



Metallhantverket – arkeometallurgiska analyser Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala

Rapport 2017:1_11
Arkeologisk undersökning

Uppsala län; Uppland; Uppsala kommun; Uppsala socken;
Gamla Uppsala 20:1, 21:13, 21:27 m.fl.; Uppsala 134:4, 240:1,
284:2, 586:1, 597:1, 603:1, 604:1, 605:1 och 606:1

Mia Englund, Lena Grandin, Eva Hjärthner-Holdar,
Erik Ogenhall och Ole Stilborg

Metallhantverket

– arkeometallurgiska analyser

Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala

Rapport 2017:1_11
Arkeologisk undersökning

Uppsala län; Uppland; Uppsala kommun; Uppsala socken;
Gamla Uppsala 20:1, 21:13, 21:27 m.fl.; Uppsala 134:4, 240:1,
284:2, 586:1, 597:1, 603:1, 604:1, 605:1 och 606:1

Dnr 5.1.1-00031-2015

Mia Englund, Lena Grandin, Eva Hjärthner-Holdar,
Erik Ogenhall och Ole Stilborg

Arkeologerna

Statens historiska museer

Våra kontor

Linköping

Lund

Mölnadal

Stockholm

Uppsala

Arkeologerna

Statens historiska museer

Rapport 2017:1_11

Rapporten ingår även i Upplandsmuseets rapportserie (2017:1_11) samt Societas Archaeologica Upsaliensis (SAU) rapportserie (2017:1_11).

Arkeologerna

010-480 80 00

info@arkeologerna.com

www.arkeologerna.com

Upplandsmuseet

018-16 91 00

info@upplandsmuseet.se

www.upplandsmuseet.se

Societas Archaeologica Upsaliensis (SAU)

018-10 79 30

post@sau.se

www.sau.se

Upphovsrätt, där inget annat anges, enligt Creative Commons licens CC BY.

Villkor på <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/se>

Layout: Franciska Sieurin-Lönnqvist, Arkeobild.

Omslag: Svanen är projektets symbol. Det är en stiliserad bild av ett exklusivt och helt unikt beslag i glasemalj med silverram, som påträffades i höjd med gravfältet under förundersökningen. Fyndet dateras till vendeltid.

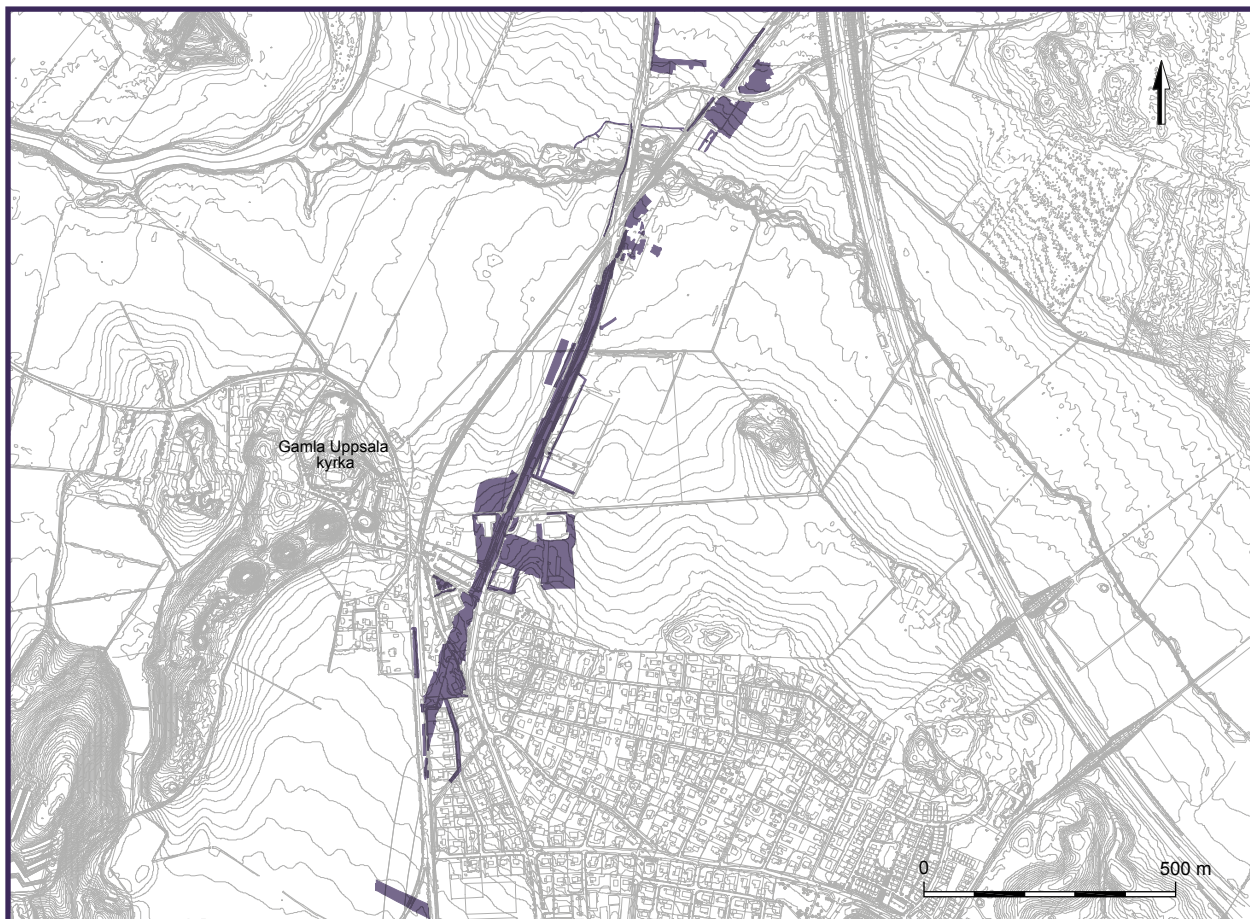
Illustration: Franciska Sieurin-Lönnqvist, Arkeobild.

Tryck/utskrift: Rapporten finns digitalt på <http://samla.raa.se>.

Innehåll

Om rapporteringen från det arkeologiska projektet	
Utbyggnad av Ostkustbanan (OKB) genom Gamla Uppsala	7
Inledning	9
Bakgrund	9
Metallhantverket i Gamla Uppsala	9
Fältarbete	9
Specialregistrering och analys- och tolkningsarbete	10
Syfte och frågeställningar	11
Socioekonomisk mångfald	11
Rituella uttryck	11
Platsens urbanitet	11
Material, provurval och metoder	13
Provurval	13
Okulär granskning av slagg, metaller och teknisk keramik	13
Provtagning av slagg, metaller och teknisk keramik	13
Arkeometallurgiska analysmetoder: Slagg, metaller och teknisk keramik	14
Optisk mikroskopi	14
Totalkemisk analys	15
Elektronmikrosond – mikrokemisk analys	16
Blyisotopanalys	16
Arkeometallurgiska begrepp	18
Resultat	19
Guld	19
Fördelning av guld i området	19
Provurval av guld	19
Analys av metallrester ur deglar – resultatsammanfattning	19
Kopparlegeringar och andra metaller/legeringar	21
Fördelning av kopparlegeringar och andra metaller/legeringar i området	22
Provurval av kopparlegeringar och andra metaller/legeringar	22
Analys av kopparlegeringar och andra metaller/legeringar – resultatsammanfattning	26
Järn	36
Fördelning av järn i området	38
Provurval av järn	38
Analys av järnprov – resultatsammanfattning	38
Slagg	41
Fördelning av slagg i området	41
Provurval av slagg	41
Analys av slagg – resultatsammanfattning	41
Slagg från smedja 2198 – jämförande kemi	45
Malm	47
Fördelning av malm i området	47
Provurval av malm	47
Analys av malm – resultatsammanfattning	47
Deglar	49
Fördelning av deglar i området	49
Bakgrund provurval deglar	49
Provurval av deglar	50
Analys av deglar – resultatsammanfattning	50
Gjutformar	51
Fördelning av gjutformar i området	52
Provurval av gjutformar	52
Analys av gjutformar – resultatsammanfattning	52
Övrig teknisk keramik – kärl	53
Fördelning av övrig teknisk keramik – kärl i området	53
Provurval av övrig teknisk keramik – kärl – resultatsammanfattning	53
Blåstermunstycken	54
Fördelning av blåstermunstycken i området	54
Provurval av blåstermunstycken	54
Analys av blåstermunstycken – resultatsammanfattning	54
Infodring	54
Fördelning av infodring i området	55
Bakgrund provurval infodring	55
Provurval av infodring	55
Analys av infodring – resultatsammanfattning	55
Konstruktioner	58
Smedja – en definition	59
Verkstad – en definition	60
Källkritiska aspekter	60
Smedjor	61
Metallverkstad	62
Gjuthårdar	62
Övriga kontexter	62
Resultatsammanfattning metallhantverk	64
Järnålder	64
Medeltid	65
Tolkning och diskussion	66
Ädelmetallhantverk under folkvandringstid–vendeltid	66
Guldhantverkets betydelse – en utblick	66
Hantverk med kopparlegeringar	69
Förändring över tid	69
Skillnad mellan råvaror och avfall	70
Återanvändning och omsmältning	70

Råvaror _____	70	Bilagor _____	81
Legering av olika metaller _____	70	Förklaring till bilagorna _____	81
Andra legeringar och tekniker i hantverket _____	72	Bilaga 1a. Analysdatablad guld _____	82
Järnhantverket _____	72	Bilaga 1b. Analysdatablad kopparlegeringar _____	85
Smidet och olika typer av järn _____	73	Bilaga 1c. Analysdatablad andra legeringar _____	116
Slaggen – enbart från smide? _____	74	Bilaga 1d. Analysdatablad järn _____	120
Malmen – en främmande fågel _____	74	Bilaga 1e. Analysdatablad slagg _____	130
Utblick _____	75	Bilaga 1f. Analysdatablad malm _____	136
Sammanfattning		Bilaga 1g. Analysdatablad deglar _____	137
– metallhantverk och arkeometallurgi _____	76	Bilaga 1h. Analysdatablad gjutformar _____	147
Referenser _____	77	Bilaga 1i. Analysdatablad övrig teknisk keramik _____	149
Muntliga uppgifter _____	79	Bilaga 2a. Kemiaanalyser, kopparlegeringar _____	160
Administrativa uppgifter _____	80	Bilaga 2b. Blyisotopanalyser, kopparlegeringar _____	161
		Bilaga 3. Apropå ¹⁴ C-datering av kol i järn _____	162
		OKB-projektets publikationer _____	163



Undersökta ytor inom OKB-projektet. Skala 1:15 000.

Om rapporteringen från det arkeologiska projektet Utbyggnad av Ostkustbanan (OKB) genom Gamla Uppsala

Anledningen till de arkeologiska undersökningarna var Trafikverkets utbyggnad av dubbelspår genom Gamla Uppsala. Projektet pågick mellan år 2012–2017. Under de första åren genomfördes omfattande fältundersökningar. Hela projektet har publicerats i en egen rapportsvit *Arkeologerna 2017:1_1–23*. Rapporterna finns att tillgå på Riksantikvarieämbetet/samla.

Rapport 2017:1_1 innehåller den vetenskapliga fördjupningen, en artikelsamling baserad på projektets vetenskapliga frågeställningar och tematiska ingångar. Rapport 2017:1_2 är en inledande Projektintroduktion för hela det arkeologiska projektet med bakgrund, frågeställningar, analys, ¹⁴C-tabeller m.m. Rapporterna 2017:1_3–9 utgörs av kataloger för respektive kategori av tolkade lämningar i form av bland annat hus, gravar, aktivitetstyper, brunnar och stolpfundament.

Föremålsmaterialen är samlade i en separat rapport, 2017:1_10. Specialanalyser såsom osteologi, växtfynd, keramik, metallurgi och geoprospektering redovisas i rapporterna 2017:1_11–17. Slutligen är övriga analyser och konserveringsrapporter publicerade i rapporterna 2017:1_18–23.

Samtliga rapporter och övriga publikationer som givits ut i samband med OKB-projektet presenteras i en tabell sist i denna rapport. Utöver dessa är en populärvetenskaplig bok planerad att ges ut av Norstedts förlag.

Det arkeologiska projektet är ett samarbete mellan Arkeologerna vid Statens historiska museer, Upplandsmuseet och SAU (Societas Archaeologica Upsaliensis).

Inledning

Bakgrund

Under åren 2012–2014 genomfördes särskilda arkeologiska undersökningar inför byggandet av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala, Uppsala socken och kommun, Uppland. Det arkeologiska arbetet har utförts som ett samarbetsprojekt mellan Arkeologerna, SHMM, Upplandsmuseet (UM) och Stiftelsen Archaeologica Upsaliensis (SAU). Arkeologerna, SHMM, är huvudman. Projektledare och ansvarig för projektet är Lena Beronius Jörpeland, Arkeologerna, SHMM.

Det undersökta området uppvisar en stor kronologisk och innehållsmässig bredd. Lämningar finns från bronsålder till modern tid, även om tyngdpunkten i de undersökta lämningarna ligger i äldre järnålder fram till 1600-tal. Fornlämningarna omfattar boplatzlämningar från äldre och yngre järnålder, omfattande by- och gårdslämningar från yngre järnålder–medeltid inom projektets centrala delar, rader med stenfundament, våglämningar, odlingslager samt delar av ett gravfält med brandgravar från yngre järnålder.

Det arkeologiska projektets syfte och målsättningar formulerades i enhetlighet med länsstyrelsens förfrågningsunderlag om att undersökningen ska generera ny kunskap om Gamla Uppsala: ”Fokus ska ligga på järnålder och medeltid men det rör sig om en centralplatsmiljö med stort tidsdjup och det är angeläget att ha ett brett kronologiskt perspektiv”. Ett övergripande syfte som utformades inom projektet var att belysa ”Landskapande och samhällsbyggande i Gamla Uppsala under järnålder och medeltid”. Som en del i projektet formulerades tre teman: ”Socioekonomisk mångfald”, ”Rituelle uttryck” och ”Platsens urbanitet”. För en utförligare presentation av projektets upplägg och genomförande hänvisas till Projektintroduktionen (Beronius Jörpeland 2017).

Metallhantverket i Gamla Uppsala

Eftersom det redan vid förundersökningen av platsen framkom att fyndmaterialet var stort och varierat valdes en systematisering inför registreringen i Intrasis. Fynden grupperades i fyndkategorier, med

flera undertyper, knutna till användningsområde. Det är fyndens sista användningsområde som är styrande för val av kategori. En av dessa kategorier är *Hantverk och produktion*, med undertyp *Metallhantverk*. Geoarkeologiskt Laboratorium (dåvarande GAL), Arkeologerna, SHMM, Uppsala, har i samarbete med Stilborg keramikanalys (SKEA) utfört arkeometallurgiska analyser av material som hör till fyndkategorin *Metallhantverk*. Resultaten från dessa analyser presenteras i denna rapport.

Materialet har även behandlats huvudsakligen i två artiklar: *Smeden – en aktör i järnhanteringens långa kedja* (Englund & Hjärthner-Holdar 2017) och *Med hallen inom synhåll – centralplatsyttringar vid gårdarna* (Göthberg m.fl. 2017) i projektets vetenskapliga rapport.

Fältarbete

Från Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) deltog följande personer; Mia Englund, arkeolog med specialistkompetens inom arkeometallurgi och arkeometallurg Eva Hjärthner-Holdar. Syftet med denna insats har varit att tillvarata källmaterialets potential på ett optimalt sätt, och samtidigt skapa en dynamisk och tvärvetenskaplig arbetsmiljö.

Under fältarbetet ansvarade GAL för undersökningar av processanläggningar samt tillhörande kontexter. Detta har varit möjligt genom att Mia Englund varit delaktig i och ingått i arbetslagen under hela fältarbetsfasen, och därmed kunnat undersöka kontexter på samtliga detaljtytor vid behov. Mia Englund har även regelbundet besiktigt samtliga detaljtytor för att identifiera processanläggningar men också för att fånga upp frågor från projektgruppen. Eva Hjärthner-Holdar har också deltagit i fältarbetet men främst genom att bistå med bedömningar av arkeometallurgiska kontexter samt genom undersökning av processanläggningar.

Undersökningarna har genomförts inom ett antal skilda detaljtytor som har planerats av Trafikverket för att logistiken kring samhällsfunktionerna i Gamla Uppsala skulle kunna fungera. Dessa detaljtytor har senare sammanförts i ett mindre

antal delområden. Såväl detaljtor som delområden har utgjort en rumslig stomme i det efterföljande bearbetnings-, analys- och tolkningsarbetet (se vidare *Projektintroduktion – om det arkeologiska projektet* av Beronius Jörpeland 2017).

Specialregistrering och analys- och tolkningsarbete

Projektledare för det arkeometallurgiska projektet var Eva Hjärthner-Holdar. Mia Englund har genomfört och haft ansvaret för specialregistreringen av det arkeometallurgiska fyndmaterialet. Dessutom ansvarar hon för texten kring beskrivning av alla materialkategorier, kapitlet om arkeometallurgiska begrepp samt kapitlet om konstruktioner. Hon har också formulerat basen för provurvalet utifrån ett helhetsperspektiv där väldefinierade hantverkskontexter varit i fokus.

Det arkeometallurgiska analysarbetet har utförts av Erik Ogenhall och Lena Grandin. Erik

Ogenhall har ansvarat för analyserna och texten kring materialet från järnhantverket, d.v.s. järn, slagg och malm. Lena Grandin har ansvarat för analyser och tolkningar av hantverket som omfattar övriga metaller såsom ädelmetaller och kopparlegeringar. Ole Stilborg (SKEA) har ansvarat för analyser och tolkningar av den tekniska keramiken som omfattar deglar, gjutformar, andra typer av keramiska kärl knutna till metallhantverk, blästermunstycken samt infodringar från såväl gjuteri- som smideshärddar. Ole Stilborg har också ansvarat för formulerande av frågeställningar och det detaljerade provurvalet i relation till det. Alla dessa tre har dessutom huvudansvaret för texterna i relation till respektive materialområde.

De underkonsulter som har anlitats för diverse provpreparering eller genomförande av analyser, presenteras tillsammans med de administrativa uppgifterna och i metodbeskrivningarna.

Syfte och frågeställningar

Det är känt att metallproduktionen är en av de viktigaste ekonomiska verksamheterna i Sverige. Samma situation rådde troligtvis under förhistorisk tid. Vi har många både stora och mindre verkstadsplatser med gjuteri för olika typer av kopparlegeringar samt både guld- och silversmide. Det fanns en stor järnproduktion, vilket alla järnframställningsplatser från förhistorisk tid i form av blästplatser visar. Senare, redan under 1100-talet, skedde framväxten av masugnstekniken som ytterligare ökade järnproduktionen och handeln. Det finns också undersökningar som antyder att produktionen av koppar i Falun kommer igång under yngre järnålder/tidig medeltid (Eriksson & Qvarfort 1996). Hur fungerade denna järn- och metallproduktion i förhållande till det vi vanligtvis benämner centralplatser? Var fanns kontrollen över denna produktion och i så fall i vilken del av den? Detta är en av de centrala frågorna kring vår metallproduktion och manufaktur. När bergsmännen träder fram i historien under tidig medeltid ser vi dessa som ägare av mark och som innehavare av andel i gruvor och hyttor för både järn och koppar. De är dock beroende av införsel av förnödenheter då deras markinnehav i mycket stor utsträckning utgör råvara (skog och äng) för deras verksamhet. Utmärkande för denna grupp är att den dessutom innehar hög status och är en maktfaktor i samhället. Detta gäller även för kopparproduktionens manufakturledsutövare, gjutarna, som deltar utifrån höga positioner i städernas styrning (Englund och Hjärthner-Holdar 2011).

I detta ljus bör vi se Gamla Uppsala och dess metallhantverk och om möjligt via olika analyser av socioekonomi, rituella uttryck och urbanitet få en uppfattning om järn- och metallhantverkets betydelse liksom utövarnas det vill säga smedernas och gjutarnas plats och status i samhället.

I projektet för Gamla Uppsala finns tre teman där även järn- och metallhantverket har en roll. Kemiska och metallografiska analyser i kombination med analys och rekonstruktion av processanläggningar, antingen de som är enskilt liggande eller i byggnader, utgör tillsammans med verktyg

(som dock ej behandlas i denna rapport) de hjälpmedel som kan sätta in metallhantverken och deras utförare i de sociala, rituella och urbana sammanhangen. Frågeställningar som kan belysas utifrån ovan nämnda metoder och teorier är för de tre huvudtemana:

Socioekonomisk mångfald

- Hur omfattande och diversifierat var metallhantverket? Varifrån kom råvarorna och i vilken form? Hur kontrollerades metalltillgången? Vilken produktionsinriktning hade man, vad tillverkades? Rör det sig om stationära eller ambulera hantverkare? Vilken status hade hantverkare?
- Vilka typer av processanläggningar, tekniker och kvalitet/typ av material användes? Genom att studera detta kan vi nå kunskap om hur tekniskt innovativa hantverkarna var eller huruvida dessa tyngdes av tradition.

Rituella uttryck

- Verktyg är en viktig del av den arkeometallurgiska verksamheten. Dessa kan också utgöra symboler för hantverket vilket kan ses i exempelvis i Valsgärdes och Gamla Uppsalas båtgravar. Genom en systematisk genomgång av verktyg och andra föremål kopplade till metallhantverket kan rituella uttryck i exempelvis gravar och rituella depositioner studeras. Denna aspekt kommer dock inte att belysas i denna rapport.

Platsens urbanitet

- Genom att studera exempelvis processanläggningar, smidestekniker, legerings- och lödningstekniker kan man diskutera frågor rörande idéspridning och innovation.
- Gjuterimaterialet: med hjälp av analyser av främst teknisk keramik kan kontakter/samhörighet mellan olika centralplatser (såsom Gamla Uppsala, Helgö, Birka och Uppåkra) studeras.

- Genom att studera vilken produktionsinriktning som exempelvis smedjorna hade (bred eller specialiserad?), kan vi säga något om graden av platsens urbanitet då en mycket specialiserad produktion bör ha haft en avsättning och smeden därmed haft möjlighet att försörja sig på verksamheten. Detta är naturligtvis beroende av vilken status hantverkaren hade (fri eller bunden?) och dessutom i vilken grad och typ.

I denna analysrapport kommer grundläggande arkeometallurgiska analyser att presenteras såsom metallografiska, petrografiska och kemiska analyser där även proveniensbestämningar av koppar och kopparlegeringar ingår med bl. a. analyser av blyisotoper samt analyser av teknisk keramik. Detta för att svara på frågor angående använda tekniker, kvalitéer/typer av järn och metall, produk-

tionsinriktning, varifrån råvarorna kommer samt hantverkarnas skicklighet. Specialregistreringen och analyserna av teknisk keramik har som mål att beskriva och tolka keramiska objekt och lergods som har använts i samband med olika typer av hantverk eller har ingått i hus-, hård- eller ugnskonstruktioner. När det gäller den tekniska keramik som associerats med olika metallhantverk utgör studiet av materialval, godsblandning samt konstruktions- och processpår ett viktigt komplement till tolkningen av hantverkstraditioner, arbetsorganisation samt processanläggningar och dess funktion inom de olika grenarna av metallhantverket.

Resultaten och tolkningarna av de arkeometallurgiska analyserna, inklusive analyserna av den tekniska keramiken, är således särskilt viktiga i diskussionen kring och frågeställningarna rörande *Socioekonomisk mångfald och Platsens urbanitet*.

Material, provurval och metoder

Provurval

Basen för provurvalet formulerades utifrån ett helhetsperspektiv där väldefinierade hantverkskontexter varit i fokus. Detta för att tydligt kunna knyta samman material med kontext och därmed kunna ge svar på frågeställningar om exempelvis smedjornas/verkstädernas produktionsinriktning. Samtliga relevanta kontexter i varje övergripande objekt har studerats i Intrasis vad gäller lämpligt urval av fyndmaterial (guld, cu-leg, järn, slagg, teknisk keramik osv.). Då analyserbart material inom någon kategori saknats (exempelvis järn från en smedja) har sökningen vidgats till objektets närområde, exempelvis en samtida brunn, där avfall från smedjans verksamhet teoretiskt sett kan ha deponerats.

Hänsyn har även tagits för att i möjligaste mån kunna täcka in området/projektet vad gäller tidsdjup och metallhantverkets utbredning i rummet. Ett större provurval gjordes våren 2013, baserat på fynd från 2012 års undersökningar. Ett mindre antal prover ”sparades” för möjliggöra ett kompletterande urval från 2013 års undersökningar (från 2014 års undersökningar framkom inget arkeometallurgiskt fyndmaterial). Samtliga tydliga processanläggningar/hus kopplade till metallhantverk härrör dock från 2012 års undersökningar varför den största andelen av prov är fokuserade till områden undersökta detta år.

I detta sammanhang bör vi påtala att det endast är avfallsmaterial från kategorin ”Hantverk och produktion”, undertyp ”Metallhantverk”, samt material från kategorierna ”Slagg GAL” och ”Teknisk keramik” som ingår i analysuppdraget. Det rör sig främst om avfall från något processled i gjutningen eller smidet, eller råmaterial för hantverket. Inga föremål har ingått i analysuppdraget. Det innebär att det inte har gjorts någon korrelation mellan det lokala hantverket och de föremål som varit i bruk eller gravlagts. Det är därmed inte möjligt att se i vilken utsträckning som det varit en lokal tillverkning och i vilken omfattning import av färdiga föremål i respektive kategori, har skett. Det betyder dessutom att det finns möjligheter att

indirekt visa att vissa hantverksprocesser kan ha ägt rum, men inte att de produkter vi ser från ett sådant hantverk verkligen är framställda av hantverkarna i Gamla Uppsala.

Okulär granskning av slagg, metaller och teknisk keramik

Slagger och järn granskas inledningsvis okulärt och karaktäriseras med avseende på bland annat form och typ. Slagger karaktäriseras även med avseende på grad av magnetism. De delas och tvärsnittet undersöks för att få ytterligare information om sammansättning och om de är homogent eller heterogent uppbyggda.

Den tekniska keramiken granskas på motsvarande sätt och prover tas för att kunna bestämma vilka material som har använts. Ett av ändamålen med specialgranskningen är att den skall utgöra underlag för ett representativt urval av analysmaterial. Därutöver ska den ta fram data för variationer i objekt- och fragmentstorlek som utgångspunkt för beräkningar av storleken på anläggningar och objekt (t.ex. deglars volym) och ligga till grund för jämförelse med andra fyndplatser.

Provtagning av slagg, metaller och teknisk keramik

Slagg från järnframställning provtas för kemisk analys genom att ett avsågat stycke skickas till ett kemilaboratorium (ALS i Luleå), medan slagg från smide endast i undantagsfall undersöks kemiskt. Primärsmidesslagg undersöks dock kemiskt då denna har en kemi som överensstämmer med järnframställningsslagg. Slaggen undersöks även i mikroskop (tunnslip) bl.a. för att exakt se vad som analyserats kemiskt, men också för att se hur den är uppbyggd (se separat beskrivning).

Tunnslip tillverkas (externt av MINOPREP i Hunnebostrand) av en bortsågad skiva av slaggen som limmas på ett objektglas och slipas/poleras ned till ett mikroskopiskt tunt prov (ca 0,03 mm). Sågsnittet placeras och orienteras vanligen så att tunnslipet kommer att innehålla både slaggens yta och dess inre så att alla ingående delar representeras.

Syftet med den kemiska analysen av järnframställningsslagg (inkl. primärsmidesslagg) är bland annat att få kännedom om sammansättningen, vilken antyder vilken malm som har använts. Malmen har i sin tur fått sin kemiska signatur från den geologiska miljön där den bildats. Därför är det viktigt att man analyserar material som är resultat av framställningsprocessen, vilket innebär att andra komponenter, som bränd lera från eventuella ugnsväggar eller sandigt och grusigt material som smält fast från underlaget, inte får ingå. Dessa material har inte aktivt deltagit i processen och har inte heller sitt ursprung i den malm som använts. Därför har allt sådant tagits bort i provhanteringen så att endast slagghalten har ingått i proverna som analyseras kemiskt.

Vanligtvis undersöks kemiskt analyserade slaggar också i mikroskop för att exakt veta vad som har analyserats och för att kunna se hur slaggen är uppbyggda. Det är också möjligt att särskilja slaggar som stelnat innanför blästugnens väggar från dem som runnit ut och stelnat utanför.

Metallprov (järn, Cu-legeringar m.fl.) gjuts in i en plastpuck som slipas och poleras och sedan analyseras i mikroskop och ibland även med elektronmikroskop, d.v.s. kemisk analys i mikroskala.

Den tekniska keramikens delar också och provtas för tillverkning av tunnslip på samma sätt som slagg.

Arkeometallurgiska analysmetoder: Slagg, metaller och teknisk keramik Optisk mikroskopi

Slagg, järn och andra metaller undersöks i mikroskop för att se hur de är uppbyggda. Utseendet i mikroskala visar bl.a. detaljer om slaggbildning som avslöjar under vilka temperatur- och syreförhållanden som slaggen har stelnat. Detta i sin tur säger något om slaggen har bildats i eller utanför en ugn, eller i en härd, och om processen varit homogen eller heterogen. Även järnets ingående komponenter kan i stor utsträckning identifieras i mikroskopet.

De petrografiska undersökningarna utförs i påfallande (planpolariserat) ljus för att identifiera materialets olika komponenter och texturella drag. Undersökningarna görs i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop (upp till 500× förstoring) utrustat med integrerad datoransluten kamera för kontinuerlig digital dokumentation av analyserna.

Kopparlegeringar och ädelmetaller

Polerade prover av kopparlegeringar, blylegeringar och ädelmetaller undersöks i mikroskop för att bedöma typ av metall/legering och hur denna är tillverkad och bearbetad.

I mikroskopet kan variationer i den kemiska sammansättningen hos kopparlegeringar anses som fläckvisa färgskiftningar där rödare partier är kopparrika (ofta nästan ren koppar) medan blekare nyanser är (förhållandevis) rika på tenn, zink och/eller andra metaller som t.ex. antimon, silver och arsenik. Även grå faser, närmast droppar, är vanligt förekommande och utgörs vanligen av bly. Andra faser som oxider eller sulfider kan också förekomma i legeringarna i grå nyanser. Färgskiftningarna, som speglar den kemiska variationen, kan uppvisa en dendritisk textur (mönster) som bildas vid gjutningen. Om föremålen är bearbetade/smidda framträder en annan textur med ibland tydligt deformerade korn.

Guld och silver uppvisar också olika färgskiftningar beroende på proportionerna mellan de ingående ämnena, där vanligen också koppar ingår i lägre halter och påverkar färgen. Silver och/eller guld kan förekomma som tunna skikt på kopparlegeringar där det är möjligt att med texturens hjälp se om kontaktytorna varit uppvärmda och om någon mekanisk bearbetning har skett.

Järn

Järnprov poleras och undersöks först med avseende på eventuellt slagginnehåll, därefter etsas järnet med 2 % nitallösning. Denna påverkar metallen olika beroende på sammansättning och metoden används bl.a. för att bedöma kolinnehåll i järn; om det är ett mjukt kolfritt järn, stål (med upp till 2% kol) eller gjutjärn, som innehåller över 2 % kol. Termer som används för att beskriva järn inkluderar *ferrit* som är det mjuka (rena) järnet utan kol, *cementit* som är en förening av järn och kol (Fe_3C), och *perlit* som är en struktur (textur) uppbyggd av omväxlande ferrit och cementit. I grått gjutjärn finns även bl.a. *grafitlameller* eller *grafitfjäll* som är tunna skivor av rent kol. En struktur som kan bildas vid avsvälning i vitt gjutjärn är *ledeburit*, som består av en blandning av cementit och perlit. Generellt medför en större mängd perlit en högre kolhalt och ett hårdare järn. Innehåll av bl.a. fosfor och nitridnålar i järnet är också möjligt att se i mikroskopet.

Slagg

Slagg består huvudsakligen av mineralen *olivin* och *wüstit* samt av *glas*. Förekommande mineral är också *magnetit*, *leucit*, *hercynit*, *limonit* och ofta finns även en mindre mängd metalliskt järn närvarande. *Olivin* är ett silikatmineral med den allmänna formeln A_2SiO_4 , där A oftast är järn (s.k. fayalitisk sammansättning) men även mangan, magnesium och kalcium kan förekomma i mindre

mängder. Järnoxiden *wüstit*, FeO, är också ett mycket vanligt inslag i slagger. Om höga koncentrationer av wüstit förekommer är slaggens totala järnhalt vanligtvis också hög. Glas utgör slaggernas ”restsmälta” och kan därför variera kraftigt i sammansättning beroende på vilka mineral som tidigare kristalliserat, slaggerens totalsammansättning och avkylningsförlopp. Järnoxiden *magnetit*, Fe₃O₄, kan förekomma i stället för wüstit om temperatur och/eller syretryck är tillräckligt högt och ibland förekommer ännu mer oxiderade järnfaser som *hematit/maghemit* (Fe₂O₃) på slaggens yta. Detta innebär att det är möjligt att särskilja slagger som stelnat i eller utanför en ugn (tappslag eller smidesslagg). Höga aluminiumhalter i kombination med höga kaliumhalter återfinns i mineralet *leucit*, KAlSi₂O₆, som i vissa slagger kan förekomma i stället för den vanligare glasfasen. Mineralens kornstorlekar är också betydelsefulla där finkorniga slagger visar snabb avkylning och grovkorniga långsam avkylning. Det senare visar vanligen på avsvälning inne i blästugnen.

Teknisk keramik

Tunna preparat av teknisk keramik, i form av tunnslip som är 0,03 mm tjocka, analyseras på liknande sätt som slagg, i ett polarisationsmikroskop. Med denna metod kan man bedöma mängden, kornstorleksfördelningen och arten av naturligt grovmaterial (silt och sand). Vidare kan man urskilja samt bedöma mängden och kornstorleken på eventuell tillsatt magring. En mineralogisk bestämning av grovfraktionerna i leran kan göras. Lerans innehåll av bl.a. järnoxid, glimmer, malmmineral och andra mineral kan uppskattas. Vid förstoringar på 600–1000 × studeras eventuella förekomster av exempelvis diatoméer (kiselalger) och kalkfossil. När provet härrör från tekniskkeramiska fragment med anknytning till metallhantverk eller andra högttemperaturprocesser ger tunnslipet vidare möjlighet för detaljstudier av effekterna av värmepåverkingen – förglasning, sintring, blåsbildningar samt flusseffekter längre från värmekällan förorsakade av lokala anhopningar av flussande ämnen. Därutöver kan man identifiera och dokumentera fastbränd eller inträngd metall och/eller slagg samt eventuella föroreningar som t.ex. sintrade fragment från tidigare högttemperatur-aktiviteter på fyndplatsen. Slutligen kan påförda renoveringslager identifieras.

Totalkemisk analys

Slagg

Totalkemisk analys av slagg utförs av ALS minerals. Använda analysmetoder är ICP-AES för huvudämnen (oxider) och några metaller samt ICP-MS för spårämnen inklusive s.k. sällsynta jordartsmetaller. Totalt analyseras 59 ämnen i varje prov. Hela resultatet presenteras i tabellform i analysdatabladet (bilaga 1e) där huvudämnen anges som oxider och övriga som rena ämnen, även om dessa egentligen förekommer i mer komplexa former.

Syftet med kemisk analys av slagg är att få kännedom om ingående huvudämnen t.ex. järn och kisel, men också ämnen som förekommer i lägre halt eller bara som spårämnen. I all slagg från järnframställning (reduktionsslag) och smide dominerar järn och kisel och halterna är ett generellt mått på hur processen fungerat; lägre järnhalt innebär bättre utvinning ur malmen. När det gäller smidesslagg (sekundärsmide) är hög järnhalt ett tecken på att metalliskt järn tillkommit till slaggen under smidet, medan hög kiselhalt kan betyda tillsättning av vällsand (kvarts, Si-rik). Sekundärsmidesslagg kan förväntas ha ett ”utspätt” kemiskt innehåll (förutom avseende järn och kisel) jämfört med slagg från järnframställning och primärsmide. Om en malm innehåller exempelvis mangan (Mn), vilket är vanligt i sjö-, myr- och rödjord (d.v.s. limonitmalmer), så koncentreras denna i slaggen under järnframställningen medan endast små mängder följer med till järnet, vilket leder till att smidesslagg (som huvudsakligen har sitt ursprung i järnet och vällsanden) knappast kan ha signifikanta mängder mangan. Dock kan slagg från järnframställning också ha mycket låga manganhalter om malmen från början varit manganfattig. Kalium (K) i slaggen kan komma från bränslet (träkol) men också från lera i infodringen. Den senare kan även bidra med aluminium (Al).

