza di una scoria con inclusa una goccia di rame (RR 7)
9	Strato limoso sabbioso con rari frustoli carboniosi e minuti clasti di porfido; poco resistente; <i>dark brown 7,5YR3/4</i>	Riempimento retrostante al muro a secco US 3
10	Accumulo localizzato di pietre (porfido) e scorie piatte e grossolane in matrice limoso sabbiosa friabile con frustoli di carbone diffusi e rari frammenti ceramici d'impasto; nella matrice sono presenti grumi argillosi debolmente rubefatti); h: 10 cm. Matrice: <i>dark reddish brown 5YR3/2</i> Grumi argillosi: <i>pinkish gray 5YR7/2</i>	Scarico localizzato successivo allo smantellamento del Forno 2

13	Interfaccia suborizzontale con frustoli di carbone e noduli di concotto	Superficie di spianamento della piazzola fusoria in fase con la realizzazione del muro a secco US 23
14	Substrato composto da sabbia media friabile e clasti di porfido; <i>reddish brown</i> 5YR5/4	Substrato sterile inciso dall'interfaccia US 13 per la realizzazione della piazzola fusoria; copre la roccia madre US 20
15	Strato a matrice limoso argillosa compatta con piccoli grumi argillosi debolmente rubefatti e minuti clasti di porfido (2-3 cm); h: 6-8 cm) Matrice: <i>very dark grey</i> 5YR3/1	Riempimento sommitale del pozzetto US 18; coperto dalla crescita per calpestio di US 8
16	Lente sabbiosa di consistenza friabile potenza 4 cm ca. <i>reddish brown</i> 5YR5/4	Parte del riempimento del pozzetto US 18; coperta da US 15, copre US 17
17	Strato costituito in prevalenza da scorie grossolane e clasti di porfido in scarsa matrice sabbiosa con stratificazione interna ed evidente intenzionalità e cura nella posa; potenza 40 cm	Parte del riempimento (intenzionale) del pozzetto US 18
18	Taglio di forma ovale, con asse maggiore orientato W-NW/E-SE (0,90 x 0,54 m); profilo leggermente rientrante (a "campana" rovesciata), fondo piano, profondità 0,50 m ca.	Taglio di pozzetto con stoccaggio di scorie grossolane; incide l'interfaccia US 13 ed è obliterato dalla crescita per calpestio US 8
19	Lente carboniosa disposta a 45° lungo il gradiente del versante	Dispersione dei resti di "carbonaia" US 2
20	Substrato roccioso (porfido)	Roccia madre
21	Strato di crollo composto da clasti di porfido a spigolo vivo in matrice limoso sabbiosa friabile/sciolta (<i>dark brown</i> 7,5YR3/3) con rari carboni, scorie e un singolo frammento ceramico	Degrado post abbandono del muro a secco US 23
22	Lente carboniosa con concotti in piccoli noduli individuato alla base del muro a secco US 23	Strato di abbandono posteriore allo smantellamento delle strutture fusorie
23	Muro a secco realizzato con clasti di porfido. Il muro ha andamento rettilineo con orientamento S-SW/E-NE	Muro di contenimento del versante contestuale alla creazione della piazzola fusoria (vd. Interfaccia US 13); il muro conserva soltanto alcuni corsi basali e fungeva da spalla per le strutture dei forni
24	Strato di lastre e clasti di porfido disposti in piano; la stesura si dispone linearmente alla base del muro a secco US 23	La stesura è stata interpretata come esito dello smantellamento degli alzati dei forni
25	Lente argillosa compatta (<i>dusky red</i> 10R3/3) con rari clasti di porfido e scorie sia grossolane che piatte	Unità sommitale derivante dallo smantellamento del Forno 1
26	Lente argillosa debolmente rubefatta (<i>dusky red</i> 10R3/3) con clasti di porfido e rare scorie sia grossolane che piatte	Unità sommitale derivante dallo smantellamento del Forno 2
27	Lente carboniosa limitata al catino del Forno 2	Coperta da US 26, questa unità può essere interpretata come ultima fase di utilizzo del Forno 2; da notare la presenza di una goccia di rame (camp. 48)
28	Lente carboniosa limitata al catino del Forno 1	Coperta da US 25, questa unità può essere interpretata come ultima fase di utilizzo del Forno 1; goccia di rame camp. 55

29	Unità complessa, composta da innumerevoli microlivelli limoso sabbiosi intercalati a lenti carboniose (colore prevalente <i>dark reddish brown</i> 5YR3/3) con scorie	Estesa sopra le strutture smantellate dei Forni 1 e 2, questa unità sembra rappresentare l'esito di successive attività fusorie situate a breve distanza (presumibilmente in direzione W-SW: area non indagata)
30	Stesura di piccole lastre di porfido limitata al catino del Forno 2; le lastre sono posate con cura e fittamente accostate tra loro	Vespaio in pietre della fase più recente di utilizzo del Forno 2
31	Cordolo di forma rettangolare irregolare (1,20 x 0,90 m ca.), addossato al muro a secco US 23 e largo mediamente 0,30 m. Le pietre che costituiscono la struttura sono legate con argilla rubefatta plastica (<i>red</i> 10R4/6)	Struttura perimetrale del Forno 2, rasata in antico, costituita da clasti di porfido legati con sedimento argilloso rubefatto
32	Cordolo di forma rettangolare irregolare (1,24 x 0,90 m ca.), addossato al muro a secco US 23 e largo mediamente 0,30 m. Le pietre che costituiscono la struttura sono legate con argilla rubefatta plastica (<i>red</i> 10R4/6)	Struttura perimetrale del Forno 1, rasata in antico, costituita da clasti di porfido legati con sedimento argilloso rubefatto
33	Stesura di piccole lastre di porfido limitata al catino del Forno 1; le lastre sono posate con cura e fittamente accostate tra loro	Vespaio in pietre della fase più recente di utilizzo del Forno 1
34	Lente carboniosa limitata al catino del Forno 1	Coperta da US 33, questa unità può essere interpretata come prima fase di utilizzo del Forno 1
35	Lente sabbiosa rubefatta (<i>red</i> 10R4/8) limitata al catino del Forno 1	Coperta da US 34, interpretata come ossidazione da contatto con il fuoco della prima fase di utilizzo del Forno 1
36	Stesura di piccole lastre di porfido limitata al catino del Forno 1; le lastre sono posate con cura e fittamente accostate tra loro	Vespaio in pietre della prima fase di utilizzo del Forno 1
37	Lente carboniosa limitata al catino del Forno 2	Coperta da US 30, questa unità può essere interpretata come fase intermedia di utilizzo del Forno 2
38	Lente sabbiosa rubefatta (<i>red</i> 10R4/8) limitata al catino del Forno 2	Coperta da US 37, interpretata come ossidazione da contatto con il fuoco della fase intermedia di utilizzo del Forno 2
39	Lente carboniosa limitata al catino del Forno 2	Coperta da US 38, questa unità può essere interpretata come prima fase di utilizzo del Forno 2
40	Lente sabbiosa rubefatta (<i>red</i> 10R4/8) limitata al catino del Forno 2	Coperta da US 37, interpretata come ossidazione da contatto con il fuoco della prima fase di utilizzo del Forno 2
41	Stesura di piccole lastre di porfido limitata al catino del Forno 2; le lastre sono posate con cura e fittamente accostate tra loro	Vespaio in pietre della prima fase di utilizzo del Forno 2



Fig. 10. Sant'Orsola Le Val. Forno 2. Sequenza dello scavo stratigrafico del forno con le varie fasi di ristrutturazione in ordine stratigrafico dall'alto in basso.

Fig. 10. Sant'Orsola Le Val. Furnace 2. Sequence of photos of the excavation of the furnace with several phases of renovation, in stratigraphical order (from above).

A circa 1 metro di distanza dal Forno 1 è stato individuato un pozzetto di forma ovale (US 18; Figg. 11 e 12) il cui riempimento è caratterizzato da: una fitta stesura di pezzi di grandi dimensioni di scorie grossolane; un riempimento di clasti di porfido e, a contatto con il fondo, una lente carboniosa. Il pozzetto sembra essere stato utilizzato come deposito di scorie grossolane deposte ordinatamente al suo interno e comunque risulta obliterato dalla progressiva crescita del piano di calpestio circostante (US 8).

Anche i due forni smantellati sono sigillati da lenti stratificate di concotto, carbone, sabbia, argilla e scorie, interpretate come scarichi di attività fusorie successive, da riferirsi, presumibilmente, ad altre strutture situate poco distante, mentre era ancora in uso la struttura muraria US 23.

L'abbandono del sito metallurgico è caratterizzato dal progressivo degrado del muro di contenimento con il suo crollo quasi completo verso valle (US 21 e US 4), e dal depositarsi di colluvi fortemente bioturbati da radici e da animali fossatori (US 5).

Una ripresa della frequentazione dell'area, forse indotta dalla morfologia sub pianeggiante realizzata artificialmente nelle fasi protostoriche, si ha in epoca recente (medievale? post medievale?), con la costruzione di un nuovo muro a secco (US 3) e con la deposizione di strati carboniosi (US 2 e US 19) che potrebbero derivare da attività connesse alla produzione di carbone di legna.



Fig. 11. Sant'Orsola Le Val. Dettaglio dei riempimenti a scorie del pozzetto e del taglio US 18.

Fig. 11. Sant'Orsola Le Val. Details of the slags inside the pit SU 18 and the structure completely empty.

Fig. 12. Sant'Orsola Le Val. Sezione dei riempimenti a scorie del pozzetto e del taglio US 18. In nero le scorie, in grigio le pietre.
Fig. 12. Sant'Orsola Le Val. Profile of the filling of the pit SU 18. In black the slags, in light grey the stones.

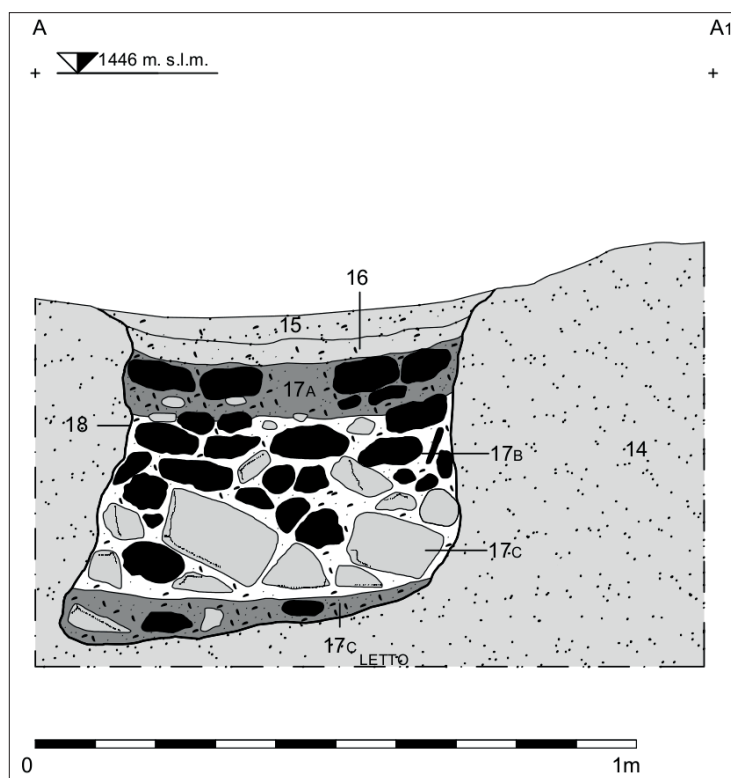


Fig. 13. Sant'Orsola Le Val. Dettaglio dei riempimenti a scorie del pozzetto e del taglio US 18.
Fig. 13. Sant'Orsola Le Val. Photo of the filling of the pit SU 18 during the excavation.

Materiali (PB)

Frammento di vaso troncoconico con orlo a tesa (Fig. 14)

L'impasto è compatto con inclusi poco visibili, probabilmente di origine minerale; superficie di colore nocciola chiaro.

Si tratta di un frammento di orlo a tesa con piegatura interna a spigolo, conservante un breve tratto della parete che è decorata con incisioni orizzontali parallele.

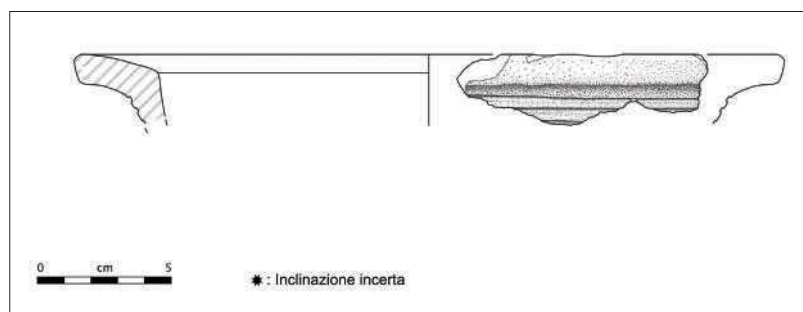


Fig. 14. Sant'Orsola Le Val. Frammento di orlo ceramico (dis. L. Stefan).
Fig. 14. Sant'Orsola Le Val. Pottery rim fragment, dating to the Luco/Laugen A phase (drawing L. Stefan).

Per le caratteristiche tipologiche e della decorazione, è attribuibile al BR2 – BF 1/2 dell'area alpina centro-orientale, ossia alla *facies* Luco/Laugen A (MARZATICO 2001, pp. 383-387; MARZATICO 2012, pp. 191-193; PISONI, TECCHIATI 2019, pp. 119-120). La decorazione trova confronti a Segonzano Peciapian (BELLINTANI *et alii* 2021a, fig. 50,1).

Provenendo da US 21, uno strato di degrado post-abbandono del muro US 23, può essere considerato come *terminus ante quem* rispetto alla fase di attività dei forni 1 e 2.

Le datazioni radiocarboniche (PB)

Delle tre datazioni radiocarboniche eseguite su campioni provenienti dal sito di Sant’Orsola (Figg. 15, 16 e 17; Tab. II), due sono pertinenti a carboni dell’ultima carica dei forni 1 (US 28, Fig. 15) e 2 (US 27, Fig. 16) e una a un carbone dal riempimento (US 17, Fig. 17) del pozzetto individuato in prossimità del forno 1.

Le datazioni sono state affidate al laboratorio CIRCE (Center for Isotopic Research on Cultural and Environmental Heritage dell’INNOVA, presso la seconda Università di Napoli) di Caserta³.

Gli estremi ottenuti per i due campioni dai forni 1 e 2 (calibrazione 2 σ) sono significativamente diversi tra loro: US 28 (forno 1) si colloca tra XIV e XI sec.a.C., mentre US 27 (forno 2) tra X e IX sec.a.C.

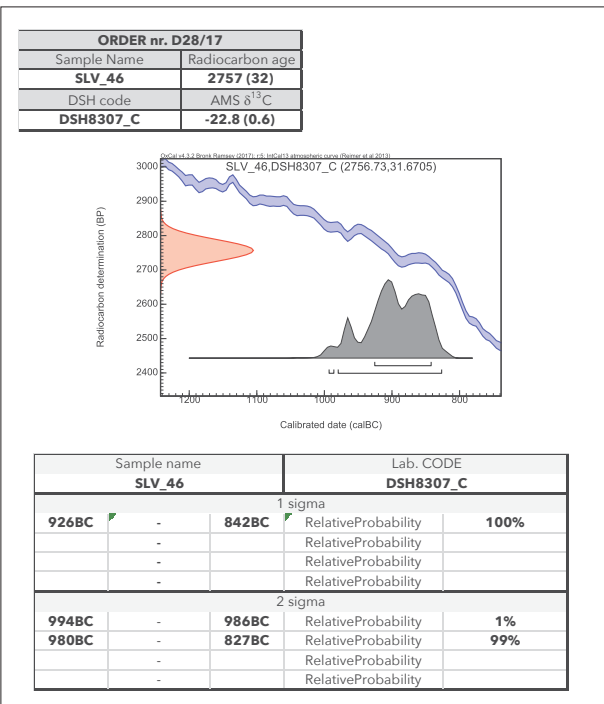
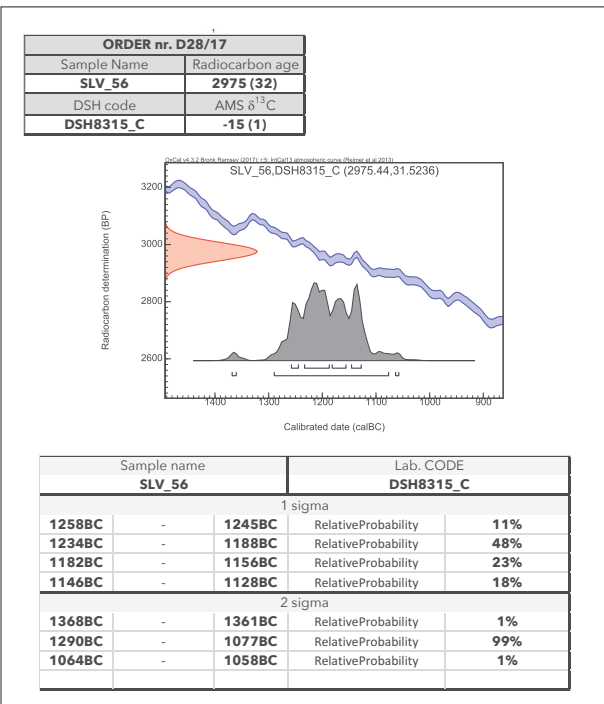
Più ampia ma parzialmente sovrapponibile a quella di US 28 è la datazione da US 17 (1494-1297 cal BC).

Considerata la datazione su base tipologica dell’unico frammento ceramico diagnostico (Luco/Laugen A), la sua collocazione stratigrafica (US 21) ed infine l’affidabilità della sequenza stratigrafica che indica come pertinenti alla stessa fase d’uso le due strutture, si sarebbe portati a ritenere poco affidabile la datazione del campione proveniente da US 27.

Difficile ipotizzare una frequentazione dell’area con riutilizzo degli stessi forni dopo un lungo lasso di tempo, in quanto la pendenza del pendio e la collocazione in zona fortemente esposta alle intemperie avrebbero creato dei livelli di colluvio in pochissimo tempo, di cui non vi è traccia a livello stratigrafico.

Contesto	Campione	Materiale	Codice lab	Età ¹⁴ C (BP)	Data cal BC (2 σ)	
US 28 (forno 1)	SLV_56	carbone	DSH8315_C	2975 \pm 32	1369-1057	95.5%
US 27 (forno 2)	SLV_46	carbone	DSH8307_C	2757 \pm 32	994-827	95.4%
US 17 (pozzetto)	SLV_15	carbone	DSH8303_C	3127 \pm 31	1494-1297	95.4%

Tab. II. Le date radiocarboniche; gli intervalli alla probabilità del 95,4% derivano da PEARCE *et alii* 2021, tab. I, fig. 1. Tab II. Radiocarbon dates; the range at 95,4% probability derives from PEARCE *et alii* 2021, Tab. I, fig. 1.



Figg. 15-16. Sant’Orsola Le Val. Datazioni radiocarboniche dai forni 1 e 2. Calibrazione eseguita col programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13, dati atmosferici (REIMER *et alii* 2013). Per il grafico cfr. PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

Figg. 15-16. Sant’Orsola Le Val. Radiocarbon dates from furnaces 1 and 2. Calibrated with OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13, atmospherical data (REIMER *et alii* 2013). For the multi-plot see PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

³ La misura del rapporto isotopico ¹⁴C/¹²C del campione è stata effettuata con il metodo della Spettrometria di Massa con Acceleratore, utilizzando il sistema descritto in TERRASI *et alii* 2008. I campioni sono stati trattati secondo i protocolli standard in uso nel laboratorio. I valori dell’età calendariale (età calibrata) sono ottenuti con l’utilizzo del programma CALIB7. La datazione convenzionale al radiocarbonio è stata corretta per gli effetti di frazionamento isotopico naturale mediante la misura del $\delta^{13}C$ effettuata tramite EA-IRMS.

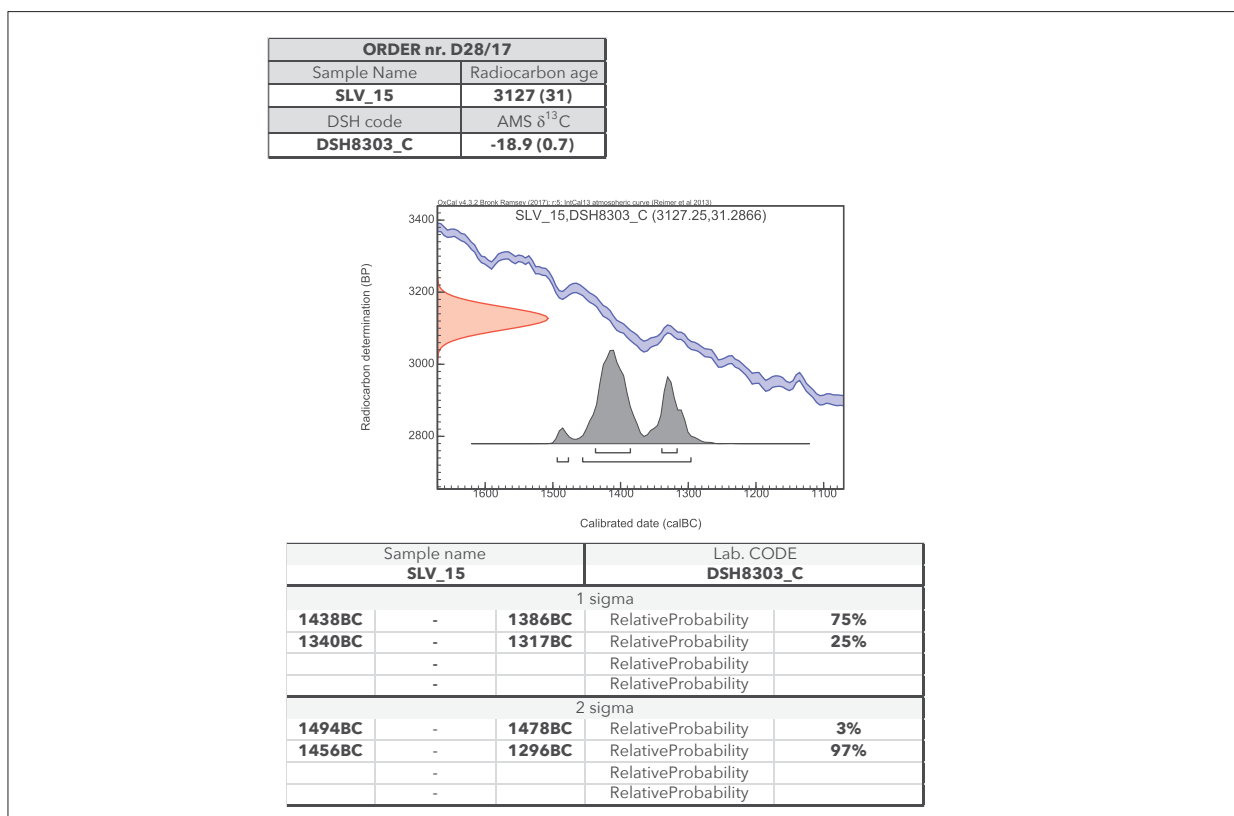


Fig. 17. Sant'Orsola Le Val. Datazione radiocarbonica dal riempimento del pozzetto US 17. Calibrazione eseguita col programma OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – curva di calibrazione IntCal13, dati atmosferici (REIMER *et alii* 2013). Per il grafico cfr. PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

Fig. 17. Sant'Orsola Le Val. Radiocarbon date from a filling layer (SU 17) of the pit. Calibrated with OxCal ver. 4.3.2 (BRONK RAMSEY 2009) – calibration curve IntCal13, atmospherical data (REIMER *et alii* 2013). For the multi-plot see PEARCE *et alii* 2021, fig. 1.

In sintesi si potrebbe ipotizzare, in prima istanza, un utilizzo delle strutture pirotecniche in esame in un periodo collocabile tra XII e XI sec.a.C., datazione congruente con quella desunta dal reperto ceramico diagnostico. Se invece teniamo conto dell'intero *range* proposto dalla datazioni radiocarboniche dei campioni provenienti da UUSS 27, 28 e 17 non si può escludere una fornice più ampia, ossia tra XV e IX sec.a.C.

Conclusioni

L'intervento nel sito di Sant'Orsola Le Val, per quanto limitato nel tempo e nello spazio, ha portato un importante sviluppo nella conoscenza dei siti fusori del territorio.

In soli 27 m² di scavo è stato infatti possibile riconoscere una pianificazione nella preparazione dell'area operativa, creando un terrazzo artificiale con un muro a secco a monte per contenere la forte pendenza.

È inoltre stato importante identificare le due strutture fusorie, caratterizzate da una modalità costruttiva in parte differente da quanto finora noto. Si tratta infatti di due strutture distinte, isolate sebbene vicine, prive di muro incassante come presente nel vicino sito di Acqua Fredda. Le strutture

presentano inoltre chiare evidenze di rifacimento e ristrutturazione in varie fasi e una sequenza di preparazioni del fondo del forno con vespai di pietre accuratamente posati. Oltre ai rifacimenti dei forni sussistono altri indizi a favore di più momenti di attività nell'area di lavorazione, seppur sempre in fase con il muro di contenimento del versante. Il pozzetto US 18 è infatti obliterato dal piano di calpestio US 8, e inoltre i forni, dopo essere stati smantellati, sono stati sigillati da lenti stratificate di concotto, carbone, sabbia, argilla e scorie, interpretate come scarichi di attività fusorie successive, da riferirsi, presumibilmente, ad altre strutture nelle vicinanze ma non ancora identificate, comunque mentre era ancora in uso la struttura muraria US 23.

Purtroppo i materiali datanti sono molto scarsi, praticamente riconducibili ad un solo frammento di orlo, datato al Luco/Laugen A (BR2-BF1/2). Provenendo da US 21, uno strato di degrado post-abbandono del muro US 23, il frammento può essere considerato come *terminus ante quem* rispetto alla fase di attività dei forni 1 e 2.

Anche il pozzetto US 18 è motivo di interesse, in quanto simili strutture potrebbero essere parte del processo fusorio, non ancora pienamente compreso (si veda BELLINTANI *et alii* 2021c).

Dal momento che il sito non è stato indagato

nella sua interezza non è possibile giungere a precise conclusioni sulla natura e distribuzione degli spazi. Dall'estensione presunta del deposito di scorie, non indagato, non sembrerebbe di trovarsi di fronte ad un sito molto ampio, tuttavia la presenza di dispersioni di scorie in tutta la zona e nelle valli adiacenti depone a favore di una vastissima area di prima lavorazione. Il sistema Valli di Mezzo-Valle della Mussa - Cambroncoi ha infatti già restituito circa 1 sito ogni 150-200 metri lineari lungo le strade forestali e sui pascoli, cioè le uniche aree non boscate, per cui è possibile immaginare che i siti fusori nella zona possano

essere più numerosi ma non identificati a causa della fitta forestazione.

Sulla base delle datazioni radiometriche e dell'unico frammento ceramico diagnostico, che è stratigraficamente successivo all'attività dei forni ed è attribuibile alla *facies* Luco/Laugen A (BR2-BF1/2 - XII-XI sec.a.C.), si sarebbe portati ad escludere la pertinenza della datazione radiometrica più bassa (US 27 - forno 2: tra X e IX sec.a.C.) all'attività delle strutture in esame, tuttavia è al momento difficile datare con precisione la frequentazione del sito per le attività metallurgiche.

Bibliografia

- AVANZINI M., BARGOSSO G.M., BORSATO A., SELLI L. 2010, *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 060, Trento, Trento.
- BELLINTANI P., DEGASPERI N., BASSETTI M., BIAGIONI S., MARCHESINI M., MARTINELLI N., MARVELLI S., PIGNATELLI O., RIZZOLI E., SILVESTRI E., VACCARO C., VOLPE L. 2021a, *Il sito fusorio di Segonzano localita' Peciapian. Ricerche 2007, 2008, 2011, 2013*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BELLINTANI P., PAGAN N., BASSETTI M., MARTINELLI N. 2021b, *Il sito fusorio di Fierozzo, loc. Valcava (TN). Ricerche 2012*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BELLINTANI P., SILVESTRI E., BASSETTI M., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., NICOLIS F., PAGAN N., PEARCE M. 2021c, *Fare rame: quadro di sintesi su siti e strutture produttive della metallurgia primaria protostorica del Trentino*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BRONK RAMSEY C. 2009, *Bayesian analysis of radiocarbon dates*, "Radiocarbon", 51 (1), pp. 337-360.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen*, "Der Anschnitt", 22, Bochum.
- MARZATICO F. 2001, *L'età del Bronzo Recente e Finale*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di), *Storia del Trentino I. La preistoria e la protostoria*, pp. 367 - 416.
- MARZATICO F. 2012, *La cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti*, in A. ANGELINI, G. LEONARDI (a cura di), *Il castelliere di Castel de Pedenà. Un sito di frontiera del II e I millennio a.C.*, Saltuarie dal laboratorio del Piovego, 9, pp. 177-204.
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2021, *L'inizio della seconda fase della coltivazione del rame nel Trentino - Alto Adige/Südtirol*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- PISONI L., TECCHIATI U. 2019, *La ceramica e i fittili non vascolari del Bronzo Finale provenienti dall'ustrium/luogo di culto funerario di Salorno Dos de la Forca (Cava Girardi) (BZ). Inquadramento cronologico e culturale*, "Padusa", LV, 2019, pp. 113-174.
- PREUSCHEN E. 1973, *Estrazione mineraria dell'età del Bronzo nel Trentino*, "Preistoria Alpina", 9, pp. 113-150.
- REIMER P.-J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK E., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDELRSON T.P., HAFLIDASON H., HAJDEAS I., HEATON A.G., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER F.F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J., 2013, *Intcal13 and MARINE13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years cal BP*, "Radiocarbon", 55 (4), DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947.
- ŠEBESTA G. 1992, *La via del Rame*, Economia Trentina, supplemento n. 3, Calliano (TN).
- TERRASI F., DE CESARE N., D'ONOFRIO A., LUBRITTO C., MARZAIOLI F., PASSARIELLO I., ROGALLA D., SABBARESE C., BORRIELLO G., CASA G., PALMIERI A. 2008, *High precision ¹⁴C AMS at CIRCE*, "Nuclear Instruments and Methods in Physics Research", B266(2008), pp. 2221-2224.

LAVARONE, LOCALITÀ MALGA RIVETTA

Cristiano Nicosia, Armando De Guio

Riassunto

Il presente contributo illustra l'analisi di una sequenza stratigrafica esposta in loc. Malga Rivetta, sull'Altopiano di Vezzena (Trento). La lettura da campo è stata corroborata da una serie di analisi pedologiche e micromorfologiche su sezioni sottili. Lo studio ha evidenziato una preliminare fase di deforestazione e preparazione dell'area, cui fa seguito il funzionamento di strutture negative con evidenti tracce di rubefazione, di incerta interpretazione. Segue la messa in posto di piattaforme ottenute con sedimenti del substrato locale. Esse sono affocate nella parte superiore, e coperte da livelli carboniosi ricchi in scorie di piccola taglia che mostrano un alone di alterazione successivo alla loro fratturazione. Tale circostanza sembrerebbe suggerire che si tratti di strutture per l'arrostimento delle scorie. La sequenza è chiusa da depositi colluviali ricchi in carbone e, successivamente, da unità contenenti materiali della Grande Guerra.

Summary

This article describes the analysis of a stratigraphic sequence unearthed by a fortuitous cut in locality Malga Rivetta, on the Vezzena plateau, and documented during a research campaign by the University of Padua in 2004 and 2005. The field documentation was supported by a series of pedological and micromorphological analyses of thin sections. The study shows that the human frequentation started with a preliminary phase of deforestation and preparation of the area, followed by negative structures with clear evidence of rubefaction caused by fire, the interpretation of which is still unclear. During the following phase, platforms made of local substrate were built. They show traces of fire in the upper part and are covered by charcoal layers containing small slag fragments. These slag pieces show a weathering halo produced after fracturing. This important information seems to suggest that the platforms could be fire structures for roasting the slags.

The stratigraphic sequence continues with colluvial deposits rich in charcoal and, above them, units containing World War I materials.

Parole chiave: Altopiano di Vezzena; arrostitimento delle scorie; micromorfologia.

Key words: Vezzena Plateau; slag roasting; micromorphology.

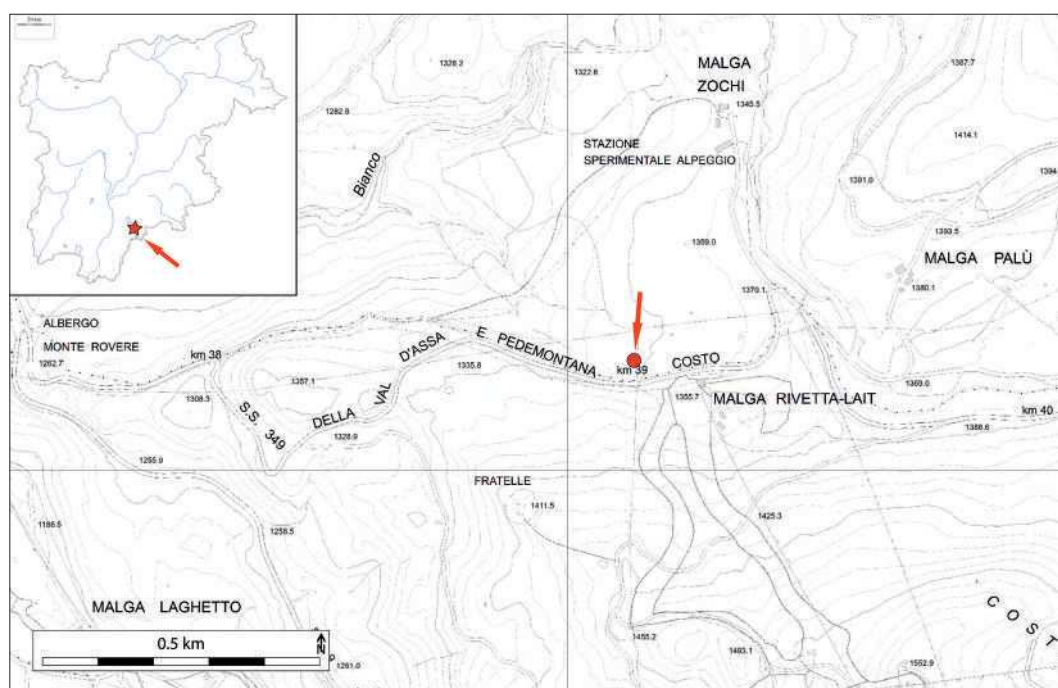


Fig. 1. Posizione della sequenza stratigrafica di Malga Rivetta.
Fig. 1. Position of the site of Malga Rivetta.

Introduzione

Lungo le pareti di uno scasso in località Malga Rivetta (Altopiano di Vezzena, TN), sono state osservate evidenze di strutture metallurgiche (Fig. 1). Il presente lavoro illustra le sequenze stratigrafiche rilevate lungo le pareti nord, sud ed est (Fig. 2) dello scasso in parola durante campagne condotte dall'Università di Padova (CISAS) nel 2004 e 2005.

Il sito di Malga Rivetta è posto all'interno di una valle a fondo piatto orientata E-W la cui quota media è di ca. 1370 m s.l.m. Immediatamente a nord e a sud del sito scaturiscono due linee di drenaggio minori che defluiscono verso W/NW per confluire nel Rio Bianco. Il substrato dell'area è costituito da sedimenti glacigenici del Pleistocene superiore relativi ad una diramazione del grande ghiacciaio atesino (v. BARBIERI, GRANDESSO 2007) (Fig. 3). Tali sedimenti sono stati puntualmente riconosciuti nel substrato del sito, comprendente grossi ciottoli e pietre immerse in matrice a tessitura franca. Su tali materiali si è formato un suolo che precede la messa in posto delle strutture archeologiche (Fig. 4). Esso presenta un grado di sviluppo basso, con un profilo di tipo A-C-2C quasi completamente decarbonatato (Tabb. I e II) e privo di indicatori di illuviazione di argilla. La frazione minerale, vista in sezione sottile, è composta prevalentemente da quarzo, mica, selce e da frammenti di rocce vulcaniche, mentre sono assenti – causa alterazione – i carbonati. Nell'orizzonte 2C sono

identificabili tracce micromorfologiche di crioclastismo (*frost shattering*), assenti nella parte superiore del profilo. In questa (orizzonte C) sono invece visibili gli effetti della rimozione della copertura forestale messa in atto dall'uomo per l'impianto delle strutture metallurgiche qui studiate. Si tratta di rivestimenti e riempimenti di argille miste a carboncini (Fig. 5), limo e materia organica fine che testimoniano fenomeni di erosione superficiale conseguenti alla rimozione della copertura forestale (per una trattazione più completa dell'argomento si veda MACPHAIL *et alii* 1990). All'orizzonte C si sovrappone un orizzonte A, sede di intensa attività biologica (porosità osservata in sezione sottile) e caratterizzato da una maggiore quantità di sostanza organica (Tab. II).

La sequenza stratigrafica

La sequenza stratigrafica di Malga Rivetta è stata già discussa in NICOSIA, DANTI 2006 e viene qui riproposta in maniera sintetica, corroborandola con dati derivanti dalle analisi micromorfologiche e da nuove conoscenze derivate dalla proficua discussione con altri specialisti¹. Il profilo del suolo originale appare conservato nella sua interezza solo nella parete est del saggio (cfr. *supra* e Fig. 4), dove si conserva l'orizzonte A, mentre tale suolo è inciso da un taglio antropico procedendo verso ovest. Il taglio è ben visibile nelle sezioni nord e sud.

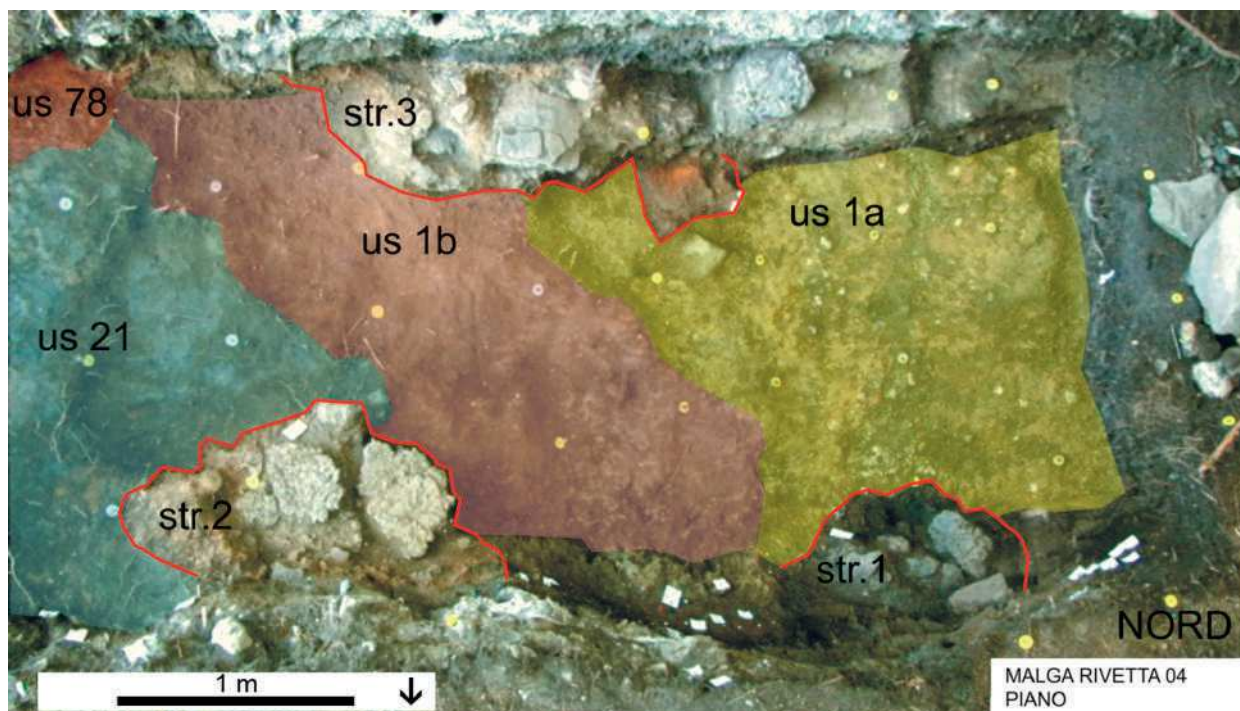


Fig. 2. Pianta dello scasso che ha permesso di esaminare tre sezioni stratigrafiche (nord, sud ed est).

Fig. 2. Plan of the fortuitous cut that allowed the documentation of three stratigraphic profiles (north, south and east).

1 Si ringraziano in tal senso Mark Pearce, Gilberto Artioli e Paolo Bellintani.

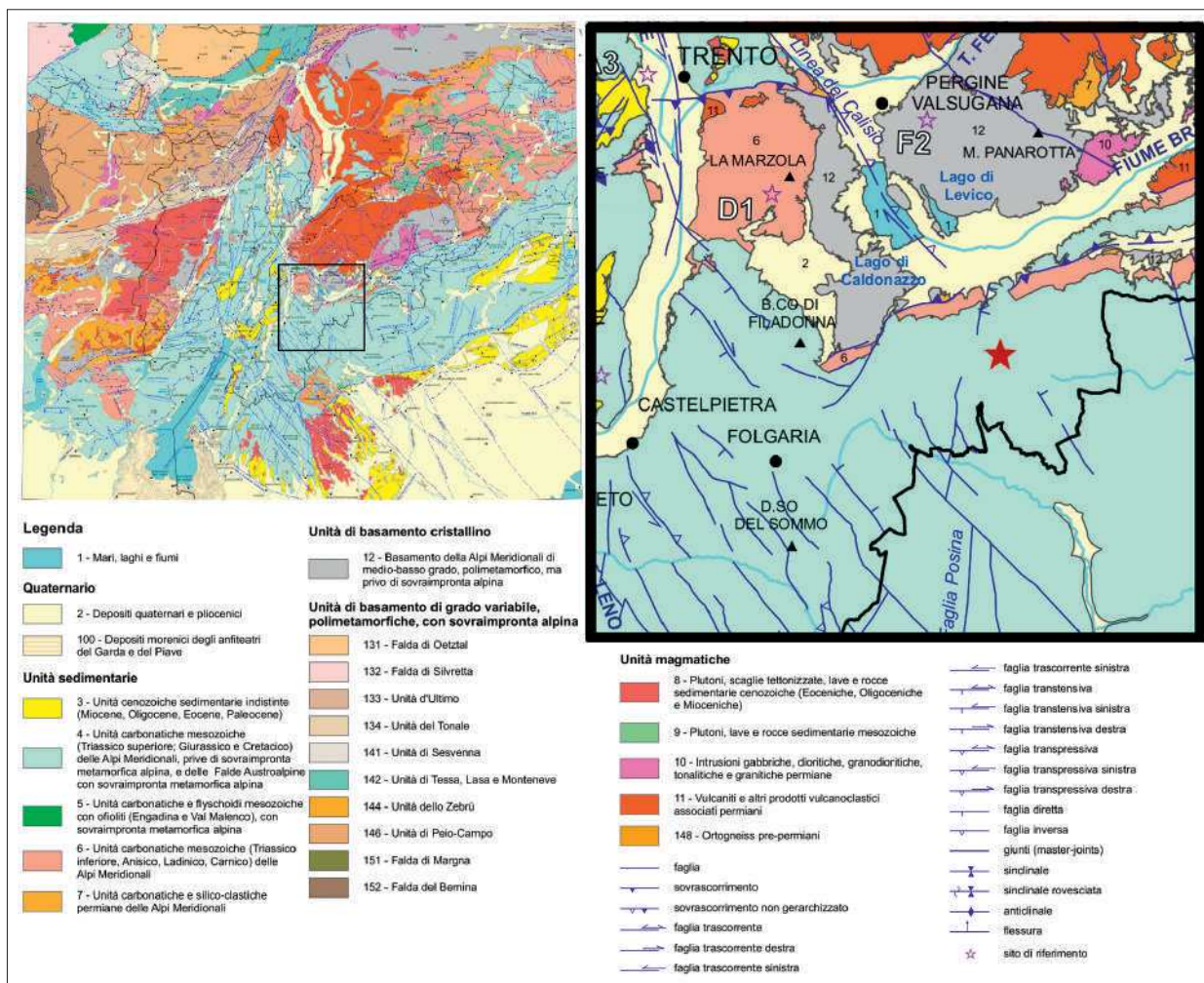


Fig. 3. Inquadramento geologico del sito. La stella rossa indica il sito di Malga Rivetta (modificata da: "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". Gennaio 2018 – 1°aggiornamento, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>).

Fig. 3. Geological map of the site. The red star indicates the site of Malga Rivetta (modified after: "Carta Geologico-Strutturale del Trentino". January 2018 – 1°update, <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/Cartografiageologica/-Cartageologicostrutturale>).

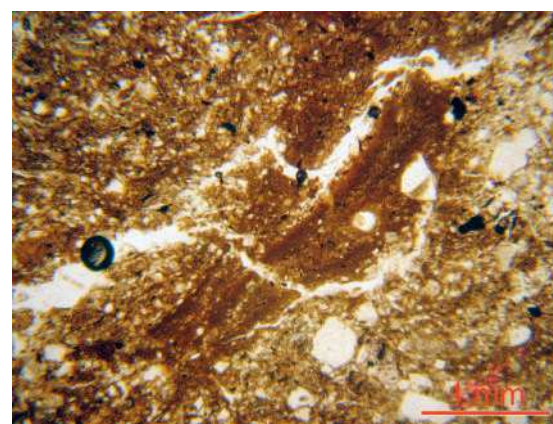


Fig. 4 (sinistra). La sezione est: si noti il suolo a sequenza Ab-C-2C al di sopra del quale poggiano le "Piattaforme" intercalate a livelli carboniosi (v. Fig. 7). I rettangoli rossi indicano la posizione delle sezioni sottili volte a ricostruire la genesi del suolo di base. Fig. 4 (destra). Immagine al microscopio dall'orizzonte C del suolo sepolto. Riempimento stratificato di argilla e limo all'interno di un poro, indicante fenomeni di disturbo della superficie del suolo. Nichols paralleli.

Fig. 4 (left). Eastern profile: note the soil with sequence Ab-C-2C above which the "Platforms", alternated with charcoal layers, are laying (see Fig. 7). The red rectangles indicate the position of the thin sections analysed in order to reconstruct the genesis of the base soil. Fig. 5 (right). Microscope picture from the C horizon of the basal soil. Stratified filling of a void, made of clay and silt, showing disturbance on the soil surface. Plane polarized light.

Tab. I. Descrizione del profilo di suolo sul terreno (secondo FAO/WRB 1998).

Tab. I. Description of the soil profile (according to FAO/WRB 1998).

Horizon	Description
A	10YR 3/2 (very dark grayish brown – MOIST). Silt Loam. Common fine and medium gravel-sized rock fragments, fresh. Very fine angular blocky structure, well developed. Friable, slightly sticky, slightly plastic. Very fine and fine channels, medium porosity. No nodules observed. Few roots, fine and very fine. Clear wavy lower boundary.
C	2.5Y 5/4 (light olive brown . MOIST). Loam. Common fine and medium gravel-sized rock fragments, mostly fresh, slightly more weathered towards the lower part of the horizon. Fine angular blocky structure, weakly developed. Friable, non sticky, plastic Very few very fine channels, very low porosity. No nodules observed. Very few roots, absent in the lower part of the horizon. Clear smooth lower boundary.
2C	7.5YR 5/6 (strong brown – MOIST). Loam. Abundant angular fine and medium gravel-sized rock fragments. Few coarse gravel and rocks (altered limestone). Massive. Firm, non sticky, slightly plastic. Rare fine channels, very low porosity. Very rare fine roots. Gradual lower boundary with underlying R horizon (limestone boulders and rocks).

Tab. II. Analisi chimico-fisiche del suolo esposto in sezione est. Per i metodi di analisi vedasi: PAUWELS *et alii* 1992.Tab. II. Chemical and physical analyses of the soil unearthed in the eastern profile. For the analytical methods see: PAUWELS *et alii* 1992.

Hor.	SAND %	SILT %	CLAY %	Texture USDA	Org C. %	O.M %	N %	C/N	pH H ₂ O	pH KCl	CaCO ₃ %	Dith. extr Fe %	Dith. Extr Mn %
Ab	30,3	57,2	14,1	Silt Loam	2,96	5,10	nd	nd	8,2	7,1	0,3	0,394	0,0055
C	33,8	46,2	22,2	Loam	1,31	2,25	0,11	12,27	8,3	7,0	0,5	0,288	0,0024
2C	44,1	33,0	23,8	Loam	0,41	0,70	0,33	1,23	8,6	6,8	0,5	0,351	0,0051

Nella sezione nord (Fig. 6), al di sopra del substrato riconosciamo una grossa fossa (US -19) a profilo asimmetrico, riempita di scorie bollose di grosse dimensioni, grossi blocchi di porfido e terriccio carbonioso. Essa è stata denominata “Struttura 1”. La peculiare morfologia della fossa, ed il fatto che tracce di deforestazione “registrate” nel suolo sono state identificate in sezione sottile, suggeriscono che tale fossa possa essere in realtà una cavità di sradicamento di un albero (v. LANGOHR 1993), poi colmata con scorie e pietre.

Più a est, è stata osservata una struttura composta da scorie bollose di ca. 45 cm di diametro alloggiata su un livello (preparazione?) composto da ghiaie calcaree e scorie centimetriche all'interno di un modesto scasso nel substrato (Struttura 2). Un cordolo composto da pietre calcaree allettate con argilla fortemente rubefatta costituisce la parte superiore della struttura in parola. Essa è ricoperta da una serie di livellini centimetrici composti da alternanze di terreno rubefatto per scottatura, carboni e scorie centimetriche (US 26), a loro volta sigillati da un livello limoso privo di inclusi antropici. Quest'ultimo è simile per composizione ai riporti antropici per rifacimento delle piattaforme discussi in seguito.

La sequenza è successivamente coperta da una serie di livelli carboniosi con scorie, livelli discontinui laminati di farina di scorie e frammenti di terreno scottato che si inspessiscono secondo l'andamento

della pendenza. Tale circostanza, e la presenza di laminazioni e gradazioni all'interno dei livelli di farina di scorie, fa pensare a materiali colluviati o dilavati. L'analisi delle sezioni sottili, seppur non in grado di sostituire un'analisi antracologica, ha messo in evidenza che la totalità dei frammenti di carbone riconoscibili sono di legno omoxilo (conifere). La parte più recente della sequenza è data da una serie di riporti interno di quali sono stati rinvenuti materiali della prima Guerra Mondiale.

Nel profilo sud vi sono ca. 50 cm di riporti limosi al di sopra del substrato naturale (Fig. 7). Sopra tali riporti si imposta una struttura (Struttura 3) che costituisce verosimilmente la continuazione della Struttura 2, descritta nella sezione nord. Anch'essa è composta da un taglio con all'interno un letto di scorie e di ghiaia sul quale poggiano alcune scorie di grosse dimensioni, a loro volta coperte da alcune scaglie piatte di calcare coperte da un livello di terreno scottato. A ridosso del margine W della struttura vi è una fossetta, profonda ca. 30 cm, alla base della quale è stato osservato un alone di rubefazione che suggerisce l'appoggio sul suolo di un oggetto ad alta temperatura. Al margine est della sezione, individuiamo la stessa sequenza di sottili livelli di carbone, scorie e terreno scottato descritto nella sezione nord (US 76). La sequenza è poi sigillata da depositi carboniosi con scorie e terreno scottato

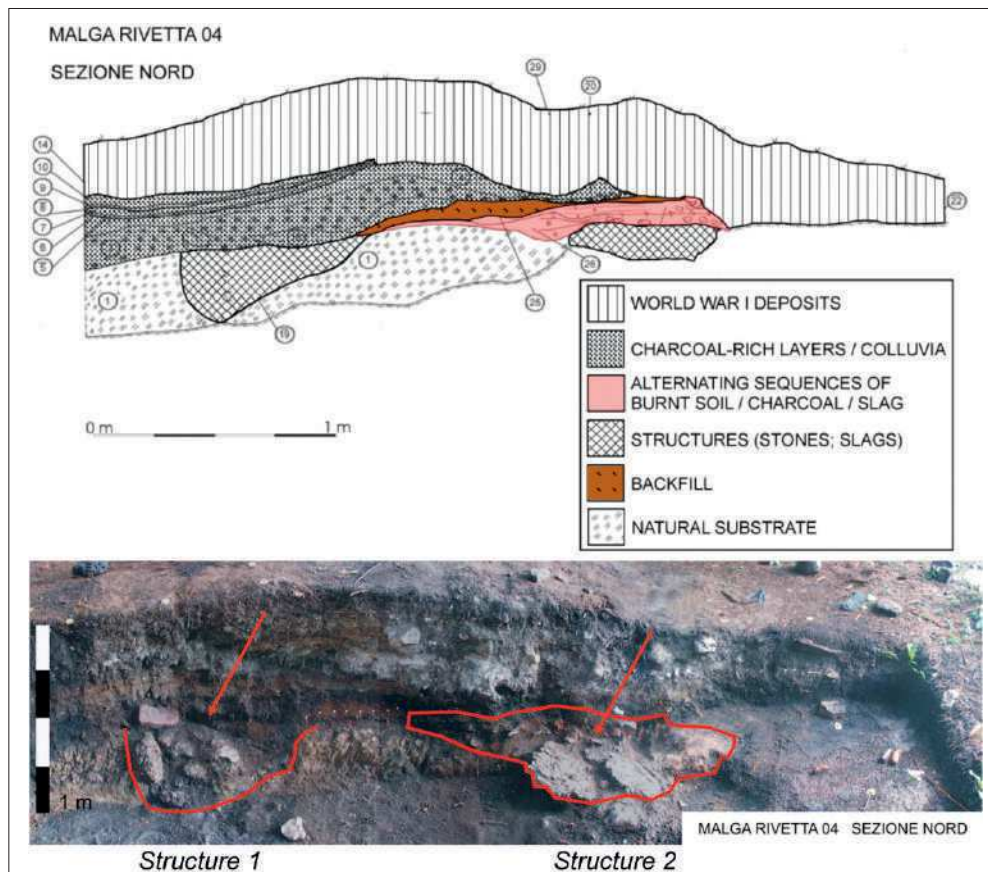


Fig. 6. La sezione nord.

Fig. 6. Northern profile.

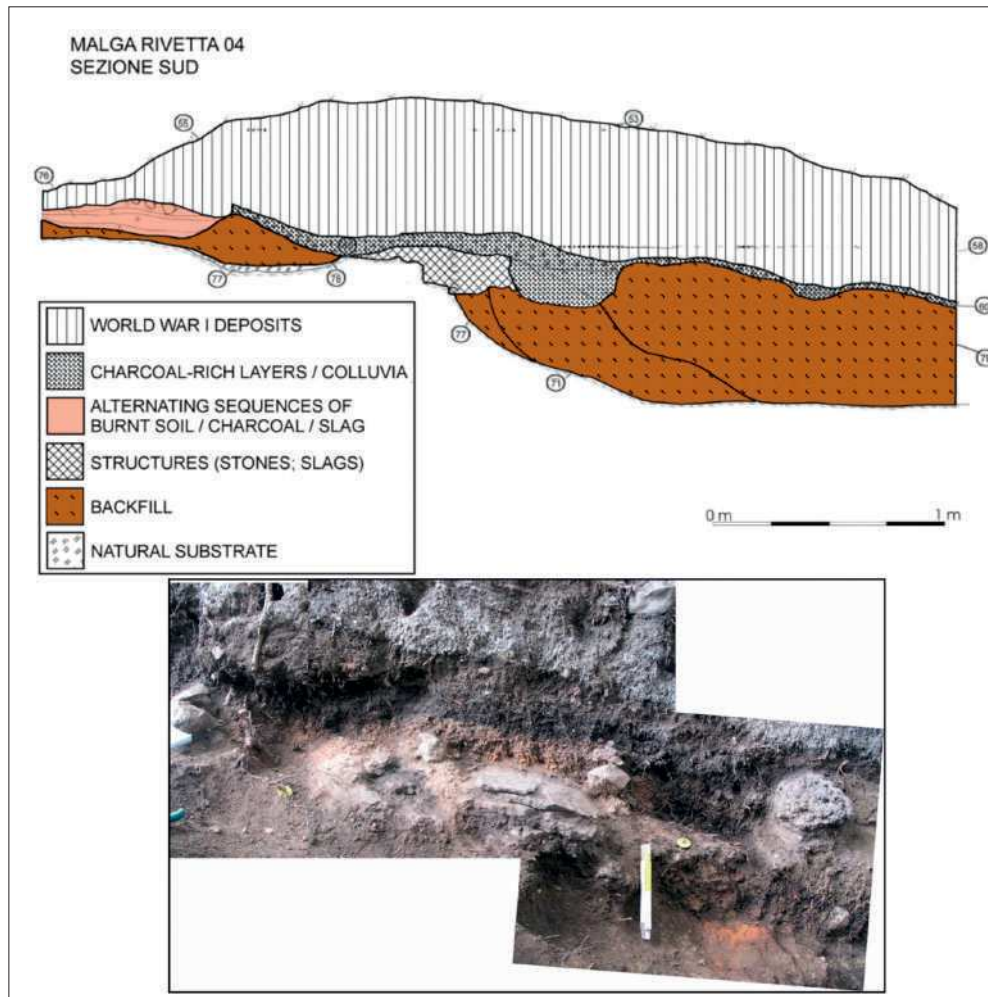


Fig. 7. La sezione sud.

Fig. 7. Southern profile.

(probabili colluvi) e successivamente dai riporti con materiali della prima Guerra Mondiale.

Nel profilo est si conserva la sequenza pedologica Ab-C-2C menzionata nel paragrafo 1 (cfr. Fig. 4; Tabb. I e II). In appoggio diretto sull'orizzonte Ab sono presenti delle alternanze di livelli di pochi centimetri di spessore ciascuno (cfr. Fig. 8). Si tratta di riporti franco limosi, localmente rubefatti (US 86, 88) denominati "piattaforme", alternati a livelli carboniosi contenenti anche scorie di fusione di taglia centimetrica e millimetrica (US 84, 87). Le analisi micromorfologiche hanno permesso di studiare con maggiore accuratezza questa sequenza (Fig. 9). Esse hanno riguardato: (a) i riporti franco limosi (piattaforme), molto compatti, composti da sedimenti del substrato locale e con tracce di rubefazione lungo una fascia di spessore millimetrico nella parte superiore; (b) i livelli carboniosi, talvolta scindibili in una parte basale (non sempre presente) compattata, contenente carbone di legno omoxilo, frammenti di terreno combusto, scorie di fusione e frammenti di selce ed una parte superiore a consistenza più sciolta, con la medesima composizione. Il ciclo piattaforma-livello carbonioso si ripete due volte nel tratto di sequenza in parola (cfr. Fig. 8).

L'osservazione delle scorie in queste alternanze di livelli ha rivelato che esse sono spesso in aderenza con del terreno combusto (bs, "burnt soil", in

Fig. 10). Tale terreno ha le medesime caratteristiche delle "piattaforme", circostanza che suggerisce che le scorie siano state combuste su di esse ed abbiano subito una minima dislocazione. Le scorie in parola presentano anche dei contorni arrossati (indicati con "rr", *reaction rim*, in Fig. 10), di spessore variabile tra 50 e 100 μm e attorno alle scorie, caratteristica che è stata osservata solo nelle scorie provenienti dalle "piattaforme" (cfr. anche Fig. 11). Tali scorie mostrano dunque tracce di alterazione successive alla loro fratturazione. Questa alterazione può essere dovuta all'esposizione al fuoco, circostanza corroborata dalla presenza di terreno combusto in aderenza alle scorie frammentate. Tali evidenze suggeriscono dunque che l'alterazione non sia avvenuta durante le fasi di riduzione, ma successivamente.

Considerazioni conclusive

L'analisi delle sezioni stratigrafiche esposte, corroborata dallo studio di alcune sezioni sottili, ha permesso di identificare la sequenza di eventi che hanno interessato il sito di Malga Rivetta. Le prime tracce rinvenute sono quelle dell'impatto antropico sul suolo, probabilmente in risposta alla rimozione della copertura vegetale. Di tale processo sono in-

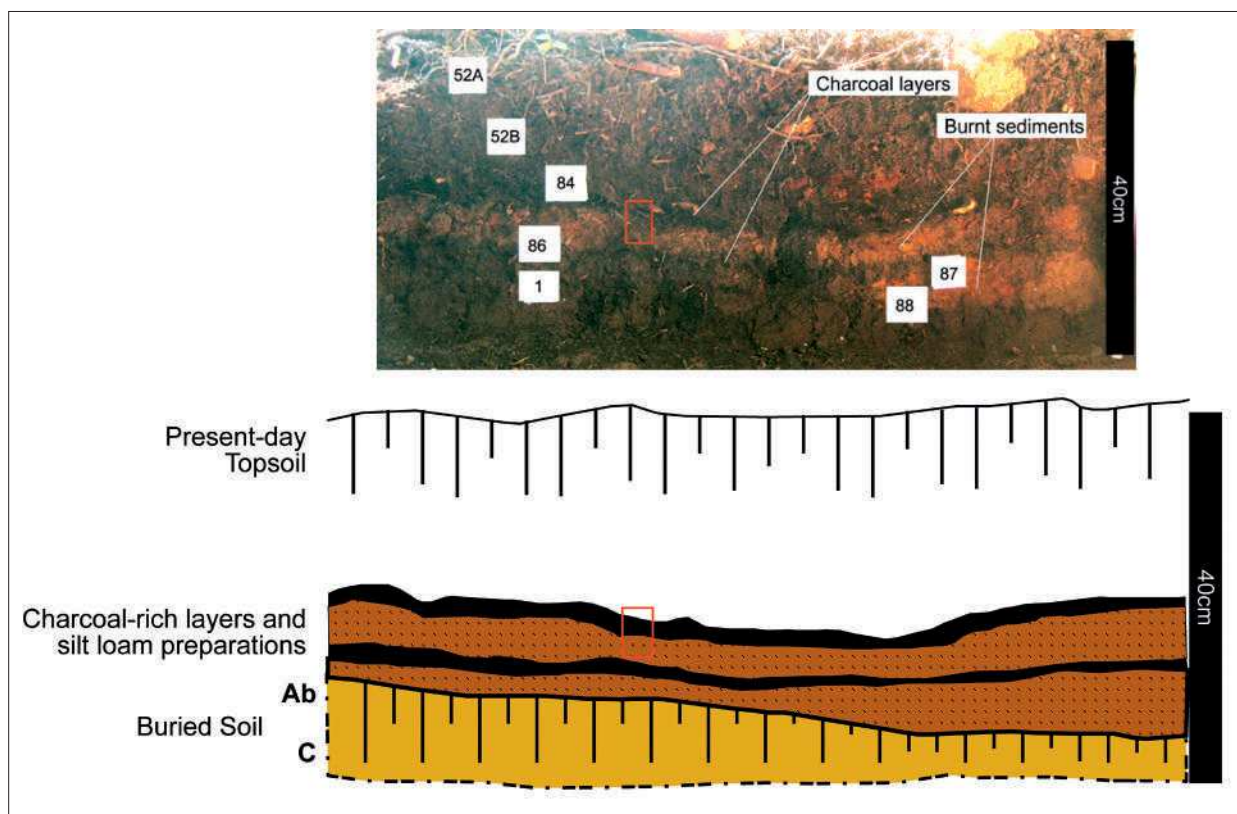


Fig. 8. La sezione est. In particolare, si notino i riporti franco limosi scottati ("piattaforme": US 86, 88) coperti da strati carboniosi con terreno scottato e scorie di piccola taglia probabilmente arrostiti (US 84, 87). Il rettangolo rosso indica la posizione della sezione sottile mostrata in Fig. 9.

Fig. 8. Eastern profile. Note in particular the burnt silt loam preparations ("platforms": SU 86, 88) covered by charcoal layers with burnt soil and small, probably roasted, slags (SU 84, 87). The red rectangle indicates the position of the thin section shown in Fig. 9.

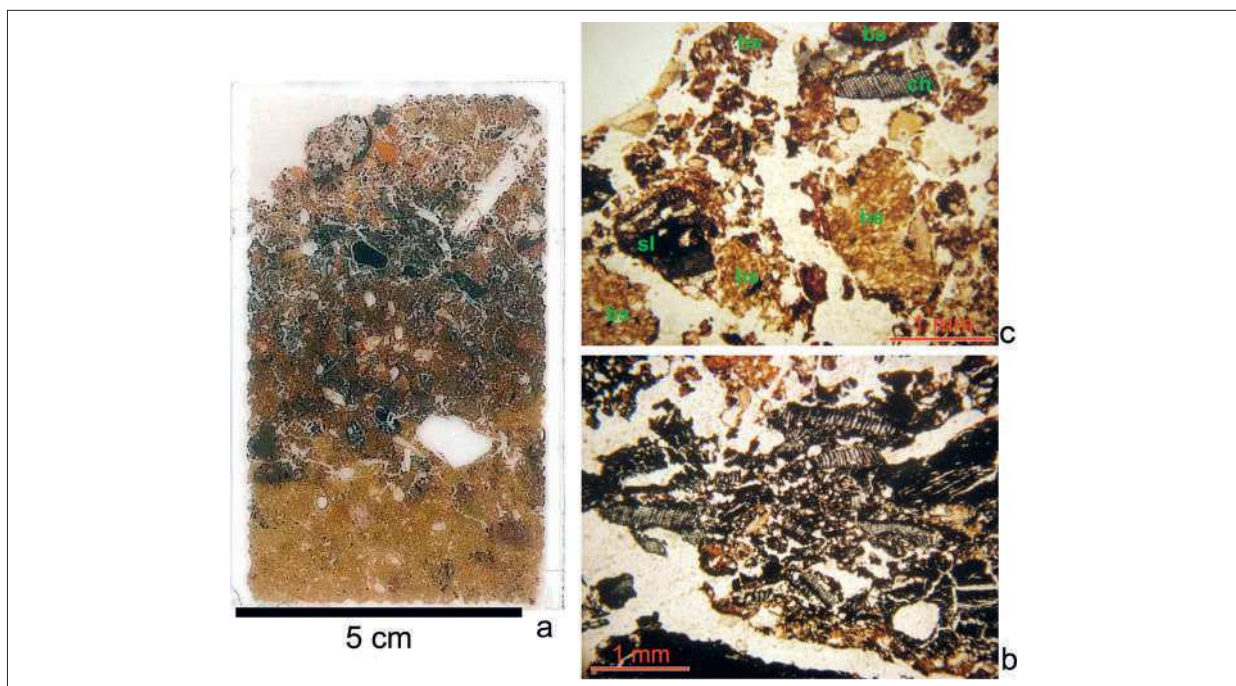


Fig. 9. Sezione Est.

(a) Sezione sottile che intercetta il contatto tra una piattaforma (US 86) e lo strato carbonioso soprastante (US 84). La porzione superiore della piattaforma mostra evidenti tracce di rubefazione per esposizione al fuoco. (b) Immagine al microscopio di US 84: si notino i numerosi frammenti di legno omoxilo. Nichols paralleli. (c) Immagine al microscopio di US 84: compresenza di frammenti di terreno combusto (bs), carbone di legno omoxilo (ch) e frammenti di scorie di fusione (sl). Nichols paralleli.

Fig. 9. Eastern profile.

(a) Thin section showing the contact between a platform (SU 86) and the charcoal layer above it (SU 84). The upper part of the platform shows clear traces of rubefaction caused by fire; (b) Microscope picture of SU 84: many fragments of omoxile wood are visible. Plane polarized light. (c) Microscope picture of SU 84: presence of burnt soil (bs), omoxile wood charcoal (ch) and slag fragments (sl) together. Plane polarized light.

Fig. 10. Immagine al microscopio di un frammento di scoria di fusione da US 84. Si noti l'alone di alterazione (rr) attorno alla scoria e la presenza di terreno scottato (bs) in aderenza, rimaneggiato a partire dalla sottostante piattaforma (US 86). In alto: luce obliqua incidente. In basso: nichols incrociati.

Fig. 10. Microscope picture of a slag fragment from SU 84. Please note the alteration (rr) around the slag and the presence of burnt soil (bs) in adherence, coming from the underlying platform (SU 86). Above: Oblique incident light. Below: Cross-polarized light.

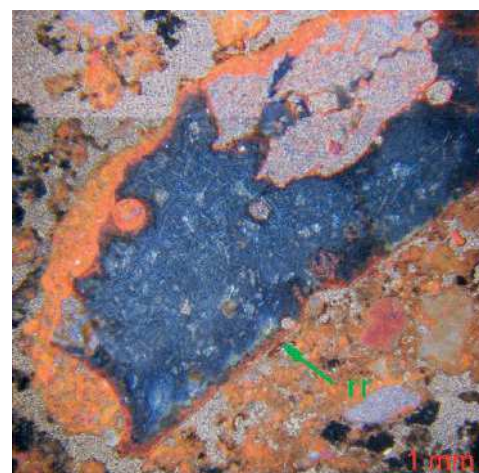
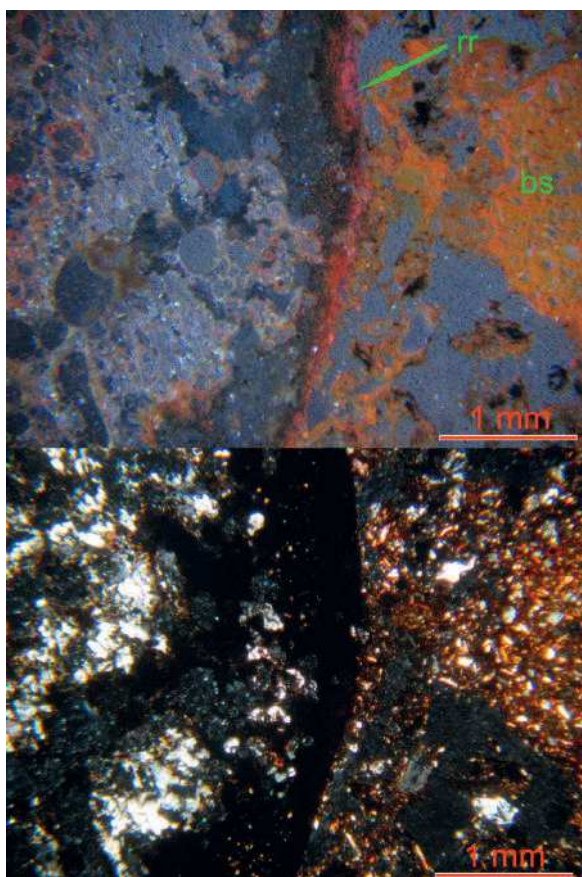


Fig. 11. Immagine al microscopio di un frammento di scoria di fusione da US 76 (strato carbonioso nella sezione Sud correlabile con US 84 in sezione Est – cfr. Fig. 6). Si noti l'alone di alterazione (rr) nella parte inferiore della scoria, ed il terreno rubefatto attorno ad essa. Luce obliqua incidente.

Fig. 11. Microscope picture of a slag fragment from SU 76 (charcoal layer in the southern profile correlated with SU 84 in the eastern profile – see Fig. 6). Please note the alteration (rr) in the lower part of the slag and the presence of burnt soil around it. Oblique incident light.

dici sia la probabile cavità di sradicamento osservata nella Sezione Nord (Struttura 1), sia le tracce micromorfologiche riscontrate all'interno dell'orizzonte C del suolo sepolto nella sezione Est. Successivamente alla rimozione della copertura vegetale avviene una "preparazione" mediante una serie di scassi (verso ovest) e riporti di terreno. Dopo questa fase vengono a funzionare le Strutture 2 (Sezione nord) e 3 (Sezione sud). Come già detto esse fanno probabilmente parte di un'unica struttura, la cui funzione (forni?) rimane tuttavia non precisabile. Interessante il confronto della Struttura 3 – con pietre disposte di piatto ed una fossetta accanto – con simili strutture individuate da SCHAEER (2003) nell'Oberhalbstein (Val Sursette - Svizzera). Successivamente al funzionamento di queste installazioni, ed alla loro defunzionalizzazione, l'area investigata vede la costruzione di una serie di "piattaforme" composte da riporti di sedimenti franco limosi locali. Le analisi micromorfologiche confermano che le tracce di scottatura sono da ascrivere a combustioni

in situ. I livelli di preparazione sono coperti da strati contenenti carbone, scorie di piccole dimensioni, terreno scottato, selce. L'interpretazione più plausibile è che si potrebbe trattare di piattaforme di arrostitimento di scorie frantumate. Successivamente alla loro defunzionalizzazione, l'area è coperta da uno spesso strato di terreno carbonioso, contenente anche farina di scorie e frammenti di terreno scottato. Esso è probabilmente dilavato/colluviato dalle aree circostanti. Il dato interessante è che nelle sezioni sottili (per quanto esse non possano sostituirsi ad uno studio antracologico specifico) tutti i frammenti di carbone riconoscibili sono di legno omoxilo e cioè di conifera. Ciò è vero sia per gli scarichi delle strutture 1 e 2, sia per le probabili piattaforme di arrostitimento, sia per il livelli carboniosi colluviali che sigillano la sequenza.

La serie stratigrafica è infine chiusa da riporti contenenti materiali della prima Guerra Mondiale e, successivamente, dal suolo forestale attuale che è stato rimboschito con conifere.

Bibliografia

- BARBIERI G., GRANDESSO P. (a cura di) 2007, *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, Foglio 082 Asiago. APAT e Dipartimento Difesa del suolo e Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- FAO 1998, *World Reference Base for Soil Resources*, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- LANGOHR R. 1993, *Types of tree windthrow, their impact on the environment and their importance for the understanding of archaeological excavation data*, "Helenium", XXXIII, pp. 36-49.
- MACPHAIL R.I., COURTY M. A., GEBHARDT A. 1990, *Soil micromorphological evidence of early agriculture in North-West Europe*, "World Archaeology", 22 (1), pp. 53-69.
- NICOSIA C., DANTI A. 2006, *Il saggio stratigrafico eseguito in località Malga Rivetta (Trento)*, in A. DE GUIO (a cura di), *Archeologia di Montagna: il progetto Ad Metalla*, "Quaderni di Archeologia del Veneto", XXII (2006), pp. 236-239.
- PAUWELS J. M., VAN RANST E., VERLOO M., MVONDO ZE A. 1992, *Manuel de Laboratoire de Pedologie*, Publications Agricoles 28. Bruxelles: AGCD.
- SCHAEER A. 2003, *Untersuchungen zum prähistorischen Bergbau im Oberhalbstein (Kanton Graubünden)*, "Annuario della Società Svizzera di Preistoria e Archeologia", 86, pp. 7-54.

L'INIZIO DELLA SECONDA FASE DELLA COLTIVAZIONE DEL RAME NEL TRENTINO – ALTO ADIGE/SÜDTIROL

Mark Pearce, Paolo Bellintani, Franco Nicolis

Riassunto

In questo contributo vengono esposte le evidenze per la ripresa della produzione metallurgica nell'attuale Trentino - Alto Adige, verosimilmente databili al XVI, sicuramente al XV secolo a.C. Il rialzamento della datazione al BM della ripresa della coltivazione del rame nell'odierna regione Trentino – Alto Adige/Südtirol confermerebbe l'ipotesi che la formazione della *polity* delle Valli Grandi Veronesi abbia avuto lo scopo di controllare il flusso del rame; infatti, i dati relativi ai campi isotopici del piombo dei bronzi rinvenuti a Fondo Paviani (Legnago VR) mostrano che il rame ha origine nelle Alpi sud-orientali.

Infine, si prende in considerazione l'ipotesi che lo iato nella produzione del rame tra BA e BM sia semplicemente il risultato di un'insufficiente base di dati. Indizi in tal senso sono le scorie di riduzione del rame rinvenute a Gardolo di Mezzo (Trento TN) in strati databili al periodo in cui la produzione sarebbe cessata, nonché i risultati delle indagini sugli isotopi del piombo di manufatti metallici provenienti dalle palafitte dell'area gardesana, datati a tutto il tardo BA e inizio del BM, che indicherebbero un'origine del rame nei giacimenti delle Alpi sud-orientali.

Summary

This paper examines our evidence for the date of the beginning of the second phase of copper production in the south-eastern Alps. Lead isotope analysis evidence for artefacts from North Germany and Scandinavia shows the presence in that area of objects made of south-east Alpine copper already in the 16th and in great numbers from the 15th century cal BC. This fits well with the available radiocarbon evidence that copper production in the south-eastern Alps recommences in the 15th, perhaps the 16th century cal BC. Lead isotope analysis also suggests the circulation of south-east Alpine copper in the Balkans from as early as 1600 BC. Crucibles from the south-west Trentino lake dwellings at Ledro (EBA or MBA) and Fiaivé (MBA), and the presence of MBA and RBA artefacts made of south-east Alpine copper in the lake dwellings of the Lake Garda area provide a context and a proxy for copper production. We also suggest that the renewed copper production in the Trentino – Alto Adige/Südtirol region fits with the hypothesis that the Valli Grandi Veronesi polity was established in order to control the flow of copper; indeed, lead isotope data available in the literature shows that the metal used at Fondo Paviani (Legnago VR) was south-east Alpine. Finally, we examine the hypothesis that the apparent hiatus in metal production between the EBA and MBA is simply a product of insufficient archaeological data – this can be argued based on the finding of copper smelting slag at the site of Gardolo di Mezzo (Trento TN) in levels dated to the period when production was apparently paused, and on the fact that metalwork from the Lake Garda lake dwellings made of copper of south-east Alpine origin is found throughout the late EBA and early MBA.

Parole chiave: datazioni al radiocarbonio; palafitte; terramare; riduzione del rame; miniere del rame delle Alpi meridionali

Key words: radiocarbon dates; lake villages; terramare; copper smelting, south Alpine copper mining

Introduzione

Nella letteratura archeologica è considerato ormai un dato acquisito che la coltivazione pre-protostorica del rame nell'odierna regione Trentino – Alto Adige/Südtirol avvenga in due fasi cronologiche distinte: la prima durante la tarda età del Rame e gli inizi dell'antica età del Bronzo, la seconda nell'età del Bronzo Recente e all'inizio dell'età del Bronzo Finale (PERINI 1989; 1992, pp. 55-57; MARZATICO 1997). In un recente nostro contributo (PEARCE *et alii* 2019), sulla base delle datazioni radiocarboniche

disponibili in letteratura e di 15 nuove determinazioni, si sono potute riesaminare le forbici cronologiche della seconda fase di coltivazione mineraria, stabilendo che essa perdura, in cronologia radiometrica, dal XV (e forse addirittura dal XVI) al IX secolo cal BC, ovvero per un periodo molto più lungo di quanto non si ritenesse finora. Si è potuto osservare, inoltre, che questo prolungamento nella prima età del Ferro risulta confermato dall'importanza del rame trentino nelle regioni adriatiche e nell'Egeo (JUNG *et alii* 2011; JUNG, MEHOFER 2013), e che la cessazione della produzione avviene in connessione

con la fine del sito di Frattesina, che sembra essere il centro principale dello smistamento del metallo di produzione trentina verso il mondo mediterraneo (PEARCE *et alii* 2019; JUNG 2020).

Negli ultimi anni, grazie all'acquisizione dei dati riguardanti i rapporti isotopici del piombo degli affioramenti di rame delle Alpi sud-orientali (NIMIS *et alii* 2012; ARTIOLI *et alii* 2016) nel database del gruppo di ricerca *"Moving Metals"* (MELHEIM *et alii* 2018; LING *et alii* 2019), è stata fortemente sottolineata l'importanza del rame del Trentino – Alto Adige/Südtirol nella circolazione del metallo in Danimarca, Svezia meridionale e Germania settentrionale, fin dal XVI secolo cal BC. Questo dato, oltre a confermare le nostre ipotesi di datazione (peraltro già presentate al convegno *"Fare Rame"* nel 2013), ci induce a tornare sul problema dell'inquadramento cronologico della ripresa della produzione metallurgica in Trentino – Alto Adige/Südtirol, su cui poteva esistere qualche dubbio, dovuto ai limiti delle datazioni con il metodo del radiocarbonio.

In questo contributo, pertanto, riesamineremo le evidenze per la ripresa della produzione mineraria nelle Alpi sud-orientali attorno alla metà del secondo millennio cal BC e le contestualizzeremo storicamente.

"Moving metals" - il commercio verso nord del rame del Trentino – Alto Adige/Südtirol

Prima di discutere gli elementi cronologici per datare la ripresa della produzione, è utile considerare le conclusioni del gruppo di ricerca *"Moving Metals"* riguardanti la produzione di rame nelle Alpi sud-orientali (MELHEIM *et alii* 2018; LING *et alii* 2019).

Uno studio combinato delle misure dei rapporti isotopici del piombo e dei dati geochimici di 97 manufatti in lega di rame dell'età del Bronzo danese (MELHEIM *et alii* 2018) ha riscontrato che la maggior parte dei 33 manufatti assegnabili al Periodo II (1500-1300 BC) sarebbero compatibili¹ con le mineralizzazioni delle Alpi sud-orientali, sia con il campo isotopico *"South Alpine Alto Adige Trentino Veneto"* (AATV) che con il campo *"Vulcanogenic Massive Sulphide"* (VMS) della Valsugana². Un contributo più recente del gruppo, che riprende in parte gli stessi dati, ha concluso che una spada a manico pieno tipo Sögel (rinvenuta a Farsund, Vest Agder,

Norvegia), una spada tipo Valsømagle A1 (rinvenuta a Viksta, Uppland, Svezia) ed un pugnale/spada corta a manico pieno tipo Sögel (rinvenuta a Glad-sax, Skåne, Svezia) databili tra il 1600 e il 1500 a.C., sarebbero compatibili con il campo isotopico AATV (LING *et alii* 2019, p. 20); inoltre, 24 spade su un totale di 58, provenienti dalla Scandinavia, dalla Germania e dall'Italia e databili tra il 1500 e il 1300 BC, sarebbero compatibili, in base all'analisi degli isotopi del piombo, con il rame prodotto nella regione Trentino – Alto Adige/Südtirol (LING *et alii* 2019, pp. 20-21). Gli autori hanno inoltre ipotizzato che verso il 1500 a.C. *"mines in the Italian Alps became a main supplier to central and northern Europe"* (*"le miniere delle Alpi italiane diventarono uno dei principali fornitori per l'Europa centrale e settentrionale"*) (LING *et alii* 2019, p. 32).

Questi autori, tuttavia, affermano che nelle Alpi sud-orientali non ci sono evidenze sicure di attività fusoria durante il Bronzo medio: *"no secure evidence of Middle Bronze Age (1650/1600-1350/1300 BCE) smelting activities"* (MELHEIM *et alii* 2018, p. 102), affermazione ripetuta in LING *et alii* 2019, p. 22: *"there is limited evidence of ore extraction and smelting in the region"* negli anni dal 1500 al 1300 a.C. In verità, date radiocarboniche che testimoniassero una ripresa di produzione prima del 1300 a.C. erano già state pubblicate (CIERNY 2008, tab. 3; MARZATICO *et alii* 2010, p. 138, fig. 7), come è stato sottolineato anche dal nostro recente contributo (PEARCE *et alii* 2019).

La cronologia assoluta della coltivazione mineraria protostorica in Trentino - Alto Adige/Südtirol

Attualmente sono disponibili in bibliografia 46 datazioni radiocarboniche per gli impianti fusori di minerali di rame della regione in esame, di cui 13 pertinenti al sito di Acqua Fredda (talvolta denominato in letteratura Passo del Redebus) di Bedollo (TN) (Tab. I). La serie di date pertinenti ad Acqua Fredda è di grande importanza sia perché gli scavi di questo impianto fusorio sono stati fondamentali per la nostra comprensione delle tecniche della riduzione del minerale di rame in Trentino durante la tarda età del Bronzo, sia perché documentano che l'uso di questo impianto perdura a lungo nel tempo. Sulla base della stratigrafia del sito (CIERNY 2008, pp. 68-70), è stato

¹ Com'è noto, la compatibilità dei rapporti isotopici del piombo di un manufatto con quelli di un determinato giacimento non implica la determinazione certa dell'origine del metallo, ma solo l'esclusione di altre possibili provenienze. L'analisi degli isotopi del piombo, uno dei più promettenti parametri di valutazione della provenienza di minerali del rame, viene in genere associata all'analisi degli elementi in traccia e a più generali valutazioni di carattere storico-archeologico, in particolare la documentazione relativa allo sfruttamento minerario di un determinato giacimento. Tuttavia, anche nel caso di una convergenza dei risultati di queste modalità di indagine, non si può escludere a priori la possibilità che giacimenti sconosciuti e/o non adeguatamente mappati possano presentare caratteristiche geo-chimiche e un contesto storico-geografico compatibili con i campioni in esame. Per quanto riguarda gli aspetti metodologici si rimanda a: PERNICKA 2014; per la caratterizzazione dei giacimenti alpini si rimanda a: NIMIS *et alii* 2012 e ARTIOLI *et alii* 2016.

² Definizioni di AATV e VMS in ARTIOLI *et alii* 2016.

costruito un modello bayesiano per 11 delle misure radiocarboniche da parte di MARZATICO *et alii* (2010, fig. 4), ma questo modello ha un indice di concordanza (“*agreement index*”) $A_{\text{model}}^{\text{val}}$ di appena 72.1% ed è pertanto di bassa affidabilità³. Vale la pena specificare che tra il materiale archeologico rinvenuto ad Acqua Fredda si annovera un frammento di ansa ad espansioni verticali (“ansa lunata”), assegnabile alla recente età del Bronzo (CIERNY, MARZATICO 2002, p. 261, fig. 2.1; CIERNY *et alii* 2004, pp. 134-135, fig. 17.1; CIERNY 2008, taf. 1:2; MARZATICO *et alii* 2010, p. 135).

Nella Fig. 1 presentiamo un grafico relativo alle

calibrazioni di tutte le 46 date radiocarboniche provenienti da siti fusori della regione Trentino – Alto Adige/Südtirol (calibrate con OxCal 4.3 al 95.4 % con la curva di calibrazione IntCal13 (BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013). Come si desume dalla Tab. I, otto determinazioni hanno una forbice di calibrazione che comprende il XVI secolo cal BC; tre di queste possono con buona probabilità essere riferite allo stesso secolo (Malga Trenca: Beta-101719, Fig. 2, Malga Pontara 2: Beta-101717, Fig. 3 ed Acqua Fredda: Beta-101699, Fig. 4) mentre per gli altri cinque campioni i grafici di calibrazione sono meno

Tab. I. Determinazioni radiocarboniche per i siti fusori dell’attuale regione Trentino – Alto Adige/Südtirol (si nota che CIERNY [2008, tab. 3] attribuisce il numero di laboratorio Beta-101723 a due campioni). Calibrazioni al 95.4% con OxCal 4.3.2; BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013.

*Tab. I. Radiocarbon dates from the smelting sites of the present-day Trentino – Alto Adige/Südtirol region (note that CIERNY [2008, tab. 3] assigns the lab number Beta-101723 to two different samples). Calibration at 95.4% with OxCal 4.3.2; BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013.*

Luogo	Dati di scavo	N. di laboratorio	Età ¹⁴ C BP	Età calibrata a.C.	Fiducia	Fonte
Malga Trenca		Beta-101719	3160±100	1664-1131	95.3%	CIERNY 2008, tab. 3
Malga Pontara 2		Beta-101717	3150±80	1613-1223	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF I, US 30	Beta-101699	3130±90	1614-1131	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Le Val (Sant’Orsola)	US 17	DSH8303_C	3127±31	1494-1297	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Pezhe Alte (Tran-sacqua)	Sondaggio 3, US 515	DSH8296_C	3114±25	1437-1299	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Platz von Motze (Luserna)	2006, US 73, quadrato B5	DSH8293_C	3111±28	1436-1292	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Val Morta		Beta-101724	3100±90	1608-1113	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Brombisc		Beta-101712	3100±80	1529-1125	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF VI-B, forno 9	Beta-101705	3100±80	1529-1125	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Lodner Moor	Unit 2b, Sq. B10	ETH-25272	3100±45	1492-1232	95.4%	MARZATICO <i>et alii</i> 2010, p. 138, fig. 7
Platz von Motze (Luserna)	2005 sett. B, US 86, sez. 3	DSH8294_C	3080±33	1426-1261	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Malga Stramaio		Beta-101718	3060±70	1495-1116	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Bedelar		Beta-101711	3050±90	1501-1043	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Cambroncoi	Sond. 2, 3	Beta-126098	3040±130	1607-928	95.3%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF I, strato C	Beta-126096	3040±60	1431-1119	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Pezhe Alte (Tran-sacqua)	Sondaggio 2, US 303 base	DSH8310_C	3039±27	1395-1216	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2

³ La soglia dell’affidabilità è normalmente il 60% e l’indice può superare il 100% – BRONK RAMSEY 1995, p. 429; 2009, pp. 356-357.

Valcava (Fierozzo)	US 6	DSH8299_C	3038±25	1393-1218	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Platz von Motze (Luserna)	2009 sett, B, US 84, quadrato C11	DSH8308_C	3028±30	1395-1134	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Platz von Motze (Luserna)	XI, US 45	Beta-101720	3020±80	1436-1022	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Peciapian (Segonzano)	N.18, US 15 SEPE	LTL-2791A	3019±45	1401-1126	95.4%	SILVESTRI <i>et alii</i> 2015, tab. 1
Valcava (Fierozzo)	US 13	UBA-25284	3017±29	1389-1131	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Peciapian (Segonzano)	N.13, US 6 BASE SEPE	LTL-2790A	2996±45	1393-1059	95.4%	SILVESTRI <i>et alii</i> 2015, tab. 1
Malga Millegrobbe		Beta-101715	2990±50	1391-1054	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF I, forno 1	Beta-126099	2980±50	1387-1047	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Le Val (Sant'Orsola)	Trincea 1 US 28	DSH8315_C	2975±32	1369-1057	95.5%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Acquedotto del Faoro (Transacqua)	US 1005	DSH8317_C	2972±50	1382-1027	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Peciapian (Segonzano)	N.92, US 15 SEPE	LTL-2792A	2969±45	1376-1041	95.4%	SILVESTRI <i>et alii</i> 2015, tab. 1
Peciapian (Segonzano)	SEG_13_83_260	DSH8267_W	2942±35	1260-1028	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Valcava (Fierozzo)	US 6	UBA-25282	2940±34	1258-1028	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Platz von Motze (Luserna)	XIX, US 57	Beta-101722	2930±70	1376-929	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Peciapian (Segonzano)	SEG_13_83_255	DSH8266_W	2906±34	1211-1005	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Valcava (Fierozzo)	US 16	DSH8304_C	2903±45	1222-941	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Acqua Fredda	AcF I, forno 5	Beta-101700	2880±100	1376-831	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF VI-B, F2	Beta-101708	2880±70	1266-856	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Prati di Montagna		Beta-101723	2880±70	1266-856	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF VI, F1	Beta-101703	2850±40	1127-906	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF VI-B, forno 8	Beta-101704	2830±80	1212-827	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF IV, US 411/412	Beta-101702	2830±70	1207-833	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF VI-A, forno 7	Beta-101706	2830±70	1207-833	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF VI-C, US 686, Brett	Beta-101709	2790±60	1110-818	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Casara Conti Mirafiori		Beta-101714	2770±80	1127-798	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Le Val (Sant'Orsola)	Trincea 1 US 27	DSH8307_C	2757±32	994-827	95.4%	PEARCE <i>et alii</i> 2019, tab. 2
Platz von Motze	XIX, US 53	Beta-101723	2730±80	1109-788	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3

Lodner Moor	Unit 3, Sq. B9	ETH-25274	2715±45	974 -801	95.4%	MARZATICO <i>et alii</i> 2010, p. 138, fig. 7
Acqua Fredda	AcF IV, US 403	Beta-101701	2680±90	1084-544	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3
Acqua Fredda	AcF VII, US 704	Beta-111571	2660±80	1014-544	95.4%	CIERNY 2008, tab. 3

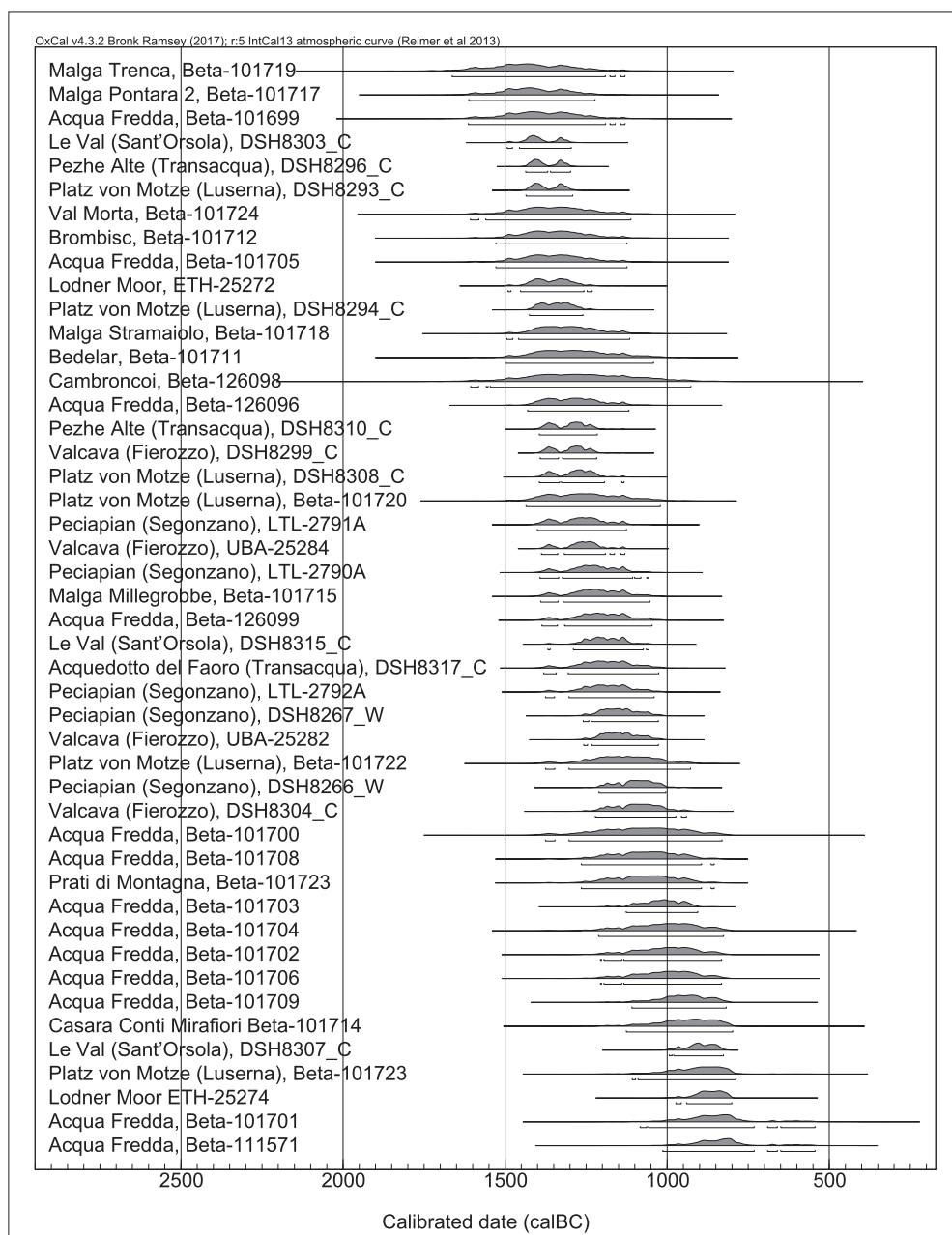


Fig. 1. Grafico raffigurante le calibrazioni di tutte le 46 date radiocarboniche in letteratura per siti fusori nella regione Trentino – Alto Adige/Südtirol (calibrate con OxCal 4.3 al 95.4 %, BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013).

Fig. 1. Plot of the calibrations of the 46 radiocarbon dates available in the literature from the smelting sites of Trentino – Alto Adige/Südtirol region (calibrated with OxCal 4.3 at 95.4 %, BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013).

convincenti (Val Morta: Beta-101724; Brombisc: Beta-101712; Acqua Fredda: Beta-101705; Bedelar: Beta-101711; Cambroncoi: Beta-126098). Tutte queste date erano già note in letteratura.

La situazione che riguarda il XV secolo cal BC è ancora più convincente, con ben 17 datazioni che presentano una forbice di calibratura che comprende questo spazio cronologico. Risulta chiaro, pertanto, dal grafico di Fig. 1 che la produzione metallurgica del Trentino – Alto Adige/Südtirol,

se proprio non ha avuto inizio già nel XVI secolo cal BC, è certamente in funzione nel XV secolo cal BC.

A fronte di quanto affermato, tuttavia, va considerato il possibile “effetto legno vecchio” (“*Old wood effect*”), che può costituire sempre una fonte di imprecisione per le determinazioni radiocarboniche, soprattutto quando la data si ottiene da campioni di carbone di legna, come nella maggior parte dei casi in discussione.