Slagg från primärsmide har huvudsakligen en kemisk sammansättning som motsvarar den hos reduktionsslag och kan därför oftast användas på motsvarande sätt.

Allmänt om slaggkemi

Bland huvudämnen är det vanligen järn (Fe) och kisel (Si) som förekommer i högst halter i slagger från järnframställning i blästugn. Dessa ämnen utgör i stora drag ett indirekt mått på järnfram-

* Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy

** Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

ställningens effektivitet och teoretiskt resulterar detta generellt i en högre halt av kisel i slaggen ju mer järn som har utvunnits som metall för en och samma järnhalt i en malm. Andra huvudelement, t.ex. aluminium (Al), kalcium (Ca) och kalium (K) kan förekomma såväl i malmer som i ugnsväggar och bränsle och bidra med komponenter till slaggen. Bidraget från annat än malm bedöms ofta som marginellt men ska inte underskattas. Andra ämnen som dock kan vara betydligt intressantare att knyta till malmen är t.ex. mangan (Mn), fosfor (P), titan (Ti) och magnesium (Mg). De kan förekomma från någon tiondels viktprocent upp till några procent, eller som för mangan till och med tiotals viktprocent (som MnO). Fosfor är också ett ämne som är vanligt förekommande i malmer och ett hjälpmedel för att särskilja olika malmområden. Fosfor har också en effekt, mestadels positiv, på det tillverkade järnet genom att bidra till ett hårdare, men fortfarande segt, järn jämfört med det fosforfria järnet. Fosfor fördelar sig under framställningsprocessen mellan metall och slag och varför en förhöjd fosforhalt i slaggen delvis signalerar att fosforjärn kan ha tillverkats. Ämnen som förekommer i betydligt lägre halter, s.k. spårämnen kan vara av betydelse för att jämföra slagger med varandra och med malmer för att se om det finns ett gemensamt ursprung, och om detta kan kopplas till någon specifik geologisk/geografisk miljö. Bland dessa finns t.ex. barium (Ba) som ofta är korrelerat med manganinnehåll. Andra ämnen som kan vara viktiga att jämföra är nickel (Ni), vanadin (V), kobolt (Co) och krom (Cr), liksom sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements – REE).

Elektronmikroskop – mikrokemisk analys

Kopparlegeringar och ädelmetaller

För att exakt identifiera de ingående komponenterna (element/grundämnen) och deras koncentrationer i föremål av kopparlegering och ädelmetaller, har proven analyserats i en elektronmikroskop (JEOL JXA-8530F) vid CEMPEG (Centre for Experimental Mineralogy Petrology & Geochemistry) vid Institutionen för Geovetenskap, Uppsala Universitet.

Metoden innebär att en elektronstråle fokuseras på önskad punkt på provet (punkter mindre än 1µm i diameter kan analyseras, men även stora ytor) varvid röntgenstrålning som är karaktäristisk för varje element (grundämne) utsänds från analysområdet. De ingående elementen kan därmed detekteras och deras halt mätas. På detta sätt får man kvantitativa och/eller kvalitativa data av sammansättningen på de olika element som ingår i materialet.

Huvudsakligen har våglängdsdispersiv metod använts (WDS). I enstaka fall har energidispersiv metod (EDS) använts. WDS har bättre kapacitet för denna typ av legeringar och kan särskilja de flesta ämnena mycket bättre än EDS. Den senare är dock snabbare och har använts för att ta reda på om ett ämne förekommer eller ej. I några fall har det gjorts då fasen har varit för liten för kvantitativ analys av enbart en fas, framför allt blydroppar. EDS-analyser har också använts för att identifiera lättare ämnen som inte mäts med WDS, t.ex. syre.

Punktanalyserna har gjorts i varje enskild fas för att ta reda på vilka ämnen som finns fördelade i dessa (bland annat koncentreras spårämnen vanligen i den kopparfattigaste fasen). Men, tyngdpunkten har legat på att göra s.k. bulkanalyser (bilaga 2a) för att få en bild av föremålets totalsammansättning. Analyser är gjorda över ytor som är 50×50 (i ett fåtal fall 20×20) mikrometer stora. Eftersom många av legeringarna är heterogena kan dessa resultat variera varför ett medelvärde har beräknats för ytorna inom varje föremål. Bulkresultaten presenteras även i tabell för respektive fynd (bilaga 1a–c).

På metallfynden användes analysrutiner där följande element ingår: svavel (S), tenn (Sn), arsenik (As), bly (Pb), antimon (Sb), guld (Au), zink (Zn), koppar (Cu), silver (Ag), kobolt (Co), nickel (Ni), vismut (Bi), kvicksilver (Hg) och järn (Fe). Då bl.a. syre (O) inte analyseras kommer analysresultatets totalsumma minska med motsvarande mängd (under 100 %) om syre finns närvarande i analyspunkten, vilket är fallet i t.ex. oxider (se resultattabell i varje enskilt provs analysdatablad i bilaga 1a–c).

Blyisotopanalys

Kopparlegeringar

För att kunna urskilja olika kopparmalmer och för att kunna spåra deras ursprung genomförs blyisotopanalyser på ett urval av de kopparbaserade legeringarna. Även om detaljerade spårämnessammansättningar kan ses med hjälp av kemiska analyser kan sådana förekomma i kopparmalmer från flera olika malmregioner. Blyisotoper är dock mer specifika för olika malmregioner och därför bättre lämpade för tolkning om proveniens (t.ex. Stos-Gale & Gale 2009, Pernicka 2010).

En aspekt att ta hänsyn till i samband med analyserna och tolkningen av resultaten är blyinnehållet i legeringen. Eftersom det är blyisotopsammansättningen i kopparmalmen som är av intresse är det väsentligt att bly inte är tillsatt till legeringen, något som förekom under järnålderns gjutning av kopparlegeringar i varierande grad. Provurvalet gjordes därför efter att de kemiska analyserna

genomförts. Många prover har blyhalter på en sådan nivå (<2 %) att bly teoretiskt skulle kunna representera förekomst i malmen, d.v.s. att det inte är tillsatt. Ett antal prover har dock betydligt högre blyhalter varför tolkningen måste ta hänsyn till en påverkan på resultaten även från en tillsatt blykälla.

Provurvalet gjordes också med hänsyn till att koppar är legerat med olika metaller (tenn och zink) för att se om det finns likheter/skillnader mellan koppars ursprung för olika typer av legeringar. Kopparlegeringar där både zink och tenn förekommer, s.k. rödmetaller tyder på att tidigare föremål kan ha smälts om. I sådana fall blir resultaten svårtolkade eftersom de representerar en blandning

av respektive koppars ursprung och var och en kan inte urskiljas. Därför undviks rödmetaller i denna typ av analyser.

Proverna för blyisotopanalyser lämnades till Naturhistoriska Riksmuseet, Laboratoriet för isotopgeologi (LIG), där Per-Olof Persson och Kjell Billström gjorde analyserna. Analyserna genomfördes med en Micromass Isoprobe ICP-MS. På en lösning av respektive prov mäts alla isotoper samtidigt i ett multidetektorsystem. Korrigeringar sker för isobariska interferenser av ^{204}Hg och ^{204}Pb . En korrigering görs också för massfraktionering genom en intern normalisering via Tl som tillsätts till provlösningen. Resultaten presenteras i bilaga 2b.

Arkeometallurgiska begrepp

I denna analysrapport används återkommande en del arkeometallurgiska termer och begrepp. De vanligaste förklaras i detta avsnitt. Beskrivningen av de olika materialkategorierna och vilka hantverksaktiviteter de speglar finns under kapitlet ”Resultat”.

Bläster: För att åstadkomma en stark värmeutveckling som är nödvändig vid olika metallhantverk, d.v.s. en koncentrerad hetta inom ett mindre ”rum” – såsom en ässja – används bläster. Med bläster avses den koncentrerade luftstrålen som riktas in i processanläggningen. Det exakta stället där luftstrålen går in i härden kan också avses. Bläster uppnås med hjälp av en bälg.

Gjuthärd: Med gjuthärd avses en härd som brukats främst vid hantverket gjutning, men även vid andra liknande hantverk där metaller eller legeringar ska smältas i deglar eller andra eldfasta kärl. Infodringen till gjuthärdar skiljer sig typmässigt från infodring till ässjor, då infodringen i de tidigare inte vanligen kommit i direkt kontakt med metall. Olika typer av gjuthärdar förekommer under förhistorisk tid. Från järnålder är sten-/lerbyggda härdar konstruerade i marknivå samt nedgrävda typer, gropar, som uppträder parvis kända.

Härd: Härden är en konstruktion som används för att uppnå den temperatur som är nödvändig för att kunna bearbeta metall. Den exakta temperaturen varierar beroende på vilken metall eller legering som ska bearbetas eller smältas och vilken teknik som används. I härden smältes metaller (dock inte järn) eller legeringar i olika typer av kärl. Här kunde också järn värmas upp vid smide. En vanlig arbetstemperatur vid exempelvis sekundärsmide, det vill säga föremålssmide ligger mellan ca 800 och 1100 °C.

Processanläggning: Samlingsbegrepp för olika typer av anläggningar som rör metallhantverk där höga temperaturer uppnås i syfte att bearbeta metall eller reducera malm.

Sintrad/förglasad: Mellan dessa två begrepp/tillstånd finns en skillnad som är viktig för förståelsen av såväl konstruktion som funktion av ässjor och gjuthärdar. ”Smält” är ett begrepp som är i princip liktydigt med förglasad, men ”smält” är också ett bredare uttryck och förglasad är därför

det föredragna ordet i beskrivningen av teknisk keramik. I frånvaron av flussmedel är skillnaden mellan sintring och förglasning enbart relaterad till temperatur. En kvartär moränlera når vanligtvis ett förglasat tillstånd vid 1300–1350 °C. Dessa temperaturer ligger över den vanliga arbetstemperaturen i en ässja och det är således med största sannolikhet kontakten med flussmedel i form av metalloxider och den därav följande sänkningen av smälttemperaturen som resulterar i en förglasad yta på insidan av en infodring. Om infodringen räcker hela vägen runt i härden och bälgan är stationär bör det finnas en gradering i bränningen av fodringen med den tydligaste sintringen/förglasningen närmast blästeröppningen.

Städstabe: Vid smidet är själva städet vanligtvis fäst på ovansidan av en trästabe. Stabben är en relativt grov, vanligen ca 60–70 cm i diameter, trästock som utgör ett stabilt underlag för städet i järn. Stabben kan vara placerad direkt på smedjans golv, eller så kan den ha grävts ned en bit i golvet. En smedja kan ha flera städ. Städet/städen är oftast placerade en bit ut på golvet.

Ugn: Ugnen är en konstruktion av en viss höjd som används för processen att utvinna metall ur malm genom reduktion. I ugnens schakt, varvas kol och malm som sakta sjunker ner i schaktet och en reduktion sker. Under reduktion bildas metall och slagg. Generellt uppnås högre temperaturer i en ugn, jämfört med i en härd. Inom arkeometallurgi görs skillnad mellan processanläggningarna *ugn* och *härd*.

Ässja: Ässjan, eller smidshärden är den mest primära konstruktionen i en smedja. Olika typer av ässjor förekommer under förhistorisk tid, men från sen vikingatid och fram in i historisk tid är det den uppbyggda härdpallen som dominerar. I äldre tider, redan under romersk järnålder, brukades sten-/lerbyggda ässjor som var konstruerade i marknivå. Den undre delen av dessa typer av ässjor, *slagguppsamlingsgropen*, kan vara nedgrävd under marknivån. I denna grop samlas främst slagg under smidet. Ässjan kan vara placerad en bit ut på golvet i smedjan, alternativt är ässjan placerad in mot en vägg för att frigöra mer golvyta i smedjan (Englund m.fl. 1996; Hjärthner-Holder m.fl. 1999).

Resultat

Resultaten av de olika materialanalyserna presenteras kategorivis, i det här fallet består kategorierna av; guld, kopparlegeringar och andra metaller, järn, slagg, och malm. Den tekniska keramiken presenteras under kategorierna deglar, gjutformar, övrig teknisk keramik-kärl, blästermunstycken och infodring. Under varje kategori beskrivs det aktuella fyndmaterialet avseende mängd, typ, vilket hantverk det representerar samt dess spridning inom undersökningsområdet. Därefter följer en beskrivning av provurvalet samt en sammanfattning av analysresultaten. Varje analyserat fynd beskrivs i detalj på separata analysdatablad i bilaga 1 där foton av hela fynd såväl som foton från mikroskop och i förekommande fall kemiska analyser presenteras i detalj. Resultatkapitlet avslutas med ett avsnitt som kopplar samman konstruktionerna/hantverkskontexterna med de analysresultat som finns för varje kontext.

Guld

Inom projektet framkom guldfynd som tolkas häröra från aktiviteter med metallhantverk inom flera områden. Guldets påträffades som enstaka smältor eller som mindre gulddroppar i fragment av teknisk keramik. De tydligaste spåren efter guldsmede finns inom område *Storby backe*. Från detta område finns ett flertal fyndposter av deglar med guld i godset. Deglarna är både av den slutna, och den höga/öppna typen. Ett fynd av en skärvel inom område *Veterinärvillan* hade även den ett flertal gulddroppar insmälta i godset. I de senare exemplen är kopplingen till hantverk tydligare eftersom metallen påträffas i keramiska kärl som användes vid olika processer inom metallhantverket. De processer som makroskopiskt, före analyser, tolkas ha förekommit vid guldsmedet är gjutning (deglar) samt testning (skärvel).

Fördelning av guld i området

Fynd av guld som tolkas tillhöra metallhantverket fanns inom område *GUSK, Storgården, Storby backe* samt område *Veterinärvillan* (fig. 1). Gulds smältorna är 3 till antalet och dessa framkom inom område *GUSK, Storgården* och *Storby backe*.

Deglar med guld i godset har noterats i 8 fyndposter, dessa påträffades endast inom område *Storby backe*. Ett av dessa fragment påträffades i en ränna tillhörande hus 698, de övriga fanns i lager 3060 – ett avfallslager med sekundärt deponerat avfall från härdar. I detta lager fanns även gulds smältan från området. Ett fragment som tolkas utgöra en skärvel från område *Veterinärvillan* visade sig vid noggrann granskning innehålla förmodade gulddroppar. Fragmentet hittades i fyllningen till brunn 1171 inom området.

Provurval av guld

I åtta av deglarna från DY4 (*Storby backe*) kunde droppar av guld observeras vid noggrann granskning. Sex av deglarna är av slutna typ, två är av den öppna typen (se ovan). De flesta dropparna är små, betydligt mindre än 1 millimeter i diameter, men ett fåtal är något större. Fyra droppar från tre deglar har valts ut för analys. I degel F2074 (sluten) observerades en ca 2 millimeter stor droppe insmält i degelväggen längs en brottyta (fig. 2). I degel F2085 (sluten) noterades en droppe ca 1 millimeter stor, också den i en brottyta i degelväggen, tillsammans med flera mindre droppar i sprickor. I F2078 (öppen) fanns flera mindre droppar på degelns insida, den största ca 1 millimeter stor (fig. 3).

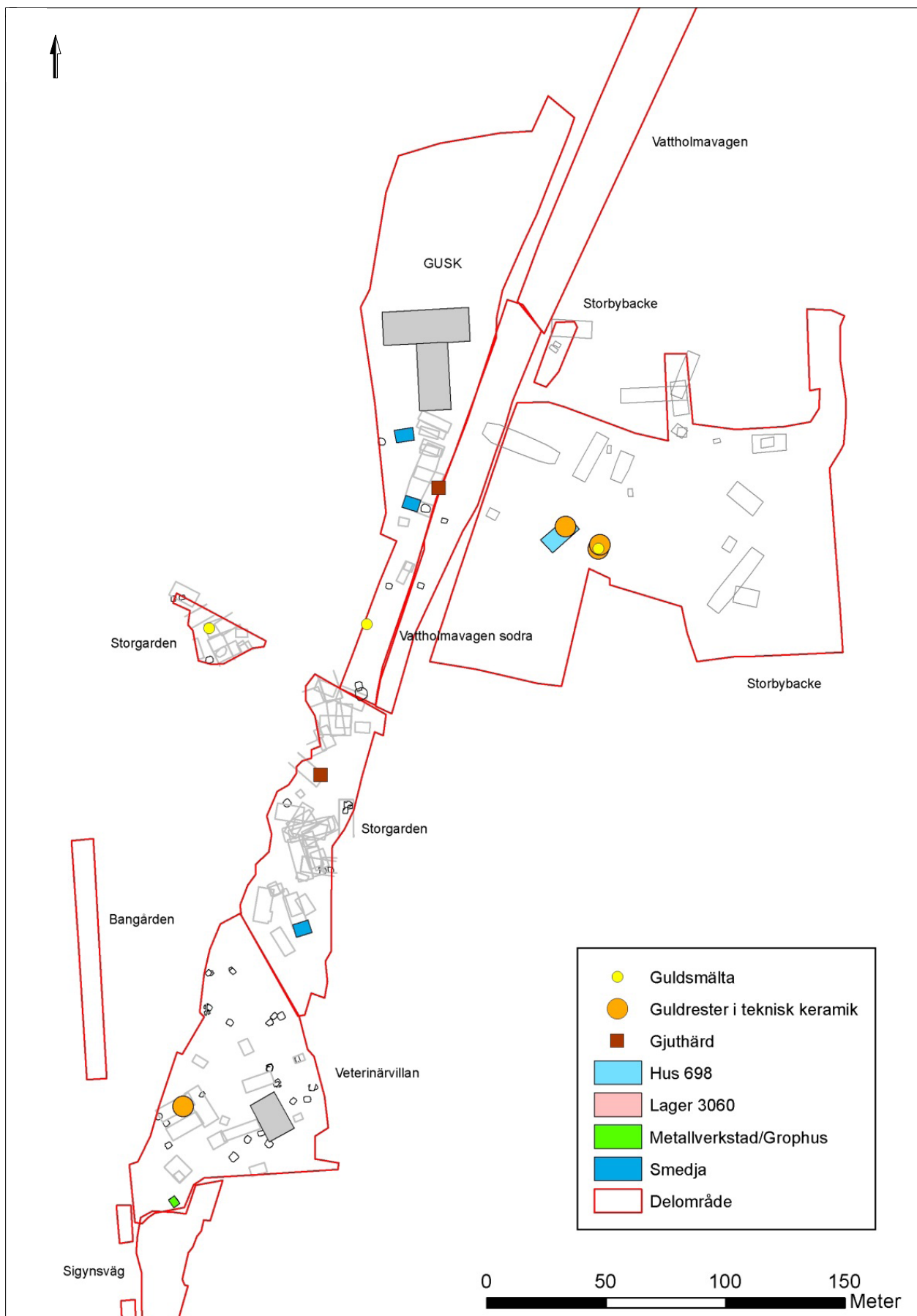
Analys av metallrester ur deglar

– resultatsammanfattning

Guld – med innehåll av silver och koppar

Samtliga analyserade gulddroppar är en legering av guld, silver och koppar. Proportionerna mellan de tre ämnena skiljer sig dock åt något. Dropparna från F2074 och F2078 (2 st.) har högst guldhalt på ca 76–77 %. I droppen från degel F2085 är guldhalten betydligt lägre, endast ca 56 %. Silver utgör stora delar av resten med 16–18 respektive 36 % (fig. 4). Kopparhalten varierar mellan ca 2 och 4 %. I dropparna finns också kvicksilver i halter på ca 1 %.

Även om guld kan vara naturligt legerat med såväl silver som koppar är det rimligt att anta att det här också är fråga om en medveten



Figur 1. Spridning av guldsmältor samt teknisk keramik med guldrester inom projektet. Visad mot bakgrund av delområden och identifierade hus.



Figur 2. Degel F2074 med en ca 2 millimeter stor droppe insmält i degelväggen längs en brottyta. Fotot är taget genom stereolupp.



Figur 3. Degel F2078 med flera droppar på degelns insida, den största ca 1 millimeter stor. Två av dem är analyserade.

blandning, eller snarare flera olika blandningar, med tanke på de bitvis höga halterna av såväl silver som koppar. I diskussionen återkommer vi till detta och gör en jämförelse med andra platser med guldhantverk som har analyserats. Innehållet av kvicksilver kan också nämnas ytterligare. Teroetiskt kan vi tänka oss flera olika anledningar till att kvicksilver förekommer tillsammans med guld. Det skulle kunna hänföras till råvarans utvinning eller till hantverksprocesser där kvicksilver blandats med guld. Det senare görs bland annat vid förgyllningar där ett kvicksilverhaltigt ämne, som amalgam, blandas med guld för att påföras på någon annan metall och sedan upphettas (brännförgyllas). I den förberedande processen smälter dock inte ämnena samman på så sätt att de förväntas åstadkomma droppar i deglar. Dessutom är kvicksilverhalten i dessa fall betydligt högre. Alternativet med omsmältning av brännförgyllda föremål förefaller orimligt eftersom guldhalten dominerar i dropparna. Ett betydligt större inslag av andra metaller skulle i så fall förväntas. Kviksilverret kan mer troligt vara en rest från utvinningen av guld, då finfördelat guld har kunnat utvinnas genom behandling med kvicksilver (se Kresten m.fl. 2001 och referenser däri).

Det är dessutom intressant att notera är att guld i de båda slutna deglarna har olika sammansättning, medan guld i den öppna degeln liknar det i en av de slutna (med lägst silver). Det innebär att samma guldlegering förekommer i båda typerna av deglar.

Detaljerade analysresultat för varje prov finns i bilaga 1a.

Kopparlegeringar och andra metaller/legeringar

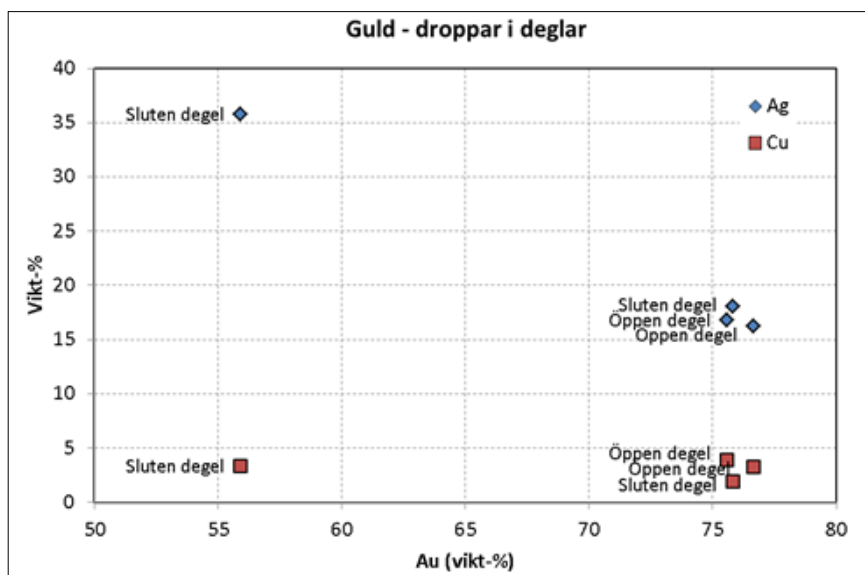
En stor del av det arkeometallurgiska fyndmaterialet av kopparlegeringar och andra metaller än ädelmetaller och järn, är antingen råämnen eller avfall. Till råämnena i metallhantverk hör *råämnena*, *klipp* och *skrotmetall*. Till avfallet hör *smältor*.

Råämnena är av typen ten eller band. Det som registrerats som *klipp* består till största del av tunna bleck med geometriska former. Detta är spår efter att dessa skurits/klippts med exempelvis plåtsaxar. *Skrotmetall* består av omvikta eller hopknycklade fynd, ofta bleck, som tolkats höra till metallhantverket. Att fynden är omvikta kan exempelvis tyda på att de förberetts för nedsmältning. Här kan även upphuggna föremål ingå. *Smältor* är metallfynd med flutna former som en gång varit i smält form. Undertyper i registreringen är gjutspill och gjuttapp. Gjutspill består av små, ofta någon millimeter stora, sfäriska smältor. Gjuttapp är den del av smältan som bildas/stelnar i gjutformens mynning.

Hantverksmässigt kan dessa fyndtyper höra samman med olika processer/hantverk. Smältorna visar att metall smälts ned inom området, för att gjuta föremål, men troligen även för andra ändamål, som exempelvis testning eller rening/avdrivning av metaller/legeringar. Skrotmetall och klipp kan ha använts som råmaterial vid gjutning, men troligen även vid plåtarbete, exempelvis vid lagning av kärl. Generellt kan smältorna ses som en mer platsbunden (speglar hantverkstillfället) föremålskategori, medan råämnena troligen uppträder både i en hantverkskontext samt i andra kontexter, som bostäder.

Materialmässigt dominerar kopparlegeringar. Totalt har 219 fyndposter av råämnena, klipp, skrotmetall och smältor av kopparlegering registrerats. Av bly finns 56 fyndposter av ovan nämnda sakord

Figur 4. Diagram som visar innehållet av guld, silver och koppar i gulddroppar från deglar. Två olika nivåer kan urskiljas där en droppe från en sluten degel (F2085) har betydligt högre innehåll av silver (drygt 35 %) än de övriga med halter mellan 16 och 18 %. Dessa kommer från såväl en öppen (F2078) som en sluten (F2074) degel.



inom projektet. Vad gäller bly (och vitmetall) finns en större kontaminationsrisk. Dessa fynd kan ha efterreformatorisk/recent karaktär eftersom en stor del av dessa fynd framkom i plöja/matjord eller andra lager utan specifik datering. Av övriga metaller/legeringar (silver, koppar, vitmetall) finns en mindre mängd. Enstaka fyndposter där metallen inte kunnat bedömas okulärt är registrerade enbart som metall.

Detaljerade analysresultat för varje prov finns i bilaga 1b och 1c.

Fördelning av kopparlegeringar och andra metaller/legeringar i området

Smältor förekommer relativt jämnt spritt över den västra delen av projektområdet (fig. 5). Det är också i denna del som den största andelen av smältor påträffades. Förtätningar av smältor finns dock inom norra delen av område GUSK samt inom område Veterinärsvillan. Inom område Storbäck fanns blysmältor relativt samlat i områdets sydöstra del; i övrigt var smältorna relativt jämnt spridda över området. Vad gäller blysmältor fanns även en förtätning inom den norra delen av område GUSK. Dessa förtätningar kan utgöra ett senare inslag. Inom område Vattholmavägen södra fanns en mindre koncentration av smältor i områdets södra del.

Vad gäller råämnen (råämnen, klipp och skrotmetall) påträffades majoriteten av fynden inom den västra delen av projektet. Några områden med koncentrationer kan skönjas; den norra delen av område GUSK, den södra delen av område Storgården samt område Veterinärsvillan. Områden som utmärker sig på olika sätt är: område Storgården med relativt många råämnen (tenar/band) i kopparlegering, och

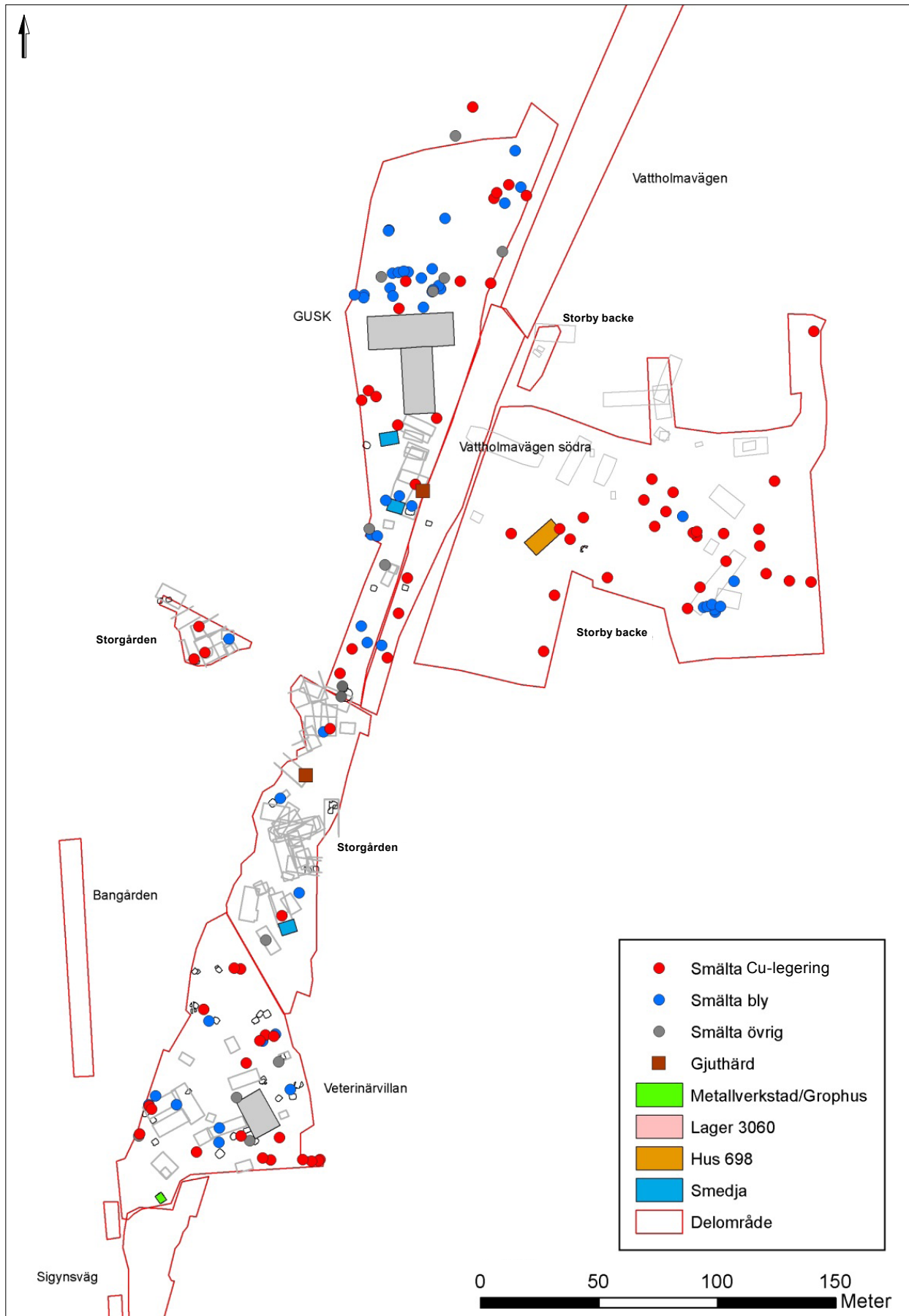
område GUSK med en större andel skrotmetall och klipp jämfört med de övriga (fig. 6).

Inom område Veterinärsvillan fanns dessutom kopparlegering i deglar inom Grophus 1126. Fördelningen av råämnen och avfall i Västra projektet, där samtliga kända metallhantverkskontexter (konstruktioner) finns, visar att några särskilda koncentrationer av detta material inte finns runt metallverkstaden, grophus 1126, eller runt de trogliga gjuterihärdarna (Härd 2742, Härd 5803) inom område Storgården och GUSK.

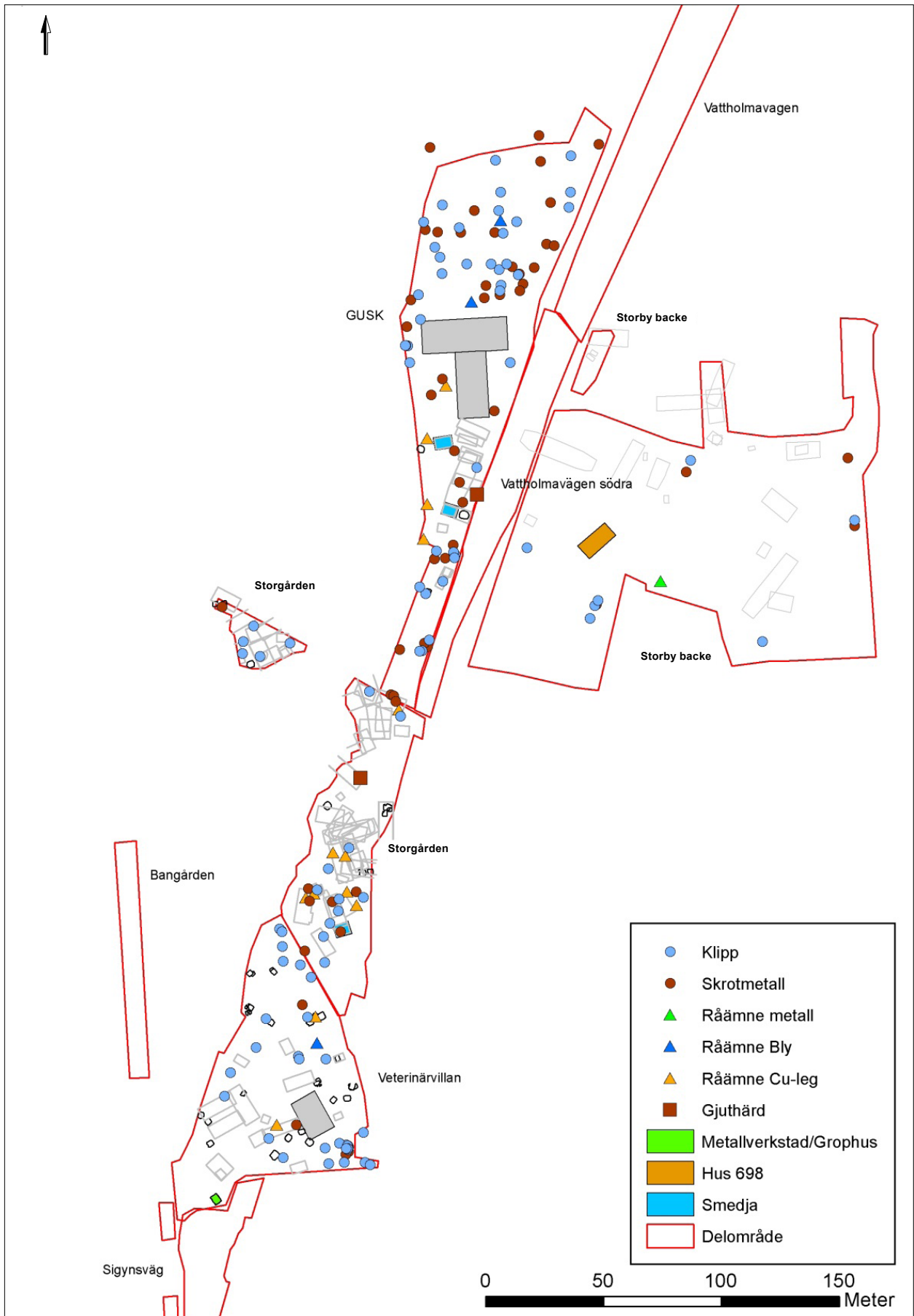
Provurval av kopparlegeringar och andra metaller/legeringar

Hantverksavfall som hör till gjutning och bearbetning av kopparlegeringar finns i tämligen riklig mängd från flera av de undersökta delområdena i Gamla Uppsala (se ovan). Några undersökta detaljtyper, där också anläggningar associerade med hantverk, är mer tydligt förknippade med t.ex. gjutning. I andra områden är det huvudsakligen materialet, i form av deglar, gjutformar, smältor, gjuttappar, klipp och skrotmetaller eller råämnen i form av t.ex. tenar och band som signalerar ett hantverk (fig. 7).

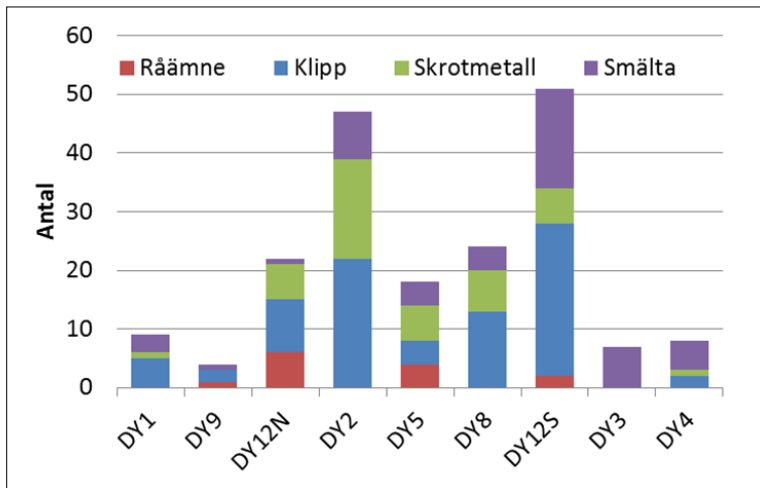
För att skapa en bild av hantverksmiljön, vilka råvaror som funnits, vilka material som använts, om rena metaller och/eller legeringar har smältts och gjutits, om omsmältning av äldre föremål har förekommit i någon större omfattning har ett urval gjorts för detaljerade kemiska analyser för att täcka in så mycket som möjligt av detta material, såväl vad gäller fyndkategori som placering på området. En del av det analyserade materialet har en mycket tydlig hantverkskontext (se ovan), medan annat saknar denna tydliga koppling och är påträffat i



Figur 5. Spridning av smältor (guld undantaget) inom de centrala delarna av projektet. Visad mot bakgrund av delområden och identifierade hus.