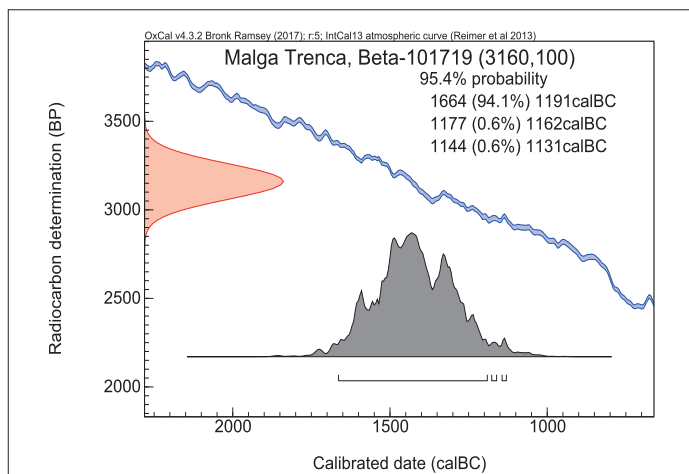


Fig. 2. Calibrazione di Beta-101719, Malga Trenca (con OxCal 4.3 al 95.4 %, BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013).

Fig. 2. Calibration of Beta-101719, Malga Trenca (with OxCal 4.3 at 95.4 %, BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013).

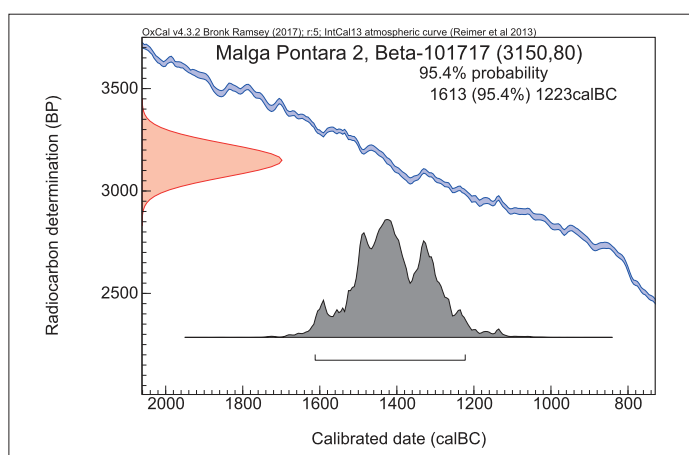


Fig. 3. Calibrazione di Beta-101717, Malga Pontara 2 (con OxCal 4.3 al 95.4 %, BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013).

Fig. 3. Calibration of Beta-101717, Malga Pontara 2 (with OxCal 4.3 at 95.4 %, BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013).

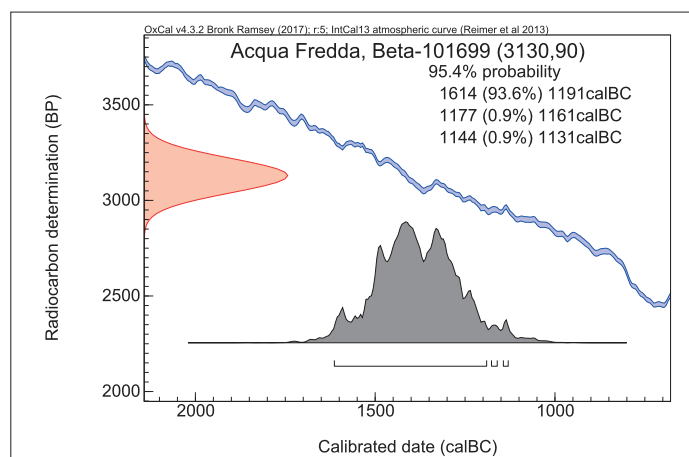


Fig. 4. Calibrazione di Beta-101699, Acqua Fredda (con OxCal 4.3 al 95.4 %, BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013).

Fig. 4. Calibration of Beta-101699, Acqua Fredda (with OxCal 4.3 at 95.4 %, BRONK RAMSEY 2009; REIMER *et alii* 2013).

I risultati conseguiti dal gruppo di ricerca “*Moving Metals*” sono comunque compatibili con le datazioni radiometriche e fungono da loro conferma esterna (“controllo”, in gergo statistico). Come abbiamo visto in precedenza, in area scandinava si trovano armi in bronzo databili tipologicamente al XVI secolo cal BC e ottenute con rame proveniente dalle Alpi sud-orientali, mentre la regione Trentino – Alto Adige/Südtirol diventa uno dei principali fornitori per l’Europa centrale e settentrionale “*around 1500 BCE*” (“intorno al 1500 cal BC”). Ciò confermerebbe le nostre ipotesi, ossia che l’estrazione del rame in Trentino – Alto Adige/Südtirol riprenda già nel XVI secolo cal BC.

Un’altra conferma della cronologia radiocarbónica è fornita da un recente studio di MEHOFER *et alii* (2021) sulle reti di scambio a lunga distanza del rame nei Balcani nella prima metà del secondo millennio a.C. Secondo le loro analisi isotopiche, infatti, confermate anche da analisi geochemiche, rame di provenienza sud-alpina, verosimilmente trentina, circolava almeno dal 1600 a.C. nei Balcani centrali; un pugnale di Kličevac (Požarevac, Serbia), databile al Bz B1, che è isotopicamente compatibile con una provenienza trentina, sarebbe il manufatto più antico con una tale provenienza tra quelli analizzati (MEHOFER *et alii* 2021, p. 9). Inoltre, manufatti

dei Balcani occidentali e databili al Bz A2-B1, come due asce⁴ rinvenute in Dalmazia (Croazia) e un pugnale dal Mostarsko Blato (Bosnia Meridionale), sarebbero fabbricati con rame sudalpino (MEHOFER *et alii* 2021, p. 10).

Il contesto culturale

La fusione del metallo è documentata nelle palafitte dell'età del Bronzo del Trentino dalla presenza di crogioli a Ledro e a Fivè. Purtroppo, le informazioni stratigrafiche per il materiale rinvenuto nell'insediamento palafitticolo di Ledro sono di difficile interpretazione, ma sappiamo che la maggior parte dei crogioli sono stati ritrovati negli strati IV-I, la parte superiore della stratigrafia corrispondente all'antica e media età del Bronzo (BATTAGLIA 1943, pp. 40, 53-54, tav. XXVI.2; RAGETH 1974, pp. 175-176, taf. 89, 90:1-4). A Fivè, invece, i crogioli si collocano nella fase Fivè 3^a, che corrisponderebbe al Bronzo antico II (settore VII, zona 2, strato E; PERINI 1987, p. 34, fig. 14.2) e nella fase Fivè 4^a, che corrisponderebbe all'inizio della media età del Bronzo (settore VII, zona 1, strato C4; PERINI 1987, p. 34, fig. 14.1). Purtroppo, data la mancanza di analisi, non conosciamo la provenienza di questo metallo, ma possiamo ipotizzare che si tratti di materia prima locale.

Il legame della metallurgia primaria sud-alpina con il mondo palafitticolo gardesano meridionale è confermato dai dati relativi ai rapporti isotopici del piombo disponibili in letteratura. Infatti, dei sei manufatti delle raccolte del Museo Civico di Storia Naturale di Verona assegnabili alla media e recente età del Bronzo e provenienti dalle palafitte del Garda analizzati in un recente progetto (SALZANI 2011, tab. 4; PERNICKA, SALZANI 2011), cinque risultano compatibili con i campi isotopici alpini sud-orientali VMS e AATV (ANGELINI *et alii* 2015, p. 276, fig. 4), mentre la spada a base trapezoidale di Bor di Pacengo (Lazise VR) è un *outlier*, compatibile piuttosto con il campo isotopico della Toscana meridionale (ARTIOLI *et alii* 2016, p. 36, fig. 7) (cfr. la nostra Fig. 5, generata con bibliografia aggiornata).

A seguito di quanto fin qui esposto, quindi, è possibile collegare la ripresa della produzione me-

tallurgica del Trentino – Alto Adige/Südtirol con le dinamiche della traiettoria spazio-temporale riconosciuta da Armando De Guio (1991, p. 175-176, fig. 12; 2000, pp. 306-308, fig. 21; DE GUIO *et alii* 2015, pp. 315-316; cfr. CUPITÒ *et alii* 2020), che consiste in uno spostamento del baricentro socio-politico dal comparto del Garda (antica età del Bronzo) alla Media Pianura Veronese (media età del Bronzo) e poi alle Valli Grandi della Bassa Veronese (media e recente età del Bronzo), e al Polesine (età del Bronzo Finale), *trend* che egli ritiene “*legato, in primis, al controllo del flusso minerario*” (DE GUIO *et alii* 2015, p. 315; cfr. DE GUIO 2000, p. 308). È verosimile, infatti, “...che la genesi del “paesaggio di potere” (nel corso del Bronzo Recente) delle Valli Veronesi sia collegata ad un processo di istanziazione di una rete di drenaggio del rame alpino...” (ibid.), in cui questa *polity* terramaricola sarebbe riuscita ad appropriarsi del controllo del flusso metallurgico e dei traffici con il Mediterraneo centro-orientale⁵. Le origini della *polity* delle Valli Grandi Veronesi si collocano, infatti, al passaggio tra la media e la recente età del Bronzo (da ultimo, CUPITÒ *et alii* 2015b, pp. 358, 360). A ciò si può aggiungere il fatto che lo studio dei rapporti isotopici di sette manufatti in bronzo provenienti da Fondo Paviani (Legnago VR), il *central place* della *polity*, mostra come essi siano tutti compatibili con le mineralizzazioni del sud-est alpino: tre pani in rame con il campo isotopico VMS e un falcetto in bronzo con il campo isotopico AATV, mentre un ribattino, un'ascia tipo Silea ed un *torques* tipo Cane-grate si situano tra i due campi (VICENZUTTO *et alii* 2015, pp. 835-838, figg. 4 e 5; CUPITÒ *et alii* 2015a, pp. 842-844, figg. 6 e 7)⁶.

L'ipotesi alternativa: continuità di produzione

Rispetto a quanto espresso fino a qui, si ritiene tuttavia possibile anche l'ipotesi che la produzione di rame in area sud-alpina sia proseguita senza soluzione di continuità tra la tarda età del Rame e gli inizi dell'età del Ferro, e che il quadro distinto in due fasi presentato in questo contributo sia semplicemente il risultato della lacunosità della base documentaria⁷.

⁴ Le due asce sono conservate al Naturhistorisches Museum di Vienna: inv. 17510, da un ripostiglio, Grabovač (Šestanovac, Split-Dalmazia), vicino a Makarska; inv. 34358, ritrovamento sporadico, Runović (Runovići, Split-Dalmazia). Paiono inedite e sono descritte come “winged” (ad alette) nel testo dell'articolo (MEHOFER *et alii* 2021, p. 10) ma come “flanged” (a margini rialzate) nella tabella 1 archiviata con i dati supplementari (<https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105378>).

⁵ Per il rapporto preferenziale tra la *polity* delle Valli Grandi Veronesi e le zone trentine di produzione di rame, si vedano PEARCE, DE GUIO 1999; PEARCE 2007, pp. 103-106, fig. 7.1. Tale ipotesi è stata più recentemente ripresa da uno degli scriventi (BELLINTANI 2015, pp. 194-196) in relazione alla sempre più significativa presenza, nella recente età del Bronzo della bassa pianura veneta, di materie prime e/o tecnologie (ambra ‘baltica’; materiali vetrosi e ceramiche di tipo egeo-levantino) collegabili alla rete di scambio del metallo trentino. Sul ruolo della *polity* delle Valli Grandi Veronesi nel commercio con il Mediterraneo orientale, e la sostanziale continuità con il ruolo di Frattesina, si veda anche CUPITÒ *et alii* 2020.

⁶ Si precisa che i grafici non sono accompagnati dai dati numerici. Sul problema della pubblicazione parziale di dati archeometrici, cfr. PEARCE 2016.

⁷ Notoriamente non si dovrebbe mai basare un'ipotesi archeologica sulla mancanza di dati: l'assenza di evidenza non costituisce evidenza di assenza.

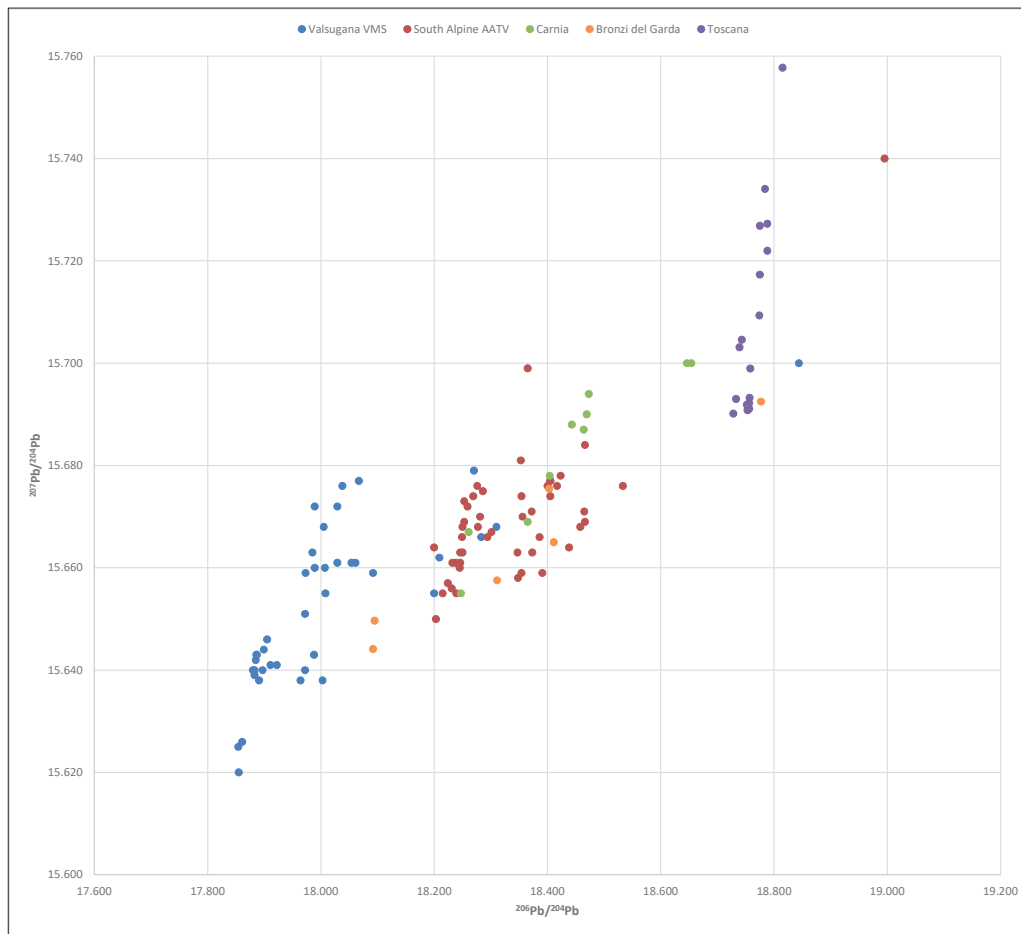
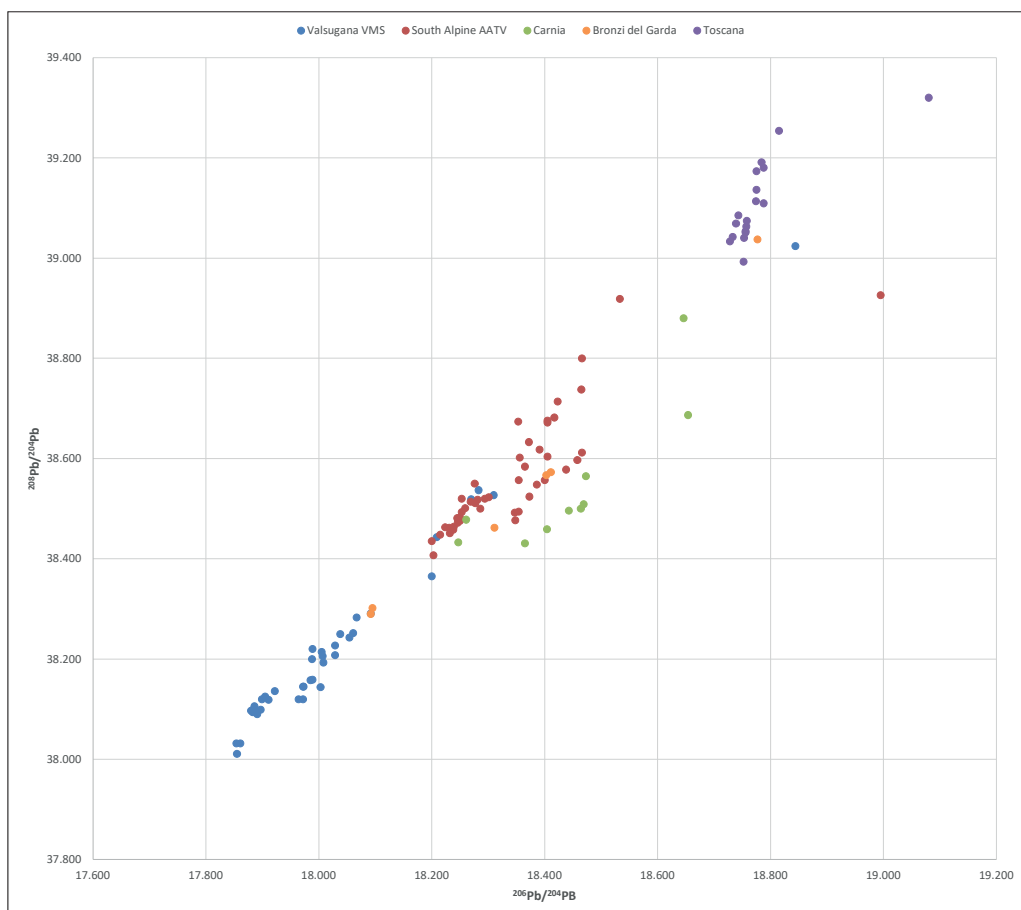


Fig. 5. Confronto tra i dati isotopici del piombo di sei manufatti delle raccolte del Museo Civico di Storia Naturale di Verona databili alla media e alla recente età del Bronzo e provenienti dalle palafitte del Garda (SALZANI 2011, tab. 4; PERNICKA, SALZANI 2011), delle mineralizzazioni del sud-est alpino VMS, AATV e della Carnia (ARTIOLI *et alii* 2016, tab. 2), e della Toscana (STOS-GALE *et alii* 1995; BURESTA *et alii* 2006).
 Fig. 5. Comparison between lead isotope data from six objects from the collection of the Museo Civico di Storia Naturale di Verona dating to the middle and recent Italian Bronze Age, found in the Garda lake pile dwellings (SALZANI 2011, tab. 4; PERNICKA, SALZANI 2011), with ore deposits from the south-eastern Alps VMS, AATV, Carnia (ARTIOLI *et alii* 2016, tab. 2), and Tuscany (STOS-GALE *et alii* 1995; BURESTA *et alii* 2006).



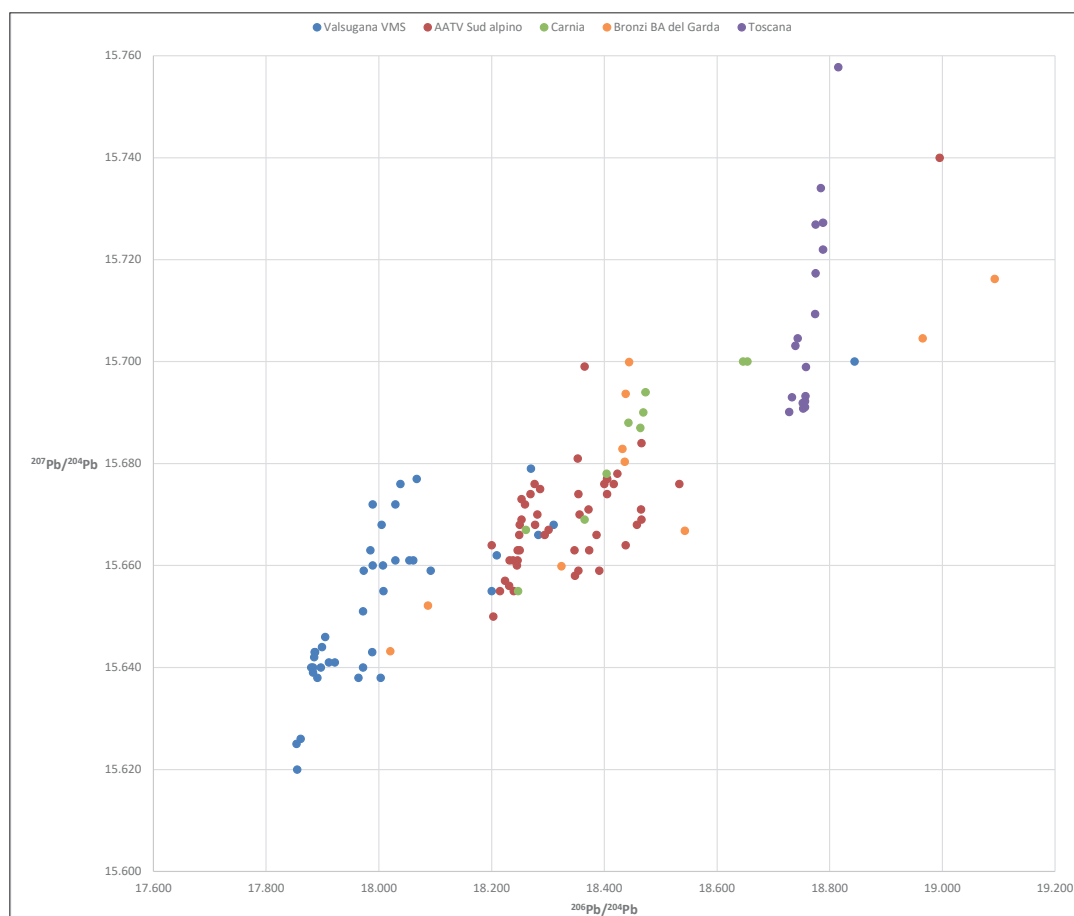
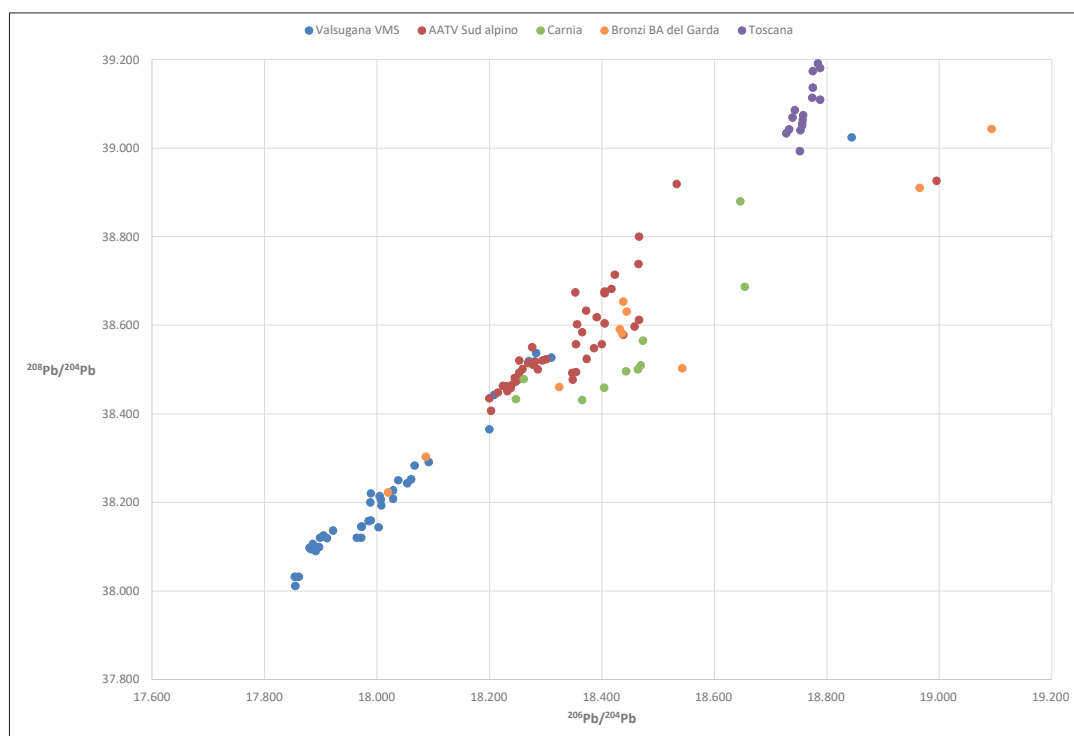


Fig. 6. Confronto tra i dati isotopici del piombo di 10 manufatti delle raccolte del Museo Civico di Storia Naturale di Verona databili all'antica età del Bronzo e provenienti dalle palafitte del Garda (SALZANI 2011, tab. 4; PERNICKA, SALZANI 2011), delle mineralizzazioni del sud-est alpino VMS, AATV e della Carnia (ARTIOLI *et alii* 2016, tab. 2), e della Toscana (STOS-GALE *et alii* 1995; BURESTA *et alii* 2006).

Fig. 6. Comparison between lead isotope data from 10 objects from the collection of the Museo Civico di Storia Naturale di Verona dating to the early Bronze Age, found in the Garda lake pile dwellings (SALZANI 2011, tab. 4; PERNICKA, SALZANI 2011), with ore deposits from the south-eastern Alps VMS, AATV, Carnia (ARTIOLI *et alii* 2016, tab. 2), and Tuscany (STOS-GALE *et alii* 1995; BURESTA *et alii* 2006).



Un indizio archeologico rilevante, anche se indiretto, di continuità di attività estrattiva tra antica e recente età del Bronzo è rappresentato dal sito di Gardolo di Mezzo (Trento TN), localizzato a circa 5 km a nord di Trento. Qui indagini estensive hanno portato alla luce strutture di abitato e un'area cultuale-funeraria (due tumuli) frequentate dalla fine dell'età del Rame alla recente età del Bronzo (MOTTES *et alii* 2012) e, più recentemente, una necropoli attribuita alla facies Luco/Laugen A (Bronzo Recente/Finale) (MOTTES *et alii* 2017). Diversi tipi di scorie di fusione e macine litiche, apparentemente non associate ad impianti o discariche, interessano tutta la complessa stratificazione plurifase del tumulo 1 (settore GARM 2) riconducibile a tre fasi principali datate: Bronzo Antico I-Bronzo Antico II, Bronzo Medio e fine Bronzo Medio-Bronzo Recente. A ciò si aggiunga che la presenza delle scorie è praticamente ubiquitaria anche nell'abitato⁸.

Un altro possibile indizio per la continuità di produzione è fornito dai dati sui rapporti isotopici del piombo di dieci manufatti in bronzo e rame arsenicale delle raccolte del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, databili a tutta l'antica età del Bronzo e provenienti dalle palafitte del Garda (Fig. 6) (SALZANI 2011, tab. 4; PERNICKA, SALZANI 2011), di cui 7 o 8 paiono compatibili con i campi isotopici delle Alpi sud-orientali (gli *outliers* sono due asce a margini rialzati tipo Scandiano, una di Cisano [Bardolino VR], l'altra di Bor di Pacengo [Lazise VR], e

forse un'ascia a margini rialzati tipo Ledro, sempre di Bor di Pacengo)⁹.

Conclusioni

Una serie di evidenze indica che la ripresa di produzione del rame nella odierna regione Trentino – Alto Adige/Südtirol avviene forse già dal XVI, sicuramente dal XV secolo cal BC, se non prosegue addirittura senza interruzione dall'antica età del Bronzo. Il rame del versante alpino sud-orientale è utilizzato nelle palafitte gardesane durante la media e recente età del Bronzo, ma anche in ambito nordico e nei Balcani. Ciò conferma le nostre ipotesi fatte sulla base delle date radiocarboniche disponibili in letteratura.

Si può ipotizzare inoltre che la nascita della *polity* terramaricola delle Valli Grandi Veronesi sia avvenuta in stretta connessione con il fiorire della produzione metallurgica delle Alpi sud-orientali tra media e recente età del Bronzo, e fosse volta al controllo di essa, almeno per quanto riguarda i commerci verso il bacino adriatico e oltre.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Ivana Angelini per la sua gentile disponibilità a discutere i dati isotopici per il materiale gardesano. La responsabilità per eventuali errori rimane comunque degli autori.

Bibliografia

- ANGELINI I., ARTIOLI G., NIMIS P., VILLA I. 2015, *La metallurgia preistorica del rame nell'Italia nord-orientale: quadro d'insieme e recenti sviluppi*, in G. LEONARDI, V. TINÉ (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto*, "Studi di Preistoria e Protostoria", 2, Firenze, pp. 271-277.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., NIMIS P., VILLA I.M. 2016, *A lead-isotope database of copper ores from the South-eastern Alps: a tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy*, "Journal of Archaeological Science", 75, pp. 27-39.
- BATTAGLIA R. 1943, *La palafitta del Lago di Ledro nel Trentino*, "Memorie del Museo di Storia Naturale della Venezia Tridentina", 7, pp. 3-63.
- BELLINTANI P. 2015, *Baltic amber, alpine copper and glass beads from the Po plain. Amber trade at the time of Campestrin and Frattesina*, "Padusa", 50, 2014, pp. 111-139.
- BRONK RAMSEY C. 1995, *Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: the OxCal program*, "Radiocarbon", 37, 2, pp. 425-430.
- BRONK RAMSEY C. 2009, *Bayesian analysis of radiocarbon dates*, "Radiocarbon", 51, 1, pp. 337-360.
- BURESTA E., GAGGI C., GIARDINO C., MORONI LANFREDINI A., NICOLARDI V., PROTANO G. 2006, *Indagini archeometallurgiche su reperti preistorici dalla Val di Chiana: lo sfruttamento dei giacimenti toscani nelle prime fasi delle età dei metalli*, "Rivista di Scienze Preistoriche", 56, pp. 273-292.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen, Region Trentino Orientale*, "Der Anschnitt", Beiheft 163, Bochum.
- CIERNY J., MARZATICO F. 2002, *Note sulla cronologia relativa dei siti fusori e sulla circolazione del metallo*, in A. GIUMLIA-MAIR (a cura di), *I bronzi antichi: produzione e tecnologia*, Atti del XV Congresso Internazionale sui Bronzi Antichi organizzato dall'Università di Udine, sede di Gorizia, Gra-

⁸ Va tuttavia precisato che l'area archeologica di Gardolo di Mezzo si trova nelle immediate vicinanze del sito fusorio di Riparo Marchi, dove è documentata attività solo per la fine dell'età del Rame (MOTTES *et alii* 2014). Considerato che i dati sulla caratterizzazione compositiva e più puntuali conferme sulla collocazione cronologica delle scorie di Gardolo non sono ancora disponibili, l'ipotesi che possa trattarsi di residui di lavorazioni riferibili all'età del Rame/Bronzo Antico e/o al Bronzo Recente/Bronzo Finale non è da escludere.

⁹ Visto che il metallo è facilmente rifuso in nuove forme, è sempre possibile che il rame sia stato riciclato e che sia stato estratto dagli affioramenti del Trentino – Alto Adige/Südtirol in epoca anteriore.

- do-Aquileia, 22-26 maggio 2001, "Monographies instrumentum", 21, Montagnac, pp. 258-268.
- CIERNY J., MARZATICO F., PERINI R., WEISGERBER G. 2004, *La riduzione del rame in località Acqua Fredda al Passo del Redebus (Trentino) nell'età del Bronzo Recente e Finale*, in G. WEISGERBER, G. GOLDBERG (Hrsg./a cura di), *Alpenkupper - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, Bochum, pp. 125-154.
- CUPITÒ M., ANGELINI I., ARTIOLI G., NIMIS P., VILLA I.M. 2015a, *Il torques tipo Canegrate di Fondo Paviani (Verona) alla luce delle indagini archeometriche*, in G. LEONARDI, V. TINÉ (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto: Brevi Note*, "Studi di Preistoria e Protostoria", 2, Firenze, pp. 839-844 [su CD-Rom].
- CUPITÒ M., LEONARDI G., DALLA LONGA E., NICOSIA C., BALISTA C., DAL CORSO M., KIRLEIS W. 2015b, *Fondo Paviani (Legnago, Verona): il central place della polity delle Valli Grandi Veronesi nella tarda Età del bronzo. Cronologia, aspetti culturali, evoluzione delle strutture e trasformazioni paleoambientali*, in G. LEONARDI, V. TINÉ (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto*, "Studi di Preistoria e Protostoria", 2, Firenze, pp. 357-375.
- CUPITÒ M., DALLA LONGA E., BALISTA C. 2020, *From "Valli Grandi Veronesi system" to "Frattesina system". Observations on the evolution of the exchange system models between Veneto Po Valley area and the Mediterranean world during the Late Bronze Age*, "Rivista di Scienze Preistoriche", 70 (S1), pp. 293-310.
- DE GUIO A. 1991, *Alla ricerca del potere: alcune prospettive italiane*, in E. HERRING, R. WHITEHOUSE, J. WILKINS (eds.), *Papers of the Fourth Conference of Italian Archaeology: 1, The archaeology of power, part 1*, Londra, pp. 153-192.
- DE GUIO A. 2000, *Ex occidente lux: linee di un percorso critico di rivisitazione del Bronzo Finale del Veneto*, in M. HARARI, M. PEARCE (a cura di), *Il proto-villanoviano al di qua e al di là dell'Appennino*, Atti della giornata di studio: Pavia, Collegio Ghislieri, 17 giugno 1995, Biblioteca di "Athenaeum" 38, Como, pp. 259-357.
- DE GUIO A., BALISTA C., VANZETTI A., BETTO A., BOVOLATO C. 2015, *Progetto AMPBV e "off-site power": linee di un percorso critico di complessità sociale*, in G. LEONARDI, V. TINÉ (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto*, "Studi di Preistoria e Protostoria", 2, Firenze, pp. 307-320.
- JUNG R. 2020, *Frattesina between continental Europe and the Eastern Mediterranean*, "Padusa", 56, pp. 163-172.
- JUNG R., MEHOFER M., PERNICKA E. 2011, *Metal Exchange in Italy from the Middle to the Final Bronze Age (14th-11th Century B.C.E.)*, in P.P. BETANCOURT, S.C. FERRENCE (eds.), *Metallurgy: understanding how, learning why: studies in honour of James D. Muhly*, "Prehistory Monographs", 29, Philadelphia, pp. 231-248.
- JUNG R., MEHOFER M. 2013, *Mycenaean Greece and Bronze Age Italy: cooperation, trade or war?*, "Archäologisches Korrespondenzblatt", 43, 2, pp. 175-193.
- LING J., HJÄRTHNER-HOLDAR E., GRANDIN L., STOS-GALE Z., KRISTIANSEN K., MELHEIM A.L., ARTIOLI G., ANGELINI I., KRAUSE R., CANOVARO C. 2019, *Moving metals IV: swords, metal sources and trade networks in Bronze Age Europe*, "Journal of Archaeological Science: Reports", 26, 101837 (<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.05.002>).
- MARZATICO F. 1997, *L'industria metallurgica nel Trentino durante l'età del bronzo*, in M. BERNABÒ BREA, A. CARDARELLI, M. CREMASCHI (a cura di), *Le Terramare. La più antica civiltà padana*, Milano, pp. 570-576.
- MARZATICO F., VALZOLGHER E., OBERRAUCH H. 2010, *Dating the later Bronze Age metal production in the south-central Alps. Some remarks on the relative and absolute chronology of the Luco/Laugen culture*, in P. ANREITER, G. GOLDBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPER (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HIMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck, pp. 129-143.
- MEHOFER M., GAVRANOVIĆ M., KAPURAN A., MITROVIĆ J., PUTICA A. 2021, *Copper production and supra regional exchange networks – Cu-matte smelting in the Balkans between 2000 and 1500 BC*, "Journal of Archaeological Science", 129, e105378.
- MELHEIM L., GRANDIN L., PERSSON P.-O., BILLSTRÖM K., STOS-GALE Z., LING J., WILLIAMS A., ANGELINI I., CANOVARO C., HJÄRTHNER-HOLDAR E., KRISTIANSEN K. 2018, *Moving metals III: Possible origins for copper in Bronze Age Denmark based on lead isotopes and geochemistry*, "Journal of Archaeological Science", 96, pp. 85-105.
- MOTTES E., BASSETTI M., SILVESTRI E. 2012, *The Bronze Age tumuli of Gardolo di Mezzo (Trento, Italy) in the Adige Valley*, in E. BORGNA, S. MÜLLER CELKA (eds.), *Ancestral Landscapes: Burial mounds in the Copper and Bronze Ages (Central and Eastern Europe – Balkans – Adriatic – Aegean, 4th-2nd millennium B.C.)*, Proceedings of the International Conference held in Udine, May 15th-18th 2008, "Travaux de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Série recherches archéologiques", 58, Lione, pp. 523-532.
- MOTTES E., BASSETTI M., SILVESTRI E., STEFAN L. 2014, *Il sito archeometallurgico dell'età del Rame di Riparo Marchi in Valle dell'Adige (Trento)*, "AdA: Archeologia delle Alpi", 2014, pp. 38-43.
- MOTTES E., BASSETTI M., MAGGIONI C. 2017, *Nuove scoperte archeologiche a Gardolo di Mezzo (Trento). Necropoli a cremazione della Cultura di Luco/Laugen*, "AdA: Archeologia delle Alpi", 2016, pp. 149-151.

- NIMIS P., OMENETTO P., GIUNTI I., ARTIOLI G., ANGELINI I. 2012, *Lead isotope systematics in hydrothermal sulphide deposits from the central-eastern Southalpine (northern Italy)*, "European Journal of Mineralogy", 24, pp. 23-37.
- PEARCE M. 2007, *Bright Blades and Red Metal: essays on north Italian prehistoric metalwork*, "Specialist Studies on Italy", 14, Londra.
- PEARCE M. 2016, *Archaeology and archaeometallurgy: some unresolved areas in the interpretation of analytical data*, "STAR: Science & Technology of Archaeological Research", 2, 1, pp. 46-53; (<http://dx.doi.org/10.1080/20548923.2016.1160593>).
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2019, *Frattesi-na and the later Bronze Age – Early Iron Age metals trade: the absolute chronology of smelting sites in the Trentino – Alto Adige/Südtirol*, "Padusa", 55, pp. 67-86.
- PEARCE M., DE GUIO A. 1999, *Between the mountains and the plain: an integrated metals production and circulation system in later Bronze Age north-eastern Italy*, in P. DELLA CASA (ed.), *Prehistoric alpine environment, society and economy*, Papers of the international colloquium PAESE 1997 in Zurich, "Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie", 55, Bonn, pp. 289-293.
- PERINI R. 1987, *Scavi archeologici nella zona palafitticola di Fivè-Carera. Parte II. Campagne 1969–76: Resti della cultura materiale: metallo – osso – litica – legno*, "Patrimonio storico e artistico del Trentino", 9, Trento.
- PERINI R. 1989, *Testimonianze di attività metallurgica dall'Eneolitico alle fasi finali dell'Età del Bronzo nel Trentino*, in *Per Giuseppe Šebesta: scritti e nota bio-bibliografica per il settantesimo compleanno*, Trento, pp. 377-404 [ristampato in G. CIURLETTI (a cura di), *Renato Perini. Scritti di archeologia, II parte*, Provincia autonoma di Trento, Ufficio beni archeologici, Trento, 2004, pp. 1115-1120].
- PERINI R. 1992, *Evidence of metallurgical activity in Trentino from Chalcolithic times to the end of the Bronze Age*, in E. ANTONACCI SANPAOLO (a cura di), *Archeometallurgia. Ricerche e prospettive*, Atti del colloquio internazionale di Archeometallurgia, Bologna-Dozza Imolese, 18-21 ottobre 1988, Bologna, pp. 53-80 [ristampato in G. CIURLETTI (a cura di), *Renato Perini. Scritti di archeologia*, Provincia autonoma di Trento, Ufficio beni archeologici, Trento, 2004, pp. 1121-1146].
- PERNICKA E. 2014, *Provenance determination of archaeological metal objects*, in B.W. ROBERTS, C.P. THORNTON (eds.), *Archaeometallurgy in global perspective: methods and syntheses*, New York, pp. 239-268.
- PERNICKA E., SALZANI P. 2011, *Remarks on the analyses and future prospects*, in A. ASPES (a cura di), *I bronzi del Garda: valorizzazione delle collezioni di bronzi preistorici di uno dei più importanti centri metallurgici dell'Europa del II millennio a.C.*, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona – 2. serie, Sezione Scienze dell'Uomo 11, pp. 89-98.
- RAGETH J. 1974, *Der Lago di Ledro im Trentino und seine Beziehungen zu den alpinen und mittel-europäischen Kulturen*, "Bericht der Römisch Germanischen Kommission", 55, pp. 73-259.
- REIMER P.J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK C.E., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDSON T.P., HAFLIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON T.J., HOFFMANN D.L., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., STAFF R.A., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J. 2013, *IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP*, "Radiocarbon", 55, 4, pp. 1869-87. DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947.
- SALZANI P. 2011, *I metalli del progetto "I bronzi del Garda": primi risultati e prospettive future*, in A. ASPES (a cura di), *I bronzi del Garda: valorizzazione delle collezioni di bronzi preistorici di uno dei più importanti centri metallurgici dell'Europa del II millennio a.C.*, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona – 2. serie, Sezione Scienze dell'Uomo 11, pp. 47-87.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., NICOLIS F., BASSETTI M., BIAGIONI S., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., MARCHESINI M., MARTINELLI N., MARVELLI S., PIGNATELLI O. 2015, *New excavations at smelting sites in Trentino, Italy: archaeological and archaeobotanical data*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESI-TEHRANI (eds.), *Archaeometallurgy in Europe 2011*, Proceedings of the 3rd international conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29-July 1 2011, "Der Anschnitt", Beiheft 26, pp. 369-376.
- STOS-GALE Z., GALE N.H., HOUGHTON J., SPEAKMAN R. 1995, *Lead isotope data from the Isotrache Laboratory, Oxford: Archaeometry data base 1, ores from the western Mediterranean*, "Archaeometry", 37, 2, pp. 407-415.
- VICENZUTTO D., DALLA LONGA E., ANGELINI I., ARTIOLI G., NIMIS P., VILLA I.M. 2015, *I manufatti in bronzo del sito arginato di Fondo Paviani (Verona) – Scavi Università di Padova 2007-2012. Inquadramento tipocronologico e analisi archeometriche*, in G. LEONARDI, V. TINÉ (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto: Brevi Note*, "Studi di Preistoria e Protostoria", 2, Firenze, pp. 833-838 [su CD-Rom].

PRODUZIONE METALLURGICA PRIMARIA E CIRCOLAZIONE DEL RAME NELLE ALPI SUD-ORIENTALI FRA DATI ACQUISITI E PROBLEMI APERTI

Franco Marzatico

Riassunto

Negli ultimi decenni il progresso degli studi sulla metallurgia primaria nelle Alpi sud-orientali e sulla circolazione del rame è stato notevole. Ai dati provenienti dagli scavi e alle analisi archeometriche sui prodotti dei processi fusori, in primis le scorie, si sono aggiunte le metodiche basate sull'analisi della combinazione di traccianti isotopici e geochimici. L'importante mole di dati a disposizione ha arricchito notevolmente il quadro delle conoscenze, e la diffusione del rame delle Alpi meridionali e, più in particolare del Trentino, è stata rilevata in diversa misura in manufatti della Pianura padana, dell'Italia centrale e meridionale, dei Balcani, della Grecia e della Scandinavia, anche ascritti al Bronzo Medio, periodo per il quale non vi è ad oggi evidenza accertata di estrazione di minerali di rame da contesti archeologici. Dalla panoramica dei dati disponibili, in particolare dalla Valsugana come territorio campione, oggetto di questo articolo, si evidenzia una mancata coerenza fra l'esito delle analisi isotopiche relative a manufatti del Bronzo Medio, l'utilizzo delle datazioni ^{14}C e la cultura materiale documentata nelle aree fusorie che, allo stato attuale, esclude del tutto sui versanti montani del Trentino attestazioni di produzione del rame al di fuori del Bronzo Recente e Finale. Un altro argomento di discussione è il contesto sociale a cui fa riferimento la produzione su larga scala di metallo in Trentino. Una produzione del rame a livelli così intensivi suppone l'esistenza di un'organizzazione sociale articolata con una forte coesione e un controllo esercitato da un'élite evidentemente armata che doveva beneficiare della ricchezza prodotta e dello scambio, come evidenziano gli appariscenti segni di potere e prestigio che si trovano in Valsugana. Le ripetute attestazioni di ceramica della Cultura alpina di Luco/Laugen al di fuori del suo areale, in siti nodali della pianura padana, indicano la capacità espansiva di tale aspetto culturale e il probabile ruolo attivo di intermediazione dell'area di Luco/Laugen tra la pianura Padana stessa e la Cultura dei Campi d'Urne transalpina, della Germania meridionale e della Valle dell'Inn.

Summary

In the last decades, the progress of the research on primary metallurgy in the south-eastern Alps and on the circulation of copper has been remarkable. Methods based on the combination of isotopic and geochemical analyses have increased the knowledge coming from archaeological contexts and from archaeometric analyses on products of the smelting processes, primarily the slag. Copper from the southern Alps, and more particularly from Trentino, has been detected in artifacts from the Po Valley, central and southern Italy, the Balkans, Greece and Scandinavia. These objects are dated not only to the Italian Recent and Final Bronze Age but also to the Middle Bronze Age, a period for which there is currently no archaeological evidence for extraction of copper minerals in the area. From an overview of the available data, which is the subject of this article, it is possible to come to the conclusion that there is a discrepancy between the results of the isotope analyses on the Middle Bronze Age artifacts from Europe, ^{14}C dates and the archaeological evidence which, at the current state of research, excludes any evidence of copper production on the mountains of Trentino out of the range between Recent and Final Bronze Age.

Another topic of discussion is the social context in which the large-scale production of metal in Trentino must have played a big role. Copper production at such an intensive scale presupposes the existence of an articulated social organization with a strong cohesion controlled by an armed elite which benefited from the wealth produced and from the exchange networks, as evidenced by the prestigious signs of power and prestige found in Valsugana. The presence of the Luco/Laugen Alpine Culture out of its main area, in nodal sites of the Po Plain, indicate the capacity of expansion of this cultural horizon and the probable active intermediary role of the Luco/Laugen area between the Po Plain itself and the Transalpine Urnfield Culture of Southern Germany and the Inn Valley.

Parole chiave: analisi isotopiche, cronologia, cultura di Luco/Laugen, élites, circolazione del metallo

Key words: isotopic analyses, chronology, Luco/Laugen culture, elites, circulation of metal

Introduzione

Negli ultimi decenni il progresso degli studi sulla produzione metallurgica primaria sui rilievi delle Alpi sud-orientali e sulla circolazione del rame è stato notevole. Nuovi scavi, dopo quelli condotti da Preuschen¹ e ricerche sui processi produttivi, a partire dallo studio delle scorie², insieme a indagini legate anche all'introduzione delle innovative metodiche basate sull'analisi della combinazione di traccianti isotopici e geochimici, hanno arricchito notevolmente il quadro delle conoscenze³. Attendono peraltro risposta molti quesiti, come mostrano sia il dibattito sulla catena operativa della produzione e sull'utilizzo congiunto di materia prima proveniente da più miniere e quindi la questione del riciclaggio o meno del metallo, sia i diversi livelli di determinazione della circolazione del rame, fra certezze, approssimazioni, conferme e revisioni. Sembrano eloquenti, a mero titolo d'esempio, commenti espressi recentemente da alcuni autori: *"Of course we cannot exclude mixing of ores from different mines with the same geological signature (for example Vetriolo and Calceranica within the Valsugana VMS, or Val dei Mocheni and Montefondoli within the Southalpine AATV (Alto Adige Trentino Veneto) field)"* (ARTIOLI *et alii* 2016, p. 36). E sempre in relazione alla complessità del quadro è stato anche scritto che *"Indeed despite the availability of large datasets of copper-based alloy analyses, little progress has been made in understanding the complete picture of trade and technological progression in Europe"* (MÖDLINGER *et alii* 2021, p. 2). *"However, the Slovakian Ore Mountains, the Alto Adige, Trentino and Veneto in the Italian Alps of South Tyrol (AATV) and Great Orme mining area in Wales show a similar relationship of nickel and arsenic, became available after 1600-1500*

BC and with low impurity levels suggesting smelting of chalcopyrite ores in use at this time over large part of non-Mediterranean Europe-have long puzzled researchers. Despite the remarkable uniformity of the trace element composition, the isotopic signature are quite variable. This might indicate more than one copper source with correlated concentrations of nickel and arsenic in the trade, or alternatively a single copper deposit with large variations in lead isotope ratios due to the presence of uranium. In addition, inconsistencies between trace element composition groups and the respective isotope signatures might indicate mixing, especially if a convergence of values is recognisable. This long-standing conundrum of similar but different requires further investigation" (NØRGAARD *et alii* 2021, p. 14). Al di là delle problematiche irrisolte e della necessaria attesa di ulteriori approfondimenti conoscitivi, tracce di rame sudalpino sono state segnalate in manufatti di più ambiti geografici anche a notevole distanza, su scala europea. Il rame è indicato come genericamente proveniente nel suo complesso ora dal Trentino, Alto Adige/Südtirol e Veneto (definito come ATV) o da uno solo di questi territori o, ancora, da singole miniere. In termini di certezza, alta probabilità o possibilità la diffusione del rame delle Alpi meridionali e, più in particolare del Trentino, è stata rilevata in diversa misura in manufatti della Pianura padana, dell'Italia centrale e meridionale, dei Balcani, della Grecia e della Scandinavia⁴. Dato particolarmente rilevante è rappresentato dal fatto che, al di fuori dell'area alpina di produzione del rame, fra tali oggetti non figurano solo materiali del Bronzo Recente e Finale, come ampiamente attestato dall'attività fusoria, ma anche manufatti ascriviti al Bronzo Medio quando si è supposto siano maturate nel Mitterberg le esperienze fusorie poi adottate in Trentino (Fig. 1)⁵.

¹ Si vedano con particolare riferimento alle ricerche sul campo, con i richiami specifici: PREUSCHEN 1962; 1968; 1973; DAL RÌ 1969/70; ŠEBESTA 1992; CIERNÝ *et alii* 2004, p. 146 fig. 31; CIERNÝ 2008; BELLINTANI *et alii* 2010; DE GUIO, FRIZZO 2010; DE GUIO 2012; HANNING *et alii* 2015; SILVESTRI *et alii* 2014; 2015; BELLINTANI, SILVESTRI 2018 p. 44 fig. 1; SILVESTRI *et alii* 2019; MARZATICO 2020; BELLINTANI *et alii* 2021.

² Si vedano da ultimo con un'ampia disamina sulla problematica dello studio delle scorie: SILVESTRI *et alii* 2019, pp. 270-275; precedentemente: D'AMICO *et alii* 1998; CATTOI *et alii* 2000; CATTOI *et alii* 2001; ANGUILANO *et alii* 2002a; 2002b; PEDROTTI 2001; METTEN 2003; DAL RÌ *et alii* 2005; GIUMLIA-MAIR 2005; ANGUILANO *et alii* 2009; COLPANI *et alii* 2009; MARZATICO 2011; ADDIS *et alii* 2012; ANGELINI *et alii* 2013; CASAGRANDE *et alii* 2013; HAUPTMANN 2014; SCHIFFERLE *et alii* 2014; ANGELINI *et alii* 2015; ARTIOLI *et alii* 2015; HANNING *et alii* 2015; ADDIS *et alii* 2016; 2017; SALZANI, TECCHIATI 2019, p. 203; per il paesaggio minerario trentino: CASAGRANDE *et alii* 2013; circa la prima metallurgia nelle Alpi: PERRUCCHETTI *et alii* 2015; PERRUCCHETTI 2017.

³ A proposito della determinazione della circolazione del rame sulla base di analisi isotopiche e geochimiche, con le relative problematiche, si vedano, con i richiami bibliografici: ARTIOLI *et alii* 2008; JUNG *et alii* 2011; ARTIOLI *et alii* 2014; ANGELINI *et alii* 2015, pp. 275-276; ARTIOLI *et alii* 2015; VINCENZUTTO *et alii* 2015, pp. 835-838; ARTIOLI *et alii* 2016; BELLINTANI 2014, p. 286; MELHEIM *et alii* 2018, p. 86; KRISTIANSEN 2019, p. 203; CANOVARO *et alii* 2019, p. 29; VILLA, GIARDINO 2019; CUPITÒ *et alii* 2020, pp. 301, 305 nota 9; STOS-GALE 2017; PEARCE *et alii* 2019; JUNG 2020, pp. 172-173, 179; MEHOFER *et alii* 2020, pp. 184-185, 191; NØRGAARD *et alii* 2021.

⁴ ARTIOLI *et alii* 2008; JUNG *et alii* 2011; ANGELINI *et alii* 2015, pp. 275-276; VINCENZUTTO *et alii* 2015, pp. 835-838; ARTIOLI *et alii* 2016; BELLINTANI 2014, p. 286; KRISTIANSEN 2019, p. 203; CANOVARO *et alii* 2019, p. 29; VILLA, GIARDINO 2019; CUPITÒ *et alii* 2020, pp. 301, 305 nota 9; STOS-GALE 2017; PEARCE *et alii* 2019, pp. 74-75; JUNG 2020, pp. 172-173, 179; MEHOFER *et alii* 2020, pp. 184-185; MEHOFER *et alii* 2021, pp. 7, 9, 11.

⁵ Con i relativi richiami bibliografici, a proposito della documentazione di rame dal Trentino in manufatti del Bronzo Medio: JUNG *et alii* 2011, p. 237; ARTIOLI *et alii* 2016, pp. 36-37; RADIVOJEVIĆ *et alii* 2018; LING *et alii* 2019, p. 27; MELHEIM *et alii* 2018; KRISTIANSEN 2019, p. 203: l'autore segnala che *"From the recent analyses the copper sources for Denmark we observe that copper from the Italian Alps dominated during Period II and III, but with some continuity into Period IV"*; JUNG 2020, p. 172; MEHOFER *et alii* 2021, pp. 7, 9 con riferimento a SILVESTRI *et alii* 2019 p. 268; NØRGAARD *et alii* 2021, pp. 21, 23 fig. 12. Circa la relazione con il Mitterberg: LUTZ, PERNICKA 2013, pp. 124, 126, fig. 6: gli autori ipotizzano che la tecnologia di riduzione della calcopirite possa essersi sviluppata nel Bronzo Antico nel Mitterberg; TROPPEL *et alii* 2018, p. 158; PERNICKA *et alii* 2016; BELLINTANI, SILVESTRI 2018, p. 49; SILVESTRI *et alii* 2019, p. 268; STÖLLNER *et alii* 2009; 2011; STÖLLNER 2011; 2015; 2019; TROPPEL *et alii* 2018, p. 158.

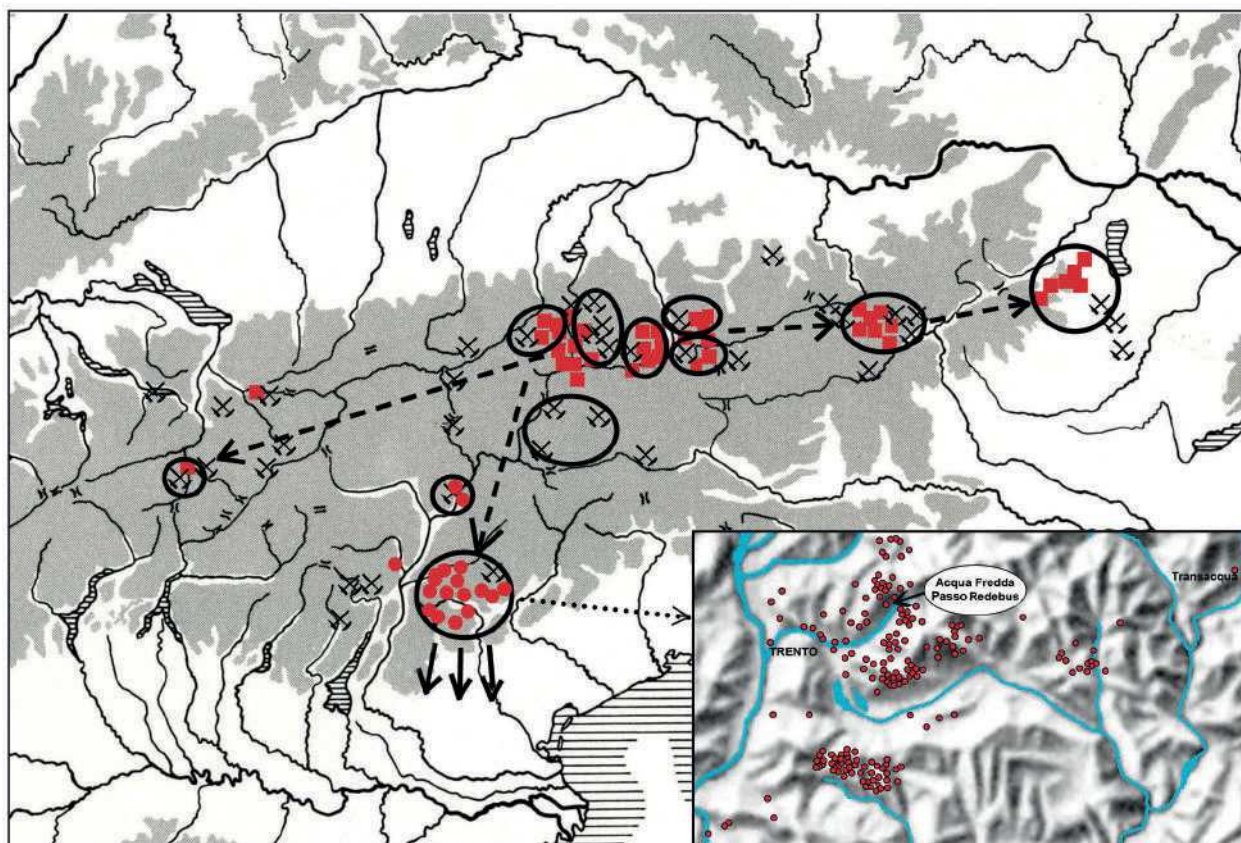


Fig. 1. Carta di distribuzione dei principali giacimenti di rame e dei siti fusori (segni rossi) con ipotetici tracciati relativi all'adozione di soluzioni tecnologiche affini (freccie tratteggiate) (rielaborata da STÖLLNER 2009; BELLINTANI, SILVESTRI 2018; grafica di Dora Giovannini).

Fig. 1. Distribution map of the Alpine mining districts and the smelting sites (red squares and circles) with the hypothetical movements of technology (dashed lines) (after STÖLLNER 2009; BELLINTANI, SILVESTRI 2018; graphic: Dora Giovannini).

Si pone pertanto, sul piano teorico e metodologico, lo stimolante interrogativo sulla produzione del rame nel Bronzo Medio di cui, allo stato attuale, non vi è alcuna testimonianza accertata nei versanti montuosi dell'Alto Adige/Südtirol e del Trentino sud-orientale che, in particolare con riferimento alla Valsugana, rappresentano un imprescindibile territorio campione da prendere in considerazione in termini di "archeologia globale" secondo gli assunti concettuali di Thomas Stöllner (Fig. 2) (STÖLLNER 2008; 2012; 2014).

Il fenomeno dell'attività fusoria sui versanti montuosi del Trentino allo stato attuale delle ricerche si colloca infatti, sulla base dell'univoco convergere della documentazione archeologica (Figg. 3-5) e dell'analisi delle datazioni ^{14}C , senza alcun dubbio fra il Bronzo Recente e Finale, con un picco in corrispondenza della fase A della cultura di Luco/Laugen e non oltre (CIERNY *et alii* 2004; CIERNY 2008; MARZATICO *et alii* 2010; MARZATICO 2019; MARZATICO 2020, p. 6).

Naturalmente, in termini doverosamente prudentiali, va tenuto conto del fatto che la nostra visione retrospettiva basata sul dato archeologico resta sempre viziata dalla casualità dei ritrovamenti e che nuove scoperte possono modificare, anche profondamente, il quadro. Accogliendo le indicazioni metodologiche di Stöllner a proposito della

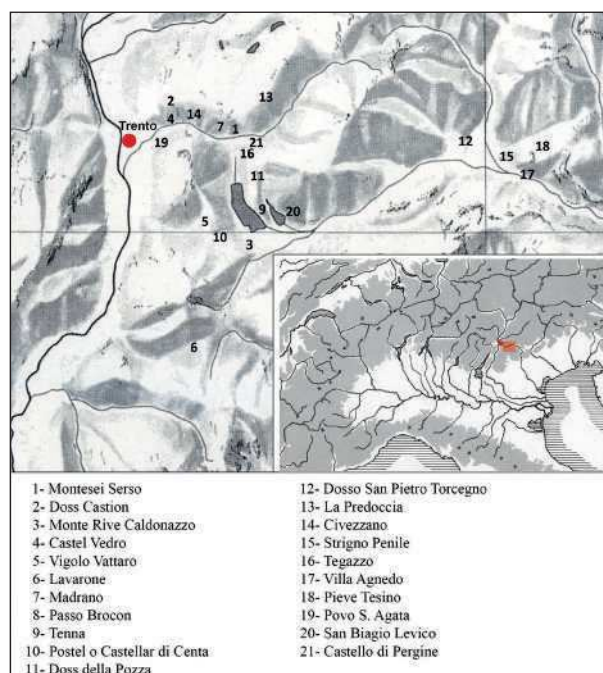


Fig. 2. Localizzazione del "territorio campione della Valsugana" con localizzazione degli insediamenti e frequentazioni in base a resti ceramici presi in considerazione (Grafica di Dora Giovannini).

Fig. 2. Map of the "sample area" of the Valsugana with the position of the sites taken into consideration for the revision of the chronology (graphic: Dora Giovannini).

Montan Archaeology è quindi tanto più necessario affrontare la questione con una lettura integrata fra i dati archeometrici e quelli archeologici, comprensivi delle forme dell'occupazione del territorio più in generale (STÖLLNER 2008; 2014; 2019). Si tratta del tentativo di restituire un quadro coerente, sostenuto da oggettivi dati di fatto piuttosto che da ipotesi prive di riscontri materiali che rischiano di alimentare chiavi interpretative discutibili per il loro ampio margine di approssimazione, peraltro nel pieno rispetto del dibattito scientifico e della diversità di opinioni. In tale prospettiva si propone in questa sede la sintesi di un più ampio contributo di prossima pubblicazione in altra sede, dedicato alla lettura dei dati archeologici relativi alla Valsugana (Fig. 2) che, insieme alle limitrofe aree di Lavarone e Luserna, come noto, ha restituito sui versanti montuosi ingenti testimonianze di attività fusorie a tutt'oggi del solo Bronzo Recente e Finale, entro un arco di tempo inquadrabile fra la metà del XIV e il X sec. a.C. in base alla collocazione della ceramica di tipo Luco/Laugen A (GLEIRSCHER 1992; MARZATICO 2001; 2012; GLEIRSCHER 2015, p. 31; PISONI TECCHIATI 2019).

Alla ricerca del Bronzo Medio perduto e dell'età del Ferro

Sembra del tutto logico supporre che la tradizione metallurgica ampiamente documentata in Trentino e in Alto Adige/Südtirol fra l'Eneolitico Recente e il Bronzo Antico abbia avuto una prosecuzione nel Bronzo Medio durante il quale sono peraltro attestate solo attività metallurgiche secondarie, come chiaramente documentato ad esempio nei siti palafitticoli di Ledro e Fiafé (RAGETH 1974, pp. 175-176; PERINI 1987, p. 34; PEARCE 2020, pp. 18-19).

L'assenza totale in Trentino di testimonianze accertate di attività fusoria per la produzione del rame nel Bronzo Medio, sia nei fondovalle sia in quota (che tuttora permane) è stata segnalata in più occasioni⁶. Tale lacuna è stata recentemente considerata da alcuni autori superata per via del

riconoscimento di tracce di rame del Trentino o del territorio alpino meridionale in manufatti risalenti al Bronzo Medio della Pianura Padana, della Scandinavia e area Balcanica (PEARCE *et alii* 2019)⁷. Alla luce delle tracce menzionate si è inoltre ravvisata una soluzione al problema della totale assenza di documentazione archeologica sui versanti montani del Trentino riferibile ad attività fusoria nel Bronzo Medio (Figg. 4 C, Fig. 5), ricorrendo agli ampi estremi cronologici di 15 datazioni ¹⁴C di siti di riduzione del rame⁸. E' stato pertanto proposto che l'arco cronologico delle attività di produzione del rame (databile in base alla documentazione archeologica fino ad ora solo fra l'età del Bronzo Recente e Finale, comprendendo tutta la fase di Luco/Laugen A – metà del XIV-X sec.a.C.), debba essere notevolmente esteso di più secoli (PEARCE *et alii* 2019).

In un recente contributo di Mark Pearce, Paolo Bellintani e Franco Nicolis l'arco temporale contemplato sulla base esclusivamente di tali datazioni ¹⁴C è infatti esteso, inizialmente termini di probabilità e ora come dato pressoché acquisito, dagli inizi del Bronzo Medio (dal XV e forse anche dal XVI sec. a.C.) fino agli inizi della Prima età del Ferro (IX sec. a.C.) e, secondo Bellintani e Silvestri, dal XVI fino all'VIII sec. a.C.⁹. A sostegno della nuova cronologia è stata anche ultimamente addotta come giustificazione una supposta somiglianza fra la ceramica di Luco/Laugen A e B: *Thought given the poor state of our knowledge about Luco/Laugen phase B pottery, its similarity to phase A ceramics, and the general dearth of ceramic material at smelting sites, it is not impossible that the absence of evidence is not in fact evidence of absence* (PEARCE *et alii* 2019, p. 76, nota 15). Tale argomentazione "ex silentio" è però in netta contraddizione con tutta la letteratura precedente sull'argomento che ha distinto chiaramente le due fasi per via di specifiche caratteristiche delle fogge e decorazioni, nel Luco/Laugen B con orli non più a tesa ispessita e motivi decorativi a cordicella e in negativo (PERINI 1976; GLEIRSCHER 1992; NIEDERWANGER, TECCHIATI 2000; MARZATICO 2001; 2012; GLEIRSCHER 2015; PISONI TECCHIATI

⁶ CIERNY 2008, p. 31; ARTIOLI *et alii* 2014, p. 102: "While there is to date no secure evidence of Middle Bronze Age (1650/1600-1350/1300 BCE) smelting activities, metal analysis indicates continuous production of copper in southeastern Alps"; ARTIOLI *et alii* 2016, p. 37; LING *et alii* 2019, pp. 20, 22 con riferimento alla mancata corrispondenza fra l'esito delle analisi di manufatti del Bronzo Medio e il dato archeologico; per ipotesi di attività fusorie già nel Bronzo Medio "...on the basis of the radiocarbon datings it is possible to hypothesize that the smelting activity actually started during the Middle Bronze Age, in the 16th century BC and continued till the 11th century": SILVESTRI *et alii* 2019, p. 268; PEARCE *et alii* 2019.

⁷ L'apporto del rame della Valsugana o più genericamente del versante meridionale delle Alpi orientali in Scandinavia è stato indicato come sicuramente accertato nell'età del Bronzo Nordico II, a partire dal 1500 a.C. e con anticipazioni già dal 1600 a.C. (con bibliografia precedente RADIVOJEVIĆ 2018; PEARCE *et alii* 2019, pp. 74-75; NØRGAARD *et alii* 2021, p. 23 fig. 12).

⁸ La proposta di ampliamento del lasso di tempo delle attività fusorie nelle aree minerarie montane del Trentino di fatto torna al punto di partenza delle prime considerazioni di ordine cronologico: CIERNY 2003, p. 95 alle quali sono seguite altre analisi con esiti non in contrasto con le evidenze della cultura: CIERNY 2008; MARZATICO *et alii* 2010. In merito alla problematica dell'utilizzo del più ampio *excursus* di datazioni ¹⁴C in assenza di documentazione archeologica, rispetto all'impostazione seguita da PEARCE *et alii* 2019 si vedano le considerazioni a proposito dei livelli più antichi di Vadena/Pfatten contenenti ceramica di tipo Luco/Laugen A di: ALBERTI *et alii* 2004, p. 237.

⁹ BELLINTANI 2014, p. 286; SILVESTRI *et alii* 2019 p. 268 con limite inferiore indicato "till the 11th century BC"; BELLINTANI, SILVESTRI 2018, p. 44 con limite inferiore esteso fino all'VIII sec. a.C.; PEARCE *et alii* 2019, p. 71.

	SITI DELLA VALSUGANA O AL SUO IMBOCCO A QUOTE BASSE E MEDIE (con l'eccezione del Passo del Brocon)	BRONZO ANTICO	MEDIO	RECENTE	RECENTE FINALE LUCO/LAUGEN	I FERRO	II FERRO FRITZENS- SANZENO
		3	6 1 inizi 2 fase avanzata	10	11	5	9
1	MONTESI SERSO	X	X	X	X	X	X
2	DOSS CASTION VILLAMONTAGNA			X	X	X	X
3	MONTI RIVE CALDONAZZO	X			X	X	X
4	CASTEL DEL VEDRO	X			X	X	X
5	VIGOLO VATTARO		X				
6	LAVARONE		X				
7	MADRANO		X				
8	PASSO BROCON ansa cornuta in quota associata a selce		X				
9	TENNA		X	X			
10	POSTEL O CASTELLAR DI CENTA			X			
11	DOSS DELLA POZZA			X			
12	DOSS S. PIETRO TORCEGNO			X			
13	LA PREDOCIA DOSS DELLA CROS			X			
14	CIVEZZANO			X	X	X	X
15	STRIGNO PENILE			X	X		
16	TEGAZZO				X		X
17	VILLA AGNEDO				X		
18	PIEVE TESINO				X		
19	POVO S. AGATA (Conca di Trento)				X		
20	SAN BLAGIO LEVICO			X	X		X
21	SELVA LEVICO						X
22	CASTELLO PERGINE						X

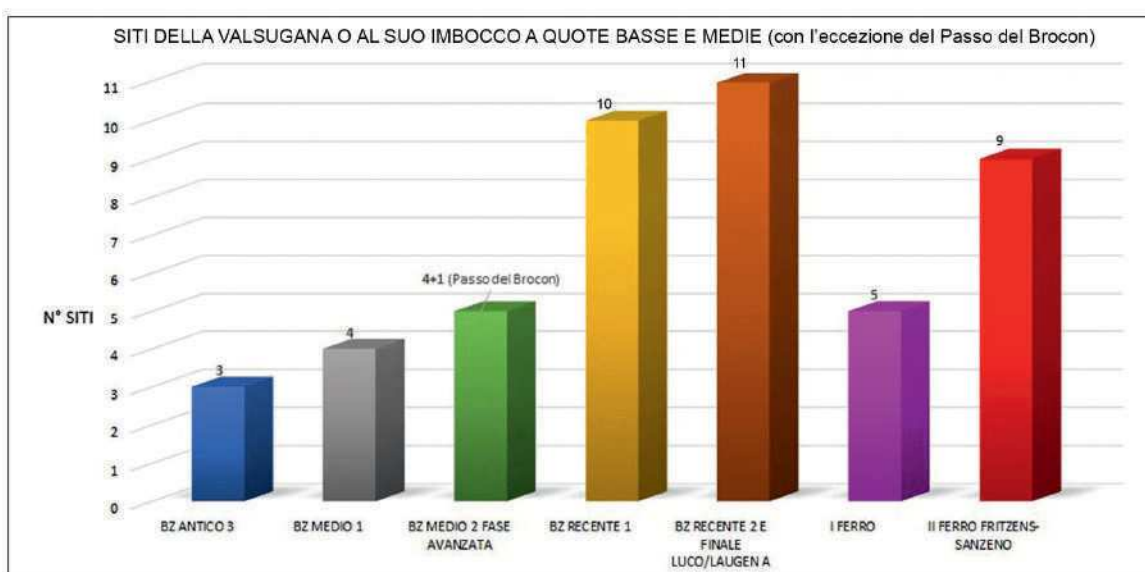


Fig. 3. Schema delle fasi di frequentazione di siti della Valsugana o al suo imbocco a quote basse e medie e istogramma delle frequentazioni in base alla documentazione ceramica di scavo e sporadica (Grafica di Dora Giovannini, elaborazione di Monica Bersani).

Fig. 3. Table and histogram of the sites in the Valsugana, or at the entrance of it, at low or medium altitude, that have yielded datable material found during excavation or from sporadic finds of pottery, divided by chronological period (graphic: Dora Giovannini, data elaboration: Monica Bersani).

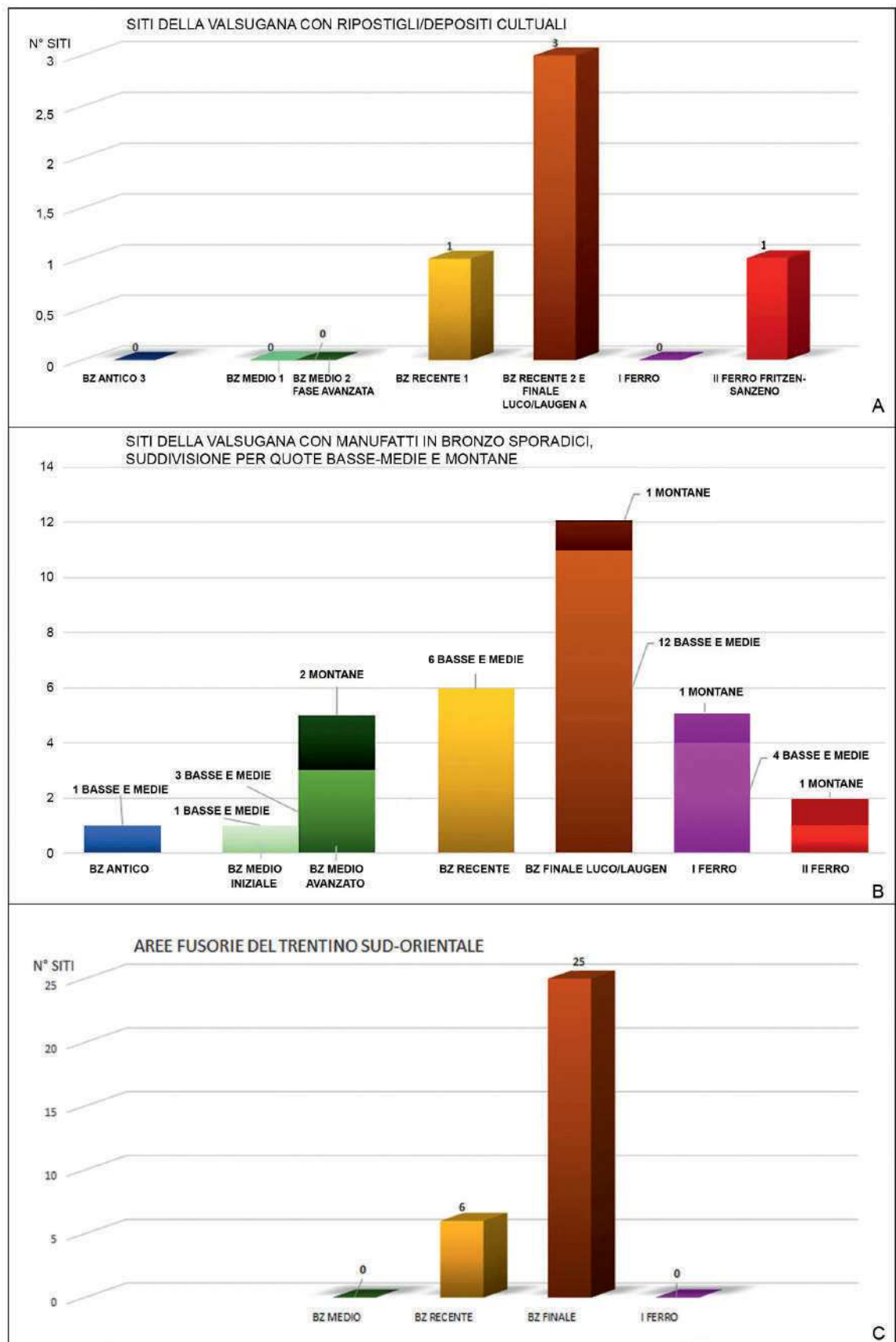


Fig. 4. Istogrammi relativi: A) alla documentazione di ripostigli e depositi culturali nel bacino idrografico della Valsugana e zone adiacenti; B) dei manufatti metallici sporadici dalla Valsugana, comprensivo di coppie di oggetti; C) della frequentazione delle aree fusorie in base a ceramica e metalli (Elaborazione M. Bersani).

Fig. 4. Histograms relating to: A) documentation of hoards and ritual deposition of objects in water in the Valsugana and adjacent areas; B) sporadic metal artifacts from Valsugana, including pairs of objects; C) chronology of the smelting sites based on pottery and metal objects (Elaboration: M. Bersani).

AREE FUSORIE TRENTINO datazioni in base a ceramica e bronzi. In corsivo resti troppo limitati per una distinzione fra Bronzo Recente e Finale		BRONZO MEDIO	BRONZO RECENTE 1	BRONZO RECENTE 2 E FINALE LUCO/LAUGEN	I FERRO
1	Valle dei Mocheni e Altopiano di Pinè		PLETZEN CAMPIVO		
2			PASSO DEL REDEBUS ACQUAFREDDA	→	
3			VAL BATTISTI PALU DEL FERSINA	→	
4			BEDELAR	→	
5			TERREBIS FRASILONGO	→	
6				VALCAVA	
7				FIEROZZO	
8				RIO RIGOLOR	
9				BROMBISC	
10				100 POZZI ROVEDA	
11				MALGA PONTARA	
12				S. ORSOLA	
13				CAMBRONCOI	
14				LAGO DELLE PIAZZE	
15				CASARA CONTI MIRAFIORI	
16	Altopiano Cimbri			PLATZ VON MOTZE	
17	Catena Lagorai		LAGO DELLE CAREZZE	→	
18				VETRIOLO discarica mineraria, scorie piccole frazioni di lingotti	
19	Cinque Valli			MALGA ETERLI	
20	Tesino			DOSSO SAN IPPOLITO	
21				FRADEA	
22				ACOPAN	
23	Primiero			TRANSACQUA PEZHE ALTE	
24				TRANSACQUA ACQUEDOTTO DEL FAORO	
25	Valle di Cembra			SEGONZANO PECIAPIAN	
26	Vigolo Vattaro			DOSS DEL BUE	
AREE FUSORIE ALTO ADIGE /SÜDTIROL (in corsivo i siti datati in base alla presenza di ceramica Luco/Laugen)		BRONZO MEDIO 0	BRONZO RECENTE 1 1	BRONZO RECENTE 2 E FINALE LUCO/LAUGEN 5	I FERRO 0
		BRONZO MEDIO 0	BRONZO RECENTE 7	BRONZO FINALE 30	I FERRO 0

Fig. 5. Elenco dei siti fusori del Trentino e Alto Adige/Südtirol datati in base ai ritrovamenti di ceramica e metalli; per i siti dell'Alto Adige sulla scorta delle attribuzioni di: ANGUILANO *et alii* 2002a (Elaborazione M. Bersani).

Fig. 5. Table of the smelting sites in the Trentino and Südtirol area with the chronological attribution based on pottery and metal finds; data for Südtirol from ANGUILANO *et alii* 2002a (Elaboration: M. Bersani).

2019, pp. 130-131). In realtà, in termini generali, il problema della distinzione fra la fase A e B non risiede tanto nella classificazione tipologica che, come accennato, è da tempo assodata sotto il profilo degli aspetti formali e decorativi (GLEIRSCHER 1992; MARZATICO 2012; PISONI TECCHIATI 2019, pp. 130-131). La questione riguarda piuttosto la definizione della durata della fase A che non è precisata puntualmente nella sua fase conclusiva per la carenza di contesti sicuri con chiare associazioni di materiali. In ogni caso sono concordemente accolte le nette differenze fra la ceramica Luco/Laugen A e B e la non pertinenza della fase A alla Prima età del Ferro (GLEIRSCHER 1992; MARZATICO 2001; 2012; GLEIRSCHER 2015, p. 31; PISONI TECCHIATI 2019).

Pur senza rifiutare a priori la possibilità che nuove scoperte possano modificare gli assunti, va mantenuta aderenza al dato oggettivo, evitando forzature cronologiche ad oggi non supportate dalla concretezza della cultura materiale. Infatti, oltre all'utilizzo delle datazioni ¹⁴C, gli elementi addotti per dimostrare che l'attività fusoria inizierebbe in Trentino Alto Adige/Südtirol nel 1600 a.C. sono attualmente molto deboli¹⁰. Per quanto siano state in più circostanze avanzate supposizioni su un possibile inquadramento nel Bronzo Medio, i materiali ceramici emersi in relazione ai forni di Favogna/Pfennberg presso Cortaccia/Kurtatsch sono tutti senza dubbio inquadrabili nel Bronzo Recente¹¹. Il riferimento al superamento del "gap" di documentazione di attività fusorie primarie fra l'Eneolitico Recente/Bronzo Antico e Bronzo Recente/Finale, offerto dalla sequenza del sito di Gardolo di Mezzo resta ancora in termini di mera probabilità, vista anche la mancanza di analisi puntuali (BELLINTANI *et alii* 2010, p. 281; ANGELINI *et alii* 2013, pp. 113-114; PEARCE 2020, p. 18; BELLINTANI *et alii* 2021). Sempre in termini di sola maggiore probabilità, è stato collocato nel Bronzo Medio in base ad analogie con lingotti datati in area transalpina alle fasi BzA2-BzB, un esemplare dalla zona di Luserna, disperso e conosciuto da sola documentazione fotografica (ŠEBESTA 1992; BELLINTANI *et alii* 2021, con riferimento a LUTZ *et alii* 2019).

Va osservato da un lato che l'analogia potrebbe corrispondere a quel flusso di esperienze tecnologiche maturate nel Bronzo Medio nel versante settentrionale delle Alpi e introdotte progressivamente a Sud (Fig. 1) e, dall'altro, come le tipologie dei lingotti piano convessi integri possano assumere un significato cronologico in singole aree

regionali ma nel contempo "...the variables that determine the shape and appearance of PCI (lingotti piano-convessi) are very diverse... The shape, dimension and appearance of PCIs depend on the individual design of the mould, the type of moulding material, the potential preheating of the mould and the external conditions during cooling..." (MODL 2019, p. 391). Resta inoltre il problema che molte caratteristiche dei lingotti integri o frammentati "...are rather individual or a product of alteration during their processing, which is too often ignored when creating studies and typologies concerned with these artefacts" (MODL 2019, p. 392). Davvero molto labili se non inconsistenti sono in definitiva le supposte tracce di attività fusoria nel Bronzo Medio e, se si presta attenzione all'entità dei manufatti finiti della Valsugana di tale periodo (Fig. 6), – pur con i limiti già ricordati della casualità delle scoperte – si evidenzia il grande divario rispetto al Bronzo Recente e Finale (Figg. 7-8) quando anche la Valle di Cembra restituisce un incremento di attestazioni coeve (Fig. 9) (MARZATICO 1994; MIORANDI 2016). Quanto alla Prima età del Ferro, la situazione non cambia: al di là dell'utilizzo delle datazioni ¹⁴C prive di riscontri materiali non c'è alcuna prova concreta che, allo stato attuale, possa legittimare un'estensione della cronologia dell'attività fusoria sui monti del Trentino fino all'VIII sec. a.C. visto anche il netto decremento della documentazione (Fig. 10). Un indizio di possibile prosecuzione residuale può essere comunque rappresentato dai due coltelli di tipo Castelnuovo, uno dei quali proveniente dall'area montana, teatro delle attività fusorie (Fig. 10 nn. 4-5). L'attribuzione del tipo Castelnuovo non è peraltro accertata in base a contesti precisi e può oscillare fra la fine del Bronzo Finale e gli inizi dell'età del Ferro, per quanto la Bianco Peroni propenda per la datazione più recente (BIANCO PERONI 1976, p. 27). In ogni caso non si deve trascurare l'eventualità di un modesto prolungarsi della produzione del rame, tenendo conto della presenza regionale di prodotti locali, come asce ad alette terminali, quali gli esemplari nell'area della Valsugana dove però non abbiamo testimonianze materiali di attività fusoria (Figg. 4 C; 5; 10 nn. 1-3). Viste le segnalazioni di rame dal Trentino in manufatti del Bronzo Medio anche a notevole distanza, non si può certamente escludere a priori anche lo sfruttamento in tale periodo di giacimenti, come ad esempio quello di Calceranica, già coltivato fra l'Eneolitico/Recente e il Bronzo Antico

¹⁰ Ringrazio Paolo Bellintani per avere gentilmente messo a disposizione anticipatamente il testo inedito pubblicato in questo volume e per la segnalazione dell'articolo di MEHOFER *et alii* 2021.

¹¹ Per la presentazione del sito e dei ritrovamenti: HAUSER 1986; NOTHDURFTER HAUSER 1988; NOTHDURFTER 1993; per quanto attiene a una datazione alta, inizialmente al Bronzo Recente e, di seguito, al Bronzo Medio e Recente e quindi solamente a quello Medio: ANGUILANO *et alii* 2009, p. 376: *The ceramics indicate that this smelting site presumably dates back to the Late Bronze Age, and was in use a little before the other South Tyrolian smelting sites*; con inquadramento al Bronzo Medio avanzato o Recente: TECCHIATI, DI PILLO 2005, p. 17; al Bronzo Medio: LING *et alii* 2019, p. 22; per una datazione senza dubbio al Bronzo Recente: MARZATICO in c.s.

o ravvisare uno spostamento delle attività, come suggerito per quanto riguarda la situazione di Gardolo di Mezzo, qualora fosse confermata l'ipotetica produzione del rame nel sito anche nel corso del Bronzo Medio (ARTIOLI *et alii* 2015, pp. 81-82; ANGELINI *et alii* 2013, p. 112-113).

In definitiva il modello della continuità delle pratiche fusorie in ambito montano dal Bronzo Medio alla Prima età del Ferro, dal XVI all'VIII sec. a.C. non risulta, secondo chi scrive, convincente per l'assenza totale di documentazione archeologica.

Va infatti rimarcato, come emerge dalla raccolta dei dati proposta nei grafici che, per ora, dalle aree montane interessate dalla produzione del rame provengono materiali esclusivamente compresi fra il Bronzo Recente e Finale, con un deciso picco nel Luco/Laugen A, come del resto si riscontra in Alto Adige/Südtirol, per quanto noto in base all'edito (Figg. 4 C; 5) (CIERNY 2008; ANGUILANO *et alii* 2002a, p. 8 tab. 1; PARNIGOTTO *et alii* 2006, p. 27).

In piena coerenza risultano le forme di occupazione del territorio, con una prevalenza netta degli oggetti sporadici in bronzo di tale arco cronologico (Fig. 4 B) così come si riscontra per i ripostigli e per i depositi culturali (Fig. 4 A). Pur mantenendo sempre riserve prudenziali dovute all'occasionalità delle scoperte, anche le frequentazioni del fondovalle, fra insediamenti e materiali sporadici (Fig. 3), indicano chiaramente una maggiore incidenza delle presenze fra il Bronzo Recente e Finale.

I siti utilizzati sono ubicati in posizione strategica, a controllo di assi di comunicazione e agli imbocchi di vallate interessate dall'attività di produzione del rame (Figg. 2-3). Degna di nota è la coincidenza di siti frequentati nel Bronzo Recente e Finale con postazioni di controllo e difesa della Grande Guerra, come nel caso dell'abitato di Civezzano, posto a ridosso dell'omonimo forte austroungarico, o del sito di Tenna.

L'assenza totale di dati non sembra dunque permettere estensioni cronologiche: il modello storico non può essere quello più semplice di un allungamento dei tempi ma vanno ricercate altre spiegazioni a quanto per ora sfugge alle capacità di determinazione della ricerca e della lettura del dato archeologico.

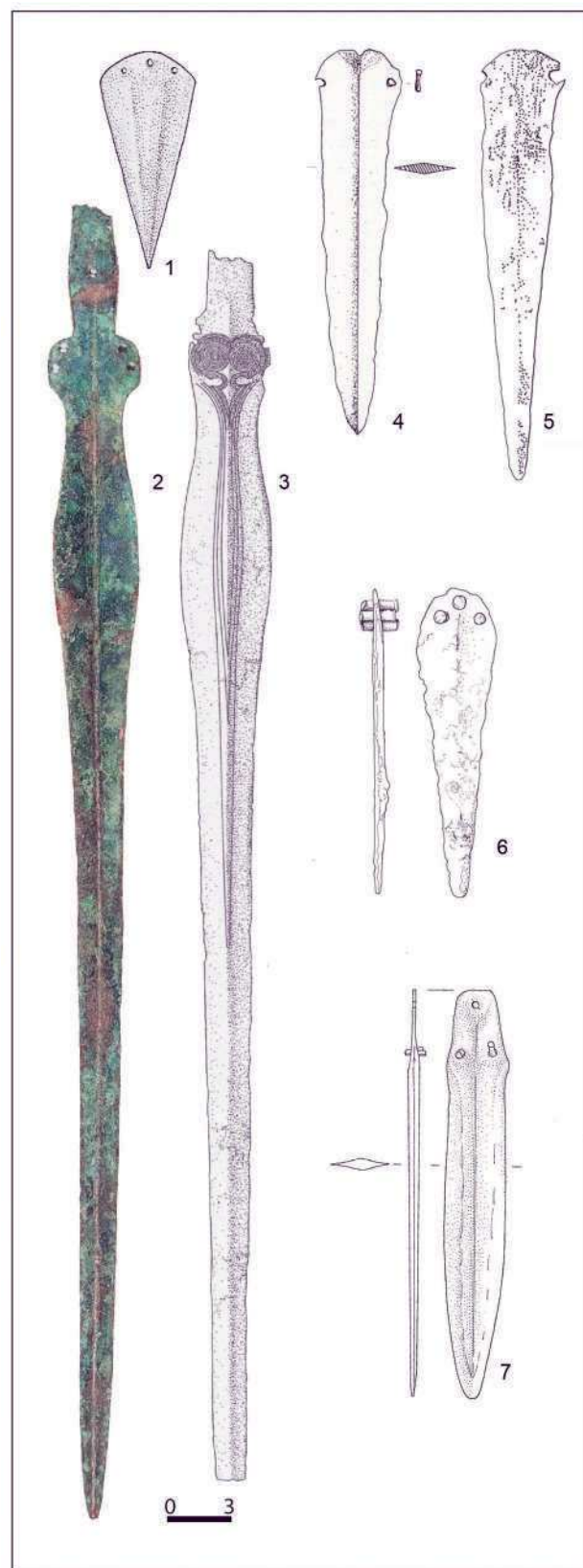


Fig. 6. Manufatti in bronzo dell'età del Bronzo Antico e Medio dalla Valsugana: 1. da Castel Ivano; 2. fiume Brenta, forse presso Borgo Valsugana; 3. letto di un torrente presso Strigno; 4. Croz dell'Anza Rossa - Caldonazzo; 5. Bosco Negro (Monte Calvo) - Viarago; 6. Crinale Col della Guardia Vetriolo-Levico; 7. Monte Civerone - Castelnuovo (da ORSI 1886; BIANCO PERONI 1970; PASQUALI ZAMPEDRI 2004; MIORANDI 2016; BELLINTANI 2002).

Fig. 6. Bronze objects dated to the Early and Middle Bronze Age from the Valsugana: 1. from Castel Ivano; 2. Brenta River, maybe from the area of Borgo Valsugana; 3. from the bed of a stream close to Strigno; 4. Croz dell'Anza Rossa - Caldonazzo; 5. Bosco Negro (Monte Calvo) - Viarago; 6. Crinale Col della Guardia Vetriolo-Levico; 7. Monte Civerone - Castelnuovo (from ORSI 1886, BIANCO PERONI 1970; PASQUALI ZAMPEDRI 2004; MIORANDI 2016; BELLINTANI 2002).

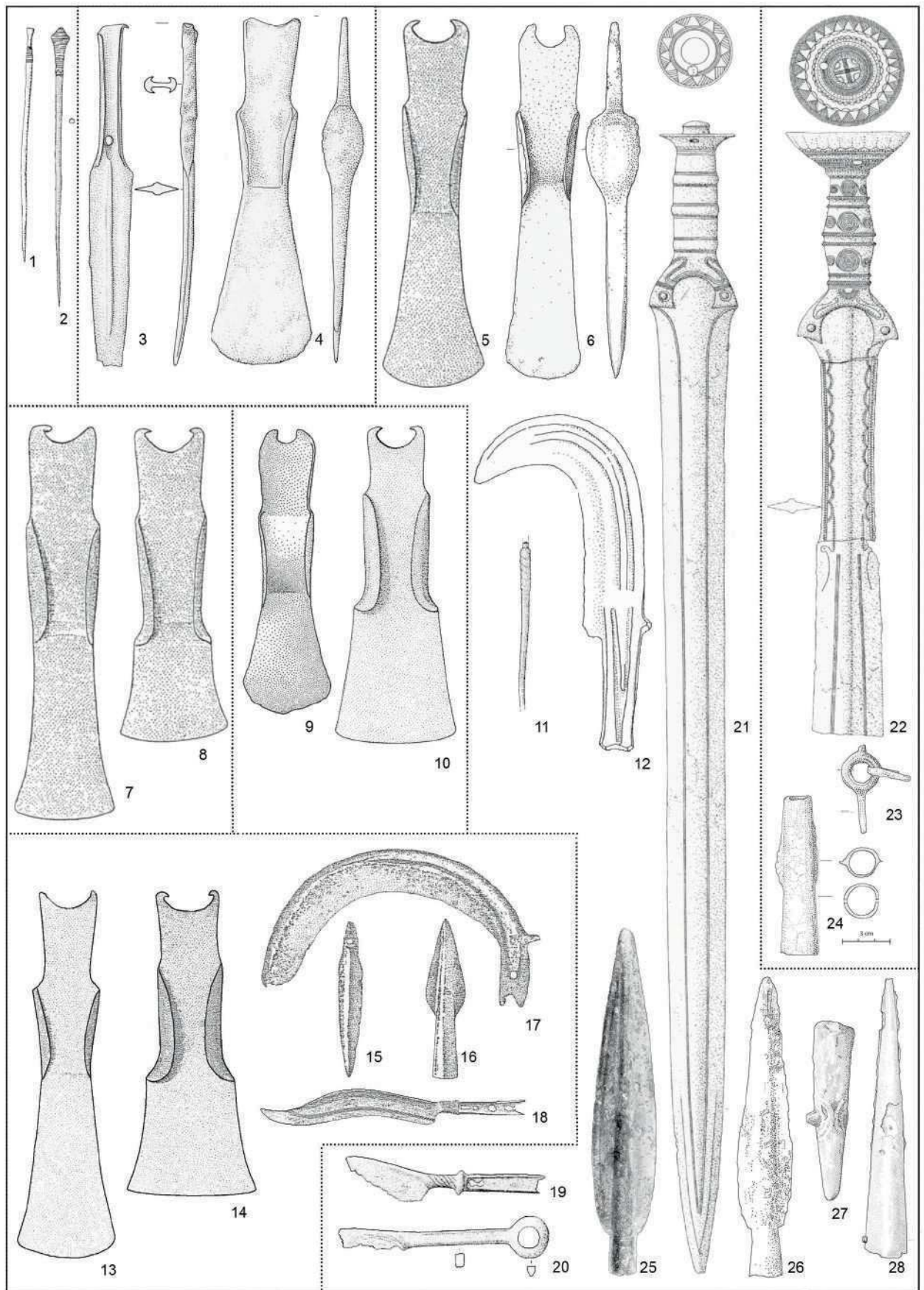
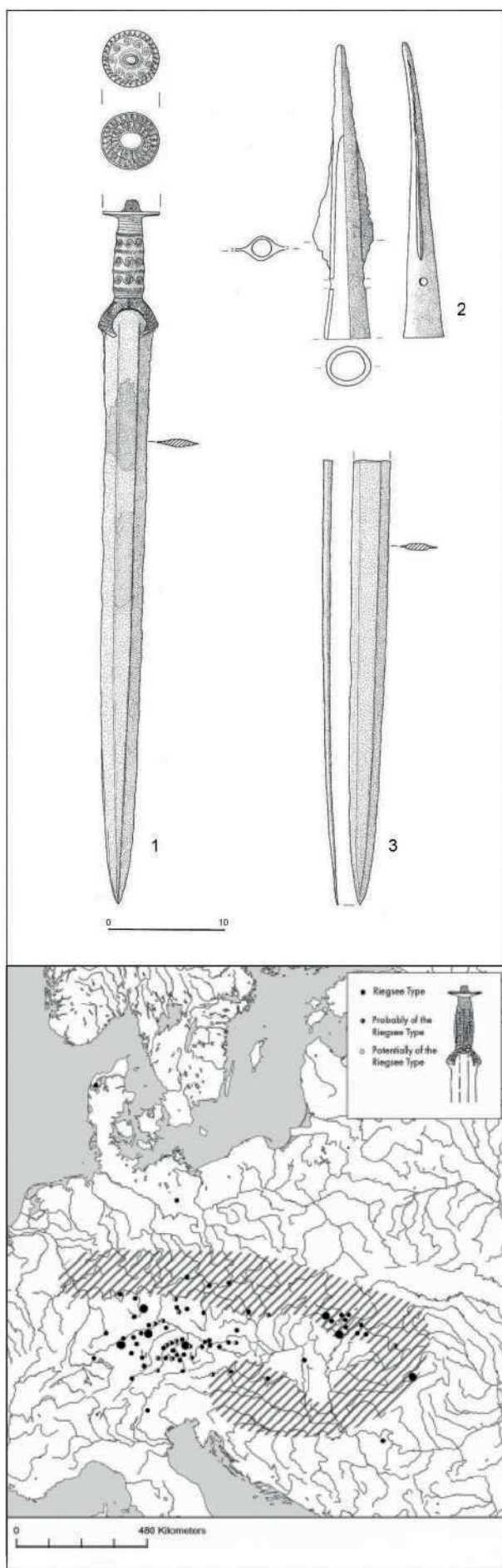


Fig. 7. Materiali metallici del Bronzo Recente e Finale dalla Valsugana:

Fig. 7. Metal objects dated to the Recent-Final Bronze Age from Valsugana:

1-2. Levico, 3-4. Civezzano; 5. Castel Telvana; 6. Roncesano; 7-8. Strigno; 9-10. Tenna; 11. Pergine; 12. Brazam Casteler presso Pergine; 13-18. San Pietro - Borgo; 19. Calceranica; 20. Levico; 21. Villa Agnedo; 22-24. Torbiera del Pudro - Vigalzano; 25. Valsugana; 26. Prodoccia o Dos de la Cros - Viarago; 27. Forte Verla - Passo Vezzena; 28. Iaghi Venezia Bieno - Tesino (da BIANCO PERONI 1970; CARANCINI 1975; MARZATICO 2001; PASQUALI ZAMPEDRI 2004; MIORANDI 2016).