Figur 6. Spridning av råämnen, klipp och skrotmetall inom de centrala delarna av projektet. Visad mot bakgrund av delområden och identifierade hus.



Figur 7. Fördelning av råämnen, klipp, skrotmetaller och smältor i kopparlegeringar från de detaljtyper (DY) varierande från material har valts för analys.

ploglager inom de definierade detaljtyperna. Det innebär att utvärderingen av analysresultaten får olika tyngdpunkt i tolkningen av det lokala hantverket likväl som det ger ytterligare information kring det i de områden där anläggningar inte har påträffats. I viss mån bör också begreppet ”smältor” värderas; är det avfall från ett hantverk eller är det en sekundär effekt av kremering och skulle kunna tillhöra en gravskontext. Smältor från brandlager i gravar är dock ej registrerade under kategorin metallhantverk och ingår följaktligen inte i provurvalet. Det hindrar ändå inte att en del av smältorna som är detektorfynd ursprungligen skulle kunna härröra från en gravkontext. För att illustrera spridningen av metall (detektorfynd) kan vi helt kort notera att hantverksavfallet av kopparlegering (smältor etc.) inom DY3 och DY4 (båda i område *Storby backe*) har en likartad utbredning som föremål av kopparlegering som tillhör kategorin ”Dräkt, smycken och personlig utrustning”.

Provurvalet gjordes baserat på registreringens definiering av avfall (droppar i deglar, smältor, gjuttappar) och någon form av råämnen för gjutning för att kunna täcka in så stor variation som möjligt av dessa. Till råämnen hör t.ex. tenar. Annat råmaterial utgörs av klipp och skrotmetaller. Inom båda dessa finns bleck (se definitionerna för registreringen ovan). Urvalet baserades också på iakttagelser om färg för att kunna inkludera den variation i legeringar som detta indikerar. Med tanke på att materialet är stort totalt sett och vi ska ta hänsyn till att alla dessa fyndkategorier finns fördelade över olika detaljtyper blir urvalet ett minimum inom varje kategori. Det innebär att de resultat som kan förväntas endast kan ge en bild av en variation inom området och att det inte är tillräckligt representativt för att kunna beräkna eventuella skillnader mellan detaljtyper eller kontexter.

När provurvalet gjordes och analyserna påbörjades saknades fortfarande resultaten från ^{14}C -analyser och den kronologiska tolkningen om hur en del kontexter förhåller sig relativt varandra. Därför gjordes en del provurval från detektorfynden med fokus på det rumsliga med nära anknytning till hantverkskontexter. När de kronologiska resultaten efterhand har växt fram har det visat sig att de utvalda fynden härrör från en större spännvidd i tid än vad som först antogs. Intressant nog framkom också detta med hjälp av analysresultaten, vilket diskuteras i följande stycken.

Det ska också tilläggas att urvalet inte är fristående utan är gjort i kombination med urvalet av den tekniska keramiken; deglarna och gjutformarna, för att kunna utvärdera hantverket med hjälp av flera materialkategorier.

Huvudsakligen är det kopparbaserade legeringar som har analyserats. Ett mindre urval av det som har definierats som ”vitmetaller” eller bly har också ingått i analyserna i de områden där det bedömts att dessa har kunnat ingå i ett mer komplext hantverk, t.ex. för lödning.

Analyserna omfattar legeringarnas huvudämnen, d.v.s. koppar, tenn, zink (och bly) som visar om det är ren koppar, brons, mässing eller rödmetall (med zink och tenn). Dessa ämnen visar i vilken grad olika blandningar har använts i hantverket. I analyserna ingår också så kallade spårämnen. Dessa har som regel inte så stor effekt varken på gjutegenskaper eller på slutprodukten när de förekommer i halter på några tiondels viktprocent. I sådana fall är de mer av intresse när det gäller råvarornas ursprung eftersom de förekommer ensamma, eller i kombination, i olika malmregioner. För att spåra mer exakt var dessa malmregioner återfinns, analyseras också ett mindre urval fynd med avseende på blyisotopsammansättning (se metodtexten).

Analys av kopparlegeringar och andra metaller/legeringar – resultatsammanfattning

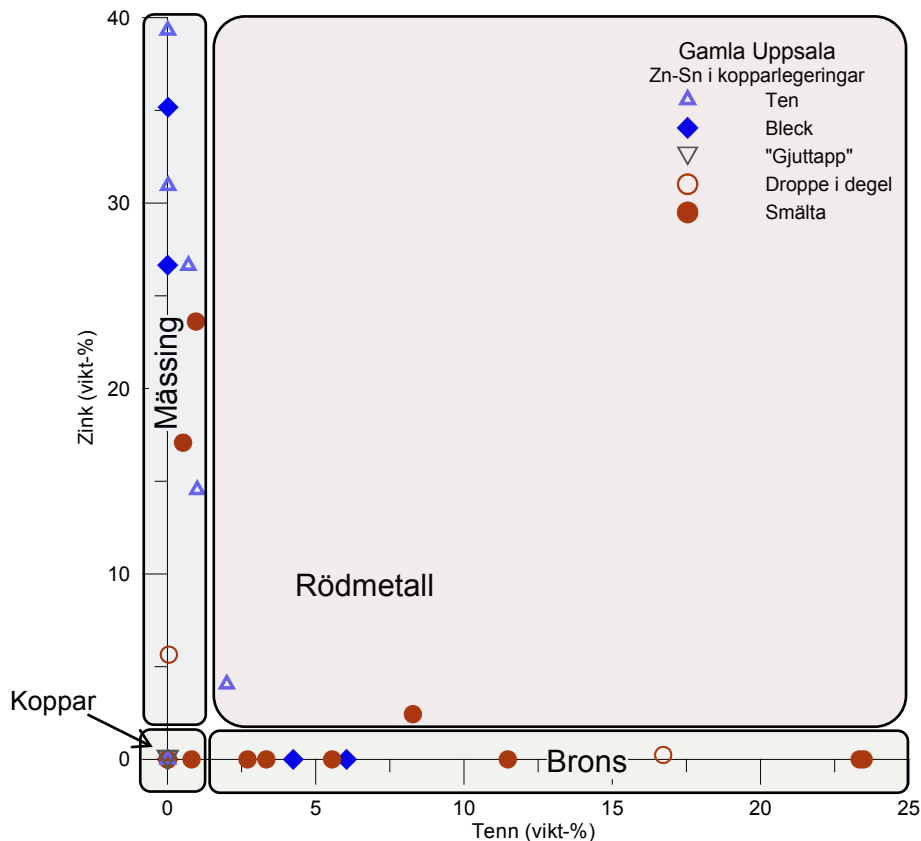
Resultaten, som omfattar totalt 28 kopparlegeringar och 4 övriga metaller, beskrivs i detalj på separata datablad för respektive fynd (bilaga 1b och 1c). Nedan presenteras de i korthet där observerade grupper av olika metaller/legeringar beskrivs tillsammans. Bland råämnen har 6 tenar (som dominerar inom kategorin) analyserats. Fem bleck, varav 4 hör till kategorin *klipp* och 1 till *skrotmetaller* har också analyserat, liksom 13 *smältor* (inklusive droppar från deglar) samt 4 fynd som registrerats som gjuttappar (och ingår i kategorin smältor). Resultaten finns också i korthet i tabell 1. Dessutom görs en jämförelse mellan råämnen (i det följande specificerade som tenar respektive bleck) och avfall (smältor, droppar i deglar och gjuttappar). Med hjälp av analysresultaten, såväl observationer i mikroskop som kemiska data, har vi också kunnat tolka om en del av fynden vad gäller kronologi eller typologi.

Variation i kopparlegeringarnas sammansättning

Analysresultaten visar att det finns en variation i kopparlegeringarnas sammansättning (fig. 8) och därmed även i hantverket. Mer specifikt innebär det att det förekommer fynd av koppar, brons (Cu och Sn) respektive mässing (Cu och Zn). Däremot är rödmetaller ovanliga även om ett fåtal är observerade. Rödmetall är samlingsnamn på legeringar som innehåller koppar, tenn och zink. Rödmetall är vanligen ett tydligt tecken på omsmältning, där brons och mässing blandas utan specifik åtskillnad – en företeelse som därmed inte förefaller ha ägt rum i större omfattning i hantverket i Gamla Uppsala.

Tabell 1. Tabellen visar huvudsakligen de kopparlegeringar som har analyserats. En del andra metaller (vitmetaller) presenteras också. I tabellen återges material, sakord och undertyp från registreringen. Dessutom finns en kort sammanfattning av analysresultat om typ av legering. Provnumret anger detaljyta och fyndnummer. Fullständiga analyser finns i bilaga 1b, 1c och 2a.

Prov	Material	Sakord	Undertyp	Analysresultat i korthet
3-18	Cu-leg	Smälta		Rödmetall
2-54	Cu-leg	Klipp	Bleck	Mässing, mycket hög Zn
3-148	Cu-leg	Smälta		Koppar. Ren
2-166	Cu-leg	Klipp	Bleck	Mässing, hög Zn
2-178	Cu-leg	Smälta		Brons, hög Sn
2-184	Cu-leg	Klipp	Bleck	Brons resp koppar
2-189	Cu-leg	Skrotmetall	Bleck	Koppar
2-200	Metall	Smälta	Gjuttapp	Bly
2-212	Cu-leg	Smälta		Koppar. Ren
2-216	Cu-leg	Smälta		Koppar/brons
2-221	Metall	Smälta		Sn-Pb legering
2-242	Cu-leg	Degel?		Oxiderad legering
2-252	Cu-leg	Smälta		Koppar. Ren
12N-727	Cu-leg	Råämne	Ten	Mässing, hög Zn
12S-757	Metall	Smälta		Bly
12S-758	Metall	Smälta		Bly
12S-775	Cu-leg	Smälta		Brons
12S-786	Cu-leg	Råämne	Ten	Mässing, mycket hög Zn
12N-878	Cu-leg	Råämne	Ten	Mässing, hög Zn
12N-884	Cu-leg	Smälta		Mässing (med Fe)
12N-887	Cu-leg	Råämne	Ten	Rödmetall
12N-935	Cu-leg	Råämne	Ten	Koppar
4-1065	Cu-leg	Smälta		Brons, hög Sn
4-1066	Cu-leg	Smälta		Brons (med Au).
4-1078	Cu-leg	Smälta		Mässing, hög Zn
1-1134	Cu-leg	Smälta	Gjuttapp	Koppar. Ren
12S-1667	Cu-leg	Smälta	Gjuttapp	Koppar. Ren
12S-2729	Cu-leg	Degel		Koppar
12S-2730	Cu-leg	Degel		Mässing
5-2788	Cu-leg	Smälta	Gjuttapp	Koppar. Ren
5-2794	Cu-leg	Råämne	Ten	Mässing (rödmetall)
5-2814	Cu-leg	Smälta		Brons. Hög Pb! Flera spårämnen
5-2815	Cu-leg	Smälta		Brons
8-2874	Cu-leg	Smälta	Gjuttapp	Koppar, låga spårhalter
12S-3112	Cu-leg	Klipp	Bleck	Brons resp koppar



Figur 8. Diagram som schematiskt visar den variation som finns i de analyserade kopparlegeringsfynden. Några är mässing med hög zinkhalt (Zn) längs y-axeln medan andra är brons med innehåll av tenn (Sn) längs x-axeln. Endast ett fåtal innehåller både zink och tenn (rödmetall). Några definieras också som koppar (närmast origo). De blå symbolerna representerar någon form av råämnen medan de röda är avfall. Diagrammet visar att den zinkrika mässing som är vanlig i tenar och bleck saknas i smältorna som snarare mestadels är brons, med varierande tenninnehåll.

Bland de olika legeringarna kan vi i det analyserade urvalet se att koppar och brons, med varierande tennhalt från några få procent till cirka 23 %, är vanligt i smältor och droppar från deglar. Mässing dominerar i tenar (råämnen), men det finns mässing (och rödmetall) även i smältor. Dock har smältor av mässing inte samma höga zinkhalt som i tenarna (se nedan). Inte heller bronssmältornas höga tennhalt har någon motsvarighet i bronsbleck med betydligt lägre tennhalter (som mest 6 %).

Det innebär att i det analyserade urvalet finns en generell skillnad mellan råvaror (tenar och bleck) som främst är i mässing (med höga zinkhalter) och avfallet där brons dominerar i smältorna även om mässing också förekommer (lägre zinkhalter). Båda materialkategorierna utgör dock en del av hantverket och speglar totalt sett en variation i tillgängliga legeringar.

Tenar och bleck som råämnen

Olika typer av råämnen kan antas vara tillverkade som ämnen som var tänkta att användas som råvara i hantverket och är gjutna till en speciell form, t.ex. som tenar (fig. 9–11). Andra råämnen (klipp och skrotmetaller) är av mer sekundär karaktär och kan utgöras av trasiga föremål som klippts i mindre bitar (bleck) i lämplig storlek beroende vad de ska användas till. De färgskillnader som inledningsvis observerades inom de båda grupperna tenar respektive bleck låg till grund för urvalet för de kemiska analyserna för att kunna täcka in så stor variation av legeringar som möjligt.

Det första uppenbara resultatet från analyserna är att det inte finns någon ten av brons (fig. 8). Tenarna är främst av mässing (3 eller 4 st.), med hög zinkhalt, ett fåtal är rödmetall (1 eller 2 st.) respektive koppar (1). Om detta resultat speglar den faktiska fördelningen av legeringar är oklart men intressant att ha som utgångspunkt i utvärderingen framöver.



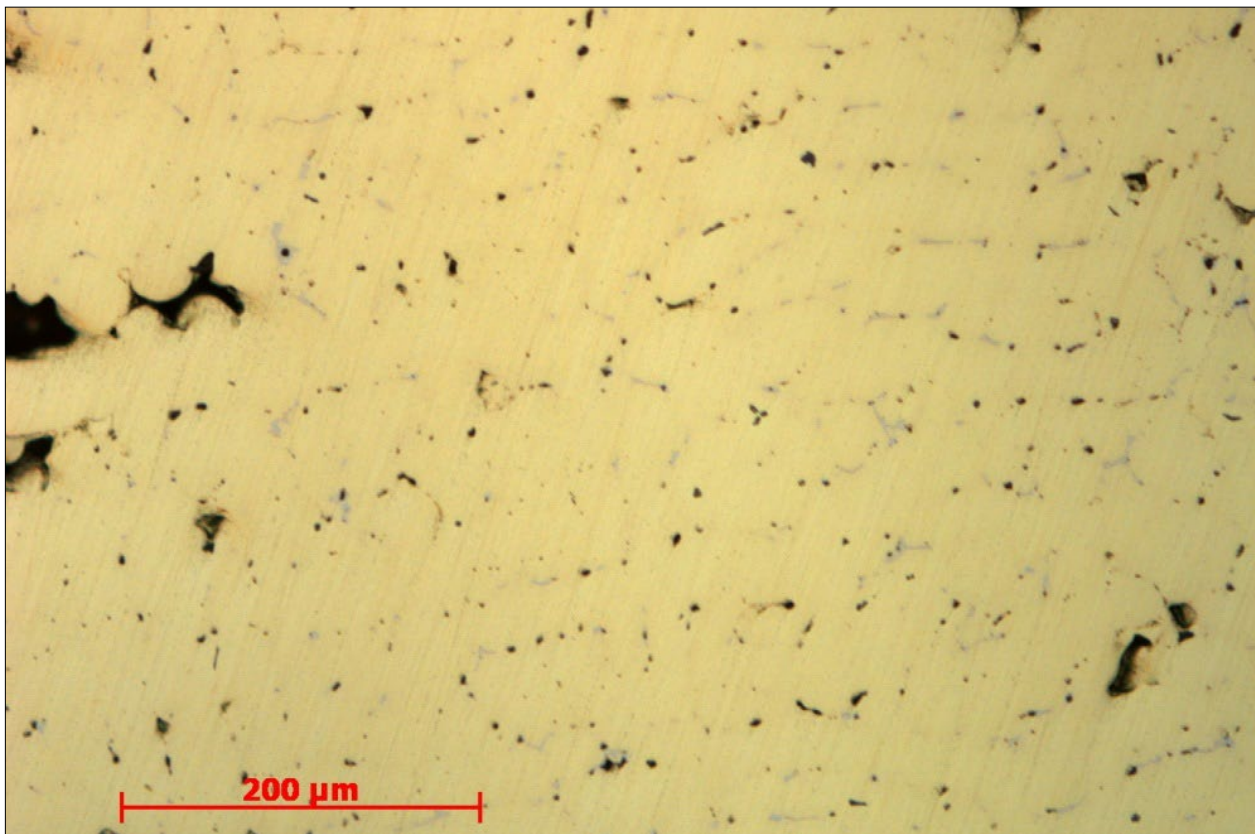
Figur 9. Ten F727 med firsidigt tvärsnitt. Mässing med hög zinkhalt.



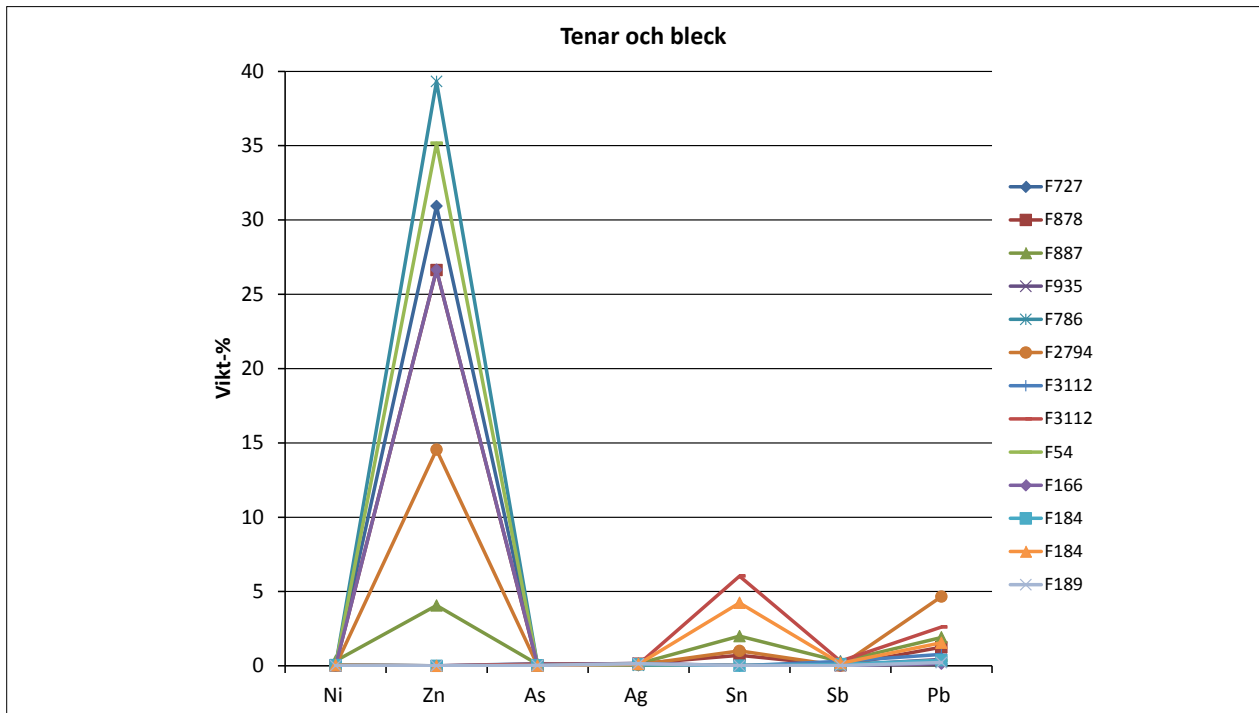
Figur 10. Ten F878 med ovalt tvärsnitt. Mässing med hög zinkhalt.

Bland blecken ser vi också flera av mässing/rödmetall (vissa med hög zinkhalt – en företeelse vi återkommer till senare). Men, här finns även två bleck av brons. Dessa båda är dock komplext uppbyggda, med ett lager av koppar täckt med ett bronsskikt. Komplexiteten utesluter inte att de är tänkta för omsmältning men medför att den resulterande kopparlegeringen får en mer komplex sammansättning. Dessa bleck återkommer vi till nedan.

Tre av tenarna och två av blecken har hög zinkhalt, på sådan hög nivå att metallisk zink bör ha använts i framställningen (fig. 8 och 12). Huruvida detta är rimligt i det undersökta hantverket i Gamla Uppsala återkommer vi till i tolkningen. Om vi istället betraktar tenarna med något lägre zinkhalt (4 respektive 15 %) ser vi att dessa också innehåller tenn. Tennhalten är dock betydligt lägre (2 respektive 1 %) men antyder att det rör sig om omsmältning av



Figur 11. Ten F878. Foto från mikroskopet på polerad yta av provet som visar en typisk textur från gjutning. Den gula färgen är karaktäristisk för högt zinkinnehåll.



Figur 12. Diagram som visar att mässing, varav vissa med hög zinkhalt (Zn), dominerar bland tenar och bleck. Ett fåtal bronser (topp vid Sn) förekommer också. Bly varierar från låga halter till som mest knappt 5 %. Övriga ämnen förekommer i bråkdelar av procent. Jämför även figur 15 med en större variation bland smältor och droppar från deglar.

flera olika råvaror. Det innebär en process i flera led som dessa tenar indirekt speglar, där tidigare mässings- respektive bronsföremål har blandats och smälts om och gjutits till tenar att använda som råvara i framtida hantverk. Det betyder att man inte enbart har smält om bleck direkt utan tagit omvägen via tenar. De båda tenarna har olika halter av både zink och tenn vilket är ett första tecken på att de inte är tillverkade vid samma omsmältning. Dessutom visar deras innehåll av spårämnen med förekomst av främst nickel och antimon, samt i mindre mängd arsenik och silver i den zinkfattigaste (F887 från DY12N; *Storgården*), medan den zinkrikare (F2794 från DY5; *GUSK*) saknar dessa spårämnen.

Ovanstående tolkning om omsmältning av föremål till tenar baseras på att fynden verkligen är tenar, och inte fragmenterade föremål, vilket dock kan diskuteras. Den ena (F887 från DY12N; *Storgården*) är långsmal, har ett kvadratisk tvärsnitt, är något vriden och har rester av ett genomgående hål nära ena kortändan. Det senare skulle möjligen kunna tala mot att det är en ten. Den har dock en karaktäristisk gjuttextur i mikroskopa vilket visar att den inte är smidd. Det sätt som den är vriden på förefaller inte heller vara original för ett föremål varför den eventuellt skulle

kunna vara en skrotmetall, och därmed fingera som råvara. Den andra (F2794 från DY5; *GUSK*) har ett ovalt tvärsnitt med tydlig gjuttextur vilket talar för att det är en ten. Längs långsidan finns dock en fasning som möjligen talar mot att det är en ten. Dess yta är dock rå och obearbetad vilket talar mot att det är del av ett föremål, varför åtminstone detta analyserade fynd skulle kunna vara ett föremål som har smälts om till ten, som i sin tur använts i hantverket.

Smältor – avfall med stor variation i legering även inom delområdena

Som nämnts ovan dominerar smältor av brons, men ett fåtal av mässing är också analyserade. Det finns också smältor av koppar (och droppe i degel) från DY2 (*GUSK*), DY3 (*Storby backe*) och DY12S (*Veterinärsvillan*) (fig. 13–14) som är analyserade.

I kopparsmältorna är spårämnessammansättningen genomgående låg men några av dem har spår av silver, andra av arsenik, varför de inte har ett identiskt ursprung. Även om de uppvisar skillnader i ursprung är frågan vad de skulle användas till, d.v.s. om det var avsett för rena kopparföremål eller för att blandas med tenn eller zink. Från det omfattande vikingatida metallhantverket i norska Kaupang resonerar Pedersen (2010:254ff) kring

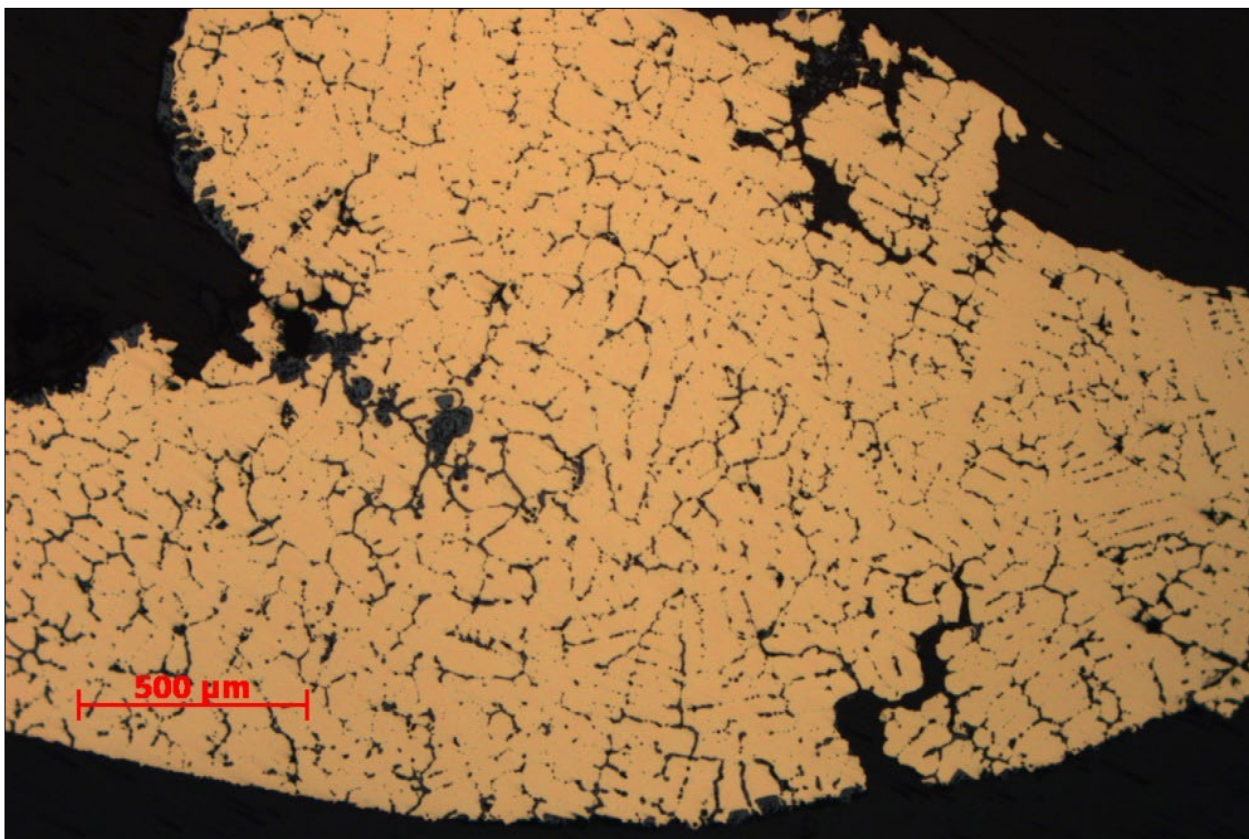


Figur 13. F2730. Degel där en stor långsmal grönärgad metalldroppe framträder i brottytan.

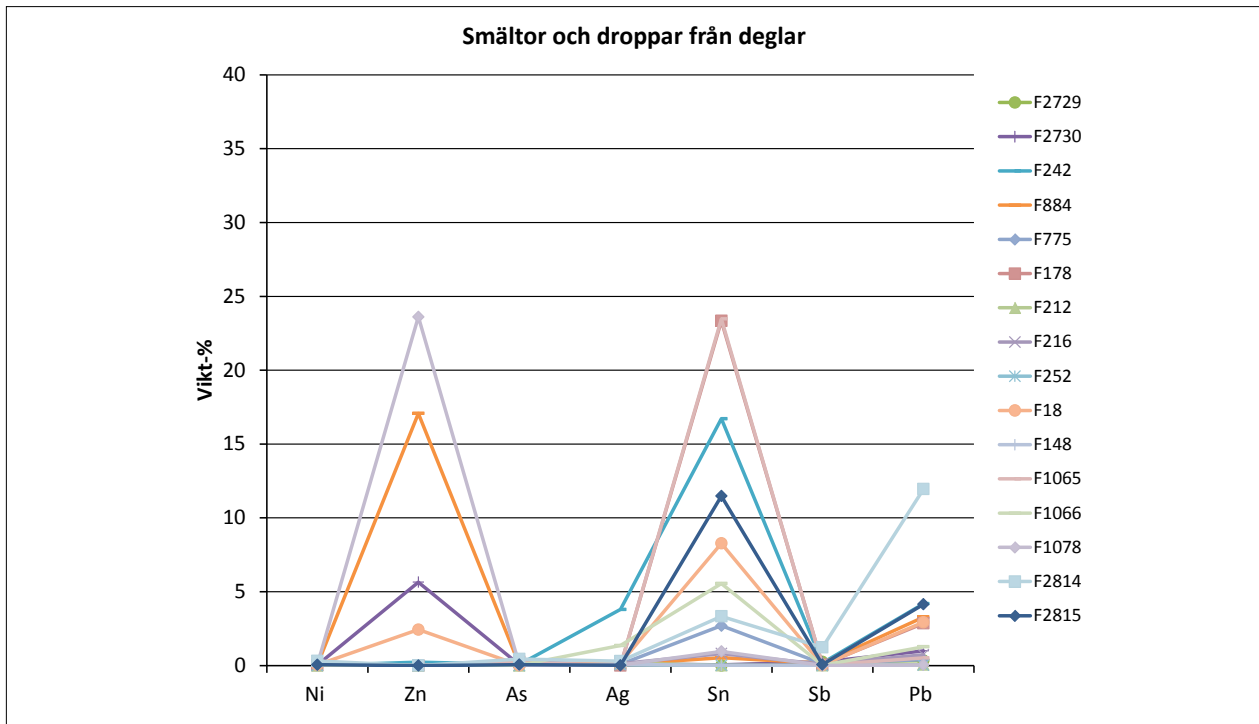
detta med utgångspunkt i att det är ovanligt med kopparsmältor i fyndmaterial från järnåldern. I fyndmaterialet från Gamla Uppsala har vi analyserat fragment av smidda kopparföremål (se nedan) så sådana förekommer. Frågan är om de hör till järnålderns hantverk eller är från medeltiden och framåt. För att diskutera det är resultaten från blyisotopanalyserna möjligen vägledande. Blyisotop-

data från en av smältorna (212 från DY2; *GUSK*) har en markant signatur för Bergslagen (inkluderande Falun) som innebär att en datering till järnåldern är tveksam. Slutsatsen är dragen utifrån det faktum att det ännu inte påträffats något koppar- eller kopparlegeringsföremål med bergslagssignatur som kan dateras till förhistorisk tid d.v.s. före 1100-tal. Data för ett bleck (189 från DY2; *GUSK*) antyder snarare att malmer med flera ursprung har blandats och där malm från Bergslagen utgör en anseelig del (se mer detaljer kring blyisotopanalyserna nedan). Dessa resultat antyder att det pågått gjutning och smide av kopparlegeringar även under medeltiden i Gamla Uppsala.

Smältorna varierar i sammansättning också inom en och samma detaljyta (fig. 15). Bland annat finns fyra analyserade smältor från DY2 (*GUSK*) som har olika sammansättning; två är koppar med låga spårhalter, en är en kopparlegering med lite tenn (knappt 1 %) och spårhalter av arsenik. Den fjärde är brons med hög tennhalt (23 %) med spårhalter av arsenik. Motsvarande tennhalt, och spårämnesuppsättning, finns också i en smälta från DY4 (*Storby backe*). Denna höga tennhalt är dock inte observerad i vare sig tenar



Figur 14. F2730. Foto från mikroskopet på ett tvärsnitt av metalldroppen från degeln i föregående figur. Det röda (och ljusgrå) är kopparlegeringen, med ett mönster som är typiskt för gjutrester, i det här fallet mässing. Det svarta i bilden är områden utanför droppen, eller håligheter i droppen.



Figur 15. Diagram som visar variationen i sammansättning bland smältor och droppar från deglar. Såväl brons (topp vid Sn) som mässing (topp vid Zn) förekommer. Jämför figur 12 med betydligt högre zinkhalt bland tenar och bleck. Blyhalten är mestadels under 5 % men ett undantag finns (F2814).

eller bleck. Frågan är om dessa smältor representerar avfall från gjutning av föremål med sådana höga tennhalter eller om vi istället ska se dem som resultat av andra tekniker i hantverket, t.ex. processer där brons med hög tennhalt har använts som ytbeläggning för att få en ljusare, mer silverlik (fig. 16–17) yta på föremål av kopparlegering med lägre tennhalter. Exempel på sådant finns från metallhantverket i Uppåkra i Skåne där föremål av såväl brons som mässing har visat sig ha en tunn ytbeläggning av tennrik brons. Föremålen, flera typer av spännen, i Uppåkra har dock en högre tennhalt (storleksordningen 30 %; Kresten m.fl. 2001).

Från DY5 (GUSK) är två smältor analyserade som avviker från övriga smältor, men de skiljer sig också åt sinsemellan. Båda är brons (olika tennhalt) med hög blyhalt jämfört med övrigt material från Gamla Uppsala. Dessutom innehåller en av dem flera spårämnen (antimon, arsenik, nickel och silver) som är mindre vanliga i materialet i övrigt.

De tre analyserade smältorna från DY4 (Storby backe) skiljer sig också från varandra. En är brons med hög tennhalt (se även DY2; GUSK), en är mässing med hög zinkhalt (men inte så hög som i många av tenarna och blecken). En tredje (fig. 18–19) är brons med måttlig tennhalt (6 %) och den innehåller dessutom drygt 1 % vardera av silver och guld. För den senare bör man diskutera

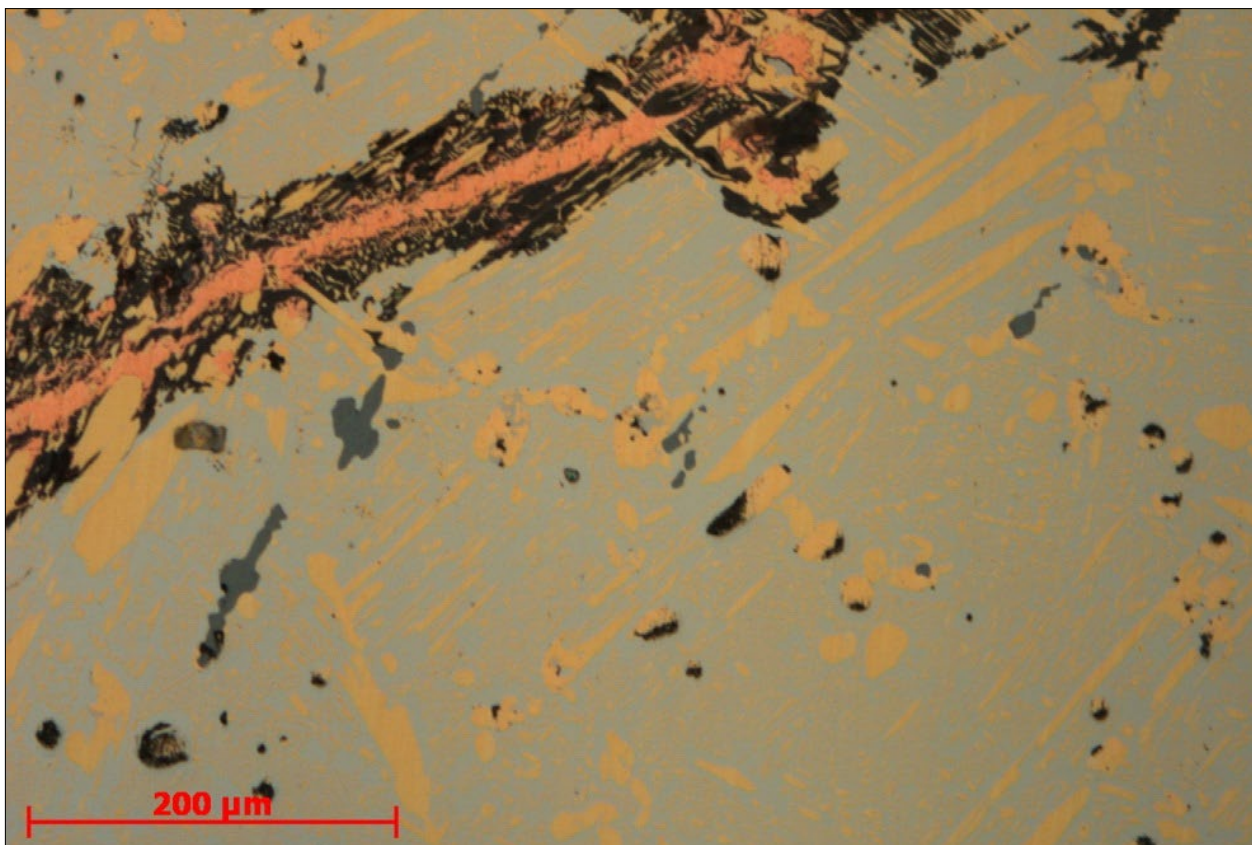


Figur 16. F178, smälta av brons med betydligt ljusare yta, till följd av en betydligt högre tennhalt, än merparten av de analyserade bronserna.

omsmältning av föremål som kan ha haft beläggning av dessa ädlare metaller. Alternativt är det inte alls en smälta i den bemärkelsen att det är gjutavfall utan ett föremål från en brandgrav som helt har smält på gravbålet (problematiken diskuteras under avsnittet provurval ovan).