Il rame "oltre i confini": sottosviluppo alpino e scambio diseguale?

L'attività di produzione del rame, praticata sui versanti montuosi del Trentino a livelli senza dubbio proto-industriali nel corso del Bronzo Recente e Finale, come desumibile dalla ricorrenza di siti fusori (Fig. 1) e dalle potenti discariche di scorie, ha evidentemente determinato una notevole disponibilità di materia prima. Tale disponibilità si evidenzia da un lato nella frequenza in Valsugana,

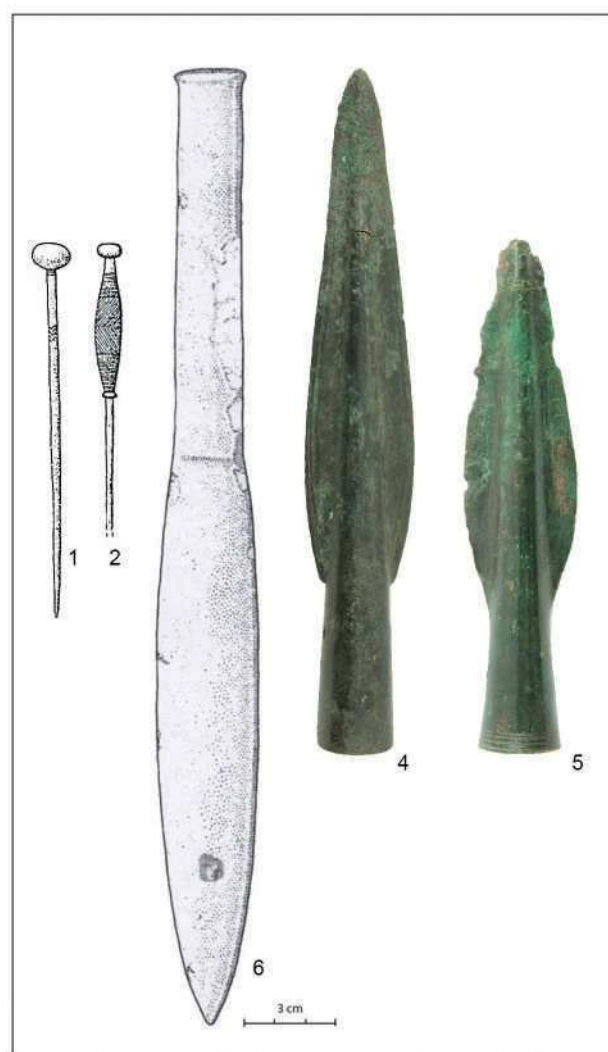


Fig. 9. Materiali metallici del Bronzo Recente e Finale dalla Valle di Cembra:

Fig. 9. Metal objects dated to the Italian Recent-Final Bronze Age from the Cembra Valley:

1. da Sover; 2. da Albiano; 4. Cembra o Serravalle di Ala; 5. Cembra, 6. Segonzano (CARANCINI 1975; MIORANDI 2016).

Fig. 8. nn. 1-3 Ripostiglio di Passo Vezzena; carta di distribuzione delle spade di tipo Riegsee (in basso; da TECCHIATI 1999; KRISTIANSEN, SUCHOWSKA-DUCKE 2015).

Fig. 8. nn. 1-3 Passo Vezzena hoard; distribution map of the Riegsee type swords (below; from TECCHIATI 1999; KRISTIANSEN, SUCHOWSKA-DUCKE 2015).

in ambito regionale e aree limitrofe di oggetti finiti (Fig. 4 B, 7), decisamente superiore, in alcune zone a livelli esponenziali, rispetto al precedente Bronzo Medio e un incremento notevole si registra anche nei Lessini con una drastica riduzione delle presenze della Prima età del Ferro (MIGLIAVACCA 2016, pp. 64-66). Dall'altro lato l'ampio utilizzo del metallo è riconoscibile negli addensamenti delle carte di distribuzione dei coltelli di tipo Matri e delle tipologie di asce del Bronzo Recente e Finale distinte da Raffaele De Marinis che mostrano i legami dell'asse dell'Adige con l'area gardesana e la Pianura Padana (MARZATICO 2001; 2012; 2019; DE MARINIS 2020). Data l'intensità dell'attività fusoria sui monti del Trentino appare del tutto compatibile l'individuazione della materia prima in manufatti delle fasi finali dell'età del Bronzo anche a molta distanza, come noto oltre che nella Penisola italiana, nei Balcani, in Grecia e in Scandinavia¹². Resta peraltro aperto, come visto, il problema del riconoscimento di tracce del rame della Valsugana in oggetti finiti risalenti al Bronzo Medio, in particolare in Scandinavia, a partire con tutta evidenza dal 1500 a.C. e andranno pertanto approfonditi i termini della questione, alla luce delle carenze informative sul piano archeologico nelle zone di estrazione e di attività fusoria.

La produzione del rame – si pensi alla discarica del Passo del Redebus – deve avere comportato un grande impegno di lavoro collettivo e una complessa organizzazione della catena operativa, dal lavoro di estrazione alla predisposizione delle strutture di combustione, alla preparazione del combustibile, fino al sostentamento della manodopera che doveva essere numerosa. Una produzione del rame a livelli così intensivi suppone l'esistenza di un'organizzazione sociale articolata con una forte coesione e un controllo esercitato da un'élite, evidentemente armata, che doveva beneficiare della ricchezza prodotta e dello scambio¹³. In questo senso sono particolarmente eloquenti gli appariscenti segni di potere e di prestigio che si trovano in Valsugana, dal complesso della torbiera del Pudro al ripostiglio di Passo Vezzena fino agli schinieri dei Masetti di Pergine, massima concentrazione di tale genere di manufatto in Italia settentrionale (Figg. 7-9, 11 nn. 18-19). La situazione trova riscontro nelle riflessioni di Stöllner che rischiamata anche il valore simbolico forse attribuibile al fossile guida della Cultura alpina di Luco/Laugen: *"If one considers the increasing frequency of findings of interregional character as well as symbols of social status (such as sword, helmets, metal-rich and heavy female costume gender one could ei-*

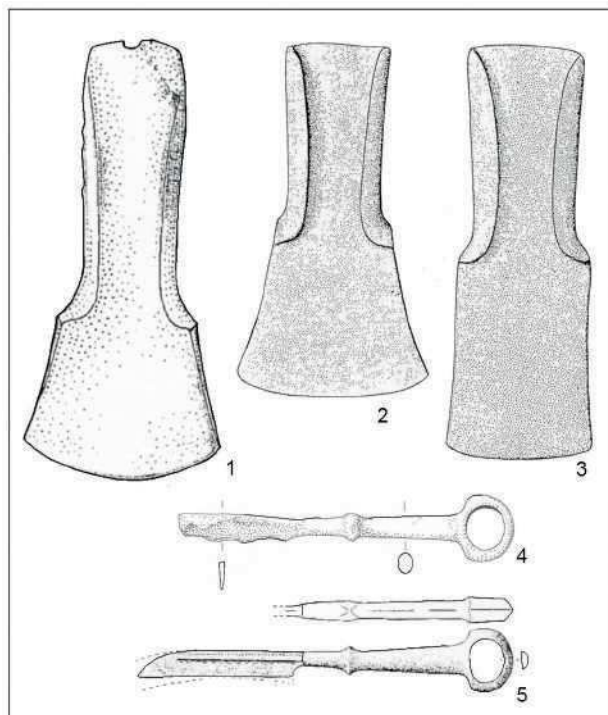


Fig. 10. Materiali in bronzo dell'età del Ferro dalla Valsugana e dintorni:

Fig. 10. Bronze objects dated to the Iron Age from Valsugana and neighbouring areas:

1. Vigolo Vattaro; 2. Telve; 3. Civezzano; 4. Compi Brenstol - Vignola (Da MARZATICO 2004; BIANCO PERONI 1976).

ther argue for higher social control and surveillance or for a higher need in "social signaling" to mark territories of influences (in order to control exchange and the supply of goods). Perhaps the typical Laugen-Melaun jugs could be understood the same way for the Bronze Age (STÖLLNER 2019, pp. 25-26). A livello regionale vanno inoltre citati indicatori di status quali l'ansa di situla del ripostiglio di Mezzocorona e, con riferimento a Castelfeder e Salorno/Salurn nella Valle dell'Adige, orecchini in oro, perle di pasta di vitrea, ambra e bronzi di pregio quali manufatti in lamina metallica probabilmente parti di recipienti, coltelli e rasoi nonché una perla in ambra di tipo Allumiere dal Doss Castel di Fai della Paganella (ALBERTI et alii 2004, p. 229; MARZATICO 2019).

Gli elementi prestigiosi di armamento della Valsugana (Fig. 7 nn. 21-22; Fig. 8 n. 1; Fig. 11 n. 19) denotano uno stretto rapporto con tipologie transalpine della Cultura dei Campi d'Urne, rappresentata anche dalla diffusione in area alpina degli spilloni a testa di vaso costolato la cui attestazione più meridionale si riscontra, come risaputo, a Montebello Vicentino (MARZATICO 2012; 2019). Se gli spilloni,

¹² ARTIOLI et alii 2008; JUNG et alii 2011; ANGELINI et alii 2015, pp. 275-276; VINCENZUTTO et alii 2015, pp. 835-838; ARTIOLI et alii 2016; BELLINTANI 2014, p. 286; KRISTIANSEN 2019, p. 203; CANOVARO et alii 2019, p. 29; VILLA GIARDINO 2019; CUPITÒ et alii 2020, pp. 301, 305 nota 9; STOS-GALE 2017; PEARCE et alii 2019, pp. 74-75; JUNG 2020, pp. 172-173, 179; MEHOFER et alii 2020, pp. 184-185; MEHOFER et alii 2021, pp. 7, 9.

¹³ In termini generali, circa lo sfruttamento minerario, l'articolazione del lavoro, la sua organizzazione e il controllo dell'élite: STÖLLNER 2012.

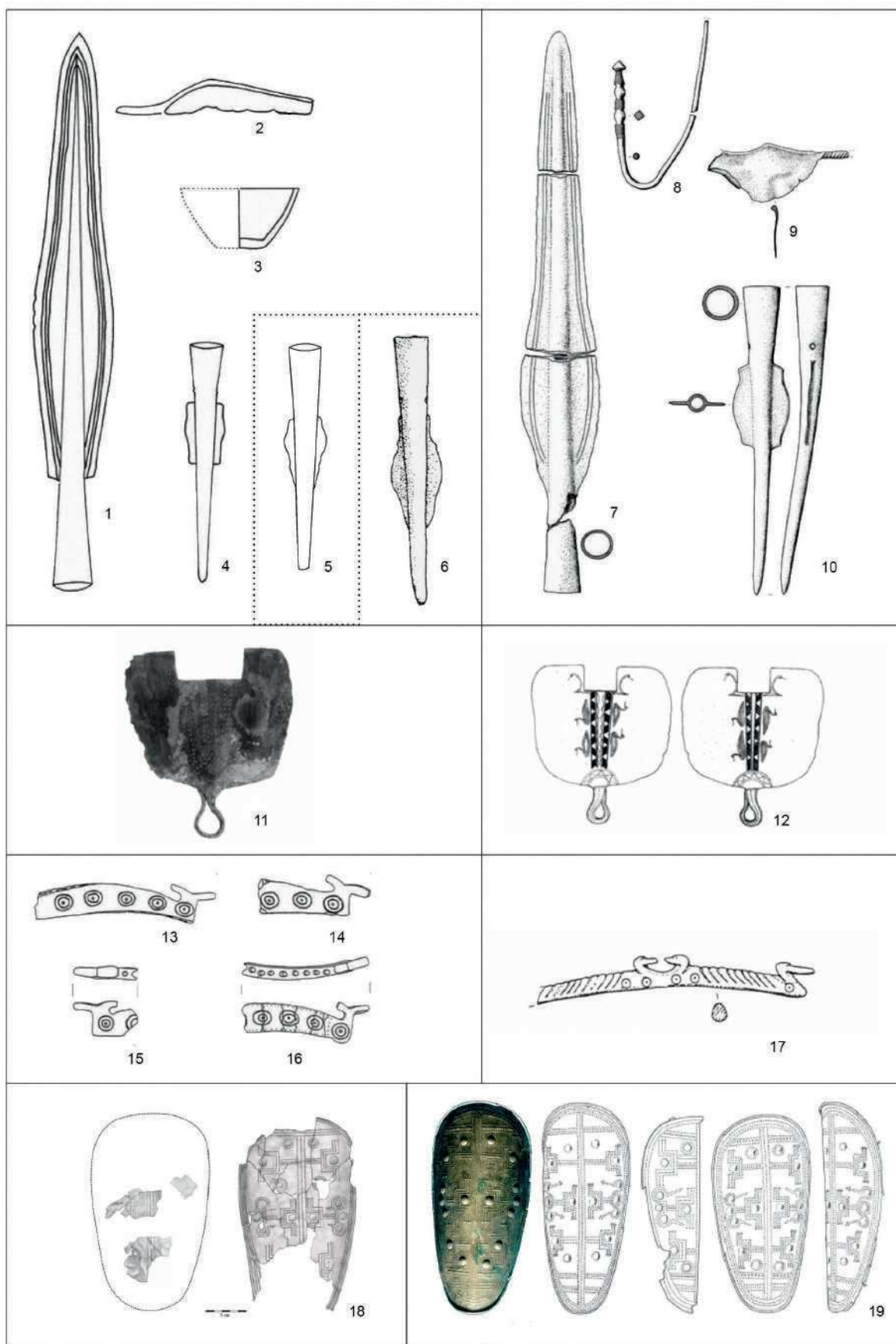


Fig 11. Corrispondenze fra Nord e Sud delle Alpi:

Fig. 11. Similarities between north and south of the Alps:

1-4. necropoli di Innsbruck - Hotting III; 5. Trento; 6. ripostiglio di Cornesti - Romania; 7-10. tomba 5 Ponte Nuovo Gazzo Veronese; 11. Vomp tomba 305 -Valle dell'Inn (Austria); 12. Crosare di Bovolone; 13-15. Innsbruck - Hotting II 1977 tomba 20, 16. tomba 2; 17. Narde - Fratta Polesine tomba 44; 18. Ungheria; 19. Masetti di Pergine - Valsugana (MOSER 1970; ZEMMER-PLANK 1995; SALZANI 2001; SÖLDER 2007; TARBAY 2015).

come il tipo Wollmesheim trovato presso un'area fusoria in Valcava in Valle dei Mocheni e a Volano nella Valle dell'Adige (MARZATICO 2012, p. 183; BELLINTANI, SILVESTRI 2018, p. 46; MARZATICO 2020, p. 82) indicherebbero sia lo spostamento di individui provenienti da Nord sia l'acquisizione di mode, le armi potrebbero costituire bottini, dotazioni di mercenari o esito di scambi "elitari" nell'ambito della catena del prestigio (MARZATICO 2019; 2020). In ogni caso le armi in questione (Fig. 7 nn. 21, 22-23, 27; Fig. 8; Fig. 11 n. 19) sono la rappresentazione "plastica" dell'esistenza in loco di figure socialmente eminenti.

A questo riguardo Paolo Bellintani, con riferimento alla limitata estensione degli abitati palafitticoli del Trentino del Bronzo Medio e di quello del Bronzo Finale di Appiano/Eppan Gamberoni, ritiene che "...l'artigianato specializzato (con l'esclusione dell'estrazione del rame) sembra compatibile con il consumo interno e non ci sono particolari concentrazioni di ricchezza, ma solo relativamente contenute evidenze di tipo elitario del metallo e di beni "esotici" riconducibili a forme di scambio di tipo lineare" (BELLINTANI 2014, p. 287). A sostegno di questa riduttiva lettura dello spazio alpino come ambito tendenzialmente periferico e svantaggiato, segnato da uno sviluppo più arretrato rispetto alla pianura, l'autore richiama per il Bronzo Medio esclusivamente la presenza di "...vagli in ambra, in vetro dalle palafitte di Ledro e Fiavé e un anellino in oro da quest'ultima palafitta" ma vanno anche considerati un anellino in oro dal tumulo di Stenico, i diademi e la spada di Ledro, i massicci "spilloni" a disco traforato con occhielli e spirali di Fiavé e la prestigiosa collana in ambra dalla torbiera fra Cles e Tuenno in Valle di Non che richiama i ritrovamenti di Savognin Padnal nei Grigioni datati fra il Bronzo Medio e quello Recente¹⁴. Dallo stesso autore viene pure rilevata l'assenza di una gerarchia degli abitati ma, in altra sede, si ipotizza che il luogo di culto e funerario di Salorno/Salurn Cava Girardi che ha restituito molta ceramica di tipo Luco/Laugen A, numerose perle in pasta vitrea e resti di lamina considerati "quasi sicuramente parti di recipienti metallici" facesse capo a un vicino insediamento che doveva rappresentare una sorta di "Central Place" (ALBERTI *et alii* 2004, p. 229; BELLINTANI 2014, p. 296).

Sempre secondo una visione dello spazio alpino come area marginale, alcuni autori hanno prospettato l'idea che le comunità alpine della cultura di Luco/Laugen che producevano il rame fossero estranee ai meccanismi di scambio e di circolazione della materia prima (PEARCE, DE GUIO 1999; BELLIN-

TANI 2014). Senza alcun riscontro di presenze protovenete (se si escludono in fondovalle isolati frammenti di tazze del X sec. a.C. da Montesei di Serso e Civezzano), è stato ipotizzato che pastori transumanti provenienti dal Veneto, guidati da "figure imprenditoriali", con un'interazione e mutualità pacifica, avrebbero incontrato sugli altopiani alla destra del fiume Brenta gli artigiani della Cultura Luco/Laugen assumendo il controllo dello scambio del rame a proprio beneficio (PEARCE DE GUIO 1999, p. 292; PEARCE 2007, p. 104; BELLINTANI 2014, pp. 286-287; per obiezioni a questo modello: MARZATICO 2012, pp. 189-190).

In cambio del metallo sarebbero stati offerti bestiame e formaggio e, con una nuova ipotesi integrativa di Paolo Bellintani, tessuti prodotti nei siti terramaricoli, secondo un modello di scambio diseguale, a favore delle genti di pianura. Al di là del fatto che la tessitura è ampiamente documentata in ambito alpino, pur con caratteristiche diverse da quella della pianura e che eventualmente si dovrebbe supporre che i tessuti fossero appannaggio di esponenti dell'élite perché non è pensabile una dipendenza esterna per il vestiario, il modello della pastorizia transumante prevede una mobilità difficilmente compatibile con la produzione di formaggio duro...(quindi stagionato in strutture adeguate, non solo dal punto di vista della conservazione ma anche dell'accumulo). Va anche considerato che per alcuni autori studi naturalistici e sulle attività di sfruttamento del territorio alpino fino alle alte quote hanno rilevato nell'età del Bronzo un "...robuste agro-pastorale Landwirtschaftssysteme..." con uno sviluppo economico portatore di *surplus* alle comunità alpine, dunque integrate nel "Sistema età del Bronzo", secondo le prospettive della "Legge di Ricardo"¹⁵.

A supporto della tesi dell'arrivo di pastori transumanti del Veneto mancano però, come rilevato in più occasioni, del tutto riscontri materiali (MARZATICO 2012; 2019; 2020). Vanno del resto considerate la competizione e conflittualità storicamente connaturate al controllo delle risorse (e le armi della Valsugana a partire dagli schinieri richiamano questo scenario) così come, a livello più generale, la dislocazione di siti in posizione panoramica o difesi artificialmente o dalla natura dei luoghi.

Va poi tenuto conto che, come risaputo, tradizionalmente estrazione mineraria e metallurgia secondo miti e leggende e loro scadimenti etnofolklorici non coinvolgono solo la sfera degli interessi meramente economici ma anche a quella ideologica, con una configurazione spesso di attività "segregate",

¹⁴ BELLINTANI 2014, p. 287, nota 57; RAGETH 1974; PERINI 1987; per l'ornamento in oro e le sue implicazioni sotto il profilo dei contatti a largo raggio: JUNG 2020, p. 176.

¹⁵ TOMEDI TOCHTERLE 2012, p. 595; circa la legge di Ricardo che non assume caratteri "universali"; RADIVOJEVIĆ 2018 paragrafo *Copper-mining economies*; l'incremento possibile dell'occupazione del territorio e lo sfruttamento delle sue risorse nel Bronzo Tardo nei Grigioni in Svizzera, in concomitanza con lo sfruttamento minerario è segnalato da: REITMAIER-NAEF *et alii* 2020, p. 148.

con implicazioni di natura magico-religiosa data la “profanazione” delle viscere della terra (CARANCINI 1996; TIRABASSI 2017, pp. 244-247; ELIADE 2018; NESSEL 2019, pp. 384-399; PEARCE 2020). Recentemente Pearce ha riconosciuto che nella tarda età del Rame e Antica età del Bronzo in Trentino Alto Adige/Südtirol data la ricorrente correlazione fra aree di culto e attività metallurgica presso ripari e cavità *“We can therefore see that in the later Copper Age and Early Bronze Age Trentino – Alto Adige/Südtirol the world view of copper smelters was different to that in the second phase of prehistoric smelting. In this first phase, smelting often takes place in caves and rock shelters, which were often also used for burials, and slags was incorporated in ritual monuments. The picture is of a craft that was secret and ritualised, rather than a “rational” semi-industrial craft* (PEARCE 2020, p. 19). Si deve però contemplare, a proposito della “seconda fase” rappresentata dai siti fusori dell’età del Bronzo Recente e Finale, la presenza di scorie nel luogo di culto con roghi votivi/*Brandopferplätze* in quota del Lago Nero/Schwarzeesee al Monte Lago/Seeberg sulle Alpi Sarentine che ha restituito ceramica di tipo Luco/Laugen, lo scalpello – bedano del Bronzo Recente trovato nel luogo di culto, sempre con roghi votivi, presso Monte Campana Glockenbühl – Mendola/Mendel dove è pure attestata ceramica Luco/Laugen A. Si può inoltre ricordare il ripostiglio di Passo Vezzena (Fig. 8) in una zona dove sono note attività fusorie e, più in generale, la deposizione in ripostigli di pani di bronzo nonché il ripostiglio di Pass Lueg con elmo e attrezzi per la lavorazione del metallo (NIEDERWANGER, TECCHIATI 2000; TECCHIATI 2010; OBERRAUCH 2019; STÖLLNER 2019, p. 25).

Le ripetute attestazioni di ceramica della Cultura alpina di Luco/Laugen al di fuori del suo areale, in siti nodali della pianura padana, indicano piuttosto la capacità espansiva di tale aspetto culturale e il suo probabile ruolo attivo¹⁶. Va peraltro prestata attenzione che, nel caso di frammenti lacunosi, può non essere agevole un riconoscimento puntuale per via della condivisione fra Alpi orientali e Pianura oltre che di tipologie metalliche appartenenti alla facies transpadana centrale, di elementi formali e decorativi quali gli orli a tesa e le tacche sul bordo, le decorazioni a onde incise (MARZATICO 2001; FRONTINI 2009; DALLA LONGA 2017; PISONI, TECCHIATI 2019). In questo quadro la recente attribuzione alla tipologia Luco/Laugen A di un frammento da Campestrin¹⁷ secondo lo scrivente non appare con-

vincente in quanto la regolarità dei tratti non sono un elemento sufficientemente caratterizzante per un’attribuzione alla Cultura di Luco/Laugen tenuto conto che l’orlo non è a tesa e nemmeno ispessito e pertanto non rispecchia i “canoni” peculiari della produzione fortemente standardizzata rappresentata nei principali complessi di riferimento della Cultura di Luco/Laugen (PERINI 1976; GLEIRSCHER 1992; NIEDERWANGER TECCHIATI 2000; MARZATICO 2001; 2012; 2019; TECCHIATI *et alii* 2013; GLEIRSCHER 2015; PISONI, TECCHIATI 2019).

Le corrispondenze fra documentazione riferibile a personaggi di spicco della Cultura dei Campi d’Urne transalpina, dell’Ungheria, Germania meridionale e della Valle dell’Inn (dove sono pure attestati resti ceramici che riprendono la tradizione di Luco/Laugen) e della pianura Padana mostrano con chiarezza come l’ambito alpino abbia assunto la funzione di ponte nelle relazioni, come probabile cerniera nei rapporti di scambio (Fig. 11). A questo proposito è possibile ipotizzare una funzione di intermediazione dell’area di Luco/Laugen e appare pertanto interessante notare come gli elementi in osso a forma di barca solare nelle tombe di Innsbruck – Hotting II 1977 tomba 20 e tomba 2 (Fig. 11 nn. 13-16); nella tomba di Hotting 20 nella Valle dell’Inn che presentano analogie con un esemplare da Narde – Fratta Polesine tomba 44 (Fig. 11 n. 17), fossero deposti in una sepoltura riferita da analisi isotopiche a un individuo del vicino versante meridionale delle Alpi, dell’Alto Adige/Südtirol (METZNER-NEBELSICK *et alii* 2020, p. 27). Ed anche la presenza nella Valle dell’Inn, in Trentino e Veneto dei puntali di lancia ad alette (riscontrabili anche più a settentrione in ripostigli) sembrerebbe poter deporre in questo senso (Fig. 11 nn. 4-6, 10).

In conclusione, sempre senza perdere di vista i limiti dovuti alla casualità delle scoperte, secondo un approccio il più possibile “globale” che tenga conto di tutti gli indicatori “di contesto” utili per delineare nella sua complessità il “paesaggio culturale” in senso lato, emergono per il territorio campione della Valsugana interessato dalle attività fusorie (Fig. 2) chiavi di lettura decisamente in contrasto con la ricostruzione storica e modelli recentemente proposti (PEARCE *et alii* 2019).

In effetti si manifesta una mancata coerenza fra l’esito delle analisi isotopiche relative a manufatti del Bronzo Medio, l’utilizzo delle datazioni ¹⁴C e la cultura materiale documentata nelle aree fusorie

¹⁶ A proposito dei siti nodali e “colli di bottiglia” in generale: EARLE *et alii* 2015, p. 8 fig. 3; per quanto attiene alle presenze della Cultura di Luco/Laugen al di fuori del proprio ambito: LOCHMANN 2010, pp. 50-52; GLEIRSCHER 2015, pp. 49-50; MARZATICO 2019, fig. 10; BELLINTANI 2015, p. 125 dove è delineato il commercio del rame con presenze a distanza dalle miniere con il coinvolgimento di “artisans” or “entrepreneurs” coming from – or connected to the Luco Culture area”, il modello dello scambio diseguale descritto dallo stesso autore prevederebbe invece una direzionalità contraria con il controllo dello scambio da parte delle comunità di pianura: BELLINTANI 2014, pp. 286-287; circa il flusso di metallo alpino verso la pianura e in particolare verso Frattesina e i rapporti con l’Etruria, si vedano con i relativi richiami bibliografici le obiezioni critiche di CUPITÒ *et alii* 2020, pp. 304-306 nota 9.

¹⁷ BELLINTANI *et alii* 2019, p. 48 fig. 16 n. 31, p. 49: “Si tratta della seconda segnalazione di cocci tipo Luco in area polesana, dopo quella di Frattesina”.

che, come detto, allo stato attuale esclude del tutto sui versanti montani del Trentino attestazioni di produzione del rame nel Bronzo Medio e Primo Ferro, dal XVI all'VIII sec. a.C.

Sospendendo prudenzialmente il giudizio definitivo future ricerche e scoperte potranno meglio chiarire questi aspetti e altri quesiti che attendono risposta in sintonia con le evidenze archeologiche. Nuovi elementi conoscitivi potranno contribuire a superare le profonde divergenze interpretative che attualmente riguardano la definizione di modelli e la ricostruzione delle dinamiche storiche, dello scambio e dei livelli di sviluppo socio-economico delle comunità alpine della Cultura di Luco/Laugen A. Utile punto di riferimento sembra essere il pensiero di Manacorda: *"È sempre più evidente che, in mancanza di un approccio scientifico-sperimentale, molte problematiche archeologiche si trovano di fronte a un'impossibilità di avanzamento delle conoscenze. Ma è altrettanto vero che, in assenza di un'adeguata impostazione archeologica, l'approccio scientifico-sperimentale (quando non semplicemente tecnologi-*

co) può condurre il ricercatore di fronte a un vicolo cieco, se non si prendono le mosse da una visione contestuale del dato, che investe i più diversi sistemi di fonti, e – per quanto riguarda lo scavo – dalla imprescindibile stratigrafia" (MANACORDA 2020, p. 167).

Ringraziamenti

Si ringraziano Dora Giovannini per i disegni e la composizione delle tavole; Monica Bersani per la realizzazione grafica degli istogrammi e per la revisione della bibliografia; Elena Silvestri per la redazione dell'articolo; Francesco Frizzera per la documentazione di manufatti in bronzo conservati presso il Museo Storico Italiano della Guerra di Rovereto; Tullio Pasquali per aver condiviso i disegni di materiali inediti; Marco Gramola per la redazione della carta dei siti della Valsugana: allo stesso si deve il recupero e consegna alla Soprintendenza dei materiali di Figg. 6 n. 6, 7 nn. 26-28.

Bibliografia

- ADDIS A., ANGELINI I., ARTIOLI G. 2012, *Final Bronze Age copper slags from Luserna (Trentino, Italy)*, in G. VEZZALINI, P. ZANNINI (a cura di), *A.I.Ar. 2012, Atti VII Congresso Nazionale di Archeometria*, Modena, 22-24 febbraio 2012, Bologna, CD proceedings.
- ADDIS A., ANGELINI I., NIMIS P., ARTIOLI G. 2016, *Late Bronze Age copper smelting slags from Luserna (Trentino, Italy): Interpretation of the metallurgical process*, "Archaeometry", 58(1), pp. 96-114.
- ADDIS A., ANGELINI I., ARTIOLI G. 2017, *Late Bronze Age copper smelting in the southeastern Alps: How standardized was the smelting process? Evidence from Transacqua and Segonzano, Trentino, Italy*, "Archaeological and Anthropological Sciences", 9(5), pp. 985-999.
- ALBERTI A., DAL RI L., MARZOLI C., TECCHIATI U. 2004, *Evidenze relative al X, IX, VIII sec. a.C. nell'ambito dell'alto bacino del fiume Adige (Cultura di Luco - Meluno)*, "Mediterranea", 1/2004, pp. 227-238.
- ANGELINI I., ARTIOLI G., PEDROTTI A., TECCHIATI U. 2013, *La metallurgia dell'età del Rame dell'Italia settentrionale con particolare riferimento al Trentino e all'Alto Adige. Le risorse minerarie e i processi di produzione del metallo*, in R.C. DE MARINIS (a cura di), *L'Età del Rame. La pianura padana e le Alpi al tempo di Otzi*, Roccafranca (Brescia), pp. 101-116.
- ANGELINI A., ARTIOLI G., NIMIS P., VILLA I. 2015, *La metallurgia preistorica del rame nell'Italia nord-orientale: quadro d'insieme e recenti sviluppi*, in G. LEONARDI, V. TINÉ (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto*, Atti della XLVIII riunione scientifica dell'Istituto italiano di preistoria e protostoria, Padova 5-9 novembre 2013, Studi di Preistoria e Protostoria, vol. 2, Firenze, pp. 271-278.
- ANGUILANO L., ANGELINI I., ARTIOLI G., MORONI M., BAUMGARTEN B., OBERRAUCH H. 2002a, *Analisi di scorie di estrazione del rame provenienti da siti dell'età del Bronzo dell'Alto Adige*, in B. BAUMGARTEN, V. MAIR, H. SCHÖLZHORN (a cura di), *Atti 5 Workshop Internazionale delle Miniere Ridanna/Monteneve*, Bolzano 15-22 settembre 2002, Südtiroler Bergbaumuseum, Ridnaun (Bolzano), pp. 7-14.
- ANGUILANO L., ANGELINI I., ARTIOLI G., MORONI M., BAUMGARTEN B., OBERRAUCH H. 2002b, *Smelting Slags from Copper and Bronze Age archaeological sites in Trentino and Alto Adige*, in C. D'AMICO (a cura di), *Atti del secondo Congresso Nazionale di Archeometria*, Bologna 29 gennaio - 1 febbraio 2002, Patron Editore, Bologna, pp. 627-638.
- ANGUILANO L., OBERRAUCH H., HAUSER H., REHREN TH., ARTIOLI G. 2009, *Copper smelting at Fennhals-Kurtatsch (South Tyrol)*, in J.-F. MOREAU, R. AUGER, J. CHABOT, A. HERZOG (eds.), *Proc. ISA 2006, 36th Intern. Symposium on Archaeometry*, Quebec City, Canada 2-6 May 2006, "Cahiers d'archéologie du CELAT", 25, Série Archéométrie, n. 7, CELAT, Université Laval, Quebec, pp. 375-382.
- ARTIOLI G., BAUMGARTEN B., MARELLI M., GIUSSANI B., RECCHIA S., NIMIS P., GIUNTI I., ANGELINI I., OMENETTO P. 2008, *Chemical and isotopic tracers in alpine Copper deposits: geochemical links between mines and metal*, "Geo.Alp", 5, pp. 39-148.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., NIMIS P., ADDIS A., VILLA I.M. 2014, *Prehistoric copper metallurgy in the Italian Eastern Alps: recent results*, *Historical metallurgy*, 47(1), 2013, pp. 51-59.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., TECCHIATI U., PEDROTTI A. 2015, *Eneolithic copper smelting slags in the Eastern Alps: local patterns of metallurgical exploitation in the Copper Age*, "Journal of Archaeological Science", 63, pp. 78-83.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., NIMIS P., VILLA I.M. 2016, *A lead-isotope database of copper ores from the South-eastern Alps: A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy*, "Journal of Archaeological Science", 75, pp. 27-39.
- BELLINTANI P. 2002, *Pugnale dell'età del Bronzo da Monte Civerone (Valsugana, TN)*, "Archeoalp - Archeologia delle Alpi", 6, 2002, pp. 21-24.
- BELLINTANI P. 2014, *Il ruolo delle Alpi nella circolazione dell'ambra baltica nel Mediterraneo centrale nel corso dell'età del Bronzo*, in P.L. CELLAROSI, R. CHELLINI, F. MARTINI, A.C. MONTANARO, L. SARTI, R.M. CAPOZZI (eds.), *The Amber Roads, The ancient cultural and commercial Communication between the peoples*, Proceedings of the 1st International Conference on Ancient Road, Republic of San Marino April 3-4 2014, Millenni. Studi di Archeologia Preistorica, 10, pp. 273-311.
- BELLINTANI P. 2015, *Baltic amber, alpine copper and glass beads from the Po Plain. Amber trade at the time of Campestrin and Frattesina*, "Padusa", 50 (2014), pp. 111-140.
- BELLINTANI P., SILVESTRI E. 2018, *Il rame del Trentino nella protostoria: nota di aggiornamento*, in F. NICOLIS, R. OBEROSLER (a cura di), *Archeologia delle Alpi: Studi in onore di Gianni Ciurletti*, "AdA Archeologia delle Alpi", 4, pp. 43-52.
- BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F., SILVESTRI E., STEFAN L., BASSETTI M., DEGASPERI N., CAPPELLOZZA N. 2010, *New Evidence of Archaeometallurgical Activities During the Bronze Age in Trentino*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPER (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck, pp. 277-282.

- BELLINTANI P., BALDO M., BALISTA C., BERTOLINI M., GIOGA F., TESSARI U., TURRINI M.C., THUN HOHENSTEIN U. 2019, *Il sito della tarda età del Bronzo di Campestrin di Grignano Polesine (Veneto, Italia). Prime indagini sulle caratteristiche ambientali, morfologiche e strutturali dell'insediamento*, "Padusa", LV, pp. 29-56.
- BELLINTANI P., SILVESTRI E., BASSETTI M., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., NICOLIS F., PAGAN N., PEARCE M. 2021, *Fare rame: quadro di sintesi su siti e strutture produttive della metallurgia primaria protostorica del Trentino*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BIANCO PERONI V. 1970, *Die Schwerter in Italien = Le Spade nell'Italia Continentale*, Prähistorische Bronzefunde, Abteilung IV, Bd I.
- BIANCO PERONI V. 1976, *Die Messer in Italien = I coltelli nell'Italia continentale*, Prähistorische Bronzefunde, Abteilung VII, Bd. 2.
- BRUNO A. 2007, *Punte di lancia nell'età del bronzo nella terraferma italiana. Per una loro classificazione tipologica*, Fonti archeologiche per la protostoria italiana, 2.
- CANOVARO C., ANGELINI I., ARTIOLI G., NIMIS P., BORGNA E. 2019, *Metal flow in the late Bronze Age across the Friuli Venezia Giulia plain (Italy): new insights on Cervignano and Muscoli hoards by chemical and isotopic investigations*, "Archaeological and Anthropological Sciences", 11(9), pp. 11-18.
- CARANCINI G.L. 1975, *Die Nadeln in Italien = Gli spilloni nell'Italia continentale*, Prähistorische Bronzefunde, Abteilung XIII; Bd. 1-2.
- CARANCINI G.L. 1996, *Metallurgia e società nell'Italia protostorica*, in F. PIOLA CASELLI, P. AGOSTINETTI PIANA (a cura di), *La Miniera l'uomo e l'ambiente, Fonti e metodi a confronto per la storia delle attività minerarie e metallurgiche in Italia*, Convegno di Studi, Cassino 2-4 giugno 1994, All'insegna del Giglio, Firenze, pp. 275-304.
- CASAGRANDE L. (con contributi di BATTELLI N., FERRETTI P., FRIZZO P.) 2013, *Paesaggi minerari del Trentino*, in D.E. ANGELUCCI, L. CASAGRANDE, A. COLECCHIA, M. ROTTOLI (a cura di), *Apsat 2. Paesaggi d'altura del Trentino. Evoluzione naturale e aspetti culturali*, Progetti di Archeologia, Mantova, pp. 177-306.
- CATTOI E., D'AMICO C., FABRIS S. 2000, *Studio petroarcheometrico di scorie di fusione della fine dell'età del Bronzo e confronti con scorie dell'età del Rame/Bronzo Antico in Trentino*, "Preistoria Alpina", 31 (1995), pp. 125-145.
- CATTOI E., D'AMICO C., GASPAROTTO G., GIRANI M. 2001, *Petroarcheometria di scorie di fusione tra eneolitico e tardo bronzo in Trentino. Provenienze e dati di processo*, in *Preistoria e protostoria del Trentino Alto Adige/Südtirol*, in ricordo di Bernardino Bagolini, Atti della XXXIII Riunione Scientifica dell'I.I.P.P., "Preistoria Alpina", 33 (1997), pp. 149-151.
- CIERNY J. 2003, *Vier Dinge verderben ein Bergwerk... - welche Ereignisse haben die Bergwerksproduktion in der Frühzeit beeinflusst?*, in TH. STÖLLNER, G. KÖRLIN, G. STEFFENS, J. CIERNY (eds.), *Man and mining/Mensch und Bergbau. Studies in honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday*, "Der Anschnitt", Beiheft 16, pp. 93-102.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen*, "Der Anschnitt", Beiheft 22.
- CIERNY J., MARZATICO F., PERINI R., WEISGERBER G. 2004, *La riduzione del rame in località Acqua Fredda al Passo del Redebus (Trentino) nell'età del Bronzo Recente e Finale. Risultati preliminari delle ricerche/Der spätbronzezeitliche Verhüttungsplatz Acqua Fredda am Passo Redebus (Trentino)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer/Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 125-154.
- COLPANI F., ANGELINI L., ARTIOLI G., TECCHIATI U. 2009, *Copper Smelting Activities at the Milan and Gudon Chalcolithic Sites (Bolzano, Italy): Chemical and mineralogical investigations of the archaeometallurgical finds*, in J.F. MOREAU, R. AUGER, J. CHABOT, A. HERZOG (eds.), *Proceedings/Actes 36th International Symposium of Archaeometry/36e Symposium International d'Archéométrie* (Quebec City, Canada 2-6.05.2006). "Cahiers d'archéologie du CELAT", Série archéologique, 24 coll. Archéométrie, 7, pp. 367-373.
- CUPITÒ M., DALLA LONGA E., BALISTA C. 2020, *From "Valli Grandi Veronesi system" to "Frattésina system". Observations on the evolution of the exchange system models between Veneto Po Valley area and the Mediterranean world during the Late Bronze Age*, "Rivista di Scienze Preistoriche", LXX(S1), pp. 293-310.
- D'AMICO C., GASPAROTTO G., PEDROTTI A. 1998, *Scorie eneolitiche di Gaban e Acquaviva (Trento). Caratteri, provenienza ed estrazione del metallo*, in C. D'AMICO, C. ALBORE LIVADIE (a cura di), *Le scienze della Terra e l'Archeometria*, Napoli 20-29 febbraio 1997, CUEN, Napoli, pp. 31-38.
- DAL RI L. 1969/70, *Tracce di attività estrattiva e metallurgica in epoca preromana nell'area geografica corrispondente alla regione Trentino-Alto Adige*, Tesi di laurea discussa nell'A.A. 1969/70 presso l'Università degli Studi di Padova, Facoltà di Lettere e Filosofia, Istituto di Archeologia.
- DAL RI L., RIZZI G., TECCHIATI U. 2005, *Lo scavo di una struttura della tarda età del Rame connessa a processi estrattivi e di riduzione del minerale a Millan presso Bressanone*, in L. DAL RI, U. TECCHIATI (Hrsg./a cura di), *Der Spatkupferzeitliche Schmelzplatz von Milland bei Brixen im Rahmen der begin-*

- nenden Metallurgie im alpinen Raum/Il sito fusorio della tarda età del Rame di Millan presso Bressanone nel quadro della prima metallurgia dell'area alpina, Atti del Convegno Internazionale/Internationale Tagung (Bozen/Bolzano, 15.06.2005). Unter Schirmherrschaft des/Con il patrocinio di: Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Provincia autonoma di Bolzano-Alto Adige, pp. 4-12.
- DALLA LONGA E. 2017, *Gli orli a tesa nella media e bassa pianura veronese e nel Polesine. Contributo tipo-cronologico all'analisi di un indicatore ceramico del passaggio tra Bronzo recente evoluto e Bronzo finale in area veneta*, in M. CUPITÒ, M. VIDALE, A. ANGELINI (a cura di), *Beyond limits. Studi in onore di Giovanni Leonardi*, Padova University Press, Padova, pp. 437-445.
- DE GUIO A. 2012, *Interfacce di bronzo per una vita da pecora. Il fenomeno della pastorizia nell'area prealpina veneto-trentina in età preromana: archeologia ed etnoarcheologia*, in M.S. BUSANA, P. BASSO (a cura di), *La lana nella cisalpina romana. Economia e Società*, Studi in onore di Stefania Pesavento Mattioli. Atti del Convegno Padova-Verona 18-20 maggio 2011, Antenore Quaderni (27), Padova, pp. 43-67.
- DE GUIO A., FRIZZO P. 2010, *Archeometallurgia, marcatori e impatto ambientale: linee sperimentali di ricerca del progetto "Ad Metalla", "Padusa"*, XLVI, pp. 35-62.
- DE MARINIS R.C. 2020, *Malpensa- Transdanubia-Mycenae: aspects of the contacts between Italy, Carpathian Basin and Greece in the LH III C*, in M. BERNABÒ BREA (a cura di), *Italia tra Mediterraneo ed Europa: mobilità, interazioni e scambi*, "Rivista di Scienze Preistoriche", LXX-S1, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, pp. 275-292.
- EARLE T., LING J., UHNER C., STOS-GALE Z., MELHEIM L. 2015, *The political economy and metal trade in Bronze Age Europe. Understanding regional variability in terms of comparative advantages and articulations*, "European Journal of Archaeology", 18(4), pp. 633-657.
- ELIADE M. 2018, *Arti del metallo e alchimia*, Bollati Boringhieri, Torino (traduzione di Sircana F.).
- FRONTINI P. 2009, *Contributo allo studio delle cause della fine della cultura palafitticolo-terramaricola*, Tesi di dottorato, prof. G. Leonardi, Università di Padova.
- GIUMLIA-MAIR A. 2005, *Remains of pyrotechnological processes in ancient workshops*, in M. BĂRBULESCU, D. BENEĂ, C. MUȘETEANU (eds.), *Corona laurea. Studii în onoarea Luciei Țeposu Marinescu*, Muzeul Național de istorie a României. Cetatea de Scaun, București, pp. 203-213.
- GLEIRSCHER P. 1992, *Die Laugen-Melaun-Gruppe*, in I.R. METZGER, P. GLEIRSCHER (Hrsg./a cura di), *Die Räter – I Reti*, Bolzano, pp. 117-134.
- GLEIRSCHER P. 2015, *Tongeschirr der Fazies Laugen-Melaun an Drau und Mur*, in P. GLEIRSCHER, L. ANDERGASSEN (Hrsg.), *Antiquitates Tyrolensis, Festschrift für Hans Nothdurfter*, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck, pp. 31-51.
- HANNING E., HERDITS H., SILVESTRI E. 2015, *Alpines Kupferschmelzen - technologische Aspekte*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 225-231.
- HAUPTMANN A. 2014, *The Investigation of Archaeometallurgical Slag*, in W.R. BENJAMIN, C.P. THORNTON (eds.), *Archaeometallurgy in Global Perspective*, Springer, New York, pp. 91-105.
- HAUSER L. 1986, *Die bronzezeitlichen Kupferschmelzöfen in "Fennhals" über Kurtatsch, "Der Schlern"*, 60 H.1/2, pp. 75-87.
- JUNG R. 2020, *Frattesina between continental Europe and the Eastern Mediterranean, "Padusa"*, LVI, Nuova Serie, pp. 171-200.
- JUNG R., MEHOFER M., PERNICKA E. 2011, *Chapter 23. Metal Exchange in Italy from the Middle to the Final Bronze Age (14th-11th Century B.C.E.)*, in P.P. BETANCOURT, S.C. FERRENCE (eds.), *Metallurgy: Understanding How, Learning why. Studies in Honor of James D. Muhly*, Prehistory Monographs, 29, pp. 231-248.
- KRISTIANSEN K. 2019, *Baltic interaction during early Period IV of the Nordic Bronze Age: a travelling bronze smith behind the deposition of the Grisby hoard from Bornholm?*, in M.S. PRZYBYŁA, K. DZIĘGIELEWSKI (eds.), *Chasing Bronze Age rainbows. Studies on hoards and related phenomena in prehistoric Europe in honour of Wojciech Blajer*, Prace Archeologiczne 69, Kraków: Institute of Archaeology, Jagiellonian University/ Profil-Archeo, pp. 59-65.
- KRISTIANSEN K., SUCHOWSKA-DUCKE P. 2015, *Connected Histories: the Dynamics of Bronze Age, Interaction and Trade 1500-1100 BC*, "Proceedings of the Prehistoric Society", 81, pp. 361-392.
- LING J., HJÄRTHNER-HOLDAR E., GRANDIN L., STOS-GALE Z., KRISTIANSEN K., MELHEIM A.L., ARTIOLI G., ANGELINI I., KRAUSE R., CANOVARO C. 2019, *Moving metals IV: swords, metal sources and trade networks in Bronze Age Europe*, "Journal of Archaeological Science: Reports", 26, (<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.05.002>).
- LOCHMANN P. 2010, *Schopfer: Die bronzezeitliche Keramik vom Brandopferplatz*, in W. STEFAN (Hrsg.), *Der Brandopferplatz auf der Pillerhöhe in Fließ*, Begleitband zur Dauerausstellung im Archäologiemuseum Fließ, Schriften Museum Fließ, 3, pp. 46-52.
- LUTZ J., PERNICKA E. 2013, *Prehistoric copper from the Eastern Alps*, in R.H. TYKOT (ed.), *Proceedings of the 38th International Symposium on Archaeometry (10th-14th.10.2010, Tampa, Florida)*, "Open Journal of Archaeometry", 1, 25, pp. 122-127.
- LUTZ J., KRUTTER S., PERNICKA E. 2019, *Composition and spatial distribution of Bronze Age planoconvex*

- copper ingots from Salzburg, Austria. First results from the "Salzburger Gusskuchenprojekt", in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 363-372.
- MANACORDA D. 2020, *Il mestiere dell'archeologo*. A cura di N. BALISTRERI, G. DE PALMA, V. DI COLA, G. FACCHIN, M. MODOLO, A. RAMUNDO, Edipuglia, Bari.
- MARZATICO F. 1994, *I ritrovamenti archeologici di Cembra nel quadro dell'antico popolamento della Valle*, in F. ALLOCCA (a cura di), *Storia di Cembra*, Panorama, Trento, pp. 39-68.
- MARZATICO F. 2001, *L'età del Bronzo Recente e Finale*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di), *Storia del Trentino, I, Preistoria e Protostoria*, Istituto trentino di Cultura, Trento, pp. 388-394.
- MARZATICO F. 2011, *La metallurgia nel versante meridionale delle Alpi centro orientali: spunti di riflessione*, in A. ASPES (a cura di), *I bronzi del Garda: valorizzazione delle collezioni di bronzi preistorici di uno dei più importanti centri metallurgici dell'Europa del II millennio a.C.*, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona - 2° serie, Sezione Scienze dell'Uomo, 11, pp. 9-26.
- MARZATICO F. 2012, *La Cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti*, in A. ANGELINI, G. LEONARDI (a cura di), *Il castelliere di Castel de Pedena: un sito di frontiera del II e I millennio a.C.*, Atti del Convegno, Feltre (BL) 6 giugno 2009, Saltuarie del Laboratorio del Piovego, 9, Padova, pp. 177-204.
- MARZATICO F. 2017, *Poli di frontiera. Brevi note su traiettorie di scambio ad ampio raggio nell'età del Bronzo*, in M. CUPITÒ, M. VIDALE, A. ANGELINI (a cura di), *Beyond limits. Studi in onore di Giovanni Leonardi*, Padova University Press, Padova, pp. 183-203.
- MARZATICO F. 2019, *The Luco/Laugen Culture. Specific Characteristics and External Relations*, in S. HYE, U. TÖCHTERLE (Hrsg.), *UPIKU:TAUKE: Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 339, pp. 333-359.
- MARZATICO F. 2020, *Il paesaggio minerario e metallurgico del Trentino nella pre-protostoria*, in A. DE BERTOLINI, E. SCHIR (a cura di, con la collaborazione di E. ARMANI, L. CASAGRANDE, M. LONGO), *I paesaggi minerari del Trentino: storia e trasformazioni*, Fondaz. Museo Storico Trentino, Trento, pp. 75-91.
- MARZATICO F., VALZOLGHER E., OBERRAUCH H. 2010, *Dating the Later Bronze Age metal production in the South-Central Alps. Some remarks on the relative and absolute chronology of the Luco-Laugen culture*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPE (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-Hi-MAT, 12th-15th November 2009, Innsbruck University Press, Innsbruck, pp. 129-143.
- MEHOFER M., JUNG R., PERNICKA E. 2020, *Appendix: On the copper-based exchange processes between the southern Alps and the eastern Mediterranean*, "Padusa", LVI Nuova Serie, pp. 184-200.
- MEHOFER M., GAVRANOVIĆ M., KAPURAN A., MITROVIĆ J. 2021, *Copper production and supra-regional Exchange networks - Cu-matte smelting in the Balkans between 2000 and 1500 BC*, "Journal of Archaeological Science", 129, pp. 1-13.
- MELHEIM A.L., GRANDIN L., PERSSON P.O., BILLSTRÖM K., STOS-GALE Z., LING J., WILLIAMS A., ANGELINI I., CANOVARO C., HJÄRTHNER-HOLDAR E., KRISTIANSEN K. 2018, *Moving metals III: Possible origins for copper in Bronze Age Denmark based on lead isotopes and geochemistry*, "Journal of Archaeological Science", 96, pp. 85-105. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.04.003>.
- METTEN B. 2003, *Beitrag zur spätbronzezeitlichen Kupfermetallurgie im Trentino (Südalpen) im Vergleich mit anderen prähistorischen Kupferschlacken aus dem Alpenraum*, "Metalla", 10, 1/2, Deutsches Bergbau-Museum, Bochum.
- METZNER-NEBELSICK C., REUSS S., KLAUT D. 2020, *Zwischen Bayern und Tirol - Mobilität in der späten Bronzezeit*, Archäologie in Deutschland, 01, pp. 24-27.
- MIGLIAVACCA M. 2016, *Shepherds and miners through time in the Veneto Highlands: Ethnoarchaeology and archaeology*, in J. COLLIS, M. PEARCE, F. NICOLIS (eds.), *Summer Farms. Seasonal Exploitation of the Uplands from Prehistory to the Present*, Sheffield Archaeological Monographs, 16, Lightning Source Inc., G.B., pp. 57-72.
- MIORANDI A. 2016, *Armi di bronzo già della collezione Malfer: la donazione Chiochetti*, Museo Storico Italiano della Guerra Annali, 24, pp. 259-279.
- MODL D. 2019, *Recording plano-convex ingots from Bronze Age Styria (Austria). A short manual for the documentation of morphological and technological features from production and partition*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 373-398.
- MÖDLINGER M., TREBSCHKE P., SABATINI B. 2021, *Melting, smelting, and recycling: A regional study around the Late Bronze Age mining site of Priggglitz-Gasteil, Lower Austria*, PLoS ONE 16(7): e0254096. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254096>

- Moser E.K. 1970, *Vorgeschichtliche Siedlungs- und Fundtopographie von Innsbruck-Hötting*, "Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien", 100, 1970, pp. 195-206.
- NESSEL B. 2019, *Der bronzezeitliche Metallhandwerker im Spiegel der archäologischen Quellen*, Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie. Teil 1-2, Habelt, Bonn.
- NIEDERWANGER G., TECCHIATI U. 2000, *Acqua, fuoco, cielo. Un rogo votivo di minatori della tarda età del Bronzo*, Museo Archeologico di Bolzano, Bolzano/Bozen.
- NØRGAARD H.W., PERNICKA E., VANDKILDE H. 2021, *Shifting networks and mixing metals: Changing metal trade routes to Scandinavia correlate with Neolithic and Bronze Age transformations*, PLoS ONE 16(6): e0252376. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252376>
- NOTHDURFTER H. 1993, *Zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung im Trentino und in Südtirol*, in H. STEUER, U. ZIMMERMANN (Hrsg.), *Montanarchäologie in Europa. Berichte zum Internationalen Kolloquium "Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa"*, Freiburg im Breisgau, 4-7.10.1990, Sigmaringen (Baden-Württemberg), pp. 67-81.
- NOTHDURFTER H., HAUSER L. 1988, *Bronzezeitliche Kupferschmelzöfen aus Fennhals*, Denkmalpflege in Südtirol/Tutela dei beni culturali in Alto Adige, 3 (1986), pp. 177-190.
- OBERRAUCH H. 2019, *Monte Campana/Glockenbühl. Un sito d'altura e un probabile rogo votivo sulla cresta della Mendola*, "AdA Archeologia delle Alpi", 2017-19, pp. 26-37.
- ORSI P. 1886, *Nuove note di Paleontologia Trentina con speciale riguardo all'età del Bronzo*, Archivio Storico per Trieste, l'Istria ed il Trentino, III, pp. 161-194.
- PARNIGOTTO I., PISONI L., TECCHIATI U. 2006, *Nuovi dati e riflessioni sul Bronzo Finale nella conca di Bressanone (BZ): risultati dello scavo*, in *Studi di protostoria in onore di Renato Peroni (1939-2010)*, All'Insegna del Giglio, Firenze, pp. 17-29.
- PASQUALI T., ZAMPEDRI M. 2004, *Il materiale preistorico e storico rinvenuto nel territorio della Gastaldia di Viarago*, in AA.VV. 2004, *Storia del paese nei documenti e nei ricordi Viaracum, Vilrag, Viarac, Viarago, Pergine Valsugana*, pp. 33-56.
- PEARCE M. 2007, *Bright blades and red metal: Essays on north Italian prehistoric metalwork*, Accordia Research Institute, London.
- PEARCE M. 2020, *Caves and Rock Shelters, Burials and Smelting*, in M. GORI (ed.), *Resources and Transformation in Pre-modern Societies*, International Conference, Bochum, 19-21.11.2020-11.12.2020-15.01.2021, "Metalla", 10 (June/December), pp. 17-21.
- PEARCE M., DE GUIO A. 1999, *Between the mountains and the plain: an integrated metals production and circulation system in later Bronze Age north-eastern Italy*, in P. DELLA CASA (ed.), *Prehistoric alpine environment, society, and economy. Paper of International Colloquium "PAESE '97"* (Zurich), Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 55, pp. 289-293.
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2019, *Frattesi-na and the later Bronze Age - Early Iron Age metals trade: the absolute chronology of smelting sites in the Trentino-Alto Adige/Südtirol*, "Padusa", LV, pp. 67-86.
- PEDROTTI A. 2001, *L'età del Rame*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI, *Storia del Trentino, I, Preistoria e Protostoria*, Istituto trentino di Cultura, Trento, pp. 183-254.
- PERINI R. 1976, *Appunti per una definizione delle fasi della Cultura Luco sulla base delle recenti ricerche nel Trentino*, "Studi Trentini di Scienze Storiche. Sezione seconda", 55 (1976), pp. 151-176.
- PERINI R. 1987, *Scavi archeologici nella zona palafitticola di Fiavè-Carera. Parte II. Campagne di scavo 1969-1976. Resti della cultura materiale. Metallo - osso - litica - legno*, Servizio Beni Culturali della Provincia Autonoma di Trento, Patrimonio storico e artistico del Trentino, 9, Trento.
- PERNICKA E., LUTZ J., STÖLLNER T. 2016, *Bronze Age copper produced at Mitterberg, Austria, and its distribution*. "Archaeologia Austriaca", 100, pp. 19-55.
- PERRUCCHETTI L. 2017, *Physical Barriers. Cultural Connections: A Reconsideration of the Metal Flow at the Beginning of the Metal Age in the Alps*, Archaeopress Archaeology, Oxford.
- PERRUCCHETTI L., BRAY P., DOLFINI A., POLLARD A.M. 2015, *Physical Barriers, Cultural Connections: Prehistoric Metallurgy across the Alpine Region*, "European Journal of Archaeology", 18(4), pp. 599-632.
- PISONI L., TECCHIATI U. 2019, *La ceramica e i fittili non vascolari del Bronzo Finale provenienti dall'Ustrinum/luogo di culto funerario di Salorno - Dos del la Forca (Cava Girardi) (BZ). Inquadramento cronologico e culturale*, "Padusa", LV, N.S., pp. 113-173.
- PREUSCHEN E. 1962, *Der urzeitliche Kupfererzbergbau von Vetriolo (Trentino)*, "Der Anschnitt", 14(2), pp. 3-7.
- PREUSCHEN E. 1968, *Bronzezeitlicher Kupfererzbergbau im Trentino*, "Der Anschnitt", 20(1), pp. 3-15.
- PREUSCHEN E. 1973, *Estrazione mineraria dell'età del Bronzo nel Trentino*, "Preistoria Alpina", 9, pp. 113-150.
- RADIOJEVIĆ M., ROBERTS B., PERNICKA E., REHREN T., KRISTIANSEN K., MARTINON-TORRES M. 2018, *The Provenance, Use, and Circulation of Metals in the European Bronze Age: The State of Debate*, "Journal of Archaeological Research". 27. 10.1007/s10814-018-9123-9.
- RAGETH J. 1974, *Der Lago di Ledro im Trentino*, Bericht der Römisch Germanischen Kommission des Deutschen Archäologischen Instituts, 55, pp. 73-260.

- REITMAIER-NAEF L., THOMAS P., BUCHER J., OBERHÄNSLI M., GRUTSCH C.O., MARTINEK K.-P., SEIFERT M., RENTZEL P., TURCK R., REITMAIER T., DELLA CASA P. 2020, *Mining at the Fringes. High-Altitude Prehistoric Copper Mining in the Oberhalbstein Valley (Grisons, Switzerland)*, "Archaeologia Austriaca", 104, pp. 123-151.
- SALZANI L. 2001, Gazzo. *La necropoli di Ponte Nuovo*, "Quaderni di archeologia del Veneto", XVII, pp. 69-82.
- SALZANI P., TECCHIATI U. 2019, *Circolazione dei materiali e delle materie prime e loro contributo allo sviluppo e alla diffusione di elementi legati alla sfera dell'ideologia e della spiritualità tra il IV e III Millennio BC: area alpina e area padana centro orientale a confronto*, in M. MAFFI, L. BRONZONI, P. MAZZIERI (a cura di) ...le quistioni nostre paleontologiche più importanti... Trent'anni di tutela e ricerca preistorica in Emilia occidentale, Atti del Convegno di Studi in onore di Maria Bernabò Brea, Parma, Palazzo della Pilotta 8-9 giugno 2017, pp. 193-212.
- SCHIFFERLE L., KRISMER M., TROPPER P. 2014, *Woher stammen die Kupfererze vom Fennhals (Kurtatsch, Südtirol)? Ein chemischer und mineralogischer Vergleich der Kupferschlacken mit ausgewählten Cu-führenden Erzvorkommen aus Südtirol und dem Trentino*, "Geo.Alp", 11, pp. 85-102.
- ŠEBESTA G. 1992, *La via del rame*, Museo degli usi e costumi della gente trentina, S. Michele all'Adige, Economia Trentina, suppl. a. XLI, 3, Calliano (TN).
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2014, *Evidence of mining without mines: smelting activity during the Bronze Age in Trentino*, in J. SILVERTANT (ed.), *Research and preservation of ancient mining areas*. Proceedings of the 9th International symposium on archaeological mining history (Trento). Yearbook of the Institute Europa Subterranea, Trento-Valkenburg aan de Geul, pp. 88-103.
- SILVESTRI E., HAUPTMANN A., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2015, *Bronzezeitliche Kupferverhüttung in Trentino*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 201-208.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., HAUPTMANN A. 2019, *Bronze Age copper ore mining and smelting in Trentino (Italy)*, in R. TURCK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine Copper II/Alpenkupfer II: New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 261-278.
- SÖLDER W. 2007, *Die vorrömische Besiedlung in Innsbruck*, in *Katalog zur Ausstellung in Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Ur- und Frühgeschichte von Innsbruck*, pp. 15-67.
- STÖLLNER T. 2008, *Montan-Archaeology and Research on Old Mining: Just a Contribution to Economic History*, in Ü. Yalçın (Hrsg.), *Anatolian Metal IV*, "Der Anschnitt", Beiheft 21, pp. 149-178.
- STÖLLNER T. 2009, *Prähistorische Montanreviere der Ost- und Südalpen – Anmerkungen zu einem Forschungsstand*, in K. OEGGL, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*, Proc. 3. Milestone-Meeting SFB HiMAT 2008 (Innsbruck 2009), pp. 37-60.
- STÖLLNER T. 2011, *Der Mitterberg als Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit: Fragestellungen und bisherige Ergebnisse*, in K. OEGGL, G. GOLDENBERG, TH. STÖLLNER, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*, Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 07.-10.10.2010 in Mühlbach (Innsbruck 2011), pp. 93-106.
- STÖLLNER T. 2012, *Mining and Elites: A Paradigm Beyond the Evidence in European Metal Ages*, in T.L. KIENLIN, A. ZIMMERMANN (eds.), *Beyond Elites. Alternatives to Hierarchical Systems in Modelling Social Formations*, Universitätsforsch. Prähist. Archäologie 215 (Bonn 2012), pp. 433-448.
- STÖLLNER T. 2014, *Methods of Mining Archaeology (Montanarchäologie)*, in B. ROBERTS, C. THORNTON (eds.), *Archaeometallurgy in Global Perspective. Methods and Syntheses*, New York, Springer, pp. 133-159.
- STÖLLNER T. 2015, *Der Mitterberg als Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 175-185.
- STÖLLNER T. 2019, *Enmeshment within resource-scapes – Eastern Alpine copper production of the Bronze and Early Iron Age*, in R. TURCK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine Copper II/Alpenkupfer II/ Rame delle Alpi II/ Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, pp. 13-30.
- STÖLLNER T., CIERNY J., EIBNER N., BOENKE N., HERD R., MAAS A., ROETTER K., SORMAZ T., STEFFENS G., THOMAS P. 2009, *Der bronzezeitliche Bergbau im Südtiroler Mitterberggebietes: Bericht zu den Forschungen der Jahre 2002 bis 2006*, "Archaeologia Austriaca", 90 (2006), pp. 87-137.
- STÖLLNER T., HANNING E., HORNSCHUCH A. 2011, *Ökonometrie des Kupferproduktionsprozesses am Mitterberg Hauptgang*, in K. OEGGL, G. GOLDENBERG, TH. STÖLLNER, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*. Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 07.-10.10.2010 in Mühlbach (Innsbruck 2011), pp. 115-128.
- STOS-GALE Z.A. 2017, *The Aegean and the Black Sea connecting South East Europe and Anatolia in the Bronze Age: evidence from metal finds in Bulgaria, Greece and Western Turkey*, in *Objects, Ideas and*

- Travellers. Contacts between the Balkans, the Aegean and Western Anatolia during the Bronze and Early Iron age. Conference to the memory of Alexandru Vulpe, 10th-13th November 2017, Tulcea, Romania. Book of abstracts, pp. 44-50.*
- TARBAY J. 2015, *A new Late Bronze Age warrior equipment from East Central Europe*, "Archaeologiai Értésítő", 140, pp. 29-70.
- TECCHIATI U. 1999, *L'esperienza dell'altro. Scambi e relazioni transculturali nella preistoria e protostoria della regione alpina centrale*, in M. Cossetto (a cura di), *Gli intecci. Materiali di lavoro del gruppo di studio sulle fonti della storia locale*, Istituto Pedagogico in Lingua Italiana, Bolzano, pp. 13-44.
- TECCHIATI U. 2010, *Dinamiche insediative e gestione del territorio in Alto Adige fra la fine del III e la fine del I millennio a.C.*, in L. DAL RI, P. GAMPER, H. STEINER (Hrsg./a cura di), *Höhensiedlungen der Bronzezeit und Eisenzeit. Kontrolle der Verbindungswege über die Alpen/Abitati d'altura dell'età del Bronzo e del Ferro. Controllo delle vie di comunicazione attraverso le Alpi, Forschungen zur Denkmalpflege in Südtirol, Band VI/Beni Culturali in Alto Adige - Studi e ricerche, Volume VI, Provincia autonoma di Bolzano/Bozen*, pp. 487-557.
- TECCHIATI U., DI PILLO M. 2005, *Sistemi insediativi ed organizzazione del territorio nel Bronzo recente dell'Alto Adige*, "Ladinia", XXIX, pp. 7-23.
- TECCHIATI U., GIRARDI M., BOSCHIN F. 2013, *Sacro o profano? Analisi del contenuto di una fossa del bronzo finale scavata a Bressanone-Elvas (p.f. 574/2), loc. Kreuzwiese (BZ)*, "Annali del Museo Civico di Rovereto", vol. 28, 2021, pp. 3-80.
- TIRABASSI J. 2017, *Le possibili funzioni di un fabbro nella società della Tarda età del Bronzo: il caso di Tortonola*, in M. CUPITÒ, M. VIDALE, A. ANGELINI (a cura di), *Beyond limits. Studi in onore di Giovanni Leonardi*, Padova University Press, Padova, pp. 241-248.
- TOMEDI G., TÖCHTERLE U. 2012, *Der Kupferbergbau als movens für die früh- und mittelbronzezeitliche Auf-siedelung Nordtirols*, in P. ANREITER, E. BÁNFFY, L. BARTOSIEWICZ, W. MEID, C. METZNER-NEBELSICK (eds.), *Archaeological, Cultural and Linguistic Heritage. Festschrift for Erzsébet Jerem in Honour of her 70th Birthday*, Archaeolingua/Alapítvány, Main Series, 25, pp. 587-600.
- TROPPER P., GOLDENBERG G., KRISMER M., BECHTER D., STEINER M., VIERTLER H.-P., VAVTAR F. 2018, *Mineral-chemical characterisation of chalcopyrites and fahlore-group minerals from selected Cu-ore deposits in the Eastern Alps*, in R. TURCK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine Copper II/Alpenkupper II: New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 143-162.
- VILLA I.M., GIARDINO C. 2019, *Analisi isotopiche del piombo su reperti bronzei di Frattesina*, in A.M. BIETTI SESTIERI, P. BELLINTANI, C. GIARDINO (a cura di), *Frattesina: un centro internazionale di produzione e di scambio nella tarda età del bronzo del Veneto*, "Atti della Accademia Nazionale dei Lincei", Classe di Scienze Morali, Storiche e Filologiche, Memorie serie IX, volume XXXIX, fascicolo 1, Roma, pp. 255-262.
- VINCENZUTTO D., DALLA LONGA E., ANGELINI I., ARTIOLI G., NIMIS P., VILLA I.M. 2015, *I manufatti in bronzo del sito arginato di Fondo Paviani (Verona) - Scavi Università di Padova 2007-2012. Inquadramento tipo cronologico e analisi archeometriche*, in G. LEONARDI, V. TINÉ (a cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto*, Atti della XLVIII riunione scientifica dell'Istituto italiano di preistoria e protostoria, Padova 5-9 novembre 2013, Studi di Preistoria e Protostoria, vol. 2, Firenze, pp. 833-838.
- ZEMMER-PLANK L. 1995, *Stand und Aufgaben der Urnenfelderforschung in Tirol*, in M. ZU ERBACH, H. FOKKENS, B. GEDIGA (Hrsg.), *Beiträge zur Urnenfelderzeit nordlich und südlich der Alpen*, Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseum, 35, Bonn, pp. 287-306.

PREHISTORIC MINING, BENEFICIATION AND SMELTING OF COPPER ORES IN THE LOWER INN VALLEY, NORTH TYROL, AUSTRIA

Gert Goldenberg

Summary

The article examines the archaeological evidence of the exploitation of copper ores during prehistoric times in the fahlore mining district of Schwaz/Brixlegg in the Lower Inn Valley in North Tyrol. This region became famous for its silver extraction in the early modern Ages. In the frame of the RC HiMAT projects (The History of Mining Activities in the Tyrol and Adjacent Areas - Impact on Environment and Human Societies) various sites in the areas of Brixlegg-Zimmermoos and Radfeld-Mauken could be investigated and dated between the 12th and 8th centuries BC.

From the geochemical analyses on finished objects (copper and bronze artefacts) it is possible to establish that the exploitation of the fahlore from the Schwaz/Brixlegg deposits had a first important phase in the Early Bronze Age, however there is still no direct archaeological evidence for corresponding mining activities in the field. A second phase of exploitation of the local fahlore deposits covers the period from the 12th to the 8th century BC and is well documented at all stages of the process: mining, ore beneficiation (selection/enrichment) and smelting.

Between the mines, one of the most monumental is Mooschrofen, dated to the 9th/8th century BC, with the typical dome shaped cavities produced by fire-setting in the dolomitic hostrock. Other examples of Late Bronze Age/Early Iron Age mines where the fire-setting technic was used are Mauk B and Mauk E in the Radfeld/Mauken district. The availability of wood and charcoal remains inside the mines allowed radio-carbon and dendrochronological analyses with partly high resolution dating of mining activities.

The excavation at the site of Mauk D provided a series of stone tools used for crushing and primary refinement of the ore after extraction. Another ore beneficiation site was found in a former peat bog called Schwarzenberg-Moos (Mauk F), with a washing plant including two wooden troughs interpreted as part of a flotation system of the ground material, in order to separate the heavy ore minerals from the gangue. The last step of the process, the smelting, is well documented in the district of Mauken, at the smelting site of Mauk A, dating to the Late Bronze Age. The identified structures consist of two smelting furnaces, a roasting bed, waste deposits of slag sand including a washing plant with wooden structures. The slag sand is the result of the wet mechanical treatment of the crushed slag to extract and to concentrate the remaining parts rich in copper, with the aim to optimize the output of metal. Organic materials has been preserved very well in the slag sand deposits thanks to the presence of copper salts, conserving also faunal material, which allowed archaeozoological studies. The very different approaches help to outline a general picture of the life and work of the prehistoric communities of miners/metallurgists in the area.

Riassunto

L'articolo prende in esame le evidenze archeologiche dello sfruttamento del rame durante la Preistoria nel distretto minerario della Bassa Valle dell'Inn (da Schwaz a ovest a Brixlegg/Radfeld a est), molto noto per l'estrazione in età moderna. Si tratta dei risultati delle ricerche del progetto Himat (The History of Mining Activities in the Tyrol and Adjacent Areas – Impact on Environment and Human Societies), che ha portato all'indagine di vari siti nelle aree di Brixlegg-Zimmermoos e Radfeld-Mauken, datati tra il XII e l'VIII secolo a.C.

Dalle analisi geochimiche sugli oggetti finiti è stato possibile stabilire che lo sfruttamento del minerale di fahlerz proveniente dai depositi di Schwaz/Brixlegg ha avuto una prima importante fase nel Bronzo Antico, tuttavia non c'è ancora riscontro archeologico diretto.

Una seconda fase di sfruttamento del minerale locale copre i secoli dal XII all'VIII secolo a.C. ed è ben documentata in tutti i passaggi del processo: estrazione mineraria, selezione/arricchimento e smelting.

Per quanto riguarda le miniere la più monumentale è Mooschrofen, datata al IX-VIII secolo a.C., con le tipiche cavità a cupola prodotte dal fire-setting nella roccia dolomitica incassante. Altri esempi importanti di miniere del Tardo Bronzo-inizio Ferro lavorate con la tecnica del fire-setting sono Mauk B e Mauk E nel distretto di Radfeld/Mauken. La forte presenza di legno e carbone all'interno della miniera, usato per l'estrazione del minerale con l'ausilio del fuoco, ha permesso anche importanti analisi dendrocronologiche.

Lo scavo presso il sito Mauk D ha fornito una serie di utensili litici utilizzati per la frantumazione e primo trattamento del minerale dopo l'estrazione. Un altro sito di trattamento del minerale è stato rinvenuto in una torbiera chiamata Schwarzenberg-Moos (Mauk F), con un catino di lavaggio e due truogoli interpretati come parte di un sistema di lavaggio ad acqua del minerale macinato, allo scopo di separare la parte cuprifera dalla ganga.

L'ultimo passaggio del processo, chiamato smelting, è molto ben documentato, nel distretto di Mauken, presso il sito fusorio chiamato Mauk A, della fine dell'età del Bronzo. Le strutture individuate consistono in due forni fusori, un letto di arrostitimento e una zona di lavaggio della sabbia di scorie con strutture in legno. La sabbia di scorie è il risultato del trattamento meccanico delle scorie, per estrarre le parti ricche di rame contenute al loro interno, separandole per gravità con l'ausilio di acqua. I materiali organici si sono conservati grazie alla presenza di acqua e di sali di rame e questo ha permesso anche studi archeozoologici, che aiutano a delineare un quadro generale della vita delle comunità di minatori/metallurghi nella zona.

Key words: Fahlore mining, ore beneficiation, smelting, Late Bronze Age, Early Iron Age, North Tyrol, Austria.

Parole chiave: estrazione fahlore, arricchimento, smelting, Bronzo Recente-Finale, Prima età del Ferro, Tirolo del nord, Austria.

Introduction

On the southern side of the Lower Inn Valley (North-Tyrol) an important historic mining area for copper and silver ores extends from Schwaz in the west to Brixlegg/Radfeld in the east, and is well known since the Early Modern Age as the famous mining region of Schwaz. Based on the exploitation of copper and silver from rich fahlore deposits, this part of Tyrol developed to a leading mining area in Central Europe during the 15th and 16th century AD. During the course of its important economic success, technological innovations and social acquirements may even have influenced to a certain extent the so-

cial development of the Central European Renaissance.

Referring to the current state of mining archaeological research, a comparable situation can be expected for the same area more than 2000 years earlier, during the Late Bronze Age/Early Iron Age. This prehistoric era of prosperous fahlore mining and copper production is not recorded in written sources and is therefore accessible only by archaeological and archaeometrical investigations. Within the framework of the Special Research Program HiMAT (The History of Mining Activities in the Tyrol and Adjacent Areas – Impact on Environment and Human Societies), established at the University of Innsbruck and

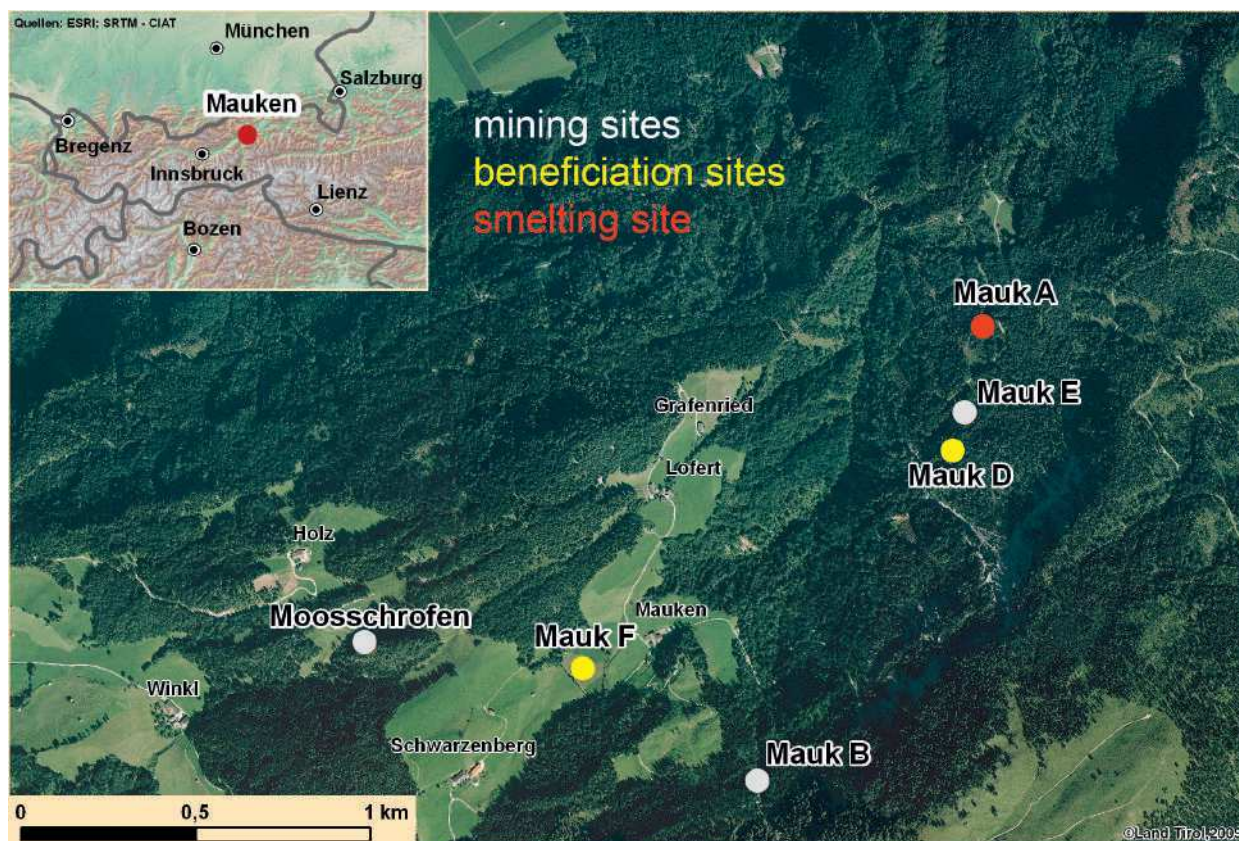


Fig. 1. Late Bronze Age/Early Iron Age mining district Brixlegg-Zimmermoos and Radfeld-Mauken with archaeological sites (graphic: G. Hiebel; Orthophoto © Land Tirol).

supported by the Austrian Science Fund (FWF) from 2007 to 2012, a number of prehistoric mining sites in the area of “Brixlegg-Zimmermoos” and “Radfeld-Mauken” have been studied and documented by interdisciplinary investigations. Radiocarbon dates and dendrochronological data evidence mining activities from the 12th to 8th century BC.

Fahlore mining and metallurgy in the Lower Inn Valley played an important role already during the Early Bronze Age. Primary copper metallurgy based on fahlores from the Schwaz/Brixlegg ore deposits was carried out in settlement sites like Kiechlberg/Thaur (TÖCHTERLE *et alii* 2012; TÖCHTERLE 2015), Tischofer Höhle/Kufstein (HARB 2002), Buchberg/Wiesing (MARTINEK, SYDOW 2004) and Mariahilf-bergl/Brixlegg (HÖPPNER *et alii* 2005). However, the archaeological confirmation of the related fahlore mining in the field is still today (2016) a desideratum. Referring to geochemical analyses performed on copper and bronze artefacts (finished products) this first time of prosperity obviously ended in the late Early Bronze Age and only regained importance several hundred years later during the Late Bronze Age (LUTZ, PERNICKA 2013; LUTZ 2016). A second rise of mining and extractive metallurgy based on fahlores then lasted from the 12th century BC (MÖSLEIN, WINGHART 2002; SPERBER 2004; GOLDENBERG, RIESER 2004) to the 8th century BC. For this period a complete operational sequence related to the local copper production (ore mining, bene-

ficiation and smelting) could be investigated and documented (Fig. 1) in the mining districts Brixlegg-Zimmermoos (Mooschrofen, Schwarzenberg Moos) and Radfeld-Mauken (GOLDENBERG *et alii* 2012; GOLDENBERG 2013; 2015).

Mining

In the Eastern Alps archaeological investigations of prehistoric underground mining were almost restricted for a long time to the Mitterberg area where a modern gallery (“Arthurstollen”) in connection with a well developed infrastructure give an excellent and unique access to prehistoric workings (STÖLLNER 2011; 2015). In all other regions with a large amount of evidence of prehistoric copper production - including the Trentino and South Tyrol - the attention of archaeologists was more concentrated towards smelting sites. The reason is that prehistoric smelting sites are in general easier to locate (relevant for Middle and Late Bronze Age/Iron Age) than their corresponding mines due to today's inaccessibility of the abandoned underground workings and to a strong overprint of ancient mining traces by younger activities (medieval and modern mining). This situation is different in the mining district of Schwaz/Brixlegg in the Lower Inn Valley where since the 1990ies, a larger number of near surface mines could be identified as prehistoric in



Fig. 2. Mooschrofen with Late Bronze Age/Early Iron Age fahlore mines.

origin and dated into the Late Bronze Age/Early Iron Age. This was the starting point for ongoing systematic archaeological investigations.

In the Schwaz/Brixlegg mining districts remains of prehistoric fahlore mining are widespread (PIRKL 1961; RIESER, SCHRATTENTHALER 2000; 2004; GOLDENBERG, RIESER 2004; GOLDENBERG *et alii* 2012). Some of these near surface mining cavities are already mentioned as “heathen mines” since the 16th century AD (see Schwazer Bergbuch, WINKELMANN 1956). One of the outstanding monuments of Late Bronze Age/Early Iron Age fahlore mining is represented by the Mooschrofen (Fig. 2).

This impressive and easily accessible “inselberg” of dolomitic rock shows typical structures of mineral exploitation resulting from fire-setting in the form of surface-near cupola shaped cavities (Fig. 3).

This special driving technic used wood fires to break down the hard and massive dolomitic host rock (WEISGERBER, WILLIES 2001). Radiocarbon data and finds of pottery fragments date the local mining activities at the Mooschrofen into the 9th/8th century BC. Currently high-resolution data is in preparation by dendrochronological investigations of charcoal remains collected from the prehistoric stratigraphy (FZ HiMAT project 2015 - 2018, supported by the Austrian Science Fund FWF). Other remarkable examples for Late Bronze Age/Early Iron Age fahlore mines exploited with the fire-setting technique are represented by the mines Mauk B (Fig. 4) and Mauk

E in the district of Radfeld-Mauken (difficult accessibility).

Extended archaeological excavations could be realised in the mine Mauk E. This mine is driven about 25 meters deep into the dolomitic host rock. The ore exploited was an antimony-rich fahlore (Fig. 5), from which thin veinlets (millimeter to centimeter thick) are still recognizable on fresh rock surfaces.

After the first underground investigations it became clear that the mine is primarily of prehistoric origin, but slightly reworked during Early Modern Times (16th century AD). Fortunately and due to the minor ore content left in the dolomite, the younger works did not go beyond a prospecting stage so that for the most of the mine, the prehistoric structures are quite well preserved.

The prehistoric work is characterized by black rock surfaces caused by soot and the traces of fire-setting as the principal driving technic. These are again typical cupola-shaped cavities formed as a result of the heating the dense and massive structure of the dolomitic host rock. Dolomite flakes up to 10 centimeters thick may give an idea of the efficiency of the applied technique and of the advancing rate produced by one single fire-setting operation. This efficiency strongly depends on the properties of the host rock being exposed to the fire and is quite remarkable in the case of dolomite.

The Early Modern works in contrast show bright rock surfaces with easily recognizable cut marks from iron tools (hammer and chisel); occasionally also drill tubes from black powder blasting can be observed. Parts of the Early Iron Age cavities were 3D-laser scanned in order to enable the calculation of exploited volumes (HANKE *et alii* 2012). As a result of using the fire-setting technique, the debris left in the mine is rich in charcoal (Fig. 6). By systematic sampling and subsequent dendrochronological analysis of this material, it was possible to generate an accurate dating of the mining activities, which in the case of the mine Mauk E falls into the last two decades of the 8th century BC (tree cutting dates from 715 to 706 BC, PICHLER *et alii* 2012; 2013). The Early Modern prospecting activities in the same mine could also be dated by dendrochronology to the 16th century AD (using wooden remains).

Dendrochronological analysis of charcoal from fire-setting allows not only a precise dating of the mining activities but also helps to improve the regional (North Tyrol/Eastern Alps) tree-ring chronology for the period under consideration! This result delivers an excellent base for further precise dating of a larger series of mines which is part of the FZ HiMAT research project already mentioned above (DACH-project, 2015-2018).



Fig. 3. Late Bronze Age/Early Iron Age fahlore mine, exploited by fire-setting - Mooschrofen.

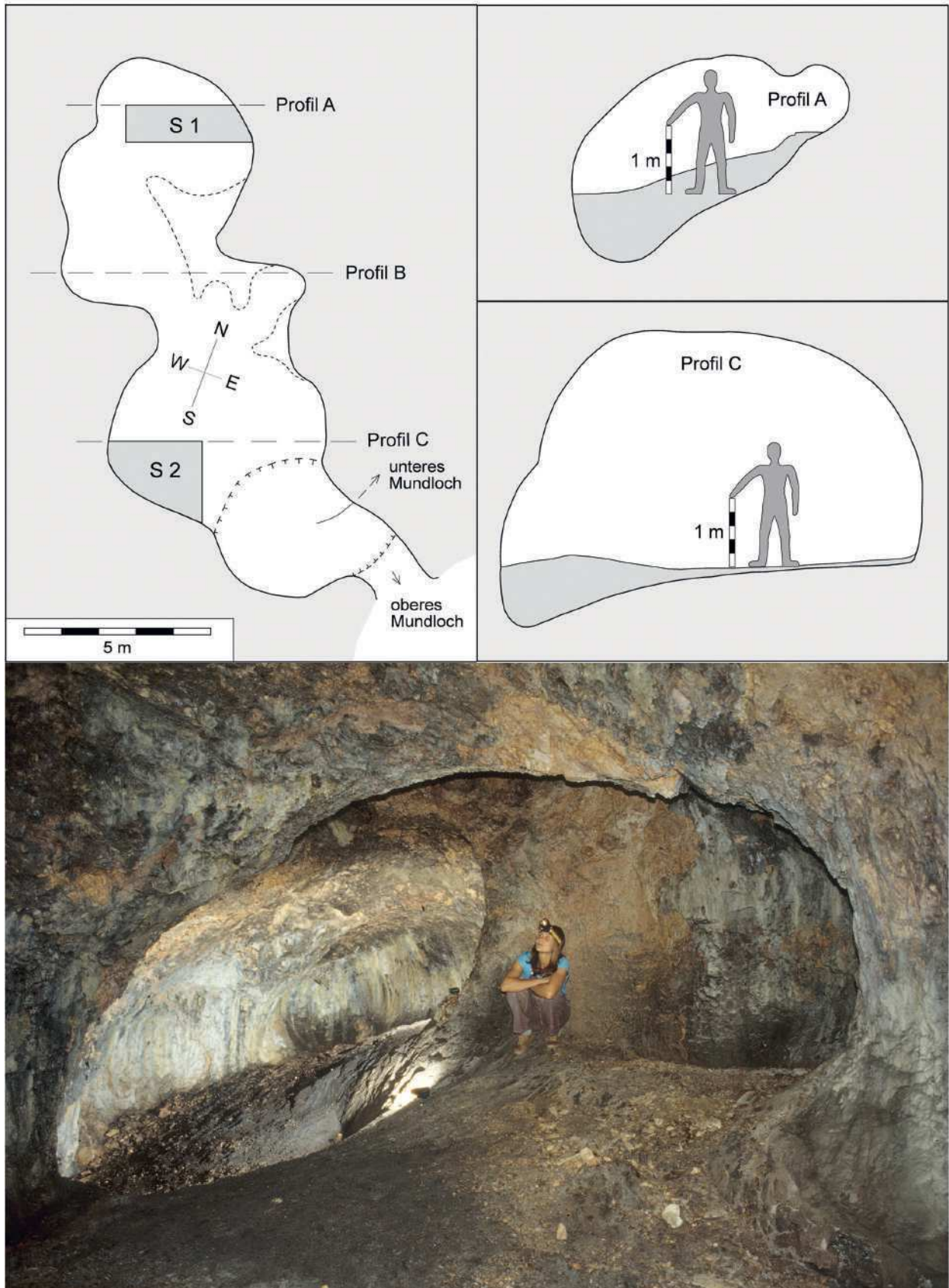


Fig. 4. Late Bronze Age/Early Iron Age fahlore mine Mauk B: typical structures remaining from fire-setting.

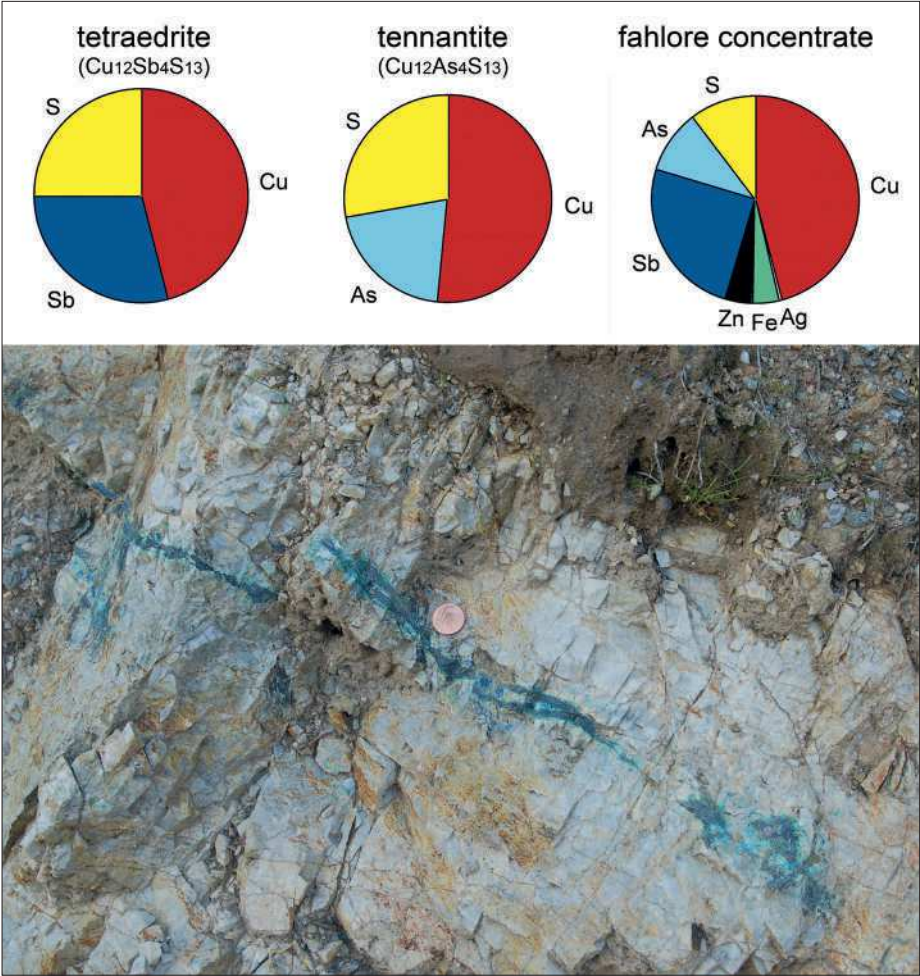


Fig. 5. Chemical composition of tetraedrite/tennantite and fahlore concentrate from the mine Mauk E, fahlore vein in „Schwazer Dolomit“ from the Mauken Valley.



Fig. 6. Charcoal from fire-setting and pine wood spills from the Early Iron Age fahlore mine Mauk E.

Ore beneficiation

Mechanical ore beneficiation (dressing/treatment/processing) represents an important step within the operational sequence of prehistoric metal production. This part can turn out to be quite complex in the archaeological record, especially when wet mechanical treatment has to be considered. The latter complements crushing and grinding operations carried out with stone tools when the ore is finely dispersed in the host rock and can only be concentrated by a washing process (heavy mineral separation).

An excavation on the mining field Mauk D (2000) furnished a series of stone tools (hammer stones) which can be assigned to the mechanical treatment of ore bearing rock (crushing and sorting). These finds provide an excellent insight into the stone tool equipment referring not only to the typology of the artefacts and to their use marks but also to the selection and usage of specific stone materials. The mineralogical determination shows that high metamorphic greenstones like amphibolite, garnet amphibolite and eclogite were the preferred materials for hammer stones (Fig. 7). To get these, well rounded pebble stones of the mentioned rock types were collected and carefully

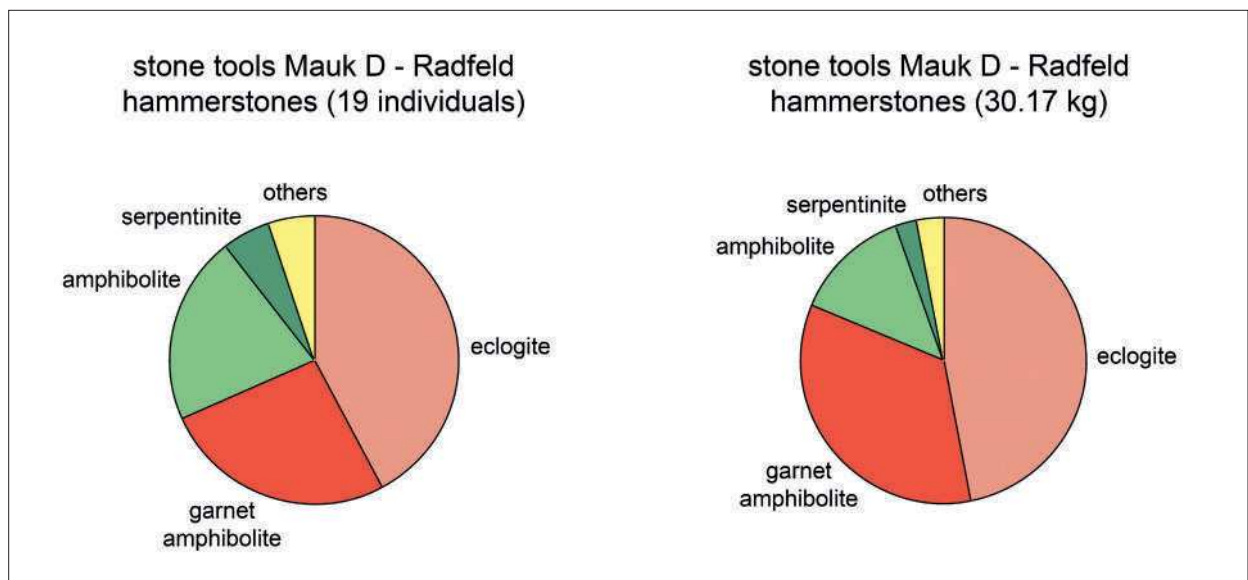


Fig. 7. Stonetools (hammerstones) from the ore beneficiation site Mauk D, Late Bronze Age.

selected (size, shape) from the gravel banks of the Inn River or from glacial moraine deposits.

In the former peat bog Schwarzenberg-Moos (Brixlegg-Zimmermoos, Mauk F) traces of a Late Bronze Age ore beneficiation site were discovered in 2000 in a drainage trench and were excavated in 2007/2008 in the framework of the SFB HiMAT research program (Fig. 8). Two campaigns furnished excellent materials for the reconstruction of the site,

as well as for its dating by dendrochronological analysis (GOLDENBERG *et alii* 2012). On the site, after local forest clearing, a small workshop was installed by Late Bronze Age miners in order to use the out-flow of the bog water for the beneficiation process. Fahlore was exploited in a nearby mine only a few hundred meters distant. A kind of a washing basin with a rectangular wooden structure was installed, from which the basic wooden beams could be exca-



Fig. 8. Ore beneficiation site Mauk F in the Schwarzenberg-Moos, Late Bronze Age.



Fig. 9. Wooden remains and tools from the ore beneficiation site Mauk F, Late Bronze Age.

vated in their *in situ* position. In connection to this basin, two wooden troughs were uncovered and interpreted as parts of an ore washing equipment (Fig. 9). Furthermore, a waste dump connected with the crushing of ore could be documented, containing a mortar stone *in situ*, fragments of hammer stones, a few wooden tools and ceramic. By systematic dendrochronological analysis of the wooden remains, an accurate dating could be achieved, which shows an occupation of the site between 900 and 870 BC (NICOLUSSI *et alii* 2012). Several soil samples from the prehistoric strata as well as pollen profiles from the surrounding peat bog were collected and analysed to reconstruct the local paleo-environment (BREITENLECHNER, OEGGL 2012).

Crushing, grinding and washing operations were also performed on a nearby smelting site. In this case, the aim was to recover copper-rich inclusions (matte, metal) from the slags to improve the overall metal output of the pyro-metallurgical processes.

Smelting

Smelting, as a complex multi-stage process, represents the last step in the operational sequence of primary metallurgy and normally results in the production of raw metal/copper. During the Middle and Late Bronze Age, as well as in the Iron Age, smelting sites were usually installed in or near to the mining districts. The accessibility of raw materials like ore, wood/charcoal, clay and water as well as a convenient topography were important factors for choosing an appropriate location. Slag heaps are the most common indicators for smelting sites and therefore often in the focus of the archaeological prospection.

In the Mauken district, a Late Bronze Age smelting site (Mauk A) was discovered in the 1990ies and subsequently excavated in the frame of several field campaigns between 1994 and 2009 (Fig. 10). Main emphases were placed on the slag heap (mainly consisting of crushed slag, the so called “slag sand”), on the metallurgical installations (furnaces, roasting hearths) and on the reconstruction of the metallurgical process (GOLDENBERG *et alii* 2012; GOLDENBERG 2013; KRISMER, TROPPER 2013; KRISMER *et alii* 2015). The topographic record of the site, geomagnetic measurements and shallow hand core samples helped to estimate the volume of the remaining slag heap (about 100 tons) and to localize the remains of former metallurgical installations. Two smelting furnaces, a multiphase roasting bed and a washing area (for crushed slags, wooden structure) could be uncovered and documented during the excavations. The archaeometallurgical materials collected from the smelting site (ores, slags, roasting products) were analysed in order to work out the raw materials and the process parameters. Besides fahlore as the clearly dominating raw material small amounts

of other ores like chalcopyrite, pyrite, arsenopyrite and bournonite also occasionally appear in polished sections. From a typological point of view, the slags can be roughly classified into “heterogeneous slag cakes” (in fragments), “homogenous platy slags” and “slag sand”, the latter being a product of a (wet) mechanical treatment (Fig. 11). Slag sand is by far the most common slag type on this site, indicating that the slags produced in the furnaces were systematically transformed into a sand fraction in order to recover copper rich inclusions by a washing process (gravity separation).

To characterize the raw copper produced on the site, copper droplets enclosed in slags were geochemically analysed (microprobe). As was to be expected, significant amounts of antimony, arsenic and silver could be detected in the copper. This elemental signature corresponds to the general classification of “fahlore copper”, which was an important raw material on the Central European metal market of the Early Bronze Age as well as of the Late Bronze Age/Early Iron Age.

Mainly due to the antibacterial effect of remaining copper salts in the slag sediments, the preservation of organic materials (HEISS, OEGGL 2008) is remarkable. This is especially the case with animal bones as leftovers of a meat-rich diet. A section of the Mauk A slag heap (“slag sand”) was selected for an excavation with the special aim to collect animal bones for archaeo-zoological analysis. As a result, the meat supply of the local miners/smelters community could be partly reconstructed (SCHIBLER *et alii* 2011): cattle, sheep/goat and pig were the meat providers – no wild animals were detected on the miners/smelters menu.

Infrastructure and subsistence strategies

In the Schwaz/Brixlegg mining district, all steps of a complete operational sequence (mining, ore beneficiation, smelting) could be documented in the area between the Mooschrofen, the Schwarzenberg Moos and the Mauken Valley (GOLDENBERG *et alii* 2012; GOLDENBERG 2013). Small-scale Late Bronze Age “workshop settlements” are to be expected in the immediate vicinity of the mines and the smelting site Mauk A. This is indicated by huge amounts of domestic pottery and animal bones in the waste heaps. Whereas it is not yet clarified if these complexes were occupied seasonally or year-round, valuable results have been obtained concerning the food supply: Archaeobotanical analyses show that food plants and specifically cereals were not cultivated in the vicinity of the mining area. The food supply is characterized by the import of foodstuffs like bread or cleaned cereal, choice cuts of meat and preserved ham (SCHIBLER *et alii* 2011), complemented by milk and dairy products. Close to the mining area in the Mauken Valley, a small cemetery (St. Leonhard) and a set-

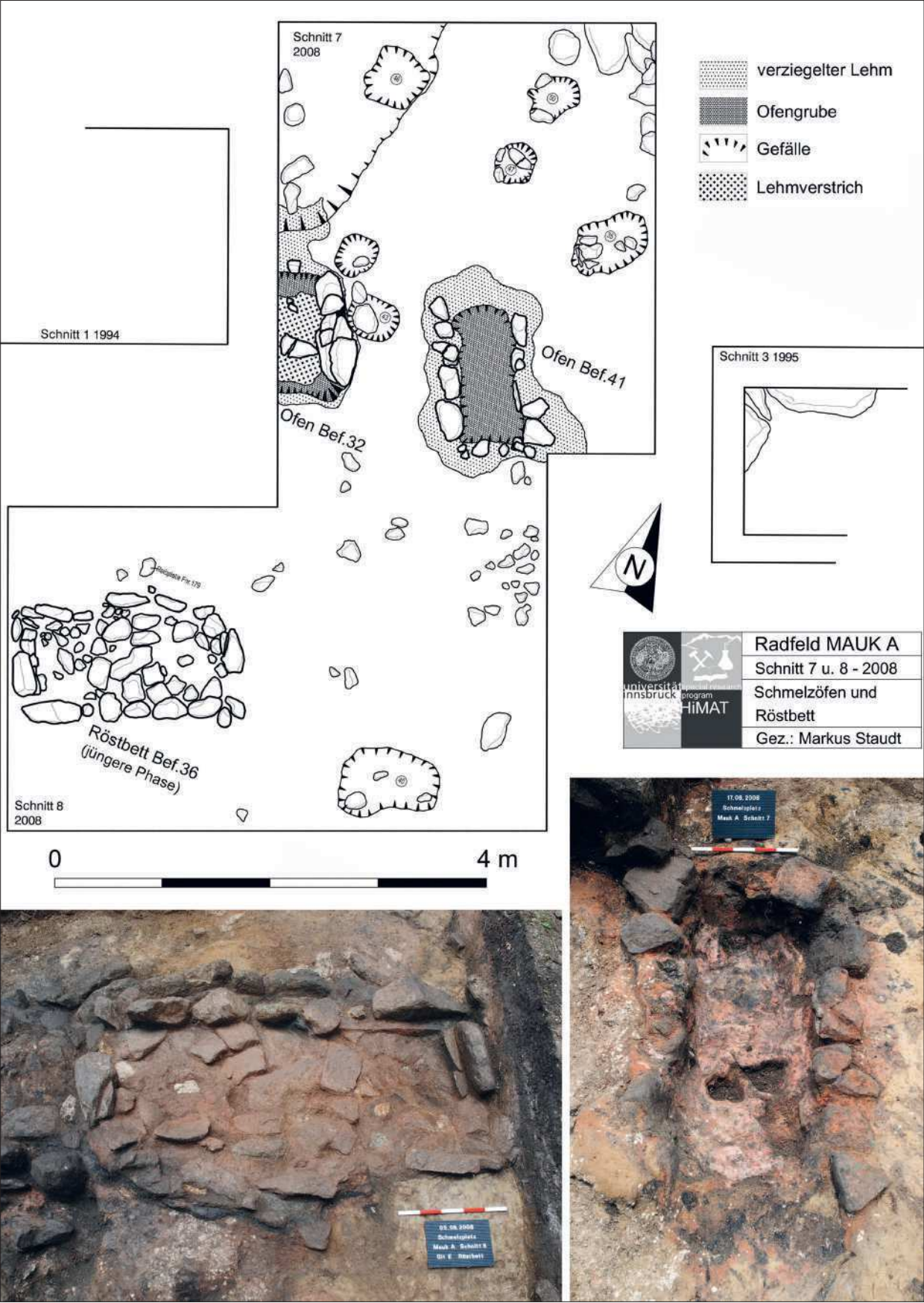


Fig. 10. Smelting site Mauk A – multiphase roasting bed and smelting furnace, Late Bronze Age.

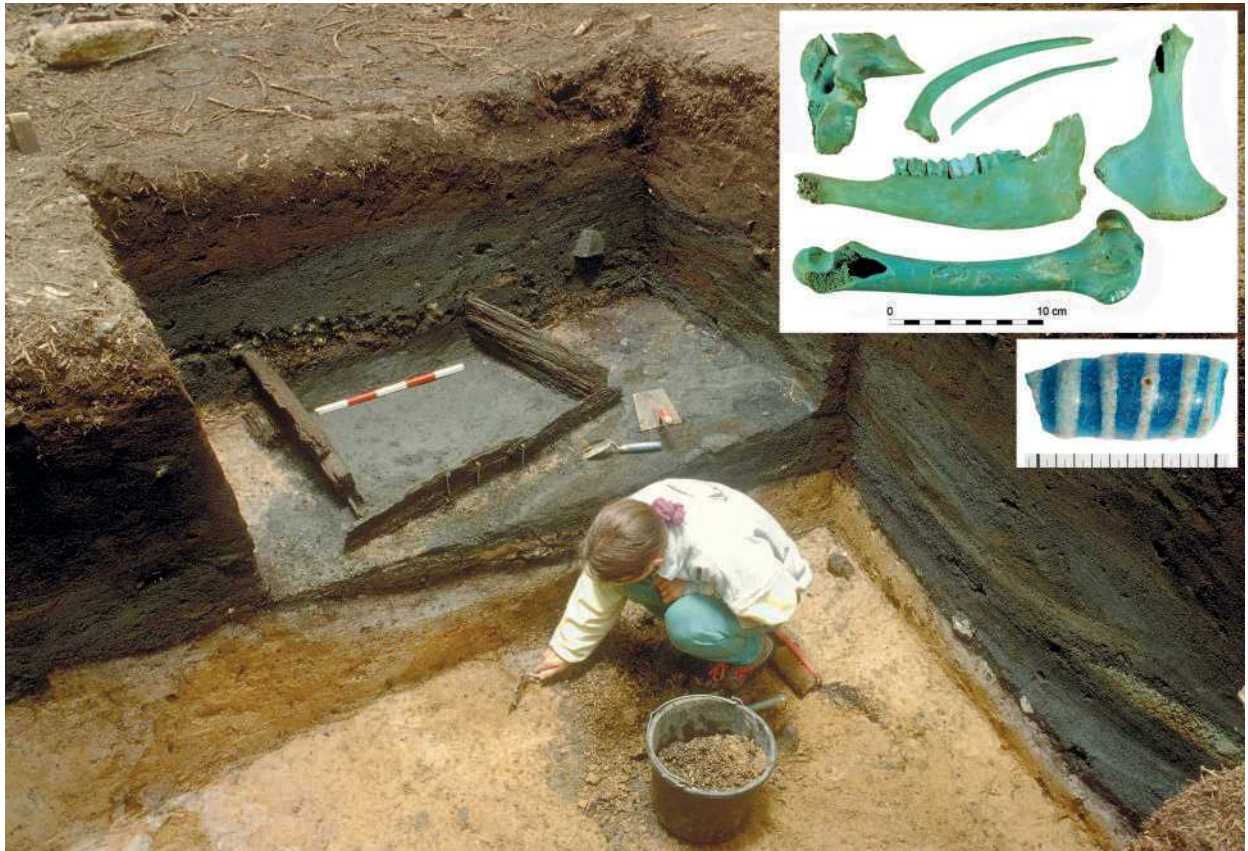


Fig. 11. Smelting site Mauk A – wooden structure for wet mechanical treatment of crushed slag (washing plant); animal bones from the slag sand, colored by the presence of copper salts; blue glass pearl – Late Bronze Age.

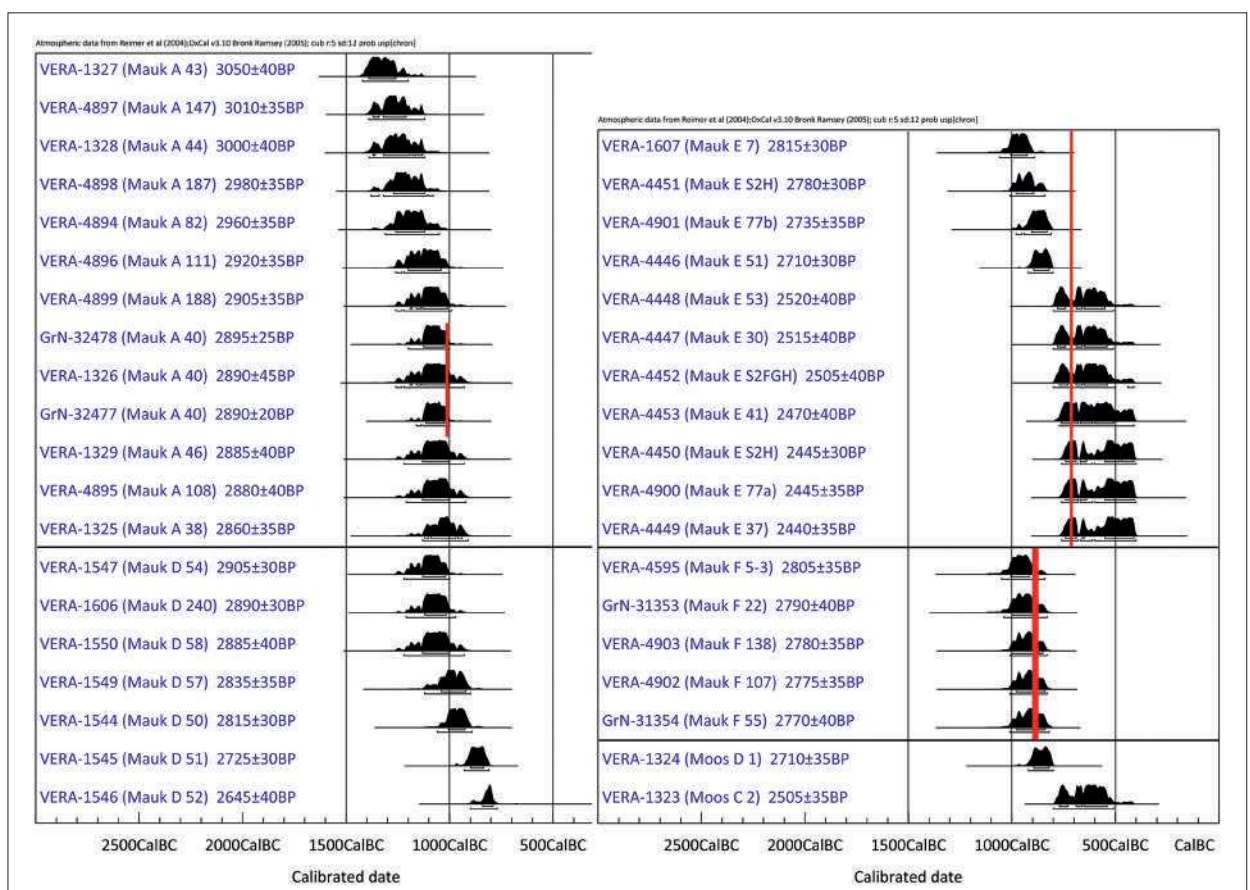


Fig. 12. Chronology of the mining activities in the Mauken Valley and at the Mooschrofen after ^{14}C dates and dendrochronological data (red lines).

tlement area (Kundl Wimpissinger) are considered to be directly linked to the miners'/smelters' community (TOMEDI *et alii* 2013). This is reflected in the presence of ceramic tempered with crushed slag from extractive copper metallurgy. On both sites archaeological investigations are planned within the framework of further projects.

Chronology

For the Late Bronze Age/Early Iron Age, there is good evidence for a fahlore-based copper production in the Lower Inn Valley from the 12th century up to around 700 BC (Fig. 12).

This result is covered by forty ¹⁴C dates from mining, ore beneficiation and smelting sites (GOLDENBERG 2013). As some of these data fall into the "Hallstatt plateau" of the ¹⁴C calibration curve, where satisfactory ¹⁴C dating is not possible, the application of dendrochronology is indispensable.

As part of the FZ HiMAT projects, high resolution dates not only for wood but also for charcoal (from fire-setting) are produced using dendrochronology and allow access to a new quality of dating for the whole area under consideration (NICOLUSSI *et alii* 2012; NICOLUSSI, PICHLER 2013).

Acknowledgement

The author thanks the Austrian Science Fund FWF for the financial support of several research projects as well as the HiMAT research group at Innsbruck University (and joined partners) for the successful interdisciplinary cooperation.

Special thanks are directed to all the young archaeological colleagues who participated in field work and excavations as well as to the land owners and communities who gave their permission to excavate on their ground. Erica Hanning kindly took over the proofreading of the English text.

Bibliography

- BREITENLECHNER E., OEGGL K. 2012, *Vegetationsentwicklung am Schwarzenberg-Moos*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT - Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Archäologie Österreichs Spezial", 4 (2011), Wien 2012, pp. 104-108.
- GOLDENBERG G. 2013, *Prähistorischer Fahlerzbergbau im Unterinntal – Montanarchäologische Befunde*, in MONTANWERKE BRIXLEGG; K. OEGGL, V. SCHAFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Verhüttung in Tirol*, Edition Tirol 2013, pp. 89-122.
- GOLDENBERG G. 2015, *Prähistorische Kupfergewinnung aus Fahlerzen der Lagerstätte Schwaz-Brixlegg im Unterinntal, Nordtirol*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*. Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207, Bochum 2015, pp. 151-163.
- GOLDENBERG G., RIESER B. 2004, *Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol). Ein weiteres Zentrum urgeschichtlicher Kupferproduktion in den österreichischen Alpen*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 37-52.
- GOLDENBERG G., BREITENLECHNER E., DESCHLER-ERB S., HANKE K., HIEBEL G., HÜSTER-PLOGMANN H., HYE S., KLAUNZER M., KOVÁCS K., KRISMER M., LUTZ J., MAASS A., MOSER M., NICOLUSSI K., OEGGL K., PERNICKA E., PICHLER T., PÖLLATH N., SCHIBLER J., STAUDT M., STOPP B., THURNER A., TÖCHTERLE U., TOMEDI G., TROPPE P., VAVTAR F., WEINOLD T. 2012, *Prähistorischer Kupfererzbergbau im Maukental bei Radfeld/Brixlegg im Unterinntal*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT - Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Archäologie Österreichs Spezial", 4 (2011), Wien 2012, pp. 61-110.
- HANKE K., HIEBEL G., KOVÁCS K., MOSER M., WEINOLD T. 2012, *Vermessung und Dokumentation der Grube Mauk E*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT - Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Archäologie Österreichs Spezial", 4 (2011), Wien 2012, pp. 76-79.
- HARB I. 2002, *Die Ausgrabungen in der Tischoferhöhle bei Kufstein in Tirol*, Praearchos 1, Innsbruck 2002.
- HEISS A., OEGGL K. 2008, *Analysis of the fuel wood used in Late Bronze Age and Early Iron Age copper mining sites of the Schwaz and Brixlegg area (Tyrol, Austria)*, "Vegetation History and Archaeobotany", 17, pp. 211-221.
- HÖPPNER B., BARTELHEIM M., HUIJSMANS M., KRAUSS R., MARTINEK K.-P., PERNICKA E., SCHWAB R. 2005, *Prehistoric copper production in the Inn Valley (Austria), and the earliest copper in Central Europe*, "Archaeometry", 47/2, pp. 293-315.
- KRISMER M., TROPPE P. 2013, *Die historischen Fahlerzlagerstätten von Schwaz und Brixlegg: Geologische und mineralogische Aspekte zum Bergbau*

- im Unterinntal, in MONTANWERKE BRIXLEGG; K. OEGGL, V. SCHAFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Verhüttung in Tirol*, Edition Tirol 2013, pp. 11-27.
- KRISMER M., GOLDENBERG G., TROPPER P. 2015, *Mineralogical-petrological investigations of metallurgical slags from the Late Bronze Age fahlore-smelting site Mauken (Tyrol, Austria)*, in A. HAUPTMANN, D. MODARESSI-TEHRANI (eds.), *Archaeometallurgy in Europe III*, Proceedings of the 3rd International Conference Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29 – July 1, 2011, "Der Anschnitt", Beiheft 26, Bochum 2015, pp. 309-317.
- LUTZ J. 2016, *Alpenkupfer – die Ostalpen als Rohstoffquelle in vorgeschichtlicher Zeit*, in M. BARTELHEIM, B. HOREJS, R. KRAUSS, *Von Baden bis Troia. Ressourcennutzung, Metallurgie und Wissenstransfer, "Oriental and European Archaeology"*, vol. 3, Rahden 2016, pp. 333-358.
- LUTZ J., PERNICKA E. 2013, *Prehistoric copper from the Eastern Alps*, "Open Journal of Archaeometry", 2013, vol. 1:e25, pp. 122-127.
- MARTINEK K.-P., SYDOW W. 2004, *Frühbronzezeitliche Kupfermetallurgie im Unterinntal (Nordtirol)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 199-211.
- MÖSLEIN S., WINGHART S. 2002, *Produktion, Verarbeitung und Verteilung von Kupfer – Die Beziehungen der alpinen Lagerstätten und der Handel in Südbayern*, in G. SCHNEKENBURGER (Hrsg.), *Über die Alpen. Menschen – Wege – Waren*, "ALManach", 7/8, Stuttgart, pp. 137-143.
- NICOLUSSI K., PICHLER T. 2013, *Bergbauholz aus historischer und prähistorischer Zeit – Jahrringanalysen zur Bergbaugeschichte im Raum Schwaz-Brixlegg*, in MONTANWERKE BRIXLEGG; K. OEGGL, V. SCHAFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Verhüttung in Tirol*, Edition Tirol 2013, pp. 153-187.
- NICOLUSSI K., THURNER A., PICHLER T. 2012, *Dendrochronologische Analysen an Hölzern der spätbronzezeitlichen Erzaufbereitungsanlage Schwarzenberg-Moos (Mauk F) bei Brixlegg*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT - Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Archäologie Österreichs Spezial", 4 (2011), Wien 2012, pp. 89-99.
- PICHLER T., NICOLUSSI K., THURNER A. 2012, *Jahrringanalysen an prähistorischen Holzkohlen aus der Grube Mauk E – Die Bedeutung dendrochronologischer Untersuchungen für archäologische Fragestellungen*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT - Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Archäologie Österreichs Spezial", 4 (2011), Wien 2012, pp. 79-86.
- PICHLER T., NICOLUSSI K., GOLDENBERG G., HANKE K., KOVÁCS K., THURNER A. 2013, *Charcoal from a prehistoric copper mine in the Austrian Alps: dendrochronological and dendrological data, demand for wood and forest utilisation*, "Journal of Archaeological Science", 40, pp. 992-1002.
- PIRKL H. 1961, *Geologie des Trias-Streifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inn zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol)*, "Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt", Bd. 104, Wien 1961, pp. 1-150.
- RIESER B., SCHRATTENTHALER H. 2000, *Urgeschichtlicher Kupferbergbau im Raum Schwaz-Brixlegg, Tirol*, "Archäologia Austriaca", 82/83 (1998/1999), pp. 135-179.
- RIESER B., SCHRATTENTHALER H. 2004, *Prähistorischer Kupferbergbau im Raum Schwaz/Brixlegg (Nordtirol)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 75-94.
- SCHIBLER J., BREITENLECHNER E., DESCHLER-ERB S., GOLDENBERG G., HANKE K., HIEBEL G., HÜSTER-PLOGMANN H., NICOLUSSI K., MARTI-GRÄDEL E., PICHLER S., SCHMIDL A., SCHWARZ S., STOPP B., OEGGL K. 2011, *Miners and mining in the Late Bronze Age: a multidisciplinary study from Austria*, "Antiquity", 85, pp. 1259-1278.
- SPERBER L. 2004, *Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 303-345.
- STÖLLNER T. 2011, *Das Alpenkupfer der Bronze- und Eisenzeit: Neue Aspekte der Forschung*, in K. SCHMOTZ, *Vorträge des 29. Niederbayerischen Archäologentages*, Deggendorf. Rahden 2011, pp. 25-70.
- STÖLLNER T. 2015, *Der Mitterberg als Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 207, Bochum 2015, pp. 175-185.
- TÖCHTERLE U. 2015, *Der Kiechlberg bei Thaur als Drehscheibe zwischen den Kulturen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. Ein Beitrag zum Spätneolithikum und zur Früh- und Mittelbronzezeit in Nordtirol*, *Universitätsforschungen* 261, Teil 1 und 2, Bonn 2015.
- TÖCHTERLE U., BACHNETZER T., BRANDL M., DESCHLER-ERB S., GOLDENBERG G., KRISMER M., LUTZ J., OEGGL K., PERNICKA E., SCHEIBER E., SCHIBLER J., SCHWARZ S., TOMEDI G., TROPPER P., VAVTAR F. 2012, *Der Kiechlberg bei Thaur – eine neolithische bis frühbronzezeitliche Höhensiedlung*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT - Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Archäologie Österreichs Spezial", 4 (2011), Wien 2012, pp. 31-58.
- TOMEDI G., STAUDT M., TÖCHTERLE U. 2013, *Zur Bedeutung des prähistorischen Bergbaus auf Kupfererze im Raum Schwaz-Brixlegg*, in MONTANWERKE

- BRIXLEGG; K. OEGGL, V. SCHAFFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Verhüttung in Tirol*, Edition Tirol 2013, pp. 55-70.
- WEISGERBER G., GOLDENBERG G. 2004 (Hrsg.), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17.
- WEISGERBER G., WILLIES L. 2001, *The use of fire in prehistoric and ancient mining: firesetting*, "Paléorient", 26/2, pp. 131-149.
- WINKELMANN H. 1956, *Schwazer Bergbuch. Faksimile-Ausgabe des Ettenhardtschen Kodex von 1556*, Wethmar/Post Lünen (209).

UGELLI UTILIZZATI NELLA METALLURGIA DEL RAME DURANTE L'ETÀ DEL BRONZO

Ulrike Töchterle, Markus Staudt, Peter Tropper

Riassunto

Facendo una sintesi dei dati pubblicati con quelli ricavati dalle sperimentazioni possiamo affermare che, per quanto riguarda la metallurgia primaria e quella secondaria, a partire dall'età del Bronzo Antico sono stati utilizzati crogioli o piccoli forni in fosse con ugelli troncoconici.

Con la rinascita del processo estrattivo del rame e con il conseguente utilizzo di forni alti tipo "Schachtofen" a partire dall'inizio dell'età del Bronzo Medio, fanno la loro comparsa gli ugelli dritti in ceramica, collegati a mantici. Per quanto riguarda la metallurgia secondaria, vale a dire la raffinazione, la fusione e la lavorazione del rame e del bronzo, sono invece stati utilizzati ugelli piegati a forma di "L". Tale distinzione è funzionale alle modalità di distribuzione dell'aria: nel forno per l'estrazione o "Schachtofen" la ventilazione doveva avvenire dal basso oppure di lato, mentre nella forgia o crogiolo l'aria doveva provenire dall'alto. Non è ancora chiaro se per la raffinazione del rame grezzo (dal rame nero) venissero utilizzati forni piccoli per la fusione oppure forge e di conseguenza ugelli piegati. Purtroppo i dati archeologici non ci aiutano ancora a colmare questa lacuna.

Summary

The evidence from published data and experimental archaeology suggests that from Early Bronze Age on, for primary and secondary metallurgy, crucibles or small pit furnaces with truncated cone shaped tuyères were used.

With the restart of the copper extraction process and the use of smelting furnaces type "Schachtofen", from the beginning of the Middle Bronze Age, the straight tuyères, connected to bellows, appear. "L" shaped tuyères were instead used for the secondary metallurgy: refining, casting and working copper and bronze. The typology of tuyères and their different shapes are connected to the distribution of air: in the furnace the ventilation must have taken place from below or from the side, while in the pit or crucible the air flux was probably coming from above. It is still not clear, from the archaeological record, what kind of structure (small furnaces or pits) was used for refining copper from black copper.

Parole chiave: ugelli, età del Bronzo, archeologia sperimentale.

Key words: tuyères, Bronze Age, experimental archaeology.

Introduzione

Gli ugelli da mantice (*tuyères*) costituiscono una delle classi di materiali più originali dell'età del Bronzo. Si tratta di reperti strettamente legati allo sviluppo delle attività metallurgiche nell'area alpina, come ben testimoniato dalla loro evoluzione tipologica. Pur essendo strumenti fondamentali per la realizzazione dei processi pirometallurgici, non sono stati fino a oggi oggetto di studi sistematici. In

base a considerazioni tipologiche, ai risultati delle analisi mineralogiche e petrografiche effettuate su alcuni ugelli e grazie a quanto emerso dagli esperimenti effettuati nell'ambito del progetto HiMAT¹, è obiettivo di questo testo di cercare di affrontare questa complessa tematica (TÖCHTERLE *et alii* 2013).

Innanzitutto non è facile distinguere gli ugelli utilizzati per la metallurgia primaria, quindi per l'estrazione del rame dal minerale cupriferi (*smelting*), da quelli utilizzati invece per la metallurgia se-

¹ SFB HiMAT è stato finanziato dal FWF (*Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich*), dalla provincia Land Tirol e altri sponsor (FWF-Projekt F3106 G02). Informazioni su <http://www.uibk.ac.at/himat>. Grazie a Gert Goldenberg, che ha iniziato gli esperimenti metallurgici durante il progetto HiMAT. Grazie a Matthias Krismer, Philipp Schneider (istituto di mineralogia e petrografia, Università di Innsbruck) e a tutti coloro che hanno partecipato agli esperimenti, oltre agli autori: Erica Hanning, Elena Silvestri, Nils Anfinset, Michael Klauzner, Enrico Belgrado, Caroline Grutsch, Klaus-Peter Martinek e Peter Lackner.

condaria, vale a dire per la fusione e la lavorazione del rame e del bronzo (*casting*). Le più antiche attestazioni di ugelli utilizzati per l'estrazione e fusione dei minerali di rame risalgono alla media e tarda età del Rame (RODEN 1988; HUNDT 1988; PEDROTTI 2001, nota 141; PEARCE 2009) e sono note in siti del Tirolo, Brixlegg Mariahilfbergl (HUIJSMANS *et alii* 2004, fig. 5, 3-5), dell'Alto Adige a Brixen-Milland (DAL RÌ *et alii* 2005; COLPANI *et alii* 2009; ARTIOLI, BURGER 2009) e del Trentino, a Riparo Marchi (MOTTES *et alii* 2014; SILVESTRI *et alii* 2015), Acquaviva di Besenello², Molina di Ledro, La Vela di Valbusa e Cisano³. Si tratta di piccoli ugelli o soffiatoi di forma troncoconica all'interno dei quali venivano inserite delle lunghe canne in cui veniva soffiata l'aria (direttamente dai polmo-

ni). Per questo periodo oltre agli ugelli vi sono altri indicatori di attività metallurgiche⁴ quali scorie e crogioli attestati nelle culture di Pfyn e Mondsee (MAINBERGER 1998, fig. 235; FRANK, PERNICKA 2012; MAURER 2014; LEUZINGER 2007, p. 87, fig. 90; ALTORFER, CONSCIENCE 2005, pp. 61-74).

A partire dall'antica età del Bronzo si diffondono in Tirolo ugelli corti utilizzati per la fusione dei minerali e del rame (FASNACHT 1998, 237 e seg., figg. 106, 107; HUNDT 1988, pp. 99-104; RODEN 1988). All'interno di insediamenti localizzati lungo la valle dell'Inn e riconducibili a questa fase cronologica (antica età del Bronzo) sono stati infatti rinvenuti piccoli ugelli (Fig. 1), forme di fusione⁵, crogioli⁶ e ceramiche con sabbia di scorie nell'impasto⁷: tutti elementi che indicano la presenza di

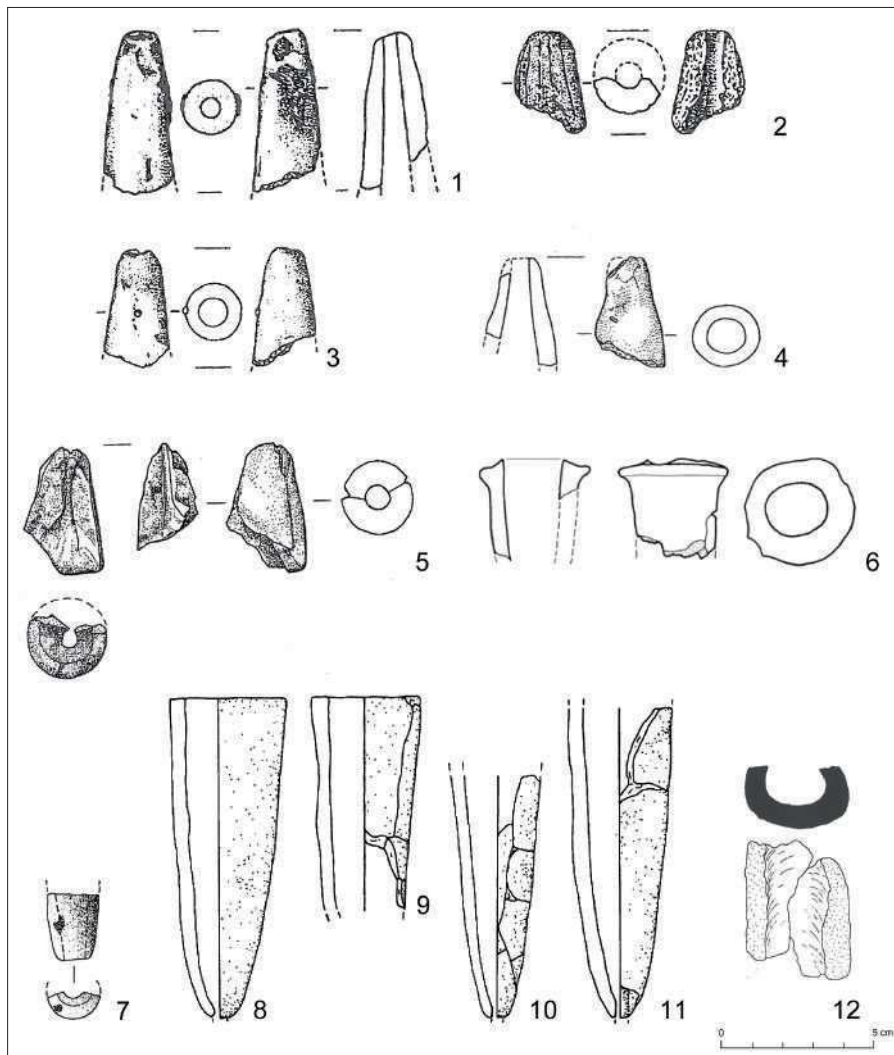


Fig. 1. Ugelli ceramici dal Nordtirol: 1-4. Brixlegg-Mariahilfbergl e Hochkapelle (HUIJSMANS *et alii* 2004, fig. 5, 3-5; HUIJSMANS, KRAUSS 1993, fig. 368); 5-6. Wiesing-Buchberg (SCHUBERT 2005, fig. 8; MARTINEK 1996, fig. 20); 7. Kufstein-Festungsberg (TISCHER 2004, tav. 23, 185); 8-11. Kufstein-Tischofer Höhle (HARB 2002, tav. 17, 3-6); 12. Patsch-Europabrücke (HUIJSMANS 1994, tav. 33, 6).

Fig. 1. Ceramic tuyères from Nordtirol: 1-4. Brixlegg-Mariahilfbergl e Hochkapelle (HUIJSMANS *et alii* 2004, fig. 5, 3-5; HUIJSMANS, KRAUSS 1993, fig. 368); 5-6. Wiesing-Buchberg (SCHUBERT 2005, fig. 8; MARTINEK 1996, fig. 20); 7. Kufstein-Festungsberg (TISCHER 2004, tav. 23, 185); 8-11. Kufstein-Tischofer Höhle (HARB 2002, tav. 17, 3-6); 12. Patsch-Europabrücke (HUIJSMANS 1994, tav. 33, 6).

² Datazione non sicura: ANGELINI *et alii* 1980; ARTIOLI, BURGER 2009.

³ AMBERT, CAROZZA 1998, fig. 6; altri soffiatoi (?) vedi MOTTES, NICOLIS 2002, nota 30.

⁴ Per esempio Trentino: Acquaviva di Besenello e Riparo Gaban, strato C5: PEDROTTI 2001, figg. 32, 33; D'AMICO *et alii* 1998; ANGELINI *et alii* 1980.

⁵ Per esempio Tischofer Höhle-Kufstein: HARB 2002, tav. 17, 1-2; Kiahbichl-Faggen: SYDOW 1998, p. 641, figg. 8 e 9; Hochkapelle-Brixlegg: HUIJSMANS, KRAUSS 1998, p. 787, fig. 458.

⁶ Per esempio Buchberg-Wiesing: MARTINEK 1996, p. 583, fig. 21; MARTINEK, SYDOW 2004, p. 211; SCHUBERT, PERNICKA 2013; Kiechlberg-Thaur: TÖCHTERLE *et alii* 2015, pp. 333-334.

⁷ STAUDT 2021; TÖCHTERLE *et alii* 2013; TÖCHTERLE *et alii* 2015; SÖLDER 1987/1988, p. 6, fig. 13, nota 3.

attività metallurgiche in contesti abitativi (Fig. 2) ed in particolar modo all'interno di veri e propri laboratori (*ateliers*) (KIENLIN, STÖLLNER 2009, p. 88; TOMEDI, TÖCHTERLE 2012; TOMEDI *et alii* 2013).

In alcuni insediamenti sono stati ritrovati minerali grezzi, come nel caso del Kiechlberg (KRISMER *et alii* 2015), o minerali grigi, i cosiddetti "*Mischfahlerze*", provenienti dai giacimenti regionali di Schwaz/Brixlegg nella bassa valle dell'Inn, come attestato al Buchberg-Wiesing (MARTINEK 1996; MARTINEK, SYDOW 2004; SCHUBERT, PERNICKA 2013) e nella Tischofer Höhle-Kufstein (NEUNINGER *et alii* 1970, Nr. 3; MOSTLER 1969). Un piccolo frammento di rame grezzo proveniente da livelli

datati all'età del Bronzo antico rinvenuti a Angath vicino Wörgl (SÖLDER 1987/1988, p. 9 fig. 17), sembrerebbe indicare anche in questo sito lo svolgimento di attività di lavorazione del rame grigio *Fahlerz*.

La diffusione di ugelli corti e di prodotti metallurgici sembrerebbe potersi collocare cronologicamente, per quanto riguarda la valle dell'Inn, nell'età del Bronzo antico tra la fase FB Ib e la fase FB IIa (tra il 2.000 e il 1.800 a.C., l'inizio della Straubinger Kultur) e può essere messa in relazione con la contemporanea comparsa del gruppo ceramico bavarese Burgweinting/Viecht⁸. Il rinvenimento di un ugello nel sito eponimo di Burgweinting (HOPPE 1993, fig.

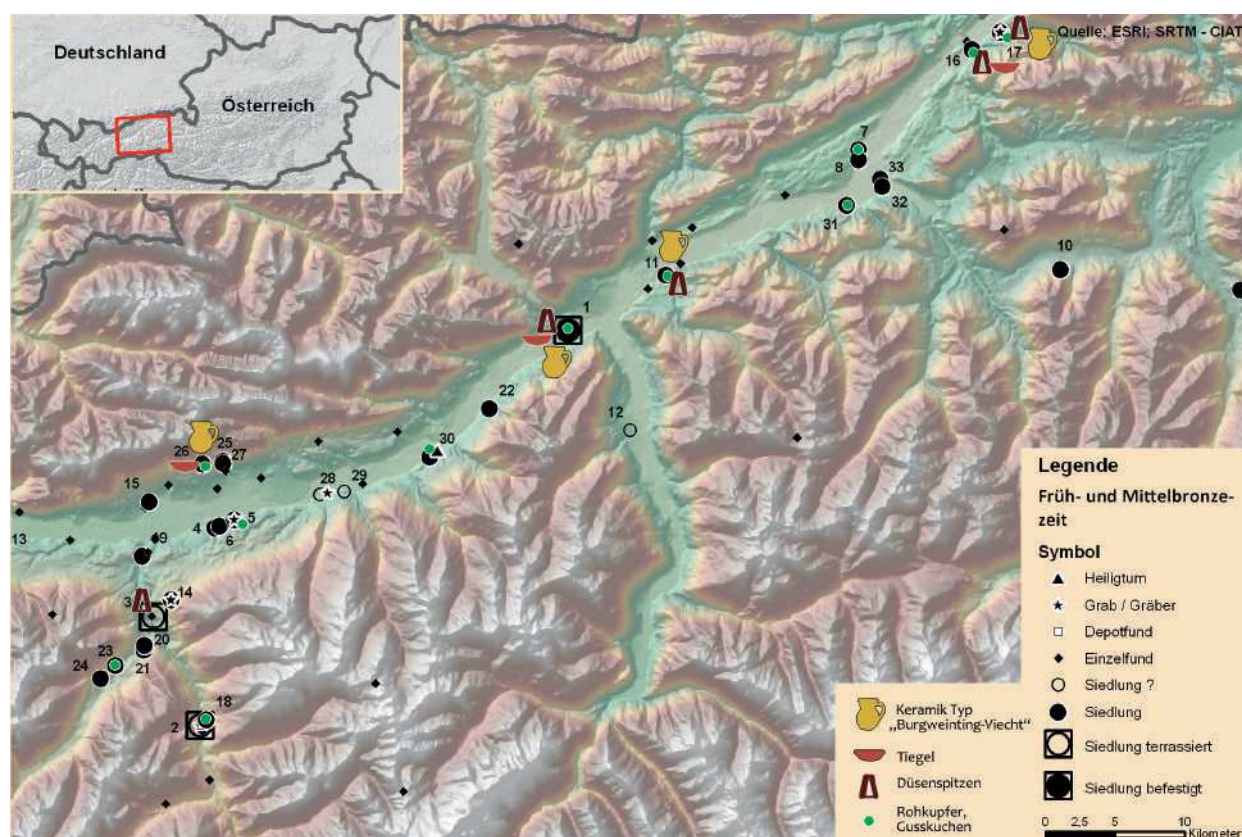


Fig. 2. Carta di distribuzione degli abitati dell'età del Bronzo Antico/Medio nella valle bassa dell'Inn con resti metallurgici (punti verdi), ugelli, crogioli e ceramica del tipo Burgweinting/Viecht.

Fig. 2. Distribution map of the Early/Middle Bronze Age settlements in the lower Inn Valley with evidence of metallurgy (green dots), tuyères, crucibles and Burgweinting/Viecht type pottery. (grafica: U. Töchterle / G. Hiebel, Univ. Innsbruck; ©ESRI, SRTM-CIAT).

1. Wiesing, Buchberg. – 2. Matrei a. Br., Gschleirsbühel. – 3. Patsch, Europabrücke. – 4. Ampass, Kogel. – 5. Ampass, Sonnenbühel. – 6. Ampass, Mensboden. – 7. Angath, Fürth. – 8. Angath, Kirchleiten. – 9. Aurach, Bacherberg. – 10. Brixen i. T., Götschen/Kandleralm. – 11. Brixlegg, Hochkapelle. – 12. Fügen, Kapfing. – 13. Grinzens, Burgeben. – 14. Igls, Goldbichl. – 15. Innsbruck, Burgstadel. – 16. Kufstein, Festungsberg. – 17. Kufstein, Tischofer. – 18. Mühlbachl, Trautson. – 19. Natters, Sonnenburger Hügel. – 20. Schönberg, Hagebichl. – 21. Schönberg, Zauberbichl. – 22. Schwaz, Freundsberg. – 23. Telfes, Muiggensbichl. – 24. Telfes, Kapurga. – 25. Thaur, Altenburg. – 26. Thaur, Kiechlberg. – 27. Thaur, Meißebichl. – 28. Volders. – 29. Volders Himmelreich. – 30. Weer, Cafe Günther. – 31. Wörgl, Inttalmilch. – 32. Wörgl, Egerndorfer Feld. – 33. Kirchbichl, Grattenbergl (grafica: U. Töchterle / G. Hiebel, Univ. Innsbruck; ©ESRI, SRTM-CIAT).

⁸ Definizione del gruppo Burgweinting/Viecht: MÖSLEIN 1997, pp. 37-106. – Distribuzione in Tirolo: Wiesing: MARTINEK 1996, p. 583, fig. 20; MARTINEK, SYDOW 2004, p. 211; SCHUBERT 2005, 17; 20-22 fig. 8; 52; 62; SCHUBERT, PERNICKA 2013. – Brixlegg: HUIJSMANS, KRAUSS 1998, p. 787; HUIJSMANS, KRAUSS 1993, p. 690, fig. 368. – Tischofer Höhle, Kufstein: HARB 2002, tav. 17, 3-6. – Kufstein, Festungsberg: TISCHER 2004, tav. 23, 185.

21,13) è da interpretare come la testimonianza dello spostamento di gruppi di persone, probabilmente cercatori di minerali, provenienti dalla Baviera meridionale, che importarono oltre alla facies ceramica anche il *know how* metallurgico. Per quanto riguarda la valle dell'Inn e la Wipptal non sono però noti insediamenti riconducibili a questa fase cronologica (Fig. 2). I siti indagati fino ad oggi appartengono infatti alla fase FBIII (BzA2, 1675-1550 a.C.) (TÖCHTERLE 2015, p. 157; TOMEDI, TÖCHTERLE 2012; TOMEDI *et alii* 2013). Tale scarsità di attestazioni potrebbe essere spiegata ipotizzando la presenza di "singoli individui" che effettuavano delle prospezioni dell'area alpina in cerca di giacimenti metalliferi. Tale dinamica potrebbe forse essere applicata anche alla presenza di rame del tipo "Straubing" all'interno della necropoli di Arano⁹. Anche l'estrazione di ossidi e zolfo mediante l'utilizzo di ugelli in fosse semplici o di crogioli poco profondi, è stata sperimentata con successo ad esempio da Erica Hanning (HANNING 2007, bes. 58-61; HANNING *et alii* 2010, p. 294; REHDER 1994; BOURGARIT 2007; O'BRIAN 2004; FASNACHT 1999).

Durante la transizione Bronzo antico e Bronzo Medio, ebbero luogo numerosi cambiamenti tecnologici legati soprattutto alle modalità di ventilazio-

ne (JANTZEN 2008, p. 214). Gli ugelli piccoli di forma troncoconica vennero sostituiti da ugelli più grandi, legati a mantici e quindi molto più efficienti. La tipologia più diffusa in ambito centro-europeo, che perdurò fino al V sec. a.C., è quella dell'ugello piegato ad "L" o a gomito (WEISGERBER, RODEN 1986, pp. 2-26). In un primo momento l'uso di ugelli generava un flusso continuo di aria di media intensità (nel caso fossero utilizzati due mantici) apportando, grazie alla ventilazione continua, un notevole miglioramento nel processo di fusione (BINGGELI *et alii* 1997, pp. 567-569). L'energia prodotta risultava dunque essere più alta rispetto a quella generata dai piccoli ugelli dell'antica età del Bronzo (REHDER 1994). Gli ugelli a "L" finora noti in Tirolo sono: quello rinvenuto al Palmbühel ad Ampass datato all'età del Bronzo Finale (Fig. 3.1; TÖCHTERLE 2009, pp. 108-110, tav. 19, 381.382), e quello in stato frammentario recentemente scoperto al Gratzenbergl nelle vicinanze di Kirchbichl (Fig. 3.2)¹⁰. La decorazione a cordoni, che caratterizza questo tipo di ugelli, veniva applicata non solo per motivi funzionali ma anche probabilmente simbolici¹¹. Il valore simbolico è ipotizzabile per le decorazioni zoomorfe. La configurazione a protome equina dell'ugello di Ampass è evidente: si possono notare la criniera e gli occhi. Con ogni probabilità i fonda-

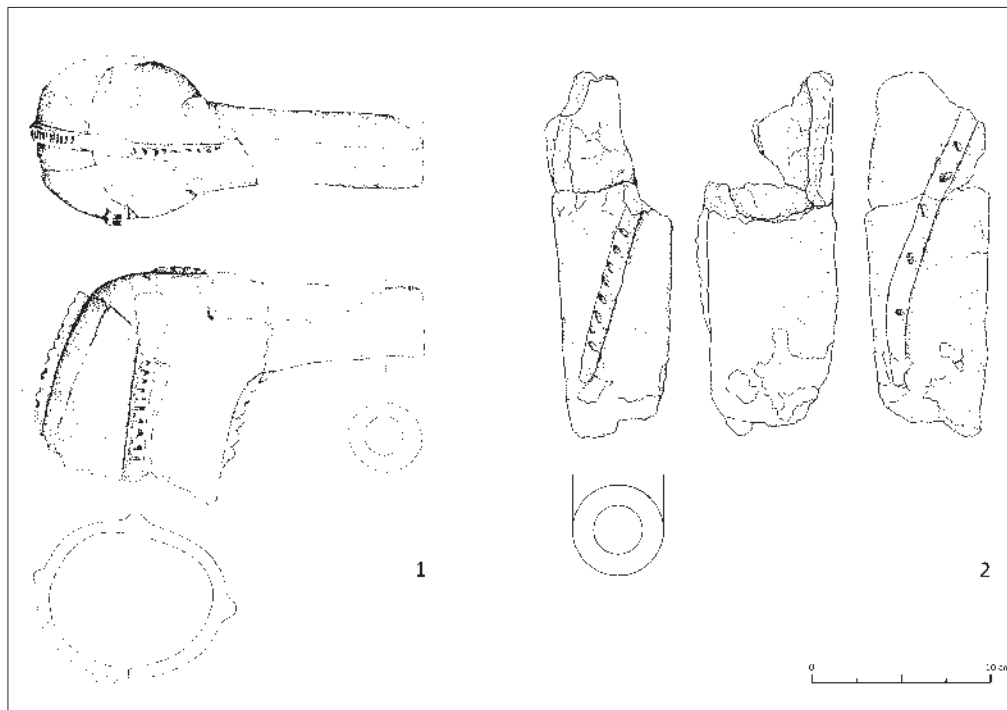


Fig. 3. Ugelli a "L" per la fusione e la lavorazione del rame e del bronzo. 1 Ampass-Palmbühel (TÖCHTERLE 2009, tav. 19, 381); 2 Gratzenbergl-Wörgl (M. Staudt, Univ. Innsbruck).

Fig. 3. L shaped tuyères for copper and bronze casting. 1 Ampass-Palmbühel (TÖCHTERLE 2009, tav. 19, 381); 2 Gratzenbergl-Wörgl (M. Staudt, Univ. Innsbruck).

⁹ In corso di studio da parte di Paola Salzani: SALZANI, SALZANI 2008; SALZANI 2011.

¹⁰ Pubblicazione in preparazione, Markus Staudt, Inst. für Archäologien, Univ. Innsbruck.

¹¹ MISKE 1908, p. 20, tav. XXI, 1-4; KAUFMANN 1975; 1978; JANTZEN 2008, pp. 205-215; FIALA 1899, p. 90, Fig. 104. - Con cordone liscio: KUCHARÍK, ŠVÁCHA 2007, pp. 145-155; BERNATZKY-GOETZE 1987, p. 102, tav. 176,1; AMBS, WISCHENBARTH 1990, p. 268; PERINI 2002, pp. 763-769, fig. 3; STAPEL 2011, p. 4.

tori protostorici consideravano questi ugelli come oggetti animati. Anche l'alternanza di "ispirazione e espirazione" (l'entrata e l'uscita dell'aria) ricorda un po' l'anelito animale.

Osservando la carta di distribuzione di Christopher Roden del 1988, notiamo la presenza di 28 ugelli a L datati all'età del Bronzo Recente, Finale e alla prima età del Ferro (RODEN 1988, fig. 15). I pezzi appartengono principalmente a contesti legati alla lavorazione di metalli all'interno di abitati. Solo 5 esemplari provengono invece da contesti funerari. Nella recente pubblicazione di Detlef Jantzen del 2008 sono noti 39 ugelli a gomito provenienti dall'area centro-europea (JANTZEN 2008, p. 378, tavv. 119-120), e per la prima volta anche 2 reperti rinvenuti in Austria: Prein a. d. Rax -Bassa Austria-Niederösterreich (HAMPL 1953, fig. 4, tav. 2,1) e Triebsen nella Stiria (PRESSLINGER *et alii* 1980, pp. 131-142, fig. 8). Colpisce il fatto che, in entrambi i casi, non si tratta di ugelli a "L". Essi presentano una leggera curvatura e sembrano maggiormente affini, a livello tipologico, ai frammenti provenienti dal sito metallurgico

(metallurgia primaria) di Mauken nel comune di Radfeld (Nordtirolo, Fig. 4)¹². Questi due ugelli rappresentano dunque una nuova tipologia e vengono denominati ugelli dritti.

La carta di distribuzione che tiene presente la distinzione tra ugelli a "L" e ugelli dritti ci restituisce un'immagine completamente differente (Fig. 5, da JANTZEN 2008, p. 378, tavv. 119-120): mentre l'ugello dritto è attestato esclusivamente in siti d'estrazione del minerale o nelle immediate vicinanze dei giacimenti di rame (MODL 2011, pp. 243-256), l'ugello piegato a "L" è presente solo all'interno di abitati. Inoltre l'areale di diffusione degli ugelli dritti risulta essere coerente con la zona di estrazione dei minerali cupriferi. Vi è dunque una chiara correlazione tra la tipologia del sito, la forma dell'ugello e la sua finalità tecnologica. Gli ugelli dritti sono un elemento essenziale nei processi metallurgici primari, come l'estrazione del rame tramite l'utilizzo di forni con ventilazione dal basso o di lato, mentre gli ugelli piegati a "L" vengono usati nei processi metallurgici secondari, come la fusione, la raffinazione e

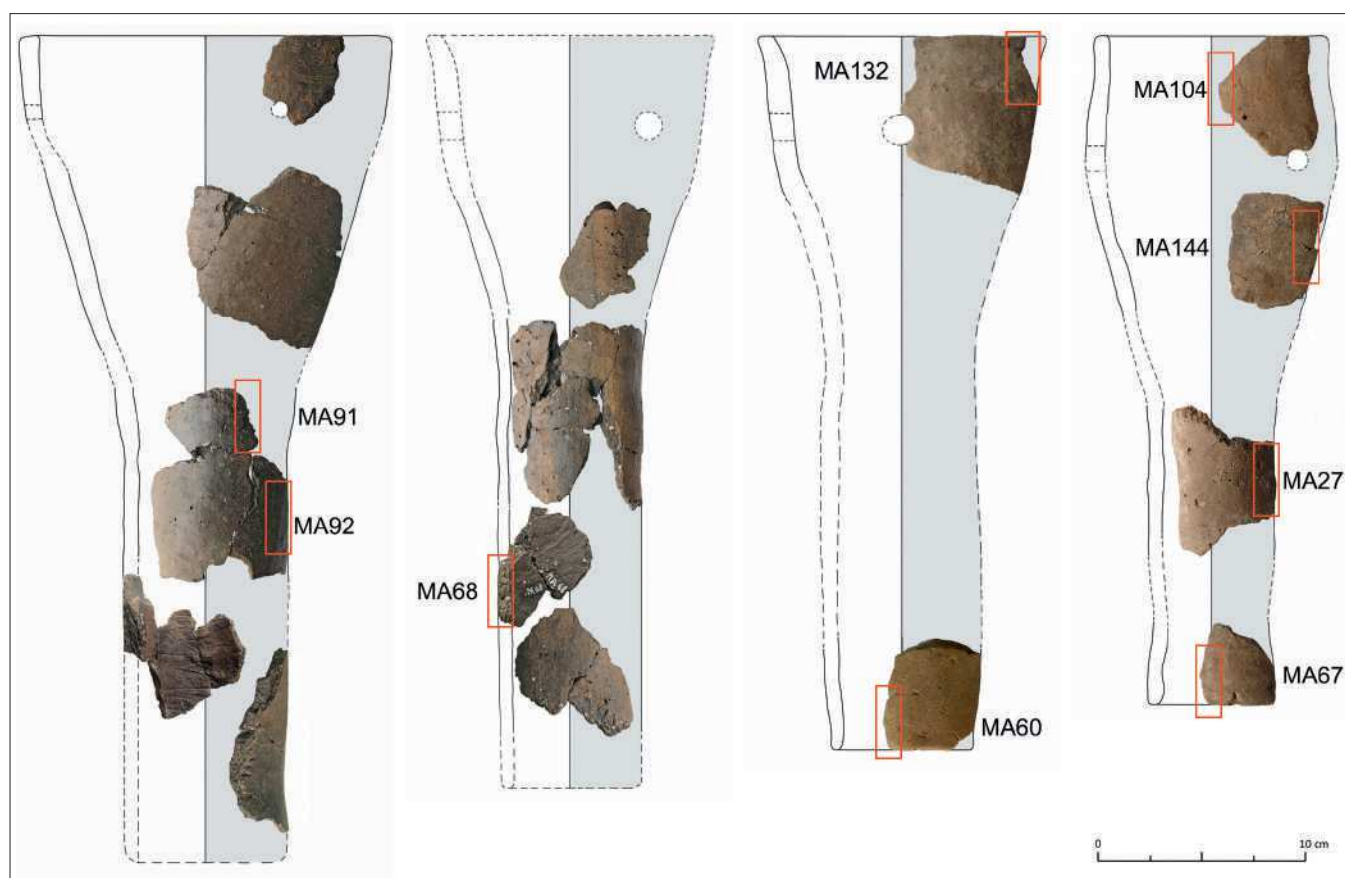


Fig. 4. Ugelli dritti dal sito fusorio Mauk A-Radfeld. Cornice rossa: punti di prelievo per sezioni sottili petrologiche (grafica: U. Töchterle/V. Sossau, Univ. Innsbruck).

Fig. 4. Straight tuyères from the smelting site Mauk A-Radfeld. The red rectangles indicate the sampling points for petrological thin sections (graphic: U. Töchterle/V. Sossau, Univ. Innsbruck).

¹² I primi frammenti di ugelli negli scavi del 1997 sono stati identificati da: REIDER 2003, pp. 86-87, tav. 11, 2-5.

la lavorazione del rame e del bronzo in forni o forge con ventilazione dall'alto sul carbone (JANTZEN 2008, p. 211). Già nel 1981 Ronald Tylecote aveva effettuato la distinzione tra ugelli decorati utilizzati per forgiare (*smithing tuyères*) e ugelli non decorati utilizzati invece per l'estrazione del rame (*smelting tuyères*) (TYLECOTE 1981, p. 118).

I più antichi esemplari di ugelli dritti provengono dal Mitterberg a Salisburgo e risalgono alla media età del Bronzo (EIBNER 1993, p. 35, fig. 16), per esempio da Mühlbach-Brennwald-Bischofshofen (Fig. 6, 10; HERDITS, LÖCKER 2004, pp. 177–188, fig. 5; LIPPERT 1994, p. 36) e Au zu St. Veit-Pongau (Fig. 6,5; KRAUSS 2001, p. 27, tavv. 3, 4). Altri provengono dalla Stiria (KLEMM 2003; KLEMM 2004; PRESSLINGER *et alii* 1980; EIBNER 2004): Eisenerzer Ramsau/Wald-Schoberpass-Vorwald (Fig. 6, 6; SCHAMBERGER 2007, pp. 235–326, bes. 270–272, tav. 19, 137.138). Altri ancora sono stati rinvenuti in Alto Adige a Fennhals-Kurtatsch (Fig. 6, 7-8; HAUSER 1986, p. 82, figg. 11–12; NOTHDURFTER, HAUSER 1988), in Trentino ad Acqua Fredda (Fig. 6, 9; MARZATICO 1995, pp. 82–91, Fig. 6, 12; CIERNY 2008, tav. 1, 11) e nel canton Grigioni (SCHAER 2003, pp. 7–54). Gli ugelli dritti, rinvenuti a Mauken (REIDER 2003, p. 86 e seg., tav. 11, 2–5; GOLDENBERG, RIESER 2004, fig. 14, 3; GOLDENBERG 2008, p. 69; TÖCHTERLE *et alii* 2013, fig. 6), hanno una lunghezza massima ricostruita di 40 cm e non presentano decorazioni (Figg. 4; 6, 1-3). Purtroppo in fase di scavo non è sempre possibile distinguere i frammenti di ugelli dai frammenti di vasellame ceramico. Una caratteristica tipica dei frammenti di ugelli è ad esempio la presenza di tracce di lisciatura sulla parte interna oppure di politure verticali sulla superficie esterna. L'orlo superiore inoltre, al quale veniva collegato il mantice, presenta solitamente un piccolo foro rotondo. A pochi centimetri al di sotto dell'orlo si trovano dai 2 ai 4 fori del diametro di circa 1 cm, realizzati prima

della cottura e probabilmente utilizzati per mantenere in posizione il mantice.

Durante le nostre ricerche abbiamo rilevato l'assenza di tracce di forte esposizione a fonti di calore, solitamente presenti sotto forma di ceramica sciolta oppure di scorie localizzate nella parte più vicina al forno. Grazie alla collaborazione dell'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Innsbruck sono state effettuate analisi petrografiche e mineralogiche dell'impasto ceramico (Fig. 7): possiamo notare la presenza di diversi componenti dell'impasto quali quarzo, feldspato, mica, ma anche di scorie e argilla refrattaria (*Schamotte*) (SCHNEIDER 1989, p. 12; NOLL 1991, pp. 41–47; MAGGETTI 2008; RIEDERER 2004; STERBA *et alii* 2009). Le scorie potevano essere utilizzate come degrassante nell'argilla, al fine di aumentarne la refrattarietà (STERBA *et alii* 2009; TITE *et alii* 2001), per creare recipienti particolarmente resistenti e adatti per cuocere e bollire cibi (SHENNAN 1995, pp. 160, 175, 384).

Durante la fase finale del progetto abbiamo anche sperimentato la realizzazione degli ugelli (GOLDENBERG *et alii* 2011, pp. 83–90; ANFINSET 2011) partendo dall'estrazione dell'argilla fino all'aggiunta del degrassante. Si è cercato di ricostruire ugelli il più possibile simile a quelli antichi: essi sono stati modellati con la tecnica a colombino e poi lisciati. Dopo la fase di essiccazione sono stati cotti in una semplice fossa a cielo aperto (Fig. 8). La fabbricazione accurata, anche degli esemplari risalenti all'età del Bronzo, indica che gli ugelli venivano realizzati per essere utilizzati a lungo. Gli esperimenti di Detlef Jantzen hanno dimostrato che gli ugelli potevano essere utilizzati almeno 30 volte (JANTZEN 2008, p. 212). Analizzati gli ugelli, come ci possiamo immaginare i mantici? Secondo le fonti antiche nei territori del Mediterraneo orientale venivano utilizzati mantici a otre, fatti di pelle di bovino e/o di capra,

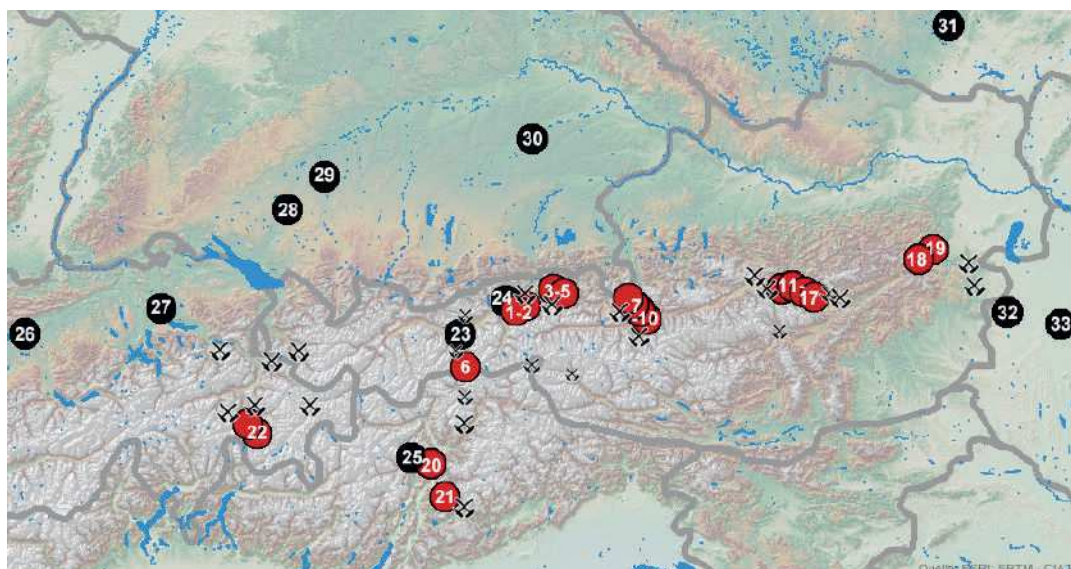


Fig. 5. Carta di distribuzione di ugelli dritti (punti rossi) e ugelli a „L” (punti neri) (grafica: U. Töchterle, Univ. Innsbruck; ugelli a L da Jantzen 2008; cartografia G. Hiebel, Univ. Innsbruck, ©ESRI, SRTM-CIAT).

Fig. 5. Distribution map of straight tuyères (red dots) and L shaped tuyères (Black dots) (graphic: U. Töchterle, Univ. Innsbruck; L shaped tuyères from JANTZEN 2008; cartography G. Hiebel, Univ. Innsbruck, ©ESRI, SRTM-CIAT).

confezionati con la pelliccia sul lato esterno. Gerd Weisgerber e Christoph Roden con le loro ricerche archeologiche sono stati in grado di dimostrare il legame tra l'uso di ugelli piegati a gomito e mantici a otre (WEISGERBER, RODEN 1986; RODEN, WEISGERBER

1988, pp. 196–204). Un'altra tipologia è rappresentata dal cosiddetto mantice membrana, utilizzato anche oggi in Asia e in Africa, prevalentemente nei processi estrattivi del ferro (SASSON 1964, pp. 174–178; CRAWHALL 1933, pp. 41–43; FRIEDE, STEEL 1986,

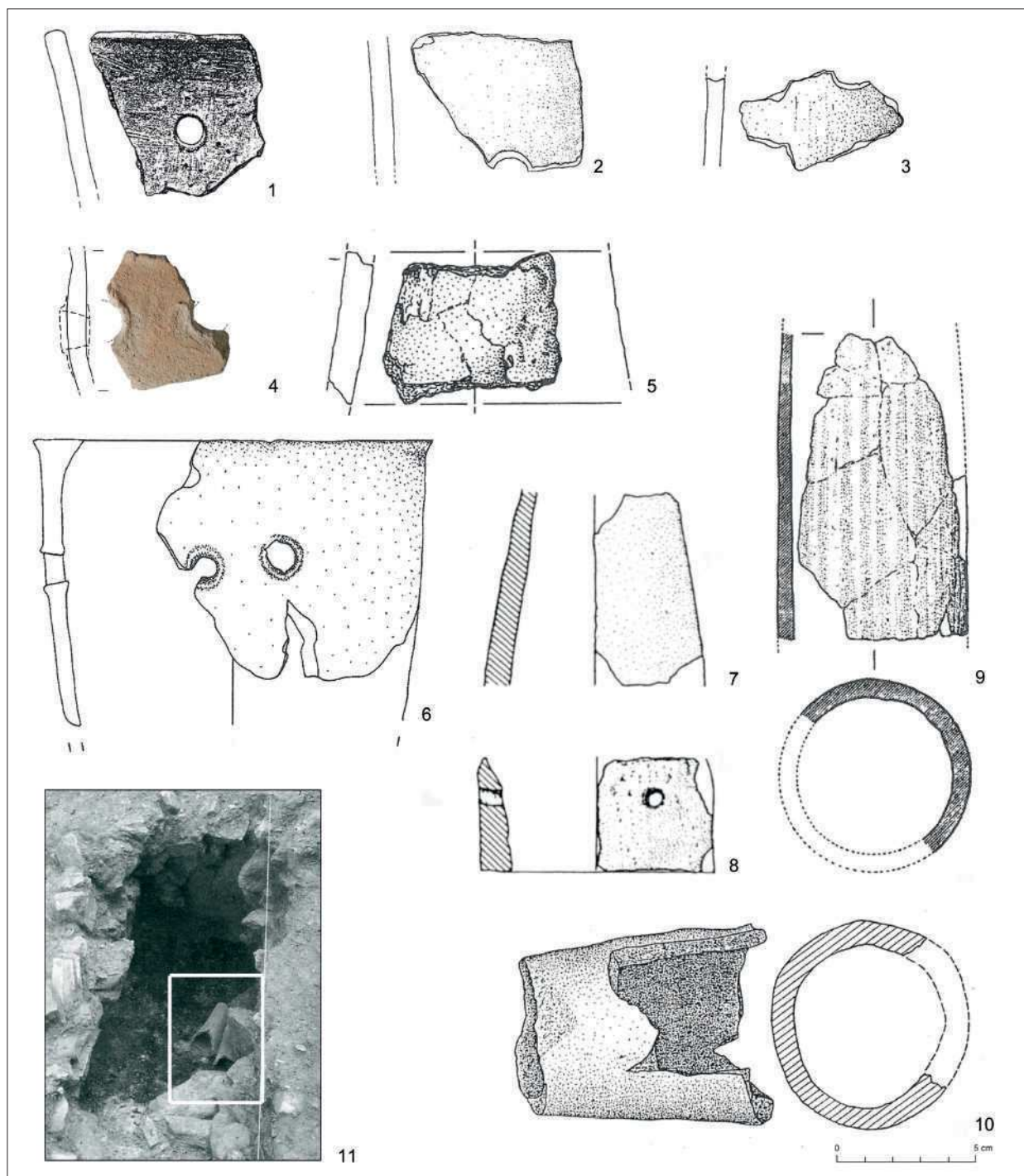


Fig. 6. Ugelli dritti di siti d'estrazione del minerale.

1-3. Mauk A-Radfeld (REIDER 2003, 86–87, tav. 11, 2-5); 4. Gries am Brenner (U. Töchterle, Univ. Innsbruck, disegno U. Töchterle); 5. Au zu St. Veit (KRAUSS 2001, tav. 3, 4); 6. Wald am Schoberpass-Vorwald (SCHAMBERGER 2007, tav. 19, 137); 7-8. Fennhals-Kurtatsch (HAUSER 1986, 82, figg. 11-12); 9. Acqua Fredda (CIERNY 2008, tav. 1, 11); 10. Mühlbach-Brennwald (LIPPERT 1994, 36, fig. 3); 11. Mühlbach-Hochkeilhaus (EIBNER 1993, 24, fig. 16).

Fig. 6. Straight tuyères from smelting sites.

1-3. Mauk A-Radfeld (REIDER 2003, pp. 86–87, tav. 11, 2-5); 4. Gries am Brenner (U. Töchterle, Univ. Innsbruck, disegno U. Töchterle); 5. Au zu St. Veit (KRAUSS 2001, tav. 3, 4); 6. Wald am Schoberpass-Vorwald (SCHAMBERGER 2007, tav. 19, 137); 7-8. Fennhals-Kurtatsch (HAUSER 1986, 82, fig. 11-12); 9. Acqua Fredda (CIERNY 2008, tav. 1, 11); 10. Mühlbach-Brennwald (LIPPERT 1994, 36, fig. 3); 11. Mühlbach-Hochkeilhaus (EIBNER 1993, 24, fig. 16).

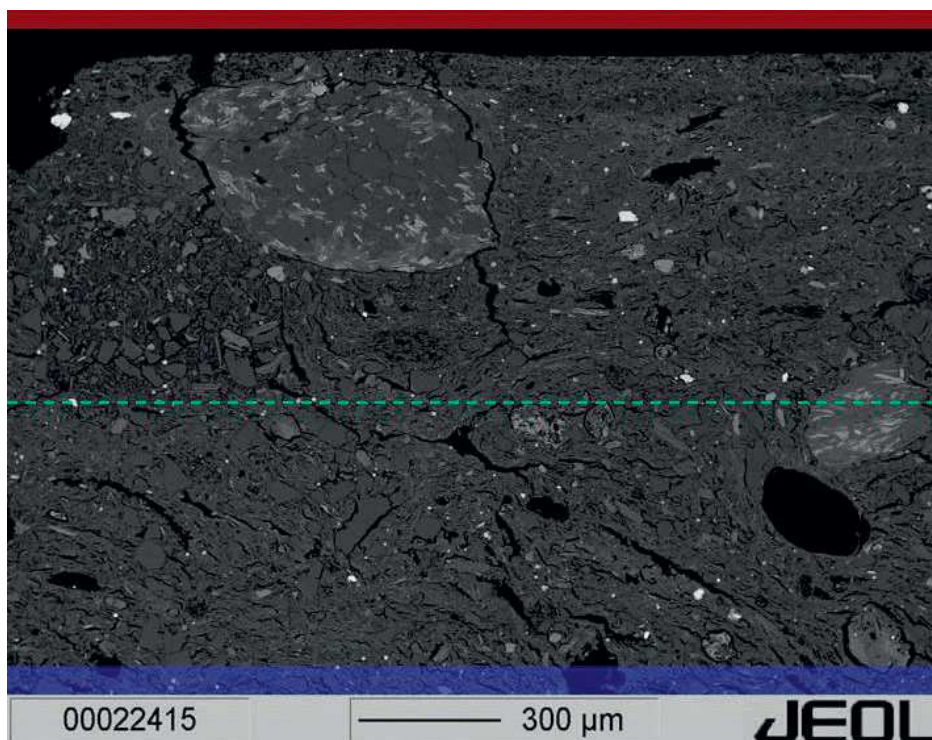


Fig. 7. Immagine della sezione sottile di frammento MA91 (Mauk A, ugello): Transizione di struttura compatta a struttura più lasca con pori e crepe. Linea rossa: influssi termici all'esterno dell'ugello, linea blu: parte interna dell'ugello senza danni (foto: EMS backscattered, JEOL JXA 8100, Ph. Schneider, Univ. Innsbruck).

Fig. 7. Photo of the thin section of the sample MA91 (Mauk A, tuyère): transition from a compact structure to a less compact one with pores and cracks. Red line: thermal alteration on the outside part of the tuyère, blue line: inside part of the tuyère, undamaged (photo: EMS backscattered, JEOL JXA 8100, Ph. Schneider, Univ. Innsbruck).



Fig. 8. Produzione di ugelli: tecnica a colombino e cottura in una fossa all'aperto (U. Töchterle/G. Goldenberg, EXREA Univ. Innsbruck).

Fig. 8. Tuyère production: coiling technique and firing in an open pit (U. Töchterle/G. Goldenberg, EXREA Univ. Innsbruck).

pp. 12–16; CELIS 1991; DAVEY 1979; 1988; LUSCHAN 1909, pp. 22–59).

Ma come erano uniti ugello e mantice? E quale funzione avevano i fori localizzati subito al di sotto l'orlo¹³? Una possibilità sarebbe il fissaggio con ba-

stoncini che vengono inseriti attraverso fessure nel cuoio. Un avvolgimento con un cordoncino di cuoio fissa il mantice aggiuntivo (Fig. 9 A). Alcuni reperti presentano due fori distanziati all'interno dei quali potrebbero essere infilate direttamente delle cinghie

¹³ Altri modi d'interpretare i fori sotto l'orlo: JANTZEN 2008, p. 210 e seg.; MODL 2011, pp. 252–256; PRESSLINGER *et alii* 1980, p. 137 e seg.; HAMPL 1953, p. 65.

di cuoio (Fig. 9 B). L'orlo dell'ugello ha solitamente un leggero bordo rialzato. Basta semplicemente avvolgere il mantice e fissarlo con un cordoncino di cuoio o di pelle cruda bagnata. Più stabile è l'avvolgimento del mantice sul lato interno, che viene poi rovesciato indietro e ulteriormente vincolato dall'esterno (Fig. 9 C). Per quanto riguarda i mantici con 4 fori sotto l'orlo (ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932, pp. 83–88, tavv. XXII, 18;

XXVIII, 25) si potrebbe ipotizzare la presenza di una sorta di membrana che funziona come una valvola antiritorno. Durante i nostri esperimenti di estrazione del rame è accaduto spesso, che i gas caldi o le fiamme aspirati all'interno del mantice lo bruciassero (Fig. 9 D). Come si può notare, ci sono ancora molti interrogativi aperti. Ad esempio gli ugelli utilizzati durante le sperimentazioni sono sempre deformati nella parte



Fig. 9. Diversi modi di fissaggio dell'ugello e del mantice e possibili funzioni dei fori sotto l'orlo (foto: U. Töchterle/G. Goldenberg, EXREA Univ. Innsbruck; E. Hanning, Deutsches Bergbau-Museum Bochum).

Fig. 9. Different methods to fix the tuyère to the bellows and possible functions of the holes below the rim of the tuyères (foto: U. Töchterle/G. Goldenberg, EXREA Univ. Innsbruck; E. Hanning, Deutsches Bergbau-Museum Bochum).

terminale dal calore mentre gli ugelli archeologici non sono mai deformati (Figg. 4 e 10). Forse i metallurghi protostorici aggiungevano all'ugello un altro manico ceramico (JOCKENHÖVEL 1986, p. 219; GERSBACH 1995, p. 319, bes. Anm. 36; NAGLER-ZANIER 1999,

p. 112, fig. 6, 7), come documentato dall'ugello del Monte Ozol (PERINI 1999, fig. 13; MARZATICO 2001, p. 462, fig. 33; PERINI 2002, fig. 3). Ma fino ad ora non sono noti altri esemplari: forse si tratta di frammenti fusi o non riconosciuti in fase di scavo.

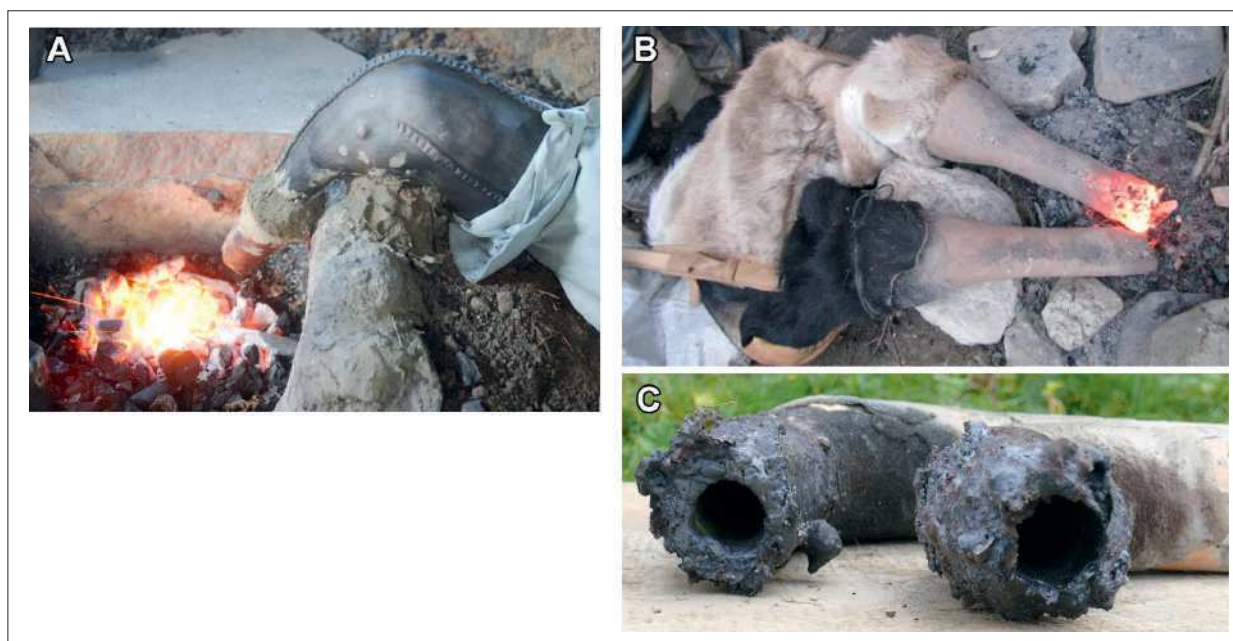


Fig. 10. Uso di un manicotto ceramico (A), a evitare alterazioni della parte terminale (B, C) (foto: U. Töchterle/G. Goldenberg, EXREA Univ. Innsbruck).

Fig. 10. Use of a clay cover of the mouth of the tuyère (A) to prevent damages to the extremity (B, C) (foto: U. Töchterle/G. Goldenberg, EXREA Univ. Innsbruck).

Appendice

Elenco di ugelli dritti (fig. 5, punti rossi):

- 1 (A) Nordtirol, Radfeld, Mauken¹⁴ (Figg. 4; 6,1-3)
- 2 (A) Nordtirol, Schmelzplatz Rotholz¹⁵
- 3 (A) Nordtirol, Jochberg, Wegstättalm¹⁶
- 4 (A) Nordtirol, Jochberg, Schmelzplatz Nr. 13¹⁷
- 5 (A) Nordtirol, Jochberg, Hechenberg¹⁸
- 6 (A) Nordtirol, Gries am Brenner¹⁹ (Fig. 6,4)
- 7 (A) Salzburg, Mühlbach-Brennwald²⁰ (Fig. 6,10)
- 8 (A) Salzburg, Mühlbach-Hochkeilhaus²¹ (Fig. 6,11)

9 (A) Salzburg, Mühlbach-Schmelzplatz Nr. 66, Schmaltalgraben²²

10 (A) Salzburg, Au zu St. Veit²³ und Klingenberg²⁴ (Fig. 6,5)

11 (A) Steiermark, Eisenerzer Ramsau, Krumpental, Gemeindealm, S1²⁵

12 (A) Steiermark, Eisenerzer Ramsau, Krumpental, Halsbach, S18²⁶

13 (A) Steiermark, Eisenerzer Ramsau, Liezen/Trieben, Versunkene Kirche²⁷

14 (A) Steiermark, Trieben, Schwarzenbach, Schlosser²⁸

¹⁴ REIDER 2003, p. 86 e seg., tav. 11, 2-5; GOLDENBERG, RIESER 2004, fig. 14,3; GOLDENBERG 2008, p. 69.

¹⁵ KLAUNZER *et alii* 2010. – Pubblicazione in preparazione da Markus Staudt, Univ. Innsbruck.

¹⁶ Non ancora pubblicato, pubblicazione in preparazione da Thomas Koch-Waldner, Doc-Team, Akademie der Wissenschaften, FZ HiMAT, Univ. Innsbruck.

¹⁷ PITTIONI 1958, p. 28.

¹⁸ GOLDENBERG 1998, pp. 18-20; GOLDENBERG 2004, p. 173.

¹⁹ Reperto superficiale da Dominik Markl, Sistrans.

²⁰ HERDITS, LÖCKER 2004, pp. 177-188, fig. 5; LIPPERT 1994, p. 36.

²¹ EIBNER 1993, pp. 34-35, fig. 16.

²² ZSCHÖCKE, PREUSCHEN 1932, pp. 83-88, tavv. XXII, 18; XXVIII, 25.

²³ KRAUSS 2001, p. 27, tav. 3, 4.

²⁴ SHENNAN 1995, pp. 147-159.

²⁵ KLEMM 2003, pp. 96-97, cat. Nr.: 1; FP 60104.001; KLEMM 2004, fig. 11.15; KLAUNZER *et alii* 2010. – Pubblicazione in preparazione, Markus Staudt, Univ. Innsbruck.

²⁶ KLEMM 2003, p. 104, cat. Nr.: 18; FP 60104.018, tav. 1,5.

²⁷ KLEMM 2003, p. 90, cat. Nr.: 245 FP 67512.001; PRESSLINGER *et alii* 1980, fig. 8.

²⁸ GOLLING 2002, p. 31, tav. 24; EIBNER 2004, p. 29 e seg.

- 15 (A) Steiermark, Johnsbach, Kohlanger II²⁹
 16 (A) Steiermark, Radmer, Neuburgalm/Geißteig-R³⁰
 17 (A) Steiermark, Eisenerzer Ramsau, Wald am Schoberpass-Vorwald (Fig. 6,6)³¹
 18 (A) Niederösterreich, Prein an der Rax, PII und PIII³²
 19 (A) Niederösterreich, Prigglitz-Gasteil³³
 20 (I) Südtirol, Fennhals, Kurtasch (Fig. 6,7-8)³⁴
 21 (I) Trentino, Acqua Fredda (Fig. 6,9)³⁵
 22 (CH) Graubünden, Oberhalbstein³⁶

Elenco di ugelli a "L" (fig. 5, punti neri):

- 23 (A) Nordtirol, Ampass (Fig. 3,1)³⁷
 24 (A) Nordtirol, Grattenbergl (Fig. 3,2)³⁸
 25 (I) Trentino, Monte Ozol³⁹
 26 (CH) Möringen, Kr. Bern⁴⁰
 27 (CH) Zürich-Alpenquai⁴¹
 28 (D) Buchau, Kr. Biberach⁴²
 29 (D) Bellenberg, Kr. Neu-Ulm⁴³
 30 (D) Altdorf, Kr. Landshut⁴⁴
 31 (CZ) Hradek/Kramolin, Okr. Plzeň-jih⁴⁵
 32 (H) Velem St. Vid, Kom. Vas⁴⁶
 33 (H) Sághegy/Celldömölk, Kom. Vas⁴⁷

Bibliografia

- ALTORFER K., CONSCIENCE A.-C. 2005, *Seeufersiedlungen. Meilen-Schellen. Die neolithischen und spätbronzezeitlichen Funde und Befunde der Untersuchungen 1934-1996*. Zürcher Arch. 18 (Zürich/Egg 2005).
- AMBERT P., CAROZZA L. 1998, *Origine(s) et développement de la première métallurgie française. Etat de la question*, in B. FRITSCH, M. MAUTE, I. MATUSCHIK, J. MÜLLER, C. WOLF (Hrsg.), *Tradition und Innovation. Prähistorische Archäologie als historische Wissenschaft*. Internat. Arch. Studia honoraria 3 (Rahden/Westf. 1998), pp. 149-173.
- AMBS R., WISCHENBARTH P. 1990, *Metallverarbeitung in einer spätbronzezeitlichen Höhensiedlung bei Bellenberg (Schwaben)*. "Bayer. Vorgeschbl.", 55, 1990, pp. 257-271.
- ANFINSET N. 2011, *Social and Technological Aspects of Mining, Smelting and Casting Copper. An Ethnoarchaeological Study From Nepal*, Bochum 2011.
- ANGELINI B., BAGOLINI B., PASQUALI T. 1980, *Aquaviva di Besenello*, "Preistoria Alpina", 16, 1980, pp. 67-69.
- ARTIOLI G., BURGER E. 2009, *Petrographic and chemical investigations of the earliest copper smelting slags in Italy: towards a reconstruction of the beginning of copper metallurgy*. 2nd International Conference „Archaeometallurgy in Europe“ Aquileia-Italy, 17-21 June 2007, Selected papers (Milano 2009), pp. 12-20.
- BERNATZKY-GOETZE M. 1987, *Möringen. Die spätbronzezeitlichen Funde*, Antiqua 16 (Basel 1987).
- BINGGELI M., BOSCHETTI A., MÜLLER F. 1997, *Una dimostrazione di archeologia sperimentale: la fusione di oggetti in bronzo*, in M. B. BREA, A. CARDARELLI, M. CREMASCHI (a cura di), *Le Terramare, La più antica civiltà padana* (Modena 1997), pp. 567-569.
- BOURGARIT D. 2007, *Chalcolithic copper smelting*, in S. LA NIECE, D. HOOK, P. CRADDOCK (Eds.), *Metals and mines, studies in archaeometallurgy*, pp. 1-14.
- CELIS G. 1991, *Eisenhütten in Afrika. Les fonderies africaines du fer*, Frankfurt a. M.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen, Region Trentino Orientale*. "Der Anschnitt", Beiheft 22, Bochum 2008.
- COLPANI F., ANGELINI I., ARTIOLI G., TECCHIATI U. 2009, *Copper smelting activities at the Millan and Gudon chalcolithic sites (Bolzano, Italy): chemical and mineralogical investigations of the archaeometallurgical finds*, in J.-F. MOREAU, R. AUGER, J. CHABOT, A. HERZOG (Hrsg.) 2009, *Proceedings Actes ISA 2006*. 36th International Symposium on Archaeometry 2-6 May 2006, Quebec City, Canada. Cahiers d'archéologie du CELAT 25, Série archéométrie 7 (Québec 2009), pp. 367-373.

²⁹ KLEMM 2003, p. 80, cat. Nr. 203.

³⁰ KLEMM 2003, p. 53, cat. Nr. 82.

³¹ SCHAMBERGER 2007, pp. 235-326, bes. 270-272, tav. 19, 137.138.

³² HAMPL 1953, tav. I, 2; II; III, 1-2; fig. 4.

³³ TREBSCHKE 2010.

³⁴ HAUSER 1986, p. 82, figg. 11-12; NOTHDURFTER, HAUSER 1988.

³⁵ MARZATICO 1995, pp. 82-91, fig. 6, 12; CIERNY 2008, tav. 1, 11.

³⁶ SCHAEER 2003, pp. 7-54.

³⁷ TÖCHTERLE 2009, pp. 108-110, tav. 19, 381.382.

³⁸ Markus Staudt, Univ. Innsbruck.

³⁹ PERINI 1999, fig. 13; MARZATICO 2001, fig. 33; PERINI 2002, fig. 3; JANTZEN 2008, p. 378, Fundortnr.: 29.

⁴⁰ BERNATZKY-GOETZE 1987, tav. 176,1; JANTZEN 2008, p. 378, Fundortnr.: 25.

⁴¹ JANTZEN 2008, p. 378, Fundortnr.: 26.

⁴² JANTZEN 2008, p. 377, Fundortnr.: 9.

⁴³ AMBS, WISCHENBARTH 1990, p. 268; JANTZEN 2008, p. 377, Fundortnr.: 8.

⁴⁴ JANTZEN 2008, p. 377, Fundortnr.: 7.

⁴⁵ JANTZEN 2008, p. 378, Fundortnr.: 33.

⁴⁶ MISKE 1908, tav. XXI, 1-4; JANTZEN 2008, p. 378, Fundortnr.: 37.

⁴⁷ JANTZEN 2008, p. 378, Fundortnr.: 36.

- CRAWHALL T. C. 1933, *Iron Working in the Sudan*. MAN 33 (Mar.), pp. 41–43.
- D'AMICO C., GASPEROTTO G., PEDROTTI A. 1998, *Aspetti della prima metallurgia in Trentino attraverso l'analisi delle scorie di fusione del riparo Gaban e di Acquaviva di Besenello. Caratteri, provenienza ed estrazione del metallo*, in C. D'AMICO, C. ALBORE LIVADIE (Hrsg.), *Le scienze della terra e l'archeometria*. Atti del Convegno organizzato dall'Istituto Universitario Suor Orsola Benincasa (Napoli 1998), pp. 31–38.
- DAL RÌ L., RIZZI G., TECCHIATI U. 2005, *Die Untersuchungen einer spätkupferzeitlichen Struktur mit Hinweisen auf Erzgewinnung und Verhüttung in Milland bei Brixen*. Abstracts zur internationalen Tagung „Der spätkupferzeitliche Schmelzplatz von Milland bei Brixen im Rahmen der beginnenden Metallurgie im alpinen Raum“ (Bozen 2005).
- DAVEY CHR. J. 1979, *Some ancient Near Eastern pot bellows*. "Levant", XI, pp. 101–111.
- DAVEY CHR. J. 1988, *Tell edh-Dhiba'i and the Southern Near Eastern Metalworking Tradition*, in R. MAD-DIN (ed.), *The Beginning of the Use of Metals and Alloys*, Papers from the Second International Conference, Zhengzhou, China (Cambridge/Massachusetts 1988), pp. 63–68.
- EIBNER C. 1993, *Fund- und Forschungsbericht Mitterberg/Mühlbach am Hochkönig*, "Arch. Österreich", 4/2, 1993, pp. 34–35.
- EIBNER C. 2004, *Die mittelbronzezeitliche Fundstelle „Schlosser“ in Schwarzenbach, Stadtgemeinde Trieben*. res montanarum 33, 2004, pp. 27–30.
- FASNACHT W. 1998, *Bronzetechnologie*, in S. HOCHULI, U. NIFFELER, V. RYCHNER (Hrsg.), *Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter: Bronzezeit* (SPM 3) (Basel 1998), pp. 232–241.
- FASNACHT W. 1999, *Experimentelle Rekonstruktion des Gebrauchs von frühbronzezeitlichen Blasdüsen aus der Schweiz: Kupferverhüttung und Bronze-guß*. "Experimentelle Archäologie", 8, pp. 237–246.
- FIALA F. 1899, *Das Flachgräberfeld und die prähistorische Ansiedlung in Sanskimost*. Wiss. Mitt. Bosnien u. Herzegowina 6, pp. 62–128.
- FRANK C., PERNICKA E. 2012, *Copper artefacts of the Mondsee group and their possible sources*, in M. S. MIDGLEY, J. SANDERS (eds), *Lake Dwellings after Robert Munro*. Proceedings from the Munro International Seminar: The Lake Dwellings of Europe 22nd and 23rd October 2010 (Leiden 2012), pp. 113–138.
- FRIEDE H., STEEL R. 1986, *Traditional Wooden Drum Bellows of South-Western Africa*. "The South African Archaeological Bulletin", 41/143, pp. 12–16.
- GERSBACH E. 1995, *Baubefunde der Perioden IVC–IVA der Heuneburg*. "Röm.-Germ. Forsch.", 53, Heuneburgstudien IX (Mainz 1995).
- GOLDENBERG G. 1998, *L'exploitation du cuivre dans les Alpes autrichiennes à l'Âge du Bronze*, in C. MORDANT, M. PERNOT, R. RYCHNER (eds.), *L'Atelier du bronzier en Europe du XXe au VIIIe siècle avant notre ère*. Actes du colloque international „Bronze'96“ Neuchâtel et Dijon, 1996. Tome II, Du minerai au métal, du métal à l'objet (Paris 1998), pp. 9–23.
- GOLDENBERG G. 2004, *Ein Verhüttungsplatz der mittleren Bronzezeit bei Jochberg (Nordtirol)*, Ver. Deutsches Bergbaumus. Bochum 122/DA Beih. 17, 2004, pp. 165–176.
- GOLDENBERG G. 2008, *Urgeschichtlicher Kupferbergbau bei Radfeld*, in Dorfbuch Radfeld (Radfeld 2008), pp. 65–70.
- GOLDENBERG G., ANFINSET N., SILVESTRI E., BELGRADO E., HANNING E., KLAUNZER M., SCHNEIDER P., STAUDT M., TÖCHTERLE U. 2011, *Das Nepal-Experiment – experimentelle Archäometallurgie mit ethnoarchäologischem Ansatz*, in K. OEGGL, G. GOLDENBERG, T. STÖLLNER, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*. Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFBs HiMAT vom 7.-10.10.2010 in Mitterberg (Innsbruck 2011), pp. 83–90.
- GOLDENBERG G., RIESER B. 2004, *Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.) 2004, *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beih. 17, Bochum, pp. 37–52.
- GOLLING S. 2002, *Schwarzenbach in der Stadtgemeinde Trieben (Steiermark/ Österreich). Ein Siedlungsplatz der Bronzezeit mit Hinweisen auf Kupferverhüttung*. Ungedr. Dipl. Univ. Freiberg (Freiberg 2002).
- HAMPL F. 1953, *Urnfelderzeitlicher Kupfererzbergbau im südöstlichen Niederösterreich*, "Archeologia Austriaca", 13, pp. 47–72.
- HANNING E. 2007, *Early copper metallurgy on the Iberian Peninsula – an archaeometallurgical approach*. Maschinschr. Magisterarbeit Albert-Ludwigs- Univ. Freiburg (Freiburg i. Br. 2007).
- HANNING E., GAUSS R., GOLDENBERG G. 2010, *Metal for Zambujal: experimentally reconstructing a 5000-year-old technology*, "Trabajos de Prehistoria", 67/2, 2010, pp. 287–304.
- HARB I. 2002, *Die Ausgrabungen in der Tischoferhöhle bei Kufstein in Tirol*, Praearchos 1 (Innsbruck 2002).
- HAUSER L. 1986, *Die bronzezeitlichen Kupferschmelzöfen in „Fennhals“ über Kurtasch*, "Der Schlern", 60, 1986, pp. 75–87.
- HERDITS H., LÖCKER K. 2004, *Eine bronzezeitliche Kupferhütte im Mitterberger Kupferkies-Revier (Salzburg)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.) 2004, *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beih. 17, Bochum, pp. 177–188.
- HOPPE M. 1993, *Eine frühbronzezeitliche Siedlung von Burgweinting*. Arch. Jahr Bayern 1993, pp. 52–54.
- HUIJSMANS M. 1994, *Die frühe und mittlere Bronzezeit in Nordtirol*. Ungedr. Diplomarbeit Univ. Innsbruck (Innsbruck 1994).
- HUIJSMANS M., KRAUSS R. 1993, *KG Brixlegg, MG Brixlegg, VB Kufstein*. "Fundber. Österreich", 32, 1993, p. 690.