”Gjuttapparna som försvann”

Några av de fynd som valdes för att studera hantverket visade en del oväntade resultat. De fyra gjuttapparna av kopparlegering (från DY1 (Storgården), DY5 och DY8 (båda GUSK) samt DY12S



Figur 17. F178. Foto från mikroskopet på den tennrika kopparlegeringen som är uppbyggd av flera faser; dominerad av en grå mellanmassa och gula lameller. I övre delen ses en tunn strimma av sekundärt bildad koppar.



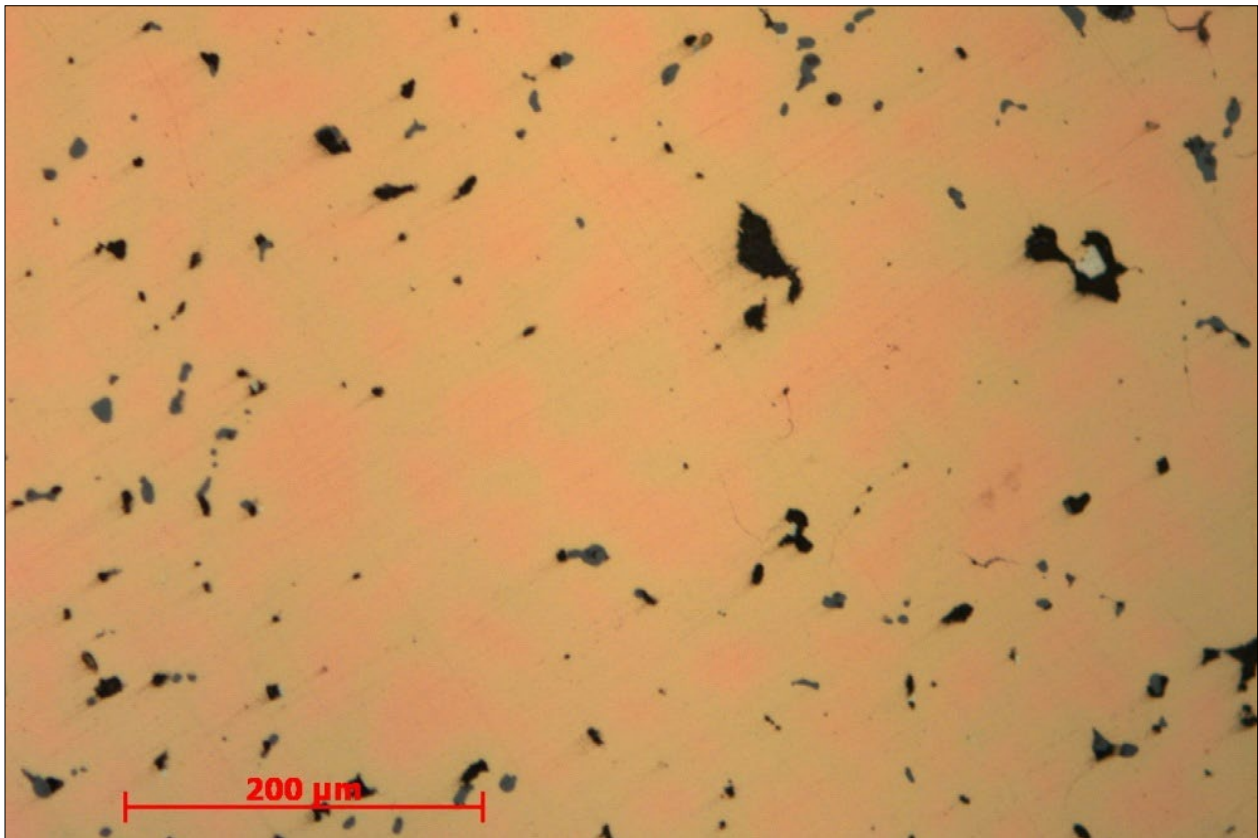
Figur 18. Smältan F1066, oregelbunden med grönbrun yta.

(*Veterinärvillan*) som prioriterades för att få inblick i avfallets sammansättning, visade sig alla bestå av ren koppar och texturen tyder på att de är smidda. Det innebär att de sannolikt är fragment av smidda föremål eller avfall från smide, snarare än avfall från gjutning. Med tanke på att det finns smältor av koppar (från DY2; *GUSK* och DY3; *Storby backe*) och en droppe i en degel (DY12S; *Veterinärvillan*) är det också av intresse att se att det finns föremål, eller annat avfall av

motsvarande metall. Droppen från degeln i DY12S (*Veterinärvillan*) har dessutom ett spårämnesinnehåll (med lite silver och antimon) som liknar det i "gjuttappen" från DY8 (*GUSK*). De övriga "gjuttapparna" innehåller också spår av arsenik vilket skiljer dem från den från DY8 (*GUSK*) och antyder att råvarorna har olika ursprung. Inget av fynden som registrerats som gjuttapp har dock valts ut för blyisotopanalyser för att utreda detta mer detaljerat.

Nya bronser av gamla komplext uppbyggda föremål

Bland de fem bleck, som valdes för att de tolkats som klipp eller skrotmetaller för omsmältning, finns två som visade sig kunna bidra med ännu mer information om hantverket. Dessa två, F184 från DY2 (*GUSK*) och F3112 från DY12S (*Veterinärvillan*) är tvåskiktade (fig. 20–21). De är uppbyggda av ett tjockare lager av koppar och ett tunnare av brons (med tennhalt på 4 respektive 6 %). Dessa skrotmetaller, och därmed råvaror för ny tillverkning, är därmed en viktig länk för att följa förändringar i legeringarnas sammansättning vid omsmältning. Om dessa smälts på nytt kommer kopparen och bronzen att blandas



Figur 19. F1066. Foto från mikroskopet på polerad yta av smältan som visar en karaktäristisk textur för smältor med flera faser i olika färger, med högre tenninnehåll i den gula än i den röda. Förutom tenn innehåller den både silver och guld varför det är möjligt att det rör sig om ett bronsföremål, med ädlare ytskikt, som har smält.

och produkten blir en ny legering, med andra proportioner mellan tenn och koppar. För dessa båda fynd innebär det att den tennhalt som bronslagret har är högre än i den ”nya” brons som skapas. I det analyserade materialet har vi dock inte konstaterat någon smälta som skulle kunna motsvara användning av denna skrotmetall. De få smältor som har lägre tennhalter saknar antingen antimon (som finns i blecken) eller innehåller nickel (som saknas i blecken). Eventuellt är dock en av smältorna från DY2 (*GUSK*) (med <1 % tenn, och spår av antimon) resultatet av en motsvarande omsmältning.

De tvåskiktade fynden ger naturligtvis också en inblick i ytterligare en teknik i hantverket – att kombinera två olika metaller/legeringar. Vi har dock inga andra belägg för att detta skulle ha skett på lokalen. Det är fullt möjligt att det rör sig om föremål som har kommit utifrån men som nu var avsedda för återanvändning i det lokala hantverket.

Tecken på omsmältning av mer komplexa föremål finns också i en smälta från DY4 (*Storby backe*), en brons som innehåller såväl silver som guld. Möjligen är den resultat av omsmältning av

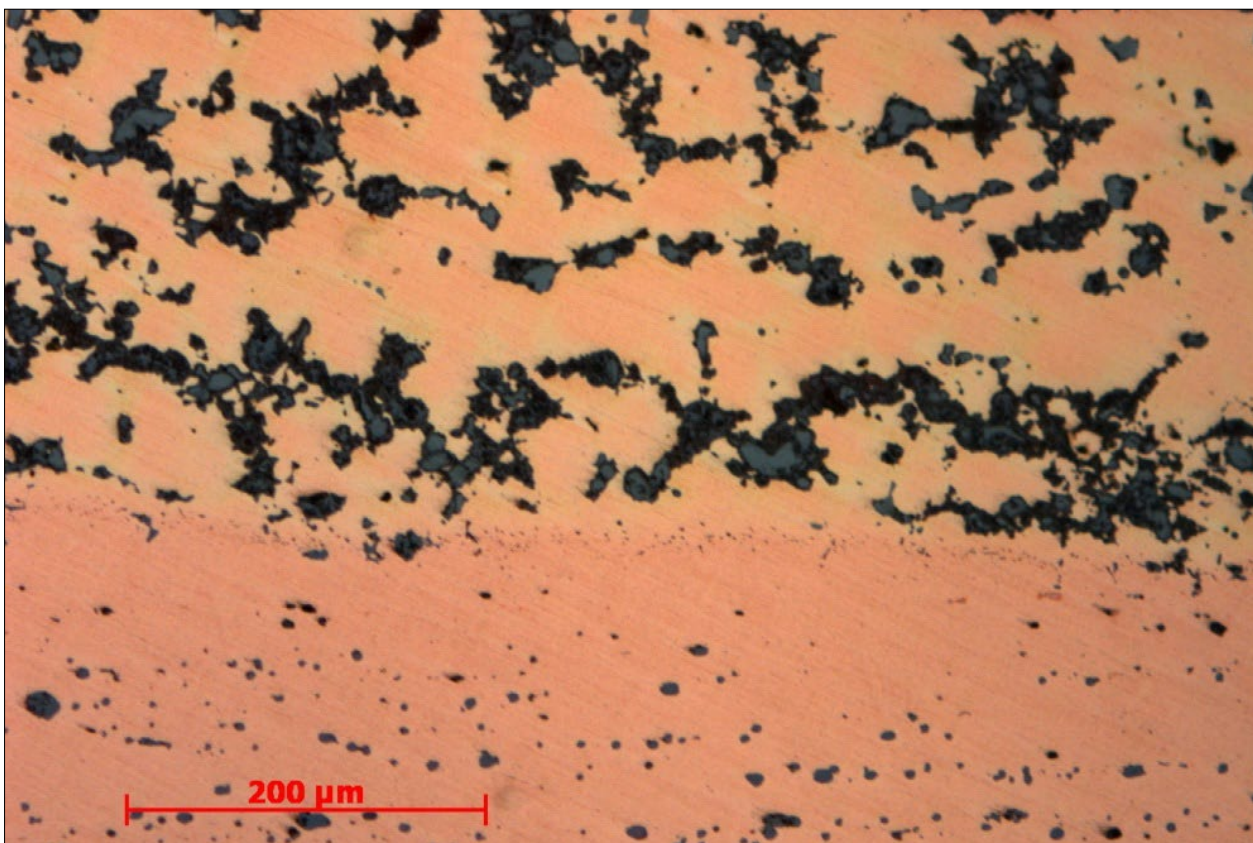


Figur 20. F184, ett klipp/bleck med fragmentarisk grön ytbeläggning.

ett bronsföremål som haft ytbeläggning av ädlare metaller (se även avsnittet om smältorna).

Andra legeringar och tekniker i hantverket

Ett fåtal av fynden bland hantverkets råämnen och avfall som har analyserats är inte kopparbaserade legeringar. Bland dessa kan vi lyfta fram smältan F221 från DY2 (*GUSK*). Den innehåller huvudsakligen tenn och bly (ca 15 %). Det kan diskuteras om



Figur 21. F184. Foto från mikroskopet på polerad yta. Två skikt av olika metaller kan tydligt urskiljas; ren koppar i nedre delen (mörkare röd) och en brons (ljusare röd) med total tennhalt på ca 4 %, i den övre delen.

den skulle användas i gjutningen som någon form av gjuttenn, eller om den haft andra funktioner, t.ex. för att löda samman olika metallkomponenter. Ytterligare ett fynd som uppvisar tecken på hantverk med andra metaller är F242 från DY2 (GUSK). Den är ett fragment av smält keramiskt material med metall droppar i ytan. En första tolkning var att det var ett degelfragment men en keramisk undersökning visade att så inte var fallet. Dentritisk textur i materialet talade för någon form av slag med kopparrika droppar. De metallografiska och kemiska analyserna kunde dock dementera detta. Sannolikt är de observerade dendritiska formerna inte slag utan snarare en textur som bildas i en smälta som stelnar. De kemiska analyserna visar att metall droppen är kraftigt oxiderad varför den ursprungliga metallsammansättningen inte kan bestämmas. Den innehåller dock förutom koppar och tenn, också tämligen höga halter av silver tillsammans med bly. Därmed är den ingen typisk brons utan representerar möjligen ytterligare någon process i metallhantverket men vilken är inte klargjort i denna studie.

Detaljerade analysresultat för varje prov finns i bilaga 1c.

Råvarans ursprung

De variationer i spårämnesinnehåll som har noterats antyder att flera olika råvaror (för koppar) har använts och det finns tecken på att en del av dem återfinns i olika typer av legeringar. Halterna av spårämnen är mestadels för låga för att kunna definiera varifrån råvaran kommer och många malmer är därför möjliga. Ett urval av fynden har därför också analyserats med avseende på blyisotopsammansättning för att bättre kunna definiera olika råvaror.

Urvalet av de 13 fynden för blyisotopanalyser gjordes efter att de kemiska analyserna genomförts. Såväl legeringarnas huvudsammansättning (zink- och tenninnehåll) som spårämnessammansättning var vägledande för provurvalet. Eftersom det finns såväl ren koppar som brons och mässing med olika halter av tenn respektive zink var det betydelsefullt att försöka täcka in denna variation för att se om dessa kunde ha blandats från samma råvara. I dessa fall låg också spårämnessammansättningen till grund för urvalet – d.v.s. hypotesen var att en likartad spårämnessammansättning skulle kunna representera en och samma råvara (koppar) som då förväntas ha specifika blyisotopsignaturer.

Ytterligare en aspekt som vi valde att inrikta oss på var mässingsfynd med höga zinkhalter (se tidigare resonemang). Eftersom sådana höga halter inte förväntas under järnåldern utan först därefter såg vi möjligheten att belysa kronologiska skillnader. Tolkningarna från de kemiska analyserna om senare datering har efter hand också kunnat få stöd av ¹⁴C-dateringar och övergripande arkeologisk tolkning av kronologin. En medeltida, eller senare, datering av legeringarna skulle också innebära att det är möjligt att Falu koppargruva levererat råvara eftersom kopparbrytningen då med säkerhet hade kommit igång där (Eriksson & Qvarfort 1996). Eftersom kopparmalmen i Falun, och Sverige generellt, har blyisotopsignaturer som rejält skiljer sig från övriga europeiska kopparmalmer finns förutsättningar att kunna påvisa den.

Resultaten av blyisotopanalyserna uppvisar en mycket stor variation (bilaga 2b). De olika isotopkvoterna varierar från värden som motsvarar den svenska bergslagen, inklusive malmen i Falun, till värden som är mer typiska för andra delar av Europa (fig. 22). Några iakttagelser som kan vara av vikt är att många av malmerna från resten av Europa varierar över ett intervall, med mer eller mindre överlapp, men är klart åtskilt från de svenska malmerna. För värden däremellan finns inte malmer (åtminstone inte någon större omfattning – möjligen kan några finnas som det saknas uppgifter om). Men, flera av de analyserade kopparlegeringarna uppvisar värden i detta intervall som är "tomt" på referensdata.

Tidigare genomförda blyisotopanalyser har gjorts av Helena Forshell (1992) på ett blandat fyndmaterial av skandinaviska kopparlegeringar. I hennes studie (där inte alla isotopkvoter är inkluderade) finns också ett antal fynd inom det intervall (fig. 22) varifrån malmreferenser saknas. Forshell (1992) diskuterar detta fenomen som att malmer från Bergslagen/Falun har blandats med malmer från andra delar av Europa – en företeelse som inte alls är orimlig. De föremål som omfattas av Forshells analyser är bland annat klockor, som kyrkklockor, kanoner, tackor och smältor. Dessa varierar i blyisotopvärden men även i tid från 1200-tal till 1500-tal; flertalet är dock från 1300-tal.

Det är möjligt att motsvarande tolkning, med blandning av flera råvaror, kan antas för åtminstone några av de nu analyserade fynden från Gamla Uppsala. Ett fynd av koppar (smältan F212) visar god överensstämmelse med svenska signaturer (Falun?). Ett kopparbleck (F189) och ett mässingsbleck (F166) är dock sannolikt inte enbart av svensk kopparmalm. Det är dock inte helt uteslutet att

denna signatur skulle ha kunnat bildas geologiskt inom ett område (Billström, muntlig uppgift). Detta behöver dock utredas mer detaljerat.

Två fynd, båda bronssmältor (F775 och F2815), har värden som mer markant skiljer sig från de svenska signaturerna men ändå inte enbart kan förklaras av en malmråvara från övriga Europa. För dessa är det mer sannolikt med en blandning av råvaror. Den ena smältan, F2815, har dessutom ett tämligen högt innehåll av bly (drygt 4 %) vilket innebär att blyisotopsignaturerna kan komma från en kopparmalm och från bly som har blandats in i bronzen – d.v.s. redan där ser vi en möjlig blandning av två olika råvaror. För att mer exakt kunna bedöma var de har sin härkomst krävs dock ytterligare detaljstudier.

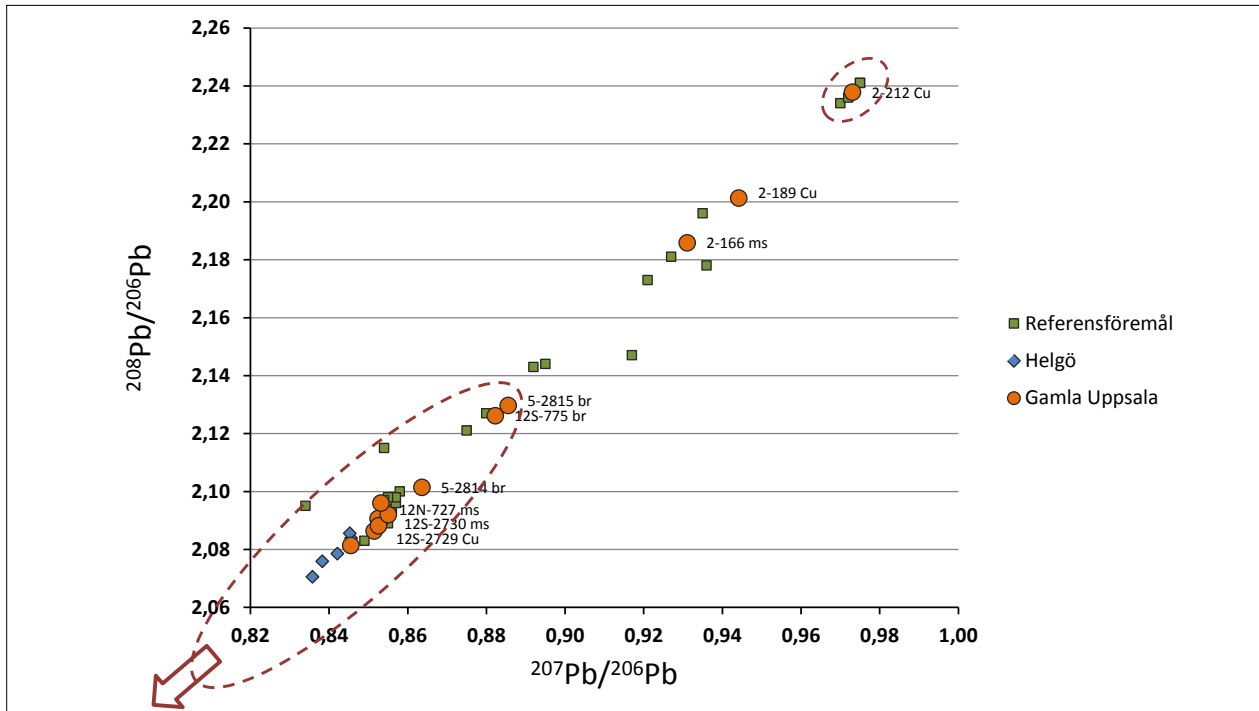
En annan bronssmälta, F2814, som dock har andra blyisotopkvoter än F2815, har ännu högre blyhalt (ca 12 %) som pekar på att bly har blandats in. Därför är det möjligt att koppar och bly har olika ursprung i denna smälta.

De resterande fynden har blyisotopvärden som ligger inom de intervaller som är mer rimliga för malmer från andra områden än Sverige (fig. 22). För dessa ser vi en stor möjlighet att kunna göra jämförelser för att kunna spåra de malmregioner som har motsvarande signaturer. I detta sammanhang kan vi främst betrakta dem som en grupp som klart skiljer sig från de fynd vi berört ovan. De har också potential för att kunna diskutera blandning av flera råvaror. Vi kan dock lyfta fram några intressanta detaljer från några av dem i relation till några av de tolkningar vi framfört utifrån andra analysresultat.

Två metalldroppar från deglarna F2729 (koppar) och F2730 (mässing) från metallverkstaden (grophus 1126) med likartat spårämnesinnehåll har också likartade blyisotopsignaturer. Tolkningen om ett gemensamt ursprung som gjordes utifrån spårämnessammansättningen är relevant även för blyisotoperna.

Det finns fler fynd med likartade blyisotopsignaturer som de båda metalldropparna från deglarna. Bland dessa finns en variation i legeringarnas sammansättningar såväl vad gäller tenn- och zinkhalt som spårämnesinnehåll. En intressant grupp bland dem är de mässingsfynd som har högt zinkinnehåll (t.ex. F727 med ca 31 % Zn).

Eftersom det finns fynd av zinkrik mässing som har olika blyisotopsignaturer innebär det att de legeringar som vid en första anblick kan förefalla vara likartade, sannolikt har helt olika ursprung på sina råvaror. I det här fallet kan vi notera att åtminstone ett av fynden (F166)



Figur 22. Diagram som visar de analyserade kopparlegeringarnas isotopdata presenterat med kvoterna $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ mot $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. De fynd från Gamla Uppsala som omnämns i texten är märkta. Som referens visas kopparlegeringar från metallhantverket på Helgö (Hjärthner-Holdar & Grandin 2013). Dessa är mer samlade (i nedre vänstra hörnet) än fynden från Gamla Uppsala, men representerar ändå flera råvarukällor i Europa. Blyisotopkvoter från stora delar av Europa är symboliskt markerade i nedre vänstra hörnet (och har värden som fortsätter i pilens riktning utanför diagrammet). I övre högra hörnet visas schematiska värden som representerar kopparmalmer från Bergslagen/Falun. Malmer med värden däremellan saknas i princip. Övriga referensföremål, från Forshell (1992), som plottats som jämförelse är kyrkklockor, kanoner, tackor och smältor. Dessa varierar i blyisotopvärden, på motsvarande sätt som fynden från Gamla Uppsala men även i tid från 1200-tal till 1500-tal; flertalet är dock från 1300-tal samt någon enstaka från folkvandringstid.

har ett mycket troligt inslag av svensk koppar (Falun?) medan det finns andra (som F727) som inte har det.

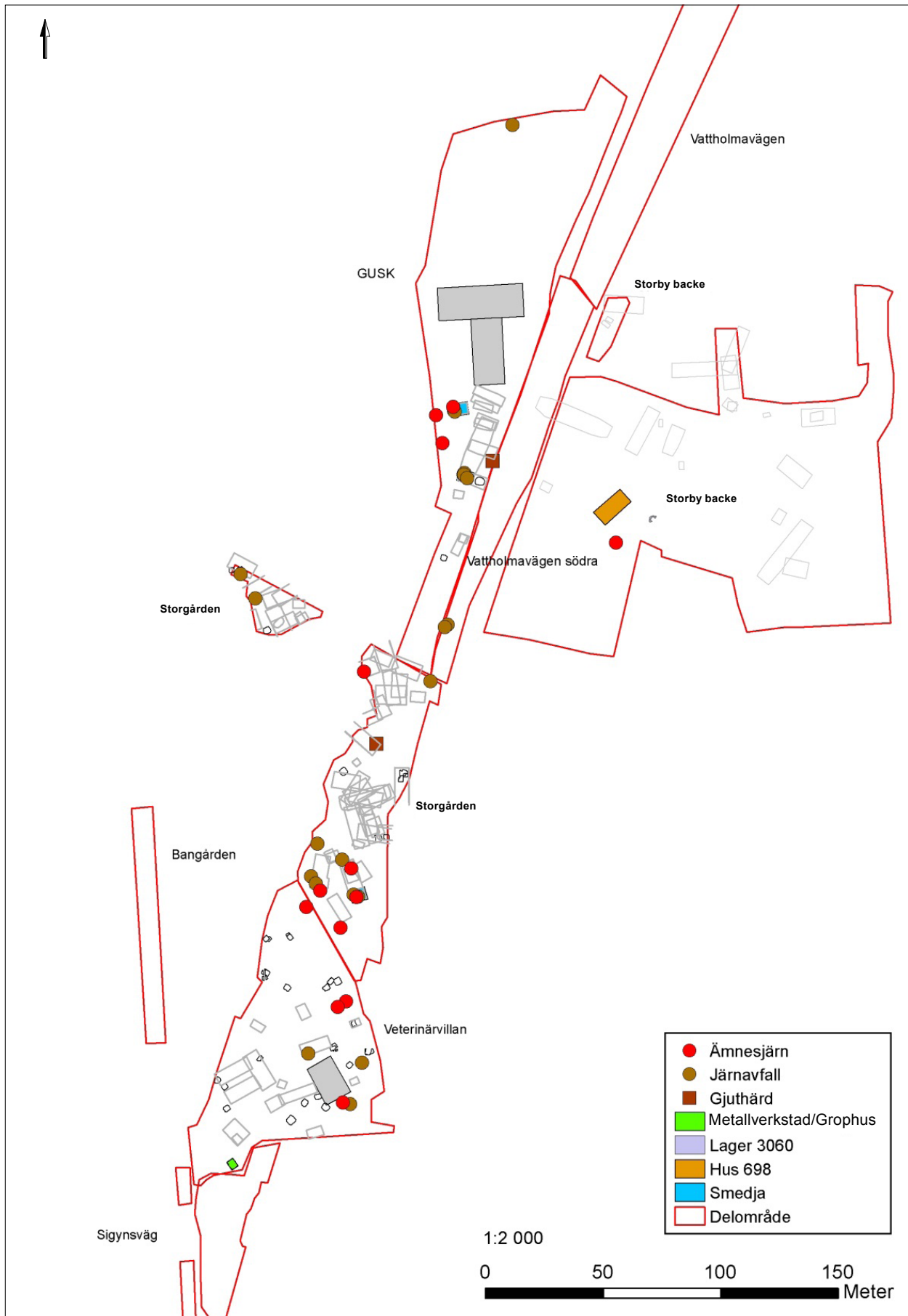
Järn

Fynd av järn som behandlas i detta sammanhang består av avfallsmaterial från smidesverksamheten inom de olika boplatssområdena i projektet. I första hand består det analyserade materialet av ämnesjärn och järnavfall, men även metalliskt järn som påträffats i analyserade slagger ingår.

Ämnesjärn är en typ av halvfabrikat, ett råmaterial vid föremålssmide. Olika typer av ämnen används i hantverket beroende på vad som ska smidas/tillverkas. Det finns ett flertal olika kända typer av förhistoriska och medeltida ämnesjärn. Ämnesjärnens olika former var troligen även ett synligt mått på produktens kvalitet och smidbarhet. Ämnesjärnen från projektet hör till den stavformiga typen, några är bestämda till undertypen barrar. Dessa är stavformiga/rektangulära ämnen med avsmalnande ändar.

Sakordet *avfall* har i registreringen använts om järnfragment som bedömts härröra från smidesverksamhet. I första hand består materialet av olika typer av järnföremål/fragment som påträffats i relevanta kontexter i smedjorna, men även järn som påträffats tillsammans med fynd av järnslag i en koncentration. Som exempel på en smideskontext kan ett flertal järnbleck (F563) av liknande typ funna i nedgrävningen till en städstabe ingående i Smedja 3945, område GUSK nämnas. Här tolkas fynden spegla smidesverksamheten. En del av det avfall som funnits på smedjans golv under brukningstiden, har vid stabbens borttagande hamnat i nedgrävningen. Tolkningen är att blecken (nitbleck) med stor sannolikhet har tillverkats i smedjan.

Totalt har 14 fyndposter av ämnesjärn registrerats inom projektet. De flesta av fynden består av fragment, alltså avhuggna järnbitar, så kallade skrotbitar. Endast två fynd tolkade som ämnesjärn är intakta. Av järnavfall finns totalt 29 fyndposter registrerade. De flesta fyndposterna innehåller ett fragment var, men



Figur 23. Spridning av ämnesjärn och järnavfall inom de centrala delarna av projektet. Visad mot bakgrund av delområden och identifierade hus.

fyndposter med upp till 20 fragment förekommer. Den största delen av järnavfallet består av bleck/platta järnfragment, diverse skrotbitar och spikar/tenar.

Fördelning av järn i området

Fynd av ämnesjärn framkom inom område *GUSK, Storgården, Storby backe* och område *Veterinärvillan*. Fynd av järnavfall framkom inom område *Aktivitetsyta Uppsala 606:1, GUSK, Storgården, Vattholmavägen södra* och område *Veterinärvillan*.

Fynden av ämnesjärn påträffades som enstaka fynd främst inom områden (*GUSK* och *Storgården*) med en känd smedja, men en något större mängd fanns även inom område *Veterinärvillan*, där spår efter smide i ett grophus finns. Fynden av järnavfall följer samma mönster, men en något större mängd fanns dessutom inom område *Vattholmavägen södra* (fig. 23).

De tydligaste exemplen som kan kopplas till järnsmide är när ämnesjärn och järnavfall påträffas i kontexter som rumsligt kan knytas till smidesverksamhet, det vill säga en kontext med en smedja (Smedja 2198, 3945 och 3974). Även ämnesjärn, och järn i slagg, från andra kontexter kan generellt berätta om vilka kvalitéer man arbetat med inom boplatserna.

Provurval av järn

Det som prioriterats i första hand är järnfynd från tydliga smideskontexter (smedja 2198, 3945 och 3974). Metallverkstaden (grophus 1126) saknade dock järnfynd. Föremålmässigt är det ämnesjärnen samt järnavfall från smedjorna som prioriterats. Ämnesjärnen har prioriterats generellt eftersom analyser av dessa visar vilka kvalitéer av järn som funnits tillgängligt inom boplatserna. I

första hand är det ämnesjärn som kunnat knytas till en relevant hantverkskontext som valts ut, i andra hand är det ämnesjärn med säker tolkning som fynd eller med en avståndsmässig närhet till kända smideskontexter som valts ut. Provurvalet har även i viss mån gjorts med tanke på undersökningsområdets tidsdjup och utbredning i rummet.

Analys av järnprov – resultatsammanfattning

Flera analyserade järn uppvisar porighet och en innehåller slagg som inte verkar ha påverkats i någon högre grad av smide, d.v.s. slaggen är inte elongerad samt har en sammansättning som antyder att den kan vara en rest från reduktionsprocessen/framställningen av järnet. Detta antyder att delar av materialet speglar en råvara som inte är särskilt bearbetad och därför behövde slaggrensas och kompakteras innan föremålsmidlet kunde påbörjas.

Även om flera kvalitéer av järn finns i det analyserade provmaterialet domineras fynden av mjukt ferritiskt järn, d.v.s. utan kol (tabell 2 och fig. 24). Av de 10 provtagna och analyserade järnfynden består åtta av mjukt, ferritiskt järn där fem av dem har slagginneslutningar som visar spår av smide (t.ex. fig. 25) och två har mindre kolinnehållande områden (t.ex. fig. 26). Tre järnfynd, 5-563, 5-656 och 5-4846, innehåller fosfor i mindre mängd (t.ex. fig. 25) och två prov består av stål utan spår av smide där det ena, 5-694, är så porigt och slaggrikt att det möjligen representerar delar av en lupp. Ett av järnen som innehåller lite kol är viktlotet 12N-1356 (fig. 27) samt ett stål (21-128) visar tecken på härdning respektive värmebehandling, vilket i det senare fallet troligen är av misstag då vi tolkar fyndet som spill. Ett av järnfynden (5-656) uppvisar möjliga spår efter användningen av vällsand.

Tabell 2. De analyserade järnen och deras kvalité, i form av sammansättning (t.ex. mjukt järn eller stål), bearbetning (smide) och slaggförekomst. Varje enskild provanalys finns i bilaga 1d, där alla detaljer samt mikroskopfotografier finns presenterade.