- HUIJSMANS M., KRAUSS R. 1998, *KG Brixlegg, MG Brixlegg, VB Kufstein*. "Fundber. Österreich", 36, 1998, p. 787.
- HUIJSMANS M., KRAUSS R., STIBICH R. 2004, *Prähistorischer Fahlerzbergbau in der Grauwackenzone*, in G. WEISGERBER, G. GOLDBERG (Hrsg.) 2004, *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beih. 17, Bochum, pp. 53–62.
- HUNDT H.-J. 1988, *Einige Bemerkungen zu den älter-bronzezeitlichen Tondusen*, "Slovenska Arch.", 36, 1988, pp. 99–104.
- JANTZEN D. 2008, *Quellen zur Metallverarbeitung im Nordischen Kreis der Bronzezeit*, Prähist. Bronze-funde, Abt. XIX, 2 (Stuttgart 2008).
- JOCKENHÖVEL A. 1986, *Struktur und Organisation der Metallverarbeitung in urnenfelderzeitlichen Siedlungen Süddeutschlands*. "Veröff. Mus. Ur- u. Frühgesch. Potsdam", 20, 1986, p. 219.
- KAUFMANN D. 1975, *Ein Kultgegenstand mit Gesichtsdarstellung aus der Bernburger Gruppe von Polleben, Kr. Eisleben*. "Ausgrabungen und Funde", 20, 1975, pp. 17–20.
- KAUFMANN D. 1978, *Kultgegenstand oder Blasebalgdüse?*, "Ausgrabungen und Funde", 23, 1978, pp. 170–173.
- KIENLIN T. L., STÖLLNER TH. 2009, *Singen Copper, Alpine Settlement and Early Bronze Age Mining: Is There a Need for Elites and Strongholds?*, in T. L. KIENLIN, B. ROBERTS (Hrsg.), *Metals and Societies – Studies in honour of Barbara Ottaway*, Universitätsforsch. Prähist. Arch. 169 (Bonn 2009), pp. 67–104.
- KLAUNZER M., STAUDT M., GOLDBERG G., TOMEDI G. 2010, *KG Buch, OG Buch bei Jenbach, PB Schwaz*. "Fundber. Österreich", 49, 2010, p. 417.
- KLEMM S. 2003, *Montanarchäologie in den Eisenerzer Alpen, Steiermark*. Mitt. Prähist. Komm. 50 (Wien 2003).
- KLEMM S. 2004, *Der prähistorische Kupferschmelzplatz S1 in der Eisenerzer Ramsau (Steiermark)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDBERG (Hrsg.) 2004, *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beih. 17, Bochum, pp. 189–198.
- KRAUSS R. 2001, *Die bronzezeitliche Siedlung und das Bergwerk auf der Au zu St. Veit*. Maschinschr. Dissertation Univ. Innsbruck (Innsbruck 2001).
- KRISMER M., TÖCHTERLE U., GOLDBERG G., TROPPE P., VAVTAR F. 2015, *Mineralogische und petrologische Untersuchungen an den frühbronzezeitlichen metallurgischen Produkten vom Kiechlberg bei Thaur*, in U. TÖCHTERLE 2015, *Der Kiechlberg bei Thaur als Drehscheibe zwischen den Kulturen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. Ein Beitrag zum Spätneolithikum und zur Früh- und Mittelbronzezeit in Nordtirol*, "Universitätsforsch. Prähist. Arch.", 261 (Bonn 2015), pp. 345–359.
- KUCHAŘÍK M., ŠVÁCHA H. 2007, *Keramická dýza z Prahy 6 – Ruzyně. Příspěvek k metalurgii bronzu v mladší době bronzové. Doba popelnicových polí a doba halštataká. Příspěvky z IX. konference*, Bučovice 3.-6.10.2006 (Brno 2007), pp. 145–155.
- LEUZINGER U. 2007, *Pfyn Breitenloo - Die jungsteinzeitliche Pfahlbausiedlung*. "Arch. Thurgau", 14 (Thurgau 2007).
- LIPPERT A. 1994, *Frühe Zeugnisse von Kupfermetallurgie im Raum Mühlbach am Hochkönig-Bischofshofen*, in W. GÜNTHER, C. EIBNER, A. LIPPERT, W. PAAR (Hrsg.), *5000 Jahre Kupferbergbau-Mühlbach am Hochkönig-Bischofshofen* (Mühlbach am Hochkönig 1994), pp. 27–40.
- LUSCHAN F. V. 1909, *Eisentechnik in Afrika*, "Zeitschr. für Ethnologie", 41, 1909, pp. 22–59.
- MAGGETTI M. 2008, *Naturwissenschaftliche Untersuchung antiker Keramik*, in A. HAUPTMANN, V. PINGEL (Hrsg.), *Archäometrie. Methoden und Anwendungsbeispiele naturwissenschaftlicher Verfahren in der Archäologie*, Veröff. aus dem Deutschen Bergbau-Mus. Bochum 156 (Stuttgart 2008), pp. 91–109.
- MAINBERGER M. 1998, *Das Moordorf von Reute. Archäologische Untersuchungen in der jungneolithischen Siedlung Reute-Schorrenried* (Staufen i. Br. 1998).
- MARTINEK K.-P. 1996, *Archäometallurgische Untersuchungen zur frühbronzezeitlichen Kupferproduktion und -verarbeitung auf dem Buchberg bei Wiesing*, "Fundber. Österreich", 34, 1995 (Wien 1996), pp. 575–584.
- MARTINEK K.-P., SYDOW W. 2004, *Frühbronzezeitliche Kupfermetallurgie im Unterinntal (Nordtirol)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDBERG (Hrsg.) 2004, *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beih. 17, Bochum, pp. 199–211.
- MARZATICO F. 1995, *Endbronzezeitliche Kupferproduktion im Trentino*, "Der Anschnitt", 47, 1995, pp. 82–91.
- MARZATICO F. 2001, *La prima età del ferro*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di), *Storia del Trentino. La preistoria e la protostoria* (Bologna 2001), pp. 417–478.
- MAURER J. 2014, *Die Mondsee-Gruppe: Gibt es Neuigkeiten? Ein allgemeiner Überblick zum Stand der Forschung*, in L. HUSTY, K. SCHMOTZ (Hrsg.), *Vorträge des 32. Niederbayer. Archäologentages* (Rahden/Westf. 2014), pp. 145–190.
- MISKE K.V. 1908, *Die prähistorische Ansiedlung Velem St. Vid*, Wien.
- MODL D. 2011, *Vom Kupfererz zur Bronzenadel – Experimentalarchäologische Untersuchungen zur urgeschichtlichen Kupfergewinnung und -verarbeitung im Bereich der heutigen Steiermark*, Ungedr. Diplomarbeit Univ. Graz, Graz.
- MÖSLEIN ST. 1997, *Die Straubinger Gruppe der donauländischen Frühbronzezeit -frühbronzezeitliche Keramik aus Südbayern und ihre Bedeutung für die chronologische und regionale Gliederung der frühen Bronzezeit in Südbayern*. "Ber. Bayer. Bodendenkmalpfl.", 38, 1997, pp. 37–106.

- MOSTLER H. 1969, *Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchung*, in OSM. MENGHIN (Hrsg.), *Beiträge zur Urgeschichte Tirols*, "Innsbrucker Beitr. Kulturwiss. Sonderh.", 29, Innsbruck, pp. 115-116.
- MOTTES E., NICOLIS F. 2002, *Il territorio del Trentino tra Neolitico recente ed età del Rame: analisi e interpretazione dei dati*, in A. FERRARI, P. VISENTINI (Hrsg.), *Atti del Convegno „Il declino del mondo neolitico. Ricerche in Italia centrosettentrionale fra aspetti peninsulari, occidentali e nord-alpini“*, Pordenone 2001, "Quaderni Mus. Archeol. Friuli Occidentale", 4, Pordenone, pp. 237-256.
- MOTTES E., BASSETTI M., SILVESTRI E., STEFAN L. 2014, *Il sito archeometallurgico dell'età del Rame di Riparo Marchi in Valle dell'Adige (Trento)*, "AdA: Archeologia delle Alpi", 2014, pp. 38-43.
- NAGLER-ZANIER C. 1999, *Die hallstattzeitliche Siedlung mit Grabenanlage von Geiselhöring, Niederbayern. Das Projekt Geiselhöring-Süd, Teil II. Arbeiten zur Arch. Süddeutschlands 7* (Büchenbach 1999).
- NEUNINGER H., PREUSCHEN E., PITTIONI R. 1970, *Das Kupfer der Metallobjekte aus der Tischoferhöhle bei Kufstein*, "Tirol. Arch. Austriaca", 47, 1970, pp. 72-77.
- NOLL W. 1991, *Alte Keramiken und ihre Pigmente. Studien zu Material und Technologie*, Stuttgart.
- NOTHDURFTER H., HAUSER L. 1988, *Bronzezeitliche Kupferschmelzöfen aus Fennhals. Denkmalpflege in Südtirol, Tutela dei beni Culturali in Alto Adige 1986* (Bozen 1988), pp. 177-190.
- O'BRIAN W. 2004, *Ross island: Mining metal and society in early Ireland*. Bronze Age Studies 6. Dept. of Archaeology (N.U.I Galway 2004).
- PEARCE M. 2009, *How Much Metal was there in Circulation in Copper Age Italy?* in T. L. KIENLIN, B. ROBERTS (eds.), *Metals and Societies – Studies in honour of Barbara Ottaway*, "Universitätsforsch. Prähist. Arch.", 169, Bonn, pp. 277-284.
- PEDROTTI A. 2001, *L'età del Rame*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di), *Storia del Trentino 1. La preistoria e la protostoria*, Bologna, pp. 183-253.
- PERINI R. 1999, *Dati inediti su ritrovamenti retici nel Trentino*, "Archeoalp – Archeologia delle alpi", 5, 1998, pp. 120-156.
- PERINI R. 2002, *Il Ciaslir del monte Ozol, Revò-Romallo (Valle di Non, Trentino)*, in L. ZEMMER-PLANK (Hrsg.), SÖLDER W. (RED.), *Kult der Vorzeit in den Alpen. Opfergaben – Opferplätze – Opferbrauchtum*. Schriftenr. Arbeitsgem. Alpenländer der Komm. III/Kultur, Bozen, pp. 763-769.
- PITTIONI R. 1958, *Der Schmelzplatz Nr. 13 im Bergbaugbiet Jochberg bei Kitzbühel, Tirol*, "Archeologia Austriaca", Beih. 3, 1958, pp. 19-40.
- PRESSLINGER H., EIBNER C., WALACH G., SPERL G. 1980, *Ergebnis der Erforschung urnenfelderzeitlicher Kupfermetallurgie im Paltental*, "Berg- und Hüttenmännische Monatsh.", 133/7, 1980, pp. 131-142.
- REHDER J. 1994, *Blowpipes versus bellow in ancient metallurgy*, "Journal of Field Archaeology", 21 (3), 1994, pp. 345-350.
- REIDER E. 2003, *Die spätbronzezeitlichen Kleinfunde aus den bergbauarchäologischen Untersuchungen im Raum Radfeld*. Maschinschr. Diplomarbeit Univ. Innsbruck, Innsbruck.
- RIEDERER J. 2004, *Thin Section Microscopy Applied to the Study of Archaeological Ceramics*, "Hyperfine Interactions", 154, 2004, pp. 143-158.
- RODEN CHR. 1988, *Blasrohrdüsen. Ein archäologischer Exkurs zur Pyrotechnologie des Chalkolithikums und der Bronzezeit*, "Der Anschnitt", 40, pp. 62-82.
- RODEN CHR., WEISGERBER G. 1988, *Zum Gebläse griechischer Metallhandwerker – Die Düsen von Olympia im kulturhistorischen Vergleich*, in K. GSCHWANTLER, A. BERNHARD-WALCHER (Hrsg.), *Griechische und römische Statuetten und Großbronzen*, Wien, pp. 196-204.
- SALZANI P. 2011, *I metalli del progetto 'I bronzi del Garda': primi risultati e prospettive future*, "Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona" - 2. serie, Sezione Scienze dell'Uomo 11, 2011, pp. 47-87.
- SALZANI L., SALZANI P. 2008, *Storie sepolte, riti e culti all'alba del 2000 avanti Cristo*. Catalogo della Mostra. Museo di Storia Naturale di Verona, Verona 2008.
- SASSON H. 1964, *Iron-Smelting in the Hill Village of Sukur, North-Eastern Nigeria*, "MAN", 64 (Nov.-Dec.) 1964, pp. 174-178.
- SCHAEER A. 2003, *Untersuchungen zum prähistorischen Bergbau im Oberhalbstein (Kanton Graubünden)*, "Jahrb. Schweizer Ges. Ur- und Frühgesch.", 86, 2003, pp. 7-54.
- SCHAMBERGER E. 2007, *Die bronzezeitlichen Siedlungsreste aus Vorwald bei Wald am Schoberpass, STMK*. in G. TIEFENGRABER (Hrsg.), *Studien zur Mittel- und Spätbronzezeit am Rande der Südostalpen*, "Universitätsforsch. Prähist. Arch.", 148, Bonn, pp. 235-326.
- SCHNEIDER G. (Red.) 1989, *Naturwissenschaftliche Kriterien und Verfahren zur Beschreibung von Keramik*, "Acta Praehist. et Arch.", 21, pp. 7-39.
- SCHUBERT M. 2005, *Die frühbronzezeitliche Kupferverarbeitung auf dem Buchberg im Unterinntal, Tirol*. Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- SCHUBERT M., PERNICKA E. 2013, *Die frühbronzezeitliche Kupferverarbeitung auf dem Buchberg im Unterinntal, Tirol*, in *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*. Montanwerke Brixlegg, Innsbruck, pp. 123-152.
- SHENNAN S. 1995, *Bronze Age copper producers of the Eastern Alps. Excavations at St. Veit-Klingelberg*, "Universitätsforsch. Prähist. Arch.", 27, Bonn.
- SILVESTRI E., HAUPTMANN A., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2015, *Bronzezeitliche Kupferverüttung in Trentino*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.),

- Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Bochum, pp. 201-208.
- SÖLDER W. 1987/1988, *Eine Siedlung der Bronzezeit bei Angath*, "Tiroler Heimat", 51/52, 1987/1988, pp. 5-36.
- STAPEL A. 2011, *Düse kein Rätsel*, "Bayerische Arch.", 2/2011, 4.
- STAUDT M. 2021, *Recycling of "slag sand": the use of granulated copper smelting slag as tempering component in prehistoric pottery during the Late Bronze to Early Iron Age in North Tirol*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- STERBA J. H., MOMMSEN H., STEINHAUSER G., BICHLER M. 2009, *The influence of different tempers on the composition of pottery*, "Journal of Archaeological Science", 36, 2009, pp. 1582-1589.
- SYDOW W. 1998, *Die bronze- und latènezeitliche Siedlung auf dem Kiahbichl bei Faggen in Tirol*, "Fundber. Österreich", 37, pp. 635-671.
- TISCHER TH. 2004, *Der Kufsteiner Festungsberg in vorgeschichtlicher Zeit*, Prearchos 2, Innsbruck.
- TITE M.S., KILIKOGLU V., VEKINIS G. 2001, *Strength, Toughness and Thermal Shock Resistance of ancient ceramics, and their influence on technological choice*, *Archaeometry*, 43, pp. 301-324.
- TÖCHTERLE U. 2009, *Kontinuität und Wandel: Funde aus prähistorischer Zeit*, in D. MAIR, U. TÖCHTERLE, *Archäologische Topographie der Siedlungskammer Ampass*, Ikarus 4, pp. 29-243.
- TÖCHTERLE U. 2015, *Der Kiechlberg bei Thaur als Drehscheibe zwischen den Kulturen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. Ein Beitrag zum Spätneolithikum und zur Früh- und Mittelbronzezeit in Nordtirol*, "Universitätsforsch. Prähist. Arch.", 261, Bonn.
- TÖCHTERLE U., GOLDENBERG G., SCHNEIDER PH., TROPPE P. 2013, *Die Verhüttungsduisen in Nordtirol: Befund, Typologie, Magerungsbestandteile und Experimente*, "Der Anschnitt", 65/1, pp. 2-19.
- TÖCHTERLE U., DOBERER A., KRISMER M., TRAUNER S., TROPPE P., GOLDENBERG G. 2015, *Dünnschliffuntersuchungen an der Keramik vom Kiechlberg*, in U. TÖCHTERLE 2015, *Der Kiechlberg bei Thaur als Drehscheibe zwischen den Kulturen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. Ein Beitrag zum Spätneolithikum und zur Früh- und Mittelbronzezeit in Nordtirol*, "Universitätsforsch. Prähist. Arch.", 261, Bonn, pp. 327-343.
- TOMEDI G., TÖCHTERLE U. 2012, *Der Kupferbergbau als movens für die früh- und mittelbronzezeitliche Auf siedelung Nordtirols*, in P. ANREITER, E. BÁNFFY, L. BARTOSIEWICZ, W. MEID, C. METZNER-NEBELSICK (eds.), *Archaeological, Cultural and Linguistic Heritage. Festschrift for Erzsébet Jerem in Honour of her 70th Birthday*, "Archaeolingua", 25, Budapest, pp. 587-600.
- TOMEDI G., STAUDT M., TÖCHTERLE U. 2013, *Zur Bedeutung des prähistorischen Bergbaus auf Kupfererze im Raum Schwaz-Brixlegg*, in *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*, Montanwerke Brixlegg, Innsbruck, pp. 55-70.
- TREBSCHKE P. 2010, *Wiederaufnahme der Forschungen in der urnenfelderzeitlichen Bergbausiedlung Priggglitz-Gasteil*, "Arch. Österreichs", 21/2, pp. 18-19.
- TYLECOTE R. 1981, *From pot bellows to tuyeres*, "Levant", 13, pp. 107-118.
- WEISGERBER G., GOLDENBERG G. (Hrsg.) 2004, *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beih. 17, Bochum.
- WEISGERBER G., RODEN CHR. 1986, *Griechische Metallhandwerker und ihre Gebläse*, "Der Anschnitt", 38, pp. 2-26.
- ZSCHOCKE K., PREUSCHEN E. 1932, *Das urzeitliche Bergbauggebiet von Mühlbach-Bischofshofen*, Mat. zur Urgeschichte Österreichs 6, Wien.

RECYCLING OF "SLAG SAND": THE USE OF GRANULATED COPPER SMELTING SLAG AS TEMPERING COMPONENT IN PREHISTORIC POTTERY DURING THE LATE BRONZE TO EARLY IRON AGE IN NORTH TIROL

Markus Staudt

Summary

Slag tempered ceramics, which are mainly found in the vicinity of the mining districts Mitterberg, Kitzbühel/Jochberg and in the Lower Inn Valley, indicate a continuous technology transfer as well as close cultural and economic ties between the North Tyrolean and Salzburg regions. This applies to the entire period from the beginning of the Early Bronze Age to the stagnation of copper mining in the Early Iron Age. At the two Late Bronze Age copper smelting sites in the fahlore district of Schwaz-Brixlegg, great attention was paid to the processing of the different slag in order to be able to extract the remaining copper. It is striking that in the vicinity of simultaneously operated mining landscapes and their smelting sites in South Tyrol, Trentino and Graubünden, slag fragments has not yet been detected as a temper component in ceramics. In these regions, however, ceramics of the Laugen-Melaun culture can be found, the geographical distribution of which hardly overlaps with the area of distribution of the slag tempered ceramics.

Riassunto

Le ceramiche con scorie nell'impasto, che si trovano principalmente nelle vicinanze dei distretti minerari del Mitterberg, Kitzbühel/Jochberg e nella bassa valle dell'Inn, indicano un continuo scambio tecnologico e stretti legami culturali ed economici tra le regioni del Tirolo settentrionale e del Salisburghese. Questo vale per l'intero periodo, dall'inizio del Bronzo Antico alla stagnazione dell'estrazione del rame nella prima età del Ferro. Nei due siti fusori della tarda età del Bronzo nel distretto a minerali di fahlerz di Schwaz-Brixlegg è stata posta grande attenzione alla lavorazione delle diverse scorie per poter estrarre il rame residuo. È sorprendente che nei confinanti e contemporanei distretti minerari e relativi siti fusori in Alto Adige, Trentino e Grigioni non siano stati ancora rinvenuti frammenti ceramici con scorie come componente nell'impasto. In queste regioni, tuttavia, si possono trovare ceramiche della cultura Luco-Meluno/Laugen-Melaun, la cui distribuzione geografica coincide a grandi linee con l'area di distribuzione della ceramica temperata con scorie.

Key words: Slag temper, prehistoric copper smelting, fahlore, slag beneficiation, granulated slag.

Parole chiave: smagrante a scorie; estrazione preistorica del rame, fahlore, selezione meccanica delle scorie, scorie macinate.

Introduction

It seems that slag tempered ceramic is an Alpine phenomenon and can be found in the vicinity of the prehistoric mining districts of Salzburg and Tyrol inside technical ceramics (tuyères and crucibles), domestic pottery from settlements as well as in grave goods (ceramics) since the Early Bronze Age until the Older Iron Age (SÖLDER 1987/88, 6 ff.; TÖCHTERLE *et alii* 2013, 7 ff.). In the Inn Valley such findings can be located near the fahlore mining district Schwaz-Brixlegg¹. Within the framework of the research centre HiMAT (The History of Mining Activities in the Tyrol and adjacent areas: Impact on Environment and Human Societies) and the current

international DACH-project "Prehistoric copper production in the eastern and central Alps - technical, social and economic dynamics in space and time" (FWF/DFG/SNF, 2015 – 2018) a lot of investigations on prehistoric copper production could be done in the mining area over the past years². So far 27 prehistoric sites where slag tempered pottery were found could be identified in Tyrol. 21 of them are found in the Lower Inn Valley (Fig. 1).

A wider distribution is assumed, however to confirm further locations additional mineralogical analyses are necessary. The dimensions of the slag fragments found inside the ceramic are not always the same. Sometimes they have the same size as a grain of sand (defined size 0,063-2 mm). But it is

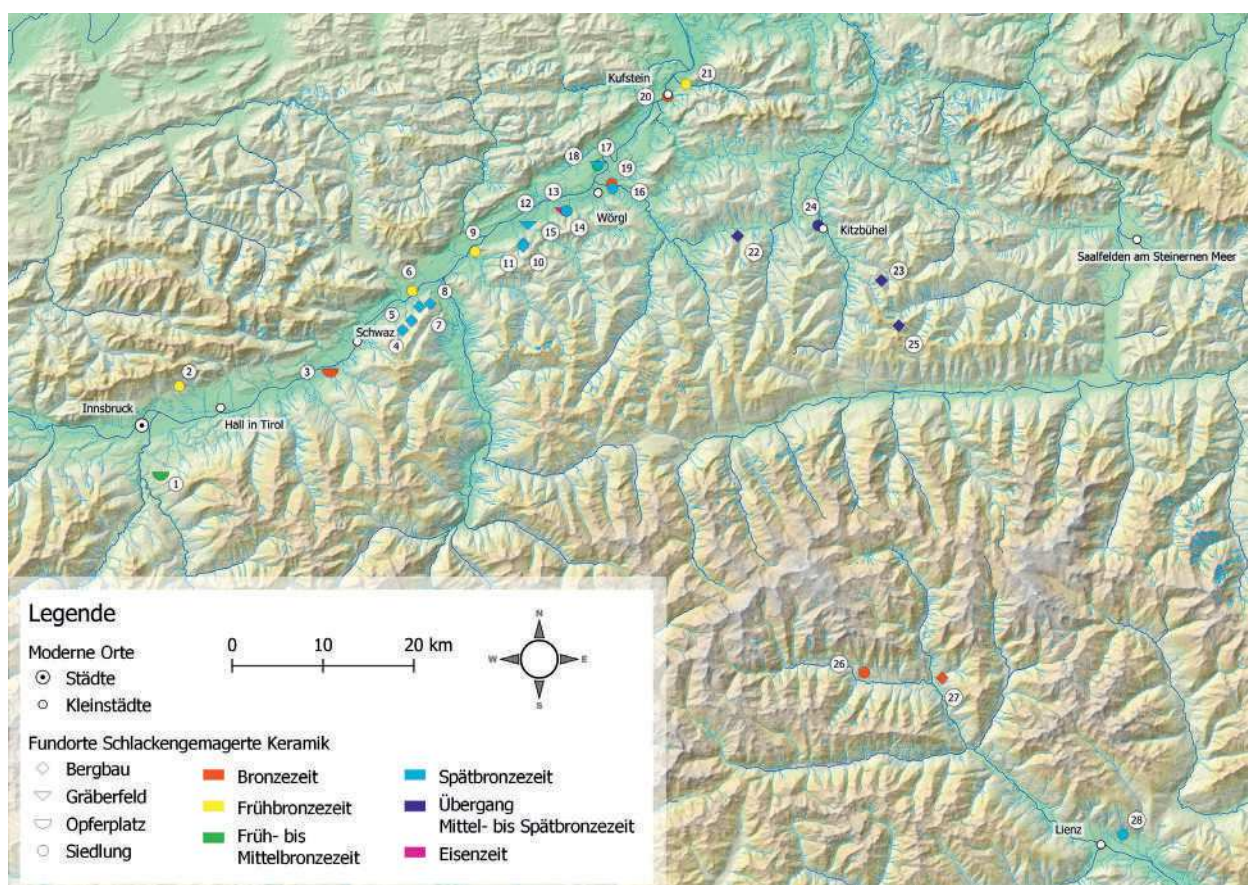


Fig. 1. Distribution map of slag tempered ceramics in Tyrol: 1 Igls-Goldbichl; 2 Thaur- Kiechlberg; 3 Weer-Stadlerhof; 4 Gallzein-Blutskopf; 5 Obertroi-pit field; 6 Wiesing-Buchberg; 7 Rotholz-smelting site; 8 Strass i. Zillertal-Weißer Schrof-fen; 9 Brixlegg-Mariahilfberg; 10 Radfeld, 11 smelting site Mauk A; 12 Kundl-St. Leonhard cemetery; 13 Kundl-Wimp-issinger (LBA settlement); 14 Kundl-Wimpissinger (EIA settlement); 15 Kundl-Wimpissinger (EIA cemetery); 16 Wörgl-Inntalmilch; 17 Angath-Fürth (LBA grave); 18 Angath (settlement); 19 Kirchbichl-Grattenberg; 20 Kufstein-Fes-tungsberg; 21 Ebbs-Tischhoferhöle; 22 Brixen i. Thale-Götschen; 23 Aurach-Bachalm; 24 Kitzbühel-Tiefenbrunner Feld; 25 Jochberg-Schusterkogel; 26 Obermauern-Burg; 27 Matrei i. Osttirol-Klaunzerberg; 28 Nussdorf -Breitegg. Source: W. Sölde 1987/88; U. Töchterle 2013; Amendments: M. Staudt. Graphic: B. Dantine.

¹ For the distribution map see SÖLDER 1987/1988, pag. 6, fig. 13, Anm. 3; See also TÖCHTERLE *et alii* 2013, fig. 12, Anm. 52. Amendments: Blutskopf, Gallzein; Obertroi, Buch in Tirol; smelting site Rotholz, Buch in Tirol; Schrof-fen, Strass im Zillertal; Schusterkogel, Jochberg: STAUDT in progress; Stadlerhof, Weer: TÖCHTERLE *et alii* 2018; St. Leonhard, Kundl: KRISMER *et alii* 2012b, 110 ff; Wimpissinger-Lus, Kundl: PRADER 2013; Wimpissinger-cemetery, Kundl: LANG 1998, 366; Mauk D, Radlfeld: GOLDENBERG 2014, p. 364; Tiefenbrunner Feld, Kitzbühel: HUIJSMANS 1994, 18, 23f; smelting site SP9, Jochberg: PREUSCHEN, PITTIONI 1955, p. 59.

² This article represents the state of research from 2016. More recent studies and literature comparisons were not taken into account in the delayed publication.

also possible that pieces with a size up to 1 cm were used as temper. The definition of "slag sand" is actually not correct, since it is not a naturally formed product. Only the grain size corresponds largely to that of the classification of these tiny slag particles. The often used term "Grus" is also not appropriate, as this also refers to a grain size (2-6,3 mm). The term "granulated slag" would actually fit the definition better.

The use of fahlore copper during the Bronze and Early Iron Age

The westernmost evidence for this tempering technique can be found at the Early Bronze Age hill-top-settlement Kiechlberg (Thaur) which is about 25 km west of the nearest bigger fahlore copper deposit in the Lower Inn Valley³. But studies show that the densest distribution of slag tempered ceramic in Tyrol is around the mining district Schwaz-Brixlegg. Beside the Kiechlberg there are more Early Bronze Age sites where slag tempered ceramics can be spotted (Fig. 1). In the course of recent investigations new locations dating into the Late Bronze Age/Early Iron Age could be marked inside the mining district⁴.

Investigations done by Ernst Pernicka and Joachim Lutz show that at the beginning of the Early Bronze Age fahlore copper of the Inn Valley dominated this region. In the Middle Bronze Age it is replaced by the east Alpine copper of the Mitterberg type (chalcopyrite). Fahlore copper reappears in the Late Bronze Age and is used parallel to east Alpine copper. In this period mixing of chalcopyrite and fahlore copper is also common (PERNICKA, LUTZ 2015, pp. 107-111). A graphic shows an increase of fahlore copper in the Late Bronze Age and fits roughly together with Lothar Sperber's demographic studies of the population development from the Late Bronze Age cemetery of Volders (SPERBER 1992; SPERBER 2004, 323 ff., fig. 3). It is believed that the increase and decrease of the population (visible by the buried people at the cemeteries) in the Late Bronze Age correlates with the fahlore mining in the district Schwaz-Brixlegg. Different grave constructions as well as grave goods (black copper, slags and metalworking tools) from the Late Bronze Age cemetery in Fiecht-Au illustrate that immigrants from the northern foothills of the Alps came to Tyrol for the reason of copper mining and metalworking (SÖLDER 2015, 274 ff.). Apart from Early Bronze Age examples, there is evidence of slag temper particles

from the Late Bronze Age (12th century BC) to the Early Iron Age (7/6th century BC). This data correlates with the archaeological investigated mining features in the district of Schwaz-Brixlegg (GOLDENBERG *et alii* 2012, pp. 61-110). First findings about the supply of a Late Bronze Age mining area suggest the import of vegetables and meat, which was produced in the valley bottoms (OEGGL, SCHWARZ 2015, p. 260; SCHIEBLER *et alii* 2015, 263 ff.).

Late Bronze Age smelting sites in the Inn Valley

"Slag sand" is a by-product of copper ore smelting processes and can be found in the Lower Inn Valley at the Late Bronze Age smelting sites like Mauk A in the Mauken valley near Radfeld⁵ and in Schlosswald (Fig. 1), south of Rotholz⁶ (Buch in Tirol). The smelting sites represent the origin of this product. Although there are many prehistoric fire settled mines and pit fields in the Lower Inn Valley⁷, only these two smelting sites could be identified so far in the mining area Schwaz-Brixlegg.

At the two smelting sites from the Lower Inn Valley, it was possible to document typical features, such as furnaces and roasting hearths (Fig. 2). The furnaces are arranged in multiple phases, which speak for an optimization of the copper production. The multiphase arrangement of the roasting hearths proves that this working place was visited regularly. In addition to the actual smelting findings, great attention was paid to various wet-mechanical processing constructions.

After the smelting processes generally the left over slag was crashed and grinded on anvil and rubbing stones to the size of fine sand. At the smelting site Mauk A and in Rotholz-Schlosswald wooden water basins were used for the wet-mechanical enrichment of copper-rich inclusions inside the slags (Fig. 3). After washing the granulated slag, the heavier part which is rich in copper was smelted again and the left over material was thrown on a dump. The dump in Mauk A is more than 1 m thick. This shows the enormous smelting activities which took place in the Late Bronze Age. Later on the material from the dump was reused as temper particles in ceramics. Very often it is not easy to detect the small pieces of slag inside the ceramic. In this case only mineralogical and petrographic investigations can help to characterize the components. Microscopic as well as geochemical analyses on samples of ceramic fragments found at the smelting sites Mauk

³ TÖCHTERLE 2015, 334 ff; KRISMER *et alii* 2010, pp. 107-109; Krismer *et alii* 2012, pp. 39-42.

⁴ Staudt Dissertation in progress.

⁵ GOLDENBERG *et alii* 2012; GOLDENBERG 2013; GOLDENBERG 2015.

⁶ TOMEDI *et alii* 2013, p. 62; STAUDT, TOMEDI 2015, p. 138; RIESER 2008, p. 645; KLAUNZER *et alii* 2010, p. 417.

⁷ PIRKL 1961; GSTREIN 1981, 1988; RIESER, SCHRATTENTHALER 1998/99, 2004; GOLDENBERG, RIESER 2004.



Fig. 2. The 3 phases of the roasting beds (left) with the 2 furnace structures (only partial visible, right) at the smelting site Rotholz. Pictures: M. Staudt.



Fig. 3. The wooden water basins filled up with „slag sand“ at the smelting sites Mauk A (left) and Rotholz (right) with remains of wooden boarding.

A and Rotholz, show the existence of small pieces of slag with the significant fahlore signature in domestic pottery as well as technical ceramics like tuyères⁸. The pictures of thin-sections show the typical silicate slag. The small slag fragments consist mainly of glass and iron silicate crystals (Fig. 10, a, b, d, m-o). Beside the "slag sand" temper, other particles such as quartz, feldspar and glimmer from the local sources were used. Recent investigations on some slag fragments from the smelting site Mauk A exemplify that in addition to the fahlore of the "Schwazer Dolomit" some ore was extracted from the "Schwazer Trias" (KRISMER *et alii* 2012a, p. 36).

The "slag sand" washing system from Mauk A looks similar to the one in Rotholz. Both sites show water basins which were build in the ground. The constructions are framed with wooden planks and filled with fine slag particles which are the left over parts from the concentration process. The distance

between the boards is around 50 cm (Fig. 3). The construction in the Mauken Valley is about 2 m long and was closed with a wooden board on one end. The excavated part of the basin in Rotholz is around 2 m long and runs into the excavation section. On the other end the construction was destroyed during the construction of a forest road.

In Rotholz two of these water basins/channels were excavated in the year 2010. Parts of the wooden remains were still visible. Both constructions show two phases. On the right side a "slag sand" dump was apparent. The non-cupriferous material, which could not be used in the process, was thrown on the neighbouring heap, straight after washing the sand. Even though it was just a two weeks excavation, it was possible to discover a few typical findings at Rotholz. A hammer stone fragment, animal bones, pieces from a smelting tuyère, domestic pottery and one piston-headed pin, which dates the site rough-

⁸ Thanks to Peter Tropper and Gert Goldenberg for mineralogical investigations on artefacts from the smelting site Rotholz; REIDER 2003, 90 ff.; KRISMER *et alii* 2011.

ly into the 12th century BC, could be found. Due to copper salts, contained in the sediments, the bones have taken on a turquoise to green colour. The geochemical fingerprint of fahlore copper is detectable inside these animal bones and teeth as well (RIEDER 2014).

Beside the smelting features a few shallow pits could be discovered as well (Fig. 4)⁹, which are filled with a solid grey material similar to the one in the water basins. Investigations on thin sections

show the presence of mainly small pieces of slag¹⁰. Probably these simple constructions were used for wet beneficiation of small grinded slag particles as well. The structures are orientated along a dry stone wall. The same features (shallow pits next to a wall) could be found at the smelting site Mauk A (Fig. 4). These were very likely created for the same purpose. First ¹⁴C-analyses dates the smelting site Rotholz to the first half of the Late Bronze Age (MAMS 25910, bone: 2895 +/- 24 BP; cal BC 1192-



Fig. 4. The shallow pits for slag beneficiation with residues consisting of solidified tiny slag particles (1-4 Rotholz, 5-6 Mauk A). Pictures: M. Staudt.

⁹ STAUDT 2017; STAUDT *et alii* 2019b; STAUDT, Dissertation in progress.

¹⁰ Investigations are in progress.

1004; MAMS 25908, charcoal: 3044 \pm 26 BP, cal BC 1399-1218; MAMS 25909, charcoal: 2995 \pm 26 BP, cal BC 1369-1129; 2 sigma, 95,4 % probability).

The big amount of "slag sand" from the two smelting sites in the mining district Schwaz-Brixlegg demonstrates that the mechanical treatment of slag was an important step within the production of copper. Slag fragments are the most typical artefacts which can be found at smelting sites. In Mauk A and Rotholz beside granulated slags ("Slag sand"), three different types like thin, flat, homogeneous slags (plate slag), flat massive slags (heterogeneous and rarer homogeneous) as well as flat and heterogeneous slags (slag cakes, HANNING *et alii* 2015, p. 227; METTEN 2003) could be documented (Figg. 11 and 12). In principle, "slag sand" consists of these three types. In addition to the types described, glassy slags are also often found.

In the context of smelting experiments with chalcopyrite (done together with experts over the past years, GOLDENBERG *et alii* 2011, pp. 83-90; GOLDENBERG 2011, p. 16), it can be said, that glassy slag is often a result of melted furnace clay as well as tuyères clay (it is noticeable that the tuyère tops from the smelting sites Mauk A and Rotholz are not slagged¹¹). This slag shows a very low content of metal/copper residues. The heterogeneous slag cakes originate from the top layer and rest on the more massive slags. The very homogeneous plate slag in turn floats on the molten matte/copper. The mineral paragenesis of plate slag and slag cakes from the smelting site Mauk A is almost the same. In the slag cakes are just more pieces of non-smelted quartz visible (KRISMER *et alii* 2012c, p. 40).

Some slag samples shows marks of the penetration with a thin and long tool, probably a wooden stick¹². These marks seem to be the result in the context of lifting out the slag from the furnace. The

same method could be used in the smelting experiments and observed among the copper smelters in Nepal. The so called "*Laufschlacke*" which was described in the Ramsau (Steiermark) does not exist in the Lower Inn Valley (KRAUS *et alii* 2011, p. 116, fig. 2; KRAUS *et alii* 2015, p. 303). It is questionable whether this slag was actually coagulated or lifted out of the furnace.

A Late Bronze Age Cemetery in St. Leonhard (Kundl)

East of Rotholz, on the south side of the Inn Valley near the hamlet of St. Leonhard a few pieces of bronze and pottery have been discovered on a field. Concerning the high quantity of findings and the fact that some of the artefacts show partial signs of the effects of fire, a Late Bronze Age burial site is suggested. Most of the bronze objects can be identified as dress accessories, like belt hooks, arm-rings and some globe-headed pins. A tang knife, which has also been found, is typical for the Urnfield period burial equipment. The pottery fragments suggest large wide-mouthed and round bodied vessels (urns). All of the artefacts date to the Urnfield period around the 12th century BC (STAUDT *et alii* 2013, p. 330; D3330-D3347). Because of small greenish spots observed on one of the pottery fragments it was assumed that some of the vessels could have been tempered with "slag sand". After tiny pieces of slag could be seen with a reflected-light microscope (Fig. 5, left), selected fragments were given to Peter Tropper and Matthias Krismer (Institute of Mineralogy and Petrography) for thin section analyses (Fig. 5, right).

Mineralogical investigations of ceramic fragments confirm the first assumption that primarily

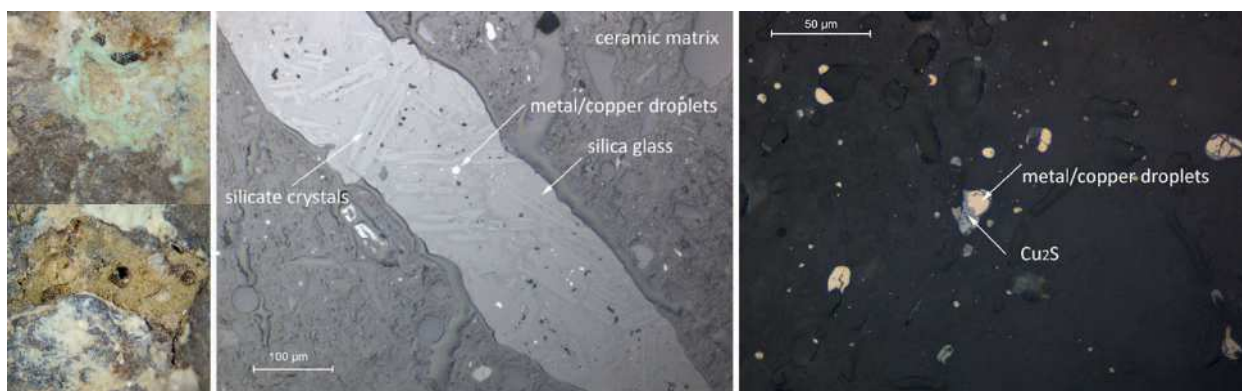


Fig. 5. First pictures of the ceramic surface (left). Reflected light picture of a copper „slag sand“ temper fragment embedded in the ceramic matrix. The slag piece consists of silica glass, olivine, clino- and orthopyroxen type phases and metal/copper droplets (middle). Reflected light pictures of a "slag sand" tempered fragment containing metal/copper and sulfide inclusions (right). Pictures: M. Staudt, M. Krismer.

¹¹ On one tuyère from the Grattenbergl/Kirchbichl tiny marks from heat exposure are visible; see TOMEDI *et alii* 2013, p. 62, fig. 10.

¹² The same imprints are equally known from local casting cakes.

slag fragments were used as temper (KRISMER *et alii* 2012b; KRISMER, STAUDT 2012, p. 106). The temper components consist of polycrystalline aggregates. The size of these “coarse” temper fragments is a few hundred to thousands microns. The finer temper fragments with a size below 100 microns consist mostly of quartz and feldspar. The slag temper has a characteristic chemical/mineralogical composition (Fig. 5). The metal/copper inclusions in the slag have a typical “fahlore-signature” containing antimony (Sb) and arsenic (As). The chemical composition and textures of the silicate phases are comparable to the Late Bronze Age copper slag’s from the close Mauk A site.

The cemetery is situated on the eastern part of the Schwaz-Brixlegg fahlore mining district just 2 km (linear distance) north of the smelting site Mauk A. The typology of pottery fragments as well as other finds and radiocarbon analyses date the Mauk A smelting site (12th/11th century BC) in the same period (12th century BC) as the graveyard St. Leonhard. Supposedly at least a few of the buried people had close contact with the miners and smelters or have been working in the nearby mining areas

themselves. This is the first Late Bronze Age cemetery where “slag sand” tempered ceramics could be observed in Tyrol so far. Late Bronze Age layers, which have been discovered nearby the church of St. Leonhard in the 1950’s, could represent the corresponding settlement (BACHMANN 1956, p. 39).

Metallurgical activities at the Late Bronze Age settlement at the quarry Wimpissinger (Kundl)

Just 4 km east of St. Leonhard, at the quarry Wimpissinger in Kundl, a thick cultural layer could be documented during investigations on the west- and eastside (Fig. 6) at the left over alluvial fan.

The massive layer and the findings indicate a settlement from the Late Bronze Age in a real shady location (the so called “Lus”), with a high risk of mudslides, which can be seen in the stratigraphy of the quarry. Therefore the prehistoric people must have had a good reason, why they selected this uncomfortable spot for their settlement. Specific findings and features from the eastern part of the settlement area which could be documented by archaeologi-



Fig. 6. The east slope of the settlement Wimpissinger with reddened clay inside the Late Bronze Age layer (up) and stone tools which were reused as cover for the Iron Age graves (down). Pictures: W. Allinger-Csollich.

cal excavations, could answer the question. Below layers from an Iron Age settlement, remains of a Late Bronze Age settlement and metallurgical activities were found during archaeological investigations of Amei Lang and Wilfrid Allinger-Csollich at the eastside (Fig. 6) of the alluvial fan in 1977¹³. Beside the extensive research done at the Iron Age cemetery as well as an iron forge from the Latène period, artefacts like different pieces of slag (also plate slag), secondary copper minerals, crucible fragments, pieces of tuyères (from blowpipes and tuyères, STAUDT, TOMEDI 2015, pp. 139-141, fig. 7) and slagged furnace clay could be detected in the Late Bronze Age layer. Further some constructions made of stone and reddened clay in combination with surrounding pieces of smelting slag were documented. On the eastern steep slope, where these prehistoric layers are washed out by casual occurrent brooks, Lang marked and indicated these constructions as smelting furnaces (LANG 1998, fig. 6).

By looking at the pictures from the excavation from the underlying Iron Age Cemetery, it is obvious that some of the graves were covered by stones with tool marks (Fig. 6)¹⁴. These stones look similar to the ones which can be found at ore beneficiation and smelting sites, where they were used for crushing/grinding ore and slag. It is not sure if the stones are oddments of the Late Bronze Age settlers/miners/smelters and were used again by the Iron Age population as grave cover or they associate with Early Iron Age mining itself. On one ceramic fragment (Nr. 3) from the cemetery discovery areal 626 (Nr. 1867) slag temper is visible (LANG 1998, p. 366; Tafel 163, 3). The piece of pottery was found together with a serpentine fibula with loop dates in the Hallstatt period (Ha D2, 6th century BC). Latest investigations inside some mines in the district Schwaz-Brixlegg prove the exploitation in the 8/7th century BC¹⁵. So it could be possible that some of the buried Early Iron Age people were miners too¹⁶.

The same Late Bronze Age settlement layers were identified during geomorphic investigations done by Gernot Patzelt and Alexandra Weber in the slope of the quarry in the year 2003 (mainly done at the west side of the alluvial fan¹⁷). The Bronze Age horizon is as far as 7 m below today's surface and approximately 5 m underneath the Iron Age layers. This fact illustrates the danger of mudslides in this location. Patzelt assumed that the unfavourable position of this settlement has to do with the close copper ore deposits. During the geomorphological

investigations it was possible to recover two big storage vessels which were filled with pieces of pottery, slag fragments, slagged furnace clay, secondary copper minerals and bones from the deepest layer in the steep wall of the quarry. Radiocarbon analyses date particles of charcoal from the Late Bronze Age layer and the storage vessels roughly in a time period from 1100 to 850 BC. The samples collected by Patzelt also present different pieces of slag like at the smelting site Rotholz and Mauk A. In some of the fragments (slag cakes and massive slags) pieces of dolomite were still visible. This is a sign for a first smelting process, where remains of the ore bearing host rock (dolomite) sometimes are not completely melted.

These slags together with the other findings (clay tuyères from small blow pipes as well as big bellows [STAUDT, TOMEDI 2015, fig. 7] and small pieces of fahlore) are definitely remains of smelting activities in a settlement-like environment. This is the first Late Bronze Age settlement where this kind of metallurgical works (primary smelting) could be proved in North Tyrol. It could be also possible that copper matte (which was produced at a smelting site) was smelted as the final step of copper production in the settlement. This last step of the metallurgical chain could be done in smaller furnaces like we know from traditional smelters in Nepal¹⁸. It is not clear if the blow pipe tuyères were used for primary (smelting) or/and secondary (melting) metallurgy. Normally small tuyères from blow pipes are characteristic for Early Bronze Age smelting (TÖCHTERLE *et alii* 2013).

At both investigations in Kundl many slag tempered ceramic fragments were documented in the Late Bronze Age layer. But in this case not all of the temper particles are "slag sand"-like. The slag fragments are visible without a microscope (Figg. 7; 10, l) and the size of the slag grains is sometimes up to 1 cm. Patzelt could also find some small isolated pieces of slag. It seems that slag was crushed just for the use of tempering. In some cases the homogeneous plate slag was used as tempering material as well. Nearly all of the recovered ceramic artefacts from the quarry Wimpissinger show slag as the main tempering material. Due to the grain size these components are clearly visible with the naked eye.

It was possible to produce a few thin-sections from some selected pieces of pottery (Fig. 7; 10, f-i) and from one slag fragment (Fig. 9). The investigations were done by Karin Prader from the Institute

¹³ LANG 1998, p. 11, fig. 4. Thanks to Amei Lang and Wilfrid Allinger-Csollich for their help and informations.

¹⁴ Thanks to Wilfrid Allinger-Csollich for the pictures.

¹⁵ NICOLUSSI *et alii* 2015, pp. 242-245; NICOLUSSI, PICHLER 2013, pp. 169-174; GOLDENBERG *et alii* 2019; STAUDT *et alii* 2019a; STAUDT *et alii* 2019b.

¹⁶ In Kundl the first people were buried in the late 7th century BC. See LANG 1998, p. 230.

¹⁷ WEBER 2003, pp. 79-87; TOMEDI *et alii* 2013, p. 62, fig. 8, 9; STAUDT, TOMEDI 2015, pp. 139-141, fig. 2, 5-7. Thanks to Gernot Patzelt for the finds and informations.

¹⁸ ANFINSET 2011; GOLDENBERG *et alii* 2011, pp. 83-90. See also HANNING *et alii* 2015.

of Mineralogy and Petrography and by the author together with Gert Goldenberg¹⁹. In the pottery sample W11 sharp-edged homogeneous slag fragments, which are similar to the homogeneous plate slag with iron silicate crystals and iron oxide, are clearly visible. By using a larger magnification, copper droplets together with matte could be identified (Fig. 7). The pictures show a silicate matrix consisting of glass and crystallised phases. The analyses on copper droplets inside the slag-temper from ceramic W4/5 done by Prader shows the characteristic fahllore signature of arsenic (As)-antimony (Sb) copper (Fig. 8).

So far only one thin-section of smelting slag (W12), in this case a homogeneous piece of slag with a heterogenic blistered part, was examined with a microscope (Fig. 9). Amazingly it seems that this artefact comes from smelting activities with chalcopyrite because typical sulphide phases like chalcopyrite, bornite and pyrite are apparent. This circumstance is very interesting. Even though the main raw ma-

terial in the mining district Schwaz-Brixlegg is fahllore, it is possible that the prehistoric miners were exploiting small chalcopyrite deposits as well. It has to be kept in mind that minor amounts of chalcopyrite may occur also in the mining district Schwaz-Brixlegg²⁰.

Another theory for the presence of this piece of slag could be that the mining and smelting knowledge is coming from the chalcopyrite districts further to the east (Mitterberg; Viehofen and Kitzbühel/Jochberg or perhaps the Brixen Valley). Maybe some experienced smelters took some left over slag from the chalcopyrite regions to the Inn Valley (Kundl-Wimpassinger) for the purpose of first smelting's with fahllore. For sure it was a common way in prehistoric times to charge slag into the furnace together with ore to facilitate the formation of a slag melt. This fact could be documented by Nepalese smelters (ANFINSET 2011; HANNING *et alii* 2015, p. 228). It is debatable if nearly all the slags were grinded for the purpose of further mechanical

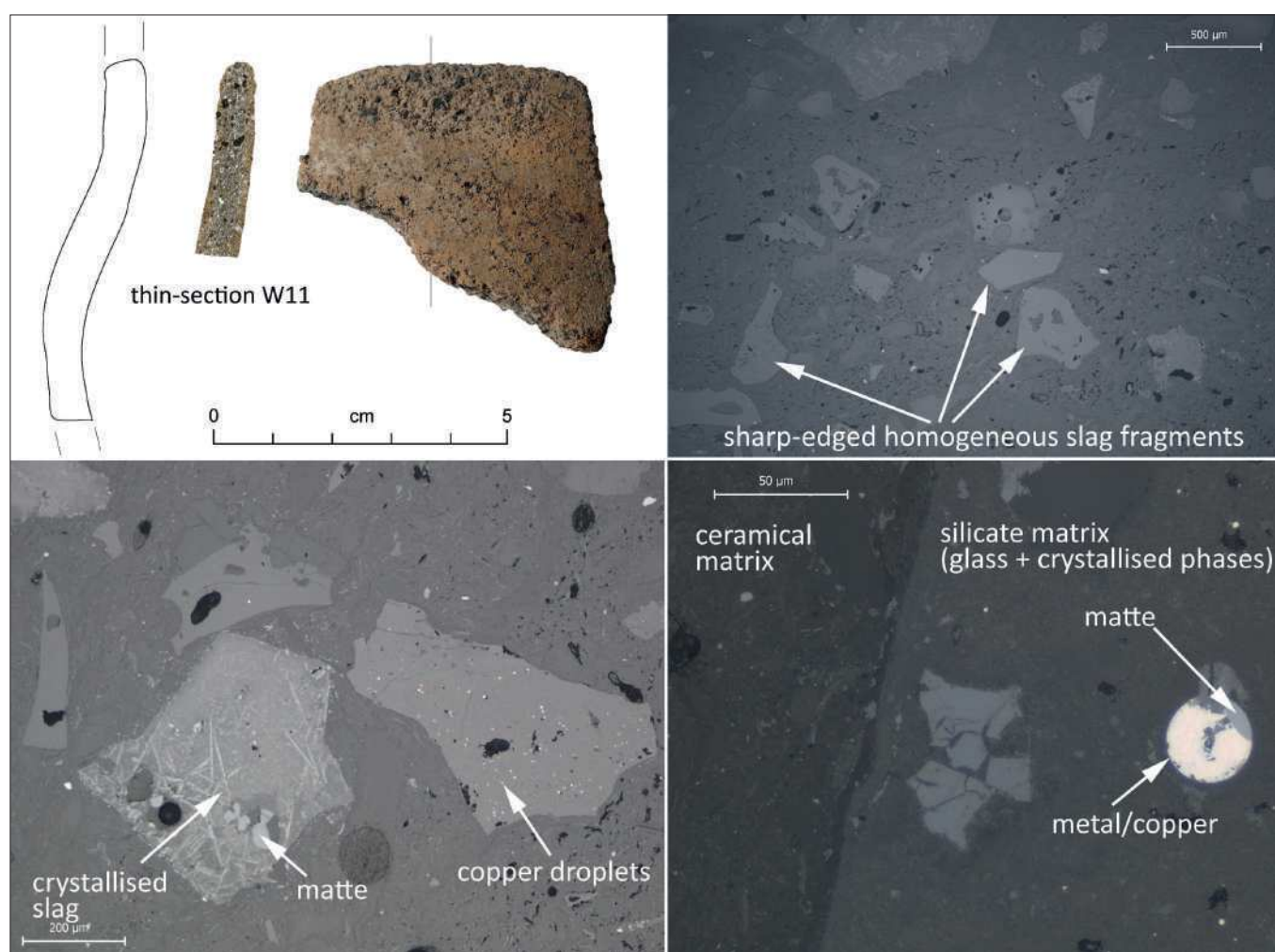


Fig. 7. Thin-section of ceramic fragment W11 with pieces of slag (black fragments visible on the ceramic surface) from the settlement Kundl-Wimpassinger. Graphic: M. Staudt, G. Goldenberg.

¹⁹ PRADER 2013; Thanks to Gert Goldenberg for his help.

²⁰ ARLT, DIAMOND 1998, 817 f.; LUKAS 1971, 114 f.; WENGER 1979; WENGER 1983.

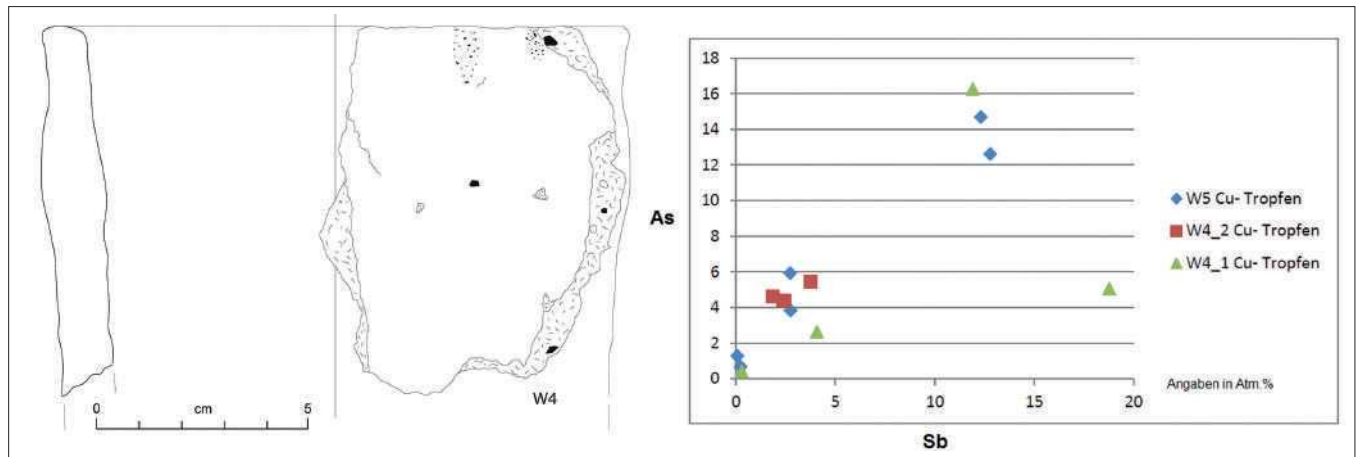


Fig. 8. Graphic of ceramic fragment W4 (maybe a tuyère-fragment) with slag temper (black fragments visible on the ceramic surface) from the settlement Kundl-Wimpassinger (left) with As- and Sb-contents diagram (right). Graphics: M. Staudt, K. Prader.

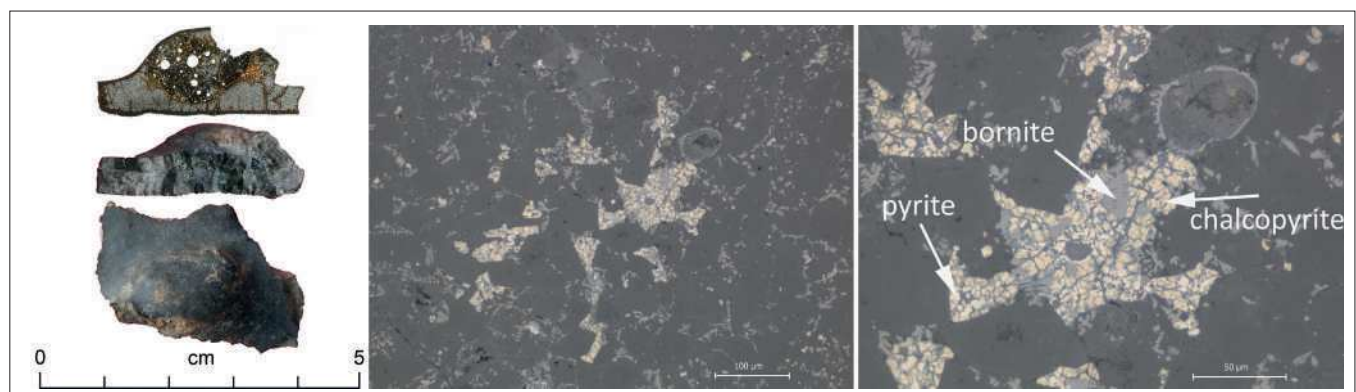


Fig. 9. Graphic of a thin and homogeneous smelting slag (W12) from Kundl-Wimpassinger including pyrite, chalcopyrite and bornite. Graphic: M. Staudt, G. Goldenberg.

treatment (washing) and some of the homogeneous fayalite slag was reused to simplify the smelting as a surcharge to create slag. At Mauk A highly porous slag cakes contain unmelted irregularly distributed quartz fragments (surcharge?!) which are also visible with the naked eye. The most leftover copper can be found in the remains of the plate slag and heterogeneous slag cakes (KRISMER *et alii* 2015, 312 ff.).

New slag tempered ceramic samples from the mining area Schwaz-Brixlegg

In the year 2011-2013 some prehistoric (mainly Late Bronze Age) pottery fragments were picked up from the mining-dumps and ore preparation sites near pit fields in the mining district Schwaz-Brixlegg [Blutskopf, Gallzein (Fig. 10, j-k); Obertroi, Buch in Tirol (Fig. 10, c); Schrofen, Strass im Zillertal (Fig. 10, e)] by the author during field surveys. Many times small broken bits of slag are macroscopically visible on the pottery surface and can be determined with a reflected-light microscope. It looks like that glassy slag as well as flat and homog-

enous or flat and heterogeneous slag was used as temper for the ceramic production.

Reasons for using slag as temper material

The reason why the prehistoric people used slag tempered ceramic seems obvious. A trivial possibility could be that it is easy to get the temper particles directly from the dump because the grinded slag fragments have already a homogeneous size. For building and repairing the furnaces quite a big amount of clay was used. Maybe the same sources of clay, which are probably not far away from the smelting sites, where used for ceramic production as well. So it would be easy to produce pottery, because the main components like clay and grinded slag are available near the spot. It could also be possible that the still hot furnace were used to burn the ceramic after the smelting processes. For objects like tuyères and crucibles as well as cooking pottery it is the best way to use heat proof temper components. Because slag already was heated up to high temperatures it is very suitable for activities with fire. Even during impacts of heat the shape of the

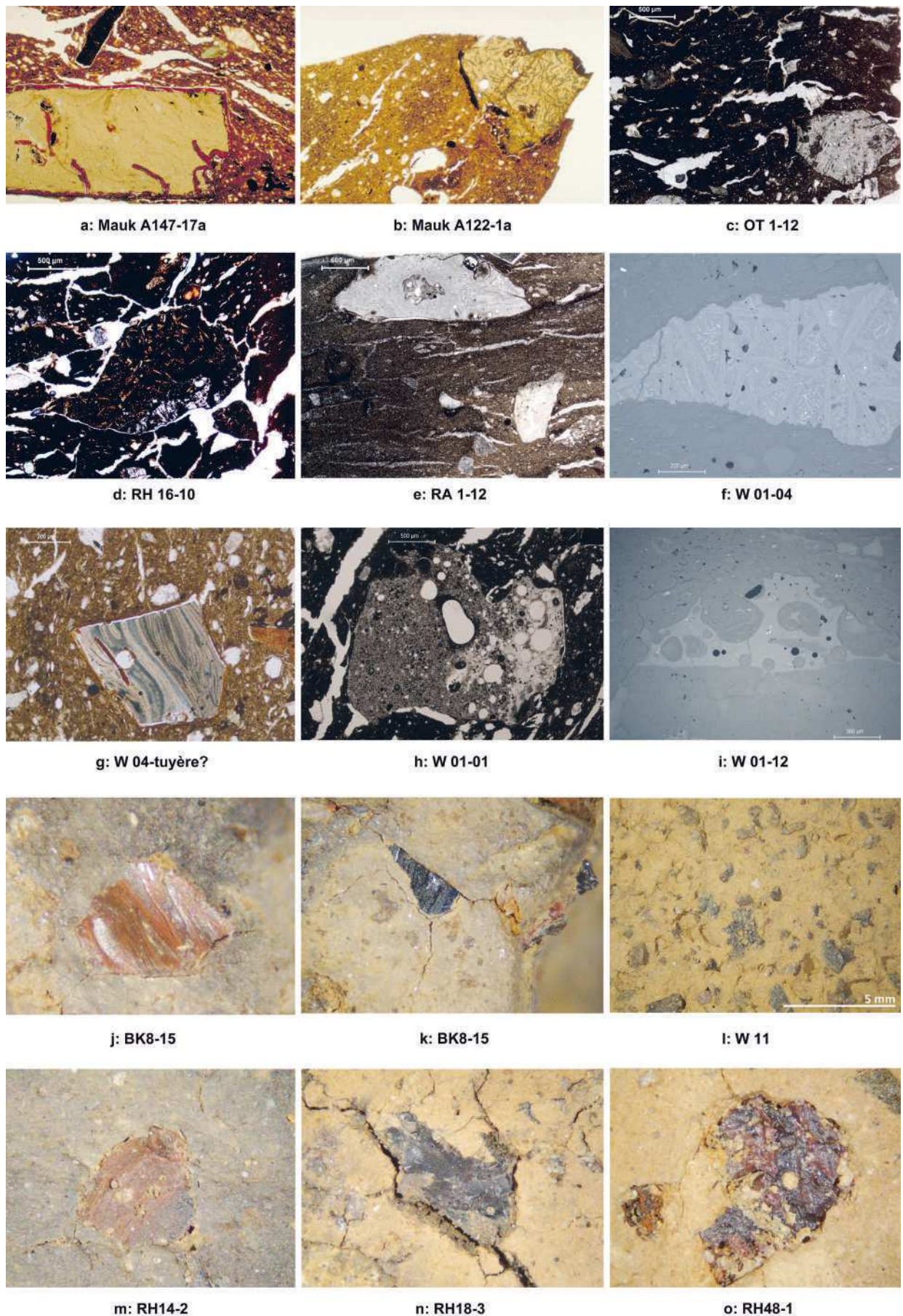


Fig. 10. Thin-section pictures [a-b (smelting site Mauk A); c (Obertroi); d (smelting site Rotholz); e (Schrofen); f-i (Kundl-Wimpissinger)] from slag tempered pottery and reflected-light microscope pictures from slag inside the ceramic surface [j-k (Blutskopf, Gallzein); l (Kundl-Wimpissinger), m-o (smelting site Rotholz)]. Pictures: G. Goldenberg, P. Tropper, M. Staudt.

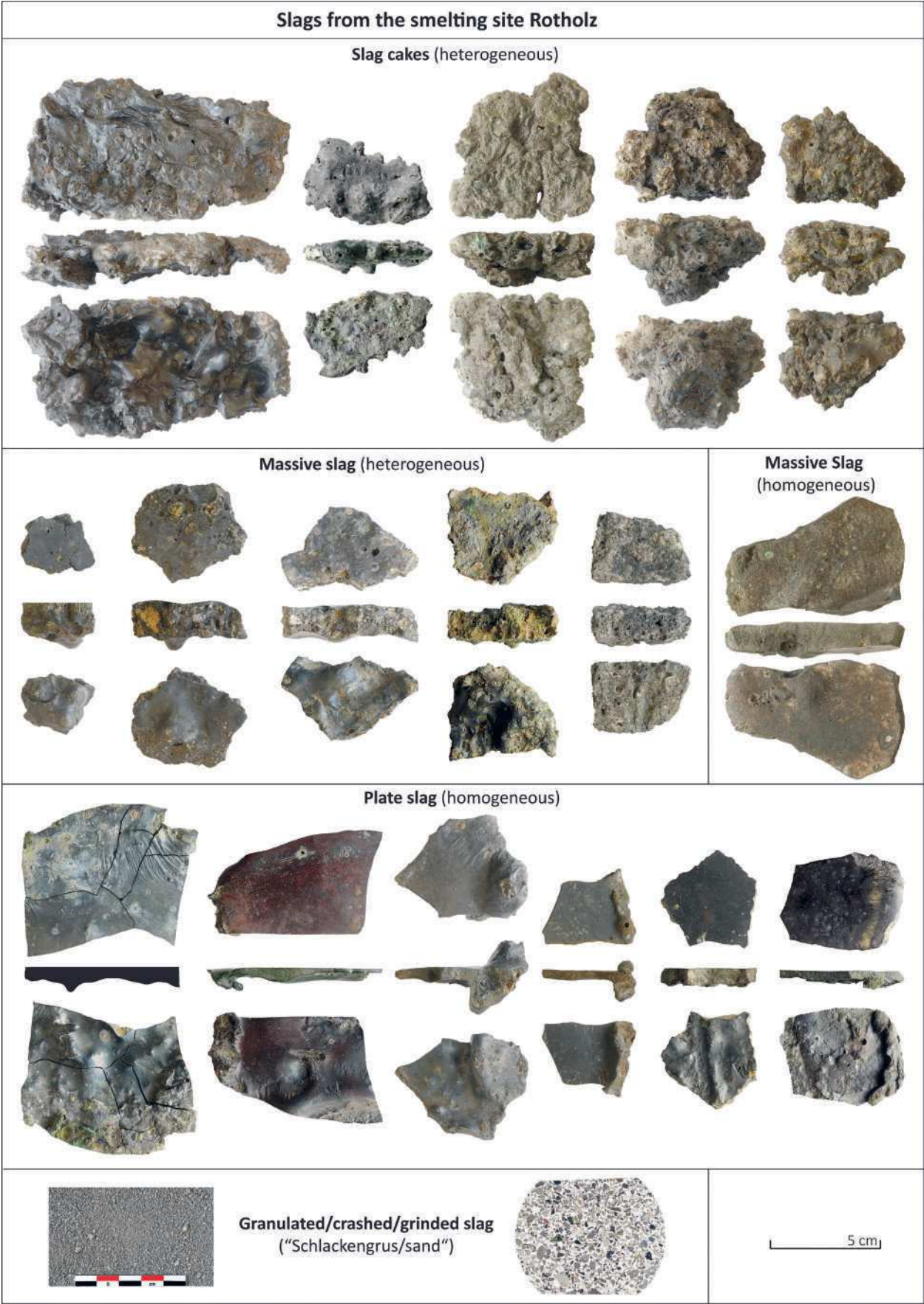


Fig. 11. The different types of slag from the smelting site Rotholz (Buch in Tirol) which represent the prehistoric slags of the fahlore copper production in the Lower Inn Valley. Graphic: M. Staudt.

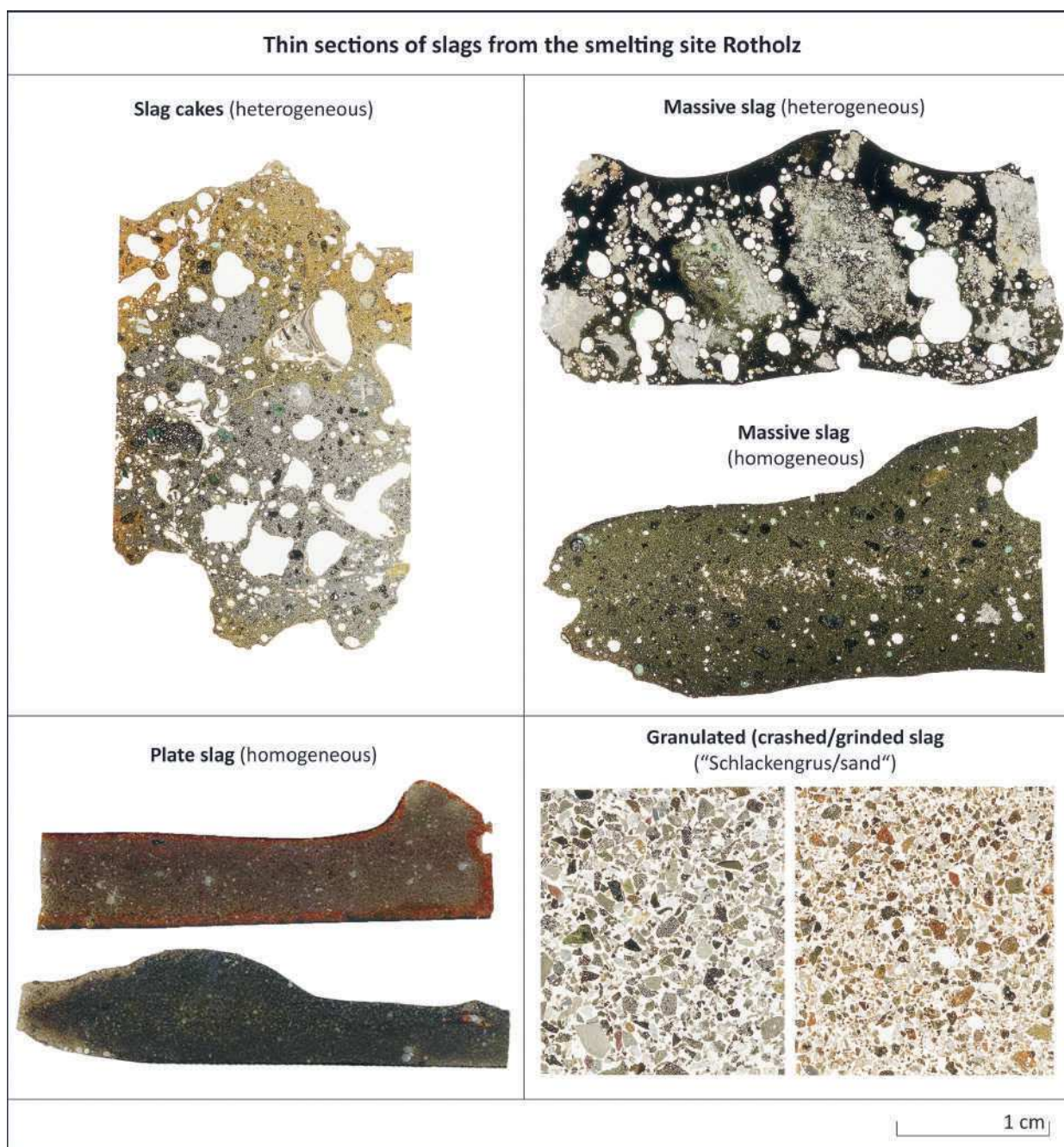


Fig. 12. Thin sections of the different types of slag from the smelting site Rotholz (Buch in Tirol).

slag fragments will not deform easily. But also for burning domestic pottery it is important to insert heat-resistant materials. This will reduce the danger of cracks while burning the ceramic. The sharp-edged shape of the crashed and grinded slag fragments has perfect binding properties. Maybe it was easier to make big vessels like the ones at the quarry Wimpissinger or the urns from the cemetery St. Leonhard with this kind of temper material. Perhaps the addition of metallic slag also has good thermal conductive (cooking) or antibacterial properties (storing). Because of

the big temper fragments (up to 1 cm) at the settlement Kundl-Wimpissinger it seems likely that slag was also smashed and grinded just for the reason of tempering. We also don't know about the religious beliefs of the Bronze Age people. A material like slag, which originally comes out from the mountains and accordingly out of "earth and fire", could be sacred. Similar believes could be observed in Nepal where the traditional copper smelters treat the produced metal as a holy object and broken tuyères are kept for good luck²¹.

²¹ Thanks to Nils Anfinset for the informations.

Bibliography

- ANFINSET N. 2011, *Social and Technological Aspects of Mining, Smelting and Casting Copper. An Ethnoarchaeological Study From Nepal*, Bochum.
- ARLT T., DIAMOND L. 1998, *Diamond, Composition of tetrahedrite-tennantite and 'schwazite' in the Schwaz silver mines, North Tyrol, Austria*, "Mineralogical Magazine", 62 (6), pp. 801-820.
- BACHMANN H. 1956, *Zur Entstehung der Kirche St. Leonhard auf der Wiese bei Kundl. Zum Eigenkirchenwesen im Nordtiroler Unterland*, "Schlern-Schr.", 150, pp. 21-46.
- GOLDENBERG G. 2011, *Experimentelle Archäometallurgie mit ethnoarchäologischem Ansatz*, in A. NASO, S. HYE (Hrsg.), *Atriumhaus – Das Zentrum für Alte Kulturen, Jahresbericht Aktuelle Forschungen 2010 Innsbruck*, 16.
- GOLDENBERG G. 2013, *Prähistorischer Fahlerzbergbau im Unterinntal – Montanarchäologische Befunde*, in MONTANWERKE BRIXLEGG AG, K. OEGGL, V. SCHAFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahr Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*, Brixlegg, pp. 89-122.
- GOLDENBERG G. 2014, *Montanarchäologische Fallstudien zur prähistorischen Kupfergewinnung in den Ostalpen und auf der Iberischen Halbinsel*, Unpubl. Habilitationsschr., Innsbruck.
- GOLDENBERG G. 2015, *Prähistorische Kupfergewinnung aus Fahlerzen der Lagerstätte Schwaz-Brixlegg im Unterinntal, Nordtirol*, in TH. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Bochum, pp. 151-164.
- GOLDENBERG G., RIESER B. 2004, *Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol) – Ein weiteres Zentrum urgeschichtlicher Kupferproduktion in den österreichischen Alpen*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg./a cura di), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, Bochum, pp. 37-53.
- GOLDENBERG G., ANFINSET N., SILVESTRI E., BELGRADO E., HANNING E., KLAUNZER M., SCHNEIDER P., STAUDT M., TÖCHTERLE U. 2011, *Das Nepal-Experiment - Experimentelle Archäometallurgie mit ethnoarchäologischem Ansatz*, in K. OEGGL, G. GOLDENBERG, TH. STÖLLNER, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*, Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 7.-10.10.2010 in Mühlbach (Innsbruck 2011), pp. 83-90.
- GOLDENBERG G., BREITENLECHNER E., DESCHLER-ERB S., HANKE K., HIEBEL G., HÜSTER-PLOGMANN H., HYE S., KLAUNZER M., KOVÁCS K., KRISMER M., LUTZ J., MAAS A., MOSER M., NICOLUSSI K., OEGGL K., PERNICKA E., PICHLER T.H., PÖLLATH N., SCHIBLER J., STAUDT M., STOPP B., THURNER A., TÖCHTERLE U., TOMEDI G., TROPPE P., VAVTAR F., WEINOLD TH. 2012, *Prähistorischer Kupfererzbergbau im Maukental bei Radfeld/Brixlegg im Unterinntal*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Arch. Österreichs Spezial", 4, Wien, pp. 61-110.
- GOLDENBERG G., STAUDT M., GRUTSCH C. 2019, *Montanarchäologische Forschungen zur frühen Kupferproduktion in Nordtirol - Forschungsfragen, Forschungskonzepte und Ergebnisse*, in S. HYE, U. TÖCHTERLE (Hrsg.), UPIKU:TAUKE, *Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag*, "Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie", 339, Bonn, pp. 159-178.
- GSTREIN P. 1981, *Prähistorischer Bergbau am Burgstall bei Schwaz (Tirol)*, "Veröff. Tiroler Landesmus. Ferdinandeum", 61, pp. 25-46.
- GSTREIN P. 1988, *Geologie, Mineralogie und Bergbau des Gebietes um Brixlegg*, in S. LANDMANN (Hrsg.), *Brixlegg, eine Tiroler Gemeinde im Wandel der Zeiten*, Brixlegg, pp. 11-62.
- HANNING E., HERDITS H., SILVESTRI E. 2015, *Alpinen Kupferschmelzen – technologische Aspekte*, in TH. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Bochum, pp. 225-231.
- HUIJSMAN M. 1994, *Die frühe und Mittlere Bronzezeit in Nordtirol*. Unpubl. Dipl., Innsbruck.
- KLAUNZER M., STAUDT M., GOLDENBERG G., TOMEDI G. 2010, *KG Buch, OG Buch bei Jenbach, PB Schwaz*, "Fundber. Österreich", 49, p. 417.
- KRAUS S., KLEMM S., PERNICKA E. 2011, *Untersuchungen zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung in der Eisenerzer Ramsau, Steiermark: Erste schlackenkundliche Ergebnisse*, Schr. zur Archäologie und Archäometrie an der Paris Lodron Universität Salzburg, 2, pp. 115-118.
- KRAUS S., SCHRÖDER C., KLEMM S., PERNICKA E. 2015, *Archaeometallurgical studies on the slags of the Middle Bronze Age copper smelting site 51, Styria, Austria*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESI-TEHRANI (Hrsg.) *Archäometallurgy in Europe III. Proceedings of the 3rd International Conference*, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29-July 1 2011, Bochum, pp. 301-308.
- KRISMER M., STAUDT M. 2012, *Slag sand tempered ceramics from a late Bronze Age "Cemetery" at St. Leonhard (Kundl, North Tyrol)*, in P. ANREITER, K. BRANDSTÄTTER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, W. LEITNER, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, V. SCHAFER, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, TH. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPE (eds.), *Conference Guide of the 2nd Mining in European History Conference. Ancient Mining Activities and its Impact on Environment and Human Societies*, Special Conference of the FZ HiMAT Innsbruck, 7.11.-10.11.2012 (Innsbruck 2012), p. 106.
- KRISMER M., TÖCHTERLE U., GOLDENBERG G., VAVTAR F., TROPPE P., LUTZ J., PERNICKA E., 2010, *A Mineralogical and Petrological Investigation of Early Bronze-Age Copper Slags from the Kiechlberg (North Tyrol, Austria)*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K.

- NICOLUSSI, K., OEGGL, E., PERNICKA, M., PRAST, J., SCHIBLER, I., SCHNEIDER, H., STADLER, TH., STÖLLNER, G., TOMEDI, P., TROPPER (eds.), *Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT*, 12.-15. November 2009 (Innsbruck 2010), pp. 107-109.
- KRISMER M., GOLDENBERG G., TROPPER P. 2011, *Die chemische Zusammensetzung von spätbronzezeitlichen Schlacken vom Schmelzplatz Mauken/Brixlegg*, in K. OEGGL, V. SCHAFFER (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*, Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 7.-10.10.2010 in Mühlbach (Innsbruck 2011), pp. 185-192.
- KRISMER M., LUTZ J., GOLDENBERG G., TÖCHTERLE U., TROPPER P., VAVTAR F., PERNICKA E. 2012, *Mineralogische und geochemische Untersuchungen an Schlacken und Artefakten vom Kiechlberg*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENNLEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT – Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Arch. Österreichs Spezial", 4, Wien, pp. 39-42.
- KRISMER M., SCHNEIDER P., GOLDENBERG G., TROPPER P. 2012a, *Mineralogische Untersuchungen an Kupfervererzungen aus der Region Mauken (Lagerstätte Schwaz-Brixlegg, Tirol)*, in CEMPER-KIESSLICH et alii (Hrsg.): *TERTIUS CONVENTUS AUSTRIACUS ARCHAOMETRIÆ*, Schriften zur Archäologie und Archäometrie der Paris Lodron-Universität Salzburg 4, Salzburg, pp. 35-37.
- KRISMER M., HIPPE F., STAUDT M., GOLDENBERG G., TROPPER P. 2012b, *Kupferschlackengemagerte Keramik von einem spätbronzezeitlichen Gräberfeld bei St. Leonhard (Tirol, Österreich)*, "GeoAlp", 9, pp. 110-118.
- KRISMER M., GOLDENBERG G., TROPPER P. 2012c, *Archäometallurgische Untersuchungen von zwei spätbronzezeitlichen Kupferschlackentypen aus Mauken bei Brixlegg (Tirol)*, in CEMPER-KIESSLICH et alii (Hrsg.): *TERTIUS CONVENTUS AUSTRIACUS ARCHAOMETRIÆ*, Schriften zur Archäologie und Archäometrie der Paris Lodron-Universität Salzburg 4, Salzburg, pp. 39-41.
- KRISMER M., GOLDENBERG G., TROPPER P. 2015, *Mineralogical-petrological investigations of metallurgical slags from the Late Bronze Age fahlore-smelting site Mauken (Tyrol, Austria)*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESSI-TEHRANI (Hrsg.), *Archäometallurgy in Europe III*, Proceedings of the 3rd International Conference. Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29-July 1, 2011, Bochum, pp. 309-317.
- LANG A. 1998, *Das Gräberfeld von Kundl im Tiroler Inntal. Studien zur vorrömischen Eisenzeit in den zentralen Alpen*, Frühgeschichtliche und provincialrömische Arch., 2, Rahden/Westfalen.
- LUKAS W. 1971, *Die Siderit-Fahlerz-Kupferkies-Lagerstätte des Arzberges bei Schwaz in Tirol*, "Veröff. Tiroler Landesmus. Ferdinandeum", 51, pp. 111-118.
- METTEN B. 2003, *Beitrag zur spätbronzezeitlichen Kupfermetallurgie in Trentino (Südalpen) im Vergleich mit anderen prähistorischen Kupferschlacken aus dem Alpenraum*, "Metalla", 10-1/2, pp. 1-122.
- NICOLUSSI K., PICHLER TH. 2013, *Bergbauholz aus historischer und prähistorischer Zeit – Jahrringanalysen zur Bergbaugeschichte im Raum Schwaz-Brixlegg*, in MONTANWERKE BRIXLEGG AG, K. OEGGL, V. SCHAFFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahr Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol*, Brixlegg, pp. 153-187.
- NICOLUSSI K., PICHLER TH., THURNER A. 2015, *Dendro-Daten zum prähistorischen Kupferbergbau in Westösterreich*, in TH. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Bochum, pp. 239-245.
- OEGGL K., SCHWARZ S. 2015, *Aspekte der Versorgung bronzezeitlicher Bergbaugebiete*, in TH. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Bochum, pp. 255-262.
- PERNICKA E., LUTZ J. 2015, *Fahlerz – und Kupferkies in der Bronze- und Eisenzeit*, in TH. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Bochum, pp. 107-111.
- PIRKL H. 1961, *Geologie des Trias-Streifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inn zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol)*, "Jahrb. der Geologischen Bundesanstalt", 104, Wien, pp. 1-150.
- PRADER K. 2013, *Spätbronzezeitliche und latènezeitliche Kulturschichten in der Schottergrube Wimpissinger (Kundl). Mineralogische und petrologische Charakterisierung der metallurgischen Reste und Keramiken*. Unpubl. Bachelorarbeit, Innsbruck.
- PREUSCHEN E., PITTIONI R. 1955, *Neue Beiträge zur Topographie des urzeitlichen Bergbaues auf Kupfererz in den Österreichischen Alpen*, "Archiv für ur- und frühgeschichtliche Bergbauforschung", 8, pp. 45-79.
- REIDER E. 2003, *Die spätbronzezeitlichen Kleinfunde aus den bergbauarchäologischen Untersuchungen im Raum Radfeld*. Unpubl. Dipl., Innsbruck.
- RIEDER A. 2014, *Zähne und Knochen in Halden als chemische Indikatoren für den Typ des prähistorischen Bergbaus*, Unpubl. Bachelorarbeit II, Innsbruck.
- RIESER B. 2008, *KG Buch, OG Buch bei Jenbach, VB Schwaz*, "Fundber. Österreich", 46, p. 645.
- RIESER B., SCHRATTENTHALER H. 1998/99, *Urgeschichtlicher Kupferbergbau im Raum Schwaz-Brixlegg, Tirol*, "Arch. Austriaca", 82/83, 1998/99, pp. 135-179.
- RIESER B., SCHRATTENTHALER H. 2004, *Prähistorischer Kupferbergbau im Raum Schwaz/Brixlegg (Nordtirol). Geländebefunde und experimentelle Untersuchungen zur Schlägelschäftung*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beih. 17, Bochum, pp. 75-94.
- SCHIBLER J., MARTI-GRÄDEL E., STOPP B., HÜSTER PLOGMANN H. 2015, *Fleischkonsum der bronzezeitlichen Bergleute*, in TH. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen* (Bochum 2015), pp. 263-264.

- SÖLDER W. 1987/88, *Eine Siedlung der Bronzezeit bei Angath*, "Tiroler Heimat", 51/52, 1987/1988, pp. 5–36.
- SÖLDER W. 2015, *Das Brandgräberfeld Vomp – Fiecht-Au im Tiroler Unterinntal und die Nordtiroler Urnenfelderzeit*, in TH. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Bochum, pp. 273–277.
- SPERBER L. 1992, *Zur Demographie des spätbronzezeitlichen Gräberfeldes von Volders in Nordtirol*, "Veröff. Tiroler Landesmus. Ferdinandeum", 72, pp. 37–74.
- SPERBER L. 2004, *Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa – mit besonderer Berücksichtigung Nordtirols*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg./a cura di), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, Bochum, pp. 303–345.
- STAUDT M. 2017, *Untersuchungen bei einem spätbronzezeitlichen Kupferverhüttungsplatz in Rotholz (Gem. Buch in Tirol)*, "Fundber. Österr.", 54, 2015 (2017).
- STAUDT M. in progress, *Montanarchäologische Forschungen zum prähistorischen Fahlerzbergbau und zur Kupferproduktion im Unterinntal (Nordtirol)*. Dissertation in Vorbereitung, Universität Innsbruck.
- STAUDT M., TOMEDI G. 2015, *Zur Besiedlungsgeschichte der Ostalpen in der Mittel- bis Spätbronzezeit: Bestand, Kolonisation und wirtschaftlicher Neuanfang in der mittleren und späten Bronzezeit Nordtirols*, in TH. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Bochum, pp. 135–143.
- STAUDT M., HYE S., KLAUNZER M., KUNDL K.G., KUNDL M.G. 2013, "Fundber Österreich", 51 (2013) 330; D3330-D3347.
- STAUDT M., GOLDENBERG G., SCHERER-WINDISCH M., NICOLUSSI K., PICHLER TH. 2019a, *Late Bronze Age/Early Iron Age fahlore mining in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria)*, in R. TURCK, TH. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 115–142.
- STAUDT M., GOLDENBERG G., SCHERER-WINDISCH M., GRUTSCH C., LAMPRECHT R., ZEROBIN B. 2019b, *The Late Bronze Age smelting site Rotholz in the Lower Inn Valles (North Tyrol, Austria)*, in R. TURCK, TH. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 279–298.
- TOMEDI G., STAUDT M., TÖCHTERLE U. 2013, *Zur Bedeutung des prähistorischen Bergbaus auf Kupfererze im Raum Schwaz-Brixlegg*, in MONTANWERKE BRIXLEGG AG, K. OEGGL, V. SCHAFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahr Bergbau und Kupferverhüttung in Tirol, Brixlegg*, pp. 55–70.
- TÖCHTERLE U. 2015, *Der Kiechlberg bei Thaur als Drehscheibe zwischen den Kulturen nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. Ein Beitrag zum Spätneolithikum und zur Früh- und Mittelbronzezeit in Nordtirol*, "Universitätsforsch. zur prähist. Arch.", 261, Bonn.
- TÖCHTERLE U., GOLDENBERG G., SCHNEIDER P.H., TROPPER P. 2013, *Spätbronzezeitliche Verhüttungsdüsen aus dem Bergbaurevier Mauken im Unterinntal*, "Der Anschnitt", 65, 2013/1-2, pp. 2–19.
- TÖCHTERLE U., STAUDT M., TOMEDI G. 2018, *Alpine Brandopferplätze der Bronzezeit im Spiegel der Nordtiroler Befunde*, in L. KREINER (Hrsg.), *Opfer- und Festplätze von der Bronze- zur Latenezeit*, "Archäologie im Landkreis Dingolfing-Landau", 5, Rahden/Westf. 2018, pp. 233–258.
- WEBER A. 2003, *Geomorphologische Untersuchungen im Raum Kundl. Eine chronologische Darstellung der spät- und nacheiszeitlichen Schwemmkegel- und Talentwicklung unter Einbeziehung der prähistorischen Funde aus der Schottergrube Wimpissinger*. Unpubl. Dipl., Innsbruck.
- WENGER H. 1979, *Diskordante und konkordante Kupferkies- und Eisenspaltvererzung im Bereich des Kaunzalm-Hochlegers im Öxeltal (Tuxer Voralpen)*, "Veröff. des Tiroler Landesm. Ferdinandeum", 59, pp. 85–99.
- WENGER H. 1983, *Die Eisenkarbonat-Kupferkiesvererzungen im Raume Schwaz, Tirol*, "Veröff. des Tiroler Landesm. Ferdinandeum", 63, pp. 185–200.

FARE RAME: QUADRO DI SINTESI SU SITI E STRUTTURE PRODUTTIVE DELLA METALLURGIA PRIMARIA PROTOSTORICA DEL TRENTINO

Paolo Bellintani, Elena Silvestri (a cura di), Michele Bassetti, Nicola Cappellozza, Nicola Degasperi, Franco Nicolis, Nicola Pagan, Mark Pearce

Riassunto

Nel Trentino orientale, generalmente a quote comprese tra 1000 e 1800 m s.l.m., sono 198 le segnalazioni di "siti fusori", ossia di aree dedicate alla lavorazione di minerali di rame (solfuri misti a prevalente calco-pirite) tradizionalmente datati alla tarda età del Bronzo.

Le caratteristiche dello sfruttamento minerario in epoca protostorica nel versante meridionale delle Alpi centro-orientali sono emerse per la prima volta in modo chiaro grazie alla scoperta, nel 1979, del sito fusorio di Acqua Fredda al passo di Redebus e al successivo progetto di ricerca condotto in collaborazione tra l'Ufficio beni archeologici della Provincia autonoma di Trento e il *Bergbau-Museum* di Bochum (Germania), tra gli anni '80 e '90 del secolo scorso.

A partire dai primi anni 2000, l'Ufficio beni archeologici di Trento ha avviato una più sistematica azione di tutela su questi particolari depositi archeologici, che ha comportato interventi di scavo, indagini archeometriche e la ri-mappatura, su base georeferenziata, dei siti noti.

Nella provincia di Trento i principali depositi con mineralizzazioni di rame sono concentrati lungo un ampio settore di territorio che si sviluppa a est di Trento. Nel suo estremo occidentale l'area è delimitata dal monte Calisio (a nord) e dalla Marzola (a sud), mentre a est comprende le propaggini più meridionali dell'altopiano di Pinè, la valle dei Mocheni e l'Alta Valsugana. Nel complesso, tale area coincide con quella dei siti fusori di età protostorica, raggruppati in 4 macro-aree gravitanti attorno all'area di affioramento del basamento metamorfico (Valli di Cembra e dei Mocheni; Valsugana; Altopiani di Lavarone e Luserna e infine Tesino e Primiero), mentre sono pochissimi i dati disponibili sulle miniere pre-protostoriche e le aree di primo trattamento del minerale (area mineraria di Vetriolo, in comune di Levico Terme).

Caratteristiche generali

I siti fusori presentano molte caratteristiche in comune: la prossimità ai giacimenti minerari (con l'importante eccezione degli Altopiani di Lavarone e Luserna); la presenza di acqua direttamente sul sito o nelle vicinanze; l'ubicazione su pianori, naturali o artificiali, lungo il versante. Nella maggior parte dei casi (84%) i siti sono stati identificati grazie alla presenza di scorie grossolane, nel 57% sono state trovate anche scorie piatte, mentre in un numero nettamente inferiore di siti è stata registrata la presenza di "sabbia di scorie", residuo del ri-processamento delle scorie grossolane (9%). Strutture o attrezzature impiegate nei processi di lavorazione sono state osservate di rado: resti di strutture pirotecniche, in parte riconducibili a forni (9%), strumenti litici come macine, macinelli, incudini e percussori (7%) e ceramiche tecniche (ugelli da mantice) (3%).

Strutture e residui di lavorazione

Forni: strutture pirotecniche destinate al processamento di minerale e/o di prodotti derivati (metallina). Dei 19 casi attualmente noti, 16 sono strutture in muratura (in genere composte da porfidi) di forma quadrangolare che conservano sempre e solo tre lati (il quarto lato doveva essere rimovibile); vi sono anche strutture definite "a fossa", probabile esito dello smantellamento della parte muraria dei forni di cui è conservata solo la base a conca.

Strutture complesse e batterie: Nei casi di Acqua Fredda, Fierozzo VC e Luserna PvM, è stata riscontrata la presenza di strutture complesse, come forni in coppia e la singolare batteria di Acqua Fredda fase 2, costituita da 4 elementi contigui incassati in un'unica struttura muraria.

Focolari: strutture di combustione non riferibili a forni fusori. Il "focolare" US 517 di Transacqua potrebbe essere servito per ottenere sabbie quarzose, da locali rocce metamorfiche, utili al processamento dei solfuri di rame.

Letti di arrostitimento: resti di piazzole di forma allungata e regolare, delimitate da pietrame di varie dimensioni, utilizzate per l'arrostitimento (desolforazione) del minerale e/o di prodotti intermedi del processo fusorio.

Strutture in legno: pali appuntiti, assi e grandi tavole sono presumibilmente pertinenti a strutture in elevato (coperture, tettoie, recinzioni ecc.). Ad Acqua Fredda sono conservate anche le tracce della foderatura in legno di una canaletta di derivazione dell'acqua dall'omonimo Rio per le operazioni di lavaggio di prodotti da riprocessare o forse anche del minerale. Altri allineamenti di paletti, o strutture negative, sono collegabili a possibili gabbie o pareti di contenimento di accumuli di scorie.

Attrezzature mobili: incudini, percussori e macine

Alla frantumazione più grossolana sono pertinenti incudini e incudinelle (da 20 a 60 cm di larg. max) con coppelle, sulla superficie attiva, create dalla percussione. Per la frantumazione fine si usavano macine costituite da un elemento inferiore fisso, a superficie leggermente concava e rigata, e uno superiore mobile a superficie convessa.

Tipi di scorie

Sono stati distinti 4 tipi di scorie: scorie grossolane (*Schlacken Kuchen*); scorie piatte (*Plattenschlacken*, con spessore compreso tra 0,2 e 0,8 cm con una variante tra 1 e 1,2 cm); scorie "massive" con spessore superiore a 1,8 cm; "sabbia di scorie" (granulometria 1 - 3 mm).

Le scorie grossolane sono disomogenee e potrebbero essere interpretate come materiali parzialmente liquefatti ("scorie immature"); le scorie piatte (composte principalmente da fayalite) derivano da un raffreddamento di materiale processato al di sopra di una massa liquida (metallina/metallo) ad una temperatura intorno a 1150 - 1200 °C; la "sabbia di scorie" è composta da piccoli frammenti di scorie, derivanti dalla frantumazione delle stesse al fine di separare e raccogliere materiale da riprocessare.

Discariche e altre concentrazioni di scorie

Le discariche erano collocate a valle degli impianti. A Luserna PvM, la discarica, solo parzialmente indagata, sembra costituita da un'imponente massa (oltre due metri di spessore) di scorie grossolane e piatte. Nei casi meglio indagati (Acqua Fredda e Segonzano – Peciapian) la parte inferiore, in senso altimetrico, della discarica è caratterizzata dalla presenza di sabbia di scorie, con stratificazioni che, nel caso di Acqua Fredda, superano i due metri di spessore.