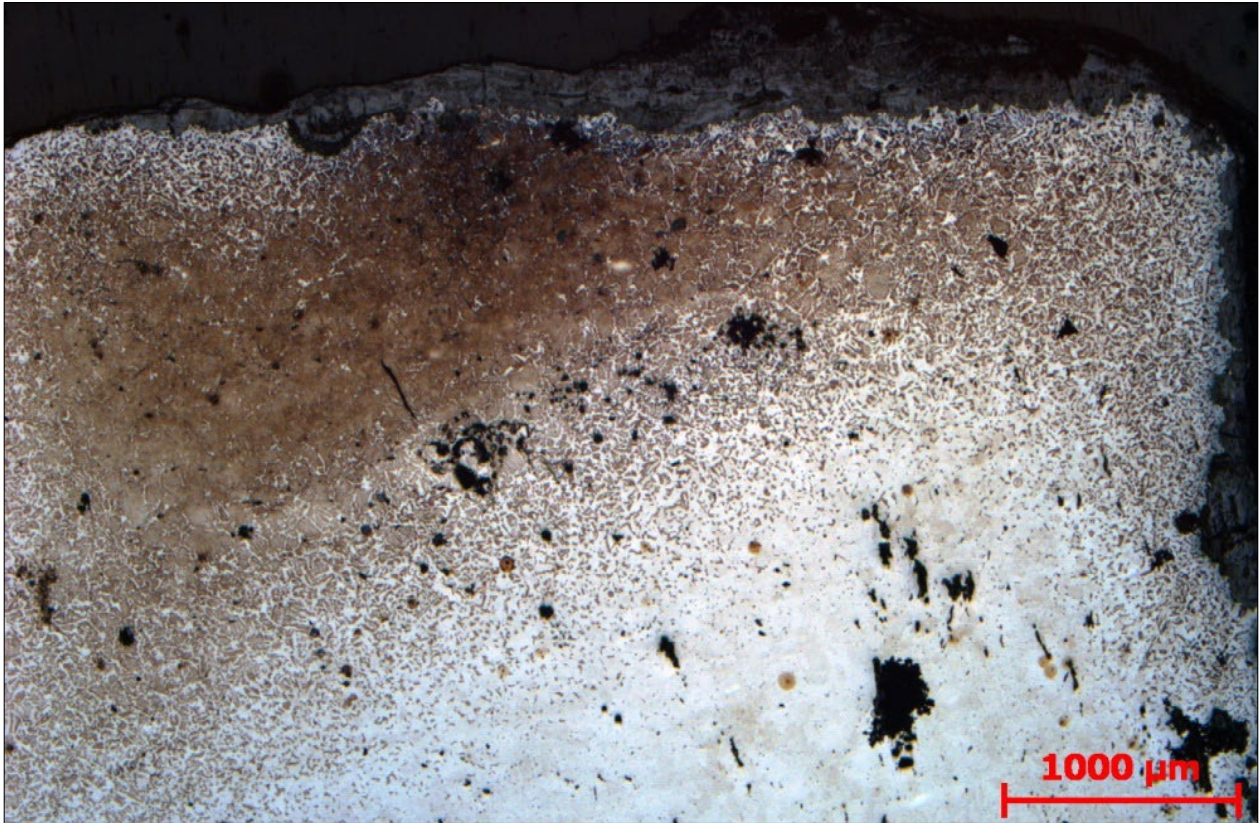
Prov	Anläggning	Mjukt järn	Stål	Fosfor järn	Smide	Övrigt	Tolkning
5-563	Smedja 3945,770–980 AD	X		(X)	X		Avfall
5-656	Smedja 3945, 770–980 AD	X		(X)	X	Slagg från vällsand?	Ämnesjärn
5-694	Brunn 5514, 800-tal		X			Slaggrikt, porigt	Avfall, ej kompakterat, del av lupp?
5-2812	Matjordslager	X			X	Slaggrikt	Ämnesjärn/föremål
5-2846	Grophus 4074	X		(X)			Ämnesjärn
9-2859	Stolphus 1990	X			X	Slaggrikt	Ämnesjärn
12N-1356	Smedja 2198, 1300–1400-tal	X	(X)			Härdat	Viktlot
12N-2270	Smedja 2198, 1300–1400-tal	X				Slaggrikt, porigt med fastkittade glödskal	Avfall, ej fullt ut kompakterat
12S-797	Odlingslager	X	(X)		X	Slaggfattigt	Ämnesjärn
21-128	Fyll väg 3910		X			Värmebehandlat	Avfall



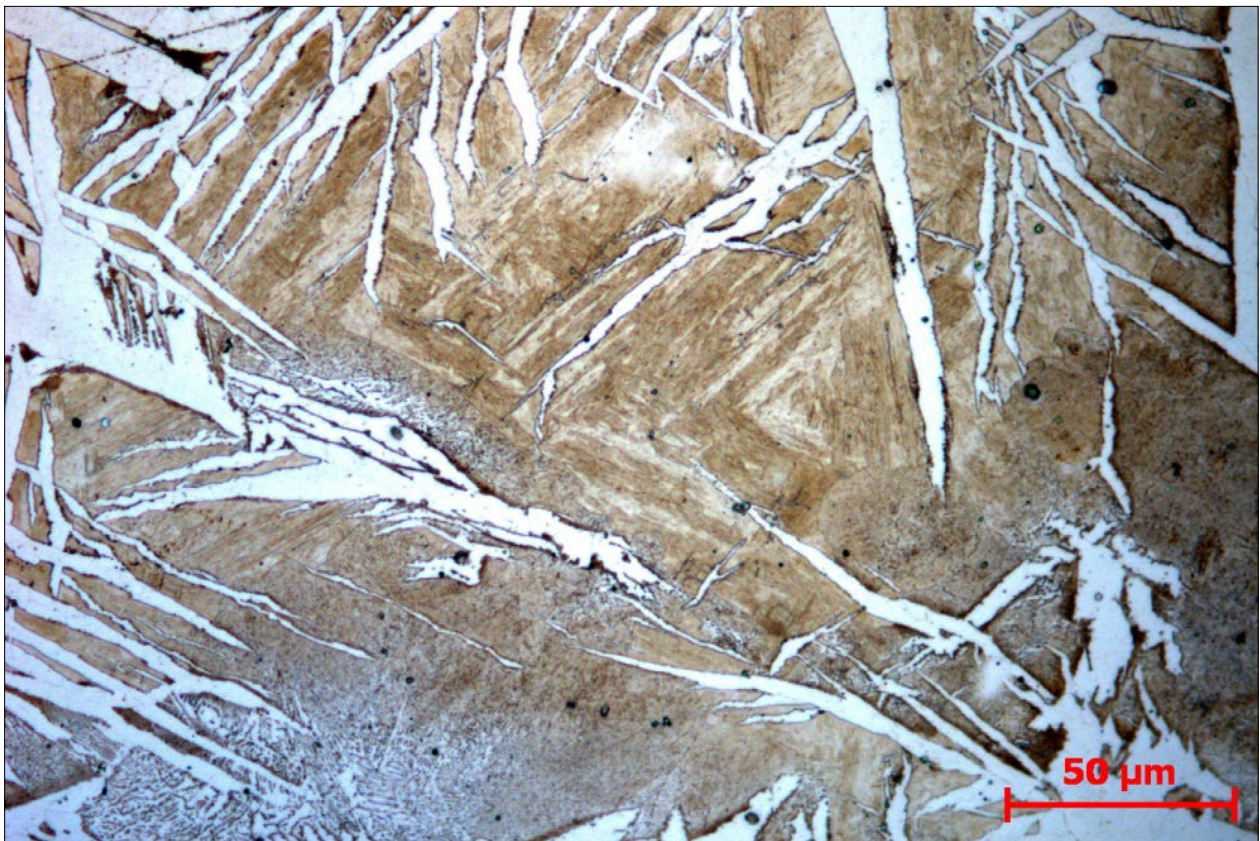
Figur 24. Fyra av de tio analyserade järnfynden: A = 5-563 avfall från smedja 3945, B = 5-694 smidesskälla med metalliskt järn (eller del av lupp?) ur Brunn 5514 med närhet till smedja 3974, C = 12N-1356 (viktod) från smedja 2198 och D = prov 9-2859 ämnesjärn från hus 1990. Bilder på de övriga analyserade järnfynden finns i respektive analysdatablad (bilaga 1d).



Figur 25. Polerat järnprov 5-656 (ämnesjärn från smedja 3945) i hög förstoring där mörka slaggineslutningar är utdragna, troligen på grund av smide, och där fosfor framträder som en förhöjd relief i järnet, huvudsakligen nära slagen. Det är i det här kolfria järnet även möjligt att se kornkontakterna som tunna raka linjer.



Figur 26. Prov 12S-797 (ämnesjärn från odlingslager) visade sig efter etsning huvudsakligen bestå av mjukt ferritiskt (kolfritt) järn, men i ett hörn framkom texturen perlit (brunt) vilket påvisar ett lokalt yttre kolinnehåll.



Figur 27. Även prov 12N-1356 (viktlo) visade sig innehålla kol (stål) i en mindre del nära provets yta (brunt). I mycket hög förstoring framgår att denna textur visar spår av härdning, d.v.s. snabb avkylning.

Sammantaget betyder detta att av det material som analyserats är det kolfria, ferritiska järnet vanligast samtidigt som en viss heterogenitet förekommer där vissa delar av järnfynden uppvisar kolhaltigt och fosforhaltigt järn. Homogent stål förekommer också liksom fosforjärn. Det kolfria järnet används i mycket av smidet som t.ex. i en kniv runt eggstålet. Fosforjärn kan både användas som det kolfria järnet runt eggstålet och som eggmaterial då det är hårdare än det kolfria järnet. En möjlig slutsats som kan dras utifrån det slaggrika järnavfallet som undersökts och som antyder att den råvara som, under åtminstone någon period, inkommit till Gamla Uppsala varit tämligen slaggrik och därmed varit i behov av att primärsmidas, d.v.s. slaggrensas och kompakteras. För att kunna göra en bedömning av järnsmidets karaktär och status måste de olika typerna av järn tidsplaceras och dessutom sättas i relation till kontext. Detta görs i kapitlet resultatsammanfattning – konstruktioner – smedjor.

Detaljerade analysresultat för varje prov finns i bilaga 1d.

Slagg

Slagg bildas som biprodukt, eller avfall, bland annat vid en mängd metallurgiska processer. Vid såväl järnframställning som järnsmide bildas slaggar. Dessa har olika former och uppbyggnad beroende på vid vilken process de har bildats och/eller i vilken utsträckning som rester av malm, medföljande föroreningar eller gjorda tillsatser har haft inverkan.

Slaggmaterialet inom projektet består utslutande av avfall från järnsmide, det vill säga smidesslagg. Slaggen bedöms till största del bestå av sekundärsmidesslagger, d.v.s. avfall från föremålsmide, även om slagg från primärsmide ingår i materialet. Det är inte alltid möjligt att säkert skilja på dessa båda slaggtypen enbart genom okulär granskning. Några av slaggtyperna funna inom projektet är dock tydliga avfall från sekundärsmide, såsom exempelvis glödskalen.

Totalt har 335 fyndposter av slagg registrerats. De flesta fyndposterna innehåller ett, eller några slaggfragment/intakta slaggar var. Även fyndposter med ett större antal (upp till 60) fragment förekommer. Sakordet *Järnhaltig slagg* har använts i registreringen för att skilja ut slagg som troligen innehåller inslag av metalliskt järn. Undertyper av smidesslagg som definierats är: smidesskällor, glödskal, kulslagg och sprutslagg. Dessutom finns till typen obestämda fragment smidesslagg.

Fördelning av slagg i området

Fynd av smidesslagg framkom i varierande mängd inom nästintill samtliga delområden; *Bangården, GUSK, Fridhem, Solhem, Storby backe, Storgården, Vattholmavägen norra, Vattholmavägen södra* och område *Veterinärvillan*.

I några områden påträffades vad som tolkas utgöra koncentrationer av smidesslagg. Detta gäller främst inom den södra och norra delen av område *Storgården* och den södra delen av område *GUSK* och *Vattholmavägen södra*. Mindre koncentrationer fanns även inom den centrala delen område *GUSK*. Relativt mycket slagg framkom även inom område *Veterinärvillan* – här är dock materialet mer spritt över området, även om några mindre koncentrationer kan urskiljas (fig. 28).

De tydligaste exemplen av kontexter som rör järnhantverk är de fall där slagg påträffats i processanläggningar, eller i andra kontexter som rumsligt kan knytas till smidesverksamhet. Det vill säga en kontext med en smedja (Smedja 2198, 3945 och 3974) eller metallverkstad (Grophus 1126). Det är i dessa kontexter, samt i anslutning till dessa, som den största andelen slagg påträffades. Relativt mycket slagg påträffades även inom den södra delen av område *GUSK/Vattholmavägen södra*, inom dessa områden har dock inte fyndmaterialet kunnat knytas till någon kontext som rör smide.

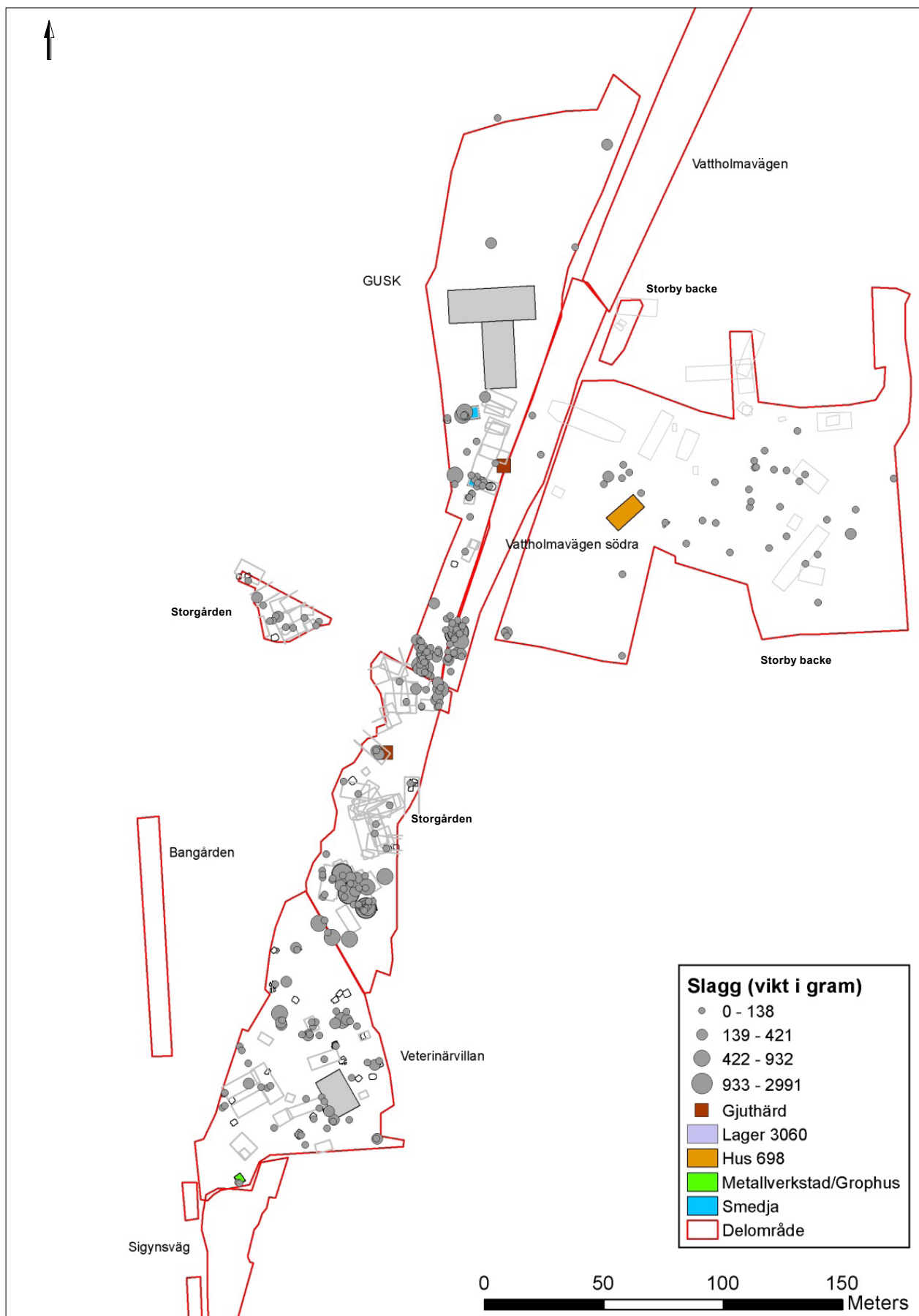
Provurval av slagg

Det som prioriterats för analys är slagg från tydliga hantverkskontexter. I första hand har slagg från smedjorna (3945, 3974 och 2198) samt metallverkstaden (1126) valts ut. I dessa kontexter är det slagg ur härdarna som prioriterats, i andra hand övriga ingående kontexter. Provurvalet har även i viss mån gjorts med tanke på undersökningsområdets tidsdjup och utbredning i rummet.

Analys av slagg – resultatsammanfattning

Slaggmaterialet består i huvudsak av fragment av plana/konkava/konvexa mindre smidesskällor samt en del hela och defekta dylika. De defekta och hela smidesskällorna, som valt för analys, varierar i storlek från ca 100 g till ca 500 g samt stora över 1 kg. Den största skällan väger drygt 1,6 kg.

En tydlig variation finns mellan de analyserade slaggen trots den begränsade mängden prov och även om flera har något avvikande detaljer (storlek/mineralogi/textur) är de flesta tolkade som hörande till sekundärsmide (föremålsmide) förutom den stora slaggen 12N-2233 (och möjligen 12N-2297) vilken tolkas som en trolig primärsmidesslagg (tabell 3 samt bilaga 1e). Alla provtagna slaggar har former



Figur 28. Spridning av smidesslag inom de centrala delarna av projektet. Visad mot bakgrund av delområden och identifierade hus.

Tabell 3. De analyserade slaggerna. Kolumnen mineralogi innehåller observationer utöver förekomst av olivin, wüstit och glas. Alla detaljer finns för varje enskilt prov beskrivna i analysdatabladen i bilaga 1e.

Prov	Anläggning	Form/morfologi	Oxidskikt	Mineralogi	Övrigt	Tolkning
5-696	Smedja 3945 770–980 AD	Konkav-konvex	X	Leucit, delvis zonerad olivin, wüstitrik	Små järndroppar	Smidesskälla
5-697	Smedja 3945 770–980 AD	Plan-konvex	X	Leucit, zonerad olivin, wüstitrik	Små järndroppar eller fragment	Smidesskälla
12N-2233	Smedja 2198 1300–1400-tal	Delvis konkav-konvex	X	Leucit, stor olivin, wüstitfattig	Ovanligt stor	Primärsmidesskälla
12N-2297	Smedja 2198 1300–1400-tal	Oregelbundna	X	Leucit, stor olivin, wüstitfattig	Flera små bitar-/fragment	Primär-/sekundärsmide
12S-2575	Grophus 1126 890–1020 AD	Plan-konvex	(X)	Leucit, wüstit m. magnetitlameller	-	Smidesskälla
KS-1020	Avfallslager	Plan-konvex	-	Extremt wüstitrik	Uppbyggd av flera skikt	Smidesskälla

som är typiska för smidesskällor, d.v.s. plana/konkava/konvexa (t.ex. fig. 29) förutom 12N-2297 som består av flera mindre slaggstycken (fig. 29C).

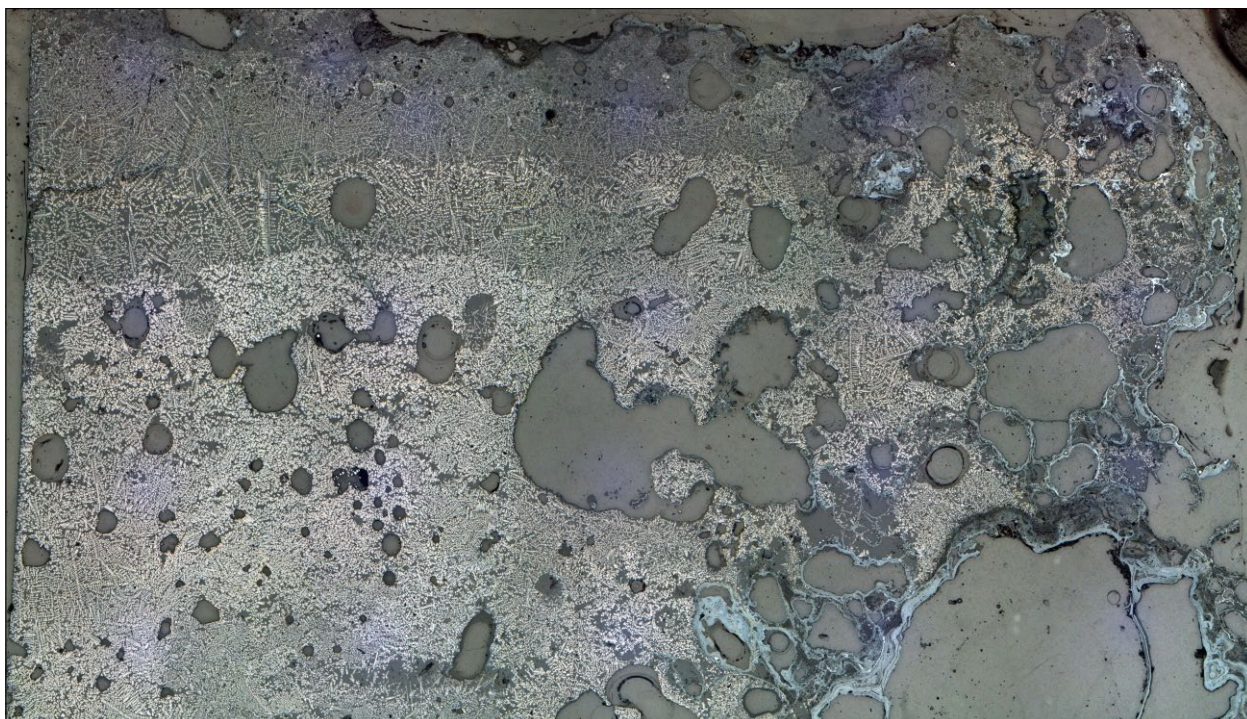
I mikroskop framgår att alla slaggar innehåller de tre vanligaste komponenterna; olivin, wüstit och glas (fig. 30), men att de flesta även innehåller leucit (tabell 3 och fig. 31). En typisk detalj i smidesslagg är ett övre järnoxidskikt orsakat av syre som i processens slutskede oxiderar slaggens yta (fig. 32). De flesta slaggen uppvisar detta oxidskikt (tabell 3). Zonerad oli-

vin, vilket är vanligt i smidesslaggar, ses dock endast i de två prov som kommer från smedja 3945, vilka också är relativt wüstitrika (tabell 3, fig. 31).

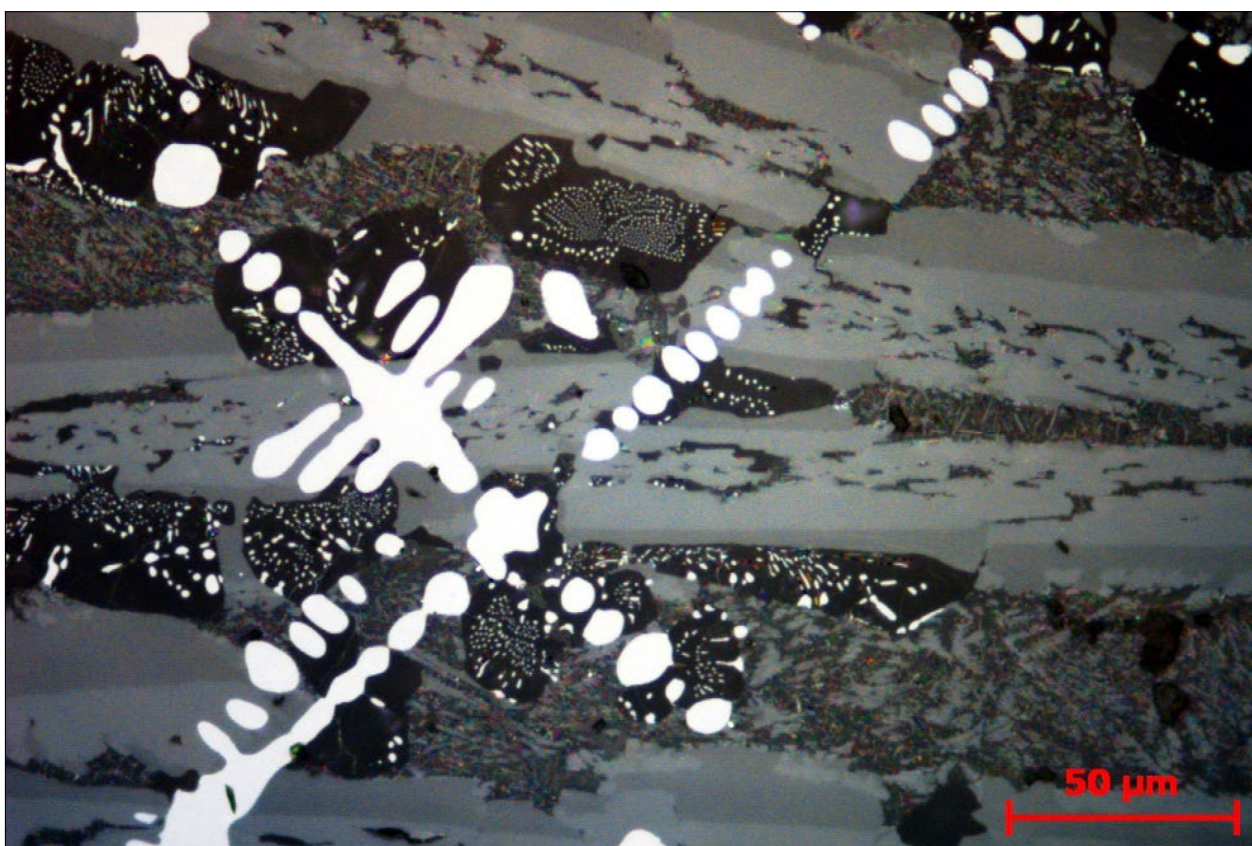
Då slag 12N-2233 från smedja 2198 tolkades som en möjlig primärsmidesskälla (på grund av dess storlek samt att den slagguppsamlingsgropen kom ur också var ovanligt stor) gjordes även en totalkemisk analys (analysdatabladet i bilaga 1e). Resultatet av denna analys (fig. 33–34) stödjer tolkningen att 12N-2233 är en primärsmidesslagg



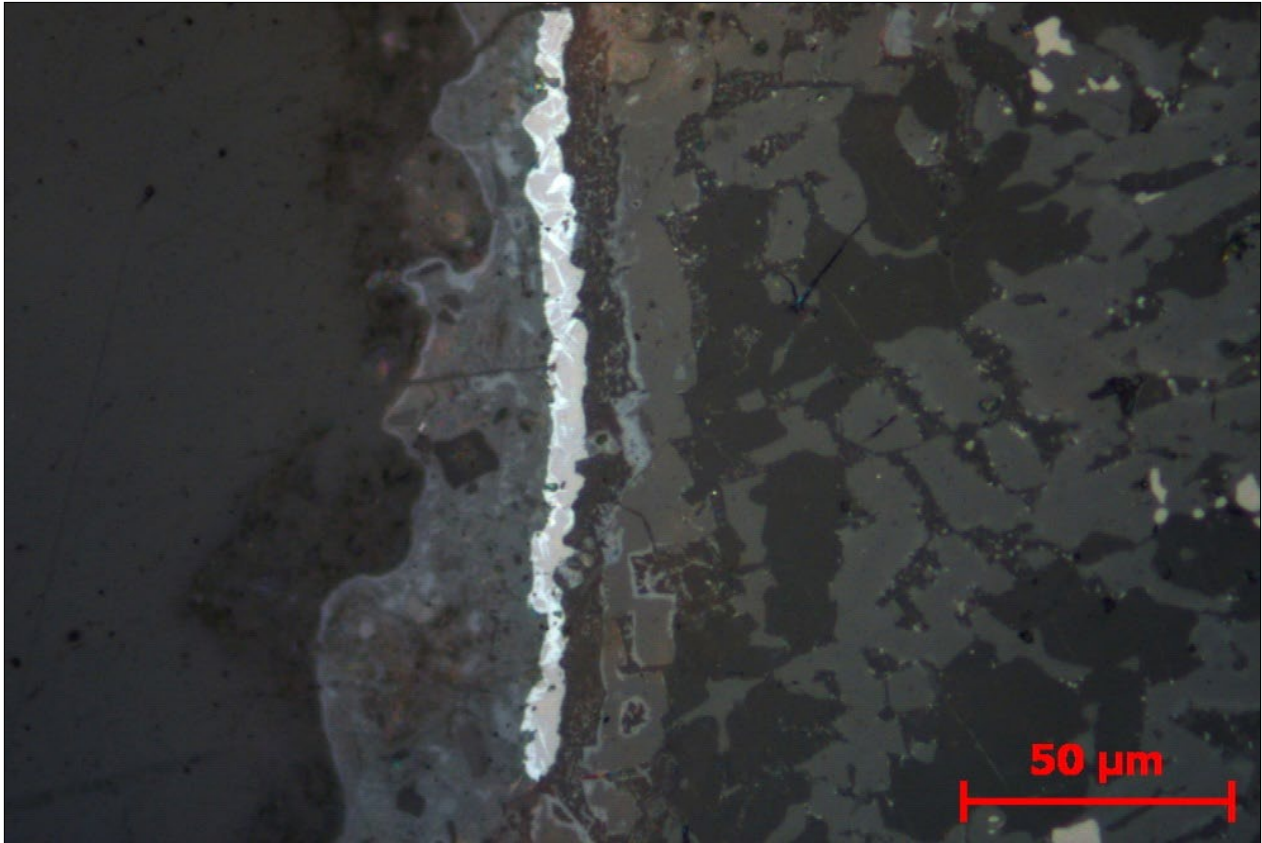
Figur 29. Fyra av de sex analyserade slaggen: A = 5-697 från smedja 3945, B = 12N-2233 och C = 12N-2297 från smedja 2198 samt D = KS-1020 från ett avfallslager. A, B och D visar typisk form för smidesskällor medan C består av flera små slaggstycken. Observera storleken på B, alla skalstockar är 5 cm. Bilder på övriga analyserade slaggar finns i respektive analysdatablad (bilaga 1e).



Figur 30. Översiktsbild av prov 5-696 i mycket låg förstoring (utsnittet är ca. 15×23 mm) där ljus wüstit ses skiktvis minska i storlek mot överytan (uppåt). Den grå mellanmassan består i denna slag av ungefär lika delar små olivinkristaller och glas. Prov 5-696 är representativt för slag från smedja 3945, men har vissa skillnader mot övriga slag, se tabell 3.



Figur 31. Detta mikroskopfoto av prov 5-697 i mycket hög förstoring visar de flesta komponenter som kan ingå i en slag: Ljusgrå lamellära olivinkristaller, här med en mörkare yttre zonering, en finkornig mellanmassa bestående av väldigt små olivinkristaller och mörkgrått glas, svarta leucitkristaller samt dendritiskt växande vit wüstit i varierande storlek.



Figur 32. I mycket hög förstoring ses ytan på prov 5-696 (och de flesta andra slaggprov) ha ett ljus skikt av järnoxid, här troligen både magnetit och hematit/maghemit, vilket är typiskt för smidesslagger och orsakat av hög syretillförsel.

samt visar att liknande kemiska signatur finns hos analyserade järnframställningsslagger från närliggande platser, vilket öppnar för möjligheten att råvaran (malmen) kan vara lokal (se stycket Slaggkemi 12N-2233 nedan). Dock finns inget som helt avfärdar en mer långväga källa. Båda slaggerna från smedja 2198; 12N-2233 och 12N-2297, har ovanligt stora olivinkristaller, vilket möjligen kan tolkas som att de kommer från en stor ässja, samt är relativt wüstitfattiga, vilket skiljer dem från slaggerna från de äldre smedjorna.

Detaljerade analysresultat för varje prov finns i bilaga 1e.

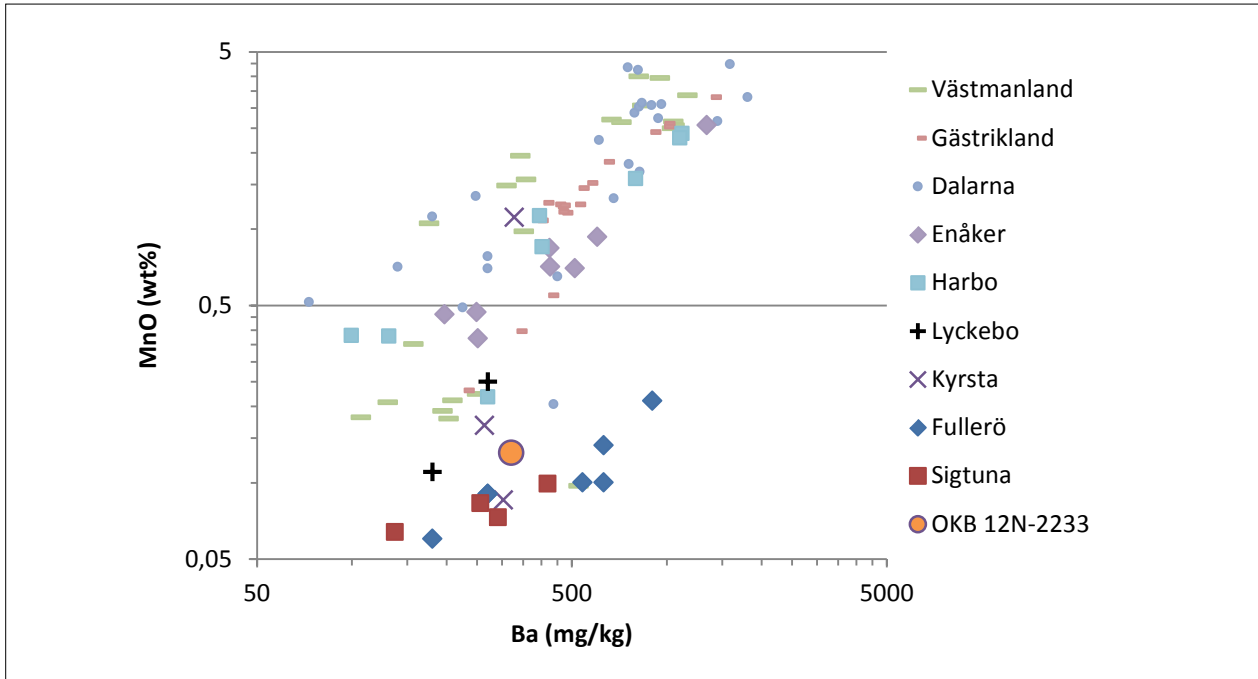
Slagg från smedja 2198 – jämförande kemi

Då slagg F2233 (prov 12N-2233) tolkats som en möjlig primärsmidesslagg (bland annat på grund av storleken) provtogs denna även för kemisk analys, detta då primärsmidesslaggen huvudsakligen består av samma slag som reduktionsslaggen som bildas vid järnframställningen.

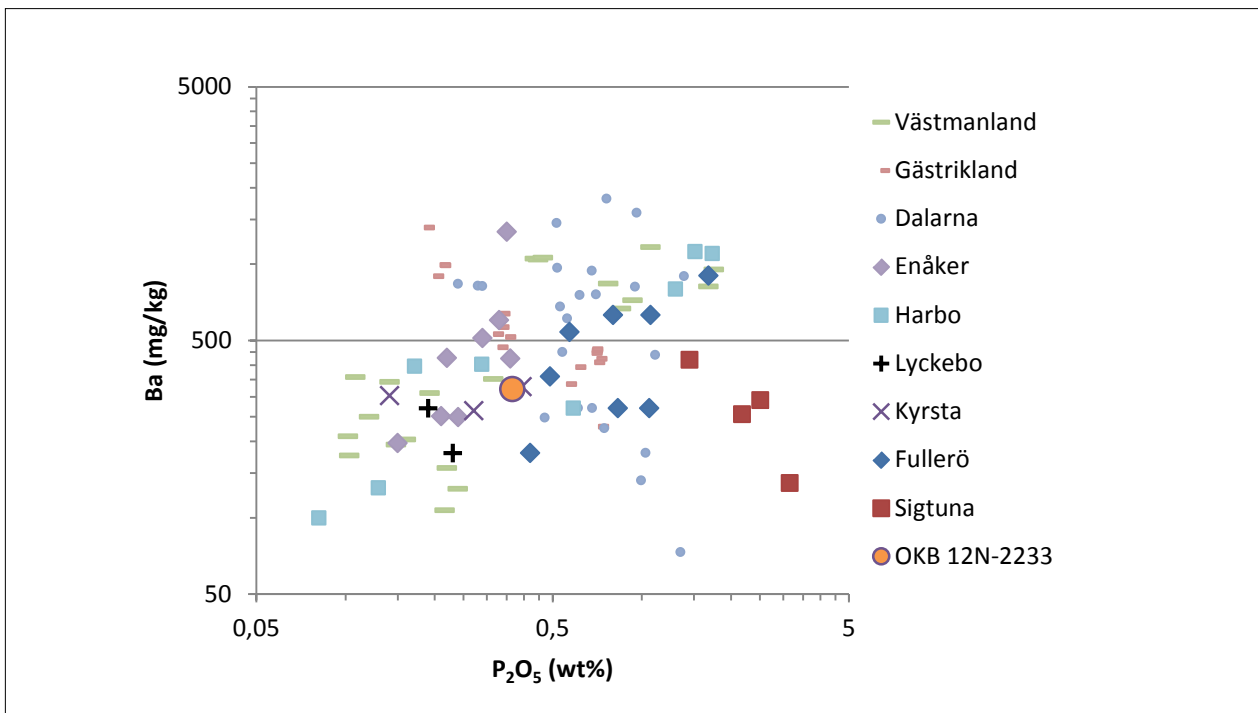
De uppländska slagger som prov 12N-2233 jämförts med är: Enåker – reduktionsslagg, bronsålder/äldsta järnålder (Willim m.fl. 2014), Harbo – reduktionsslagg, yngre järnålder (Björck &

Forenius 2009), Lyckebo – reduktionsslagg, bronsålder (Hjärthner-Holdar 1993), Kyrsta – reduktionsslagg, förromersk järnålder (Grandin m.fl. 2005), Fullerö – reduktionsslagg från bergmalm (magnetit med flussmedel), romersk järnålder (Kresten 1993), samt Sigtuna – smidesslagg, medeltid (Hjärthner-Holdar & Larsson 1997). Dessutom visas en större mängd kemidata från dåvarande GALs analysdatabas med reduktionsslagger från närliggande län; Dalarna, Gästrikland och Västmanland. Då ett relativt fåtal järnslagger från Uppland tidigare analyserats har även analyser från sekundärsmidesslagg tagits med, även om dessa kan vara kemiskt förändrade då bland annat kisel från vällsand kan ha tillkommit. Dessutom är fler analyser gamla och innehåller färre analyserade ämnen än önskvärt vilket ytterligare begränsar tolkningen av de kemiska analyserna.