Forma e organizzazione interna dei siti

L'estensione massima a oggi registrata per un sito fusorio è quella di Segonzano P. – Area A, che si stima attorno a 5200 m², cui seguono Acqua Fredda e Fierozzo VC (tra 2500 e 3000 m² ca.) Luserna PvM (1850 m² ca.) ed infine di Transacqua PA e Terrebis (tra 1000 e 1500 m² ca.) L'estensione potrebbe essere collegata alla reiterazione, o meno, delle attività nel medesimo sito, ossia alla ricostruzione (e parziale traslazione) degli impianti, oppure a differenze di carattere funzionale (parziali variazioni del processo produttivo). A conferma di ciò anche il fatto che le strutture risultano quasi sempre coperte da livelli di scorie o "sabbia di scorie", rendendo peraltro difficile l'utilizzo di metodi di indagine non invasiva.

Nei siti meglio documentati (Luserna PvM e Acqua Fredda) sono presenti gruppi di 4 o 5 forni per fase. A Luserna PvM le "unità di lavoro" sembrano costituite da una coppia di forni e da un letto di arrostitimento, posti gli uni di fronte all'altro, come frequentemente documentato nei distretti minerari austriaci a partire dal BM. Ad Acqua Fredda, invece, sono presenti strutture singole (forse anche in coppia) nella fase 1 del sito, oppure in un'unica "batteria" di 4 forni incassati in un muro (fase 2). Elementi strutturali riconducibili a laverie sono documentati in modo chiaro solo ad Acqua Fredda e si riferiscono al trattamento di scorie macinate per recupero di materiale da riprocessare, mentre è probabile che il minerale fosse "arricchito" in prossimità delle miniere, come sembra essere documentato nel caso di Vetriolo.

Infine, non è possibile stabilire, sulla base dei dati forniti dalla ricerca sul campo, quale fosse realmente il prodotto finale di queste officine, ossia se la raffinazione avvenisse in loco o altrove, mentre, sulla base di indagini di caratterizzazione composizionale e tessiturale delle scorie, è stata avanzata l'ipotesi di una produzione finale di rame grezzo.

Problemi di cronologia della seconda fase della metallurgia trentina

Nella tradizionale letteratura di settore, l'attività estrattiva di epoca protostorica è datata tra BR e BF1/2. Tuttavia, vi sono attualmente diversi indizi di un inizio più antico, come nel caso del complesso insediativo, culturale e funerario di Gardolo di Mezzo, dove diverse tipologie di scorie di fusione interessano anche i depositi datati al Bronzo antico e medio.

Il problema di una ridefinizione dello iato tra le due fasi della metallurgia pre-protostorica della regione Trentino-Alto Adige si è posto anche a causa di alcune delle 46 datazioni radiometriche ottenute da 18 siti fusori, che sembrerebbero confermare un inizio più antico del BR2 per la seconda fase. Ulteriori indizi in questo senso vengono dalle indagini di caratterizzazione della provenienza del rame di oggetti metallici tipologicamente datati a tutte le fasi dell'età del Bronzo italiana (in particolare dalla regione gardesana) ed europea (Scandinavia, Serbia, Bulgaria) che hanno permesso di ipotizzare un'origine trentina o sud-alpina (Trentino – Alto Adige/Veneto) della materia prima. Sulla base di queste considerazioni è pertanto possibile che per la cosiddetta seconda fase dello sfruttamento pre-protostorico dei giacimenti cupriferi sud-alpini sia proponibile un quadro storico meno lontano da quello prospettato da Stöllner per i comparti minerari transalpini e in particolare dell'Austria. Secondo Stöllner infatti il nuovo modello di sfruttamento, nato attorno ai grandi giacimenti di calcopirite del Mitterberg, comportò l'adozione di nuove strutture di trattamento del minerale, in particolare i forni quadrangolari in muratura, frequentemente in coppia. Secondo tale modello lo sviluppo della nuova tecnologia mineraria e di produzione di rame grezzo ha un primo picco tra XVI e XIII sec.a.C. (Bz C/D) cui segue una flessione attorno al XII sec.a.C. (Ha A1), un

secondo picco in Tirolo tra XI e X sec.a.C. (Ha A2/B1) per esaurirsi, infine, tra IX e VII sec.a.C. Il picco dell'attività estrattiva e fusoria in Trentino sarebbe da collocare tra BR2 e BF1/2, ossia in concomitanza con lo sviluppo della *facies* Luco/Laugen A, mentre è solo sulla base di alcune date radiometriche che l'esaurirsi della metallurgia protostorica trentina potrebbe essere collocato attorno al IX sec.a.C.

Summary

198 “smelting sites”, dedicated to the processing of copper minerals (mixed sulphides mostly with chalcopyrite) are recorded in eastern Trentino. In general, they are located at altitudes of between 1000 and 1800 m a.s.l.. They are traditionally dated to the Late Bronze Age.

Most of our knowledge regarding the later prehistoric ore processing on the southern slopes of the central-eastern Alps comes from the smelting site of Acqua Fredda at the Redebus pass. The site was discovered in 1979 and investigated in the 1980s and 1990s, in the course of a collaborative research project involving both the Archaeological Heritage Office of the Autonomous Province of Trento and the Deutsches Bergbau-Museum Bochum. Since the early 2000s, the Trento Archaeological Heritage Office has intensified the systematic mapping and protection of these particular sites. Whenever necessary, endangered contexts were investigated by means of excavation and archaeometric analyses.

In Trentino, the main copper ore deposits are found in a large swathe of territory to the east of Trento. Its western boundary runs from Mount Calisio (in the north) to Mount Marzola (in the south), while to the east it includes the southernmost part of the Pinè plateau, the Mocheni Valley and the Upper Valsugana. This area roughly coincides with that of the prehistoric smelting sites dating to the Late Bronze Age. They can be grouped into four macro-areas, centred on the outcropping of the metamorphic basement (the Cembra and Mocheni Valleys; the Valsugana; the Lavarone and Luserna plateaux and finally Tesino and Primiero). Up to now there is very little evidence regarding prehistoric mines and primary ore beneficiation sites, which turns the site of Vetriolo into an important point of departure.

General features

The recorded sites have many characteristics in common: proximity to ore deposits (with the important exception of the Lavarone and Luserna plateaux); the presence of water at the site or close by, and their location on flat areas, natural or artificial, on the mountain slopes. In most cases (84%) the sites were identified thanks to the presence of coarse slags. Plate slags were found at 57% of the sites, while slag sand has been recorded at a significantly lower number of sites (9%). Structures or equipment used in the smelting process have been rarely observed: only 9% show remains of pyrotechnological structures, such as pieces of furnace lining; ground stone tools such as millstones, hand stones, anvils and pounders were found on 7% of sites; only 3% have yielded technical ceramics, such as tuyères.

Structures and processing residues

Furnaces: these are most likely pyrotechnological structures intended for the processing of ore and/or derived products such as matte. In 16 cases these are stonewalled structures (generally in “porphyry”), of quadrangular shape which always and only have three sides (the fourth side must have been removable). Three structures at Acqua Fredda were defined as “Grubenofen” (“hearth-pits”) but most likely are the outcome of the dismantling of the stone walls of the furnaces so that only the concave base is preserved.

Complex structures and batteries: in several cases (Acqua Fredda, Fierozzo – Valcava, Luserna – Platz von Motze), complex structures, such as double furnaces and the unique battery at Acqua Fredda, consisting of 4 contiguous furnaces built into a single masonry structure, were found.

Hearths: these are pyrotechnological structures that cannot be interpreted as smelting furnaces. The “hearth” context n. 517 at Transacqua could have been used to obtain quartz sand from local metamorphic rocks, which would have been useful for the processing of copper sulphides.

Roasting beds: remains of elongated regular-shaped platforms, delimited by stones of various sizes, used for the roasting (desulphurisation) of the ore and/or intermediate products of the smelting process. In one case (Transacqua-Acquedotto del Faoro) the structure shows a bottom layer of plate slags.

Wooden structures: pointed poles, planks and large boards presumably related to structures such as roofs, canopies, fences etc. At Acqua Fredda the excavators unearthed the remains of a wooden lining of a channel that brought water from the Rio Acqua Fredda to be used in different steps of the working process. Other stake alignments, and the shape of the slope of the slag sand deposit (at Segonzano) might be indicative of gabions or walls to retain slag dumps.

Portable equipment: anvils, pounders, hand stones and grindstones. For coarser crushing, anvils were used (from 20 to 60 cm max. width); the crushing produced cup-shaped depressions on their active surfaces. For finer grinding of the crushed material, grindstones with a slightly concave and ribbed use surface were used.

Types of slag

Four types of slag have been identified: coarse slag (Schlackenkuchen); plate slag (Plattenschlacken) with a thick-

ness of between 0.2 and 0.8 cm (or between 1 and 1.2 cm in a variant), "massive" slag with more than 1.8 cm of thickness, and "slag sand" (better defined as "ground slags" or "granulated slag", grain size 1-3 mm).

The coarse slags are not homogeneous and could be interpreted as partially liquefied material ("immature slags"); plate slags (mainly composed of fayalite) derive from a cooling of material processed above a liquid mass (matte/metal) at a temperature around 1150 - 1200° C. Slag sand is composed of small fragments of slag, and was produced by crushing the slag in order to separate and collect material to be reprocessed.

Dumps and other concentrations of waste

The dumps were located downslope of the smelting facilities. At Luserna – Platz von Motze, the dump, which has only been partially investigated, seems to consist of a large heap (over two metres of thickness) of coarse and plate slag. At the better investigated sites (Acqua Fredda and Segonzano – Peciapian) the lower part, in terms of slope, of the dump is characterized by the presence of "slag sand", with sequences of layers that, in the case of Acqua Fredda, are over two metres thick.

Form and internal organisation of the sites

The maximum area recorded to date for a smelting site is that of Segonzano – Peciapian - Area A, which is estimated to be around 5200 m², followed by Acqua Fredda and Fierozzo – Valcava (between 2500 and 3000 m² approx.), Luserna – Platz von Motze (c. 1850 m²) and finally Transacqua – Pezhe Alte and Terrebis (between 1000 and 1500 m² approx.). The size of the area may be connected to whether or not activities were repeated at the same site, that is to whether the facilities were rebuilt (partially relocated), or to differences of a functional nature (small differences in the production process). Confirmation of the multi-phase nature of the smelting sites are the layers of slags and "slag sand" that almost always cover the structures (making non-invasive investigations very difficult).

At the best documented sites (Luserna – Platz von Motze and Acqua Fredda) there are groups of four or five furnaces per phase. At Luserna – Platz von Motze the smelting facilities seem to consist of a pair of furnaces and a roasting bed, placed opposite each other, as frequently documented in the Austrian mining districts since the Middle Bronze Age. At Acqua Fredda however, there are individual furnaces (perhaps also in pairs) during the first phase of the site, while in the second phase the design was changed to a single "battery" of four furnaces embedded in a wall. Structural elements that can be attributed to washing facilities are documented at Acqua Fredda only and were used to process ground slag (in order to recover material to be resmelted), while it is probable that the ore was "beneficiated" (enriched) in the vicinity of the mines (as seems to be documented at Vetriolo).

Finally, on the basis of the findings of the field research it is not possible to state what the final product of these workshops really was. One of the important questions is, whether refining took place on site or elsewhere. On the basis of investigations of the compositional and textural characteristics of the slag it has been suggested that unrefined copper was produced.

Problems of chronology of the second phase of Trentino metallurgy

In the archaeological literature, the late prehistoric mining activity is traditionally dated to the Recent Bronze Age and phases 1 and 2 of the Final Bronze Age. However, there are currently several indications that it may have begun earlier, such as at Gardolo di Mezzo, a site consisting of a settlement, as well as a cult and funerary complex, where different types of smelting slag can be found in levels dating back to the Early and Middle Bronze Age.

The problem of filling the gap between the two phases of prehistoric smelting in the Trentino-Alto Adige region has also been raised by some of the 46 radiocarbon dates obtained from 18 smelting sites, which seem to evidence that the second phase of smelting began earlier than the Recent Bronze Age 2. Further confirmation comes from provenance studies on the origin of the copper in metal objects typologically dated to all the phases of the Italian (in particular from the Garda region) and European (Scandinavia, Serbia, Bulgaria) Bronze Age, which suggest a possible South-Alpine origin (Trentino - Alto Adige/Veneto) for the ore.

On the basis of these considerations, it is therefore possible that, for the second phase of the prehistoric exploitation of the southern Alpine deposits, a chronological framework less distant from Stöllner's model for the transalpine mining districts can be proposed. According to this model, the new mining technology, which originated around the large chalcopyrite deposits of the Mitterberg, entailed the development of new facilities, in particular quadrangular masonry furnaces, frequently in pairs. The development of the new mining and unrefined copper production technology has a first peak between the 16th and the 13th century BC (Bz C/D), followed by a decline around the 12th century BC (Ha A1), with a second peak in Tyrol between the 11th and 10th century BC (Ha A2/B1) and finally ends between the 9th and 7th century BC. The peak of mining and smelting activity in Trentino would seem to be between Recent Bronze Age 2 and Final Bronze Age 1/2, i.e. in contemporary with the development of the Luco/Laugen A facies, while it is only on the basis of some radiocarbon dates that the end of prehistoric smelting in the Trentino may be placed around the 9th century BC.

Parole chiave: siti fusori; strutture pirotecniche; età del Bronzo; età del Ferro iniziale

Key words: smelting sites; pyrotechnological structures; Bronze Age; Early Iron Age

Introduzione

Nel Trentino orientale, generalmente a quote comprese tra 1000 e 1800 m s.l.m., sono 198¹ le segnalazioni di siti dedicati alla lavorazione di minerali locali di rame (calcopirite) tradizionalmente datati alla tarda età del Bronzo, ma che le recenti datazioni radiocarboniche permetterebbero di attribuire a un più ampio arco cronologico, che va da una fase avanzata della media età del Bronzo all'inizio dell'età del Ferro² (Fig. 1).

I cosiddetti "siti fusori" sono stati segnalati a partire dagli anni '60 del secolo scorso, grazie all'attività "pionieristica" di Ernst Preuschen e Giuseppe Šebesta e poi di Renato Perini³. Nell'ambito di tali ricerche sono stati scoperti e in parte indagati anche contesti più antichi, datati tra l'età del Rame (avanzata) e l'inizio dell'età del Bronzo (seconda metà del III millennio a.C. ca) definiti come "prima fase" della locale metallurgia estrattiva preistorica.

Ad oggi se ne contano una quindicina, rinvenuti in aree apparentemente circoscritte: il tratto della Valle dell'Adige compreso tra Trento e Rovereto, l'area di Pergine, all'imbocco della Val dei Mocheni e, più recentemente, la Val d'Isarco (Alto Adige/Südtirol) (Fig. 2). I siti fusori di prima fase sono ubicati presso ripari sottoroccia prossimi al fondo valle o in aree aperte. Il processo fusorio è documentato da fosse di forma ovale rivestite di argilla, associate a scorie di fusione, o veri e propri forni in pietra, a base quadrata, con la parte frontale aperta (PERINI 1992; CIERNY *et alii* 1995; ANGELINI *et alii* 2013; MOTTES *et alii* 2014).

Si propone di seguito una sintesi molto semplificata del processo fusorio, al fine di comprendere le strutture ad esso correlate. Punto di partenza è un modello delle principali fasi operative della metallurgia primaria del rame che Clemens Eibner elaborò negli anni '80 sulla base dei contesti delle regioni nord alpine (EIBNER 1992) (Figg. 3a, b).

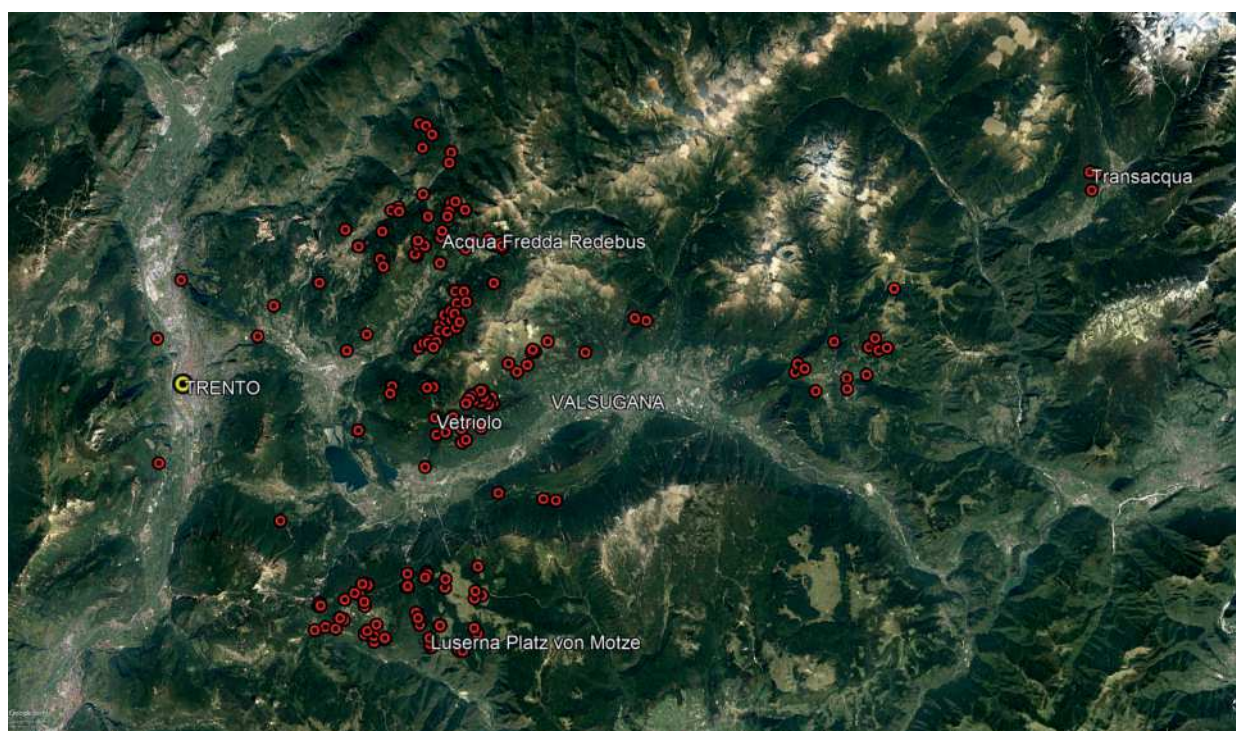


Fig. 1. Carta di distribuzione dei siti di metallurgia primaria (siti fusori) della provincia di Trento databili prevalentemente alla tarda età del Bronzo. I punti sono indicativi.

Fig. 1. Distribution map of the smelting sites in the province of Trento, mostly dating to the later phases of the Bronze Age. The position of the single points is indicative.

¹ L'elenco edito più aggiornato è quello che compare in CIERNY 2008 (pp. 227-229) che comprende 195 siti fusori. A questi sono stati aggiunti una nuova segnalazione dalla Valle dei Mocheni (S. Orsola Terme – Loc. Le Val) e due siti dal Primiero (Transacqua - Pezhe Alte e Transacqua – Acquedotto del Faoro), area non interessata dalle ricerche comprese in CIERNY 2008. Alla lista vanno aggiunti altri 15 siti rinvenuti negli ultimi 2 anni in conseguenza della tempesta Vaia o su segnalazione di forestali ed esperti locali. Non essendo sempre possibile verificare se corrispondano o meno a siti già schedati da Cierny si è preferito ometterli dal conteggio in attesa di ulteriori verifiche. Nel presente contributo sono stati mantenuti, salvo alcune variazioni ortografiche, i toponimi proposti nella citata pubblicazione. Nel caso di siti citati frequentemente sono state adottate le seguenti abbreviazioni: "Acqua Fredda" = Acqua Fredda al Passo di Redebus, comune di Bedollo; "Fierozzo VC" = Fierozzo, Loc. Valcava; "Luserna PvM" = Luserna – loc. Platz Von Motze; "S.Orsola LV" = Sant'Orsola Terme – loc. Le Val; "Segonzano P" = Segonzano Loc. Peciapian; "Transacqua PA" e "Transacqua AdF" = Transacqua, loc. Pezhe Alte e loc. Acquedotto del Faoro.

² Cfr. *infra* e CIERNY 2008; MARZATICO *et alii* 2010; PEARCE *et alii* 2019; 2021.

³ PREUSCHEN 1968; 1973; ŠEBESTA 1992; PERINI 1989; 1992; PEARCE 2007.

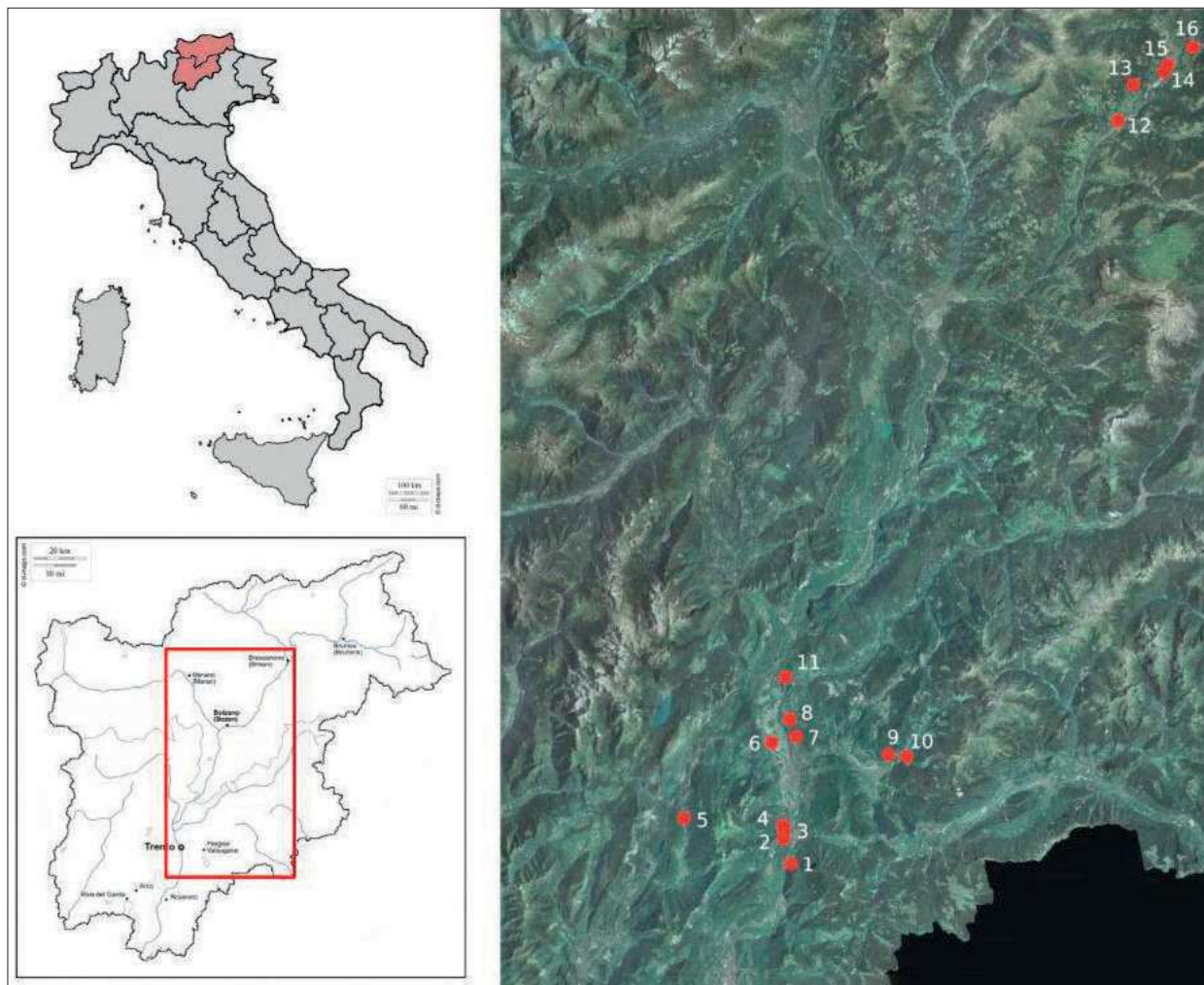


Fig. 2. Carta di distribuzione dei siti di metallurgia primaria (siti fusori) del Trentino – Alto Adige databili all'età del Rame e all'inizio dell'età del Bronzo (rielaborata da: ANGELINI *et alii* 2013).

Fig. 2. Distribution map of the smelting sites in the province of Trento, mostly dating to the Copper age - early Bronze Age (from ANGELINI *et alii* 2013, modified).

1- Acquaviva di Besenello; 2- Romagnano Loch; 3- Maso Monache; 4- Tof de la Val; 5- Riparo del Santuario; 6- Vela Valbusa; 7- Riparo Gaban; 8- Riparo Marchi; 9- Montesei di Serso; 10- Croz del Cius; 11- Doss dei Canopi; 12- Gudon; 13- Bressanone-Albes proprietà Noflatscher; 14- Velturto/Feldthurns-Tanzgasse; 15- Bressanone, Circonvallazione Sud; 16- Millan/Milland-Kitzloch.

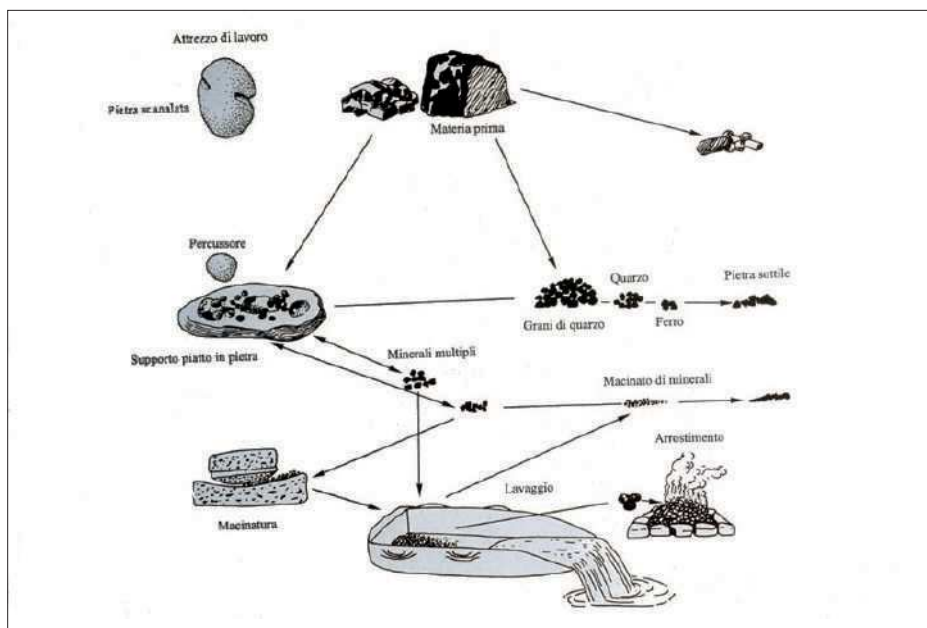
Calato nello specifico della realtà trentina, il modello Eibner può essere, approssimativamente, declinato nel modo seguente:

- il minerale cuprifero presente in zona doveva essere polimetallico, a solfuri misti, con prevalente calcopirite, un solfuro contenente rame e ferro che richiedeva una serie di trattamenti per eliminare la ganga e le componenti non utili (zolfo e ferro);
- all'estrazione mineraria doveva seguire l'"arricchimento" del minerale, ossia la frantumazione e la selezione delle parti più ricche di rame; l'arricchimento doveva essere effettuato a secco, con cernita manuale, e con l'ausilio di strumenti litici (incudini, macine) e infine con l'acqua, sfruttando il maggiore peso specifico della componente metallica;
- il minerale veniva esposto alla fiamma su apposite piattaforme dette "letti di arrostitimento", in

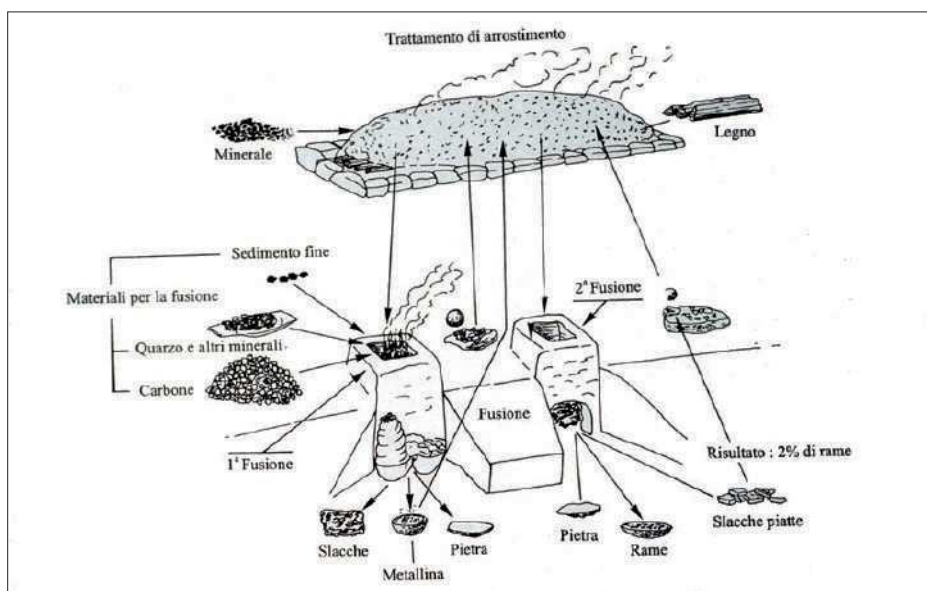
ambiente fortemente ossidante e con temperature non troppo elevate, per eliminare parte dello zolfo e ossidare il ferro. In realtà questo passaggio è ancora controverso, in quanto nell'area trentina non è stato ad ora rinvenuto minerale sui letti di arrostitimento noti (a Transacqua AdF, BELLINTANI *et alii* 2021b, e Luserna PvM, NICOLIS *et alii* 2021);

- il passaggio successivo era la "riduzione" o *smelting*, cioè il trattamento ad alta temperatura (oltre 1000°) all'interno di forni.

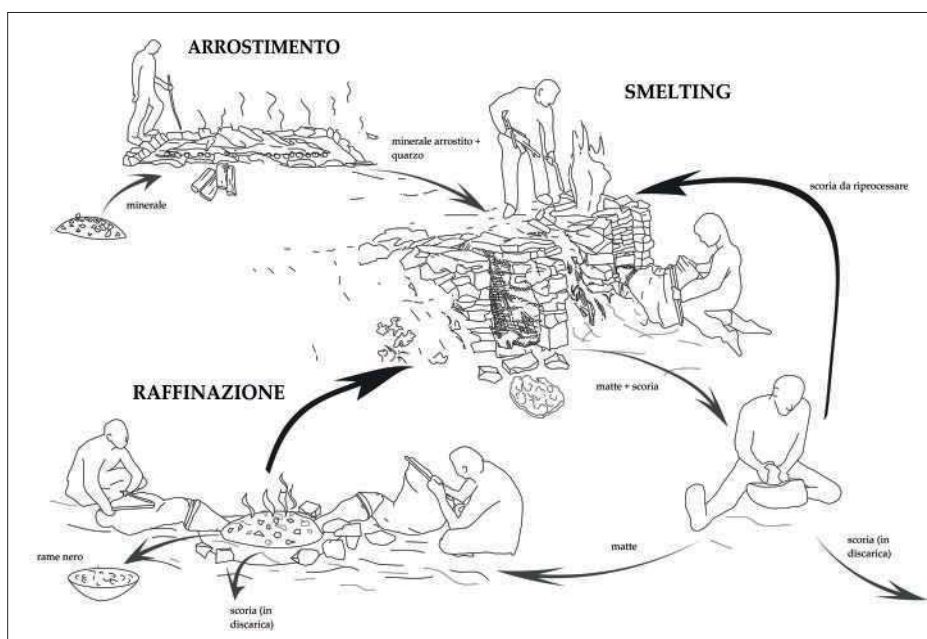
È probabile che tali attività fossero ripetute più volte ottenendo da un lato la metallina (*matte*), cioè un solfuro molto arricchito da cui era estratto, per successive raffinazioni, il rame metallico, e dall'altro scorie di varia tipologia, grossolane, piatte e la cosiddetta "sabbia di scorie", esito del ri-processamento delle scorie ottenute nella produzione della metallina.



a



b



c

Fig. 3. a), b) Principali fasi [in sequenza, prima a) poi b)] del processo estrattivo del rame dai solfuri in età protostorica (da EIBNER 1992, modificato); c) Proposta di revisione del processo con l'ultimo step in struttura aperta (da HANNING *et alii* 2015, dis. E. Hanning).

Fig. 3. a), b) Main steps [first a) then b) in sequence] of the smelting process of sulphidic ores during the Bronze Age (after EIBNER 1992); c) proposal of operational chain with the final step in an open pit (after HANNING *et alii* 2015, drawing E. Hanning).

Nella ricostruzione del processo estrattivo, tuttavia, molti passaggi sono scarsamente definiti, o del tutto ignoti. Negli ultimi anni vari studiosi hanno proposto diverse interpretazioni della catena operativa, pur conservando di fondo lo schema di Eibner (ad esempio Fig. 3c e nota 9).

Per ricostruire la tecnologia, oltre all'approccio archeologico e archeometrico, può rivelarsi utile anche quello etnoarcheologico, come nel caso delle indagini sulla lavorazione tradizionale della calcopirite in Nepal, lavorazione che prevede un processo simile a quello descritto ma con una diversa alternanza delle fasi di ossidazione e riduzione (ANFINSET 2011; GOLDENBERG *et alii* 2011 per un approccio combinato con l'archeologia sperimentale).

La dimensione dello sfruttamento dei minerali di rame nel versante meridionale delle Alpi centro-orientali, nel corso delle fasi avanzate dell'età del Bronzo, è emersa per la prima volta in modo chiaro

grazie alla scoperta, nel 1979, del sito fusorio di Acqua Fredda al passo di Redebus (Fig. 4).

In seguito alle prime indagini, Renato Perini diede avvio a un progetto di ricerca, successivamente seguito da Franco Marzatico, in collaborazione tra l'Ufficio beni archeologici della Provincia autonoma di Trento e il *Deutsches Bergbau-Museum* di Bochum (in particolare Jan Cierny e Gerd Weisgerber)⁴. Oltre allo scavo di Acqua Fredda, il progetto, protrattosi nel corso degli ultimi due decenni del secolo scorso, comprese anche una serie di indagini meno invasive (ricognizioni di superficie e indagini geognostiche) condotte presso i siti di: Luserna PvM, Bedelar, Malga Cambroncoi, Campivo Pletzen, Cappella Palù, Fradea, Masi Zotta⁵, nonché un aggiornato catasto dei siti fusori del Trentino orientale (con esclusione del Primiero, all'estremità occidentale del Trentino) pubblicato alcuni anni dopo la scomparsa di Jan Cierny (CIERNY 2008, pp. 99-229).



Fig. 4. Il sito fusorio di loc. Acqua Fredda al Passo di Redebus (comune di Bedollo; 1440 m s.l.m.). Il Passo collega l'Altopiano di Pinè con la Val dei Mocheni, uno dei principali distretti minerari delle Alpi centro-orientali meridionali in età protostorica e medievale-moderna.

Fig. 4. The smelting site of Acqua Fredda at the Redebus Pass (municipality of Bedollo; 1440 m a.s.l.). The pass is located in between the Pinè Plateau and the Mocheni Valley, one of the main mining districts of southern central-eastern Alps during Prehistory and medieval-modern times.

⁴ PERINI 1992; METTEN 2003; HOHLMANN *et alii* 2004; CIERNY *et alii* 2004; CIERNY 2008; MARZATICO 2001; 2011 e bibliografia relativa.

⁵ CIERNY 2008, pp. 65-67, 126, 118, 131, 209, 173, 175.

Un'altra ricerca sul campo, circoscritta agli altopiani di Lavarone-Luserna-Vezzena (TN) e di Asiago (VI), è il "progetto *Ad Metalla*", diretto da Armando De Guio (Università di Padova) a partire dal 1998. Tale progetto, non limitato agli aspetti archeometallurgici ma più estesamente impegnato nella caratterizzazione dei principali tratti costitutivi del paesaggio storico (etnoarcheologia; archeologia della Grande Guerra, ecc.) ha comportato interventi di: ricerca di superficie, tele osservazione, "finestre stratigrafiche" e piccoli saggi di scavo (Malga Rivetta)⁶.

A partire dai primi anni 2000, l'Ufficio beni archeologici di Trento ha avviato una più sistematica azione di tutela su questi particolari depositi archeologici, che ha comportato diversi interventi di scavo in siti a rischio, in particolare: Luserna PvM, Fierozzo VC, S. Orsola LV, Transacqua PA e AdF, Segonzano P e Folgaria – chiesa di San Lorenzo⁷. È in corso, inoltre, la ri-mappatura, su base georeferenziata, dei siti di nuova acquisizione e di quelli già segnalati, talvolta di difficile identificazione a causa di fattori naturali o antropici⁸.

A partire dagli anni '90 del secolo scorso, parallela alla ricerca sul campo è stata la ricerca basata su indagini di tipo archeometrico, in particolare quella sulle scorie di lavorazione, componente maggioritaria dei depositi archeologici dei siti fusori e veri e propri "giacimenti di informazioni" in ordine alla ricostruzione del processo produttivo⁹. A tale riguardo, una nuova collaborazione tra l'Ufficio beni archeologici di Trento e il *Deutsches Bergbau-Museum* ha preso avvio nel 2011 grazie a una ricerca

di dottorato presso la *Ruhr Universität* di Bochum (prof. Andreas Hauptmann) che prevede, anche in questo caso, indagini analitiche sulle scorie di fusione per la ricostruzione dei processi di estrazione del metallo (Cfr. *infra*).

Un aspetto che recentemente ha cominciato a essere considerato con maggiore attenzione è quello della cronologia (relativa e assoluta). Infatti, solo un numero di siti molto limitato è databile con buona approssimazione alle fasi Recente (4/6 siti)¹⁰ e Finale (20/25 siti)¹¹ dell'età del Bronzo sulla base dei pochi elementi diagnostici di tipo archeologico rinvenuti (ceramiche e bronzi). Molti altri sono stati attribuiti agli ultimi secoli del II millennio a.C. per le caratteristiche complessive dei depositi archeologici (in particolare la tipologia delle scorie) e la loro analogia con i complessi datati. Un considerevole passo in avanti è stata la recente pubblicazione di 28 datazioni radiometriche di cui 13 da Acqua Fredda, 13 da altri siti nel Trentino orientale e 2 dal sito altoatesino di Lodner Moor¹², cui si sono aggiunte ultimamente altre 18 nuove datazioni¹³.

Nel complesso le date radiocarboniche confermano l'attribuzione di buona parte dell'attività estrattiva alle fasi recente e finale dell'età del Bronzo (seconda metà del XIV – XI/X sec.a.C. ca). Tuttavia alcune date permettono di ipotizzare un più ampio arco cronologico, ossia l'inizio di questo ciclo di sfruttamento minerario forse già durante un momento avanzato dell'età del Bronzo Medio (XVI/XV secolo a.C.) e la sua fase terminale nel corso della prima età del Ferro (IX sec.a.C. ca)¹⁴.

⁶ DE GUIO *et alii* 2006; DE GUIO, FRIZZO 2010; DE GUIO 2012.

⁷ BELLINTANI *et alii* 2010; SILVESTRI *et alii* 2014; 2015a; 2015b; BELLINTANI, SILVESTRI 2018. Precedentemente, alcuni piccoli sondaggi furono eseguiti a Frassilongo, loc. Terrebis e Roveda-Eim-Jeim-Terra Mora (ŠEBESTA 1992, pp. 30-34, 150-168).

⁸ Fenomeni erosivi hanno talvolta provocato la traslazione e la dispersione dei depositi stessi. Inoltre, siti fusori ancora visibili tra gli anni '60 e '90 del secolo scorso si trovano talvolta ubicati in luoghi ri-forestati e quindi non più visibili a causa della crescita di sottobosco. E' infine possibile che negli ultimi due o tre decenni interventi di movimento terra dovuti soprattutto all'industria del turismo di massa (strade, piste ciclabili, piste da sci ecc.), che in molti casi sono stati causa delle scoperte, abbiano talvolta disperso e/o obliterato alcuni siti a quel tempo segnalati.

⁹ Per una panoramica dei principali contributi alla discussione in ambito trentino si rimanda a: CIERNY 1997; CATTOI, D'AMICO, FABRIS 2000; ANGUILANO *et alii* 2002a; 2002b; 2009; METTEN 2003; HOHLMANN *et alii* 2004; ARTIOLI 2010; HANNING *et alii* 2015; ADDIS *et alii* 2012; 2016; 2017.

¹⁰ Acqua Fredda; Campivo/Pletzen; sito 1 di Val Battisti; Frassilongo, loc. Terrebis (MARZATICO in CIERNY *et alii* 2004, pp. 136-138 e bibl. rel.). La cronologia di Bedelar e Lago delle Carezze è stata anticipata al BR in MARZATICO 2021, per cui i siti con materiale del BR sono 6.

¹¹ Per il territorio trentino sono indicati da Marzatico: Acqua Fredda; Malga Cambroncoi; Malga Pontara; Casara Conti Mirafiori; Lago delle Piazze; Loc. Bedelar (ma cfr. nota 10); Loc. Campivo Pletzen; Frassilongo, loc. Terrebis; 100 Pozzi; Loc. Brombisc; Lago delle Carezze (ma cfr. nota 10); Dosso di S. Ippolito; Loc. Fradea; Luserna PvM; Lavarone Cappella; Doss del Bue; Segonzano P (MARZATICO in CIERNY *et alii* 2004, pp. 136-138 e bibl. rel.). Acquisizioni più recenti sono quelle di: S.Orsola LV; Fierozzo VC e Transacqua AdF (Cfr. rispettivamente SILVESTRI *et alii* 2021; BELLINTANI *et alii* 2021c; 2021b). Il numero più alto di siti (25) è dovuto al lavoro di revisione dei dati in MARZATICO 2021.

¹² CIERNY 2008, pp. 68-70, tab. 3; MARZATICO *et alii* 2010, tabb. 2, 3, 7.

¹³ Analisi effettuate presso il CIRCE (*Center for Isotopic Research on the Cultural and Environmental heritage*), Caserta (Italy), SILVESTRI *et alii* 2019, fig. 10 e tab. 1.

¹⁴ Su questi aspetti si rimanda a: PEARCE *et alii* 2019 e 2021.

Giacimenti e miniere (MB, PB, ES)

I giacimenti cupriferi

Nella provincia di Trento i principali depositi con mineralizzazioni di rame sono concentrati soprattutto lungo un ampio settore di territorio che si sviluppa a est di Trento. Nel suo estremo occidentale l'area è delimitata dal monte Calisio (a nord) e dalla Marzola (a sud), mentre a est comprende le propaggini più meridionali dell'altopiano di Pinè, la valle dei Mocheni e l'Alta Valsugana (Fig. 5).

Il quadro geologico di quest'area è particolarmente complesso¹⁵ a causa dell'estrema variabilità degli affioramenti rocciosi, che comprendono terreni sedimentari, ignei e metamorfici, e dell'articolato assetto strutturale complicato da dislocazioni molto estese ereditate da situazioni antiche.

La fase di compressione alpina di età neogenica ha riattivato faglie come la linea della Valsugana e la linea del Calisio che si sono originate nel corso di eventi tettonici tardo-paleozoici e mesozoici.

La linea della Valsugana è la più estesa struttura

del Sudalpino orientale e si sviluppa a sud del Lago di Caldonazzo, sepolta dalle alluvioni del Brenta, proseguendo per una lunghezza di oltre 100 km in direzione da ENE-OSO a NE-SO, fino al Cadore, attraverso il Primiero e l'Agordino. L'attività tettonica lungo questa faglia ha permesso il sollevamento della porzione crostale nord-occidentale di circa 2000 metri, fino a consentire l'affioramento di un lembo del basamento metamorfico portandolo a sovrascorrere verso SE, sulla serie sedimentaria mesozoica affiorante sul versante meridionale della valle. Parallele a questa linea vi sono un fascio di strutture tra cui si possono citare la linea del Fersina e la linea di Pinè presso l'omonimo altopiano. La linea del Fersina, si sviluppa lungo la valle dei Mocheni e ha sollevato il lembo sud-orientale di circa 800 m mettendo a contatto il basamento metamorfico che affiora in sinistra idrografica con le vulcaniti permiane che si incontrano lungo tutto il versante destro della valle.

La Linea del Calisio ha direzione NO-SE e si estende dal monte omonimo, a est di Trento, per proseguire oltre il Lago di Caldonazzo, dove incrocia la linea

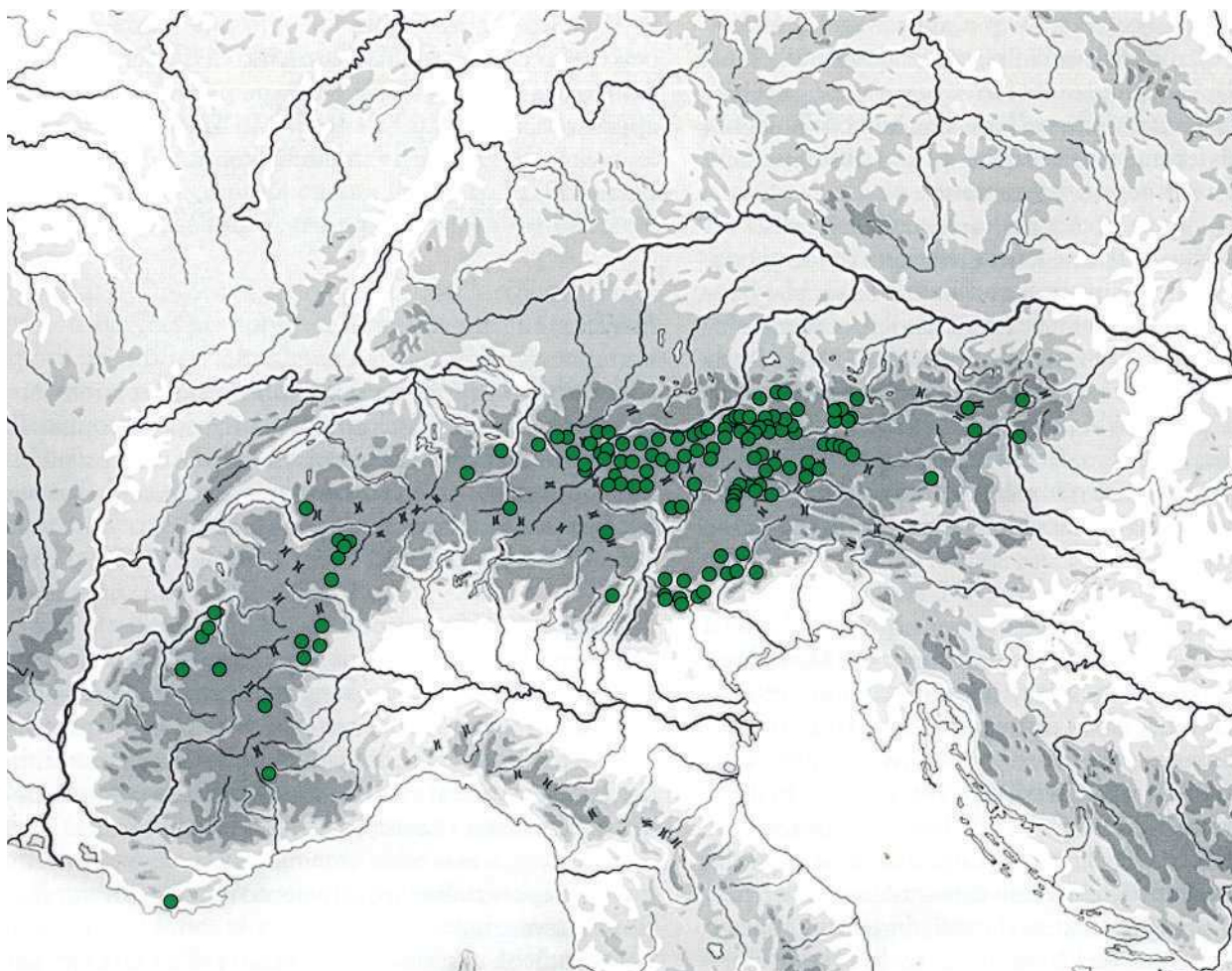


Fig. 5. Carta dei principali giacimenti cupriferi in area alpina (da CIERNY 1997)
Fig. 5. Map of the main copper ore deposits in the Alpine area (from CIERNY 1997).

¹⁵ AVANZINI *et alii* 2010; SELLI 1998; CASTELLARIN 1982; CASTELLARIN *et alii* 1992; 1998.

della Valsugana (AVANZINI *et alii* 2010). Nella zona di Levico Terme, dalla Linea del Calisio, si stacca la linea di Vignola in direzione NO-SE che rialza tutto il settore meridionale. Ed è proprio in corrispondenza di tali lineamenti, all'interno del basamento cristallino e alla base delle vulcaniti permiane, che si rinvennero le principali mineralizzazioni cuprifere. Nelle metamorfiti si possono distinguere giacimenti lenticolari concordanti con la scistosità (Vetriolo, Calceranica) e giacimenti filoniani discordanti (Vignola, Panarotta, Cima d'Orno-Monte Fronte, Erdemolo-Grua va Hardömbel) mentre nelle vulcaniti si sviluppano reticoli filoniani a solfuri (Quadrata, Nogarè, Viarago, Gril-Faida, Aubis).

Nel complesso, tale area coincide con quella dove è attestata l'estrazione del rame in età medievale-moderna e buona parte dei siti fusori di età protostorica. Giacimenti cupriferi sono presenti anche nella parte occidentale della provincia, ad esempio in Val di Non e nelle Giudicarie, dove tuttavia non sono note, ad oggi, tracce di attività mineraria e di primo trattamento del minerale in età precedente a quella moderna¹⁶.

Il problema delle miniere: indicatori diretti e indiretti dello sfruttamento pre-protostorico dei giacimenti cupriferi trentini

Contrariamente a quel che ci si potrebbe aspettare a fronte del considerevole numero di officine dedicate all'estrazione del metallo dal minerale, ad oggi sono disponibili pochissimi dati sulle coeve miniere.

Il primo che cercò una correlazione tra giacimenti cupriferi e siti fusori protostorici fu Ernst Preuschen che in un lavoro che oggi potrebbe definirsi "seminale" (PREUSCHEN 1973) descrisse in dettaglio i giacimenti metalliferi e le discariche minerarie di età pre-industriale ad essi riferibili. Tra queste ultime, alcune presentavano indizi di sfruttamento datati dall'autore all'età del Bronzo, ossia particolari tipologie di strumenti litici ("percussori"), chiaramente distinguibili da quelli medievali e moderni. Si tratta di 6 discariche di miniera presenti in Val dei Mocheni (Val Slomperi; Frassilongo - loc. "Bis" presso Malga Terrebis; Malga Meterbis) e in Valsugana (Vetriolo; Cinque Valli e Malga Prima Busa); un possibile sito minerario pre-protostorico è segnalato anche ad ovest dell'Adige (Verdesina) (PREUSCHEN 1973, pp. 118-119, 122-129)¹⁷.

Solo in un caso l'autore dichiara di essersi trovato di fronte ad un "chiaro, stupendo esempio di terreno minerario preistorico" (PREUSCHEN 1973, p. 130): quello di Vetriolo (Valsugana). Qui, lungo il versante sud del Monte Fronte, tra 1700 e 1570 m s.l.m., Preuschen individuò un'area mineraria, con annessa discarica, e un'officina di lavaggio del mi-

nerale e nel 1960 vi eseguì alcuni sondaggi esplorativi (PREUSCHEN 1962; 1973 pp. 121, 126, figg. 4 e 7, tav. 1 e 2). Dell'area mineraria (200 x 150 m ca) si fa solo un breve cenno: si troverebbe a 1700 m di quota, al limite orientale di una discarica di età storica, e sarebbe databile all'età del Bronzo sulla base di utensili litici usati per la frantumazione dei minerali ivi rinvenuti (PREUSCHEN 1962, fig. 1). Qualche informazione in più sull'area è stata fornita più recentemente da Marco Gramola (2000, pp. 229-238) che parla di ampie depressioni di forma circolare, di circa 10 - 15 m di diametro e profonde fino a 4 m, interpretandole come possibili aree estrattive a cielo aperto. La zona del lavaggio del minerale si trova invece a quota 1630 m, in prossimità di una sorgente, in un'area estesa circa 1,5 ha, caratterizzata dalla presenza di una serie di cumuli di detriti derivanti dal primo trattamento del minerale frantumato. Qui Preuschen effettuò alcuni sondaggi. Nel primo, a quota 1570 m s.l.m., ossia circa al centro dell'area, rilevò una stratigrafia costituita da un'alternanza di cumuli di frantumi separati a mano e di materiale a grana fine (ossia inferiore a 3 mm), probabile residuo delle operazioni di lavaggio della frazione fine del minerale allo scopo di separarne la componente a contenuto metallico. Nel secondo sondaggio, a quota 1630 m s.l.m., in prossimità dell'estremità superiore dell'area di lavaggio, si rinvennero anche frammenti ceramici, databili secondo l'autore all'età del Bronzo o forse alla prima età del Ferro, resti ossei, strumenti litici e una struttura lignea interpretata come possibile recinzione di contenimento dei materiali residui delle lavorazioni (Fig. 6). Da quest'area doveva provenire anche una grande macina con fitte incisioni parallele sulla superficie attiva, strumento utile alla riduzione in "sabbia" del minerale (Fig. 7). Nelle vicinanze dell'area di lavorazione, sono stati inoltre rinvenuti diversi siti fusori (almeno 6 in un'area di circa 10 km²) ed evidenze di attività mineraria di età medievale e moderna, sebbene più focalizzata sull'estrazione di pirite, galena argentifera e barite¹⁸.

Nel corso del 2020 l'Ufficio beni archeologici di Trento ha ripreso le indagini presso il sito di Vetriolo, a causa della costruzione di una nuova pista di recupero del legname dopo la tempesta Vaia. Tale pista ha tagliato il deposito facendo emergere oltre 40 macine e ceramica riferibile alla locale *facies* "Luco/Laugen A" (tarda età del Bronzo), permettendo di definire la fase (o una fase) di sfruttamento del giacimento minerario. Per ora le indagini, condotte nell'ambito dell'attività di tutela dell'Ufficio, si sono limitate al recupero dei materiali e ad un breve *survey*, anche con drone, in cui sono emerse diverse strutture (depressioni e discariche) potenzialmente riconducibili ad attività estrattiva.

¹⁶ PREUSCHEN 1973; CIERNY 1997; FORENZA *et alii* 2005; PEARCE 2007; CIERNY 2008.

¹⁷ In altri 7 casi i giacimenti, a detta dell'autore, non presentano alcun indizio di attività in età pre-protostorica.

¹⁸ DETOMASO 2005, pp. 99-100, 109-110; GRAMOLA 2000, pp. 229-238.

Sempre nel suo lavoro dedicato ai giacimenti minerari, Preuschen si occupò anche di censire i siti fusori da lui individuati in prossimità dei giacimenti e in generale nel territorio trentino orientale. Il numero di 51 siti fusori sembrò apparentemente sproporzionato rispetto alle esigue tracce di attività mineraria pre-protostorica. Secondo l'autore *"questo fatto può dipendere dalla modestissima entità dei giacimenti stessi ... Anche l'attività mineraria di età recente può aver determinato un sensibile occultamento*

di tracce più antiche" (PREUSCHEN 1973, p. 130). Anche se con sfumature diverse e spesso dando più peso all'incidenza dell'attività mineraria medievale-moderna, sono queste le motivazioni che ancora oggi sono espresse per spiegare la sostanziale assenza di tracce di attività mineraria antica e la differenza rispetto ai distretti minerari del contiguo versante nord delle Alpi centro-orientali (Tirolo e Salisburghese). Qui infatti le miniere protostoriche sono note fin dall'800 e precise evidenze di

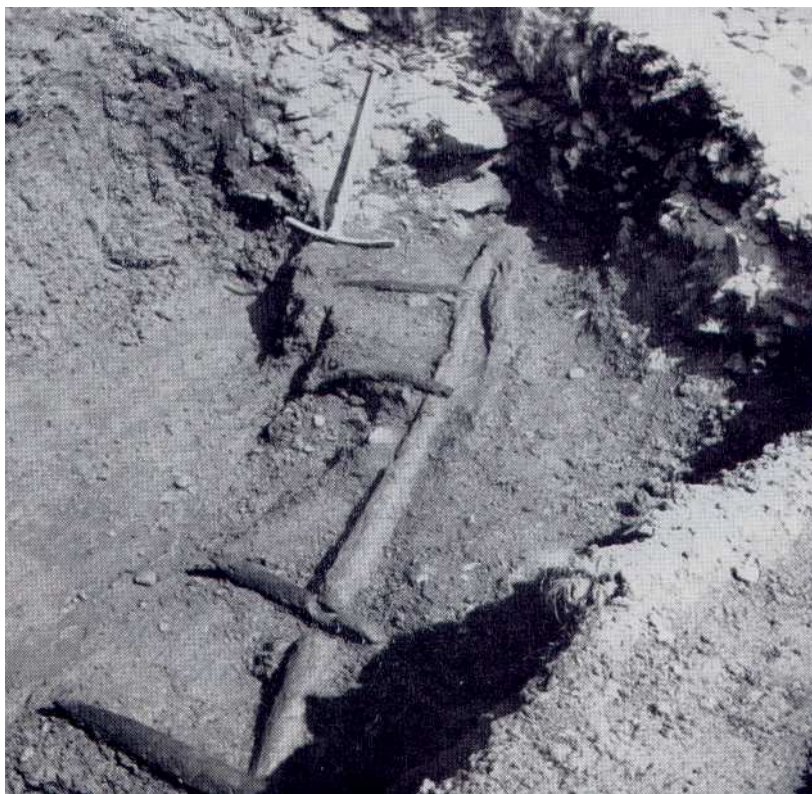


Fig. 6. Area mineraria protostorica di Vetriolo (Comune di Levico Terme – TN), scavi Preuschen 1960.

Il sondaggio 2 (m 1630 s.l.m.): resti di una struttura lignea pertinente a un'officina di primo trattamento del minerale (da: PREUSCHEN 1962, fig. 3).

Fig. 6. Prehistoric mining area of Vetriolo (municipality of Levico Terme – TN), excavation by Preuschen 1960.

Excavation area 2 (m 1630 a.s.l.): remains of a wooden structure connected to an ore picking/beneficiation site (from: PREUSCHEN 1962, fig. 3).



Fig. 7. Area mineraria protostorica di Vetriolo (Comune di Levico Terme – TN), scavi Preuschen 1960.

Il sondaggio 2 (m 1630 s.l.m.): strumento per la lavorazione del minerale cuprifero (macina) (da: PREUSCHEN 1962, fig. 4).

Fig. 7. Prehistoric mining area of Vetriolo (municipality of Levico Terme – TN), excavation by Preuschen 1960.

Excavation area 2 (m 1630 a.s.l.): grinding stone (from: PREUSCHEN 1962, fig. 4).

miniére di profondità (Mitterberg) sono attestate a partire dal XVIII e fino al IX sec.a.C. (CIERNY 1997; STÖLLNER 2010; 2015a; 2019a; GOLDENBERG 2021 e relativa bibliografia).

Nonostante un panorama così rarefatto, un considerevole contributo alla ricerca di tracce collegabili allo sfruttamento pre-protostorico di specifici giacimenti della regione mineraria in esame è venuto dalle indagini archeometriche effettuate sulle scorie di fusione. Già alla fine del secolo scorso analisi chimiche di scorie rinvenute in officine della prima fase della metallurgia primaria trentina (III millennio a.C. ca) come Riparo Gaban, Acquaviva di Besenello e Romagnano, permettevano di proporre una provenienza del minerale dalla Valsugana o dalla Val dei Mocheni¹⁹.

Più recentemente, le analisi dei rapporti isotopici del piombo hanno permesso un più sistematico confronto tra giacimenti cupriferi, scorie da *smelting* ed oggetti finiti della regione sudalpina centro-orientale²⁰. Per i siti fusori della prima fase, ossia Acquaviva di Besenello, Romagnano e Riparo Gaban, sarebbe stato usato minerale proveniente dal giacimento di Calceranica (Alta Valsugana), mentre a Montesei di Serso, nel territorio di Pergine Valsugana, si utilizzava probabilmente minerale della Val dei Mocheni.

Per la fase in esame, invece, sono state recentemente analizzate scorie di fusione provenienti da Luserna PvM, Segonzano P e Transacqua PA. Nel primo caso l'approvvigionamento di minerale doveva avvenire quasi esclusivamente dalle mineralizzazioni della Valsugana (Calceranica), Segonzano avrebbe ricevuto invece il minerale prevalentemente dalla Valle dei Mocheni, mentre ancora ignoto, ma probabilmente localizzato nell'area del Primiero, doveva essere il giacimento da cui si rifornivano gli artigiani di Transacqua PA.

I siti fusori: caratteristiche generali e strutture (PB, ES)

Considerando i siti già noti in letteratura e quelli di più recente acquisizione, il numero complessivo di siti fusori nel Trentino orientale ammonta,

come già detto, a 198²¹. I siti sembrano concentrarsi in 4 macro-aree gravitanti attorno all'area di affioramento del basamento metamorfico: Valli di Cembra e dei Mocheni; Valsugana; Altopiani di Lavarone e Luserna e infine i comprensori del Tesino e del Primiero. L'altitudine, in prevalenza superiore ai 1000 m s.l.m. è abbastanza variabile: 59 siti sono collocati tra 1100 e 1300 m, 60 siti tra 1400 e 1500 m, 42 siti tra 1600 e 1700 m; 30 siti sono sotto i 1000 m e 4 sopra i 1800 m (CIERNY 2008, fig. 23 pag. 73) (Fig. 1).

Con "siti fusori" si indicano aree caratterizzate dalla presenza di specifici indicatori connessi ai processi di estrazione del metallo dal minerale, in particolare scorie ed eventuali resti di strutture piro-tecnologiche. Caratteristiche che ricorrono molto spesso sono anche: la presenza di acqua direttamente sul sito o nelle vicinanze (Fig. 8); l'ubicazione su pendii con la formazione di un pianoro per l'impianto delle strutture pirotecnologiche e, più a valle, della relativa discarica di scorie e infine la (relativa) vicinanza ai giacimenti²².

Nella maggior parte dei casi (84%) i siti sono stati identificati grazie alla presenza di scorie grossolane, nel 57% sono state trovate anche scorie piatte, mentre in un numero nettamente inferiore di siti è stata registrata la presenza di sabbia di scorie (9%) (Fig. 9).

Strutture o attrezzature impiegate nei processi di lavorazione sono state osservate di rado; si tratta prevalentemente di: resti di strutture pirotecnologiche, in parte riconducibili a forni (9%), strumenti litici come macine, macinelli, incudini e percussori (7%) e ceramiche tecniche (ugelli da mantice) (3%)²³. Allo scopo di proporre una sintesi delle principali classi di strutture individuate nei siti fusori trentini oggetto di scavo e ricerca negli ultimi 15 anni, è utile richiamare per sommi capi i risultati degli scavi di Acqua Fredda (CIERNY 2008), punto di riferimento fondamentale per gli studi di settore.

Sempre per offrire un quadro il più possibile esaustivo della tematica, si riportano infine anche i dati relativi al complesso fusorio di Favogna/Fennhals, in comune di Cortaccia/Kurtatsch, situato su un piccolo altopiano, sopra la Val d'Adige, nei pressi di Salorno (BZ)²⁴.

¹⁹ CATTOI *et alii* 2001; D'AMICO *et alii* 1998.

²⁰ Per le specifiche della tematica, si rimanda a: ADDIS *et alii* 2016; 2017; ANGELINI *et alii* 2013; ARTIOLI *et alii* 2015; 2016; NIMIS *et alii* 2012.

²¹ Cfr. nota 1.

²² Con l'importante eccezione, sotto quest'ultimo aspetto, degli altopiani di Lavarone e Luserna.

²³ I dati statistici sono ricavati dalla schedatura dei siti edita in CIERNY 2008 e successivi aggiornamenti (dati inediti Ufficio beni archeologici di Trento). Per quanto riguarda la presenza dei diversi tipi di scorie si tenga conto, tuttavia, che un fattore fortemente condizionante è quello della loro diversa visibilità-riconoscibilità. Le scorie grossolane, e in certa misura anche quelle piatte, sono più facili da vedere e meglio riconosciute dagli abitanti dei luoghi che spesso hanno costituito la principale fonte di informazione. Al contrario, dei 18 siti che presentano sabbia di scorie, 13 sono stati indagati con scavo o sondaggi, a dimostrazione del fatto che in questo caso il riconoscimento è avvenuto prevalentemente ad opera degli specialisti impegnati nelle ricerche.

²⁴ Di questo sito sono state date notizie in: HAUSER 1986; NOTHDURFTER, HAUSER 1986; NOTHDURFTER 1993; SCHIFFERLE *et alii* 2014; ANGUILANO *et alii* 2009.

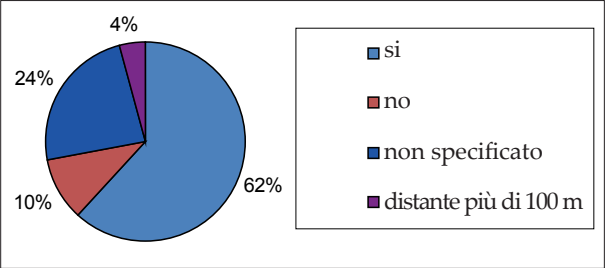


Fig. 8. Presenza e assenza di acqua nei pressi dei siti fusori trentini (fonte: catalogo dei siti fusori in CIERNY 2008, pp. 99-226).

Fig. 8. Presence/absence of water resources at the smelting sites (data from the catalogue of sites in CIERNY 2008, pp. 99-226).

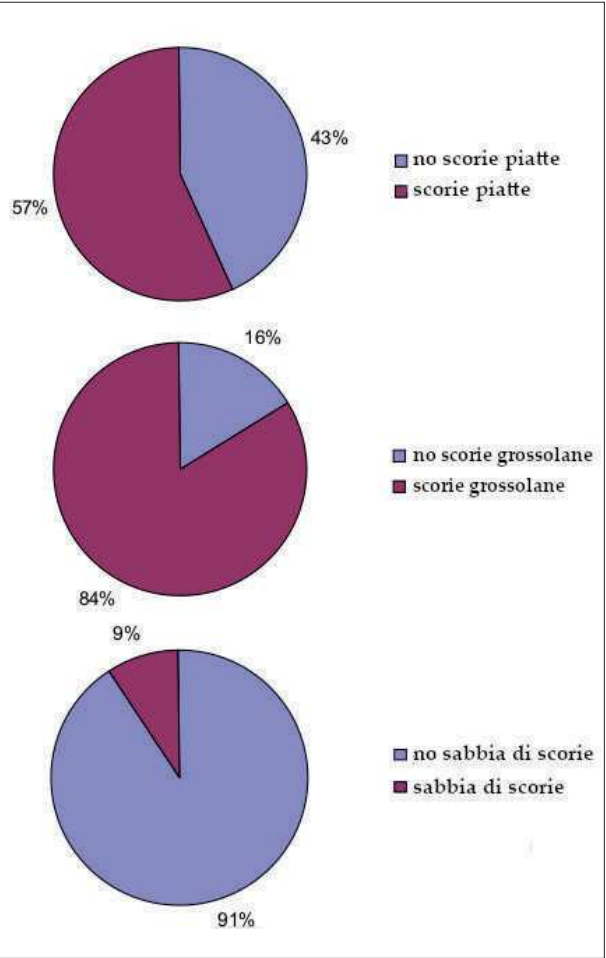
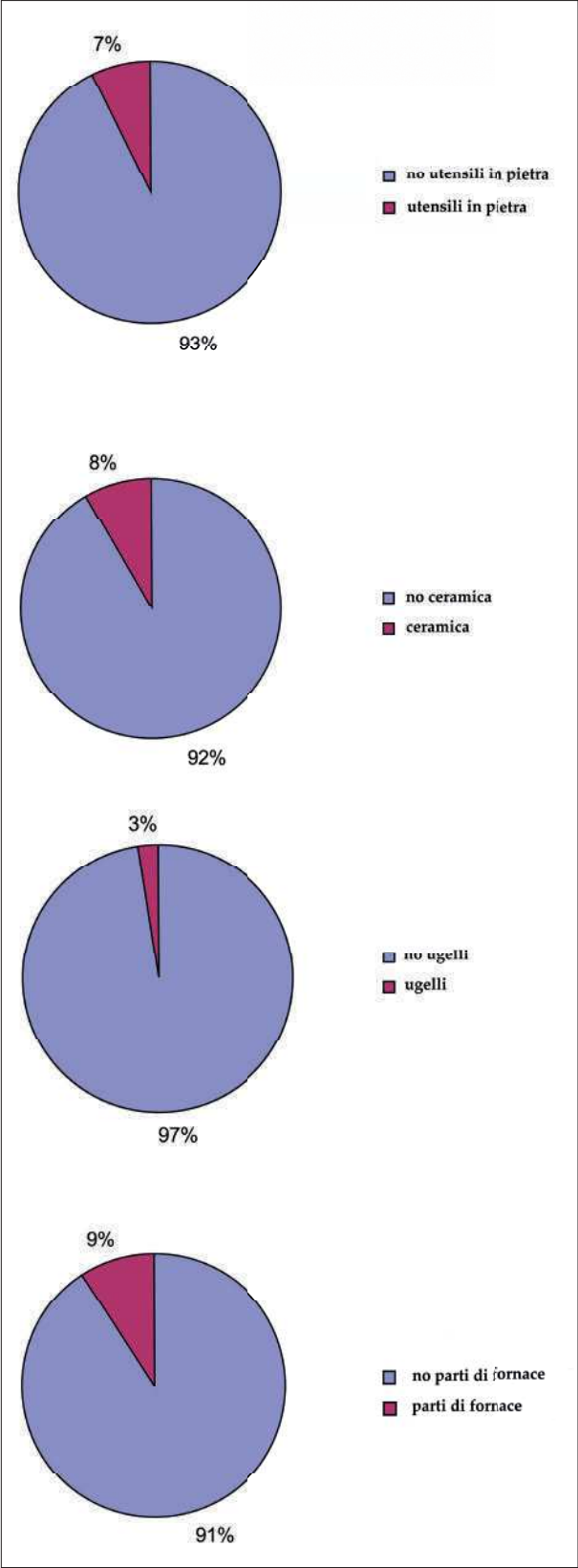


Fig. 9. Dati quantitativi su: principali tipi di scorie, strutture e utensili mobili nei siti fusori trentini (fonte: catalogo dei siti fusori in CIERNY 2008, pp. 99-226).

Fig. 9. Quantitative data concerning slag types, structures and tools at the smelting sites (data from the catalogue of sites in CIERNY 2008, pp. 99-226).



Il caso di Acqua Fredda di Redebus

La scoperta del sito, in comune di Bedollo e prossimo al Passo di Redebus che dall'altopiano di Piné immette nella Val dei Mocheni, avvenne nel 1979. Depositi e strutture connesse ad attività metallurgica primaria vennero in luce in seguito a lavori di allargamento della strada che conduce al Passo, a un'altitudine di circa 1.500 m s.l.m. I resti dell'impianto fusorio sono situati su un deposito di origine glaciale e delimitati, a valle, da un acquitrino alimentato da una sorgente, dalla quale il sito prende

il nome di "Acqua Fredda". Dopo i primi interventi promossi dall'Ufficio beni archeologici di Trento, il gruppo di ricerca italo-tedesco condusse cinque campagne di scavo tra il 1985 e il 1995, in cui furono eseguite 9 trincee di scavo ("settori"), per un'estensione complessiva di 168 m², mentre 6203 m² furono indagati con prospezioni geognostiche (carotaggi) e geofisiche (magnetometro). Ciò ha permesso di esplorare un complesso fusorio, utilizzato in più fasi successive datate archeologicamente e radiometricamente tra la tarda età del Bronzo e l'inizio dell'età del Ferro²⁵, eccezionalmente ben conservato

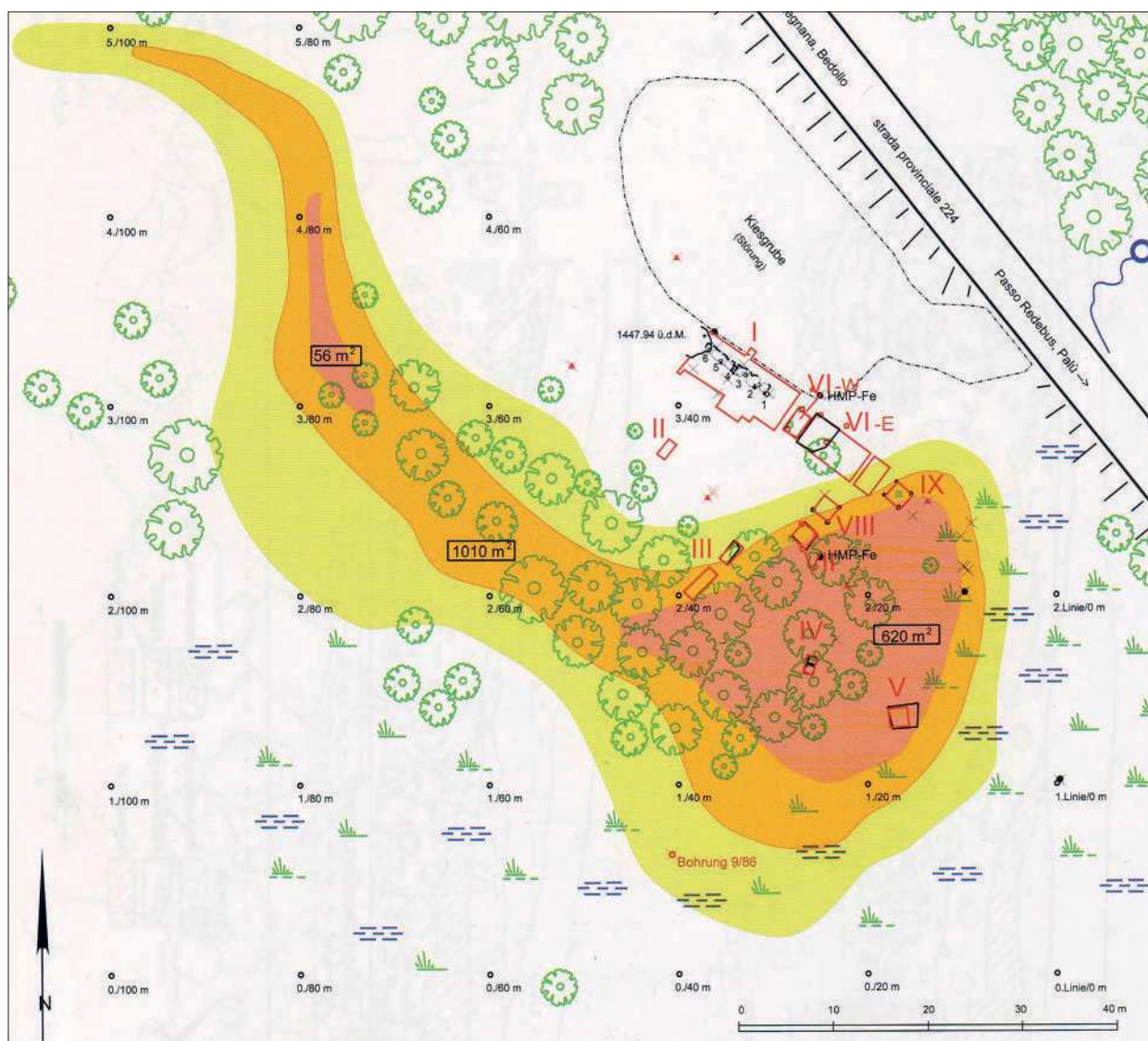


Fig. 10. Planimetria generale degli interventi di scavo e prospezione geofisica nel sito di Acqua Fredda al Passo di Redebus (CIERNY 2008, plan 51).

Aree contornate in rosso: settori di scavo. Area colorata: discarica di scorie. Estensione massima 2239 m²; area gialla: tracce di scorie nei campioni da carotaggio (553 m²); area arancione: cumuli di scorie con spessore fino a 0,50 m (1010 m²); aree rosse: cumuli di scorie di spessore superiore a 1 m (676 m²).

Fig. 10. General plan of the excavation areas and geophysical prospections at Acqua Fredda at the Redebus Pass (CIERNY 2008, plan 51). Areas dotted in red: excavation areas. Coloured areas: slag heap. Max extension 2239 m²; yellow area: slag fragments found in core samples (553 m²); orange area: slag heap up to 0,50 m thick (1010 m²); red areas: slag heap thicker than 1 m (676 m²).

²⁵ I materiali ceramici tipologicamente diagnostici, ascrivibili alla *facies* Luco/Laugen A, e lo spillone in bronzo tipo Fontanella rimandano al Bronzo finale (CIERNY *et alii* 2004, pp. 134-138). Fa eccezione un frammento di ansa a espansioni verticali ("ansa lunata") che, sebbene rinvenuto in associazione con gli elementi "Luco/Laugen A", è considerato più antico (CIERNY *et alii* 2004, p. 134, fig. 16.2; CIERNY 2008, p. 50, pl. 4). Le datazioni radiometriche sono state pubblicate in CIERNY 2008, pp. 85-90.

e che comprende, in particolare nei settori I e VI, diverse tipologie di strutture, ossia: 9 forni fusori, 5 "focolari" (*feuerstellen*), resti di strutture lignee, macine e altri attrezzi da lavoro. Circa 30 metri più a valle, in un'area dove il piccolo rivo "Acqua Fredda" crea un bacino palustre, è stata individuata una vasta discarica di "sabbia di scorie" (CIERNY 2008, plan. 51). Complessivamente il sito doveva avere un'estensione di ca 2500 - 3000 m², di cui 2239 m² occupati dalla discarica a valle degli impianti²⁶ (Fig. 10).

La lettura stratigrafica dei depositi messi in luce ad Acqua Fredda ha permesso di distinguere 4 diverse fasi di attività, di cui le prime 3, a cui si riferiscono le principali strutture indagate, sono state datate anche su base radiometrica (CIERNY 2008, pp. 68-70) grazie a 13 datazioni che hanno permesso, successivamente, la realizzazione di un modello bayesiano (MARZATICO *et alii* 2010).

Acqua Fredda - Fase 1 (1220 - 1000 cal BC circa)

La fase 1 (Fig. 11, da CIERNY 2008) comprende 2 o 3 fosse con resti di combustione, prive (o quasi) di apparati di contenimento in muratura e definite dagli autori come *Grubenöfen* (forni a fossa), 2 forni (*Öfen*) quadrangolari in muratura, e alcune strutture lignee (tre paletti e un palo). Già a questa fase potrebbe essere datata la formazione dei livelli di sabbia di scorie (settore IX) e degli accumuli di scorie piatte negli angoli sud-orientale e sud-occidentale del settore I.

Forno 1 - settore I: forno a fossa di forma ovale (larg. 60 cm; lung. 70 cm; prof. 10 cm) circondato da 4 lastre di porfido in posizione verticale, alte 25 cm e fortemente alterate dal calore. Il forno era aperto sul lato frontale ed era scavato nella ghiaia di substrato. Il riempimento era costituito da uno strato di carbone spesso da 1 a 4 cm, frammenti di argilla scottata e scorie piatte.

Forno 2 - settore I: forno a fossa (?) di forma sub-circolare (diam. 65 cm; prof. 23 cm). È stato interpretato come forno a fossa, ma non è esclusa la pertinenza a un'originaria struttura con elevato in

muratura, successivamente distrutta dalle opere della fase successiva. Il riempimento risultava costituito da un livello di carbone, sulla testa del quale c'erano frammenti di limo scottato e "pezzi di forno", piccoli ciottoli, scorie e carbone.

Forno 9 - settore VI B: forno a fossa di forma quadrangolare (larg. 48 cm; lung. 60 cm; prof. 15 cm); il riempimento interno è costituito da carbone (da 4 a 15 cm) cui si sovrappongono limo arancione ossidato con frammenti di pietrame con segni di alterazione termica e carboni. La fossa risultava rivestita con pietrame (anche in piccole lastre) sui lati nord-ovest e nord-est, mentre un solo elemento litico compare sul lato sud-est (possibile la rimozione degli altri elementi).

Forno 7 - settore VI A: forno quadrangolare in muratura (lati 40 cm; h. max 50 cm). Il fondo è a fossa; il lato posteriore è stato realizzato con un unico elemento litico, mentre quello anteriore è, come di norma, aperto; il lato sinistro è costituito da due grandi blocchi oblungi. Il riempimento, partendo dal fondo che è scavato nella ghiaia sterile, è costituito da sabbia giallo-scura, un sottile strato di carbone e aghi di conifera e, infine, un ammasso di scorie con frammenti di argilla scottata.

Forno 8 - settore VI B: forno quadrangolare in muratura parzialmente distrutto; dimensionalmente e strutturalmente simile al forno 7, se ne differenzia per le condizioni del fondo che non è scavato nello sterile, ma sotto il quale sono presenti almeno altri 5 livelli di limo sabbioso giallo con frustoli di carbone e un pezzo di scoria, indizio di probabile riuso e/o ricostruzione della struttura.

Strutture in legno

A circa 50 cm dall'apertura del forno 7 (settore VI A) sono state rinvenute una tavola di legno parzialmente conservata (55 x 7 x 2 cm) e un secondo frammento lungo 10 cm, cui sono state associate tre piccole buche riferibili a picchetti di legno. Tali elementi sono stati interpretati come residui di una struttura di contenimento (di carbone), funzionale al forno 7, analogamente a quanto osservato per le meglio conservate strutture della Fase 2.

²⁶ L'estensione è stata calcolata sulla base di quanto riportato nella planimetria generale pubblicata da Cierny (2008, Plan 51). L'estensione della discarica viene indicata in 2239 m², cui vanno aggiunti ca 130 m² comprensivi dei settori di scavo fuori dalla discarica (I e VI) per un totale di 2369 m². Va tuttavia considerato che una parte del sito (immediatamente a nord del settore I) è stata distrutta da lavori di cava e stradali. L'ampiezza di tali interventi è riportata graficamente in planimetria e corrisponde a ca 800 m², per cui si potrebbe arrivare teoricamente a ca 3200 m².

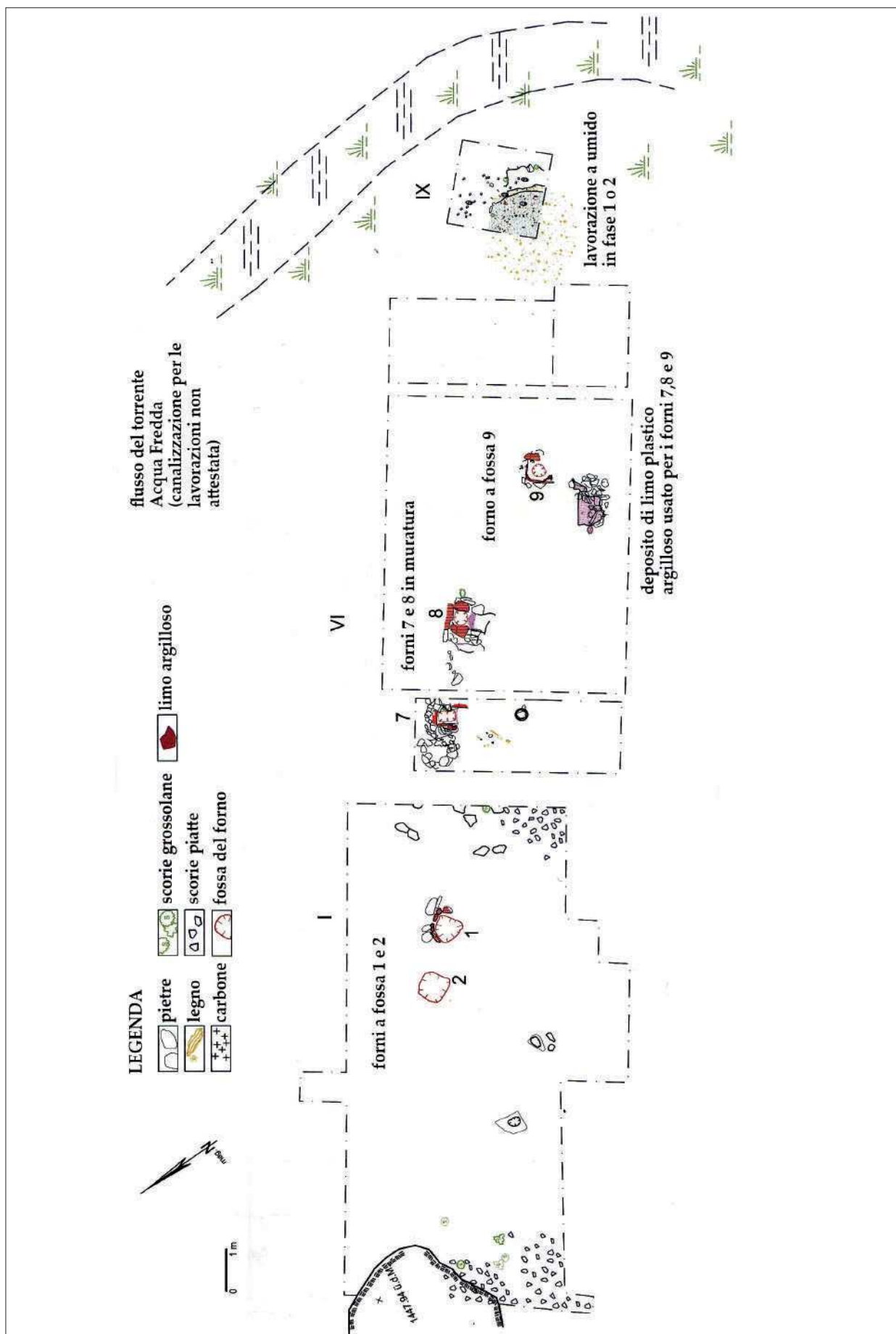


Fig. 11. Acqua Fredda al Passo di Redebus - Fase 1 (CIERNY 2008, plan 52).

Fig. 11. Acqua Fredda at the Redebus Pass - Phase 1 (CIERNY 2008, plan 52).

Acqua Fredda - Fase 2 (1080 - 900 cal BC circa)

È la fase a cui sono attribuite la maggior parte delle strutture individuate, in particolare il complesso sistema di murature dei settori I e VI, la batteria di 4 forni incassati nella parte ovest del muro del settore I e i “focolari” dei settori VI e VII che, pur assegnati a questa fase, risultano stratigraficamente successivi ai forni del settore I. Sempre nel settore I sono state inoltre individuate: tracce di strutture lignee, probabili cassonature di contenimento, 2 cumuli di scorie piatte (angoli sud-ovest e sud-est) e uno di scorie grossolane (Fig. 12, da CIERNY 2008).

Settore I

Il muro: al di sotto di una sequenza di strati di pietrame, è stata messa in luce una struttura muraria in pietre, realizzata su un terrazzo artificiale e divisa in due parti da uno spazio vuoto di 35 cm. La parte est del muro conserva fino a tre corsi di pietre (altezza: 50-65 cm); la lunghezza qui rilevata è di circa 4 m, ma probabilmente prosegue verso sud-est, ossia nell'adiacente settore VI. Il punto di interruzione del muro è stato interpretato come un punto di passaggio (simile ad un altro rinvenuto nel settore VI), verso un'altra area di lavorazione più a monte, di cui non resta traccia. La parte ovest del muro misura 6,8 m in lunghezza e ca 1 m in larghezza ed è quella in cui sono state ricavate le nicchie che ospitano i forni nn. 3, 4, 5 e 6. La parte del muro a monte è realizzata contro versante ed è stata danneggiata da lavori di cava, mentre il lato frontale è ben preservato e presenta 4 corsi di pietre di varie dimensioni (fino a 30 x 70 cm) prevalentemente in porfido, ma anche in altri materiali lapidei e scorie grossolane; il legante usato è un limo sabbioso di probabile origine locale.

Forno 3: forno in muratura di forma quadrangolare (trapezoidale: lato posteriore 50 cm; lato anteriore 70 cm; profondità 80 cm). Il fondo è a fossa circolare (diam. 42-45 cm; prof. 24 cm); il lato ovest è preservato fino a 4 corsi di pietre; il lato posteriore consiste di una lastra singola di porfido (60 x 40 cm).

Forno 4: forno in muratura di forma quadrangolare, dimensionalmente simile al forno 3, è realizzato in blocchi di porfido. Il fondo è a fossa, colmato con carbone fine (circa 15 cm) sopra al quale sono stati rinvenuti frammenti del rivestimento interno del forno. L'elevato è in pietrame, intonacato all'interno con limo, con tracce di focature; lo stesso materiale è stato usato come legante. La camera interna era riempita di argilla scottata, pietre arrossate e frammenti di scorie.

Forno 5: forno in muratura di forma quadrangolare (larg. 40 cm; lung. 50 cm; h max 67 cm). Il fondo è

piatto; la parte inferiore dell'elevato è costituita da grandi blocchi; il lato posteriore è realizzato con 4 pietre frammentate. Il riempimento contiene uno strato di 3-4 cm di carbone e pezzi di argilla scottata, probabilmente frammenti pertinenti all'intonatura del forno stesso.

Forno 6: forno in muratura di forma quadrangolare (lato posteriore 30 cm; lato anteriore 20 cm; profondità 36-40 cm). Il lato ovest poggia su una grande roccia ed è conservato fino a 48 cm di altezza, quello est fino a 70 cm. Il lato posteriore consiste di almeno 5 blocchi di pietra. Il fondo è in parte appoggiato sulla roccia ed è colmato da ca 16 cm di carbone, sulla cui superficie furono trovati frammenti di parete del forno, scorie grossolane e alcuni frammenti di scorie piatte.

Strutture in legno

Di fronte al muro contenente i forni 3-6 sono state rinvenute le tracce di due strutture in legno. La prima, di fronte al forno 3, è costituita da 2 tronchi di ca 10 cm di diametro, perpendicolari tra loro e uniti per un'estremità, lunghi rispettivamente 3 m e 1 m. Alla seconda struttura sarebbero pertinenti due gruppi di assi in legno: il primo di fronte ai forni 4, 5 (il frammento maggiore misura 90 cm in lunghezza e 15 cm in larghezza) e il secondo prossimo al forno 6. All'interno di tale struttura, in particolare tra i forni 4 e 5, è stato rinvenuto un ammasso di scorie grossolane e frammenti di rivestimento di forno. Entrambe le strutture sono messe in relazione con alcune buche di palo, prossime ad esse.

Settore VI

L'estensione dello scavo del settore I verso SE ha portato alla luce, al di sotto di un cumulo di pietre privo di strutture, ma con resti di macine e frammenti ceramici, due muri a secco solo parzialmente conservati, tra loro paralleli. Il muro più settentrionale risulta allineato, e probabilmente in continuità, con il muro individuato nel settore I. A differenza di quest'ultimo, tuttavia, i muri del settore VI non conservano nicchie che ospitano forni, ma ad essi sono invece appoggiate altre strutture pirotecniche definite “focolari” (*feuerstellen*), interpretabili, a detta di Cierny, come strutture da fuoco di uso domestico, o come alloggiamenti per la fusione in crogiolo²⁷.

Muro 1: la struttura ha una lunghezza complessiva di 6,7 m (settori VI e IX). Consiste di alcuni strati di pietre non lavorate e ciottoli di porfido. Copre i forni 7 e 8 (fase 1) ed è coperto dallo strato di sabbia di scorie US 638 (pertinente alla fase 3).

Muro 2: è distante 1 m dal muro 1 e ad esso parallelo. Presenta le stesse caratteristiche strutturali e dimen-

²⁷ Lo stesso Cierny segnala tuttavia che non vi sono tracce di simili strumenti tra i materiali rinvenuti ad Acqua Fredda.

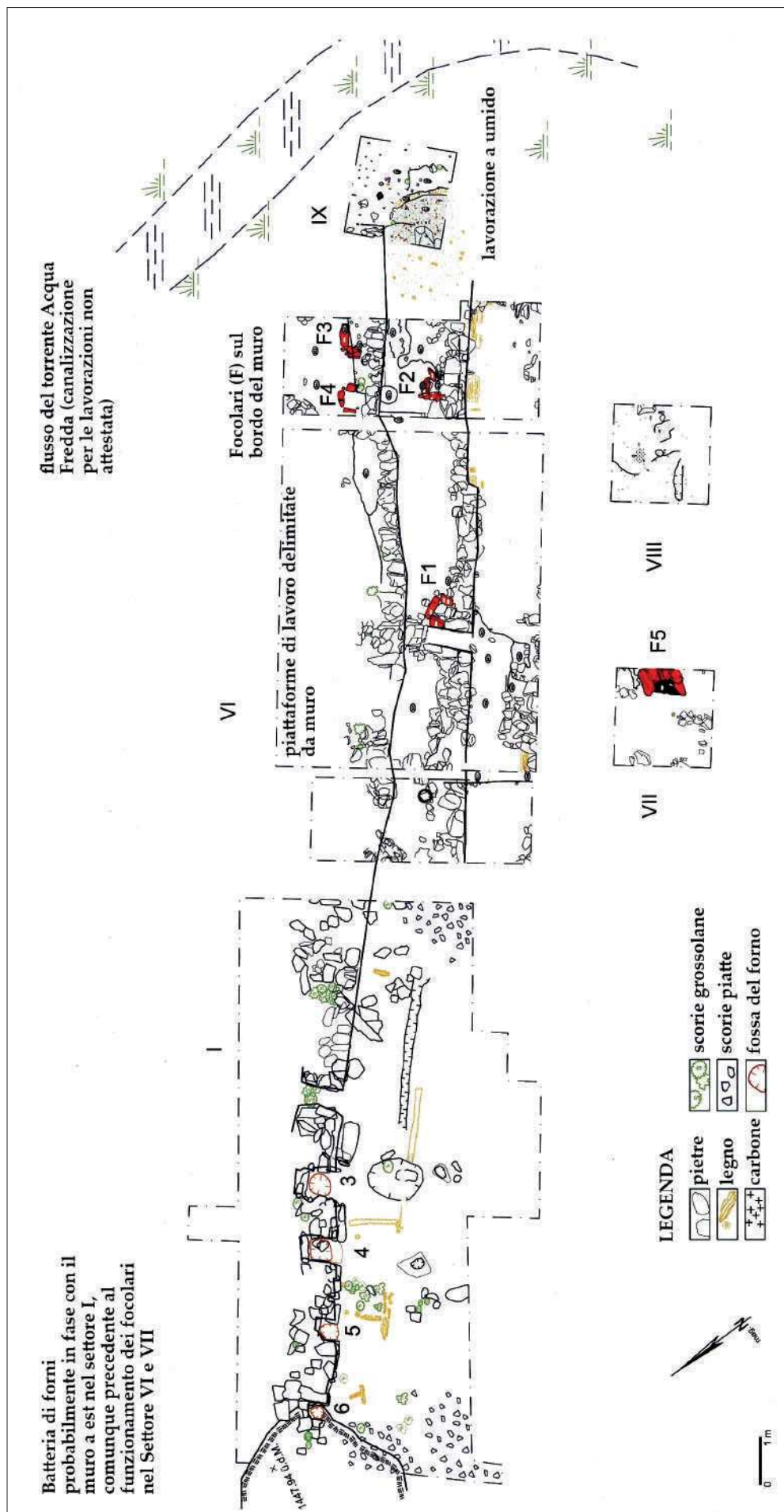


Fig. 12. Acqua Fredda al Passo di Redebus - Fase 2 (CIERNY 2008, plan 53).

Fig. 12. Acqua Fredda at the Redebus Pass - Phase 2 (CIERNY 2008, plan 53).

sionali del muro 1, salvo la presenza di un'apertura (passaggio) larga 35 cm, accanto al focolare 1, analoga a quella del muro del settore 1. Si sovrappone parzialmente al forno n. 9.

Focolari 1-4

La struttura è quasi identica in tutti gli esemplari: forma quadrangolare con tre lati in muratura, una grande pietra usata come lato posteriore e pietre più piccole per gli elementi laterali (dimensioni: ca 60-65 cm di lato; h max: 30 cm). Il fondo è piano; il paramento interno non presenta alcun rivestimento, né tracce di forte alterazione termica. Il riempimento è costituito da strati di carbone che possono trovarsi alla base (F1 e F2) o al di sopra di altri livelli di riempimento (F3 e F4) e da strati di colmataura successivi alla fase di attività. Non compaiono materiali connessi a specifiche attività pirotecniche (scorie, argilla concotta ecc.). I focolari 3 e 4 erano quasi addossati al muro 1 e ravvicinati tra loro, mentre i focolari 1 e 2 si trovano a ridosso del muro 2 e distano tra loro circa 4 m.

Un focolare è presente anche nel settore VII (F5), circa una decina di metri a sud-ovest del settore VI; è dubitativamente attribuito alla fase 2, sulla base del rapporto di anteriorità stratigrafica rispetto alle strutture lignee rinvenute sempre nel settore VII e attribuite alla fase 3.

Strutture in legno

Vari reperti lignei, tra cui uno spezzone di tavola (40 x 15 cm) sono stati trovati al di sotto del muro 2 e sono stati interpretati come sedili o passerelle (su terreno umido).

Acqua Fredda - Fase 3 (1000 - 800 cal BC circa) e Fase 4

Alla fase 3 (Fig. 13) sono attribuite alcune strutture destinate alla macinatura e al lavaggio di materie prime e/o prodotti secondari dei processi di lavorazione, nonché alcune grandi fosse. Le datazioni radiocarboniche permettono di ipotizzare che queste strutture, rinvenute nei livelli più alti dei settori VI, VII e VIII, fossero in relazione a forni non ancora individuati (o forse distrutti).