När fosfor (P_2O_5 i vikt-%) och barium (Ba i mg/kg) plottas i ett tvåkomponentsdiagram (fig. 33) framgår att slaggen från Gamla Uppsala har kemisk likhet med reduktionsslagger från närliggande järnframställningsplatser i Lyckebo och Kyrsta socknar, men även delvis med de från Fullerö och Sigtuna. I figur 34 (mangan och barium) ses också



Figur 33. Logaritmiskt diagram med barium (Ba) och mangan (MnO) där slagg 12N-2233 jämförs med slagg från Uppland och angränsande län. Några av slaggerna från de angränsande länen har liknande sammansättning som 12N-2233, men de flesta avviker med sitt höga manganinnehåll. Dock förefaller de närliggande Uppländska slaggerna ha en mer likartad kemisk sammansättning. Se text för referenser.



Figur 34. Logaritmiskt diagram med fosfor (P₂O₅) och barium (Ba) där slagg 12N-2233 jämförs med slagg från övriga Uppland och angränsande län. I detta diagram uppvisar slagg 12N-2233 och övriga närliggande uppländska slagger liknande sammansättning som slaggerna från de angränsande länen, vilket visar osäkerheten i tolkningen av malmens ursprung. Se text för referenser.

kopplingen mellan 12N-2233 och Lyckebo/Kyrsta, men en av slaggerna från Kyrsta har betydligt högre manganinnehåll, vilket kan påvisa ett avvikande ursprung för den malm som använts. Sigtunaslaggerna (smidesslagger) visar större likhet än i figur 33, vilket möjligen kan visa att fosfor tillkommit under smidet och att malmen till dessa slagger ursprungligen också är lik den som hör till 12N-2233. Även slaggerna från Fullerö, där bergmalm använts vid järnframställningen, visar likartade (låga) nivåer av mangan. Resultatet visar att 12N-2233 sannolikt är en primärsmidesskälla.

Resultatet visar att den malm som är ursprunget till slag 12N-2233, vilken alltså tolkas som primärsmidesslagg, har en liknande kemisk signatur som de limonitmalmerna som använts vid järnframställningen i närliggande Kyrsta och Lyckebo, som dock är betydligt äldre än hantverket i Gamla Uppsala. Det är alltså möjligt att spekulera i att malmen kan ha ett lokalt ursprung, även om den kemiska sammansättningen inte på något sätt är unik – enstaka slagganalyser som visar liknande kemisk sammansättning finns även utanför Uppland och spridningen är ofta stor (fig. 33–34). Då limoniter har sitt ursprung i vittrade bergmalmer kan dessa uppvisa samma kemiska drag, vilket syns i det analyserade materialet från Fullerö och t.ex. Kyrsta och Lyckebo.

Malm

Några fynd av vad som tolkas utgöra järnmalm finns även registrerade. Malm är något av de bergarter, mineral, eller lösa sediment som kan användas för utvinning av metaller eller andra värdefulla ämnen. Endast de mineral eller bergarter som innehåller ett värdefullt ämne i tillräckligt hög koncentration och i lämplig form för ekonomiskt lönsam utvinning kallas malm. Malmer delas in efter sin kemiska sammansättning och betecknas ofta efter den metall eller det ämne som kan utvinnas ur dem. Mineralen magnetit och hematit är exempel på järnmalmer som används för utvinning av järn.

Totalt har 2 fyndposter av malm registrerats. Ytterligare ett fynd framkom vid provtagning/sågning av vad som tolkats som ett ämnesjärn. Malm förekommer inte naturligt i området och öppnar därför för en diskussion om anledningen till förekomsten av dem inom boplatserna. Några spår efter järnframställning finns inte heller inom de undersökta områdena.

Fördelning av malm i området

Fynd av malm fanns inom område *Storgården* (1 fyndpost) och område *Veterinärvillan* (1 fyndpost).

Inom område *Veterinärvillan* påträffades ett fragment av magnetisk malm i ett odlingslager (SL206602) och inom område *Storgården* fanns fragment av malm i ett hjulspår (KG2027). Ett provtaget fynd (F2264, se nedan) kom även det i ett hjulspår inom område *Storgården* (Väg 2793).

Provurval av malm

Ett fynd (F2264) från DY12N, registrerat som ett fragment av ämnesjärn, visade sig vid provtagning/sågning istället vara ett stycke bergmalm (fig. 35). Fyndet omtolkades och analyserades med tanke på en annan frågeställning, d.v.s. den skulle möjligen kunna höra till järnframställning från bergmalm. Det är alltså inte fråga om ett egentligt ”urval” vad gäller malmen inom projektet utan ett tillfälle som möjliggjordes i samband med omtolkningen av ett fynd.

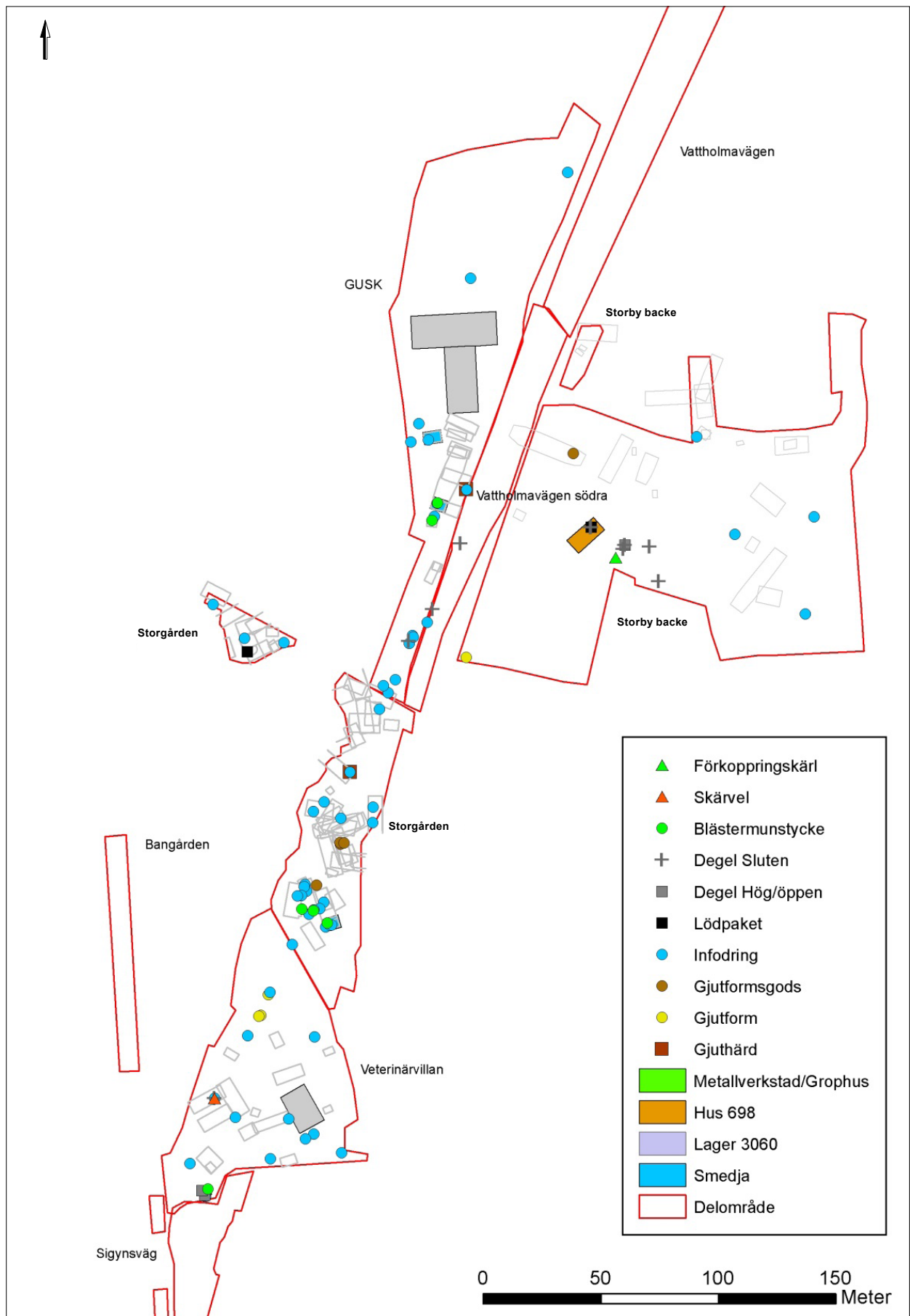
Analys av malm – resultatsammanfattning

Ett stycke bergmalm (12N-2264) preparerades till ett polerprov och analyserades i mikroskop.

Provet domineras helt av järnsulfidmineralet magnetkis (svagt magnetiskt) vilket ses oxidera till mineralet markasit med en typisk textur kallad *birds eye* (se fig. i bilaga 1f). Magnetkis är inget ovanligt mineral i anslutning till järn- och kopparmalmer i Uppland och Bergslagen, dock är det sannolikt ovanligt att hitta ett stycke där magnetkishalten är så hög som i detta prov. Att hitta det som en naturligt förekommande sten i lösa avlagringar (jord) torde vara ännu mindre sannolikt. Denna



Figur 35. Det magnetiska och kantiga fyndet hade roströda ytor vilket inledningsvis ledde till att det tolkades som ett möjligt ämnesjärn. Detaljerad analys med fler bilder på provet finns i analysdatabladet (bilaga 1f).



Figur 36. Spridning av teknisk keramik inom de centrala delarna av projektet. Visad mot bakgrund av delområden och identifierade hus.

malm är dock olämplig för järnframställning på grund av sitt svavelinnehåll (sulfidmalm) vilket ger ett varmräckt järn som är mycket svårt att smida. Exempelvis är den järnmalm som använts i Fullerö (se ovan) av en annan typ (oxidmalm-magnetit) vilket är mycket lämpligare för järnframställning. Möjligen rör det sig om stycken ingående i material som används för utfyllnad eller bärlager för en väg eller dylikt. Materialet påträffades dessutom i ett senmedeltida hjulspår och har ingen tydlig anknytning till metallhantverket.

Detaljerat analysresultat för provet finns i bilaga 1f.

Deglar

Samtliga fynd av deglar inom projektet består av relativt små fragment. I de flesta fall har dock undertyp och kärldel kunnat bestämmas. Totalt har 35 fyndposter med deglar registrerats. De flesta fyndposterna innehåller ett fragment var, men fyndposter med flera fragment av samma kärldel, exempelvis bukfragment, förekommer. I materialet finns både cylindriska/öppna deglar och slutna deglar. Båda typer är vanliga i Norden (slutna deglar är dock inte vanliga i Danmark) under järnåldern. Slutna deglar förekommer främst under folkvandringstid och vendeltid, öppna deglar förekommer främst under vikingatid – även om viss överlappning av typerna förekommer. I ett antal degelfragment har även, vid noggrann granskning, metallrester påträffats. Metallresterna tolkas efter okulär granskning bestå av guld (Au) och kopparlegering (Cu).

Den tydligaste kopplingen till en kontext som tillhör metallhantverk fanns inom område *Veterinärsvillan*, där degelfragment påträffades i ett grophus (1126) som troligen kan tolkas som en metallverkstad. I grophusets härd och i ett golvlager fanns fragment av öppna deglar med kopparlegering i godset. Den största mängden degelfragment påträffades dock i ett avfallslager, lager 3060, med sekundärt deponerat avfall från härdar inom område *Storby backe*. I detta lager påträffades flera fragment som visade sig innehålla guld. Denna kontext innehöll fragment av både cylindriska/öppna deglar och slutna deglar och båda typer hade gulddroppar i godset.

Fördelning av deglar i området

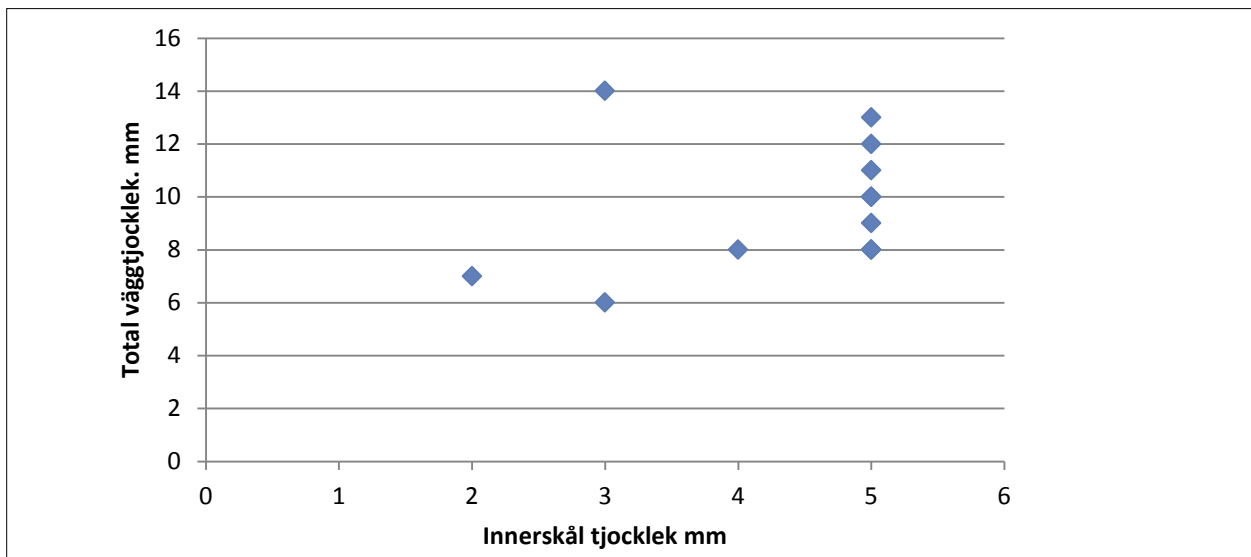
Fynd av deglar fanns inom område *GUSK*, *Storby backe*, *Vattholmavägen södra* och område *Veterinärsvillan*. Den största mängden degelfragment (25 fyndposter), härrör från område *Storby backe* samt i mindre mängd (6 fyndposter) från område *Vete-*

rinärsvillan. Enstaka fragment påträffades inom *GUSK* och *Vattholmavägen södra* (fig. 36).

I 11 fyndposter har metallrester noterats. Deglar med guld i godset har påträffats i 8 fyndposter. Samtliga fynd härrör från område *Storby backe*. Dessa degelfragment, samt de övriga fragmenten inom området, påträffades relativt samlat i områdets södra del, på boplatsen invid, och på gravfältet. Degelfragmenten med guldröster härrör från en ränna tillhörande hus 698 samt till största del från ett avfallslager, lager 3060, beläget inom gravfältet. Kopparlegering noterades i 3 fyndposter, dessa fanns inom område *GUSK* och *Veterinärsvillan*. Degelfragmentet från *GUSK* som påträffades i matjorden har dock en osäker tolkning som degel. Övriga fragment med kopparlegering härrör från ovan nämnda grophus inom område *Veterinärsvillan*. Även inom område *Veterinärsvillan* påträffades samtliga degelfragment relativt samlat i områdets södra del.

Bakgrund provurval deglar

Under mellersta och yngre järnålder användes öppna deglar, deglar som var öppna med löst lock och slutna deglar. Den senare typen som under folkvandringstid och första halvan av vendeltid var den förhärskande degeltypen i Skandinavien, utom de sydligaste delarna (Skåne, Blekinge, Danmark), är i motsats till de två öppna typerna oftast ett engångsredskap som kasseras efter användningen (Lamm 2008, 175 och 183). Detta är självklart anledningen till att resterna har påträffats i en så stor mängd som 230 kg i husgrupp 3 på Helgö i Mälaren (ibid, 174). Fördelarna med den slutna degeln var främst en långsammare värmeförlust samt att oxidering av metallen minskades (ibid, 175). Volymberäkningar visar att 59 av 74 Helgö-deglar hade en kapacitet på mellan 3 och 11 cm³ (ibid, 177). Ett annat dimensionsförhållande som kan vara av intresse vid jämförelse med mera fragmenterade fyndmaterial är relationen mellan innerskålens vägg tjocklek och den samlade tjockleken av denna plus tjockleken av det omgivande höljet/locket. Beräkningar på ett mindre urval av Helgö-deglar visar att kraftigare innerskål till viss del korrelerar positivt med en större total tjocklek för den färdiga degelväggen när det gäller små och mellanstora deglar (Stilborg 2008, 210). Gamla Uppsalas degelmaterial ger möjlighet att studera liknande resultat på ett material som, vidare fram med viss försiktighet, kan jämföras med Helgös. Andra viktiga fyndlokaler med välstuderade fynd av slutna deglar är Bäckby vid Västerås och Husby, Närke (Lamm 2008, 183; Magnus 2008, 231;



Figur 37. Diagram över relationen mellan tjockleken på innerskålsdelen och den totala vägg tjockleken för de slutna deglarna som har framkommit på DY4.

Hjärthner-Holder m.fl. 1999). Medan deglarna på den förstnämnda enbart är av den slutna typen omfattar fyndmaterialet på den senare såväl slutna som öppna deglar. Fynden från Gamla Uppsala lämnar här ytterligare underlag för diskussionen om orsaken till skillnaden i användningen av slutna respektive öppna deglar.

Provrval av deglar

Ett representativt provurval av teknisk keramik ska utöver den rumsliga fördelningen även representera variationen i typer och storlekar av objekt samt olika makroskopiskt urskiljbara godstyper. Fynden av deglar relaterade till gjutningsaktiviteterna har varit av största intresse och bland deglarna har degelskärvor med metallrester prioriterats för analys. Urvalet har också gjorts för att kunna göra materialmässiga och hantverkstekniska jämförelser med annan teknisk keramik.

Analys av deglar – resultatsammanfattning

Okulär granskning deglar

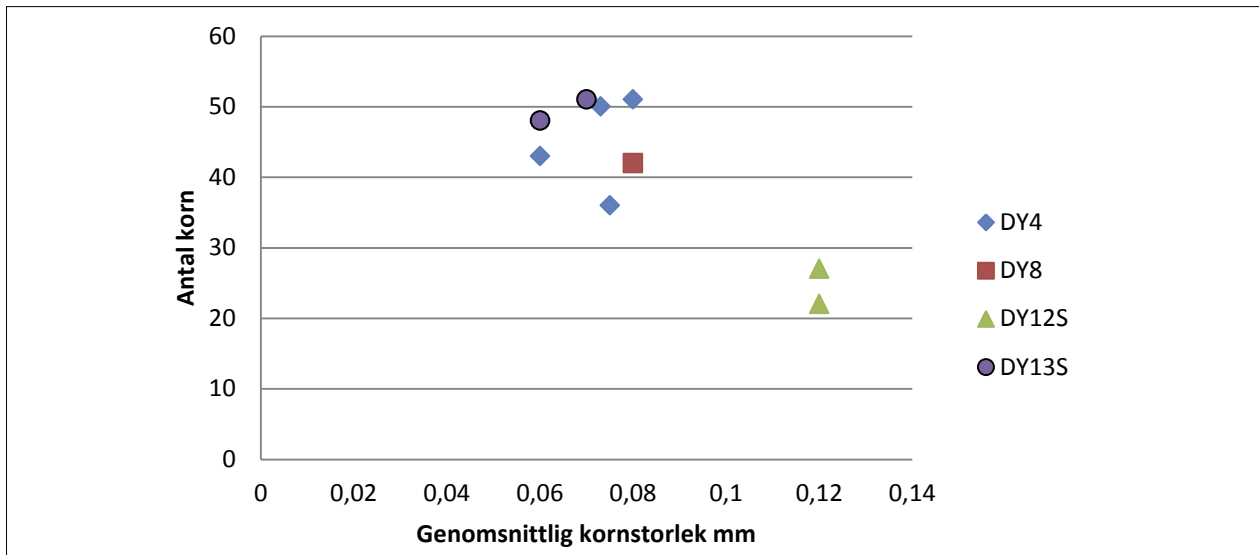
Skärvtjocklekarna för samtliga degelväggar har sammanförts i ett diagram som inte överraskande visar att de slutna deglarna med sina tvålagerkonstruktioner överlag är kraftigare än de öppna deglarna. Medan de flesta väggarna från öppna deglar är 5–7 mm tjocka ligger huvuddelen av de slutna deglarnas vägg tjocklekar mellan 7 och 9 mm (fig. 37). I den senare gruppen syns också en större spridning upp till 14 mm i tjocklek. Detta beror nog främst på att den slutna degelväggs tjocklek varierar mellan tunnare vid pipen och tjockare nära handtaget medan väggen i de öppna deglarna är mera jämntjock. En annan statistik, som visar sam-

bandet mellan innerskålens tjocklek och den totala tjockleken av tvålagerkonstruktionen, illustrerar att degelkonstruktören inte har varit slarvig med vägg tjockleken. Det framgår tydligt att innerskålens tjocklek kunde vara upp till 5 mm men inte mera.

Analys av deglar – sammanfattning

Bland degelfynden från DY4 har fem degelfragment utvalts till analys. Tre av deglarna är av den slutna typen (F2074, F2076, F2084) och två är öppna (F2078, F2086). Två fragment från öppna deglar har utvalts från fyndet i DY12S (F2729, F2730). Det ena av de senare fragmenten har ett inre lager som visade sig vara en lagning av insidan på den öppna degeln. Slutligen har ett fragment från en sluten degel, som påträffades i område DY8 (F2894) samt två rester av slutna deglar från stolphålen ID 603972 och ID 604490 (F834 & F841) i stolpmonumentet inom DY13S analyserats.

Resultaten redovisas på separata datablad (bilaga 1g) och sammanfattas här. De fem deglarna från DY4, den ena degeln från DY8 och båda fragmenten från DY13S är alla gjorda av en grov, sorterad lera som är mycket rik på silt och rik på finsand. Några enstaka sandkorn dyker upp i TS 5 (F2078), TS 7 (F2086) och TS 23 (F841). I TS 6 (F2084) förekommer en del finsandkorn av mörka mineral; annars är mängden accessoriska mineral låg och finsanden består av kvarts och olika sorters fältspat. Det finns inget i lerornas mineralogi som motsäger att det rör sig om material från samma lertäkt. En enkel bildanalys (se presentation av metoder) av fyra av degelfragmenten från DY4 samt degelfragmenten från DY8 och DY13 visar en tydlig homogenitet i lerornas sortering (fig. 38). Gruppen



Figur 38. Diagram över resultaten av en enkel kornstorleksanalys vid $100\times$ förstoring på degelgods.

har getts beteckningen A med en möjlig underuppdelning i A1 (alla utom TS 5) och A2 (TS 5).

Analysen av TS 5 (F2078) påvisade en lera av samma typ som i de övriga analyserade deglarna från DY4, men godset innehåller också två större bergartskorn på 6,2 och 3,2 mm respektive. Det kan inte uteslutas att dessa stora sand-/gruskorn har råkat bli inblandade av en slump men eftersom de är två i detta lilla prov kan det mycket väl röra sig om tillsatt magring även om någon sådan inte behövs av tekniska orsaker. Godset i TS 5 betecknas som en möjlig undergrupp A2. I övrigt har det inte observerats några tillsatta material i något av de övriga degelgodsen av typ A. Det är anmärkningsvärt att det inte har varit möjligt att urskilja övergången mellan innerskål och ytterhölje i tunnslipen av de slutna deglarna från DY4, DY8 och DY13S. Detta beror dels på att samma lera har använts till båda delarna dels på den förglasning och sintring som godset utsatts för i gjuthärden. En ytterligare orsak till att det inte syns någon gräns mellan de två delarna skulle kunna vara att ett plastiskt ytterhölje appliceras medan innerskålens lera fortfarande är blöt vilket ger en bra sammanfogning av de två delarna. Detta kan tyckas självklart men ger ändå en idé om framställningsprocessens fortgång.

Analysen av tunnslipen av de två öppna deglarna från DY12S (TS 17, F2729; TS 18, F2730) påvisade också en grov sorterad lera, som dock är mindre rik på silt än godsgrupp A. Mineralogiskt finns det inte några skillnader i förhållande till godsgrupp A, men sorteringen är annorlunda, vilket bekräftades av den enkla bildanalysen. De två deglarna från DY12S har således placerats i godsgrupp B. Ingen magring har tillsatts godset i de två öppna deglarna. Degeln

F2730, TS 18 har försetts med ett intill 2 mm tjockt reparationslager i samma lermaterial som den ursprungliga degelväggen. Detta pekar på att det rör sig om ett lokalt tillgängligt lermaterial – alternativt att deglarna togs till platsen i redan lagat skick. Reparationslagret har förseglat ett obestämt rekrystalliserat lager innehållande enstaka metall-droppar. Det är möjligt att även den andra degeln (TS 17, F2729) har ett liknande reparationslager. Förekomsten av reparation är ytterligare ett fenomen som skiljer gjuteriverksamheten inom DY12S från gjuteriet på DY4.

Degeln som påträffades på DY8 och deglarna från stolphålen i stolpmonumentet kan entydigt knytas till samma tradition och med största sannolikhet samma gjuteri som fynden på DY4. Fyndet från DY8 kan vara ett resultat av störning och omflyttning av avfall från område DY4 men det kan inte heller uteslutas att verkstaden vid någon tidpunkt har flyttats från det ena området till det andra.

Gjutformar

Endast en handfull av relativt små fragment av gjutformar har påträffats inom projektet. Totalt har 8 fyndposter registrerats, några av dessa fynd har dock osäker tolkning. Samtliga gjutformar består av bränd lera. Ett fynd (F411) från södra delen av område *Storby backe* har avvikande karaktär. Detta fynd består av en defekt underform till en tvådelad gjutform av vitbrännande, troligen kaolinrik lera. Denna form har gjutkaviteter för tre olika typer av enklare föremål. Gjutformen var avsedd att kunna användas ett flertal gånger. Ytterligare ett fragment (F1056), även denna från *Storby backe*, har en del av en grund, mindre, rundad gjutkavitet

bevarad. Fragmentet är en del av en underform. Det gjutna föremålet är dock obestämt. *Möjligen* skulle det kunna röra sig om en gjutform till en agraffknapp/agraffknappar liknande dem som framkom i det folkvandringstida gjuteriet på Skeke, Uppland (Hjärthner-Holdar 2011:106 ff., Larsson 2014:227ff). Fyndet tillhör samma kontext där en guldsälta samt fragment av både öppna och slutna deglar med gulddroppar i godset påträffades, lager 3060 med sekundärt deponerat avfall från härdar.

Att så få gjutformar påträffats jämfört med deglar, särskilt inom område *Storby backe*, har troligen sin förklaring i att deglarna med sin smälta utsida är stabilare och bevaras därför bättre än gjutformarna, som inte utsatts för liknande temperaturer i hantverket. Vissa typer av gjutformar slås dessutom sönder för att det gjutna föremålet ska kunna tas ut, vilket gör att formarna är mer fragmenterade som föremålskategori redan i hantverkssituationen.

Inom projektet har även 5 fyndposter av *gjutformsgods* registrerats. Sakordet *gjutformsgods* har använts som en samlingskategori för brända leror som är sandiga och/eller siltiga till karaktären, de har alltså samma karaktär som gjutformarna. Orsaken att detta sakord använts är att fynden är fragmenterade och mer eller mindre rundade. Säkra indikatorer som gjutkaviteter saknas på dessa fynd. Vid registrering och kategorisering har materialets karaktär fått styra, och fynden har bedömts kunna utgöra fragment av exempelvis gjutformar.

Fördelning av gjutformar i området

Fynd av gjutformar härrör från område *Storby backe* samt *Veterinärvillan*. Från *Solhem* finns en fyndpost som består av ett osäkert fragment. De flesta fynden finns inom *Storby backe* (4 fyndposter) och *Veterinärvillan* (3 fyndposter). Totalt sett finns 13 fragment av gjutformar, 5 av dessa fragment har dock osäker tolkning. Fynd av gjutformsgods fanns inom område *Storgården* (5 fyndposter) och *Storby backe* (1 fyndpost) (fig. 36).

Inom *Storby backe* följer gjutformarna samma spridningsmönster som deglarna. Gjutformsfragmenten påträffades i lager 3060, ett lager med sekundärt deponerat avfall från härdar, samt i ränna 1725, tillhörande hus 698. Multigjutformen (F411) från områdets södra del härrör från överbyggnaden till Grav 6105. Inom område *Veterinärvillan* fanns gjutformsfragmenten i områdets norra del, till skillnad från deglarna som hittades i områdets södra del. Möjligen har metallhantverk bedrivits i fler grophus än i metallverkstad 1126. Två av fyndposterna av gjutformar påträffades i ett

och samma grophus (1170). En fyndpost påträffades i en grop skuren av en sentida källare.

Provurval av gjutformar

Ett representativt provurval av teknisk keramik ska utöver den rumsliga fördelningen även representera variationen i typer och storlekar av objekt samt olika makroskopiskt urskiljbara godstyper. Fynden av gjutformar relaterade till gjutningsaktiviteterna har varit av största intresse. Urvalet har också gjorts för att kunna göra materialmässiga och hantverkstekniska jämförelser med annan teknisk keramik.

Analys av gjutformar

– resultatsammanfattning

De två mest karakteristiska gjutformsfragmenten valdes ut till analys: F3385 – ett fragment från en tvådelad form (TS 20) och F3388 – ett fragment av ett ytterhölje med textilavtryck från en tvådelad form (TS 21) – båda från DY12S. I inget fall är gjutformsfragmentet så stort och välbevarat att det är möjligt att bestämma formen eller typen på det gjutna objektet. Det enda gjutformsfragmentet med en del av gjutkaviteten (grund, rundad) bevarad, F1056, DY4, är ej analyserad. Vid utgrävningen 2013 efter provurvalet framkom ytterligare en gjutform med flera gjutkaviteter som inte heller ingår i analyserna.

Resultaten redovisas på separata datablad (bilaga 1h) och sammanfattas här. Gjutformen F3385 (F20) är gjort av en mellangrov, sorterad, mycket siltrik lera med lite finsand (max. korn 0,3 mm). Leran karakteriseras dessutom av ett stort innehåll av mörka mineral – främst hornblende och augit. Det förekommer även en del större glimmerkorn av såväl muskovit som biotit. Sortering och mineralogi tillsammans skiljer ut materialet i en egen godsgrupp – grupp D.

Några fragment med avtryck av textil och snören av obestämt material (F3388) har en mycket nära parallell, trots tidsskillnaden, i ett yttre gjutformshölje som tidigare påträffats i stadslager i Jönköping och Gamla Uppsala-fragmenten bör tolkas på samma sätt. Gjutformshöljet med textilavtryck (TS 21) är i motsats till F3385 gjort av ett mycket ovanligt gods för teknisk keramiska föremål. Och samtidigt ett mycket vanligt gods för kärllframställning. Den fina siltiga lera har magrats med 15 % krossad granit med en maximal kornstorlek på 2,5 mm. Även om det rör sig om ett ytterhölje och inte själva gjutformen skulle det vara mycket osannolikt om innerdelen av gjutformen hade gjorts av helt annat material. Lera innehåller en del mörka

mineral och även några enstaka diatomeer. Sorteringen och granitmagringen betyder att godset placeras i en egen grupp – godsgrupp F. Jämförelsen med resultaten av mikroskoperingen av tio kärlgods från undersökningarna i Gamla Uppsala visar att samma lera som i TS21 användes till en majoritet av kärlden och att även magringskvaliteten i gjutformen hamnar mitt i magringsvariationen bland de tio kärlgodsens. Gjutformen F3388 är således inte bara entydigt gjord av kärlgods men även helt klart inom en lokal hantverkstradition.

Detaljerade analysresultat för varje prov finns i bilaga 1h.

Övrig teknisk keramik – kärl

Några mer ovanliga fynd av teknisk keramik är de fragment av skärvlar, lödpaket och förkoppringskärl som identifierats under den särskilda registrering av fynden. Dessa kärl har sina användningsområden i olika metallurgiska processer. Skärvlar är låga keramiska fat som används vid avdrivning samt testning av metaller (Söderberg 2006:69 ff). Lödpaket hör samman med processen hårdlödning, d.v.s. lödning i syrefri miljö, och kan beskrivas som lerbörpackningar i olika former av engångskaraktär. Förkoppringskärl, även kallade ”schmelzkügel”/ smältkolor, är runda lerbörpackningar, även dessa slås sönder och kasseras efter användning. Dessa kärl hör samman med hårdlödning där kopparlegering löds fast runt en järnkärna (Söderberg 1996, Söderberg 2006:66 ff).

Totalt har 5 fyndposter av denna typ registrerats. Samtliga kärl består av bränd lera med varierade grad av smälta ytor i godset. Ytterligare ett kärl som bör lyftas fram i detta sammanhang är fyndet (F10) av ett kupellationskärl från område *Lilla gårdet*, som framkom under den kompletterande förundersökningen 2011 (Englund & Hjärthner-Holdar 2011:11). Processen rör troligen testning/avdrivning av silver. I 2 av dessa fyndposter har metallrester påträffats vid noggrann granskning. Metallresterna tolkas efter okulär granskning bestå av guld (Au) samt vad gäller F10 från 2011, obestämd metallrest.

Fördelning av övrig teknisk keramik – kärl i området

Fynd av övrig teknisk keramik – kärl fanns inom område *Storgården* (1 fyndpost), *Storby backe* (2 fyndposter), *Veterinärvillan* (2 fyndposter) samt inom den kompletterande förundersökningens (2011) lokal *Lilla gårdet* (1 fyndpost) (fig. 36).

Fyndet (F10) från 2011 års undersökning kunde inte knytas till någon processanläggning. Den

tydligaste kopplingen till en kontext som *möjlig* rör metallhantverk är fyndet av lödpaket (F468) i hård 700 inom *Storgården*. En kontext där en relativt stor mängd avfall i form av teknisk keramik deponerats är brunn 1171 inom den södra delen av område *Veterinärvillan*. I brunnen påträffades de enda fynden av skärvlar inom projektet, varav den ena fyndposten innehöll ett fragment (F2844) med gulddroppar i godset. Inom *Storby backe* är spridningsmönstret för ovan presenterade kärlyper detsamma som för deglar, gjutformor samt guld kopplat till hantverk-områdets södra del. I marklager 1336 påträffades ett fragment av ett förkoppringskärl (F2067), och fyndet (F2070) av lödpaket hör till ränna 1725 i hus 698.

Provurval av övrig teknisk keramik – kärl

Bland den övriga tekniska keramiken har ett förkoppringskärl, ett lödpaket samt en skärvel utvalts för analys främst för att studera deras materialmässiga och hantverkstekniska relation till deglar och gjutformor.

Analys av övrig teknisk keramik – kärl – resultatsammanfattning

Ett förkoppringskärl (TS 1, F2067) och ett lödpaket (TS 2, F2070) från DY4; samt en skärvel (TS 19, F2844) från DY12S har analyserats.

Resultaten redovisas på separata datablad (bilaga 1i) och sammanfattas här. Förkoppringskärl (TS 1, F2067) och lödpaketet (TS 2, F2070) från DY4 har båda gjorts av samma grova, sorterade, mycket siltrika lera med enstaka korn av mörka mineral som även använts till samtliga analyserade deglar från samma område. En enkel bildanalys av godset i TS1 bekräftar att det hör ihop med godsgrupp A1. Analyserna av förkoppringskärl och lödpaketet från DY4 kopplar dem till gjutningsaktiviteten och visar en homogen hantverkstradition och antagligen också på en kronologiskt sammanhållen aktivitet. Den valda leran är dessutom av högsta kvalitet för teknisk keramiska ändamål vilket indikerar professionalism.

Skärveln (TS 19, F2844) från område DY12S är däremot framställd av en grov, osorterad lera – rik på silt och med någon finsand men också med en del sandkorn (maxkorn 2,1 mm). Lerans kvalitet är snarlik leran som använts till infodringen TS 15 (F2296) från område 12N, men det finns skillnader i mineralogi och homogenitet. Leran i skärveln innehåller en del små bitar av växtmaterial/kol som kan vara tillsatt material, eventuellt som magring. Den förglasade, blåsiga zonen som indikerar den högsta värmepåverkan och kontakt med metall

ligger längs den konkava insidan på skärveln och är som bredast vid mynningen. Godset har inga likheter med godsens i de analyserade deglarna och gjutformarna från samma område och har placerats för sig själv i godsgrupp J. Om detta kan bero på att de hör till skilda aktiviteter med olika godstraditioner eller att skärvelns gods är relaterad till speciella funktionella krav kan inte avgöras på bas av de hitintills få utförda analyserna.

Blästermunstycken

En föremålstyp som hör samman med både smide och övrig metallhantering där höga temperaturer ska uppnås i en härd, exempelvis i en ässja eller i en gjuthärd, är blästermunstycket. Blästermunstyckets funktion är bland annat att rikta/koncentrera luftstrålen från bälgen in i härden. Munstyckena förväxlas lätt med vävtyngder eftersom de morfologiskt liknar varandra; de är runda, relativt plana med ett centralt placerat hål. Blästermunstyckena är dock framställda med specifika krav på funktion både vad gäller utformning och godssammansättning.

Inom projektet har 6 fyndposter av möjliga blästermunstycken av rund vävtyngdsform registrerats. Samtliga fragment är av bränd lera. Av dessa har minst 3 fyndposter osäker tolkning vid okulär granskning. Några makroskopiska tecken på att fynden utsatts för temperaturer förenliga med metallhantverk finns inte. Blästermunstyckena har således inte använts vid smidet, utan har troligen utgjort en ”reserv” i smedjan/verkstaden i väntan på användning. I detta material har förutom föremålets morfologi, främst fyndens arkeologiska kontext haft betydelse för tolkningen av användningsområdet.

Fördelning av blästermunstycken i området

Fynd av blästermunstycken fanns inom område *GUSK* (2 fyndposter), *Storgården* (3 fyndposter) och *Veterinärvillan* (1 fyndpost) (fig. 36).

De fynd som tydligt har en koppling till en kontext som rör metallhantverk är de fynd som påträffats i en smedja eller metallverkstad. Inom område *GUSK* påträffades fragment av munstycken i ett lager tillhörande en smedja (3974) samt i en brunn med närhet till ovan nämnda smedja. Inom område *Storgården* framkom fynden i områdets södra del, både i smedjan som är belägen där (2198), samt i övriga stolphål och lager i områdets södra del. I metallverkstaden (1126) inom område *Veterinärvillan* fanns ett munstycke i en härd tillhörande grophuset.

Provrval av blästermunstycken

Två möjliga blästermunstycken ur tydliga hantverkskontexter (Smedja 2198 & Smedja 3974) har utvalts för att studera deras materialmässiga och hantverkstekniska relation till övrig teknisk keramik.

Analys av blästermunstycken

– resultatsammanfattning

Två fragment av möjliga blästermunstycken, en av rund vävtyngdsform från DY5 (TS 9, F2813) och en fyndpost av mindre fragment från DY12N (TS 13, F2271) har analyserats. Det ena fragmentet från DY5 (TS 9, F2813) är gjort av samma mellangrova, sorterade, siltrika och diatoméhaltiga lera som även använts till det analyserade infodringsfragmentet TS 8 (F672) från samma område (godsgrupp C1). Överensstämmelsen i råmaterialanvändning styrker möjligheten att objektet har framställts för att fungera som blästermunstycke i en smedja. Det finns dock inga vare sig makroskopiska eller mikroskopiska tecken på att materialet utsatts för högre temperaturer och blästermunstycket har således aldrig använts. Det andra fragmentet, som påträffats på DY12N, är gjort av en mellangrov, sorterad, siltrik men framför allt kalkrik lera (godsgrupp E). Det finns förvisso enstaka exempel på användning av kalkhaltiga leror till gjutformar, men lera som innehåller kalk undviks till de flesta keramiska ändamål. Däremot är de att föredra till klinelera och andra konstruktioner/föremål som inte som inte var avsedda för bränning. Godsets relativt dåliga homogenisering passar också bäst överens med en tolkning som exempelvis vävtyngd. Bränningen av föremålet kan ha varit en senare oavsiktlig händelse och det finns inga spår av höga temperaturer på det analyserade fragmentet. Det finns således inget som tyder på att detta objekt var tänkt som blästermunstycke. Däremot tyder godset på att det rör sig om ett föremål som inte var avsedd för bränning.

Detaljerade analysresultat för varje prov finns i bilaga 11.

Infodring

Materialet registrerat som infodring består av bränd och smält/förglasad lera som fungerat som infodring i olika typer av processanläggningar av typen härd. I detta material är det infodring från ässjor som dominerar, även om några fyndposter av vad som tolkas utgöra infodring till gjuthärdar, eller andra typer av härdar där infodringen inte kommit i kontakt med metall finns. Inga fragment har dock påträffats *in situ* i härdarna, eftersom processanläggningarnas bevarandegrad varit låg.

De delar av infodringen till ässjor som bevaras har ofta en smält insida – en reducerad zon i mitten – samt en bränd utsida. Fodringens grad av bränning och reducerade/oxiderade tillstånd beror på var i ässjans konstruktion respektive fragment har suttit. Spåren efter den högsta temperaturen finns på fragmentens insida, särskilt närmast blästret, det vill säga där luftstrålen går in i härden. Viktigt att notera är att gränsen mellan infodringsmaterial och exempelvis järnslag inte alltid är knivskarp. På infodringsmaterial kan finnas insmält slag från smidesprocessen och tvärt om.

Infodring till härdar där metall inte direkt kommit i kontakt med fodringen har en annorlunda karaktär. Denna typ av infodring är mer oregelbunden formmässigt och har ingen tydlig in- eller utsida. Det finns inte heller en klar värmegradient i materialets bränning. Här är fyndets kontext viktig för bedömningen.

Totalt har 63 fyndposter av infodring registrerats. De flesta fyndposterna innehåller ett, eller några fragment var, även om fyndposter med ett större antal fragment förekommer. Generellt kan sägas att fyndmaterialet består av relativt små fragment som saknar spår efter avtryck och dylikt. Enstaka infodringsfragment uppvisar spår efter reparation.

Inom projektet har även 149 fyndposter av *smält lera* registrerats under kategorin *Hantverk och produktion*, undertyp *Metallhantverk*. Sakordet smält lera har använts som en samlingskategori för material (leror, men även sand/grus) som utsatts för temperaturer som är förenliga med metallhantverk. Detta smälta material kan inte definieras närmare okulärt, men har bedömts härröra från järnsmidesprocessen. Materialet utgör troligen främst infodring som deformerats vid höga temperaturer som t.ex. vid smide (fig. 39). Ett antal (7) fyndposter av *smält bergart* representerar troligen konstruktionsdetaljer som suttit i ässjans övre del, närmast blästret. Här har innehållet bedömts domineras av delvis smält sten, eller sten med skikt av smält lera.

Fördelning av infodring i området

Fynd av infodring fanns inom område *Bangården*, *GUSK*, *Solhem*, *Storby backe*, *Storgården*, *Vattholmavägen södra* och *Veterinärvillan* (fig. 36).

Den tydligaste kopplingen till en kontext med metallhantverk är de fall där infodring påträffats i ett lager i själva processanläggningen eller i en annan kontext som rumsligt bedömts höra samman med hantverket, det vill säga i en smedja eller metallverkstad. Några ensamliggande härdar (Härd 5803, *GUSK* och 2742, *Storgården*), tolkade som gjuthärdar, innehöll också fynd av infodring.

Det är i, eller i anslutning till dessa kontexter som den största andelen infodringsfragment påträffades, särskilt inom, och norr om smedjan (2198) inom område *Storgården*.

Bakgrund provurval infodring

Med en gradvis bättre förståelse av infodringars eller mera specifikt ässjefodringars generella utseende har mängden av välbeskrivna och analyserade fynd ökat. Så väl den geografiska som den kronologiska spridningen på fynden är stor. Fynden har å andra sidan på de flesta fyndlokalerna varit begränsade till några få fragment. Ett av de något större fynden är från ässjor daterade till yngre järnålder på Kallerstad-boplatsen i Linköping (Karlssoon & Räf 2006; Stilborg 2006). I de flesta fallen återstår enbart den nedersta delen av förhistoriska ässjor – slagguppsamlingsgropen/ässjegropen – medan själva härden, där fodringen har ingått och blästerhålet har varit placerat, oftast enbart är representerat av de delar av infodringen som utsatts för tillräckligt höga temperaturer för att bevaras. Undantagsvis har så stora delar av ässjan bevarats att det har varit möjligt att göra en rekonstruktion (Englund m.fl. 1996; Hjärthner-Holdar m.fl. 1999). Med det rika fyndmaterialet från projektet ges möjlighet att försöka få ut mer information av infodringsfragmenten. Men på grund av materialets fragmenteringsgrad är rekonstruktioner inte möjliga att göra.

Provvurval av infodring

Fokus i provurvalet har varit att få med analyserbar infodring ur samtliga processanläggningar (där sådan fanns/var analyserbar). Särskilt viktigt var att analysera infodring från de två möjliga gjuthärdarna, som inte innehöll annat fyndmaterial än just infodring, detta för att om möjligt tolka härdarnas funktion.

Totalt finns 63 fyndposter av infodring. Inför analysen gjordes, utifrån lämplighetskriterier för denna typ av analys, en prioritering av 39 fyndposter.

Analys av infodring – resultatsammanfattning Okulär granskning

En specialregistrering av infodringsfragmenten kan öka vår kunskap om ässjans eller gjuthärdens konstruktion. I de fall där fragmenten av infodring har en tydligt sintrad eller förglasad insida är det oftast också denna del som är bäst bevarad medan de lägre brända delarna längre bort från den sintrade/förglasade insidan, är successivt mer och mer vittrade. Fodringsfragmenten har ofta en konisk profil i riktningen vinkelrätt mot fodringens



Figur 39. Spridning av smält lera inom de centrala delarna av projektet. Materialets spridning över området liknar smidesslaggens spridning (se figur 28) Visad mot bakgrund av delområden och identifierade hus.



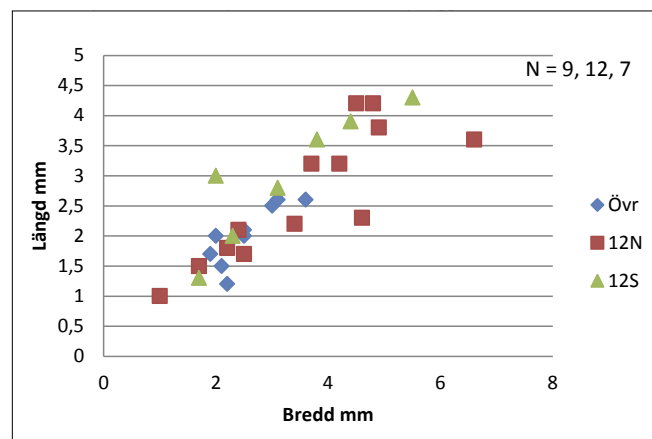
Figur 40. Fodringsfragment från DY 12N. Fragmentet till höger visar värmegradienten från den blåsiga, förglasade insidan (längst ner) till den lägre brända utsidan (längst upp).

insida (fig. 40). Såväl längd och bredd på fodringsfragmentets insida som dess tjocklek kan vara relaterade till ässjans dimensioner. En enkel statistisk behandling baserad på insidans mått på det största infodringsfragmentet i varje fynd (de fynd där en mätning är möjlig) visar en tydlig korrelation mellan längd och bredd (fig. 41).

Detta tolkas som ett uttryck för en regelbunden uppbyggnadsteknik – sannolikt med horisontella remsor eller band av lera. Statistiken visar dessutom en större variation i fodringsdimensionerna inom DY12S och DY12N än i de fodringsrester som kommer från andra områden. Skillnaden består främst i att materialet från DY12S och N omfattar flera stora fragment, vilket kan betyda att det här finns större/ mera komplexa ässjor än i det övriga området. Relationen mellan insidans area och fragmentens tjocklek är betydligt mindre klart. Fodringarna blir alltså inte automatiskt tjockare i större hårdar. Inga tydliga avtryck eller kontaktzoner med andra material observerades på baksidorna av fragmenten och de kan således inte i sig bidra med konstruktionsinformation. I åtta av 39 fyndposter finns minst ett fragment med en formad kant som bör representera fodringsens övre avslutning. Dessa är nästan alltid förglasade. Fastsmält slagg på insidan förekommer i flera fall och vittnar tillsammans med de förglasade kantbitarna antagligen om att glödbädden har täckt fodringen upp till kanten. En del fragment är sekundärt sintrade/förglasade och ibland sammansmälta med slagg antagligen beroende på att infodringen har skadats under arbetets gång och avslagna bitar har hamnat inne i glödbädden. Däremot har det inte i det analyserade materialet observerats några otvetydiga exempel på reparationer av infodringen (se ovan). Rimligen har den fått vara kvar tills den ansågs helt

otjänlig varefter den har avlägsnats och ersatts med en helt ny infodring. Slutligen observerades enstaka fragment med vitgråa och gula beläggningar på den sintrade/förglasade insidan. Dessa kan vara spår efter särskilt bränsle i ässjan (t.ex. ben). Studier av detta har dock inte ingått i det befintliga analysprogrammet.

Fragmenten av sintrad – men inte förglasad – lera som påträffades i två möjliga gjuthärdar i DY8 och DY12N är mycket mera oregelbundna i formen. Det finns ingen tydlig formad insida eller klar värmegradient i materialets bränning. Detta stämmer egentligen väl överens med en gjuteritolkning eftersom en infodring i en gjuthärd enbart undantagsvis skulle komma i kontakt med metall. Därmed skulle den inte förglasa och vidare vara mera hållbar, vilket skulle betyda att sintringen kan nå längre in i fodringen som en följd av en längre brukstid.



Figur 41. Diagram över relation mellan största längd och största bredd för insidan på fodringsfragment från Gamla Uppsala.

Analys av infodring – sammanfattning

Sex fragment av infodring har utvalts till tunnslipsanalys. Ett fragment kommer från DY5 (TS 8, F672) och ett från DY8 (TS 10, F2893). Övriga fyra fragment kommer från DY12N, som hade det största fyndmaterialet av denna typ (TS 12, F2222; TS 14, F2258 TS 15, F2296; TS 16, F2301).

Resultaten redovisas på separata analysdatablad (bilaga 1i) och sammanfattas här och i tabell 4.

Infodringsfragmentet TS 8 (F672) från DY5 är gjort av en mellangrov, sorterad, siltrik lera (max kornstorlek 0,5 mm). Den utmärker sig främst genom att innehålla diatoméer och spongiånalar (som även blästerskyddsfragmentet TS 9 från samma område – se ovan) och har därför placerats i godsgrupp C1. De få och små växtfragmenten som observerats i godset är antagligen en naturlig förekomst.

Infodringen TS 15 (F2296) från DY12N har tillverkats av en grov, osorterad lera (i motsats till övriga analyserade infodringar), som är rik på silt och finsand samt innehåller en del sand. Leran innehåller en del mörka mineral och en mindre mängd diatoméer. Detta betyder en viss likhet med TS 8 (F672), men sorteringen och en del lerkörtlar i materialet, vilka inte förekommer i TS 8 eller TS 9 i godsgrupp C1, gör att godset har placerats i godsgrupp C2.

Det analyserade infodringsfragmentet från DY8 (TS 10, F2893) och ett av fragmenten från DY12N (TS 12, F2222) är gjorda av snarlika mellangrova leror med mycket silt och lite finsand (max kornstorlek 0,3–0,4 mm). Båda har ett mindre innehåll av mörka mineral men det är främst sorteringen som ligger till grund för att de har placerats i samma godsgrupp – grupp H. Detta betyder dock inte att leran till de två infodringarna måste komma från samma lertäkt.

Infodringsfragmentet TS 14 (F2258) visade sig bestå främst av olika slaggfaser och endast en 3 mm bred remsa längst bort från den förglasade insidan består i huvudsak av hårt bränd, mellangrov, sorterad lera. Även i denna del fanns inträngd slagg med en del glödskal. I en förglasad, ca 3 mm bred, zon nära insidan syns enstaka sandkorn som kan indikera att även denna del till större del består av lera (ev. sandmagrad) och anledningen till den komplexa strukturen kan vara att det har lagts på förnyelselager på insidan av infodringen. Den begränsade mängden av analyserbart keramiskt gods betyder att det är omöjligt att göra en detaljerad jämförelse med de andra godsen, men förekomsten av glödskal har en motsvarighet i infodringen TS 16.

Infodringsfragmentet TS 16 (F2301) från samma ässa som TS 15 (F2296) och TS 14 (F2258) är gjort av ett mycket annorlunda gods. Till denna infodring

har använts en mellangrov, sorterad siltig, finsandrik lera med enstaka sandkorn. Den järnoxidrika leran innehåller en del små korn av mörka mineral. Den maximala kornstorleken för godsets naturliga, icke-plastiska innehåll är 0,9 mm. Godset innehåller dessutom 8 % glödskal med en maximal längd på 1,1 mm. Det finns glödskal i infodringens förglasade insida som kan vara förorening från smidet, men glödskalen i den lägre brända, 4 mm breda zonen längst bort från insidan kan inte ha trängt in i godset. Däremot kan det inte helt uteslutas att glödskalen utgör förorening av ett lerupplag i smedjan innan detta användes för att bygga infodringen. I så fall har man dock inte bara valt att låta föroreningen vara kvar men till och med fördelat den homogent i godset, så att den i praxis har fungerat som magring. Även om det inte finns någon teknisk fördel i att magra med malm, slagg eller glödskal finns det en rad järnåldersexempel på detta, t.ex. i ugnsväggar (Stilborg 2002 med hänvisning). Detta är dock det första kända glödskalmagrade godset som använts som infodring. Främst på grund av magringen men även baserat på den finsandrika leran har TS 16 placerats ensamt i godsgrupp G.

Valen av råmaterial, eventuell magring och homogenisering av godset är inte lika viktiga när det gäller infodringar sett i förhållande till exempelvis deglar, gjutformar och andra teknisk keramiska produkter med högre prestationskrav. Ändå ger användningen av olika råmaterial intressanta indikationer om hantverket. Av ovanstående resultat framgår att samma eller besläktade leror har använts till infodringar på DY5 och DY12N respektive DY8 och DY12N. Detta kan tyda på att ässjekonstruktionen inom dessa områden är om inte samtida så styrd av samma råmaterialstrategi. Den ovanliga glödskalmagrade infodringen och den möjligen sandmagrade infodringen (även den med en mindre mängd glödskal) från ässjan i smedja 3, DY12N kan indikera en tekniskt mera avancerad miljö som experimenterade – även med infodringsgodset. Alternativt kan mera komplexa gods vara en del av en självmedveten urskiljning av en mera avancerad verkstad.

Konstruktioner

Inom projektet har sex olika typer av funktion för byggnader urskilts. Tolkningarna har baserats på underlag av byggnadsresterna, planlösningen, fynd och analyser. Två av dessa funktioner hör till metallhantverk; smide och gjutning av kopparlegeringar. För samtliga beskrivningar av funktion, se respektive Göthberg 2017 och Lindkvist 2017. Nedan definieras hus med funktion för metallhantverk.

Tabell 4. *Fyndnummer, prov samt godsgrupp. Se även bilaga ii.*

Fnr	Prov (TS)	A1	A2	B	C1	C2	D	E	F	G	H	J
2067	1	X										
2070	2	X										
2074	3	X										
2076	4	X										
2078	5		X									
2084	6	X										
2086	7	X										
672	8				X							
2813	9				X							
2893	10										X	
2894	11	X										
2222	12										X	
2271	13							X				
2258	14											
2296	15					X						
2301	16									X		
2729	17			X								
2730	18			X								
2844	19											?
3385	20						X					
3388	21								X			
834	22	X										
841	23		X									

Smedja – en definition

Enfunktionell, enskeppig byggnad ofta av mindre storlek, t.ex. grophus, syllhus eller enskeppigt stolphus. Variationer i byggnadsätt förekommer. Smedjornas storlek under förhistorisk tid och medeltid varierar huvudsakligen mellan 4×5 och 5×6 meter, även om undantag givetvis förekommer. Det huvudsakliga metallhantverket som bedrivs i smedjan är järnsmide, även om arbete med andra metaller/legeringar kan ha förekommit, exempelvis arbete med inläggningar i kopparlegering.

En smedjas placering avgörs till stor del av dess funktion samt relation till övrig bebyggelse. Vanligtvis låg de historiskt kända smedjorna, exempelvis socknarna Lima och Transtrands stående 1700/1800-tals smedjor, ett stycke från bostadshusen eftersom de lätt kunde orsaka eldsvåda. Ofta anlades de i ett vindskyddat läge i en sluttning, helst intill något vattendrag, eller där tillgång på vatten fanns, och gärna mot söder eller sydväst (Björklund & Täpp 1982). Det finns flera exempel på smedjor som byggts intill bergsknallar (Lindman m.fl. 2007, Grandin m.fl. 2008). Ett exempel där funktionen styr placeringen av smedjan är gruvsmedjorna som oftast låg nära inpå

gruvorna för att snabbt kunna tillgodose behovet av redskap i gruvarbetet (Willim 2013).

Smedjan och dess inredning bygger på gamla traditioner. Den rumsliga strukturen är mer eller mindre oförändrad över tid. Vissa komponenter måste ingå i smedjan för dess funktion. Smedjornas inriktning och användningsområde varierar dock, vissa är specialiserade vilket kan medföra förändringar i rummet efter behov. Ässjan, eller smideshärden, är den mest primära konstruktionen i en smedja. Olika typer av ässjor förekommer. Redan under romersk järnålder fanns stenbyggda ässjor som låg i marknivå. Från sen vikingatid och fram i historisk tid är det den uppbyggda härdpallen som dominerar. Ässjan kan vara placerad en bit ut på golvet med en öppning i taket för att få ut rök, och för att få in ljus. Alternativt är ässjan placerad mot en vägg eller ett hörn, för att frigöra mer golvyta i rummet. Bälgar av någon typ måste ha funnits för att få rätt temperatur i ässjan. Bälgen eller bälgarna lämnar dock få spår arkeologiskt. Bälgarnas placering i smedjan bör tolkas utifrån avståndet till ässjan och övrig befintlig yta i rummet. Stådet, som är tillverkat i järn, har varit placerat på en grov trästock, en så kallad städstabbe. Stabben står i eller på smedjans golv. Förekomst av främst glödska indikerar platsen för stådet som är placerat en bit ut på golvet, nära ässjan. Flera städ kan förekomma i en smedja. Vidare kan en filbänk och andra arbetsbänkar ha funnits i smedjan. Dessa är placerade längst med någon av väggarna i smedjan. Indikationer kan vara fyndkoncentrationer av järn/avfall från smidet och i vissa fall redskap och ämnen som använts i arbetet. Spår efter förvaring av träkol och vällsand kan finnas. Sidobyggnader för förvaring av träkol förekommer. I smedjan har också ett kar med vatten funnits. Vatten används vid härdning och för avkylning av de redskap/verktyg som används. Vid smide bildas avfallsmaterial som lämnar distinkta spår inne i smedjan, men spår efter smedjans verksamhet finns även utanför byggnaden. Avfallsmaterial, främst slag, deponeras vanligtvis utanför byggnaden där det med tiden bildar ett så kallat slaggarv.

För att med säkerhet kunna tolka en byggnad som en smedja bör spår efter processanläggningen, ässjan, finnas i kombination med andra igenkännbara lämningar och fynd efter smidesverksamhet. Givetvis kan andra kombinationer av lämningar leda till tolkningen att huset är en smedja, exempelvis kan ett primärt lager av glödska runt platsen för en städstabbe i ett sotbemängt område indikera smidesverksamhet även om lämningen efter ässjan saknas av någon anledning. Det är dock vanskligt

att tolka ett hus som en smedja enbart utifrån enstaka fynd som kan kopplas till järnsmide.

Verkstad – en definition

Enfunktionell byggnad, ofta av mindre storlek, exempelvis grophus, syllhus eller enskeppigt stolphus. En gjuteriverkstad daterad till folkvandringstid i Uppland hade måtten 7,10×4 meter. Detta hus i Skeke var av typen syllstenshus (Hamilton m.fl. 2014). Det huvudsakliga metallhantverket som bedrivs i hus vanligtvis benämnda verkstäder är hantverk med ädelmetaller, kopparlegeringar och ädelstenar.

En verkstads placering borde kunna jämföras med det för smedjorna vad gäller brandfaran (se ovan). Vissa typer av verkstäder, exempelvis den folkvandringstida gjuteriverkstaden i Skeke, Uppland, har dock troligen signalerat hög status, varför placeringen vid ingången till storgården även kan ha varit uttänkt med tanke på synlighet och tillgänglighet för exempelvis besökare till gården (Hamilton m.fl. 2014). Denna verkstad är den första undersökta, fullt utrustade gjuteriverkstaden (vad gäller processanläggningar) från järnålder i Sverige, varför detta avsnitt främst baseras på resultaten från denna undersökning (Larsson 2014). För en detaljerad beskrivning av processanläggningar och rumslig organisation i verkstaden, se Hjärthner-Holdar 2011.

Det primära i en gjuteriverkstads inredning är gjuthärden, där det kända exemplet från järnålder är stenbyggt och konstruerat i golvlagret. Indikationer på en hård av denna typ är exempelvis bränsle i form av träkol, infodring som är sintrad men inte smält, avfallsmaterial i form av smältor och eldfasta kärl av olika typ. Bälgar av någon typ måste ha funnits för att få rätt temperatur i gjuthärden. Bälgen eller bälgarna lämnar dock få spår arkeologiskt. I verkstadshuset i Skeke fanns dock en stensatt anläggning tolkad som bälgunderlag. Bälgarnas placering i verkstaden bör tolkas utifrån avståndet till gjuthärden och härdens konstruktion. Spår efter förvaring av träkol till härden kan finnas. I Skekeverkstaden fanns ett rektangulärt infiltrationslager av sot och träkol i golvlagret som tolkas utgöra spår efter en kolbinge nära härden. Vidare kan det finnas ett kompakterat golvlager med avfall från verksamheten. Indikationer på avfall från en verkstad är exempelvis metallsmältor, råämnen, teknisk keramik, verktyg och redskap såsom plåtsax, pincett, spatel, skalpell, bryne, fil och tång. Avfall från verksamheten kan även ha deponerats utanför huset. Generellt sett producerar dock en verkstad en mindre mängd avfall än en smedja, vilket gör att denna typ av hus troligen är svårare att upptäcka i fältsituationen. Ovan nämnda

verkstad hade även spår efter avställningsytor för exempelvis gjutlåda/gjutformar. Arbetsbänkar för verktyg, efterbearbetning av föremål och dylikt bör också funnits i verkstäder.

För att med säkerhet kunna tolka en byggnad som en verkstad bör spår efter processanläggningen, gjuthärden, finnas i kombination med andra igenkännbara lämningar och fynd efter metallhantverket. Givetvis kan andra kombinationer av lämningar leda till tolkningen att huset är en verkstad. Det är dock vanskligt att tolka ett hus som verkstad enbart utifrån enstaka fynd som kan kopplas till exempelvis gjutning.

Källkritiska aspekter

Ett flertal smedjor kunde identifieras under fältarbetsfasen av projektet; dessa framkom inom område *GUSK* och *Storgården*. Av metallurgiskt intresse är även ett grophus inom område *Veterinärvillan* som uppvisar spår av ett komplext hantverk, alternativt olika/separata metallhantverk. Några ensamliggande härdar, en inom område *GUSK* och en inom område *Storgården*, är tolkade som möjliga gjuthärdar. Inom undersökningsområdet, främst inom område *Storby backe*, fanns även andra intressanta kontexter där arkeometallurgiskt material framkom, kontexter som dock inte utgör processanläggningar eller till dessa hörande primära strukturer. Inom område *Storby backe* framkom exempelvis tydliga spår efter guldsmede (fig. 42).

Kontexterna som identifierades i fält och som kan knytas till metallhantverk var generellt sett dåligt bevarade. Främst beror detta på plöjning, men även senare tiders överlagrande aktiviteter och störningar bidrog till detta. Generellt sett innehöll de olika kontexterna knutna till metallhantverk lite fyndmaterial att tolka och analysera. Fyndmaterialet var även mycket fragmenterat. Vad gäller smedjorna fanns ytterst lite av golvlagren bevarade. Av ässjorna var endast slagguppsamlingsgropen bevarad. Inget av själva härden ovan mark fanns *in situ*. I samtliga smedjor fanns dock en, eller i ett fall två, nedgrävningar som tolkades utgöra spår efter städstabbens placering. Det går inte att utesluta att fler stabbar kan ha varit i bruk i smedjorna, eftersom städstabbar också kan ha varit placerade direkt på smedjans golv. Fyndmaterialet från smedjorna är sparsamt, men indikerar både primärsmide och sekundärsmide. Det finns inget i fyndmaterialet från smedjorna som tyder på att smederna arbetat med annat material än järn.

Grophuset inom område *Veterinärvillan*, tolkat som en metallverkstad var dock relativt välbevarat. I husets södra hörn fanns en kraftigt stenbyggd

hård/ugn. Därutöver fanns en utstickande hård/ugn längs husets östra vägg. Ett relativt välbevarat golvlager fanns också centralt i huset. Fyndmaterialet från verkstaden är sparsamt men varierat. Här pekar fynden på aktiviteter som involverat både järnsmide och gjutning av kopparlegeringar.

Några möjliga gjuthärdar identifierades under fältarbetsfasen. Av dessa fanns endast härdens botten kvar. Utöver detta var härdarna något skadade. Med största sannolikhet har fler processanläggningar av typen hård funnits inom undersökningsområdet (spridningen av fyndmaterial pekar mot detta), men de har helt försvunnit på grund av plöjning och dylikt. Anledningen till att spåren efter en processanläggning helt kan försvinna, är att härdarna exempelvis varit mer eller mindre konstruerade i marknivå, som den folkvandringstida gjuthärden i Skeke (Hjärthner-Holdar 2011:143ff, Larsson (red) 2014:227ff). Utöver detta producerar aktiviteter med exempelvis gjutning inte några större mängder avfallsmaterial som bevaras, av olika orsaker (se diskussionen under avsnittet "Gjutformar").

För en detaljerad beskrivning av respektive övergripande objekt, se Göthberg 2017 respektive Lindkvist 2017.

Smedjor

Smedja 2198

Inom område *Storgården* fanns en smedja i områdets södra del. En ¹⁴C-datering ur ässjan daterar aktiviteterna till 1305–1400 AD (Ua-31259). En ¹⁴C-datering av träkol ur slagg påträffat i ässjan daterar smidet till 1270–1380 AD (Ua-52375).

Från smedjan har järn analyserats för få en inblick i vilka kvalitéer smeden arbetat med. Ett fynd tolkat som ett möjligt ämnesjärn (F1356) visade sig vid analys innehålla ett mjukt ferritiskt järn, som i mindre, kolinnehållande delar, uppvisade tecken på hårdning. Analysen visar att detta troligen är ett föremål, snarare än ett ämnesjärn. Fynd (F2270) av järnavfall visade sig vid analys även det bestå av ett mjukt ferritiskt järn. Från smedjan har även två slaggar (F2233 och F2297) analyserats. En stor smidesskålla (F2233) tolkas härröra från primärsmide, det vill säga från slaggrensning/kompaktering av en lupp. Den andra slaggen (F2297) består av flera mindre stycken där det analyserade provet uppvisar stor likhet med F2233; båda är mycket grovkristallina, vilket möjligen kan tolkas som att de kommer från en stor ässja som svalnat långsamt. Från smedjan har även fyra fynd av teknisk keramik analyserats vad gäller godset. Fragment av ett möjligt blästermunstycke

(F2271) visade sig (TS13) innehålla en kalkrik lera som inte passar för detta ändamål. Fyndet tolkas som ett föremål som inte var avsett att brännas. Fyndet hör hemma i godsgrupp E. Även tre fynd av infodring (F2258, F2296 och F2301) har analyserats (TS14, TS15 och TS16), samtliga ur ässjan 2187. Infodring F2258 består främst av olika slaggfaser med en del glödskal. Analysen tyder på att insidan av fodringen kan ha reparerats. Förekomsten av glödskal har en motsvarighet i F2301 (TS16). Godsgrupp är inte möjligt att bestämma i detta fall. Infodring F2301 tolkas vara magrad med glödskal, vilket är det första kända exemplet på detta vad gäller infodring. Fyndet placeras främst på grund av detta i godsgrupp G (tabell 4). Analysen av F2296 visar att infodringen består av en osorterad, grov lera i motsats till övriga analyserade infodringar. Fyndet är placerat i godsgrupp C2 (tabell 4).

Smedja 3945

Smedjan var belägen inom område *GUSK*. En ¹⁴C-datering ur ässjan ger en datering av smedjan till 770–980 AD (Ua-31568).

Från smedjan har järn analyserats för att få en inblick i vilka kvalitéer smeden har arbetat med. Avfall i form av bleck (F563) ur nedgrävningen till en städstabe består av mjukt ferritiskt järn, det vill säga järn utan kol. Ett ämnesjärn (F656) från matjordslagret inom smedjans utbredning består även det av mjukt ferritiskt järn. Båda järnfynden innehåller fosfor i mindre mängd samt slagginneslutningar, som uppvisar spår efter smide. Från smedjan har även två smidesskållor (F696 och F697) analyserats. Båda tolkas härröra från sekundärsmide, det vill säga föremålssmide, och är wüstitrika, relativt finkorniga samt uppvisar zonerad olivin, vilket skiljer dem från slaggen i smedja 2198. Ingen analyserbar teknisk keramik fanns från denna smedja.

Smedja 3974

Även denna smedja var belägen inom område *GUSK*. En hård under smedjans golvlager är ¹⁴C-daterad till 780–990 AD (Ua-31571).

Smedjan innehöll endast en mindre mängd analyserbart material. Analyserbart järn och slagg fanns inte i smedjan varför en smidesskålla (F694) ur en närbelägen brunn (5514) med en förmodad datering till 800-tal har analyserats. Smidesskållan visade sig vid delning innehålla en större mängd metalliskt järn. Fyndet analyserades med avseende på metallinnehållet. Analysen av järnet visar att kvalitén är stål (utan spår av smide). Eftersom järnet inte är kompakterat tolkas fyndet vara del av en lupp, och därmed som avfall

efter primärsmide. Från smedjan har dock två fragment av ett möjligt blästermunstycke (F2813) analyserats (TS 9) vad gäller godset. Analysen styrker möjligheten att föremålet framställt för att fungera som blästermunstycke i en smedja. Blästermunstycket har dock aldrig använts. Fyndet hör hemma i godsgrupp C1 (tabell 4).

Metallverkstad

Grophus 1126

Grophuset 1126 inom område *Veterinärvillan* uppvisar spår efter arbete med både järnsmide och gjutning. Huset har ¹⁴C-daterats till 890–1020 AD (Ua-31307).

Från grophuset har metall analyserats ur två degelfragment (F2729 och F2730) av den höga/öppna typen. Analysresultaten visar att deglarna innehåller olika metaller/legeringar. I den ena degeln (F2729) finns koppar och i den andra (F2730) mässing. Ett fynd (F2575) av en smidesskålla fanns i husets härd. Analysresultatet bekräftar att slaggen är en restprodukt efter sekundärsmide, det vill säga föremålssmide.

De två degelfragmenten som nämns ovan (F2729 och F2730) analyserades även i fråga om det keramiska godset (TS 17 och TS 18). Analyserna visar att det ena (F2730) fragmentet har ett inre lager (2 mm tjockt) som är en lagning i samma lermaterial som den ursprungliga degelväggen. Detta pekar mot att det rör sig om ett lokalt tillgängligt lermaterial, alternativet är att deglarna togs till platsen i lagat skick. Reparationslagret har förseglat ett obestämt rekristalliserat lager innehållande enstaka metall droppar. Det är möjligt att även den andra degeln (F2729) har ett liknande reparationslager. Dessa båda deglar hör hemma i godsgrupp B (tabell 4).

Gjuthärdar

Från de två troliga gjuthärdarna finns analyserade infodringsfragment; TS 10 (F2893) ur Härd 5803 inom område *GUSK*, samt TS 12 (F2222) ur Härd 2742 inom område *Storgården*. Infodring var det enda fyndmaterialet som fanns att tillgå ur härdarna. Analysresultaten av infodringen, som var sintrad – men inte förglasad – stödjer tolkningen att härdarna kan ha fungerat som gjuthärdar. Dessa fynd hör hemma i godsgrupp H (tabell 4).

Övriga kontexter

Hus 698

Ett hus tolkat som ekonomibyggnad inom område *Storby backe*, hade fynd av deglar i en ränna (1725) samt i ett stolphål (1719) tillhörande huset. I rännan fanns även ett fynd av lödpaket. Huset

har ¹⁴C-daterats till 250–530 AD (2 σ) (Ua-31000). Husets sammantagna datering bedöms vara 300–400-tal AD. Rännan i huset (med fynd av slutna deglar, varav en med guld) anses tillhöra destruktionsfasen. Samtliga fynd av deglar i huset är av den slutna typen.

Två degelfragment (F2074 och F2076) funna i rännan har analyserats (TS 3 och TS 4) avseende godset. Det finns inte några tillsatta material i degelgodset. Det har inte varit möjligt att urskilja övergången mellan innerskål och ytterhölje i deglarna. Dessa fynd hör hemma i godsgrupp A1 (tabell 4). Även fragmentet av lödpaket (F2070) har analyserats (TS 2). Lödpaketet tillhör även det godsgrupp A1. Analysen av lödpaketet visar att den hantverksmässigt hör samman med gjutningsaktiviteten. Dessa två typer av kärl uppvisar en homogen hantverkstradition och representerar sannolikt en kronologiskt sammanhållen aktivitet. Den valda leran är av högsta kvalitet, vilket indikerar stor yrkesskicklighet. Gulddroppen ur degeln F2074 är analyserad. Förutom guld innehåller den silver (18 %) och koppar (2 %).