Canaletta rivestita: al margine meridionale del settore VI appare la traccia di una canaletta artificiale (larg. 50-80 cm; prof. 14 cm) con direzione NO-SE in cui sono conservate parti di tavole di legno, probabile foderatura della stessa. La canaletta, che doveva captare il flusso del vicino rio Acqua Fredda, piegava a 90°, lungo il versante (settori VII e VIII), per confluire nella sottostante area umida; sulla sponda ovest della canaletta è stata infine rinvenuta una macina in giacitura primaria. Secondo Cierny, canaletta e macina dovevano essere elementi collegati al processo di trattamento

del minerale e/o della sabbia di scorie (CIERNY *et alii* 2004, p. 132; CIERNY 2008, p. 60, plan. 28, 29, 54).

Fossa 1 e Fossa 2 (settore VI): misurano rispettivamente 240 x 110 cm ca e 180 x 160 cm ca per una profondità di 80 e 40 cm; sono colmate di pietrame, privo di tracce di alterazione termica o scorificazioni, frammenti di macine e scorie grossolane. Una terza fossa è stata individuata al confine sud-occidentale del settore VI. Sono state interpretate come esito dello smantellamento di piattaforme di lavoro.

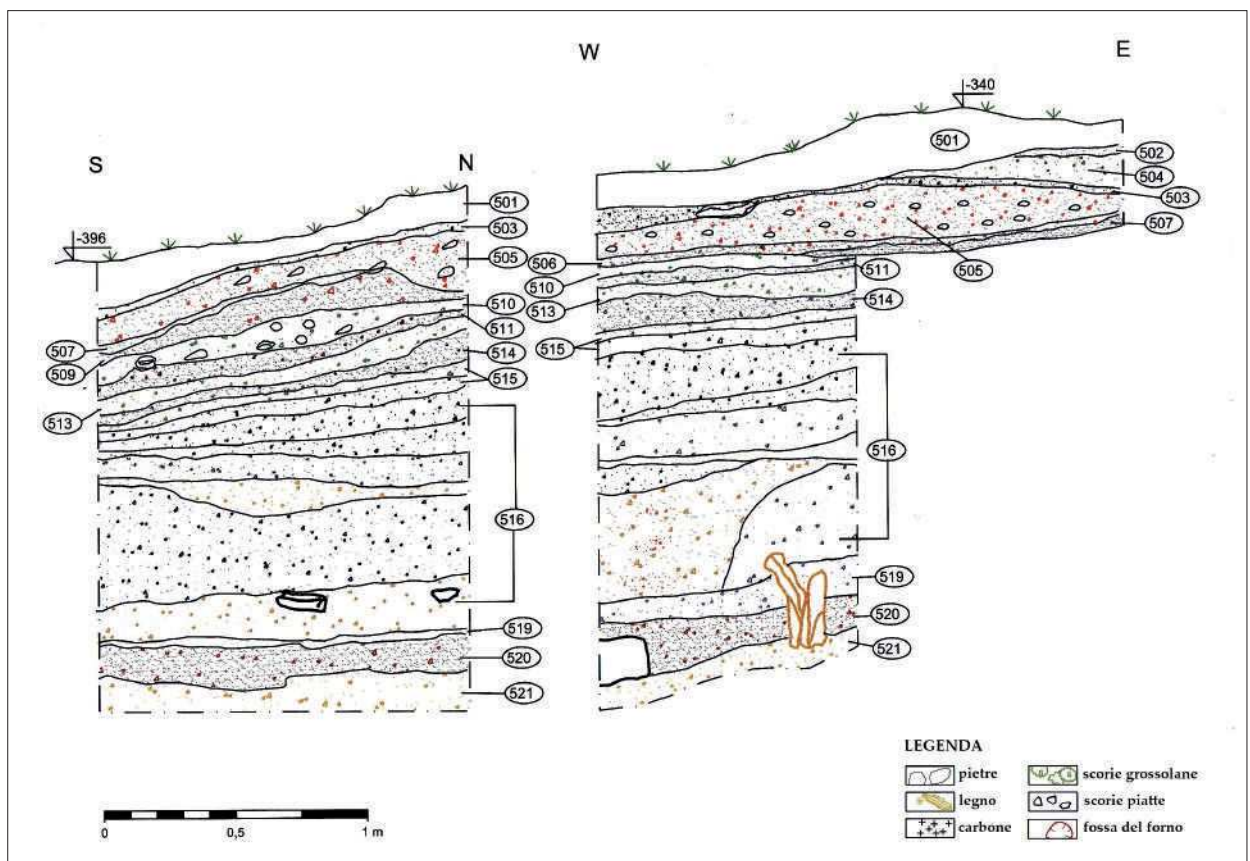
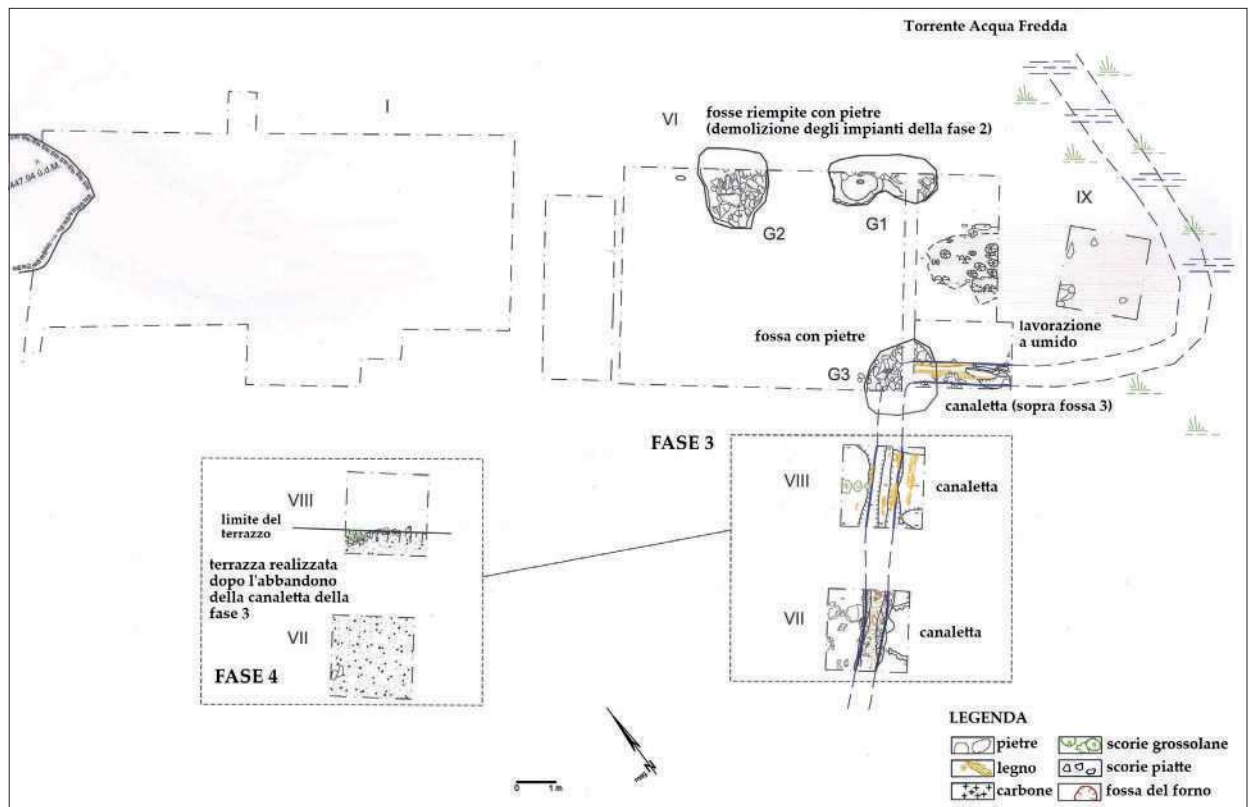
Una possibile quarta fase è stata definita sulla base delle evidenze stratigrafiche dei settori VII e VIII (livelli successivi alla canaletta foderata di legno). Per tale fase, tuttavia, non vi sono elementi utili alla definizione funzionale e all'attribuzione cronologica (CIERNY 2008 p. 65).

La discarica di scorie

Non precisamente collocabile nell'ambito delle 3 principali fasi precedentemente descritte, la grande discarica a sud dei settori che presentano le strutture fusorie occupa un'estensione di 2239 m² di cui 1010 m² con spessore fino a 50 cm e 676 m² con spessore di almeno 1 m, per una stima complessiva di circa 800 - 1000 (CIERNY *et alii* 2004) oppure 1000 - 1500 (CIERNY 2008) tonnellate di scorie, in gran parte del tipo "sabbia di scorie" (Fig. 10).

Gli scavi effettuati (in particolare nei settori III, IV, V, Fig. 14) hanno permesso di esplorare un'articolata sequenza stratigrafica, potente fino a 225 cm. Tale sequenza è composta, partendo dalla base del deposito, da strati sub-planari di sabbia di scorie per circa 180 cm, cui seguono alcuni strati di sabbia di scorie particolarmente compatta, sopra ai quali si formarono diversi strati in cui alla sabbia si aggiungono anche carbone, frammenti di argilla rossastra, pietre ed infine frammenti di scorie piatte e grossolane, indicando, secondo Cierny, un possibile cambiamento nell'uso dell'area. Da notare che non sono stati rilevati singoli cumuli di sabbia di scorie, ma l'intera superficie di lavoro era mantenuta più o meno pianeggiante, man mano che aumentava in altezza.

Soprattutto alla base del deposito di scorie, in ambiente umido, compaiono elementi lignei come paletti e pali a punta ancora in posizione verticale (settori III e V), nonché assicelle, resti di un tavolone con tracce di lavorazione ad ascia e sega, rami e schegge (settore V). La sabbia di scorie è stata anche oggetto di indagini analitiche. Lenti di sedimento omogeneo di colore grigio (settore IX) si sono rivelate a contenuto di rame più alto (5,5 - 7%) rispetto alla sabbia di scorie di colore marrone (2%). Ciò è stato interpretato come indizio di pratiche di trattamento secondario delle scorie per il recupero del rame in esse contenuto (CIERNY *et alii* 2004, p. 132).



Il caso di Favogna/Fennhals

Il sito di Favogna/Fennhals, in comune di Cortaccia/Kurtatsch (BZ) è stato scoperto nel 1970, lungo un ripido versante a 1160 m sopra la valle dell'Adige (destra idrografica). Inizialmente furono identificati 4 forni, coperti da un cumulo di detriti calcarei alto quasi 2 m. Con le ricerche regolari eseguite negli anni '80 e '90 dall'Ufficio beni archeologici di Bolzano, è stato scoperto un quinto forno, meglio conservato²⁸.

I forni di Fennhals, in blocchi di fillade quarzifera particolarmente resistente al calore, sono di forma quadrangolare e misurano, in pianta, ca 60 x 50 cm per un'altezza massima di 70 cm.

Il fondo è intonacato in argilla e presenta una sorta di canale interpretato come elemento drenante per la scoria liquida; anche l'interno delle fornaci era intonacato con argilla che si presenta fortemente termo-alterata; il lato a valle si presenta sempre aperto.

Il quinto forno ha permesso, inoltre, il recupero di un ugello da mantice integro, di forma conica, lungo ca 30 cm, inserito nella parte inferiore del forno e a contatto con il riempimento interno. I forni sono allineati lungo un asse trasversale al pendio (Fig. 15) e gli elementi nn. 2, 3 e 4 sembrerebbero presentare un lato addossato a quello del forno vicino. Richiamano, sotto questo aspetto, la batteria di forni contigui della fase 2 di Acqua Fredda (settore I), anche se a Favo-

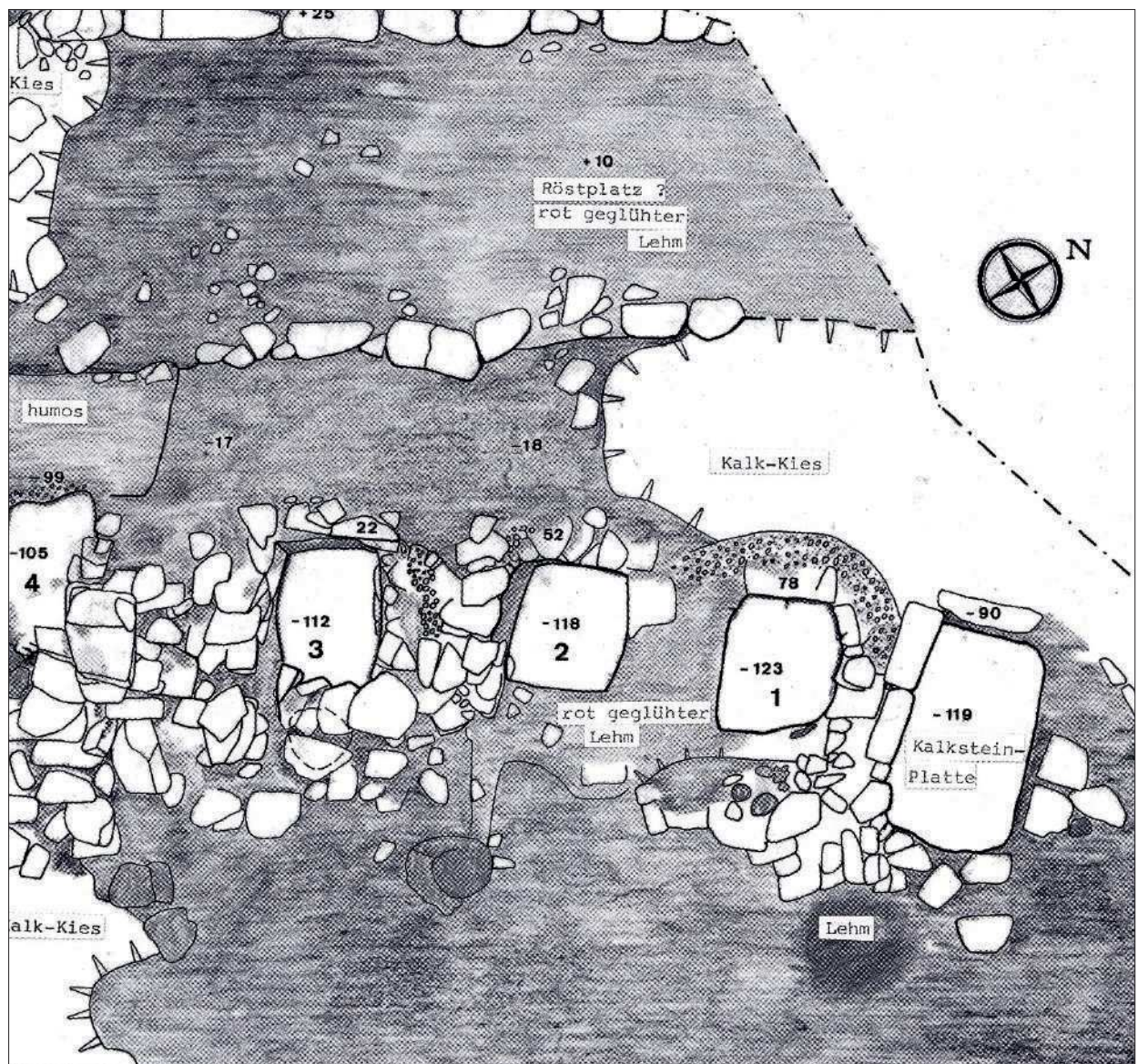


Fig. 15. La batteria di forni e il letto di arrostitimento individuati nel sito fusorio di Favogna/Fennhals presso Cortaccia/Kurtatsch (BZ) (NOTHDURFTER, HAUSER 1986).

Fig. 15. The battery of furnaces and the roasting bed found at Favogna/Fennhals, near Cortaccia/Kurtatsch (BZ) (NOTHDURFTER, HAUSER 1986).

²⁸ HAUSER 1986; NOTHDURFTER, HAUSER 1986; NOTHDURFTER 1993.

gna/Fennhals mancano evidenze di una muratura continua.

Il complesso comprende anche un letto di arrostitimento, situato immediatamente a monte dei forni, che misura 1,2 x 4 m ca, ed è delimitato da una fila di pietre con rivestimento in argilla alterata dall'azione del fuoco (concotto). Infine, a valle dei forni, sono stati scoperti alcuni focolari, presso i quali è stata rinvenuta la maggior parte dei frammenti ceramici individuati nel sito fusorio.

I pochi elementi ceramici rinvenuti nel sito e attualmente editi (in prevalenza frammenti di orlo di forme troncoconiche, tronco-ovoidi, ovoidi e a profilo sinuoso) sono stati indicati come riferibili al Bronzo Recente (*Spätbronzezeit*) e datati tra XIV e XIII sec. a.C. (HAUSER 1986, p. 82). Tra i materiali editi non compaiono invece elementi riferibili con certezza alle fasi più avanzate dell'età del Bronzo (*facies* Luco/Laugen A).

Oltre alla cronologia (su base tipologica) più alta rispetto a quelle dei siti trentini, un altro importante elemento distintivo rispetto ai siti fusori della seconda fase sono le scorie, che a Favogna sono solamente quelle di tipo grossolano, o più precisamente "bollosi" (ANGUILANO *et alii* 2009; SCHIFFERLE *et alii* 2014). A questo proposito va citato il caso del sito fusorio WH/SP 5 dell'area produttiva di Kitzbühel (nord Tirolo) dove sono state portate alla luce una coppia di forni quadrangolari in muratura (dim. plan.: 50 x 80/100 cm), scorie massicce e mai del tipo piatto. Quest'ultima caratteristica, unica nell'area, è stata messa in relazione alla cronologia relativamente alta del sito, definita radiometricamente nell'ambito del XV sec.a.C. (KOCH WALDNER 2019, pp. 38-40).

Sinossi delle principali strutture produttive (PB, ES, MB, NC, ND, NP, FN)

Di seguito si propone la tipologia delle principali strutture produttive individuate nei siti fusori trentini, alla luce degli scavi di Acqua Fredda e dei più recenti interventi effettuati dall'Ufficio beni archeologici di Trento²⁹.

Forni

Sono usualmente definiti "forni" le strutture pirotecniche destinate al processamento di minerale e/o prodotti derivati (metallina) in ambiente controllato.

Forni quadrangolari in muratura

In Trentino ne sono stati riconosciuti almeno 16 esemplari, realizzati con pietrame locale adatto allo scopo, in genere "porfido" (vulcaniti permiane); dove questo scarseggia o è assente, come a Luserna, sono stati utilizzati il calcare o sottoprodotti delle lavorazioni, ossia scorie grossolane. I forni possono essere alloggiati direttamente contro terra, come nei casi di Fierozzo VC (BELLINTANI *et alii* 2021c) e Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021), oppure inseriti in strutture murarie (Acqua Fredda, cfr. *supra*) o addossati a strutture murarie di contenimento del versante (S. Orsola LV, SILVESTRI *et alii* 2021); conservano sempre e solo tre lati, ossia quello di fondo e i due laterali, realizzati con più corsi di blocchi rozza-mente squadri (anche di notevoli dimensioni come ad Acqua Fredda: 70 x 30 cm) messi in opera con l'ausilio di pietrame minuto e materiale terroso (argilla e/o limo) come legante. Talvolta conservano tracce dell'originaria intonacatura con sedimento sulla superficie interna. Ad Acqua Fredda il fondo, di forma concava, è in genere scavato nel substrato, mentre a Sant'Orsola LV è stata rilevata una preparazione in piccole lastre di "porfido" posate con cura e fittamente accostate tra loro.

Non vi sono invece elementi certi per quanto riguarda la parte sommitale, ossia non è chiaro quanto l'elevato sia conservato in altezza.

È, probabilmente, la necessità di una rimozione agevole della parete frontale del forno, per poterne estrarre la carica trattata senza danneggiare il resto della struttura, che può spiegare la sistematica mancanza di questo lato.

In taluni casi (Acqua Fredda e Favogna/Fennhals) sono stati rinvenuti frammenti di ugelli da mantice in prossimità del lato aperto del forno.

Per quanto riguarda le dimensioni dello spazio interno, si osserva la presenza di un possibile modulo, che varia tra i 40 e i 60 cm di lato circa, attestato ad Acqua Fredda (6 su 6) a Luserna PvM (3 su 5) e a S. Orsola (2 su 2) e a Favogna/Fennhals, ma vi sono anche esemplari di dimensioni maggiori, praticamente doppie, come quelli di Luserna PvM (120 x 130 cm e 50 x 100 cm) e l'unico esemplare sufficientemente scavato di Fierozzo VC (105 x 90 cm).

I forni più piccoli, di ca 50 cm di lato, con 3 lati (conservati) in muratura appartengono ad una tipologia condivisa su entrambi i versanti alpini, come dimostrano diversi esempi da Mitterberg (Salsburghese, EIBNER 1982; 1992; STÖLLNER 2015a e bi-

²⁹ Si vedano da ultimi in questo volume i contributi relativi a Segonzano P (BELLINTANI *et alii* 2021a), Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021), Transacqua PA e AdF (BELLINTANI *et alii* 2021b), Fierozzo (BELLINTANI *et alii* 2021c); Sant'Orsola - Le Val (SILVESTRI *et alii* 2021); Lavarone, Loc. Malga Rivetta (NICOSIA, DE GUIO 2021) e la relativa bibliografia.

bliografia ivi citata), Jochberg (Tirolo, GOLDENBERG 2004; KOCH WALDNER, KLAUNZER 2015 e bibliografia ivi citata; KOCH WALDNER 2019), Oberhalbstein (Svizzera, TURCK 2019). Strutture più grandi, come quelle attestate a Luserna e a Fierozzo, trovano confronto sempre nel Tirolo, ad esempio a Mauk A (GOLDENBERG 2013; 2015; 2021) e a Rotholz, dove i due forni meglio preservati mostrano forma ovale e dimensioni interne 1,3 x 0,7 m (STAUDT et alii 2019, p. 286).

Forni "a fossa" (?)

Si tratta di alcune strutture individuate ad Acqua Fredda (forni nn. 1, 2 e 9), tutte pertinenti alla Fase 1. Sono costituite da una fossa di forma variabile (da sub-circolare a quadrangolare) dimensionalmente simile alle basi a catino dei forni in muratura documentati nello stesso sito. Il dubbio che possa trattarsi del residuo di originari forni in muratura, successivamente rasati da opere successive, è stata avanzata dagli stessi ricercatori per quel che riguarda il forno 2 (cfr. *supra*), sulla base delle caratteristiche del deposito (presenza della sola fossa, riempita anche con elementi pertinenti ad un'originaria perimetrazione con elementi lapidei e intonaco di argilla).

Gli altri due forni presentano invece una sorta di perimetrazione della fossa su tre lati, con elementi (lastre o pietrame) di "porfido" non disposti in corsi sovrapposti.

Nelle fasi avanzate dell'età del Bronzo, l'ipotesi di strutture fusorie prive di alzata in muratura non trova confronti, né in ambito locale, né nelle regioni minerarie transalpine. Resta pertanto il dubbio che anche nel caso dei forni nn. 1 e 9 gli elementi lapidei perimetrali possano aver fatto parte di un'originaria struttura muraria non più conservata.

Altre strutture pirotecniche

Non precisamente classificabili, data la non adeguata documentazione grafica e fotografica, ma forse sempre riferibili a forni, sono le 6 "conche"

individuate in loc. Terrebis di Frassilongo (Valle dei Mocheni) (ŠEBESTA 1992, pp. 154-155)³⁰; più problematica, invece, è l'interpretazione della grande struttura individuata in loc. Cinque Valli (Roncigno Terme) (ŠEBESTA 1992, pp. 111-116)³¹.

Strutture complesse

In tutti i casi noti (Acqua Fredda, Fierozzo VC, Luserna PvM, S. Orsola LV) i forni non si presentano mai come elementi singoli, ma sempre in numero superiore a uno.

Il caso più noto è quello dei 4 forni di Acqua Fredda - fase 2 (nn. 3-6, cfr. *supra*), incassati in un muro continuo, che può essere definito "batteria a monoblocco", intendendo per "batteria" un insieme di elementi cooperanti in una funzione comune (Fig. 16a). Questo particolare complesso richiama per certi aspetti quello di Favogna/Fennhals (cfr. *supra*), dove però i quattro forni non sembrerebbero nicchie ricavate all'interno di un muro, ma piuttosto singoli elementi allineati, con pareti laterali in appoggio le une alle altre.

Più nota, anche nelle regioni nord-alpine (Jochberg/Kitzbühel, KOCH WALDNER 2019; GOLDENBERG 2004; Eisenerzer Ramsau, KLEMM 2015), è la modalità dei forni "in coppia", ossia con un lato in condivisione o in appoggio (Luserna PvM, NICOLIS et alii 2021; Fierozzo VC, BELLINTANI et alii 2021c) (Fig. 16b).

Solo a livello di ipotesi potrebbero essere definite come varianti in questa categoria anche le "coppie" (?) di strutture con elementi contigui, ma non aderenti, rinvenuti a Acqua Fredda (Fase 1, forni 1 - 2 e 7 - 8, cfr. *supra*) e a S. Orsola LV (Fig. 16c, SILVESTRI et alii 2021). A S. Orsola LV i due forni rinvenuti sono distanti circa un metro l'uno dall'altro. Tuttavia, la limitata estensione dello scavo (S. Orsola LV) e/o l'interferenza di strutture pertinenti ad altre fasi (Acqua Fredda) non consentono considerazioni più precise in merito.

Attualmente, non vi è modo di attribuire le differenze tipologiche, dimensionali o di complessità delle strutture (batterie; coppie) a una precisa fase cronologica o all'associazione con specifiche strutture o residui di lavorazione.

³⁰ Nel caso di Frassilongo, loc. Terrebis, l'autore parla di fosse di diametro tra 21 e 30 cm, profonde 11-15 cm, grossomodo allineate su due file, rinvenute nell'area di scavo n. 1. Le fosse dovevano presentare uno o più strati di rivestimento ("argilla" e "polvere di carbone") e un riempimento di carbone e scorie grossolane. Nell'adiacente area di scavo 2 (ŠEBESTA 1992, p. 154, fig. 312) furono rinvenute, in sequenza dall'alto: uno strato di scorie grossolane e sabbia di scorie (7-9 cm), uno strato di sabbia di scorie e carbone (10-15 cm) uno strato di scorie piatte (3 cm) ed infine uno "straterello" di cenere con "minuti frammenti di argilla cotta e un ultimo strato con carbone e scorie "lisce" (riconoscibili come scorie piatte dalle figg. 322 e 323 di p. 157) e frammenti di "cotto". Non è chiaro invece da quali strati provengano i frammenti di ceramica ("un centinaio"), tra cui un frammento di ugello da mantice, riferibili all'età del Bronzo Recente e Finale (figg. 333 e 334, p. 161).

³¹ A Cinque Valli è stata portata in luce una struttura di forma sub-circolare di dimensioni considerevoli (160 x 130 cm), costituita da pietre irregolari, tra cui un frammento di macina, e con fondo in concotto (argilla termo-alterata); del riempimento (ceneri, carbone) facevano parte anche frammenti di concotto. Nei livelli superiori dello scavo era stata rinvenuta sabbia di scorie e in prossimità della struttura anche scorie piatte, il che lascia supporre che anche questa probabile struttura pirotecnologica sia assegnabile alla metallurgia primaria protostorica trentina.

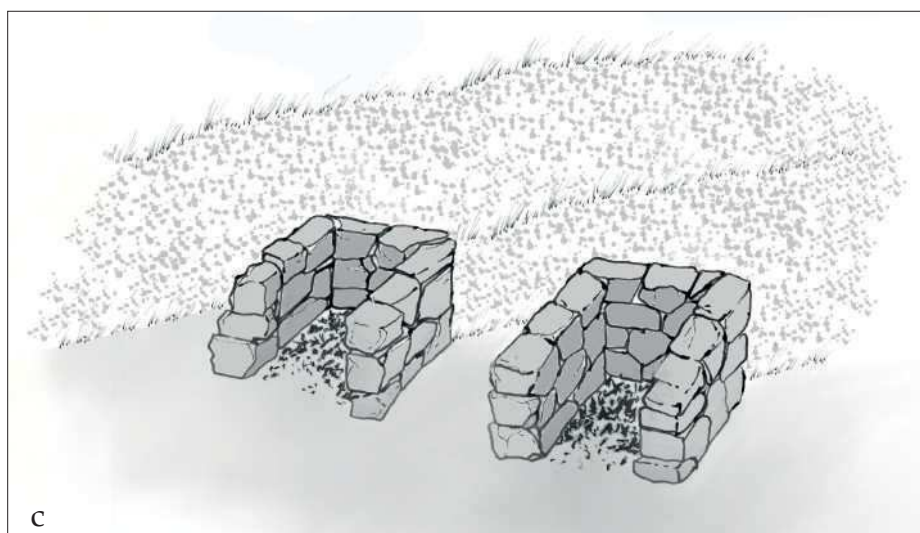
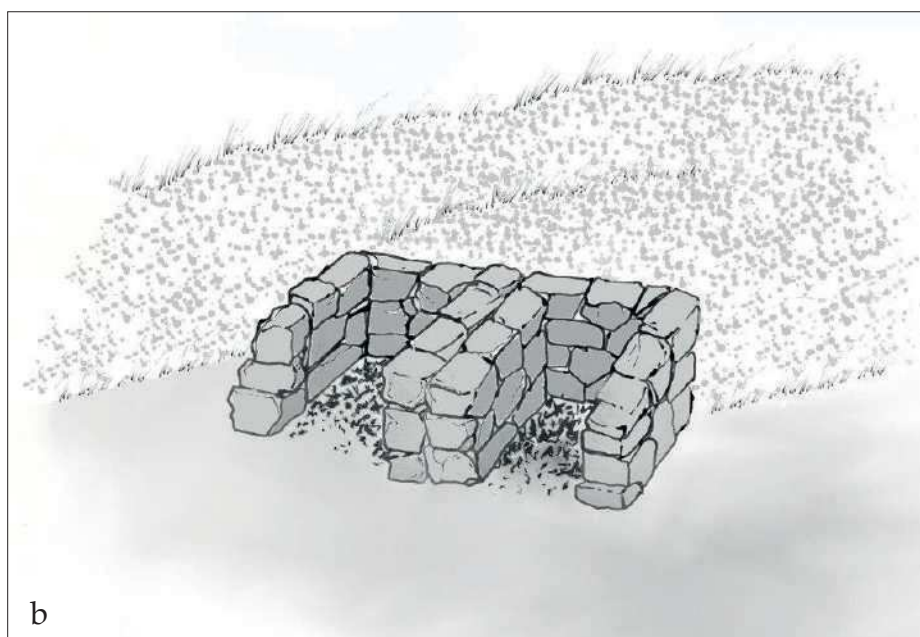
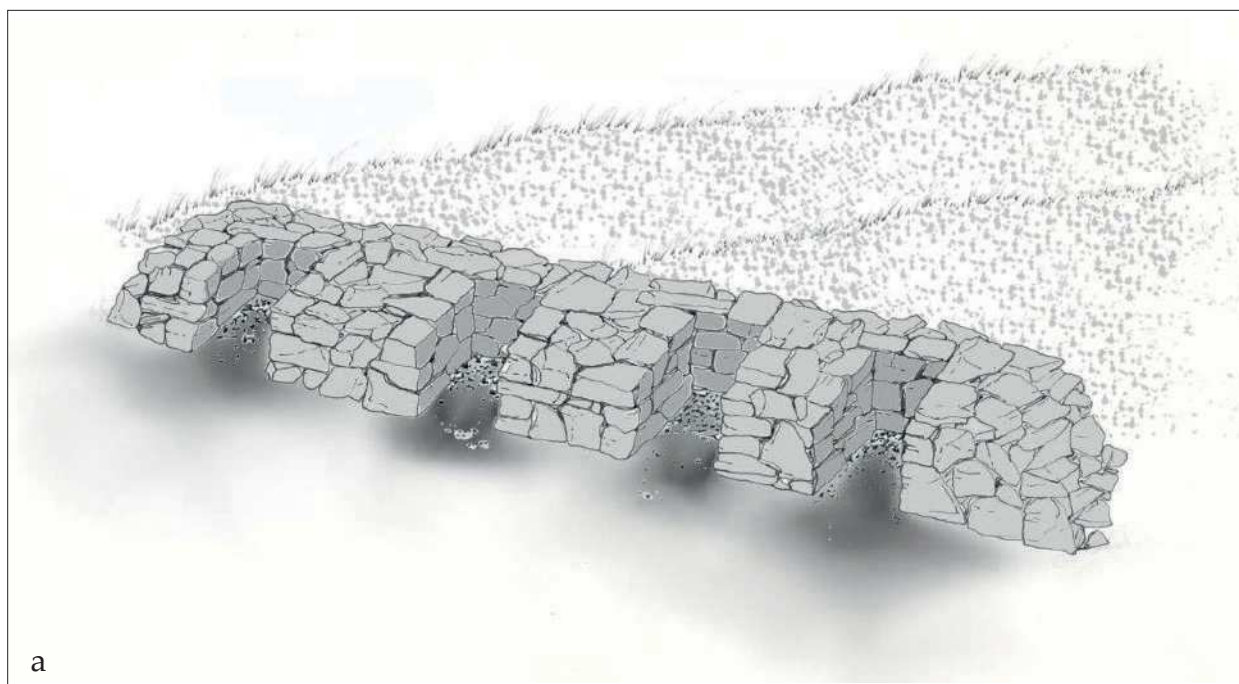


Fig. 16. Tipologia dei forni fusori trentini: a batteria (16a), coppia (16b), forni singoli (16c). Disegno N.D.

Fig. 16. Different types of smelting furnaces in Trentino: battery (16a), pair (16b), single furnaces (16c). Illustration by N.D.

Focolari

Si tratta di strutture di combustione che, per diversi motivi, dalla conformazione complessiva all'assenza di tracce di esposizione a temperature superiori a 1000°C, non sono riferibili a forni fusori. Possibili “focolari” (*feuerstellen*) sono stati individuati per la prima volta negli scavi condotti nel 1963 a Luserna PvM da Preuschen (1965, fig. 3, nn. 1-4). Sempre a Luserna, nell'area degli scavi condotti negli anni 2000 dall'Ufficio beni archeologici di Trento³², è stata interpretata come probabile focolare la struttura US 162, una fossa quadrangolare (esterno: 120 x 140 cm; interno: 80 x 45 cm) foderata con elementi litici di origine calcarea e grosse scorie grossolane, che delimitano un avvallamento colmato di residui carboniosi.

Cinque focolari sono presenti anche ad Acqua Fredda – fase 2 (settori VI e VII, cfr. *supra*). Qui sono addossati a due strutture murarie parallele. Circa il possibile utilizzo dei “focolari”, il gruppo di lavoro Bochum-Trento operante ad Acqua Fredda ha avanzato due ipotesi: strutture domestiche oppure strutture “impiegate nella fase successiva della lavorazione del metallo, vale a dire nella fusione in crogioli, di cui peraltro ad Acqua Fredda mancano per ora testimonianze” (CIERNY *et alii* 2004, p. 132). A Favogna/

Fennhals alcuni focolari sono stati rinvenuti poco a valle dei forni, ossia nell'area che presenta la maggior concentrazione di reperti ceramici (ANGUILANO *et alii* 2009, p. 376).

A Transacqua PA (BELLINTANI *et alii* 2021b) sono state individuate, ma non completamente indagate, strutture che potrebbero essere pertinenti sia a resti di forni smantellati che a focolari (UUS 505; 514). Nel caso, invece, del “focolare” US 517 (Figg. 17a, b), completamente scavato e oggetto di indagini archeometriche, è possibile affermare che l'intervallo di temperatura a cui la struttura è stata esposta va da 450° a 800° C e che il sedimento presente all'interno della struttura corrisponde a sabbia quarzosa. L'ipotesi che sembra maggiormente sostenibile è quella di un utilizzo per il riscaldamento di locali rocce metamorfiche per agevolarne la frantumazione e ottenere sabbia a base di quarzo, utile al processamento dei solfuri di rame. Analoghe considerazioni potrebbero essere estese anche per la struttura US 327, non sottoposta a specifiche indagini, ma che presenta caratteristiche macroscopiche, in particolare il sedimento contenuto all'interno, molto simili a US 517. Tali osservazioni sembrerebbero congruenti anche con quanto emerso dalle indagini archeometriche eseguite sulle scorie di questo e altri siti trentini³³.

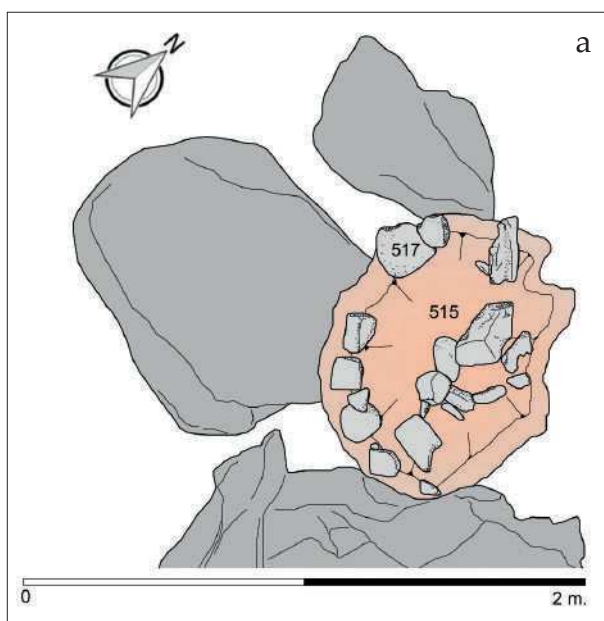


Fig. 17. Focolare US 517 da Transacqua – Pezhe Alte (BELLINTANI *et alii* 2021b): rilievo (a) e foto (b).

Fig. 17. Hearth SU 517 at Transacqua – Pezhe Alte (BELLINTANI *et alii* 2021b): drawing (a) and photo (b).

³² Cfr NICOLIS *et alii* 2021.

³³ Concerning the deliberate addition of quartz during the slagging step ... we suppose that quartz was added in order to obtain a quartz-oversaturated system. Such an excess of quartz helped to promote the separation of iron from the sulphidic ore, producing a fayalitic slag without any tapping process ... The extensive analyses of several Alpine copper districts allowed us to identify the Calceranica and/or Vetriolo mines in Valsugana as the possible sources that supplied the Luserna site ... The fine-grained silicate gangue of these mines ... is inconsistent with the coarse slags of Luserna, in which the quartz added is mainly characterized by large grains... the consistent amount of quartz measured in the coarse slags of other LBA Trentino sites (Transacqua and Segonzano, which are located in different Trentino districts and were supplied by other mines) strongly suggests a standardized addition of excess quartz, which implies a standardized LBA Alpine slagging process (ADDIS *et alii* 2016, pp. 108-109).

È possibile, pertanto, che nella categoria “focolari” siano attualmente rubricate strutture pertinenti a diverse funzioni: da elementi collegati al processo di *smelting*, come nel caso di Transacqua PA, a possibili focolari domestici (Favogna/Fennhals), mentre l’idea di strutture per la raffinazione del metallo non trova alcun supporto nell’attuale documentazione degli scavi.

Letti di arrostitimento

Si tratta di resti di piazzole di forma allungata e regolare, delimitate da pietrame di varie dimensioni, con superfici alterate termicamente e/o da chimismi legati all’attività fusoria, ben riconoscibili per l’accentuato cromatismo, nei toni del giallo e del rosso. L’interpretazione di tali strutture come apparati dedicati all’ossidazione del minerale e di prodotti intermedi del processo fusorio è mutuata dalla letteratura di settore nord-alpina. Tali strutture sono infatti documentate in Austria, a partire dal Bronzo medio, a Mitterberg (EIBNER 1982; ZSCHOCKE, PREUSCHEN 1932 pp. 76-79, tab. III-VIII; STÖLLNER 2019a, pp. 23-25), Mauken (GOLDENBERG *et alii* 2012, pp. 74-76; GOLDENBERG 2013, pp. 109-110, figg. 30-31; GOLDENBERG 2021), Rotholz (STAUDT *et alii* 2019, pp. 284 e seg. e biblio ivi citata; STAUDT 2021), Jochberg (GOLDENBERG 2004, pp. 169-170; 2015, pp. 156-160), Eisenerzer Ramsau (KLEMM 2010; 2015 pp. 197-198); in Svizzera (Oberhalbstein) a Alp Natons e, probabilmente, a Val Faller, Plaz (datati all’età del Ferro, TURCK 2019, pp. 213 e seg.).

In Trentino, gli esemplari meglio documentati sono quelli di Luserna PvM e Transacqua AdF. A Transacqua AdF (Figg. 18a, b) è stata individuata solo la parte terminale di un letto di arrostitimento,

dove tuttavia è stata rilevata una sequenza di preparazioni pavimentali (almeno 2), realizzate con scorie piatte e argilla, probabilmente corrispondenti ad altrettante fasi di utilizzo (BELLINTANI *et alii* 2021b).

L’accurata preparazione del fondo è probabilmente dovuta alla necessità di raccogliere la maggior quantità possibile del materiale al termine del processo di arrostitimento. A Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021) sono state scavate 4 strutture (UUS 134, 50, 170, 177) con dimensioni che variano da 4,90 a 8 m di lunghezza per una larghezza compresa tra 1,10 e 1,80 m (Fig. 19).

Generalmente i livelli di riempimento dei letti di arrostitimento sono costituiti da strati limosi – argillosi, con presenza di carboni e tracce di esposizione al fuoco. A Luserna PvM e a Lavarone - Malga Rivetta (NICOSIA, DE GUIO 2021) sono state rinvenute scorie frantumate anche di dimensioni sub-centimetriche (tipo “sabbia di scorie”), mentre in nessun caso sono state riconosciute componenti legate al minerale primario (calcopirite).

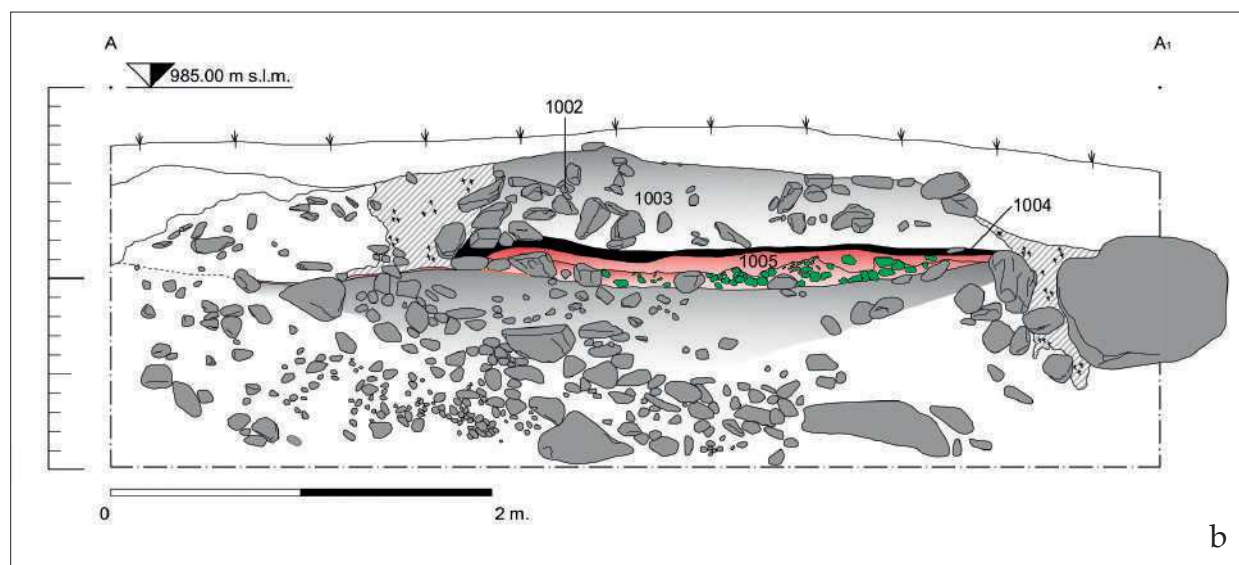


Fig. 18. Resti del letto di arrostitimento individuato a Transacqua – Acquedotto del Faoro (BELLINTANI *et alii* 2021b). Foto generale (a) e rilievo della sezione (b) (BELLINTANI *et alii* 2021b).

Fig. 18. Remains of the roasting bed found at Transacqua – Acquedotto del Faoro (BELLINTANI *et alii* 2021b). General photo (a) and section drawing (b) (BELLINTANI *et alii* 2021b).



Fig. 19. Letto di arrostitimento US 134 da Luserna - Platz Von Motze (NICOLIS *et alii* 2021).

Fig. 19. Roasting bed SU 134 at Luserna - Platz Von Motze (NICOLIS *et alii* 2021).

Strutture in legno

Tracce consistenti di strutture in legno sono state portate alla luce a Vetriolo (cfr. *supra*), ad Acqua Fredda (cfr. *supra*) e a Segonzano P (BELLINTANI *et alii* 2021a). Si tratta di pali appuntiti, assi e grandi tavole, presumibilmente pertinenti a strutture in elevato (coperture, tettoie, recinzioni ecc.). In tutti gli altri siti oggetto di scavo sono presenti, tra le strutture negative, quelle generalmente interpretate come alloggiamenti di elementi lignei (buche di palo) che, tuttavia, non sono mai state riconosciute in raggruppamenti regolari, tali da poter ricostruire la planimetria dell'originaria struttura o almeno parte di essa.

Recinzioni

Negli scavi condotti da Preuschen a Vetriolo nel 1960, in particolare nel secondo sondaggio, quello eseguito all'estremità superiore dell'area della discarica di scarti di lavaggio, venne in luce una "primitiva struttura lignea" (PREUSCHEN 1962 figg. 3, 5). Si tratta di un allineamento di paletti lungo circa 6 m cui erano collegati perpendicolarmente e in posizione sia orizzontale che verticale, una serie di pali appuntiti parzialmente lavorati. Sulla base di analoghi rinvenimenti sul versante nord alpino, l'autore avanzò l'ipotesi di strutture di consolidamento dei cumuli non compatti del materiale della

discarica, che avevano lo scopo di proteggere dalle frane i siti di lavaggio ubicati più a valle.

Tale rinvenimento ha fornito una possibile interpretazione all'interfaccia sub-verticale (US 27) dello strato cumuliforme di sabbia di scorie (US 28) individuata nel Settore 1 degli scavi condotti a Segonzano P (settore 1 - fase 3), dove la graniglia, successivamente al degrado dell'originaria recinzione di contenimento, avrebbe mantenuto l'originario assetto grazie al concrezionamento della massa (Figg. 20a, b; BELLINTANI *et alii* 2021a). Anche nella successiva fase 4 sono stati rinvenuti indizi di probabili recinzioni di contenimento, ossia buche per palo ai margini dei principali accumuli di scorie.

Strutture formalmente simili sono venute alla luce anche ad Acqua Fredda: si tratta di tre gruppi di pochi elementi lignei in assetto ortogonale e alcune buche di palo collegate ad essi, presenti davanti ai forni, sia della prima che della seconda fase, ad una distanza inferiore al metro. Inoltre, all'interno di una di queste è stato ritrovato un ammasso di scorie grossolane e frammenti di rivestimento di forno. In questo caso è probabile che si tratti di strutture di servizio legate al funzionamento dei forni.

Bonifiche (?)

Lungo il margine SO del bacino idrico di Segonzano P, elementi lignei pertinenti alla prima fase del sito,



Fig. 20. Segonzano loc. Peciapian, Area A, Settore 1, Fase 3: a) evidenze di interfacce verticali nella sezione nord dell'accumulo di sabbia di scorie del Settore 1; b) ricostruzione ipotetica della struttura (BELLINTANI *et alii* 2021a).

Fig. 20. Segonzano loc. Peciapian, Zone A, Excavation area 1, phase 3: a) the shape of the slope of the slag sand deposit in the northern section of the slag heap might be indicative of gabions or walls to retain slag dumps; b) hypothetical reconstruction of the structure (BELLINTANI *et alii* 2021a).

come paletti e piccole travi (USSF 86-90), nonché resti iso-orientati di ramaglie (US 31), sembrerebbero potersi riferire a strutture di contenimento e/o di bonifica della sponda dell'area umida dedicata al lavaggio delle scorie da ri-processare, nonché a discarica delle parti inservibili (BELLINTANI *et alii* 2021a).

Strutture connesse ad impianti di laveria

Nella terza fase di Acqua Fredda doveva essere attiva una canaletta, foderata in legno, che deviava l'acqua dall'omonimo Rio (Figg. 21a, b). Secondo Cierny, la canaletta, sulla cui sponda destra è stata rinvenuta una macina, era collegata al processo di trattamento del minerale e/o della sabbia di scorie (CIERNY *et alii* 2004, p. 132; CIERNY 2008, p. 60, plan. 28, 29, 54).

Tettoie (?)

A Fierozzo VC, in fase e di fronte ai forni 1 e 2, sono state individuate alcune buche, profonde fino a 70 cm, di cui si può ipotizzare la funzione di sostegno per una copertura dell'area di lavoro (BELLINTANI *et alii* 2021c). Buche di palo sono attestate in molti siti fusori anche a nord delle Alpi (crf. più avanti paragrafo "Organizzazione dell'area delle lavorazioni").

Altre strutture lignee

Da Acqua Fredda provengono anche resti di tavole e altri elementi lignei che sono stati interpretati come sedili o passerelle su terreno umido (crf. *supra*).

Altre strutture murarie

Accanto alle strutture pirotecniche (forni, letti di arrostitimento e i cosiddetti "focolari") spesso si trovano i resti di strutture in muratura a secco, come ad esempio quelle della fase 2 di Acqua Fredda, in particolare le due murature parallele del settore VI che, a differenza di quella del settore I, non contengono forni, ma sembrano essere collegate all'attività dei focolari (crf. *supra*). Nel caso del muro individuato a S. Orsola LV (Figg. 22a-c; SILVESTRI *et alii* 2021) risulta invece abbastanza chiara la funzione di contenimento del versante per la creazione del pianoro su cui insistono i forni; tale funzione è stata prospettata anche per il lacerto di muro individuato a Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021) che, tuttavia, non sembra immediatamente collegabile alle strutture pirotecniche emerse dagli scavi.

Un possibile confronto viene da Rotholz (Austria (STAUDT *et alii* 2019, p. 288), discusso più avanti nel paragrafo "Organizzazione dell'area delle lavorazioni".

Strutture negative

Alcune grandi fosse, come quelle rinvenute a Luserna PvM (USSF 91, 90, 89, 88, NICOLIS *et alii* 2021) o ad Acqua Fredda (Fosse 1-3 del settore VI, crf. *supra*) di dimensioni variabili tra 110 e 240 cm di diametro

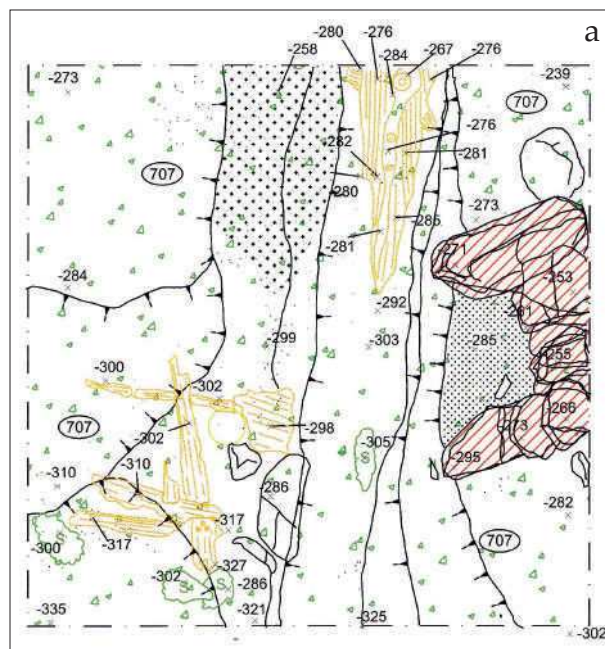


Fig. 21. Acqua Fredda al Passo di Redebus – Settore VII – Fase 3: canaletta con rivestimento in legno. Rilievo (a) e foto (b) (CIERNY 2008, taf. 19.1, plan 28B).

Fig. 21. Acqua Fredda at the Redebus Pass – Excavation area VII – phase 3: water channel with part of the wood still preserved. Drawing (a) and photo (b) (CIERNY 2008, taf. 19.1, plan 28B).

e profondità tra 40 e 160 cm e ricolme di pietrame, sono state considerate come pertinenti ad azioni di defunzionalizzazione e smantellamento di strutture produttive. È possibile anche che piccole fosse venissero scavate per prelevare materiale da costruzione.

Dimensioni minori (90 x 54 cm, prof. 50 cm) ha invece la fossa di S. Orsola LV, rinvenuta a poca distanza dal forno 1 (Fig. 22b). La struttura ha forma ovale e non presenta tracce di scottatura. Il riempimento è caratterizzato da: una fitta stesura di pezzi di grandi dimensioni di scorie grossolane; un riempimento di clasti di porfido e, a contatto con il fondo, una lente carboniosa. Il pozzetto sembra essere stato utilizzato come deposito di scorie grossolane deposte ordinatamente al suo interno e risulta obliterato dalla progressiva crescita del piano di calpestio circostante (US 8, SILVESTRI *et alii* 2021).

Simili strutture sono documentate anche a nord delle Alpi. Nel sito di Rotholz (STAUDT *et alii* 2019, pp. 287-289; STAUDT 2021) diversi pozzetti sono stati messi in relazione con un possibile trattamento delle scorie. Anche in TURCK 2019 sono citati 3 pozzetti in due diversi siti (Gruba I e Val Faller, p. 220). Molto interessante il fatto che per il terzo, n. 621 nel sito Gruba I, gli autori ipotizzano, dal momento che presenta tracce di esposizione al fuoco e contiene molti piccoli frammenti di quarzo (p. 213), che possa essere servito per processare quarzo da aggiungere come flussante (p. 223), come proposto per l'US 517 del sito trentino di Transacqua (BELLINTANI *et alii* 2021b).

KOCH WALDNER 2019 (p. 39) cita 4 pozzetti, 2 riempiti di scorie e 2 di pietre, ipotizzando, vista la posizione alle spalle dei forni, che fungano da rinforzo delle strutture.

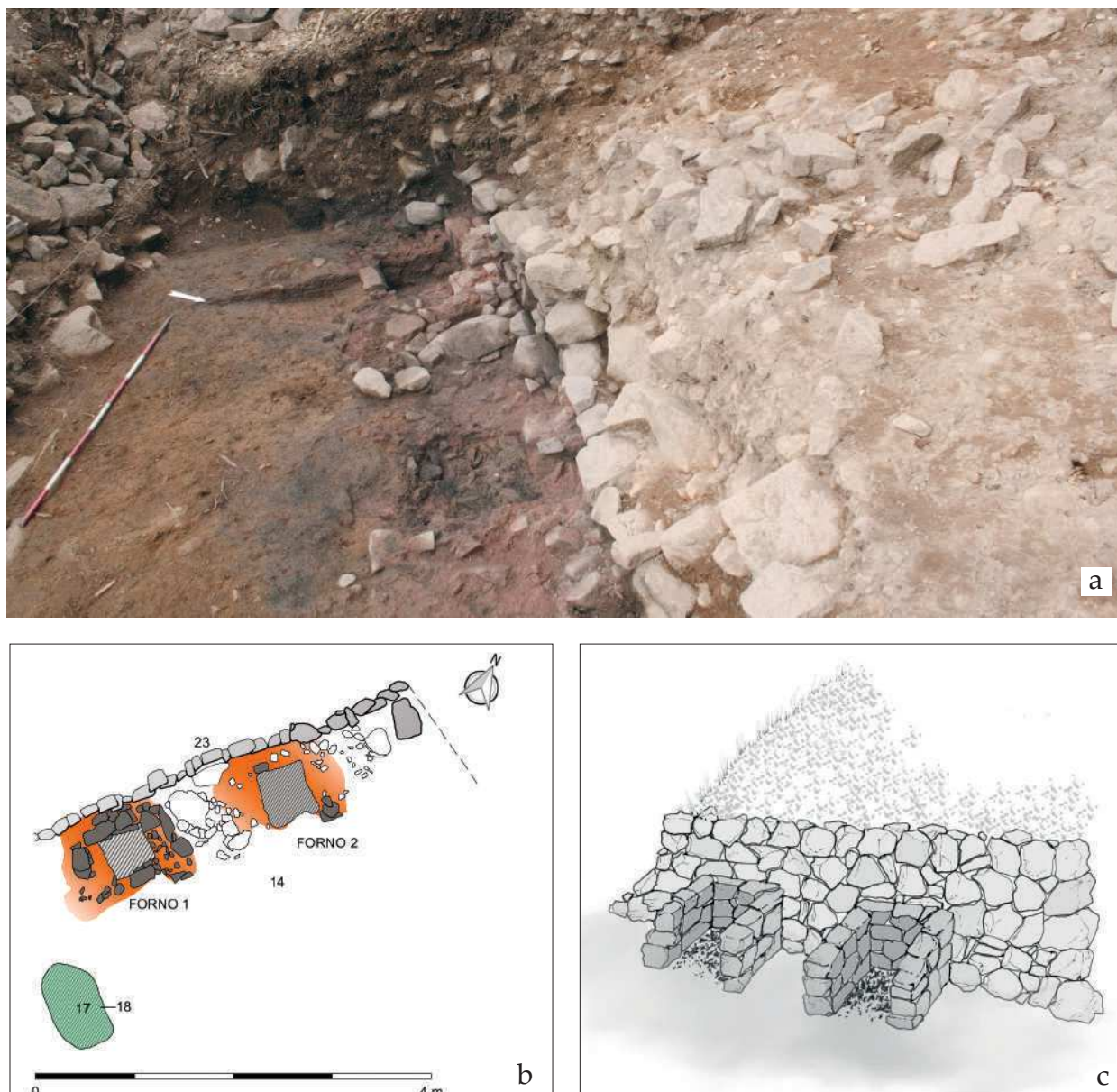


Fig. 22. S. Orsola Le Val: immagine dello scavo (a), planimetria (b) e ricostruzione grafica (c) dell'area dei forni con il muro di contenimento del versante (SILVESTRI *et alii* 2021). Grafica N.D.

Fig. 22. S. Orsola Le Val: general view of the excavation area (a), plan (b) and reconstruction (c) of the working surface with the furnaces, delimited uphill by a dry stone wall (SILVESTRI *et alii* 2021). Illustration by N.D.

Attrezzature mobili: incudini, percussori, macine

Un lavoro non ancora portato a compimento è quello della classificazione formale e funzionale degli attrezzi mobili legati alle lavorazioni della metallurgia primaria. Vale la pena, tuttavia, richiamare brevemente il primo (e anche unico) lavoro sulla tipologia di questi materiali in ambito trentino: quello proposto da Ernst Preuschen (1962; più in generale si veda ad esempio Stöllner *et alii* 2019b, figg. 2 e 20 per la metallurgia e Wright 1992 per la terminologia). Grazie allo studio degli strumenti, prevalentemente in “porfido” (vulcaniti permiane), venuti alla luce nello scavo delle aree di estrazione e lavaggio del minerale di Vetriolo, l'autore propose un loro inquadramento nell'ambito di due fasi di lavorazione del minerale, finalizzate all'ottenimento della maggior superficie possibile da esporre ai trattamenti termici. Alla frantumazione più grossolana, con produzione di frammenti di roccia superiori a 5 mm di spessore, sarebbero pertinenti incudini e incudinelle (da 20 a 60 cm di larg. max) caratterizzate dalla presenza, sulla superficie di lavoro, di coppelle create dalla percussione (Figg. 23a e 24a). Le pietre usate come percussori, di forma irregolarmente

tondeggiante, hanno un diametro attorno ai 5-10 cm (Fig. 23b). La frantumazione fine, per la produzione di granuli inferiori a 3 mm di spessore, avrebbe invece comportato l'utilizzo di vere e proprie macine, costituite da un elemento inferiore fisso, a superficie concava, e uno superiore mobile a superficie convessa. La superficie dell'elemento inferiore è caratterizzata dalla presenza di sottili scanalature parallele che ne aumenterebbero la mordenza nel processo di macinazione (Fig. 24b). Strumenti simili a quelli di Vetriolo, descritti da Preuschen, sono stati rinvenuti anche in molti siti fusori, in particolare incudini, percussori e macine a sella³⁴. Ad Acqua Fredda, oltre alla macina a sella a superficie liscia rinvenuta accanto alla canaletta artificiale probabilmente destinata al trattamento del minerale e/o delle scorie da riprocessare (cfr. *supra*), sono stati ritrovati diversi esemplari di incudini e percussori (CERNY 2008, tavv. 3-6) collegabili certamente al ri-processamento delle scorie grossolane (da cui la sabbia di scorie), senza escludere eventuali ulteriori trattamenti del minerale primario³⁵.

Rappresenta un *unicum*, al momento, il ritrovamento di una paletta in legno nella discarica di sabbia di scorie di Segonzano P, che trova confronto sia nei coevi contesti nord-alpini che in altre regioni minerarie, sempre nell'ambito delle fasi di lavaggio del minerale e/o delle scorie³⁶.

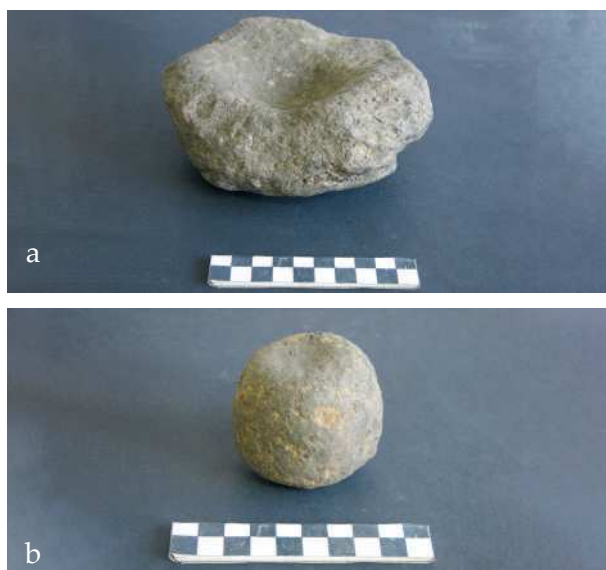


Fig. 23. a) piccola incudine in porfido a coppella singola e b). percussore in arenaria da Transacqua Pezhe Alte, US 303 (BELLINTANI *et alii* 2021b).

Fig. 23. a) small anvil stone made of porphyry and b) hand stone made of sandstone from Transacqua-Pezhe Alte, SU 303 (BELLINTANI *et alii* 2021b).

Fig. 24. a) incudine con sei coppelle (lung. max 31 cm) e b) frammento di macina rigata (lung. max 28 cm) da locc. ignote (Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina di San Michele all'Adige TN).

Fig. 24. a) anvil stone with 6 depressions (length max 31 cm) and b) fragment of a grindstone (length max 28 cm) from unknown localities (Museo degli Usi e Costumi della Gente Trentina di San Michele all'Adige TN).



³⁴ Non ancora chiarita è la differenza funzionale tra le macine a sella a superficie liscia e quella a superficie rigata.

³⁵ Tuttavia, nelle pubblicazioni relative ad Acqua Fredda non si fa mai menzione dell'eventuale rinvenimento di minerale.

³⁶ Per le specifiche si rimanda a: BELLINTANI *et alii* 2021a.

Scorie: tipologia, discariche e problemi aperti (ES, PB)

Le scorie

Basandosi sulle analisi chimiche soprattutto delle due principali classi di scorie, quelle grossolane (*Schlackenkuochen*) e quelle piatte (*Plattenschlacken*), a partire dall'ultimo decennio del secolo scorso sono state formulate diverse ipotesi relative alle fasi del processo che si riferiscono all'utilizzo dei forni³⁷.

La cosiddetta "sabbia di scorie" (*Schlackensand*), presente in un limitato numero di siti, è stata oggetto di un primo importante contributo grazie alle analisi condotte da Metten (2003) su campioni prelevati ad Acqua Fredda. Secondo l'autrice la sabbia sarebbe il residuo di operazioni di macinatura di scorie grossolane dal cui lavaggio sarebbero stato recuperato materiale da ri-processare (in particolare metallina).

Più recentemente il gruppo di ricerca afferente all'Università di Padova, diretto da Gilberto Artioli e Ivana Angelini, ha condotto indagini su scorie grossolane e piatte provenienti da Luserna PvM, Segonzano P e Transacqua PA. Per quanto riguarda il trattamento in forno, sono state distinte tre fasi (ADDIS *et alii* 2016). Nella prima (*slagging*/scorificazione) una carica composta da minerale arrostito e frantumi di quarzo (con funzione di fondente) sarebbe stata riscaldata a temperature superiori a 1200°C per produrre una metallina a basso contenuto di rame (Matte A); come residuo si avrebbe la scoria grossolana. La seconda fase (*matting*/produzione di metallina) vedrebbe la trasformazione della metallina A in composto a maggior contenuto di rame (metallina B) con produzione di scorie "massive", un tipo con caratteristiche intermedie tra quelle grossolane e quelle piatte. Nella terza fase (*smelting*/estrazione del rame) si avrebbe la produzione di rame grezzo, metallina e scorie piatte.

Anche secondo HANNING *et alii* 2015 i vari tipi di scorie sarebbero il risultato di più *steps* del processo, in particolare le scorie piatte sarebbero il risultato dell'ultimo passaggio, il raffinamento della *matte*, che potrebbe non avvenire in forno ma in una struttura aperta.

Con l'obiettivo di sistematizzare e implementare le informazioni relative ai diversi tipi di scorie rinvenuti nei siti trentini, tra il 2006 e il 2009 l'Ufficio beni archeologici di Trento ha effettuato un primo campionamento (2000 elementi registrati) finalizzato alla costituzione di un database per la classificazione morfologica, morfometrica e composizionale delle scorie³⁸. L'obiettivo principale dello studio, ancora in corso, verte sul riconoscimento di specifiche tipologie, sulla ricorrenza dei tipi nei diversi siti e infine sulle relazioni tra le caratteristiche macroscopiche dei manufatti e la loro composizione chimica. Attualmente sono stati distinti 4 tipi di scorie:

1. scorie grossolane (*Schlackenkuochen*, Fig. 25a);
 2. scorie piatte (*Plattenschlacken*, Fig. 25b) ossia sottili, con spessore compreso tra 0,2 e 0,8 cm, struttura omogenea e superfici che possono essere lisce, rugose o granulari; in alcuni casi possono avere spessore tra 1 e 1,2 cm, ma con le stesse caratteristiche del tipo precedente;
 3. scorie "massive" con spessore superiore a 1,8 cm e una densità più elevata nella parte interna (Fig. 25c);
 4. "sabbia di scorie" (Fig. 25d), composta da piccoli frammenti (granulometria 1 - 3 mm) ottenuti dalla macinatura di altri tipi di scoria. Il termine "sabbia" viene mantenuto in quanto tradizionale, ma non è del tutto corretto dal punto di vista della granulometria e in quanto non di origine naturale.
- Per quanto riguarda le indagini di caratterizzazione composizionale, nell'ambito della già citata ricerca di dottorato in corso presso l'università di Bochum, sono state effettuate analisi di scorie piatte, considerate un caratteristico correlato dei processi di estrazione del rame della tarda età del Bronzo della regione sud-alpina. Nel progetto in esame è stata analizzata la composizione chimica e mineralogica di circa un centinaio di campioni di scorie, raccolti da 10 diversi siti fusori, in parte provenienti da scavi regolari e in parte da ricognizioni di superficie³⁹.

In sintesi, all'attuale stato della ricerca è possibile affermare che:

- le scorie piatte derivano da un raffreddamento di materiale processato al di sopra di una massa liquida, poiché presentano, nella maggior parte

³⁷ Cfr nota 9.

³⁸ Il database, elaborato in collaborazione con Livia Stefan, è inedito; ad oggi è stata pubblicata solo una breve nota in BELLINTANI *et alii* 2010. Si è proceduto, in primo luogo, alla definizione di un dizionario terminologico, dato che nella letteratura archeometallurgica la terminologia utilizzata non è ancora omogenea e condivisa (cfr. REITMAIER-NAEF 2019). I campi del database comprendono le seguenti voci: dimensioni, caratteristiche delle facce, (per le scorie piatte), peso, presenza e tipo di bordo, presenza/assenza di inclusioni di quarzo, diametro massimo delle inclusioni, impronte di carbone, inclusione di frammenti di minerale non reagito e/o di altri frammenti di scorie.

³⁹ I siti da cui sono stati selezionati i campioni sono: Segonzano P, Transacqua AdF, Fierozzo VC, Luserna PvM, Malga Millegrobbe, Pinè lago delle Piazze, Malga Pontara, Malga Regnana, Malga Laghetto, Passo Vezzena sud. In particolare sono state esaminate 20 sezioni sottili mediante microscopia ottica e microscopia elettronica a scansione (SEM) per stabilire la struttura delle scorie, nonché la presenza, la forma e le dimensioni delle inclusioni di solfuri. Il microscopio SEM con EDX è stato usato per analizzare la composizione delle scorie mediante la scansione di varie sotto-aree nella matrice, la composizione delle inclusioni e la presenza di fasi di ossidazione sulle superfici per determinare la posizione della scoria al momento del raffreddamento. Infine, una scoria grossolana, intera e con un diametro di 20 cm, è stata sezionata trasversalmente per permettere l'analisi, mediante XRF portatile, di oltre un centinaio di punti della parte interna, evitando le inclusioni e bersagliando la matrice, per un confronto con le scorie piatte.

dei casi, superfici lisce o increspate su entrambe le facce. In altri casi una delle superfici (mai entrambe) mostra chiaramente che la scoria si è raffreddata su una superficie irregolare e granulare, probabilmente il terreno. L'analisi della morfologia dei frammenti dimostra che la forma originale era circolare, spesso a bordi arrotondati. Le scorie piatte sono composte principalmente da fayalite (ortosilicato di ferro del gruppo delle olivine - Fe_2SiO_4), il che indica che sono state originate ad una temperatura intorno a 1150 - 1200 ° C. Le scorie piatte sembrano avere una composizione eutettica ideale, con uno spessore medio di 0,5 cm e raramente contengono inclusioni macroscopicamente visibili;

- le scorie grossolane sono molto più disomogenee rispetto a quelle piatte e contengono più inclusioni di quarzo, carbone e minerali non reagiti. Potrebbero essere interpretate come materiali parzialmente liquefatti ("scorie immature") composti da inclusi di varia natura e aree interamente liquefatte, costituite principalmente da fayalite con inclusioni di solfuri (Cu-Fe). Quest'ultime aree sono apparentemente non molto diverse dalla matrice delle scorie piatte. E' possibile ipotizzare che queste scorie si formassero e raffreddassero lentamente dentro il forno fusorio;
- la "sabbia di scorie" è composta da piccoli frammenti di scoria (granulometria 1 - 3 mm). Alcuni dei granuli sono composti da fayalite, ma nella maggior parte dei casi si tratta di quarzo.

Anche la "sabbia di scorie", come le scorie piatte, si trova solo nei siti fusori del tardo Bronzo. Deriva da scorie (probabilmente grossolane, come ricostruito sperimentalmente degli scriventi) frantumate, macinate e successivamente sottoposte a lavaggio, al fine di separare e raccogliere minerale non reagito, metallina e gocce di rame rimasti nella scoria.

Non chiarita rimane la questione della presenza della "sabbia di scorie" solo in un ridotto numero di casi (9% dei siti censiti).

L'ipotesi di un processo produttivo parzialmente diverso è stata avanzata sulla base delle differenze composizionali delle scorie grossolane e piatte dei siti di Transacqua PA, Luserna PvM e Segonzano P (Addis *et alii* 2017). Secondo questo studio, l'efficienza del processo di Transacqua PA e, sebbene in minor misura, di Luserna PvM, sarebbe stata decisamente superiore a quella dei siti caratterizzati dai grandi depositi di sabbia di scorie (nel caso in esame: Segonzano P) dove, al contrario, sarebbe stato necessario riprocessare le scorie grossolane, poiché contenenti quantità significative di solfuri di rame (Addis *et alii* 2017, pp. 997-998).

In alternativa, si potrebbe pensare che la mancanza di bacini di cattura (le aree umide) di questo materiale fine e la sua conseguente dispersione lungo il ver-

sante ne abbiano impedito l'individuazione⁴⁰ o, più semplicemente, che tali depositi non siano ancora stati individuati (come ipotizzato per Luserna PvM).

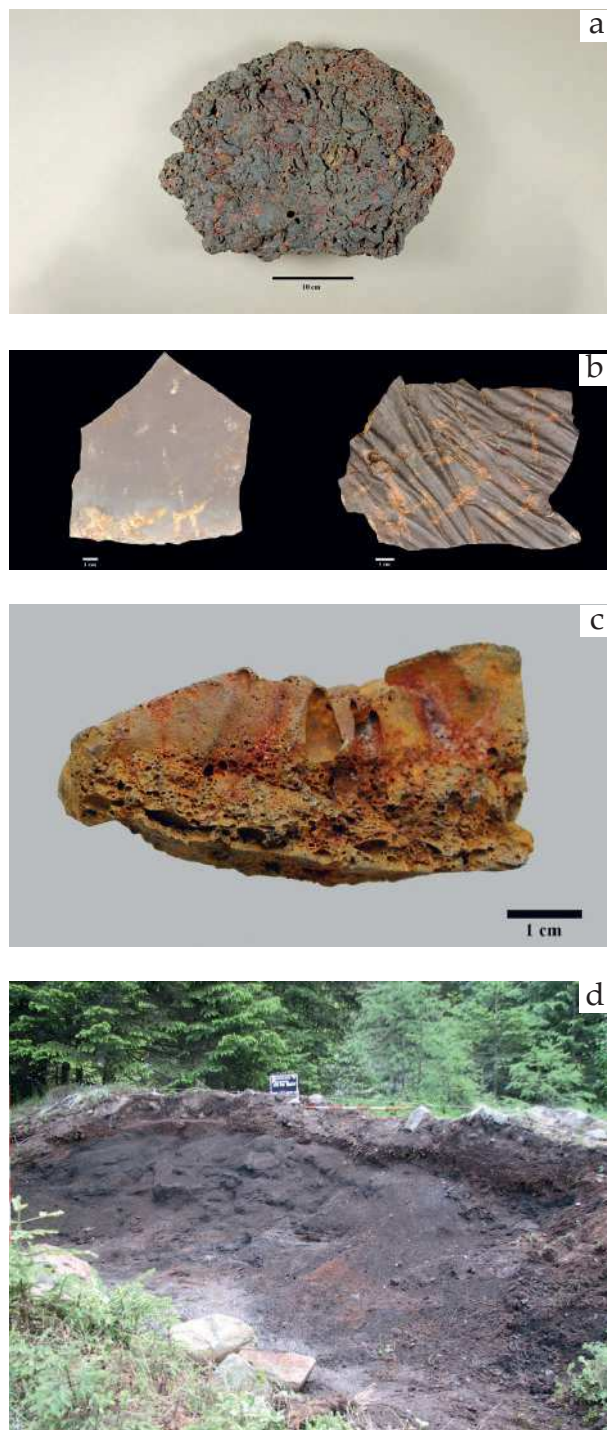


Fig. 25. Esempi di scoria grossolana (a), scoria piatta (b), massiva (c) e accumulo di sabbia di scorie (d) da Segonzano Peciapian (BELLINTANI *et alii* 2021a).

Fig. 25. Examples of coarse slag (Schlackenkuchen) (a), plate slag (Plattenschlacke) (b), massive slag (c) and "slag sand" or ground slags (d) from Segonzano Peciapian (BELLINTANI *et alii* 2021a).

⁴⁰ Il versante su cui si colloca la discarica di Luserna PvM è particolarmente ripido ed è difficile pensare che la sabbia di scorie possa essersi accumulata lungo il pendio.

Discariche di fonderia e altre concentrazioni di scorie

Già nelle prime indagini di Preuschen e poi di Šebesta, si trovano spesso riferimenti a “discariche”, intese però come discariche di miniera o di laveria, ossia accumuli di materiale di risulta dell'attività estrattiva e/o di officine di arricchimento del minerale.

L'unica discarica collegata a un sito fusorio di cui si ha qualche notizia precedentemente alle indagini sistematiche effettuate ad Acqua Fredda, è la discarica di Terrebis di Frassilongo in Val dei Mocheni (ŠEBESTA 1992, p. 150-153; fig. 306)⁴¹. L'autore individuò un'area (Fig. 26), su versante, lunga 79,9 m con larghezza variabile tra 15 e 19 m, dalla cui superficie vennero recuperate 15 “incudinelle” in “porfido” (ŠEBESTA 1992, fig. 305) e “macinelli” (percussori); nei tre sondaggi eseguiti in corrispondenza della parte alta della discarica vennero in luce anche scorie di tipo grossolano, piatto e sabbia di scorie. A lato della discarica, presso la traccia di un piccolo torrente, furono individuati anche 5 “levigatoi” (macine), un contesto pertanto simile a quello della canaletta artificiale (con macina rinvenuta sul margine destro della stessa) di Acqua Fredda – settore VII.

La discarica di Terrebis sembrerebbe richiamare, almeno per forma e dimensioni, quella di Fierozzo VC dove preliminari indagini di tutela⁴² hanno permesso di individuare la presenza di una (o due) discariche, costituite da scorie piatte, grossolane e sabbia di scorie, lungo il versante e a valle degli impianti fusori⁴³ (Fig. 27).

Nel caso di Luserna PvM⁴⁴, solo due limitati sondaggi sono stati eseguiti lungo il versante a valle del pianoro dove sono collocate le strutture pirotecologiche. Il sondaggio VIII (CIERNY 2008, plan. 41) documenta un imponente deposito archeologico di oltre due metri di spessore, con una sequenza di almeno cinque strati costituiti da scorie grossolane e piatte, con diversa frequenza da un'unità stratigrafica all'altra⁴⁵. La mancanza, in tale sequenza, di strati di sabbia di scorie potrebbe essere dovuta semplicemente al fatto che il deposito non è stato

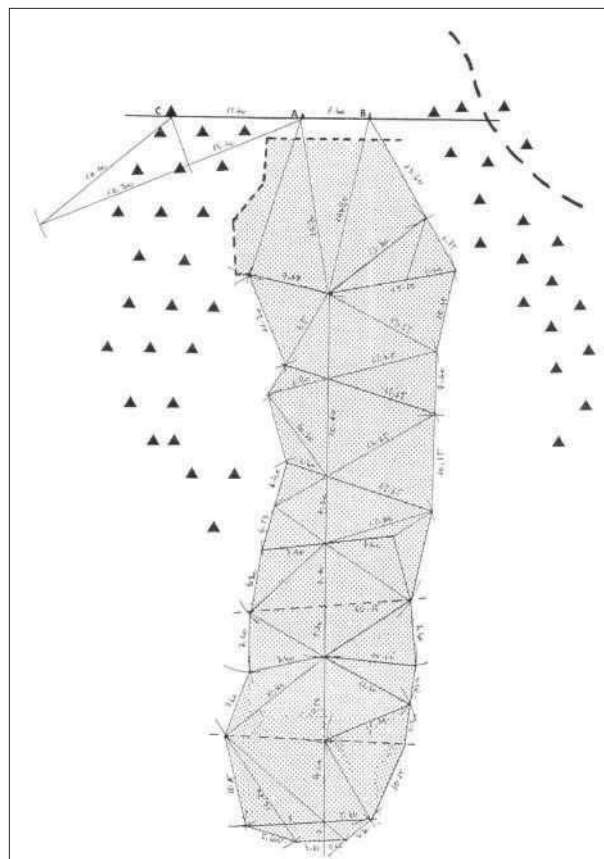


Fig. 26. La discarica di Terrebis (da ŠEBESTA 1992, fig. 306).
Fig. 26. The slag dump at Terrebis (from ŠEBESTA 1992, fig. 306).

qui scavato fino alla base e/o alla collocazione di questo tipo di scorie più a valle, dato che il limite della discarica non è stato individuato. A tal proposito va però considerato il caso di Transacqua PA, dove è stata individuata ed esattamente perimetrata una discarica di scorie di fusione dei tipi piatto e, in minor misura, grossolano, priva di concentrazioni rilevabili di “sabbia di scorie” (Fig. 28).

Apparentemente diverse sono le discariche di Acqua Fredda (cfr. *supra*) e Segonzano P (BELLINTANI *et alii* 2021a). In entrambi i casi la parte inferiore, in senso altimetrico, dell'areale interessato dai depositi di discarica, è caratterizzata dalla presenza di notevoli quantità di “sabbia di scorie”, con stra-

⁴¹ La discarica di Frassilongo, loc. Terrebis dovrebbe trovarsi in prossimità di uno dei siti di estrazione mineraria citati da Preuschen (1973, p. 125). Šebesta (1992, pp. 150-151) individua qui evidenti tracce di processamento termico del minerale (Cfr *infra*), ossia indizi di un sito fusorio. Tuttavia, dalle scarse notizie fornite dall'autore, non è chiaro se oltre che all'attività fusoria la discarica non sia da riferire anche ad attività mineraria: l'unico cenno alle componenti primarie della discarica parla di “ganga e sabbia di scorie” (ŠEBESTA 1992, p. 151).

⁴² Cfr BELLINTANI *et alii* 2021c.

⁴³ Non è chiaro se si tratti di un'unica discarica di oltre 200 m di lunghezza o di due (110 e 70 m rispettivamente, con larghezza variabile da 10 a 30 m). Tuttavia anche per Fierozzo VC mancano dati sulla stratificazione del deposito.

⁴⁴ PREUSCHEN 1965; CIERNY 2008, pp. 214-215, plan 36-48.

⁴⁵ È interessante notare la coincidenza tra quanto espresso da Preuschen negli anni '60 e le inferenze derivate dalle analisi delle scorie eseguite oltre 40 anni dopo dall'Università di Padova. Preuschen (1965), di fronte all'inusuale quantità di scorie piatte (derivanti dal processamento della metallina) che caratterizza il deposito nel suo complesso, avanzò l'ipotesi che qui si lavorassero anche metalline prodotte altrove. Analogamente, il gruppo di ricerca dell'Università di Padova ha osservato che il segnale isotopico registrato dalle scorie di Luserna coincide in larga misura con quello dei giacimenti della Valsugana (Calceranica) ma è più esteso e di ciò potrebbe essere causa sia la presenza di minerale da giacimenti superficiali scomparsi, sia il parziale utilizzo di minerale proveniente da altre mineralizzazioni come quelle della Val dei Mocheni (ANGELINI *et alii* 2015, p. 275).

tificazioni tabulari che, nel caso di Acqua Fredda, superano i due metri di spessore.

A differenza della sabbia di scorie, le scorie grossolane e quelle piatte sono apparentemente presenti tanto nell'area delle strutture quanto nelle discariche a valle delle stesse.

A Segonzano nell'area della discarica di "sabbia di scorie" le scorie degli altri tipi sono presenti ma comunque in misura molto minoritaria rispetto alla sabbia. Per quanto riguarda le scorie piatte, emblematico è il caso di Luserna PvM, dove la maggior parte dell'area indagata con scavo⁴⁶ è interessata, appena al di sotto dei livelli più superficiali, da un vasto deposito di scorie (US 65) di spessore variabile, che può raggiungere i 40 cm. Nel contempo, come si è detto, potenti strati a scorie piatte sono stati rinvenuti anche nella discarica a valle degli



Fig. 27. Discariche di scorie da Fierozzo Valcava, al centro dell'immagine (BELLINTANI *et alii* 2021c).

Fig. 27. Slag heaps at Fierozzo Valcava (central part of the photo, BELLINTANI *et alii* 2021c).

impianti piro-tecnologici. Ad Acqua Fredda ne sono segnalati due piccoli accumuli (dai 20 ai 40 cm di spessore) in corrispondenza dei margini occidentale e orientale del muro di contenimento dei forni di seconda fase (CIERNY 2008, plan. 2, 3, 4, 6) e loro presenza è segnalata anche nella sottostante discarica, in un momento successivo ai depositi di sabbia di scorie. Le scorie piatte potevano inoltre essere riutilizzate sia all'interno del processo fusorio, come indica la loro presenza all'interno delle scorie grossolane, sia nell'approntamento di strutture produttive, come il fondo del letto di arrostitimento di Transacqua – Acquedotto del Faoro.

Anche le scorie grossolane si rinvenivano tanto presso le strutture fusorie quanto nelle discariche e il loro riciclaggio, per ricavarne materiale da riprocessare, sembra essere la principale causa della formazione dei depositi di sabbia di scorie. Le scorie grossolane sono anche servite come materiale da costruzione per i forni a Luserna PvM (dove i lito-tipi termoresistenti, come vulcaniti e metamorfiti, sono pressoché assenti) e, in misura più contenuta, ad Acqua Fredda; sempre a Luserna PvM numerose scorie grossolane intere sono state rinvenute raggruppate su file ravvicinate e parallele (US 48, NICOLIS *et alii* 2021), possibile modalità di stoccaggio prima del loro riutilizzo.

Infine, solo in due casi è stata calcolata la quantità di scorie prodotte sulla base di una valutazione del loro volume e peso specifico: Acqua Fredda (800-1000 oppure 1000-1500 t di sabbia di scorie, cfr. *supra*) e Transacqua PA (tra 100 e 200 t di scorie piatte)⁴⁷.



Fig. 28. Discarica di scorie da Transacqua Pezhe Alte (sezione del deposito, BELLINTANI *et alii* 2021b).

Fig. 28. Slag heap at Transacqua Pezhe Alte (cross-section, BELLINTANI *et alii* 2021b).

⁴⁶ In particolare i settori B e C degli scavi Nicolis (Cfr. NICOLIS *et alii* 2021).

⁴⁷ Altro caso in cui è stata proposta una stima del quantitativo di scorie prodotte è quello di Roncigno – Malga Castello 1 (CIERNY 2008, pp. 161-162). Si tratterebbe di 80-100 t di sabbia di scorie disperse su di una superficie di ca 220 m². Non è chiaro tuttavia, se una superficie così limitata sia realmente rappresentativa dell'intero sito.

Forma e organizzazione interna dei siti (PB, ES)

Caratteristiche generali

Per quanto riguarda l'estensione e l'organizzazione delle strutture e degli spazi all'interno dei siti connessi alla metallurgia primaria protostorica trentina, dobbiamo di necessità concentrarci solo sui cosiddetti siti fusori, per i quali i dati principali sono stati raccolti nella Tab. 1⁴⁸ dato che, come si è detto, ben poco sappiamo delle miniere e delle officine di arricchimento del minerale⁴⁹.

Anche nel caso dei siti fusori, tuttavia, i complessi scavati estensivamente non sono molti e in nessun caso è possibile affermare con certezza che tutte le principali componenti di un sito fusorio siano state indagate. In altri termini quelli che sembrerebbero essere gli insiemi strutturali fondamentali e caratteristici di queste officine, ossia: letti di arrostitimento, forni, impianti per il trattamento di altre materie prime o per il riciclaggio di prodotti secondari e infine le discariche di scorie, non sono mai stati messi in luce tutti nello stesso sito. Altro elemento fondamentale per una corretta interpretazione dei dati è quello dell'esatta definizione della cronologia dei siti: solo nel caso di Acqua Fredda abbiamo una precisa suddivisione in fasi del deposito archeologico indagato, con datazioni su base crono-tipologica e radiometrica. Detto questo, vale comunque la pena tentare alcune considerazioni di tipo comparativo sui casi oggetto di scavo.

L'estensione massima a oggi registrata per un sito fusorio è quella di Segonzano P (Area A), che si stima attorno a 5200 m², cui seguono Acqua Fredda e Fierozzo VC (tra 2500 e 3000 m² ca.) Luserna PvM (1850 m² ca.)⁵⁰ e infine Transacqua PA e Terrebis (tra 1000 e 1500 m² ca.).

Va però precisato che tali superfici non sono immediatamente comparabili tra loro. Solo a Segonzano P. e a Transacqua PA sono state condotte indagini mirate a perimetrare e sondare in profondità l'originario areale occupato dai depositi archeologici. Tuttavia, ciò ci consente di affermare che esistono siti fusori di dimensioni considerevolmente diverse, ossia fino a 4-5 volte superiori l'uno rispetto all'altro, ma non sappiamo quanto questa

osservazione sia estendibile agli altri siti. In altri casi, infatti, è molto probabile che l'area esplorata non corrisponda del tutto all'originario sito, o perché parzialmente distrutto (Acqua Fredda)⁵¹ o perché non interamente indagato.

Un'altra questione aperta, collegata a quella della diversa estensione dei siti, è quella relativa alla reiterazione del ciclo produttivo. Vi sono numerosi indizi che fanno pensare a un susseguirsi (presumibilmente stagionale) di fasi di attività e alla conseguente ricostruzione delle strutture o loro traslazione in aree diverse dello stesso sito. L'esempio più chiaro viene dall'area degli impianti fusori di Acqua Fredda (settori I e VI), dove sono state accertate non solo 3 distinte fasi cronologiche, ma anche una diversa dislocazione dei forni dalla prima alla seconda. Inoltre, è costante la presenza di residui di lavorazioni (scorie) a copertura delle strutture produttive individuate nei vari siti esaminati⁵², presenza che presuppone l'attività di forni più recenti in aree non indagate e poste presumibilmente più a monte (e rende difficile l'utilizzo di prospezioni non invasive). A ciò si aggiunga che le sequenze stratigrafiche dei depositi di sabbia di scorie di Acqua Fredda e di Segonzano P indicano una discontinuità nell'utilizzo delle aree di scarico, con serie di livelli di sabbia pura cui succedono, alla fine della sequenza, strati composti anche da altri tipi di scoria, carbone, pietrame e frammenti di intonaco termo-alterato. Si potrebbe pensare, pertanto, che i siti di maggiori dimensioni corrispondano a quelli che, per varie ragioni (disponibilità di combustibile, prossimità a zone di pascolo, ecc.), sono stati frequentati più a lungo e nei quali la successione degli impianti produttivi e dei residui delle lavorazioni, parzialmente sovrapposti o traslati all'interno dello stesso sito, hanno formato l'articolato e complesso palinsesto che gli scavi hanno portato alla luce. Non è da escludere, tuttavia, che anche diverse modalità del ciclo produttivo possano aver influito su questo aspetto, come nel caso, più sopra discusso, della formazione degli estesi depositi di sabbia di scorie.

Infine, nell'ambito delle indagini sui siti fusori non è mai emerso nulla che possa essere messo chiaramente in relazione con le fasi preliminari di

⁴⁸ Oltre ai siti indagati con scavo stratigrafico adeguatamente documentato, sono state prese in considerazione anche le informazioni riportate da Giuseppe Šebesta sul contesto di Frassilongo – Terrebis per il quale, tuttavia, la documentazione pubblicata è piuttosto carente.

⁴⁹ Si veda il caso già discusso di Vetriolo (*supra*).

⁵⁰ Le ricerche eseguite a Luserna PvM dai primi anni '60 del secolo scorso ad oggi hanno permesso di esplorare ca. 800 m² del sito con scavo stratigrafico, in particolare grazie alle recenti indagini dirette da Franco Nicolis. L'area occupata dalle strutture pirotecnologiche risulta di ca. 1250 m². Più a valle una discarica di scorie piatte e grossolane è stimata in ca. 600 m², per un totale di ca. 1850 m² di area interessata da depositi archeologici (Cfr. CIERNY 2008, Plan 36 e NICOLIS *et alii* 2021). Si deve comunque tener conto del fatto che le indagini sulla discarica non possono dirsi esaustive, non essendo stato precisamente individuato il limite inferiore (a valle) del deposito.

⁵¹ Come si è detto, ad Acqua Fredda una parte del deposito relativo all'area degli impianti fusori è stata asportata dai lavori stradali che ne permisero la scoperta. Sempre a questo proposito, vale la pena notare che la discarica di Acqua Fredda presenta un andamento allungato ben oltre il fronte delle batterie di forni messe in luce dagli scavi, indizio della possibile presenza di altre strutture fusorie a nord-ovest dell'area dei principali scavi (settori I e VI).

⁵² Esempi di ciò sono gli strati di sabbia di scorie della fase 3 di Acqua Fredda (cfr. *supra*) e di Fierozzo VC (BELLINTANI *et alii* 2021c), o gli strati di scorie piatte a copertura dei forni di Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021) e di S. Orsola LV (SILVESTRI *et alii* 2021).

trattamento del minerale, il cosiddetto “arricchimento”⁵³. Pertanto, è al momento più sostenibile l'ipotesi che ai siti fusori giungesse il minerale già “arricchito”, ossia separato dalla ganga⁵⁴. Ciò vale in particolare per gli impianti lontani dalle aree minerarie come quelli degli Altopiani di Lavarone e Luserna, distanti dai 15 ai 25 km ca dall'area mineraria nota più vicina (Calceranica), con un dislivello da superare di circa 900 m⁵⁵.

Organizzazione dell'area delle lavorazioni

Per quanto riguarda l'organizzazione degli spazi adibiti alle strutture piro-tecnologiche, di norma ubicate su piccoli pianori naturali e/o terrazzamenti artificiali ricavati sul versante, i casi di Acqua Fredda e Luserna PvM offrono attualmente la migliore documentazione. Tuttavia, mentre il caso di Acqua Fredda è ben noto nella letteratura di settore (Fig. 12), quello di Luserna è stato chiarito solo dalle più recenti indagini (NICOLIS *et alii* 2021). A Luserna PvM (Fig. 29) sono stati portati alla luce una serie di 5 forni allineati cui corrisponde, a 3-4 m metri di distanza, un parallelo allineamento di 4 letti di arrostitimento. Le strutture della parte nord del settore di scavo B (qq B-C/9-12) sembrano definire “unità di lavoro” costituite da una coppia di forni e da un letto di arrostitimento, posti gli uni di fronte all'altro, come frequentemente documentato nei distretti minerari nord-alpini a partire dalla media età del Bronzo (KRAUS *et alii* 2015, p. 301). Alcuni esempi di forni a coppia con un lato adiacente e letto di arrostitimento nelle vicinanze provengono dalla zona di Jochberg/Kitzbühel (sito WH/SP5 datato al XV secolo a.C., KOCH WALDNER 2019 pp. 39-40; sito WH/SP 1, GOLDENBERG 2004). Anche nel distretto di Eisenerzer Ramsau (KLEMM 2015, pp. 197-198) i forni si presentano a coppie con un lato in comune e letti di arrostitimento immediatamente a monte, sebbene la tecnica costruttiva sia differente.

La struttura dei forni “in coppia” è attestata in Trentino anche a Fierozzo VC e non è da escludere che anche i forni 1 e 2 della prima fase di Acqua Fredda possano essere stati parte di originarie strutture in muratura di questo tipo. Rispetto alla singola struttura, la presenza di un secondo forno con un

lato condiviso o a contatto, potrebbe essere stata più funzionale sotto vari aspetti: la maggiore stabilità dell'apparato murario; il (necessario) preriscaldamento del secondo forno indotto dall'attività del primo; la possibilità di caricare e attivare una seconda struttura, mentre la prima è lasciata ad un lento raffreddamento, senza interrompere troppo a lungo l'attività. In parte tali osservazioni possono valere anche per i forni non a contatto (come nel caso di S. Orsola Le Val) che comunque dimostrano come il “modello” non fosse particolarmente rigido, in funzione delle condizioni ambientali o di altra natura.

Il fatto che ad Acqua Fredda siano presenti un gruppo di 5 elementi per la fase 1 e un gruppo di 4 per la fase 2 (la batteria a monoblocco) potrebbe essere indice di specifici insiemi funzionali sulla cui natura non possiamo ancora esprimerci. In altri termini non è chiaro se questi insiemi di strutture fusorie, organizzati in coppie (come a Luserna PvM, Fierozzo e forse Acqua Fredda - fase 1) o in gruppi di 4-5 elementi (batteria a monoblocco di Acqua Fredda - fase 2 e probabile batteria di Favogna/Fennhals), abbiano funzionato contemporaneamente, alternativamente o in successione, ossia se il numero dei forni fosse in relazione ai diversi passaggi del processo di *smelting* o non piuttosto alla necessità di rimpiazzare strutture che si degradavano dopo pochi cicli di lavorazione. Analoghe considerazioni sono state espresse anche nel caso della batteria di 4 forni portati alla luce nel sito fusorio di Rotholz (Fig. 30), nel nord Tirolo, dove anche le datazioni radiometriche confermano la pertinenza delle strutture alla medesima fase⁵⁶. A Luserna PvM i depositi carboniosi (US 84) conseguenti all'attività del letto di arrostitimento US 51 coprono parzialmente il vicino letto di arrostitimento US 177 e sono pertanto immediatamente successivi ad esso (NICOLIS *et alii* 2021). In questo caso si potrebbe pensare ad una successione di unità di lavoro (letto di arrostitimento e coppia di forni) ma non è chiaro se nell'ambito di una stessa attività stagionale, oppure in momenti diversi.

Sempre da Rotholz viene un confronto per le strutture murarie a secco individuate ad Acqua Fredda, S. Orsola e Luserna PvM. Anche per il sito austriaco sono state espresse diverse ipotesi sulla funzione: muro di contenimento del versante o resti di strut-

⁵³ Solo nel caso di Acqua Fredda, come già detto, è stato ipotizzato che gli impianti destinati al trattamento delle scorie grossolane potessero aver lavorato anche il minerale (CIERNY *et alii* 2004, p. 132), ma tale assunto non viene ulteriormente giustificato.

⁵⁴ Secondo Preuschen e Eibner (cit. in STÖLLNER 2019b, p. 170), che condussero le prime indagini sistematiche nella discarica mineraria di Troiboden (Mitterberg – Austria; XV-XIII sec. a.C.) alla fine degli anni '60 del secolo scorso, il minerale “povero” (*chatty ore*) sarebbe stato trattato fino alla frantumazione fine, mentre le parti di minerale più ricche erano ridotte in pezzi della grandezza di una nocciola e mandati direttamente agli impianti fusori.

⁵⁵ Calceranica è il giacimento proposto come luogo di provenienza del minerale lavorato a Luserna PvM sulla base dell'analisi dei rapporti isotopici del piombo (ARTIOLI *et alii* 2016). Le distanze sono calcolate sulla base della viabilità attuale, ma sono coerenti con diversi percorsi di accesso agli altopiani ipotizzabili per l'età del Bronzo.

⁵⁶ Le datazioni radiometriche eseguite sono largamente sovrapponibili per le prime 3 strutture (Forno 1: 2916 ± 24 BP MAMS 29931, cal. BC 1207 – 1024, 2σ; Forno 2: 2936 ± 22 BP MAMS 29932, cal. BC 1213 – 1054, 2σ; Forno 3: 2939 ± 22 BP MAMS 29933, cal. BC 1215 – 1055, 2σ); il quarto forno potrebbe essere anche più antico, ma la sua datazione non è comunque incoerente con le prime tre (2994 ± 22 BP MAMS 29934, cal. BC 1367 – 1127, 2σ) (STAUDT *et alii* 2019, pp. 285-286).

tura connessa al trattamento del minerale e/o delle scorie (STAUDT *et alii* 2019, pp. 288-289)⁵⁷.

L'area delle lavorazioni potrebbe essere stata coperta da tettoie. E' ipotizzabile sulla base di buche di palo profonde e/o con inzeppature rinvenute a Fierozzo VC⁵⁸ e a Rotholz (STAUDT *et alii* 2019, p. 287) dove gli autori suggeriscono anche un confronto etnografico con le coperture presenti nei tradizionali impianti fusori nepalesi. Anche in TOURK (2019, p. 213; sito Gruba I) viene ipotizzata la presenza di una copertura sulla base di 3 buche di palo nella zona di lavorazione.

Altre strutture lignee rinvenute sempre nell'area dei forni (ad es. ad Acqua Fredda) non sono facilmente interpretabili, se non legandole funzionalmente ai forni stessi (cfr *infra*).

Periodicamente l'area di lavoro doveva essere ripristinata, probabilmente a seguito del collasso dei forni e/o di altre strutture in muratura, i cui resti smantellati venivano gettati in grandi fosse, come quelle documentate ad Acqua Fredda e a Luserna PvM⁵⁹.

Il riprocessamento delle scorie: dalla laveria alla discarica

Uno specifico segmento nella produzione del rame è quello del riciclaggio delle scorie grossolane che è attualmente attestato in una ventina di casi in ambito trentino, tra cui quelli di Acqua Fredda e a Segonzano P. Grazie alle indagini su questi due complessi e al confronto con alcuni siti fusori nord-alpini è possibile definire, in linea di massima, l'organizzazione degli spazi e le caratteristiche delle strutture dedicate.

Il riprocessamento può essere distinto in tre principali attività: recupero delle parti riciclabili delle scorie grossolane (comprensivo di frantumazione, macinatura, lavaggio e stoccaggio); trattamento termico del materiale riciclabile; discarica del rifiuto (nel senso di smaltimento e deposito permanente in area dedicata). Le prime due azioni dovevano avvenire nell'area delle lavorazioni o in prossimità di essa, mentre la discarica si trovava più a valle. Come

si è già detto, solo ad Acqua Fredda sono state portate alla luce strutture pertinenti con buona probabilità a un impianto di laveria delle scorie grossolane macinate: una canaletta foderata in assi di legno, associata a una macina (settori VI, VII e VIII; Fig. 21). In ambito sud-alpino altre tracce di strutture forse riconducibili a impianti di macinatura e lavaggio delle scorie sono presenti a Terrebis (ŠEBESTA 1992, p. 153, fig. 308) e nell'area archeologica della palude di Lodner (Renon – Alto Adige, MARZATICO *et alii* 2010). In quest'ultimo caso sono stati rinvenuti resti lignei datati radiometricamente tra X e IX secolo a.C., analogamente alla fase 3 di Acqua Fredda, cui appartengono le strutture su menzionate⁶⁰.

Strutture di laveria delle scorie sono presenti anche nei distretti minerari del Nord Tirolo e in particolare: nel sito fusorio WH/SP 4 di Kitzbühel, datato tra XIV e XIII sec. a.C., dove sono state portate alla luce due canalette parallele e una vasca in legno (KOCH WALDNER 2019, pp. 40-42; fig. 13); nel sito fusorio di Rotholz in cui sono segnalate due vasche per lavaggio con foderatura in assi di legno e un canale, privo di rivestimento, colmato di sabbia di scorie (STAUDT *et alii* 2019, pp. 281-283; STAUDT 2021) ed infine a Mauk A (Brixlegg; GOLDENBERG, RIESER 2004; GOLDENBERG 2013, p.111, figg. 33-34; STAUDT *et alii* 2019; GOLDENBERG 2021), dove compare una vasca in legno in cui sono stati rinvenuti anche frammenti di fibre tessili, interpretati come elementi impermeabilizzanti⁶¹ (GOLDENBERG 2013) (Fig. 31).

Le laverie di scorie nord-alpine sono espressione di una tecnologia che richiama immediatamente gli impianti destinati al lavaggio del minerale, in particolare quelli del Mitterberg (STÖLLNER 2019b). Le tracce di strutture di contenimento della sabbia di scorie individuate a Segonzano P (fase 3, BELLINTANI *et alii* 2021a), al margine settentrionale della discarica, potrebbero trovare confronto con una struttura lignea interpretata come cassonatura per lo stoccaggio del minerale (collegata ad una vasca di lavaggio) rinvenuta nel sito di arricchimento del minerale a Sulzbach-bog (STÖLLNER 2019b, p. 175, fig. 9.2). L'ipotesi della necessità di separare diversi tipi di sabbia di scorie per ulteriori trattamenti era peraltro

⁵⁷ In prossimità della batteria di forni e di un letto di arrostitimento pluri-fase, è stato portato alla luce un muro in pietre a secco di 50 cm di altezza che in origine, secondo gli autori delle ricerche, potrebbe essere stato di un metro ca. Di tale struttura sono state date diverse interpretazioni: fondazione di una precedente struttura poi smantellata, oppure muro di contenimento e stabilizzazione del versante, funzionale alla costruzione di un letto di arrostitimento. Viene anche fatto notare che, immediatamente a valle del muro, erano presenti tre fosse riempite di sabbia di scorie. Non viene escluso, pertanto, anche il possibile collegamento della struttura muraria con un'attività connessa al trattamento di questo materiale. Anche nel caso di Acqua Fredda immediatamente a valle dell'estremità SE del muro 1 (settore IX), compare una piccola depressione contenente un cumulo di sabbia di scorie in più livelli, distinguibili per colorazione e granulometria che secondo Cierny (*et alii* 2004, p. 132) potrebbe essere state il residuo di pratiche di trattamento secondario delle scorie per il recupero del rame in esse contenuto.

⁵⁸ Cfr BELLINTANI *et alii* 2021c.

⁵⁹ Cfr NICOLIS *et alii* 2021.

⁶⁰ Età radiocarbonica 2715 ± 45 BP; 973-800 aC cal al 95,4% di probabilità. Tuttavia, anche qui, come ad Acqua Fredda, nessun materiale archeologico riferibile alla *facies* Luco/Laugen B è stato rinvenuto (MARZATICO *et alii* 2010).

⁶¹ La struttura è datata dendrocronologicamente al 1010 BC (anno di abbattimento). Tuttavia a Mauk A l'attività di riciclaggio delle scorie è indicata già dall'inizio dell'attività del sito, ossia nel corso del XII sec. a C. (SCHIBLER *et alii* 2011, pp. 1264-1266; STAUDT *et alii* 2019, pp. 285-286).

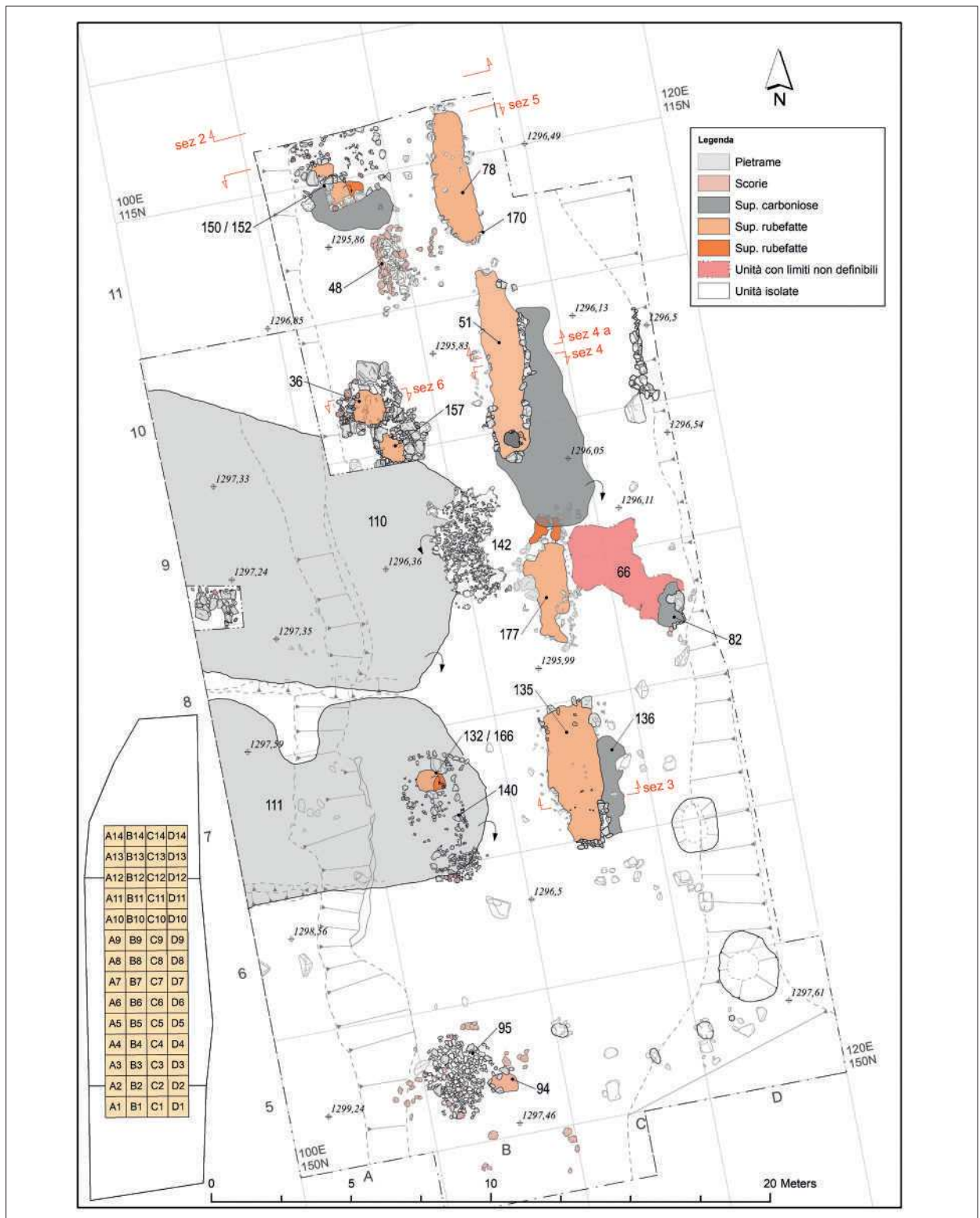


Fig. 29. Luserna Platz Von Motze: l'area indagata nelle ricerche condotte tra 2005 e 2010 (NICOLIS et alii 2021). Nel settore settentrionale dello scavo sono presenti degli insiemi di strutture pertinenti alla stessa fase stratigrafica costituiti da una coppia di forni e da un letto di arrostitimento posto di fronte ad essi: Coppia di forni USS 77, 150 (qq. B11-12) e letto di arrostitimento US 170 (qq. C11-12); coppia di forni USS 74-76 (qq. B9-10) e letto di arrostitimento US 50 (qq. C9-11). Nel settore meridionale sono presenti un letto di arrostitimento (US 177; qq. C8-9) cui non corrispondono strutture fusorie chiaramente riconoscibili (forse smantellate?) e infine più a S il forno US 140 (q. B7) e il letto di arrostitimento US 134 (q. C7).

Fig. 29. Luserna Platz Von Motze: the area investigated between 2005 and 2010 (NICOLIS et alii 2021). To the north, groups of structures belonging to the same phase are visible, consisting of pairs of furnaces with a roasting bed in front of them: furnaces SSUU 77, 150 (qq. B11-12) and roasting bed SU 170 (qq. C11-12); furnaces SSUU 74-76 (qq. B9-10) and roasting bed SU 50 (qq. C9-11). Roasting bed SU 177 (qq. C8-9) does not have clearly identified furnaces in association with it (maybe they were dismantled?). Further to the south, the furnace SU 140 (q. B7) and the roasting bed SU 134 (q. C7) are visible.

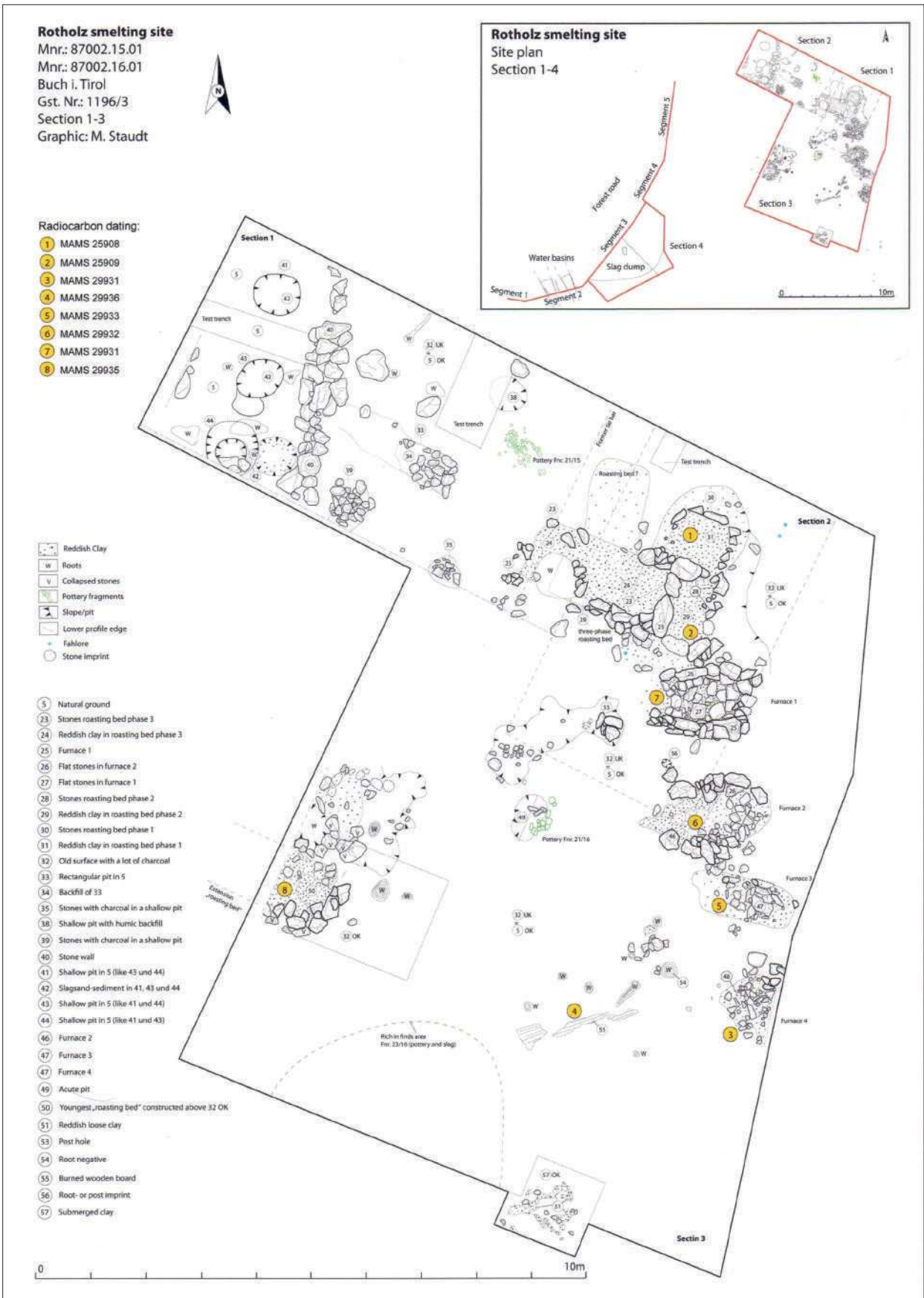


Fig. 30. Rotholz (Nord Tirolo – Austria). Batteria di 4 forni e letto di arrostitimento (ripristinato due volte) pertinenti alla stessa fase stratigrafica. Le datazioni radiometriche sono coerenti per i forni 1, 2 e 3 che si collocherebbero tra la fine del XIII e l'XI sec. BC cal 2 sigma, mentre la datazione del n. 4 è precedente (1367-1127 BC cal 2 sigma) (da: STAUDT *et alii* 2019, fig. 48).

Fig. 30. Rotholz (North Tyrol – Austria). Group of 4 furnaces and a roasting bed (rebuilt 2 times) belonging to the same stratigraphic phase. The radiocarbon dates are consistent for the furnaces 1, 2 and 3 and date them between the end of the 13th and the 11th century BC cal 2 sigma, while the date for furnace n. 4 is older (1367-1127 BC cal 2 sigma) (from: STAUDT et alii 2019, fig. 48).

già stata avanzata nel caso di Acqua Fredda, dove le analisi eseguite su questi sedimenti avevano permesso di individuare tipi distinti di sabbie di scorie, caratterizzati da un diverso contenuto di rame (METTEN 2003; HOHLMANN *et alii* 2004). Per quanto riguarda le discariche di sabbia di scorie, possiamo notare che nei due casi trentini maggiormente indagati l'estensione è simile: 2239 m² ad Acqua Fredda e ca. 2000 m² a Segonzano P. All'interno delle aree umide su cui si affacciavano i due siti, tali depositi hanno andamento tabulare, ossia l'area doveva essere mantenuta pianeggiante. Inoltre, entrambi i casi sono presenti resti di strutture lignee interpretate come elementi di contenimento e, a Segonzano P – fase 1, anche come probabili strutture di bonifica della sponda dell'area umida⁶².



Fig. 31. Mauk A (Nord Tirolo, Austria). Vasca in legno per il lavaggio della sabbia di scorie (da: STAUDT *et alii* 2019, fig. 4).
Fig. 31. Mauk A (North Tyrol, Austria). Wooden basin for washing slag sand (from: STAUDT *et alii* 2019, fig. 4).

Il problema dei prodotti finali (PB)

Oltre ad alcuni esemplari di manufatti metallici rinvenuti nei principali siti oggetto di scavi regolari⁶³ che ben difficilmente possono essere considerati testimonianza di un'attività di metallurgia secondaria *in loco*, le tracce di rame metallico rinvenute nei siti fusori, presumibilmente riferibili alle ultime fasi del processo estrattivo, sono assai ridotte. Da Luserna PvM proviene una piccola lastra di forma irregolare, interpretabile come sgocciolatura o residuo di colata, proveniente da contesto non stratigrafico (Fig. 32). A S. Orsola LV singole gocce di rame sono state rinvenute all'interno dei due forni qui portati in luce⁶⁴. Non è quindi possibile definire, nemmeno a livello di ipotesi, quali siano stati gli ultimi passaggi della catena operativa della metallurgia primaria del rame. Sulla base dei pochi indizi archeologici e delle indagini archeometriche, è possibile pensare che i prodotti finali siano stati metallina e/o rame grezzo⁶⁵.

Singolare è anche il fatto che nell'area interessata dai siti fusori e nelle immediate vicinanze (Valsugana e Valle dell'Adige) non vi sono particolari concentrazioni di metallo grezzo e/o lavorato, ma solo evidenze di utilizzo di tipo elitario, non dissimili da quelle di regioni prive di risorse minerarie, come ad esempio la Pianura Padano-Veneta⁶⁶.

In un panorama così rarefatto, vale la pena riportare la notizia del rinvenimento, nei pressi di Luserna, di un "pane di rame", recuperato "in una discarica di materiale fusorio sopra Luserna" e fotografato da Giuseppe Šebesta nel 1968 (ŠEBESTA 1992, pp. 3, 127). Si tratterebbe di un manufatto di forma approssimativamente ellissoidale (22 x 16,5 cm) del peso di 4,75 kg⁶⁷ (Fig. 33).

Può essere utile, al proposito, uno sguardo ai distretti minerari nord-alpini e in particolare all'Alta Valle del Salzach e quella del suo affluente Saalach, dove sono stati individuati 46 siti che presentano lingotti (ca 1000 tra interi e frammentari per un peso complessivo di ca 300 Kg). I ripostigli sono ubicati soprattutto su alture o passi, ma anche in aree umide e insediamenti (LUTZ *et alii* 2019), mentre molto rari sono i rinvenimenti presso le aree di lavorazione mineraria e/o metallurgica, caratteristica che sembrerebbe comune al versante sud-alpino.

⁶² BELLINTANI *et alii* 2021a.

⁶³ 2 spilloni da Acqua Fredda, di cui uno tipo Fontanella a collo ingrossato e decorato (CIERNY *et alii* 2004, p. 136, fig. 27.4), 1 spillone con capocchia a chiodo decorata da Luserna PvM (NICOLIS *et alii* 2021) e 1 spillone tipo Wollmesheim da Fierozzo VC (BELLINTANI *et alii* 2021c).

⁶⁴ UUSS 27 e 28 (SILVESTRI *et alii* 2021).

⁶⁵ "The fayalitic flat slags, matte and raw copper are the products of the third step, which started by smelting the highly Cu-enriched Matte B". Così in ADDIS *et alii* 2016 (p. 109) a proposito di Luserna PvM; considerazioni simili sono state espresse anche per le analisi eseguite sulle scorie di Transacqua e Segonzano (ADDIS *et alii* 2017).

⁶⁶ Ci si riferisce in particolare ai ripostigli della tarda età del Bronzo di: Tragno-Crosano; Mezzocorona; Borgo San Pietro e Passo Vezzena. Bibliografia in: MARZATICO 2001, p. 398.

⁶⁷ Il condizionale è d'obbligo, in quanto del manufatto si conservano solo le scarse notizie riportate da Šebesta; l'autore, infatti, ne segnala la scomparsa al tempo della pubblicazione. Le due foto pubblicate da Šebesta a p. 3 e a p. 127 (Fig. 33) riportano solo le due facce del lingotto, mentre manca un'immagine della sezione. Supponendo che possa trattarsi di rame non alligato (peso specifico 8,96g/cm³) lo spessore dovrebbe aggirarsi attorno a 1,5 cm.

Tra i lingotti esaminati nel citato studio di Lutz, Krutter e Pernicka, quello di Luserna potrebbe trovare confronto con il tipo 1, definito come: “*plano-convex ingots ... showing an oval basic form, a bowl-formed cross section and a very distinctive bulging casting edge*” (LUTZ *et alii*, p. 365, fig. 2.1) che viene datato, sulla base della cronologia relativa centro-europea, alle fasi BzA2-BzB1⁶⁸.

Altri esemplari che possono richiamare il reperto di Luserna provengono dal Veneto e in particolare dal greto del fiume Piave (Fig. 34): si tratta di 5 masselli in metallo di cui uno rinvenuto in prossimità di Vas, nel bellunese e altri 4 nel tratto di fiume compreso tra Vidor e Moriago della Battaglia, nel trevigiano. Ad essi si è aggiunta più recentemente la segnalazione di un esemplare dal torrente Imperina, nei pressi della località Rivamonte Agordino (BL)⁶⁹.

I rinvenimenti di oggetti metallici nel fiume Piave, soprattutto spade e asce, sono da mettere in relazione a deposizioni votive o ripostigli collocati in zone prossimali all'alveo del fiume, come ad

esempio punti di guado, in funzione “*di scambio del metallo e di prodotti finiti*” (BIANCHIN CITTON 2006, p. 42). Data la vicinanza ad aree di possibile sfruttamento minerario pre-protostorico (come il Trentino orientale e l'Agordino) e la relazione con una delle più importanti vie di collegamento tra le Alpi e la pianura veneta (il fiume Piave) non è da escludere che si possa trattare di lingotti realizzati nelle officine di estrazione del rame, diretti ai centri di utilizzo di questa materia prima, come quelli della Pianura Padano-Veneta.

Per quanto riguarda la cronologia, l'esemplare di Vas è datato da Alpago Novello Ferrerio (1992, p. 366) tra 1200 e 1000 a.C., sulla base di un possibile collegamento con l'area mineraria trentina, mentre Bianchin Citton, che fornisce la prima notizia degli altri esemplari plavensi, attribuisce dubitativamente questi ultimi al Bronzo Medio-Recente, dato che a questo orizzonte cronologico sono attribuibili altri bronzi (spade e asce soprattutto) rinvenuti nel medesimo tratto del fiume Piave (BIANCHIN CITTON



Fig. 32. Lastrina di possibile rame da Luserna PvM.
Fig. 32. Possible piece of copper from Luserna PvM.



Fig. 33. Pane di rame da una discarica di materiale fusorio sopra Luserna, fotografato da Giuseppe Šebesta nel 1968; 22 x 16,5 cm; peso 4,75 kg. Attualmente disperso (da ŠEBESTA 1992, p. 3).

Fig. 33. Ingot from a slag heap above Luserna, photographed by G. Šebesta in 1968; dimensions 22 x 16,5 cm; weight 4,75 kg. Now missing (from ŠEBESTA 1992, p. 3).

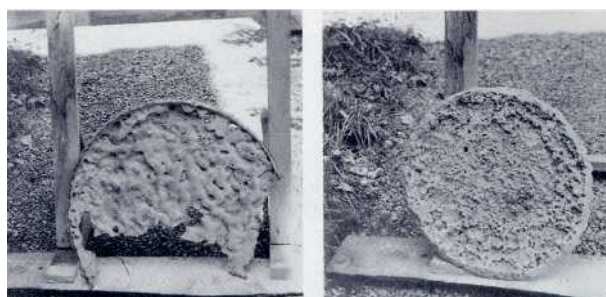


Fig. 34. Pani di rame dalle ghiaie del Piave.
Fig. 34. Copper ingots from the Piave river bed (Veneto).

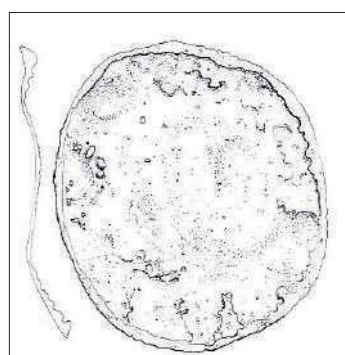


Fig. 35. Pane di rame datato all'età del Bronzo da Hlohovec (Slovacchia; da FURMANEK, KRUTA 2002, p. 32; 154, cat. n. 13).
Fig. 35. Copper ingot dated to the Bronze Age from Hlohovec (Slovakia; from FURMANEK, KRUTA 2002, p. 32; 154, cat. n. 13).

⁶⁸ Nello studio su menzionato viene precisato che la cronologia proposta si basa sia su associazioni con materiali diagnostici, sia su datazioni radiocarboniche ottenute da resti di carbone conservati sulla superficie dei lingotti (LUTZ *et alii* 2019, p. 365).

⁶⁹ L'esemplare di Vas, di forma ellissoidale, misura 40 x 60 cm e pesa 12,9 kg; quello da Ciano del Montello (TV) è di forma circolare (diam. 23 cm ca); quello da Crocetta del Montello (TV) è di forma sub rettangolare (26 x 23 cm); i due esemplari rinvenuti tra l'Abbazia di Vidor e Moriago della Battaglia sarebbero “di dimensioni un po' maggiori” (ALPAGO NOVELLO FERRERIO 1992, p. 366); infine, il pane da Rivamonte Agordino misura 18 x 16 cm, per un peso di 2,6 kg (<http://www.archeoagordo.it/>). Un pane simile a quelli veneti, sempre datato all'età del Bronzo, proveniente da Hlohovec (Slovacchia) (Fig. 35); l'esemplare misura 47 x 45 cm e pesa 5,71 kg (FURMANEK, KRUTA 2002, p. 32; 154, cat. n. 13).

1989, p. 276). Tale datazione, o per meglio dire il suo estremo superiore, appare più vicina a quanto proposto per i lingotti austriaci.

Alcune considerazioni generali (PB)

Quanto emerso da questa riflessione sugli ultimi 15 anni di ricerche sul campo sulla metallurgia primaria protostorica del territorio trentino è semplicemente un quadro aggiornato sulle caratteristiche strutturali delle principali fonti archeologiche: i cosiddetti siti fusori, segmento terminale della catena operativa del rame grezzo.

In altri termini, si è volutamente evitato di entrare nel merito in modo analitico di altri fondamentali aspetti connessi a questo tematismo, come la ricostruzione paleoambientale, le connessioni dirette o indirette con altre attività (ad esempio il rapporto con la pastorizia stagionale alle alte quote), la caratterizzazione compositiva dei prodotti e l'analisi della loro circolazione, per i quali, quando necessario, si è rimandato alla recente letteratura. Questa scelta è stata motivata principalmente dall'urgenza di aggiornare e presentare lo *status quaestionis* dell'archeologia "sul campo", di fatto attualmente limitata alla pubblicazione delle ricerche svolte ad Acqua Fredda, presso il passo di Redebus (CIERNY 2008) e a pochi altri contributi preliminari. Il quadro che ne emerge è quello di una realtà articolata e complessa, per molti aspetti ancora scarsamente definita, ma che in futuro potrà essere bersagliata con domande sempre più precise sia sul piano della ricerca sul campo che di quella di laboratorio.

La cronologia (relativa e assoluta) è stata oggetto di particolare attenzione tanto a livello dei singoli contesti presi in esame in questo volume, quanto in un'aggiornata sintesi relativa al territorio trentino⁷⁰, poiché le novità introdotte dall'utilizzo sistematico delle datazioni radiometriche hanno permesso di prospettare una cornice temporale ben più ampia di quella basata sulla cronologia tradizionale, limitata al Bronzo Recente e al Bronzo Finale non terminale (ca. XIII-XI sec. a.C.). Sebbene manchino evidenze "forti" a livello di cultura materiale, il quadro storico proposto per lo sfruttamento protostorico dei giacimenti di rame del Trentino (ca XVI/XV – IX sec. a.C.) sembra più coerente sia con il nuovo scenario prospettato dalle indagini sulla caratterizzazione della provenienza del rame in ambito europeo, sia con la traiettoria della metallurgia estrattiva del versante nord-alpino da cui, come si dirà, potrebbe

aver avuto origine quella protostorica del versante meridionale delle Alpi centrali.

La prima fase della metallurgia estrattiva del Trentino e l'oscuro "periodo intermedio"

Come precedentemente ricordato, le prime testimonianze dell'estrazione del rame in ambito sud-alpino centro-orientale risalgono ad un momento avanzato dell'età del Rame e all'inizio dell'età del Bronzo (2500 - 2000 a.C. ca). Grazie alle indagini di caratterizzazione della provenienza del rame è stato osservato non solo che le scorie dei siti fusori trentino/altoatesini della prima fase presentano i medesimi segnali isotopici dei giacimenti cupriferi locali, ma anche che entrambi trovano buona corrispondenza in oggetti provenienti da diversi siti coevi dell'area veneta: Col del Buson, Cellore di Arano, Cisano, Montebelluna, Peri, Spessa, Gambarella (ARTIOLI *et alii* 2015; 2016). Che il fenomeno in questa fase abbia avuto una certa rilevanza e non fosse limitato al solo consumo locale lo indicherebbe anche la quantità di scorie rinvenute in alcuni siti (centinaia di chilogrammi nel caso di Milland)⁷¹. Tuttavia è chiaro che le caratteristiche tecnologiche e le dimensioni del fenomeno sono ben diverse da quelle registrate per la seconda metà del II millennio a.C. quando le quantità di scorie prodotte giungono all'ordine delle centinaia di tonnellate per sito.

Come già affermato, nella tradizionale letteratura di settore la successiva fase di attività estrattiva, spesso definita come "proto-industriale", è datata tra BR e BF1/2. Tuttavia, vi sono attualmente diversi motivi che inducono ad una revisione di tale cronologia. Un indizio archeologico rilevante, anche se indiretto, di attività estrattiva tra BA e BR è rappresentato dal sito di Gardolo di Mezzo, ca. 5 km a nord di Trento. Si tratta di un'area archeologica complessa (abitato plurifase, tumuli e necropoli con sepolture a incinerazione) frequentata dalla fine dell'età del Rame a tutta l'età del Bronzo (MOTTES *et alii* 2011; 2014; 2016). Qui diversi tipi di scorie di fusione sono presenti in tutta la sequenza stratigrafica del tumulo 1 (settore GARM2) riconducibile a tre fasi principali che sono datate: BA (I e II), BM e fine BM-BR. Ad un simile arco cronologico è datato il deposito relativo all'abitato ed anche in questo caso la presenza delle scorie sembra essere praticamente ubiquitaria⁷².

Il problema di una ridefinizione dello iato tra le due fasi della metallurgia pre-protostorica della re-

⁷⁰ PEARCE *et alii* 2019; 2021.

⁷¹ Alcuni autori parlano di: "... massive exploitation of ores in the Southern Alps and the systematic and well organized production of copper metal" (ARTIOLI *et alii* 2015, p. 82).

⁷² Va tuttavia precisato che l'area archeologica di Gardolo di Mezzo si trova nelle immediate vicinanze del sito fusorio di Riparo Marchi, dove è documentata attività solo per la fine dell'età del Rame e il BA iniziale (MOTTES *et alii* 2014). Anche se i dati sulla caratterizzazione compositiva e più puntuali conferme sulla collocazione cronologica delle scorie di Gardolo non sono ancora disponibili, l'ipotesi che possa trattarsi di residui di lavorazioni riferibili all'età del Rame/BA e/o al o BR/BF non è da escludere.

gione Trentino-Alto Adige si è posto anche a causa di alcune delle 46 datazioni radiometriche ottenute da 18 siti fusori⁷³ che sembrerebbero confermare un inizio più antico del BR per la seconda fase, ossia XVI-XV sec.a.C.

Ulteriori indizi in questo senso vengono, infine, dalle analisi di caratterizzazione della provenienza del rame di oggetti metallici (tipologicamente ben datati) dell'età del Bronzo italiana ed europea. Si tratta dei rapporti isotopici del piombo di oggetti in lega di rame datati tra il BA e il BR, provenienti dal territorio gardesano meridionale, pubblicati da Enst Pernicka e Paola Salzani (2011). Il successivo riesame da parte del gruppo di ricerca afferente all'Università di Padova ha permesso di stabilire la loro compatibilità con il segnale isotopico delle Alpi Sud-Orientali⁷⁴.

Uno scenario ben più vasto è quello delineato dalle recenti indagini su alcuni reperti dell'età del Bronzo scandinava. Sempre sulla base delle ipotesi messe in campo grazie alla diagnostica archeometrica, il rame del versante meridionale delle Alpi centro-orientali potrebbe avrebbe raggiunto la Danimarca e la Svezia già attorno al 1600-1500 a.C. Inoltre, nel periodo compreso tra 1500 e 1300 a.C., le miniere delle alpi italiane centro-orientali sarebbero state uno dei principali fornitori dell'Europa centrale e settentrionale⁷⁵.

A nord delle Alpi: il “modello Mitterberg”

Sulla base di queste considerazioni è pertanto possibile che per la cosiddetta seconda fase dello sfruttamento pre-protostorico dei giacimenti cupriferi sud-alpini sia proponibile un arco cronologico meno lontano da quello prospettato da Stöllner per i comparti minerari transalpini e in particolare dell'Austria (Stöllner 2009; 2010; 2015b; 2019). Secondo l'autore, lo sfruttamento dei giacimenti di *falherz/fallore* (rame grigio) nord alpini avrebbe inizio già nel corso del V millennio a.C. e avrebbe mantenuto un carattere “sporadico” fino a tutto il III millennio a.C. Anche per buona parte del Bronzo antico è attestata la lavorazione di *falherz/*

fallore, in particolare nella bassa Valle dell'Inn. Il passaggio alla fase dello sfruttamento “permanente” sarebbe avvenuto verso la fine del BA, tra XVIII e XVII sec.a.C. (Bz A2/B). Si tratterebbe di una nuova tecnologia, nata attorno ai grandi giacimenti di calcopirite del Mitterberg, le cui principali innovazioni sono: l'esplorazione dei filoni minerari anche in profondità con nuove attrezzature da scavo, come i picconi con immanicatura a cannone in rame o bronzo; nuove strutture di trattamento del minerale, in particolare i forni quadrangolari in muratura, e infine specifiche interazioni con altri ambiti produttivi, come ad esempio l'utilizzo di tritume di scorie come smagrante negli impasti ceramici. Il passaggio di questa nuova tecnologia, nel corso del Bronzo medio (Bz B), ai comparti minerari di Kitzbühel (Tirolo) e Eisenerz (Stiria) e poi lungo la “Grauwacke” (Austria centrale), avvenne come “pacchetto completo”, o con pochissime variazioni, forse ad opera di specialisti provenienti e/o formati nel distretto di Mitterberg e anche grazie alla condivisione di molti tratti culturali (Stöllner 2015b). Lo sviluppo della nuova tecnologia estrattiva, che avrebbe prodotto più di 20.000 t di rame nero nell'arco un millennio, ha un primo picco tra XVI e XIII sec. a.C. (Bz C/D) cui segue una flessione attorno al XII sec. a.C. (Ha A1). Un secondo picco tra XI e X sec. a.C. (Ha A2/B1) è collegato alla ripresa dello sfruttamento di *falherz/fallore* nel Tirolo⁷⁶, mentre tende a diminuire l'attività nel Mitterberg. L'esaurirsi dell'attività mineraria transalpina si colloca tra IX e VII sec. a.C., contemporaneamente al picco dell'attività estrattiva del sale a Hallstatt.

La seconda fase: una tecnologia che viene dal Nord

L'ipotesi di un inizio più antico del BR per la fase di sfruttamento “proto-industriale” dei giacimenti cupriferi trentini trova maggiore consonanza con lo scenario prospettato per l'evoluzione del fenomeno a nord delle Alpi, in particolare con il momento di grande sviluppo del XVI sec.a.C. In sostanza, potrebbe collocarsi nel corso del BM la comparsa in ambito sud alpino di siti fusori con caratteristiche

⁷³ Per le specifiche si rimanda a: MARZATICO *et alii* 2010; PEARCE *et alii* 2019 e 2021.

⁷⁴ “As an example of the proficient use of the database, we attempted to interpret the provenance of the metal of a set of Early Bronze Age (EBA) objects recently analysed from the Garda area (PERNICKA, SALZANI 2011, table 4) Four of the objects plot in the low 206Pb part of the diagram and agree rather well with the Valsugana field (Calceranica and Vetriolo mines)” (ARTIOLI *et alii* 2014, p. 57). A questi bronzi datati al BAI e BAII andrebbero aggiunti: 2 asce a margini rialzati da Cisano (Inv. 5955; attribuita al BMII) e da Peschiera - Bacino Marina (Inv. 2351; BMII-III), un'ascia ad alette da Peschiera - Bacino Marina (Inv. 747; BMII-III), una spada a codolo tipo Rixheim da Peschiera - Bacino Marina (Inv. 2356; BR) e una spada a codolo tipo Pépinville da Peschiera - Imboccatura Mincio (Inv. 673; BR) che rimandano ai campi definiti “Valsugana” o VMS (*Vulcanogenic Massive Sulphide*) e “Alto Adige-Trentino-Veneto” o AATV (ANGELINI *et alii* 2015, pp. 275-276, fig. 4). Lo stesso sembra potersi dire anche per una spada proveniente dalla necropoli di Olmo di Nogara (ARTIOLI *et alii* 2016, Tab. 4, pp. 36-37), datata alla fase centrale del BM (DE MARINIS, SALZANI 2005; CUPITÒ 2006) e per un ribattito, sempre dalla medesima località. Si ringrazia Ivana Angelini per la discussione su tali dati e le precisazioni in merito.

⁷⁵ LING *et alii* 2019, p. 32; PEARCE *et alii* 2019, pagg. 119-120 e bibliografia relativa; 2021 e bibliografia relativa.

⁷⁶ Secondo Stöllner, la presenza in questa fase di leghe a base di rame estratto sia da calcopirite che da *falherz* potrebbe essere dovuta a difficoltà nell'approvvigionamento dello stagno e alla sua parziale sostituzione con un tipo di rame che richiede una minore quantità del secondo alligante per ottenere le medesime caratteristiche funzionali (Stöllner 2019, p. 13).

strutturali (forni, letti di arrostitimento e relativa organizzazione) in buona parte già definite e relativamente standardizzate e che sembrano mantenersi invariate, nei tratti principali, fino all'inizio dell'età del Ferro. Non è chiaro attualmente se la nuova tecnologia sia "migrata" a sud dello spartiacque alpino in un momento di temporaneo abbandono dei giacimenti dell'Alta Valsugana e della Valle dei Mocheni, oppure abbia portato innovazioni al modello di sfruttamento più antico.

Vale la pena sottolineare i principali elementi di confronto tra le regioni minerarie, a partire dall'ubicazione e dalle caratteristiche geomorfologiche dei siti fusori. Già dal Bronzo medio quelli del distretto di Eisenerz, in Stiria, si trovano a quote comprese tra 710 e 1700 m s.l.m., prossimi a corsi d'acqua, ubicati su pianori, lungo pendii spesso ripidi, con discarica di scorie posta a valle delle strutture (KLEMM 2010; 2015) esattamente come nel caso trentino. Inoltre, come per gli Altipiani di Lavarone e Luserna, anche nella bassa Austria sono documentati siti fusori relativamente distanti dalle fonti di minerale e anche qui il fenomeno sembra connesso al privilegio dato alla vicinanza alle fonti di combustibile (PREUSCHEN 1965; TREBSCH, PUCHER 2013). Più difficile fare raffronti sulle dimensioni dei siti fusori, spesso non riportate e/o non riconosciute. Va tuttavia segnalato che casi di siti di dimensioni ragguardevoli come quello di Priggglitz, nella Bassa Austria, esteso per circa 3,3 ettari (TREBSCH, PUCHER 2013, p. 123), non sono noti in Trentino dove i siti maggiormente estesi raggiungono o superano di poco il mezzo ettaro (cfr. Tab. 1).

Per quanto riguarda le strutture, i forni a pianta quadrangolare di ca 50 cm di lato, con 3 lati (conservati) in muratura appartengono ad una tipologia condivisa su entrambi i versanti alpini, come dimostrano diversi esempi da Mitterberg (Salisburghe) ⁷⁷, Jochberg (Tirolo) ⁷⁸ e Oberhalbstein (Svizzera, TURCK 2019). Strutture più grandi, come quella attestata a Fierozzo, trovano confronto sempre nel Tirolo ad esempio a Mauk A (GOLDENBERG 2013; 2015; 2021) e Rotholz (STAUDT et alii 2019; STAUDT 2021).

Ancor più importante, sotto l'aspetto dell'origine

della tecnologia, sono i puntuali riscontri anche nell'organizzazione delle unità produttive, in particolare gli insiemi composti da forni in coppia, associati a letti di arrostitimento (Luserna PvM), che trovano confronto nel distretto di Eisenerz Ramsau (KRAUS et alii 2015; KLEMM 2015, pp. 197-198) e a Jochberg/Kitzbühel (sito WH/SP5 datato al XV secolo a.C., KOCH WALDNER 2019 pp. 39-40; sito WH/SP 1, GOLDENBERG 2004) ⁷⁹.

Ciò che non sembra trovare confronto a nord delle Alpi è la batteria di Acqua Fredda, con 4 forni incassati in un'unica struttura muraria, che potrebbe, pertanto, essere vista come un'innovazione specificamente sud-alpina, riferibile alla *facies* Luco/Laugen A. Altro elemento discordante tra sud e nord delle Alpi è l'assenza, sul versante meridionale, delle ceramiche con impasto "a scorie".

Il momento di maggiore sviluppo della seconda fase della metallurgia primaria trentina è collocabile approssimativamente tra BR e BF2. Parzialmente coincidenti con questo lasso temporale sono altri due fenomeni probabilmente connessi con l'acme della produzione trentina: da un lato la flessione significativa dell'attività estrattiva del Mitterberg (e la ripresa di quella di *falherz* del Tirolo) e dall'altro lo sviluppo di uno specifico e ben riconoscibile insieme di elementi di cultura materiale, ossia la *facies* archeologica "Luco/Laugen A" (BR2-BF1/2), tipico del versante meridionale delle Alpi centro-orientali, ma con proiezioni anche a nord dello spartiacque ⁸⁰.

Forse le (poche) differenze notate nelle caratteristiche e nell'organizzazione dei siti fusori dei due versanti alpini potrebbero essere ricondotte a fenomeni di adattamento locale e/o a un maggiore controllo che le *élites* Luco avrebbero esercitato sulle attività estrattive e di lavorazione del minerale ⁸¹.

Tornando al dibattito in corso sulla provenienza dal versante meridionale delle Alpi centro-orientali, ed in particolare dal Trentino, di una quota considerevole del rame utilizzato nell'età del Bronzo europea, anche le indagini recentemente compiute su manufatti italiani datati tra XIV e XI sec. a.C. confermano quanto già espresso per l'inizio della seconda metà del II millennio a.C. in ambito nord

⁷⁷ EIBNER 1982; 1992; STÖLLNER 2015 e bibliografia ivi citata.

⁷⁸ GOLDENBERG 2004; KOCH WALDNER, KLAUNZER 2015 e bibliografia ivi citata; KOCH WALDNER 2019.

⁷⁹ Anche la presenza (o assenza) della "sabbia di scorie", esito collaterale dei processi di arricchimento dei residui di lavorazione del minerale, sembra essere un fenomeno comune ai due versanti alpini. La sabbia è attestata nel Tirolo a partire dal BM, come a Jochberg (XIV sec. a.C.; GOLDENBERG 2004) e più tardi (XII-XI sec. a.C.) a Mauk dove ne sono state stimate ca 100 t (SCHIBLER et alii 2011, p. 1260, fig. 6; GOLDENBERG 2013, p. 110) e a Rotholz (STAUDT et alii 2019; STAUDT 2021). In altri siti specificamente indagati sotto questo aspetto e approssimativamente coevi, come il sito 3 della valle di Eselbachgraben (1300-750/700 a.C.) nell'area mineraria di Raxgebiet, nella Bassa Austria (LARREINA-GARCIA et alii 2015) e nel sito S1 di Eisenerz nella valle di Ramsau, nella Stiria (KRAUS et alii 2015) la sabbia di scorie non compare.

⁸⁰ Per quanto riguarda la crono-tipologia e la cronologia assoluta della *facies* "Luco/Laugen A" si rimanda alle discussioni dei dati (anche da bibliografia pregressa) presentate in MARZATICO et alii 2010; MARZATICO 2012 e PISONI, TECCHIATI 2019. In estrema sintesi si segnala che, grazie soprattutto ai contesti stratigrafici alto-atesini di Ganglegg – Sluderno/Schluderns e Appiano San Paolo/Epipan St.Pauls, l'inizio della *facies* Luco/Laugen A è stato indicativamente posto tra la fine del XIII e/o l'inizio del XII sec. a.C., mentre il limite inferiore, ossia il passaggio alla *facies* Luco/Laugen B, è stato indicato in MARZATICO (et alii 2012, p. 135) entro l'XI sec. a.C. (... *Luco/Laugen B pottery approximately dating to the 11th-10th/9th centuries BC* (Ha A2-B1/B2) mentre Pisoni e Tecchiati pongono tale passaggio attorno alla metà del X sec. a.C. (PISONI, TECCHIATI 2019, p. 131).

⁸¹ Da ultimi e per la bibliografia pregressa: PEARCE 2007; BELLINTANI 2014; MARZATICO 2019.

europeo, ossia la presumibile rilevanza continentale dei giacimenti cupriferi sud-alpini⁸².

Stando ai risultati delle indagini condotte da Jung, Mehofer e Pernicka (JUNG *et alii* 2011) il rame trentino (inteso come materia prima) avrebbe interessato la Pianura Padana e le regioni del versante adriatico fino alla Puglia. Di particolare interesse, inoltre, il caso del centro “proto-industriale” di Frattesina di Fratta Polesine, in prossimità dell’antico Delta padano: recenti indagini isotopiche condotte su 24 elementi in lega di rame e uno in piombo provenienti dai ripostigli della fase 2 del sito (BF2), indicherebbero, salvo due casi, una provenienza della materia prima dalla regione sud-alpina centro-orientale⁸³. Anche per questa fase, i segnali isotopici dei bronzi scandinavi analizzati, in particolare quelli danesi, indicano nel territorio sud-alpino uno dei maggiori fornitori di rame della ricca metallurgia nordica (MELHEIM *et alii* 2018; LING *et alii* 2019). Analoghe considerazioni sono state espresse a seguito di indagini di caratterizzazione della provenienza condotte su un centinaio di bronzi provenienti dal ripostiglio di Varbitsa (Bulgaria) datato tra XIII e XII sec. a.C.: la maggior parte dei campioni analizzati risponderebbero al segnale isotopico “AATV” del territorio sud-alpino (STOS GALE 2017).

Per quanto riguarda, infine, il momento conclusivo dello sfruttamento minerario protostorico in Trentino, anche la tradizionale datazione a un momento iniziale/centrale del Bronzo finale è oggi messa in discussione dalle datazioni radiometriche che ne sposterebbero il termine inferiore nel corso della prima età del Ferro (IX sec. a.C. ca). Si tratta di una datazione ancora una volta in linea con quanto attestato a nord delle Alpi ma, diversamente da quanto visto per le fasi precedenti, non ancora supportata da altri indicatori probanti di tipo archeologico o archeometrico.

Va tuttavia osservato che il passaggio all’età del Ferro coincide anche con il forte ridimensionamento demografico e della “cultura materiale” del mondo Luco/Laugen (*facies* Luco/Laugen B) e con la fine del grande polo proto-industriale medio polesano (Frattesina - Villamarzana), mentre nei nuovi centri protourbani veneti i prodotti della metallurgia secondaria (e non solo) lasciano intravedere una rete di scambi orientata da un lato verso la valle del Piave e il mondo hallstattiano e dall’altro verso l’ambito villanoviano bolognese (CAPUIS, GAMBACURTA 2015). È probabile che ciò sia anche indice del cambiamento delle fonti di approvvigionamento di materie prime strategiche, come il rame.

Ringraziamenti

Si ringrazia Aydin Abar (Università di Bochum) per la traduzione del testo di Jan Cierny sulle ricerche condotte ad Acqua Fredda (CIERNY 2008) e per la relativa discussione dei dati.

⁸² ARTIOLI *et alii* 2016; JUNG *et alii* 2011; JUNG, MEHOFER 2013; STOS-GALE 2017; MELHEIM *et alii* 2018; LING *et alii* 2019; JUNG 2020; MEHOFER *et alii* 2021.

⁸³ In particolare, 12 campioni risultano coerenti con il segnale definito “Valsugana” da VILLA, GIARDINO (2019, p. 257-258 e tab. C), corrispondente al campo “Valsugana VMS” (Calceranica, Vetriolo, Valle Imperina) di ARTIOLI *et alii* 2016, e altri 11, compreso il campione prelevato da un lingotto di piombo, con quello “Trentino-Alto Adige e Veneto” (Southalpine AATV di ARTIOLI *et alii* 2016).

Tab. I. Schematizzazione e riassunto dei dati presentati nel volume: i siti a confronto.
 Tab. I. *Synthesis of the data presented in this volume: comparison between the sites.*

	Bedollo - Acqua Fredda	Fierozzo - Valcava	Frassilongo - Terrebis	Luserna - Malga Rivetta	Luserna - Platz von Motze	S.Orsola - Le Val	Segonzano - Peciapian	Transacqua - Acquedotto del Faoro	Transacqua - Pezhe Alte
Estensione presunta	ca 2500-3000 mq di cui 2339 mq = discarica.	3000 mq ca. di cui 2300 mq = area sud e 700 mq = area nord	ca 1500 mq (discarica)		ca 1850 mq (+?) di cui 1250 mq ca = area strutture; 600 mq ca = discarica	non det	5200 mq	non det.	1157 mq
area interessata da indagini stratigrafiche	188 mq	105 mq	27 mq	20 mq	ca 800 mq	27	125 mq	10 mq	58 mq
sito plurifase	sì (forni pertinenti a fasi stratigrafiche diverse)	sì (sabbia di scorie a copertura dei forni)			sì (forni pertinenti a fasi stratigrafiche diverse)	Stratigrafia: possibile; 14C: possibile	possibile		?
Forni: alloggiamento	incassati in struttura muraria contro terra	contro terra			contro terra	addossati a a struttura muraria			
Forni - dim interno in cm	n.1:60x70 n.2:65x60 n.3: 50x70x80 n.4: 50x80 n.5: 40x50 n.6: 30x40 n.7: 40x40 n.8: 40x40	Forno 1: 105 x 90	n.1: d.25 n.2:d.26 n.3: d.30 n.4: d.30 n.5: d.21 n.6: d.29		US 140: 60 x 55 US 74: 55 x 60 US 76: 120 x 130 US 77: 50 x 65 US 150: 50 x 100	F.1: 45x40 F.2: 54x49			
Forni: materiali impiegati	lastre e blocchi di porfido	blocchi di porfido e altro materiale lapideo			US 140: blocchi di calcare (esterno) e porfido (interno); UUS 74 e 76: blocchi di calcare; us 77: blocchi di calcare, porfido e scorie grossolane (?); US 150: blocchi di calcare e scorie grossolane	F1 e 2: blocchi di porfido legati con argilla			

Tab. I. Schematizzazione e riassunto dei dati presentati nel volume: i siti a confronto.
 Tab. I. Synthesis of the data presented in this volume: comparison between the sites.

	Bedollo - Acqua Fredda	Fierozzo - Valcava	Frassilongo -Terrebis	Luserna -Malga Rivetta	Luserna - Platz von Motze	S.Orsola - Le Val	Segonzano - Peciapian	Transacqua - Acquedotto del Faoro	Transacqua - Pezhe Alte
Forni - superficie pareti interne	tracce di intonacatura in argilla				tracce di intonacatura in argilla (forni UUSS 140; 76; 74)	tracce di intonacatura in argilla			
Forni - fondo	n.1: concavo n.2: concavo n.3: concavo n.4: concavo n.5: piatto n.6: ? n.7: concavo n.8: ? n.9: concavo					F.2 - US30: piccole lastre di porfido posate con cura e fittamente accostate tra loro			
Forni - tracce di utilizzo in più azioni e/o fasi	Forno 8: probabile ricostruzione								
Altre strutture murarie	sett.I: struttura muraria con incassi per forni - lung. almeno 4 m; sett. VI: 2 strutture murarie parallele - lung 6,7 m.				struttura muraria US 79 (contenimento del versante ?)	struttura muraria di contenimento del versante e delimitazione del piano di lavoro			
Focolari dim.in cm	nn.1-4-sett. VI n.5-sett.VII; quadrangolari con un lato aperto; dim. lato esterno: 60-65; fondo piano; no tracce forte alteraz.termica				US 162 esterno: 120x140 - interno: 80x45cm; fossa con elementi lapidei debolmente termoalterati		US 48: elementi lapidei strutturati debolmente termoalterati		US 327; UUSS 505; 514: aree subrettangolari rubefatte; US 517:struttura con elementi in porfido esposti a temperature comprese tra 450° e 800°

Tab. I. Schematizzazione e riassunto dei dati presentati nel volume: i siti a confronto.
 Tab. I. Synthesis of the data presented in this volume: comparison between the sites.

	Bedollo - Acqua Fredda	Fierozzo - Valcava	Frassilongo -Terrebis	Luserna -Malga Rivetta	Luserna - Platz von Motze	S.Orsola - Le Val	Segonzano - Peciapian	Transacqua - Acquedotto del Faoro	Transacqua - Pezhe Alte
Letti di arrostitimento - n. elementi				1?	4 (UUSS 134, 50, 170, 177)			1 (UUSS 1001-1009)	
Letti di arrostitimento - dimensioni in cm					US 134: 500x150; US 177:490x110; US 170:530x180; US 50: 800x150			larg.: 250 cm	
Letti di arrostitimento - più azioni e/o fasi					evidenza di reiterazione del piano di lavoro solo per struttura US 50			almeno 2 sequenze di preparazione del piano di lavoro con scorie piatte	
strutture lignee (comprese buche di palo) dim. in cm	Sett. I e VI - fase 1 e 2, resti di assi e pali: possibili strutture di contenimento. Sett.VI-fase 2, resti di tavola: possibili sedili e/o passerelle	4 buche di palo (UUSS 17, 20, 7 e 22, forse pertinenti a tettoie					UUSS 15; 16; 37; 40: resti di palo; UUSS 86-90: paletti (diam. 3-5 cm); US 31: volparone?		UUSS 511; 513: buche di palo
Grandi strutture negative (buche; fosse) dimnsioni in cm	sett.VI - fase 3: due fosse (240x110 x prof 80 e 180x160 x prof.40) possibili scariche				US 91 (d=200 cm p=160 cm) con residui combustione;	US 18: fossa d. 90x54 cm; p. 50 cm con scorie grossolane	UUSS 9; 11; 21; 34; 73-82: buche di palo; US 27: negativa di volparone (?)		

Tab. I. Schematizzazione e riassunto dei dati presentati nel volume: i siti a confronto.
 Tab. I. Synthesis of the data presented in this volume: comparison between the sites.

	Bedollo - Acqua Fredda	Fierozzo - Valcava	Frassilongo -Terrebis	Luserna -Malga Rivetta	Luserna - Platz von Motze	S.Orsola - Le Val	Segonzano - Peciapian	Transacqua - Acquedotto del Faoro	Transacqua - Pezhe Alte
Laverie	1 macina presso canaletta artificiale		5 macine rigate presso corso d'acqua naturale						
presenza scorie grossolane	sì	sì	sì	sì	sì	sì	sì	no	stimate 100 - 200 t. di scorie prevalentemente piatte
presenza scorie piatte	sì	sì	sì	sì	sì	sì	sì	sì	
presenza sabbia di scorie	stimate: 800 – 1000 t. (Cierny <i>et alii</i> 2004); 1000 – 1500 t. (Cierny 2008)	sì	sì	sì	sì	no	sì	no	no
Bibliografia	Cierny <i>et alii</i> 2004; Cierny 2008, pp. 43-67	Bellintani <i>et alii</i> 2021c	Šebesta 1992, pp. 150-165	Nicosia, De Guio 2021	Nicolis <i>et alii</i> 2021	Silvestri <i>et alii</i> 2021	Bellintani <i>et alii</i> 2021a	Bellintani <i>et alii</i> 2021b	Bellintani <i>et alii</i> 2021b

Bibliografia

- ADDIS A., ANGELINI I., ARTIOLI G. 2012, *Final Bronze Age copper slags from Luserna (Trentino, Italy)*, in G. VEZZALINI, P. ZANNINI (a cura di), *Atti VII Congresso Nazionale di Archeometria*, Modena, 22-24 febbraio 2012, Patron Editore, Bologna. CD proceedings, 2012.
- ADDIS A., ANGELINI I., NIMIS P., ARTIOLI G. 2016, *Late Bronze Age copper smelting slags from Luserna (Trentino, Italy): interpretation of the metallurgical process*, "Archaeometry", 58, pp. 96-114.
- ADDIS A., ANGELINI I., ARTIOLI G. 2017, *Late Bronze Age copper smelting in the southeastern Alps: How standardized was the smelting process? Evidence from Transacqua and Segonzano, Trentino, Italy*, "Archaeological and Anthropological Sciences", 9(5), pp. 985-999.
- ALPAGO NOVELLO FERRERIO L. 1992, *Pane di fusione di rame da Vas (Belluno)*, "Sibrium", XXI, 1990-91, pp. 363-367.
- ANFINSET N. 2011, *Social and technological aspects of mining, smelting and casting copper: an ethnoarchaeological study from Nepal*, Veröffentlichungen aus dem Deutsches Bergbau-Museum, Bochum, 181, Bochum.
- ANGELINI I., ARTIOLI G., PEDROTTI A., TECCHIATI U. 2013, *La metallurgia dell'età del Rame dell'Italia settentrionale con particolare riferimento al Trentino e all'Alto Adige. Le risorse minerarie e i processi di produzione del metallo*, in R.C. DE MARINIS (a cura di), *L'Età del Rame. La pianura padana e le Alpi al tempo di Ötzi*, Roccafranca-Brescia, pp. 101-116.
- ANGELINI I., ARTIOLI G., NIMIS P., VILLA I. 2015, *La metallurgia preistorica del rame nell'Italia nord orientale: quadro d'insieme e recenti sviluppi*, in G. LEONARDI, V. TINÈ (a cura di), *Preistoria e protostoria del Veneto*, Atti della XLVIII riunione scientifica dell'Istituto italiano di preistoria e protostoria, Padova 5-9 novembre 2013, Studi di Preistoria e Protostoria, vol. 2, Firenze, pp. 271-277.
- ANGUILANO L., ANGELINI I., ARTIOLI G., MORONI M., BAUMGARTEN B., OBERAUCH H. 2002a, *Smelting slags from Copper and Bronze Age archaeological sites in Trentino and Alto Adige*, in C. D'AMICO (a cura di), *Atti del secondo Congresso Nazionale di Archeometria*, Bologna 29 gennaio-1 febbraio 2002, Patron Editore Bologna, pp. 627-638.
- ANGUILANO L., ANGELINI I., ARTIOLI G., MORONI M., BAUMGARTEN B., OBERAUCH H. 2002b, *Analisi di scorie di estrazione del rame provenienti da siti dell'età del Bronzo dell'Alto Adige*, in B. BAUMGARTEN, V. MAIR, H. SCHÖLZHORN (a cura di), *Atti 5° Workshop Internazionale delle Miniere Ridannal Monteneve*, Bolzano 15-22 settembre 2002, Provincia Autonoma di Bolzano-Museo di Scienze Naturali Alto Adige, Bolzano, pp. 7-14.
- ANGUILANO L., OBERAUCH H., HAUSER H., REHREN T., ARTIOLI G. 2009, *Copper smelting at Fennhals-Kurtatsch (South Tyrol)*, in J.F. MOREAU, R. AUGER, J. CHABOT, A. HERZOG (eds.), *Proc. ISA 2006, 36th Intern. Symposium on Archaeometry*, Quebec City, Canada 2-6 May 2006, "Cahiers d'archéologie du CELAT", 25, Série Archéométrie, n. 7, CELAT, Université Laval, Quebec, pp. 375-382.
- ARTIOLI G., 2010, *Scientific methods and cultural heritage: an introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science*, Oxford University Press, Oxford.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., NIMIS P., ADDIS A., VILLA I.M. 2014, *Prehistoric copper metallurgy in the Italian Eastern Alps: recent results*, "Historical Metallurgy", 47(1), 2013, pp. 51-59.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., TECCHIATI U., PEDROTTI A. 2015, *Eneolithic copper smelting slags in the Eastern Alps: local patterns of metallurgical exploitation in the Copper Age*, "Journal of Archaeological Science", 63, pp. 78-83.
- ARTIOLI G., ANGELINI I., NIMIS P., VILLA I.M. 2016, *A lead-isotope database of copper ores from the South-eastern Alps: A tool for the investigation of prehistoric copper metallurgy*, "Journal of Archaeological Science", 75, pp. 27-39.
- AVANZINI M., BARGOSSO G.M., BORSATO A., SELLI L. 2010, *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 060, Trento, Trento*.
- BELLINTANI P. 2014, *Il ruolo delle Alpi nella circolazione dell'ambra baltica nel Mediterraneo centrale nel corso dell'età del Bronzo*, in P.L. CELLAROSI, R. CHELLINI, F. MARTINI, A.C. MONTANARO, L. SARTI, R.M. CAPOZZI (eds.), *The Amber Roads, The ancient cultural and commercial Communication between the peoples*, Proceedings of the 1st International Conference on Ancient Road (Republic of San Marino, 3-4.04.2014), Millenni. Studi di Archeologia Preistorica, 10, pp. 273-311.
- BELLINTANI P., SILVESTRI E. 2018, *Il rame del Trentino nella protostoria: nota di aggiornamento*, "AdA. Archeologia delle Alpi", 2018, pp. 43-52.
- BELLINTANI P., MOTTESS E., NICOLIS F., SILVESTRI E., STEFAN L., BASSETTI M., DEGASPERI N., CAPPELLOZZA N. 2010, *New Evidence of Archaeometallurgical Activities During the Bronze Age in Trentino*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPER (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*. Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck, pp. 277-282.
- BELLINTANI P., DEGASPERI N., BASSETTI M., BIAGIONI S., MARCHESINI M., MARTINELLI N., MARVELLI S., PIGNATELLI O., RIZZOLI E., SILVESTRI E., VACCARO C., VOLPE L. 2021a, *Il sito fusorio di Segonzano località Pecapian. Ricerche 2007, 2008, 2011, 2013*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della*

- ricerca sul campo, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BELLINTANI P., DEGASPERI N., BASSETTI M., VACCARO C., VOLPE L. 2021b, *I siti fusori di Transacqua loc. Pezhe Alte e Acquedotto del Faoro. Ricerche 2007 e 2008*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BELLINTANI P., PAGAN N., BASSETTI M., MARTINELLI N. 2021c, *Il sito fusorio di Fierozzo, loc. Valcava (TN). Ricerche 2012*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- BIANCHIN CITTON E. 1989, *Dal Neolitico alla fine dell'età del Bronzo*, in D. GASPARINI (a cura di), *Due villaggi della collina trevigiana, Vidor e Colbertaldo*, Comune di Vidor, pp. 257-320.
- BIANCHIN CITTON E. 2006, *La circolazione del metallo nel Veneto orientale tra la seconda metà del III e il II millennio a.C. Rapporti tra nord e sud delle Alpi*, in E. BIANCHIN CITTON, M. TIRELLI (a cura di) ...ut ... rosae ... ponerentur. *Scritti in ricordo di Giovanna Luisa Ravagnan*, "Quaderni di Archeologia del Veneto", serie speciale 2, pp. 35-45.
- CAPUIS L., GAMBACURTA G. 2015, *Il Veneto tra il IX e il VI secolo a.C.: dal territorio alla città*, in G. LEONARDI, V. TINÈ (a cura di), *Preistoria e protostoria del Veneto*, Atti della XLVIII riunione scientifica dell'Istituto italiano di preistoria e protostoria, Padova 5-9 novembre 2013, Studi di Preistoria e Protostoria, vol. 2, pp. 449-459.
- CASTELLARIN A. (a cura di) 1982, *Carta Tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000*, C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Tecnoprint, Bologna.
- CASTELLARIN A., CANTELLI L., FESCE M.A., MERCIER J.L., PICOTTI V., PINI G.A., PROSER G., SELLI R. 1992, *Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationships with the N-Apennines*, "Annales Tectonicae", 6 (1), pp. 62-94.
- CASTELLARIN A., SELLI L., PICOTTI V., CANTELLI L. 1998, *La tettonica delle Dolomiti nel quadro delle Alpi Meridionali Orientali*, "Memorie della Società Geologica Italiana", 53, pp. 133-143.
- CATTOI E., D'AMICO C., FABRIS S. 2000, *Studio petroarcheometrico di scorie di fusione della fine dell'età del Bronzo e confronti con scorie dell'età del Rame/Bronzo Antico in Trentino*, "Preistoria Alpina", 31 (1995), pp. 125-145.
- CATTOI E., D'AMICO C., GASPAROTTO G., GIRANI M. 2001, *Petroarcheometry of copper smelting slag in Trentino; provenance and process data*, "Preistoria Alpina", 33 (1997), pp. 151-154.
- CIERNY 1997, *Rame, stagno e bronzo*, in F. MARZATICO, L. ENDRIZZI (a cura di), *Ori delle Alpi*, Catalogo della mostra, Trento Castello del Buonconsiglio, 20 giugno - 9 novembre 1997, Quaderni della sezione archeologica Castello del Buonconsiglio Monumenti e collezioni provinciali - n° 6, pp. 75-82.
- CIERNY J. 2008, *Prähistorische Kupferproduktion in den südlichen Alpen*, "Der Anschnitt", Beiheft 22, Bochum.
- CIERNY J., HAUPTMANN A., HOHLMANN B., MARZATICO F., SCHRÖDER B., WEISGERBER G. 1995, *End-bronzezeitliche Kupferproduktion im Trentino. Ein Vorbericht*, "Der Anschnitt", 47/3, Bochum, pp. 82-91.
- CIERNY J., MARZATICO F., PERINI R., WEISGERBER G. 2004, *La riduzione del rame in località Acqua Freda al Passo di Redebus (Trentino) nell'età del Bronzo Recente e Finale. Risultati preliminari delle ricerche*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpenkupper - Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, Bochum, pp. 125-154.
- CUPITÒ M. 2006, *Tipocronologia del Bronzo medio e recente tra l'Adige e il Mincio sulla base delle evidenze funerarie*, Saltuarie dal Laboratorio del Piovego, vol. 7, Padova.
- D'AMICO C., GASPAROTTO G., PEDROTTI A. 1998, *Scorie eneolitiche di Gaban e Acquaviva (Trento). Caratteri, provenienza ed estrazione del metallo*, in C. D'AMICO, C. LIVADIE (a cura di), *Le scienze della Terra e l'Archeometria*, Napoli 20-29 febbraio 1997, Istituto Universitario Suor Orsola Benincasa, Napoli, pp. 31-38.
- DE GUIO A. 2012, *Interfacce di bronzo per una vita da pecora. Il fenomeno della pastorizia nell'area prealpina veneto-trentina in età preromana: archeologia ed etnoarcheologia*, in M.S. BUSANA, P. BASSO (a cura di), *La lana nella Cisalpina romana. Economia e società. Studi in onore di Stefania Pesavento Mattioli*, Atti del Convegno Padova-Verona 18-20 maggio 2011, pp. 43-66.
- DE GUIO A., FRIZZO P. 2010, *Archeometallurgia, marcatori e impatto ambientale: linee sperimentali di ricerca del progetto "Ad Metalla", "Padusa"*, XLVI, pp. 35-62.
- DE GUIO A., SARTOR V., NICOSIA C., DANTI A., CAVICCHIOLI M., BRESSAN C., PADOVAN C., DE ANGELI G., BETTO A., BOVOLATO C., ZAMBON D. 2006, *Archeologia di Montagna: il progetto "Ad Metalla", "Quaderni di Archeologia del Veneto"*, XXII, pp. 233-246.
- DELLA CASA PH., NAEF L., TURCK R. 2016, *Prehistoric copper pyrotechnology in the Swiss Alps. Approaches to site detection and chaîne opératoire*, "Quaternary International", 402, pp. 26-34.
- DE MARINIS R.C., SALZANI L. 2005, *Tipologia e cronologia dei materiali*, in L. SALZANI (a cura di), *La necropoli dell'età del Bronzo all'Olmo di Nogara*, "Memorie del Museo di Storia Naturale di Verona", II, 8, pp. 488-491.

- DETOMASO G. 2005, *Geologia, miniere e minerali del Perginese*, in N. FORENZA, G. DETOMASO, P. ZAMMATTEO, G. ZAMPEDRI (a cura di), *Minatori, miniere, minerali del Perginese*, Pergine (TN), pp. 91-133.
- EIBNER C. 1982, *Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen*, in B. HÄNSEL (Hrsg.), *Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr., Prähistorische Archäologie in Südosteuropa 1*, Berlin, pp. 399-408.
- EIBNER C. 1992, *Der Kupferbergbau in den österreichischen Alpen in der Urzeit*, "Archäologie Österreichs", 3/1, 1992, pp. 12-16.
- FORENZA N., DETOMASO G., ZAMMATTEO P., ZAMPEDRI G. 2005, *Minatori, Miniere, minerali del Perginese*, Pergine Valsugana (TN).
- FURMANEK V., KRUTA V. 2002, *L'età d'oro dei Carpazi. Ceramiche e metalli dell'età del Bronzo della Slovacchia. 2300 – 800 a.C.*, Catalogo Mostra Castello di Spezzano, Comune di Fiorano Modenese.
- GOLDENBERG G. 2004, *Ein Verhüttungsplatz der mittleren Bronzezeit bei Jochberg (Nordtirol)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, Bochum, pp. 165-176.
- GOLDENBERG G. 2013, *Prähistorischer Fahlerzbergbau im Unterinntal – Montanarchäologische Befunde*, in MONTANWERKE BRIXLEGG, K. OEGGL, V. SCHAFER (Hrsg.), *Cuprum Tyrolense. 5550 Jahre Bergbau und Verhüttung in Tirol*, Edition Tirol 2013, pp. 89-122.
- GOLDENBERG G. 2015, *Prähistorische Kupfergewinnung aus Fahlerzen der Lagerstätte Schwaz-Brixlegg im Unterinntal, Nordtirol*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 151-163.
- GOLDENBERG G. 2021, *Prehistoric mining, beneficiation and smelting of copper ores in the Lower Inn Valley, North Tyrol, Austria*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- GOLDENBERG G., RIESER B. 2004, *Die Fahlerzlagerstätten von Schwaz/Brixlegg (Nordtirol). Ein weiteres Zentrum urgeschichtlicher Kupferproduktion in den österreichischen Alpen*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 37-52.
- GOLDENBERG G., ANFINSET N., SILVESTRI E., BELGRADO E., HANNING E., KLAUNZER M., SCHNEIDER P., STAUDT M., TÖCHTERLE U. 2011, *Das Nepal-Experiment – experimentelle Archäometallurgie mit ethnoarchäologischem Ansatz*, in K. OEGGL, G. GOLDENBERG, TH. STÖLLNER, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten. Proceedings zum 5. Milestone-Meeting des SFB-HiMAT vom 7.-10.10.2010 in Mühlbach*, Innsbruck University Press, pp. 83-90.
- GOLDENBERG G., BREITENLECHNER E., DESCHLER-ERB S., HANKE K., HIEBEL G., HÜSTER-PLOGMANN H., HYE S., KLAUNZER M., KOVÁCS K., KRISMER M., LUTZ J., MAASS A., MOSER M., NICOLUSSI K., OEGGL K., PERNICKA E., PICHLER T., PÖLLATH N., SCHIBLER J., STAUDT M., STOPP B., THURNER A., TÖCHTERLE U., TOMEDI G., TROPPEL P., VAVTAR F., WEINOLD T. 2012, *Prähistorischer Kupfererzbergbau im Maukental bei Radfeld/Brixlegg im Unterinntal*, in G. GOLDENBERG, U. TÖCHTERLE, K. OEGGL, A. KRENN-LEEB (Hrsg.), *Forschungsprogramm HiMAT. Neues zur Bergbaugeschichte der Ostalpen*, "Archäologie Österreichs Spezial", 4, Wien 2011, pp. 61-110.
- GRAMOLA M. 2000, *L'attività mineraria del Monte Fronte*, in N. FORENZA, M. LIBARDI (a cura di), *Levico. I segni della storia*, vol. 1, Trento, pp. 227-255.
- HANNING E., HERDITS H., SILVESTRI E. 2015, *Alpines Kupferschmelzen – technologische Aspekte*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 225-231.
- HAUSER L. 1986, *Die bronzezeitlichen Kupferschmelzöfen in Fennhals über Kurtatsch*, "Der Schlerm", 60, H.1/2, pp. 75-87.
- HOHLMANN B., HAUPTMANN A., SCHROEDER B. 2004, *Der spätbronzezeitliche Verhüttungsplatz von Acqua Fredda am Passo Redebus (Trentino)*, in G. WEISGERBER, G. GOLDENBERG (Hrsg.), *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, "Der Anschnitt", Beiheft 17, pp. 261-267.
- JUNG R. 2020, *Frattesina between continental Europe and the Eastern Mediterranean*, "Padusa", 56, pp. 163-172.
- JUNG R., MEHOFER M. 2013, *Mycenaean Greece and Bronze Age Italy: cooperation, trade or war?* "Archäologisches Korrespondenzblatt", 43/2, pp. 175-193.
- JUNG R., MEHOFER M., PERNICKA E. 2011, *Metal Exchange in Italy from the Middle to the Final Bronze Age (14th–11th Century B.C.E.)*, in P. BETANCOURT, S.C. FERRENCE (eds.), *Metallurgy: Understanding How, Learning why. Studies in Honour of James D. Muhly*, Prehistory Monographs, 29, Philadelphia, pp. 231-248.
- KLEMM S. 2010, *Bronze Age Copper Mining – Landscape Conditions and Land-Use in the Eisenerzer Alps, Styria (Austria)*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPEL (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies – Proceedings for the 1st Mining in European History. Conference of the SFB-HiMAT, 12-15 november 2009, Innsbruck*, pp. 271-276.

- KLEMM S. 2015, *Bronzezeitliche Kupfergewinnung in den Eisenerzer Alpen, Steiermark*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 195-200.
- KOCH WALDNER T. 2019, *Bronze Age copper production in Kitzbühel, Tyrol*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, “Der Anschnitt”, Beiheft 42, Bochum, pp. 31-46.
- KOCH WALDNER T., KLAUNZER M. 2015, *Das prähistorische Bergbauggebiet in der Region Kitzbühel*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 165-173.
- KRAUS S., SCHRÖDER C., KLEMM S., PERNICKA E. 2015, *Archaeometallurgical studies on the slags of the Middle Bronze Age copper smelting site S1, Styria, Austria*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESI-TEHRANI (eds.), *Archaeometallurgy in Europe III*, Proceedings of the 3rd International Conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum June 29 – July 1 2011, “Der Anschnitt”, Beiheft 26, pp. 301-308.
- LARREINA-GARCIA D., CECHE B., REHREN T. 2015, *Copper Smelting in the Raxgebiet (Austria): A Late Bronze Age Alpine Industrial Landscape*, in P. SUCHOWSKA-DUCKE, S. SCOTT REITER, H. VANDKILDE (eds.), *Forging Identities. The Mobility of Culture in Bronze Age Europe*, BAR S2771, Volume 1, pp. 213-219.
- LING J., HJÄRTHNER-HOLDAR E., GRANDIN L., STOS-GALE Z., KRISTIANSEN K., MELHEIM A.L., ARTIOLI G., ANGELINI I., KRAUSE R., CANOVARO C. 2019, *Moving metals IV: swords, metal sources and trade networks in Bronze Age Europe*, “Journal of archaeological science: reports”, 26, 101837 (<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.05.002>).
- LUTZ J., KRUTTER S., PERNICKA E. 2019, *Composition and spatial distribution of Bronze Age planoconvex copper ingots from Salzburg, Austria. First results from the “Salzburger Gusskuchenprojekt”*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, “Der Anschnitt”, Beiheft 42, Bochum, pp. 363-372.
- MARZATICO F. 2001, *L'età del Bronzo Recente e Finale*, in M. LANZINGER, F. MARZATICO, A. PEDROTTI (a cura di), *Storia del Trentino, vol. I, Preistoria e Protostoria*, Istituto Trentino di Cultura, Trento.
- MARZATICO F. 2011, *La metallurgia nel versante meridionale delle Alpi centro orientali: spunti di riflessione*, in A. ASPES (a cura di), *I bronzi del Garda*, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona (2° serie), Sezione Scienze dell'Uomo, 11, pp. 9-26.
- MARZATICO F. 2012, *La Cultura di Luco/Laugen, aggiornamenti e problemi aperti*, in A. ANGELINI, G. LEONARDI (a cura di), *Il Castel de Pedena: un sito di frontiera del II e I millennio a.C.*, Atti del Convegno, Feltre (BL) 6 giugno 2009, Saltuarie del Laboratorio del Piovego, 9, Padova, pp. 177-204.
- MARZATICO F. 2019, *The Luco/Laugen culture: specific characteristics and external relations*, in S. HYE, U. TÖCHTERLE (eds.), *UPIKU:TAUKE, Festschrift für Gerhard Tomedi zum 65. Geburtstag*, Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie, 339, Bonn, pp. 343-359.
- MARZATICO F. 2021, *Produzione metallurgica primaria e circolazione del rame nelle Alpi sud-orientali fra dati acquisiti e problemi aperti*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- MARZATICO F., VALZOLGHER E., OBERRAUCH H. 2010, *Dating the Later Bronze Age metal production in the South-Central Alps. Some remarks on the relative and absolute chronology of the Luco-Laugen culture*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPER (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HiMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck University Press, pp. 129-143.
- MEHOFER M., GAVRANOVIĆ M., KAPURAN A., MITROVIĆ J., PUTICA A. 2021, *Copper production and supra-regional exchange networks – Cu-matte smelting in the Balkans between 2000 and 1500 BC*, “Journal of Archaeological Science”, 129, e105378.
- MELHEIM A.L., GRANDIN L., PERSSON P.O., BILLSTRÖM K., STOS-GALE Z., LING J., WILLIAMS A., ANGELINI I., CANOVARO C., HJÄRTHNER-HOLDAR E., KRISTIANSEN K. 2018, *Moving metals III: Possible origins for copper in Bronze Age Denmark based on lead isotopes and geochemistry*, “Journal of Archaeological Science”, 96, pp. 85-105. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.04.003>.
- METTEN B. 2003, *Beitrag zur spätbronzezeitlichen Kupfermetallurgie im Trentino (Südalpen) im Vergleich mit anderen prähistorischen Kupferschlacken aus dem Alpenraum*, “Metalla”, 10, 1.2, Bochum.
- MOTTES E., BASSETTI M., SILVESTRI E. 2011, *The Bronze Age Tumuli of Gardolo di Mezzo (Trento, Italy) in the Adige Valley*, in E. BORGNA, E. MÜLLER CELKA (eds.), *Ancestral Landscapes. Burial mounds in the Copper and Bronze ages (Central and Eastern Euro-*

- pe - Balkans - Adriatic - Aegean, 4th-2nd millennium BC), Proceedings of the International Conference, Udine 14-19 Mai 2008, TMO 61, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon, 2011 pp. 517-526.
- MOTTES E., BASSETTI M., SILVESTRI E., STEFAN L. 2014, *Il sito archeometallurgico dell'età del Rame di Riparo Marchi in Valle dell'Adige (Trento)*, "AdA. Archeologia delle Alpi", 2014, pp. 39-43.
- MOTTES E., BASSETTI M., MAGGIONI C. 2017, *Nuove scoperte archeologiche a Gardolo di Mezzo (Trento). Necropoli a cremazione della Cultura di Luco/Laugen*, "AdA. Archeologia delle Alpi", 2016, pp. 149-151.
- NICOLIS F., CAPPELLOZZA N., BELLINTANI P. 2021, *Il sito di produzione metallurgica di Luserna, loc. Platz von Motze. Ricerche 2005 – 2016*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- NICOSIA C., DE GUIO A. 2021, *Lavarone, località Malga Rivetta*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- NIMIS P., OMENETTO P., GIUNTI I., ARTIOLI G., ANGELINI I. 2012, *Lead isotope systematics in hydrothermal sulphide deposits from the central-eastern Southalpine (northern Italy)*, "European Journal of Mineralogy", 24, pp. 23-37.
- NOTHDURFTER H. 1993, *Zur bronzezeitlichen Kupfergewinnung im Trentino und in Südtirol*, in H. STEUER, U. ZIMMERMANN (Hrsg.), *Montanarchäologie in Europa, Berichte zum Internationalen Kolloquium „Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“ in Freiburg im Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990*, Jan Thorbecke Verlag, Sigmaringen.
- NOTHDURFTER H., HAUSER L. 1986, *Bronzezeitliche Kupferschmelzöfen aus Fennhals*, Denkmalpflege in Südtirol/Tutela dei Beni culturali in Alto Adige, Landesdenkmalamt Bozen/Soprintendenza Provinciale ai Beni Culturali di Bolzano, Bolzano, pp. 177-190.
- PEARCE M. 2007, *Bright blades and red metal: Essays on north Italian prehistoric metalwork*, Accordia Research Institute, London.
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2019, *Frattesina and the Later Bronze Age – Early Iron Age metals trade: the absolute chronology of smelting sites in the Trentino – Alto Adige/Südtirol*, "Padusa", 55, pp. 67-86.
- PEARCE M., BELLINTANI P., NICOLIS F. 2021, *L'inizio della seconda fase della coltivazione del rame nel Trentino – Alto Adige/Südtirol*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- PERINI R. 1989, *Testimonianze di attività metallurgica dall'Eneolitico alle fasi finali dell'età del Bronzo nel Trentino*, in BIBLIOTECA COMUNALE DI TRENTO (a cura di), *Per Giuseppe Sebesta. Scritti e nota bibliografica per il settantesimo compleanno*, Trento, pp. 377-404.
- PERINI R. 1992, *Evidence of metallurgical activity in Trentino from Chalcolithic times to the end of the Bronze Age*, in E. ANTONACCI SANPAOLO (a cura di), *Archeometallurgia. Ricerche e prospettive*, Atti del colloquio Internazionale di Archeometallurgia, 18-21 ottobre 1988, Bologna – Dozza Imolese 1992, pp. 54-80.
- PERNICKA E., SALZANI P. 2011, *Remarks on the analyses and future prospects*, in A. ASPES (a cura di), "I bronzi del Garda", *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona - 2. serie, Sezione Scienze dell'Uomo* 11-2011, pp. 89-98.
- PISONI L., TECCHIATI U. 2019, *La ceramica e i fittili non vascolari del Bronzo finale provenienti dall'ustrinum/luogo di culto funerario di Salorno Dos de la Forca (Cava Girardi) (BZ). Inquadramento cronologico e culturale*, "Padusa", LV, 2019, pp. 113-174.
- PREUSCHEN E. 1962, *Der urzeitliche Kupferbergbau von Vetriolo (Trentino)*, "Der Anschnitt", 14, H. 2, pp. 3-7.
- PREUSCHEN E. 1965, *Das urzeitliche Kupfer-Verhüttungsgebiet von Lavarone (Trentino)*, "Der Anschnitt", 17, H. 4-5, pp. 8-13.
- PREUSCHEN E. 1968, *Bronzezeitlicher Kupfererzbergbau im Trentino*, "Der Anschnitt", 20, H. 1, pp. 3-15.
- PREUSCHEN E. 1973, *Estrazione mineraria dell'età del Bronzo nel Trentino*, "Preistoria Alpina", 9, pp. 113-150.
- REITMAIER-NAEF L. 2019, *Copper smelting slag from the Oberalpbstein (Canton of Grisons, Switzerland). Methodological considerations on typology and morphology*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 229-244.
- SCHIBLER J., BREITENLECHNER E., DESCHLER-ERB S., GOLDENBERG G., HANKE K., HIEBEL G., HUSTER PLOGMANN H., NICOLUSSI K., MARTI-GRADEL E., PICHLER S., SCHMIDL A., SCHWARZ S., STOPP B., OEGGL K. 2011, *Miners and mining in the Late Bronze Age: a multidisciplinary study from Austria*, "Antiquity", 85, pp. 1259-1278.
- SCHIFFERLE L., KRISMER M., TROPPE P. 2014, *Woher stammen die Kupfererze vom Fennhals (Kurtatsch, Südtirol)? Ein chemischer und mineralogischer Vergleich der Kupferschlacken mit ausgewählten Cu-führenden Erzvorkommen aus Südtirol und dem Trentino*, "Geo.Alp", 11, pp. 85-102.

- ŠEBESTA G. 1992, *La via del Rame*, Economia Trentina, supplemento n. 3, Calliano (TN).
- SELLI L. 1998, *Il Lineamento della Valsugana fra Trento e Cima d'Asta: cinematica neogenica ed eredità strutturali permo-mesozoiche nel quadro evolutivo del Sudalpino orientale (NE-Italia)*, "Memorie della Società Geologica Italiana", 53, pp. 503-541.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2014, *Evidence of mining without mines: smelting activity during the Bronze Age in Trentino*, in J. SILVERTANT (ed.), *Research and preservation of ancient mining areas*, 9th International symposium on archaeological mining history, Trento-Italy, 2014, pp. 88-103.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., NICOLIS F., BASSETTI M., BIAGIONI S., CAPPELLOZZA N., DEGASPERI N., MARCHESINI M., MARTINELLI N., MARVELLI S., PIGNATELLI O. 2015a, *New excavations at smelting sites in Trentino, Italy: archaeological and archaeobotanical data*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESSI-TEHRANI (Eds.), *Archaeometallurgy in Europe 2011*, Proceedings of the 3rd international conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29 - July 1 2011, "Der Anschnitt", Beiheft 26, pp. 369-376.
- SILVESTRI E., HAUPTMANN A., BELLINTANI P., MOTTES E., NICOLIS F. 2015b, *Bronzezeitliche Kupferverüttung in Trentino*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 201-208.
- SILVESTRI E., BELLINTANI P., HAUPTMANN A. 2019, *Bronze Age copper ore mining and smelting in Trentino (Italy)*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 261-278.
- SILVESTRI E., DEGASPERI N., BASSETTI M., BELLINTANI P. 2021, *Il sito fusorio della tarda età del Bronzo Le Val di Sant'Orsola Terme (Tn) – scavi 2014*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- STAUDT M. 2021, *Recycling of "slag sand": the use of granulated copper smelting slag as tempering component in prehistoric pottery during the Late Bronze to Early Iron Age in North Tirol*, in P. BELLINTANI, E. SILVESTRI (a cura di), *Fare Rame. La metallurgia estrattiva della tarda età del Bronzo in Trentino: nuovi scavi e stato dell'arte della ricerca sul campo*, Provincia autonoma di Trento, Soprintendenza per i beni culturali, Ufficio beni archeologici, Trento (questo volume).
- STAUDT M., GOLDENBERG G., SCHERER-WINDISCH M., GRUTSCH C., LAMPRECHT R., ZEROBIN B. 2019, *The Late Bronze Age smelting site Rotholz in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria)*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 279-298.
- STÖLLNER T. 2009, *Prähistorische Montanreviere der Ost- und Südalpen – Anmerkungen zu einem Forschungsstand*, in K. OEGGL, M. PRAST (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaues in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*, Proc. 3. Milestone-Meeting SFB HiMAT 2008 (Innsbruck 2009), pp. 37-60.
- STÖLLNER T. 2010, *Copper and Salt – Mining Communities in the Alpine Metal Ages*, in P. ANREITER, G. GOLDENBERG, K. HANKE, R. KRAUSE, W. LEITNER, F. MATHIS, K. NICOLUSSI, K. OEGGL, E. PERNICKA, M. PRAST, J. SCHIBLER, I. SCHNEIDER, H. STADLER, T. STÖLLNER, G. TOMEDI, P. TROPPER (eds.), *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*, Proceedings for the 1st Mining in European History Conference of the SFB-HIMAT, 12.-15. November 2009, Innsbruck, pp. 297-313.
- STÖLLNER T. 2015a, *Der Mitterberg als Großproduzent für Kupfer in der Bronzezeit*, in T. STÖLLNER, K. OEGGL (Hrsg.), *Bergauf Bergab. 10000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Wissenschaftlicher Beiband zur Ausstellung in Bochum und Bregenz, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, pp. 175-185.
- STÖLLNER T. 2015b, *Humans approach to resources: Old World mining between technological innovations, social change and economical structures*, in A. HAUPTMANN, D. MODARRESSI-TEHRANI (Eds.), *Archaeometallurgy in Europe 2011*, Proceedings of the 3rd international conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29-July 1 2011, "Der Anschnitt", Beiheft 26, pp. 63-82.
- STÖLLNER T. 2019a, *Enmeshment within resource-scapes – Eastern Alpine copper production of the Bronze and Early Iron Age*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 13-29.
- STÖLLNER T. 2019b, *Between mining and smelting in the Bronze Age – Beneficiation process in an Alpine copper producing district. Results of 2008 to 2017 excavations at the "Sulzbach-Moos"-bog at the Mitterberg (Salzburg, Austria)*, in R. TURK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 165-190.
- STOS-GALE Z.A. 2017, *The Aegean and the Black Sea connecting South East Europe and Anatolia in the Bronze Age: evidence from metal finds in Bulgaria, Greece and Western Turkey*, in *Objects,*

- Ideas and Travellers. Contacts between the Balkans, the Aegean and Western Anatolia during the Bronze and Early Iron age*, Conference to the memory of Alexandru Vulpe, November 10th-13th 2017, Tulcea, Romania, Book of abstracts, pp. 44-50.
- TREBSCH P., PUCHER E. 2013, *Urnenfelderzeitliche Kupfergewinnung am Rande der Ostalpen. Erste Ergebnisse zu Ernährung und Wirtschaftsweise in der Bergbausiedlung von Prigglitz-Gasteil (Niederösterreich)*, "Prähistorische Zeitschrift", 2013, 88 (1-2), pp. 114-151.
- TURCK R. 2019, *Organising smelting places. A keynote on Iron Age copper smelting in the Oberhalbstein (Canton of Grisons, Switzerland)*, in R. TURCK, T. STÖLLNER, G. GOLDENBERG (eds.), *Alpine copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, "Der Anschnitt", Beiheft 42, Bochum, pp. 209-228.
- VILLA I.M., GIARDINO C. 2019, *Analisi isotopiche del piombo su reperti bronzei di Frattesina*, in A. M. BIETTI SESTIERI, P. BELLINTANI, C. GIARDINO (a cura di), *Frattesina: un centro internazionale di produzione e di scambio nella tarda età del Bronzo del Veneto*, "Atti Della Accademia Nazionale dei Lincei", Memorie, Classe di Scienze Morali, Storiche e Filosofiche, Serie IX. 39. I, pp. 255-262.
- WRIGHT K. 1992, *A Classification System for Ground Stone Tools from the Prehistoric Levant*, "Paléorient", 18-2, pp. 53-81.
- ZSCHOCKE K., PREUSCHEN E. 1932, *Das urzeitliche Bergbauggebiet von Mühlbach-Bischofshofen*, Materialien zur Urgeschichte Österreichs, 6. Heft, Wien, Selbstverlag der Anthropologischen Gesellschaft in Wien.

AUTORI DI QUESTO VOLUME

Michele Bassetti

CORA – Società archeologica S.r.l., Trento (Italia)
info@coraricerche.com

Paolo Bellintani

Provincia autonoma di Trento (Italia)
Soprintendenza per i beni culturali
Ufficio beni archeologici
paolo.bellintani@provincia.tn.it

Siria Biagioni

Laboratorio di Palinologia – Laboratorio
Archeoambientale – C.A.A. “Giorgio Nicoli” S.r.l.
caa@caa.it

Nicola Cappellozza

SAP Società Archeologica S.r.l., Mantova (Italia)
mail@archeologica.it

Nicola Degasperi

CORA – Società archeologica S.r.l., Trento (Italia)
info@coraricerche.com

Armando De Guio

Dipartimento dei Beni Culturali,
Università di Padova (Italia)
armando.deguio@unipd.it

Gert Goldenberg

Institut für Archäologien, Universität Innsbruck
(Austria)
gert.goldenberg@uibk.ac.at

Marco Marchesini

Laboratorio di Palinologia – Laboratorio
Archeoambientale – C.A.A. “Giorgio Nicoli” S.r.l.
caa@caa.it

Nicoletta Martinelli

Laboratorio Dendrodada Sas, Verona (Italia)
dendrodada@tin.it

Silvia Marvelli

Laboratorio di Palinologia – Laboratorio
Archeoambientale – C.A.A. “Giorgio Nicoli” S.r.l.
caa@caa.it

Franco Marzatico

Provincia autonoma di Trento (Italia)
Soprintendenza per i beni culturali
franco.marzatico@provincia.tn.it

Franco Nicolis

Provincia autonoma di Trento (Italia)
Soprintendenza per i beni culturali
Ufficio beni archeologici
franco.nicolis@provincia.tn.it

Cristiano Nicosia

Dipartimento dei Beni Culturali, Università di Padova
(Italia)
cristiano.nicosia@unipd.it

Nicola Pagan

Ar.Tech. srl Indagini Archeologiche, Verona e Brescia
(Italia)
nicola.pagan@artech-archeologia.it

Mark Pearce

Department of Classics and Archaeology,
University of Nottingham (UK)
mark.pearce@nottingham.ac.uk

Olivia Pignatelli

Laboratorio Dendrodada Sas, Verona
dendrodada@tin.it

Elisabetta Rizzoli

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra,
Università di Ferrara (Italia)
vcr@unife.it

Markus Staudt

Institut für Archäologien, Universität Innsbruck
(Austria)
markus.staudt@uibk.ac.at

Elena Silvestri

Provincia autonoma di Trento (Italia)
Soprintendenza per i beni culturali
Ufficio beni archeologici
elena.silvestri@provincia.tn.it

Ulrike Töchterle

Institut für Archäologien, Universität Innsbruck
(Austria)
ulrike.toechterle@uibk.ac.at

Peter Tropper

Institut für Mineralogie und Petrologie,
Universität Innsbruck (Austria)
Peter.Tropper@uibk.ac.at

Carmela Vaccaro

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra,
Università di Ferrara (Italia)
vcr@unife.it

Lisa Volpe

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra,
Università di Ferrara (Italia)
vcr@unife.it

Stampato da Publistampa Arti grafiche
nel mese di settembre 2021

Carta proveniente da foreste correttamente
gestite e altro materiale controllato.