Lager 3060

Ett avfallslager inom område *Storby backe* med sekundärt deponerat avfall från härdar innehöll den största mängden degelfragment inom projektet. Lagret är ¹⁴C-daterat till 420–660 AD (2 σ) (Ua-31866).

Från lagret har tre degelfragment (F2078, F2084 och F2086) analyserats (TS 5, TS 6 och TS 7) vad gäller godset (se tabell 4). De analyserade deglarna är både av den höga/öppna typen (F2078) och av den slutna typen (F2084, F2086). Dessa fynd har blivit indelade i godsgrupp A1 (F2084 och F2086) samt A2 (F2078). Godsgrupp A2 är en möjlig undergrupp till A1 baserat på att F2078 innehåller några större bergartskorn som möjligen representerar tillsatt magring. I övrigt liknar godsets sammansättning varandra, och kan jämföras med deglarnas gods i Hus 698 (se ovan).

Från två av deglarna (F2078 och F2085) i lager 3060 har metall analyserats. Ur degel F2078 (öppen) har två droppar analyserats och båda liknar guldet från F2074 (sluten degel) i Hus 698 med innehåll av både silver (16–17 %) och koppar (3–4 %). Droppen från F2085 skiljer sig dock från dessa med en betydligt lägre guldhalt, och därmed högre silverinnehåll (36 %). Kopparinnehållet är dock likartat som i de andra dropparna. Samma typ av guldblandning finns därmed i de båda olika degeltyperna, samtidigt som olika blandningar förekommer i samma degeltyp.



Figur 42. De identifierade metallhantverkskontexterna inom projektet var belägna inom de centrala delarna. Visad mot bakgrund av delområden och identifierade hus. Metallverkstad 1126 längst i söder, därefter Smedja 2198, Hård 2742, Smedja 3974, Hård 5803 och längst i norr Smedja 3945.

Resultatsammanfattning metallhantverk

Spåren efter metallhantverk i östra Gamla Uppsala visar, trots den relativt ringa mängden hantverksavfall, att ett varierat och till vissa delar avancerat metallhantverk har skett på platsen. Generellt kan sägas att det enbart är centralplatser som uppvisar sådan variation av hantverk. Här har smeder arbetat med guld, silver, koppar & kopparlegeringar och andra legeringar, samt givetvis järnsmide. Järnsmidet är det metallhantverk som lämnat det största avtycket i materialet. Råvaran till järnsmidet har bestått av ämnesjärn och till viss del av lupp. Råvaran till övrigt metallhantverk – här avses främst kopparlegeringar – har bestått av råämnen som tenar, samt klipp och skrotmetall. Det är produktionen av, och troligen även reparationsarbeten av föremål som stått i centrum. Få gjutformor har bevarade gjutkaviteter, men en möjlig tolkning är att det gjutits agraffknappar i guld under folkvandringstid inom boplatser på *Storby backe*. En gjutform daterad till yngre järnålder, med gjutkaviteter för tre olika typer av enklare föremål påträffades även i överbyggnaden till en grav, i den södra delen av område *Storby backe*. Till vikingatid hör ett förkoppringskärl från samma område, som pekar mot tillverkning av vikter. Fyndet består dock av ett enda fragment, varför tolkningen blir något osäker.

Materialet antyder att metallhantverket varit mer varierat och av en högre dignitet under järnålder än under medeltid. En källkritisk aspekt i sammanhanget är dock att en större andel av järnåldersbebyggelsen är undersökt ytmässigt, jämfört med den medeltida.

Järnålder

Till järnålderns metallhantverk hör kontexter som visar att människor arbetat med både järnsmide och andra metallhantverk, såsom guldsmede och gjutning av kopparlegeringar. Resultatsammanfattningen över de olika metallhantverken baseras på projektets väldefinierade hantverkskontexter, specialregistreringen av det arkeometallurgiska fyndmaterialet samt på utförda analyser. De olika definierade järn- och metallhantverken som hör till järnåldern i östra Gamla Uppsala summeras nedan i punktform:

- Järnsmide (primärsmide och sekundärsmide)
- Gjutning (guld, mässing/koppar)
- Lödning
- Förkoppring (hårdlödning av kopparlegering runt järnkärna)
- Avdrivning/testning (guld)
- Troligen plåtarbete

Från folkvandringstid finns spår efter guldsmede (gjutning) och hårdlödning inom område *Storby backe*. Spåren efter dessa metallhantverk härrör från olika kontexter som har en datering till denna period. Analysen av den tekniska keramiken visar även att det rör sig om en homogen hantverkstradition och därmed antagligen också en kronologiskt sammanhållen aktivitet. Den valda leran är av högsta kvalitet för ändamålet, vilken indikerar stor yrkesskicklighet. I en vikingatida aktivitetsyta 3049 (marklager 1336) påträffades ett fragment av ett förkoppringskärl.

Två smedjor daterade till vikingatid fanns inom område *GUSK*. Smederna verkar ha sysslat med både primärsmide (Smedja 3974) och sekundärsmide, det vill säga föremålssmede. De analyserade järnkvalitéerna består i det ena fallet av mjukt ferritiskt järn. Den andra smedjan (Smedja 3974) innehöll inget analyserbart järn, men en slagg i en närbelägen brunn innehöll metalliskt järn som visade sig vara stål utan spår efter smide. Fyndet har tolkats som en del av en lupp som inte var kompakterad. Denna järnkvalité visar att en del av smidesproduktionen troligen bestått av skärande verktyg/vapen. Järnålderssmedjorna producerade och underhöll utöver detta troligen det gården hade behov av.

Under den senare delen av vikingatid fanns även en metallverkstad i ett grophus inom område *Veterinärvillan*. Här fanns spår efter hantverk med både järnsmide i form av föremålssmede och gjutning av koppar och mässing. Till samma område hör även ett fynd av en skärvel med ett flertal gulddroppar insmälta i godset. Skärveln tolkas ha använts vid testning av guld. Analysen av godset visar att skärveln kan tillhöra

en aktivitet som är skild från den som hör till verkstaden.

Medeltid

Till medeltidens metallhantverk hör kontexter som visar att människor arbetat med järnsmide och andra metallhantverk, såsom hantverk med tenar och bleck i mässing. Resultatsammanfattningen över de olika metallhantverken baseras på projektets väldefinierade hantverkskontexter, specialregistreringen av det arkeometallurgiska fyndmaterialet samt på utförda analyser. De olika definierade järn- och metallhantverken som hör till medeltiden (och troligen i viss mån till efterreformatorisk tid) i östra Gamla Uppsala summeras nedan i punktform:

- Järnsmide (primärsmide och sekundärsmide)
- Troligen gjutning
- Hantverk med tenar och bleck av mässing
- Avdrivning/Testning (silver)
- Troligen plåtarbete

En smedja daterad till 1300-tal fanns inom område *Storgården*. Smeden har arbetat med järnsmide i form av primärsmide samt sekundärsmide, det vill säga föremålssmide. De analy-

serade järnproven består av mjukt ferritiskt järn. Även om det analyserade materialet enbart består av mjukt ferritiskt järn, producerade och underhöll troligen smedjan det mesta gården/byn hade behov av.

Några andra tydliga järn- och metallhantverkskontexter tillhörande medeltid påträffades inte inom undersökningsområdet. Däremot kan vi genom fynden och analyserna av dessa tolka vilka processled inom metallhantverket som förekommit på platsen under denna period. Inom den södra delen av område *Storgården* fanns även ett fyndmaterial som pekar mot hantverk med tenar och bleck i mässing. Här fanns den största förekomsten av råämnen i kopparlegering. Flera av dessa tenar och bleck i mässing har hög zinkhalt, vilket förutsätter att metallisk zink har blandats med koppar. Detta gör att föremålen bör vara av medeltida, eller senare datering. Fyndmaterialet pekar mot aktiviteter med gjutning, men plåtarbete, exempelvis lagning av kärl, kan också ha förekommit. Någon koncentration av smältor finns dock inte inom detta område. Ett lösfynd (F10) av ett kupellationskärl av medeltida typ framkom inom område *Lilla gården* under förundersökningen 2011. Kärlet tolkas ha använts för testning av silver.

Tolkning och diskussion

Inledningsvis presenterades projektets tre övergripande teman: ”Socioekonomisk mångfald”, ”Rituellella uttryck” och ”Platsens urbanitet”. Inför analyserna formulerades dessutom ett antal frågeställningar inom varje tema (se avsnittet ”Syfte och frågeställningar”). Eftersom de nu presenterade arkeometallurgiska analyserna i princip enbart rör lämningar efter metallhantverket och dess avfallsmaterial är det två av dessa teman som främst kan diskuteras med utgångspunkt i resultaten: ”Socioekonomisk mångfald” och ”Platsens urbanitet”. Avfallet från metallhantverket omfattar flera olika typer av metaller; huvudsakligen ädelmetaller, kopparlegeringar och järn och är utbrett såväl i tid som i rum. Ädelmetallhantverket har ägt rum under en mer begränsad tidsperiod, folkvandringstid–vikingatid, medan t.ex. gjutning av olika kopparlegeringar och järnsmide har ett större tidsdjup. Resultaten från denna undersökning visar att de olika metallerna endast i några fall har bearbetats i samma verkstad.

Denna variation i metallmaterialet och dess lämningar innebär att det finns förutsättningar att göra riktade nedslag i olika hantverk i olika delar av området, och under olika tidsperioder, men endast mer sällan kan en samlad, kontinuerlig, bild av metallhantverket utvärderas. Detta får till följd att de olika metallerna också med fördel studeras i relation till olika typer av hantverk, platser eller mer tematiska frågeställningar. Bland annat har vi lyft fram ädelmetallhantverket i relation till centralplatser; ett tema som också berörs i artikeln *Med hallen inom synhåll – centralplatsyttringar vid gårdarna* (Göthberg m.fl. 2017) i projektets vetenskapliga rapport. Med utgångspunkt i de få gulddropparna i deglar från folkvandringstid och vendeltid, gör vi en jämförelse med motsvarande hantverksavfall och råvaror från andra metallverkstäder i Mälardalen och med en utblick till södra Sverige.

Hantverket med kopparlegeringar har visat sig vara komplext på många sätt. Detta belyser vi med utgångspunkt i några teman: förändring över tid, skillnad mellan råvaror och avfall och

vad detta innebär, förekomst av återanvändning och omsmältning av gamla föremål, samt kopparråvarans ursprung och hur detta kan diskuteras i relation till nätverk och handel.

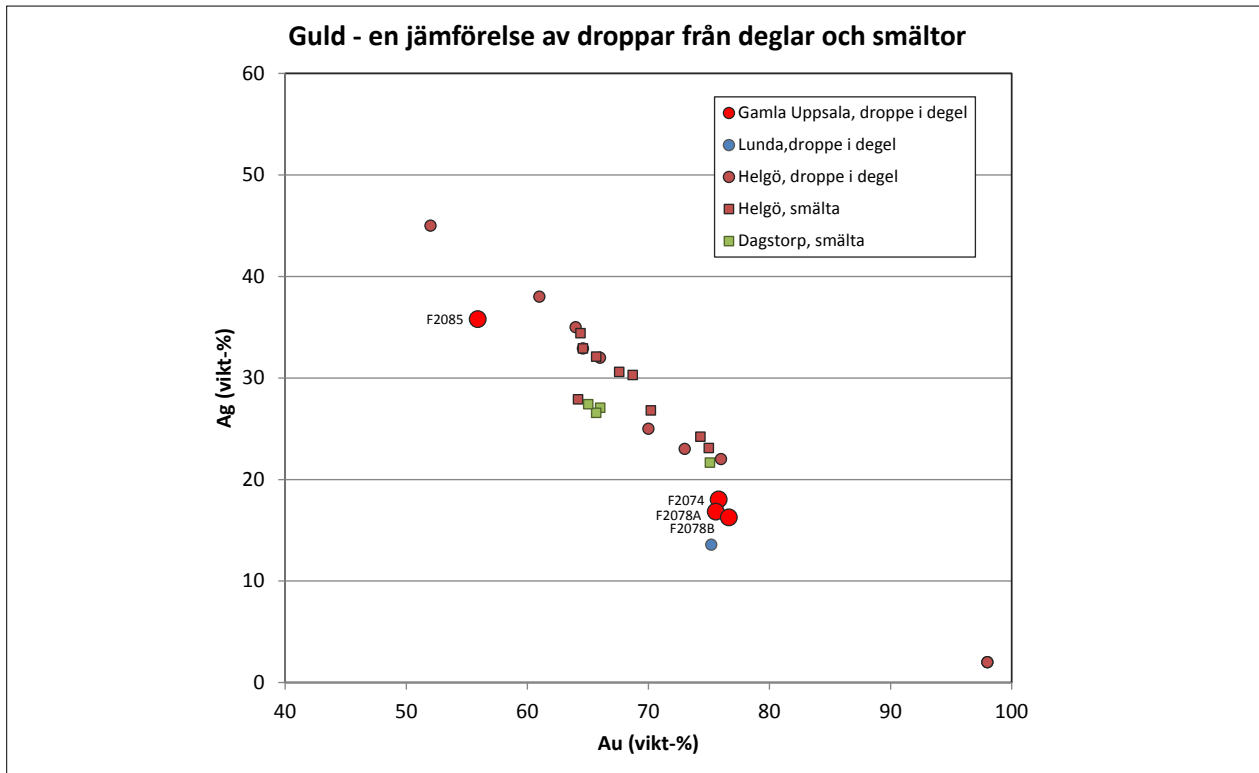
Järnsmide har sannolikt också haft en kontinuitet i det undersökta området, med flera smedjor; två från vikingatid och en från medeltid. Med utgångspunkt i järnrester respektive slagger från smidet reflekterar vi hur dessa båda materialtyper kan användas för att säga något om vilket eller vilka utgångsmaterial som smederna har haft, hur dessa har bearbetat detta och följaktligen också vilken inriktning smedjan kan ha haft trots att färdiga föremål saknas. Detta behandlas än mer ingående i artikeln *Smeden – en aktör i järnhanterings långa kedja* (Englund & Hjärthner-Holdar 2017) i projektets vetenskapliga rapport. Med hjälp av några slagger går vi också ett steg tillbaka i processen till järnframställningen och diskuterar de två olika ugnstyper, blästugn och masugn, som kan ha använts vilket är betydelsefullt i det teknikskifte som detta representerar. Ett avvikande malmfynd visade sig inte höra hemma i metallhantverket men var ändå intressant för att diskutera hur och varför stycket hamnat på platsen.

Avslutningsvis lyfter vi blicken och resonerar kring möjliga kopplingar mellan dessa olika metallhantverk och vilka förutsättningar som gjorde dem möjliga.

Ädelmetallhantverk under folkvandringstid–vendeltid

Guldhantverkets betydelse – en utblick

Ädelmetallhantverket, som är koncentrerat i tid till folkvandringstid–vendeltid, reflekteras i ett fåtal guldsnälar och deglar med gulddroppar. Analyser av några av dessa droppar visar att de, förutom guld, också innehåller silver och koppar, men i olika proportioner. Men vad har guldsmederna arbetat med för material? Är det olika råvaror som har blandats lokalt eller har färdigblandade legeringar smälts, och smälts om? Det är inte heller uppenbart vad gullet skulle användas till – var det solida föremål och/eller förgyllningar?



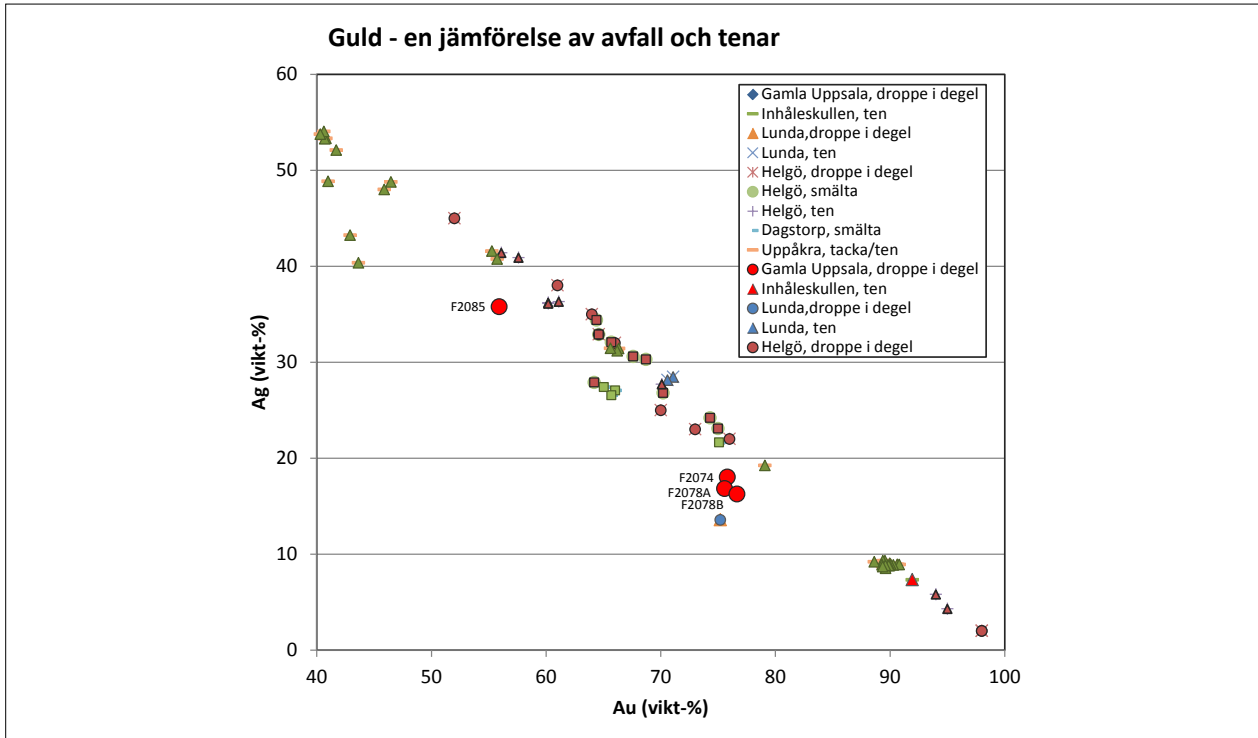
Figur 43. Diagram som schematiskt visar guld- och silverhalt i degeldropparna från Gamla Uppsala (fyndnummer vid symbolerna) jämfört med ett referensmaterial av droppar från deglar och smältor. Dropparna har också ett innehåll av koppar, vilket medför att de ligger något vid sidan av den teoretiska linjen som kan följas från låg till hög guldhalt. De flesta dropparna och smältorna från Helgö och Dagstorp (se text för referenser) varierar mellan de analyserade dropparna från Gamla Uppsala, medan en droppe från Lunda har likartad guldhalt som de guldrikaste från Gamla Uppsala.

För att knyta an till det senare kan en förgylld figurin från en vendeltida grav på Storby backe som påträffades först i samband med konservering tas som exempel. Figurinen, som är en kopparlegering som är förgylld, har paralleller från Lunda socken i Södermanland – en plats där tre figuriner påträffades (Andersson m.fl. 2004); varav en är solid i en enkelt snidad guldtén och två är förgyllda kopparlegeringar. Dessutom fanns gulddroppar i deglar på samma lokal. Liksom i Gamla Uppsala kunde skillnader i guld-silver-kopparhalterna fastställas mellan de olika fynden (Grandin 2003b). Intressant att notera är att en droppe från Lunda har guldhalt i nivå med de guldrikaste dropparna från Gamla Uppsala medan att den gulfattigaste droppen från Gamla Uppsala är mer i nivå med guldet i den solida figurinen från Lunda (fig. 43–45). Finns det måhända likheter mellan den nu påträffade förgyllda figurinen från Gamla Uppsala och någon av figurinerna från Lunda?

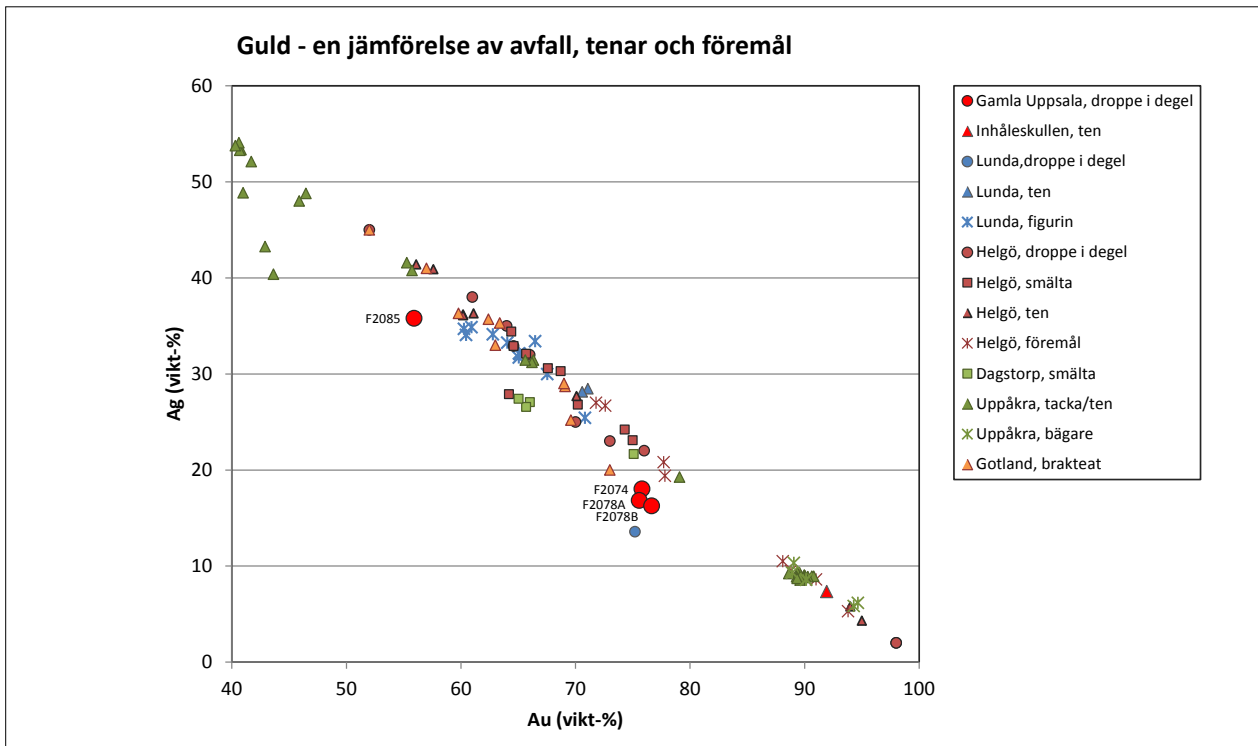
En solid guldtén som påträffades nyligen i en miljö närmare Gamla Uppsala; i Vaksala socken (Inhåleskullen) från folkvandringstid skiljer sig

dock markant från deglarnas droppar (fig. 43–45) med betydligt mindre andel silver, d.v.s. den är mycket rikare på guld (Seiler & Appelgren 2012). Det kan dock inte uteslutas att det även i Gamla Uppsala funnits ämnen/tenar med högre guldhalt än i dropparna i deglarna. Uppenbarligen har sådana råvaror funnits i omlopp i regionen.

Skillnader och likheter är intressanta också ur ett vidare perspektiv för att se guldetts väg till Gamla Uppsala. Tillgängligt referensmaterial från folkvandringstid–vendeltid–vikingatid där hantverksavfall i form av smältor och droppar i deglar har analyserats, visar att de guldrikaste (och silverfattigaste) dropparna från Gamla Uppsala inte har så många motsvarigheter i referensmaterialet vilket generellt har lägre guldhalt. Silverhalten i förhållande till guldhalten är något lägre än i en del av de smältor och droppar ur deglar (fig. 43–45) som har analyserats från det komplexa hantverket på Helgö, Uppland under folkvandringstid (Oddy & Meyer 1986). Om vi också jämför med föremål från Helgö framträder en delvis annan bild med en förskjutning åt högre guldhalter jämfört med smältor



Figur 44. Diagram som schematiskt visar guld- och silverhalt i degeldropparna från Gamla Uppsala jämfört med ett referensmaterial. Samma grund som i föregående diagram med tillägg av tenar. Tenarna från Uppåkra uppvisar betydligt större variation där såväl guldrikare såväl som guldfattigare exempel finns. Notera också en ten från Uppland, Inhåleskullen, som också är guldrikare än de nu analyserade smältorna. Se text för referenser.



Figur 45. Diagram som schematiskt visar guld- och silverhalt i degeldropparna från Gamla Uppsala jämfört med ett referensmaterial. Samma grund som i föregående två diagram med tillägg av föremål. En metallbägare från Uppåkra uppvisar likartat höga guldhalter som tenar från samma lokal. Bland föremålen från Helgö ser vi generellt högre guldhalter än i smältorna och degeldropparna. Bland de silverrikare föremålen finns figurinerna från Lunda (se text för referenser).

från samma plats (fig. 43–45). Också en del smältor från metallhantverket på den yngre järnåldersbo-platsen i Dagstorp, Skåne (Becker 2005, Kresten m.fl. 2000) har större andel silver än de guldrikaste dropparna från Gamla Uppsala. Båda dessa referensmaterial har dock likartad andel koppar som dropparna i Gamla Uppsalas deglar.

En plats med omfattande metallhantverk är Uppåkra i Skåne. Från hantverket finns bland annat guld, legerat med både silver och koppar. Materialet därifrån som har analyserats (Kresten m.fl. 2001), främst tenar, uppvisar intressant nog en stor variation i sammansättning, större än den skillnad vi har noterat för dropparna i deglarna från Gamla Uppsala (fig. 43–45). En metallbägare med band av guld från samma plats har också en högre guldhalt (Grandin 2003a; 2004) (fig. 43–45). Uppåkras variation ger en bild av vad som kan förväntas, visserligen över ett större tidsintervall, men också att de skillnader som observerats från Gamla Uppsala inte är anmärkningsvärt stora.

Eftersom det generellt finns hypoteser om att solidi har använts som råvara i hantverket under aktuell tidsperiod (Herschend 1980:42f) kan det också vara intressant att undersöka denna möjlighet. Men eftersom de flesta solidi utgörs av i princip enbart guld är det inte möjligt att göra en direkt koppling (se t.ex. Oddy & Meyer 1986) eftersom det förutsätter att guldet har legerats med silver och koppar. Oddy & Meyer (1986) har också gjort en hel del analyser av guld från Helgö, och andra svenska lokaler, där man noterat en stor variation av guldhalt från 200-talet och in i vikingatid, vilket delvis avviker från mer generella europeiska drag om successiv minskning av guldhalt med tiden. En intresseväckande parallell i sammanhanget till den silverrikare gulddroppen (från den slutna degeln F2085), som liknar den solida figurinen från Lunda (se ovan), finner vi i några gotländska brakteater (Nerman typ VII.3; Oddy & Meyer 1986). Dessa likartade blandningar (fig. 43–45) kan dock tolkas på många sätt alltifrån att de representerar en av alla accepterade legeringar med specifikt syfte om färg och hårdhet till att likartade legeringar nåtts helt oberoende av varandra.

Det är intressant att notera att det analyserade guldet från Gamla Uppsala har högre guldhalt än generellt på många andra hantverksplatser med motsvarande analyser av avfall och föremål. Finns det en reell skillnad eller beror avvikelserna enbart på att fåtal analyser har gjorts? Beror det på i vilken omfattning som råvarorna har smälts om och kontinuerligt minskat guldhalt. Successiv ”utspädning” av guld kan tänkas ju längre från

råvaran man kommer, såväl i tid som i rum. En lockande tolkning för guldet från Gamla Uppsala är följaktligen att man ligger tämligen nära en direkt import. Den generella kronologiska aspekten som finns mellan den öppna och slutna degeltypen är svårare att belägga här. Dels är deglarna påträffade i samma kontext, och betraktade som samtida, dels finns den observerade högsta guldhaltarna i de båda degeltyperna.

Alla de frågor som analysresultaten av gulddropparna från deglarna har genererat visar några möjligheter för ytterligare jämförande studier. I detta sammanhang har vi dessutom lyft fram några av de lokaler som är intressanta att jämföra med. En viktig fråga när det gäller handel av metaller är vilken typ av råvara som ingått i handeln; är det rena metaller eller färdigblandade legeringar. I det undersökta materialet från Gamla Uppsala har vi inte sett några rester i form av vare sig solidi eller tenar, eller andra ämnesformer, med olegerat guld. Avsaknaden behöver dock inte betyda att de inte har funnits tillgängliga. Om någon av dessa råvaror ingått i handeln kan därför utredas ytterligare.

De få analyserade dropparna, tillsammans med smältor som inte analyserats samt fyndet av ett gjutformsfragment (F1056), antyder att gjutning kan ha ingått i hantverket. Möjligen rör det sig om en gjutform till en agraffknapp/agraffknappar. Man kan tänka sig att ringar är en rimlig föremålskategori i sammanhanget. Men har hantverkarna också ägnat sig åt guldsmede? Det är också rimligt att anta att man ägnat sig åt förgyllning av föremål av andra metaller eller legeringar och här finns en stor utmaning att jämföra med de föremål som också påträffats i Gamla Uppsala, t.ex. den figurin vi berört tidigare.

Hantverk med kopparlegeringar

Analysresultaten ger en inblick i de variationer på metaller och legeringar som har förekommit i hantverket i Gamla Uppsala. I det analyserade urvalet ser vi en skillnad mellan avfallet (smältorna) som visar gjutning av brons med olika sammansättningar, medan råämnen (i form av tenar) främst utgörs av mässing. I materialet finns dock ingen uppenbar korrelation mellan rumslig placering och legeringens sammansättning. Det finns följaktligen inga belägg för att en gjutare har specialiserat sig på enbart en typ av legering. Men, kan fördelningen vara kronologiskt relaterad?

Förändring över tid

En stor del av metallhantverkets anläggningar kan dateras till järnåldern och detsamma gäller sannolikt

de analyserade metallfynden. Analysresultaten av en del fynd visar dock att de sannolikt är från medeltid eller ännu senare. Det senare gäller framför allt flera tenar och bleck av mässing som har hög (extremt hög) zinkhalt. Sådana höga zinkhalter förutsätter att metallisk zink har blandats med koppar. Det är inte helt klarlagt när metallisk zink började användas (i stället för olika zinkmineral) men mycket tyder på att det inte förekom, eller var utbrett, under järnåldern. Dessa fynd är därmed sannolikt av senare datum. De kronologiska tolkningar som framkommit i samband med att denna rapport färdigställs visar att mässingsfynden kommer från lager med olika datering, såväl 1100-tal (F272) som 1250–1400 (F884) och 1600–1800-tal (F878). En viss inblandning av yngre fynd i äldre lager förekommer, lagren är inte slutna kontexter.

Det är viktigt att ha i åtanke att Gamla Uppsala är en stor by långt in i 1600-talet och resultatet från analyserna (av kopparlegeringarna) speglar antagligen denna långa sekvens. Därför är fynden av mässing med hög zinkhalt också intressanta och visar att hantverket med kopparlegeringar fortsätter under medeltid och framåt. Indikationer finns från analyserna av blyisotoperna på att svensk koppar (från Bergslagen/Falun) har varit råvara. En del av detta kan kopplas till fynden med hög zinkhalt (men inte enbart). Det innebär att såväl ursprunget på kopparen som den höga zinkhalten antyder ett senare hantverk än vad de undersökta hantverkslämningarna kan påvisa.

Skillnad mellan råvaror och avfall

I det analyserade materialet kunde vi konstatera en generell skillnad mellan råämnen (i form av både tenar och bleck) som främst är i mässing (med höga zinkhalter) och avfallet där brons dominerar i smältorna även om mässing också förekommer (lägre zinkhalter). Båda materialkategorierna utgör en del av hantverket och speglar totalt sett en variation i tillgängliga legeringar. Vi har också diskuterat i resultatkapitlet huruvida alla tenar verkligen är tenar eller om de skulle kunna vara fragmenterade föremål. De flesta tolkade vi dock som råämnen.

Återanvändning och omsmältning

Ett fåtal fynd som dock mer tydligt är fragmenterade föremål är de som är tvåskiktade bleck, d.v.s. de är uppbyggda av ett tjockare lager koppar och ett tunnare av brons.

Förekomsten av de tvåskiktade blecken av koppar och brons antyder att gjutaren har accepterat en blandning och variation av material i sitt hantverk. Alternativt har en del av dessa bleck även använts i

andra metallhantverk, såsom vid plåtarbete och lagningar. Avsaknaden (eller åtminstone den begränsade mängden) av rödmetaller ger dock en antydning om att blandningar inte har ägt rum helt okontrollerat. Om så hade varit fallet bör fler blandningar av brons och mässing ha resulterat i mer rödmetaller. Vi kan naturligtvis inte utesluta att även detta har skett och möjligen finns detta bland föremålen på platsen. Men, liknande företeelse med begränsad blandning är noterad från det omfattande metallhantverket på Helgö, i Mälaren (Grandin & Hjärthner-Holder 2008). Visserligen finns rödmetaller även därifrån, men det mesta av legeringarna är antingen brons eller mässing, framför allt från de husgrupper där metallhantverket har bedrivits för en större produktion. Från Helgö rapporteras också om att klipp för återanvändning hade samlats i knippen med specifika sammansättningar (Lamm 2008). Möjligen är det samma specialisering som ägt rum i hantverket i Gamla Uppsala.

Råvaror

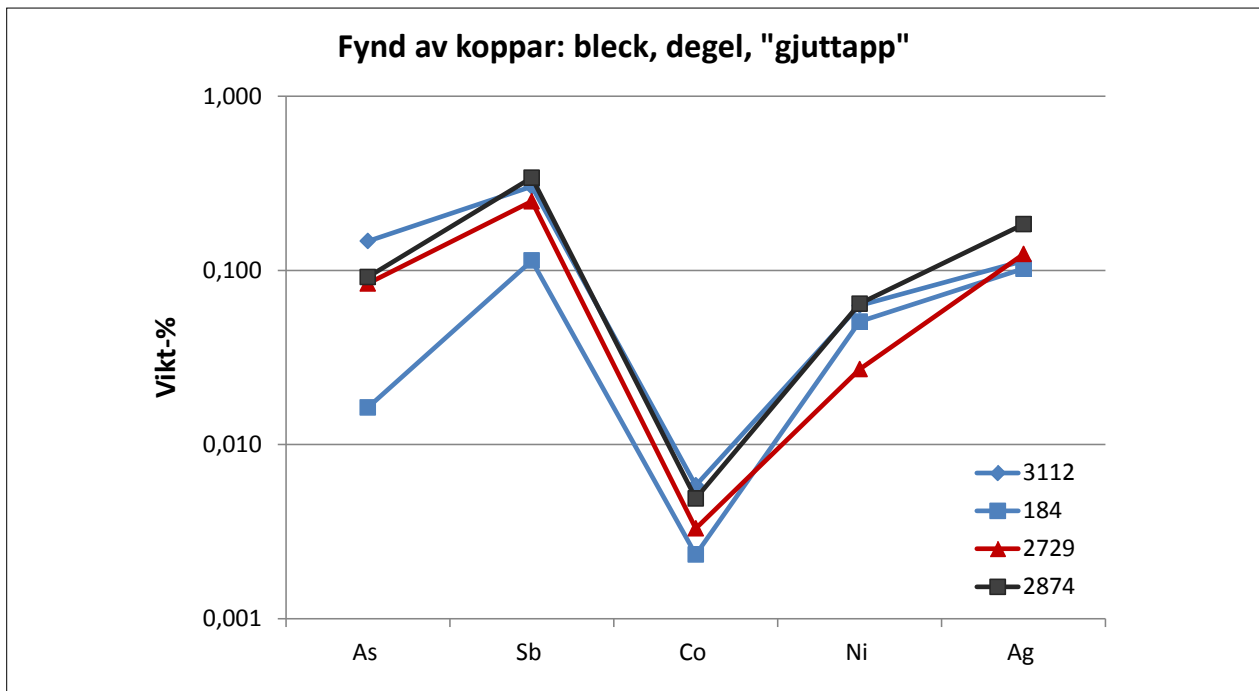
Legering av olika metaller

Frågan om råvarors ursprung är intressant för att kunna följa handelsvägar och nätverk. För att få en inblick i dessa med utgångspunkt i legeringarna är det deras spårämnessammansättning snarare än tenn- och zinkhalt, som är av betydelse (se även metodtexten).

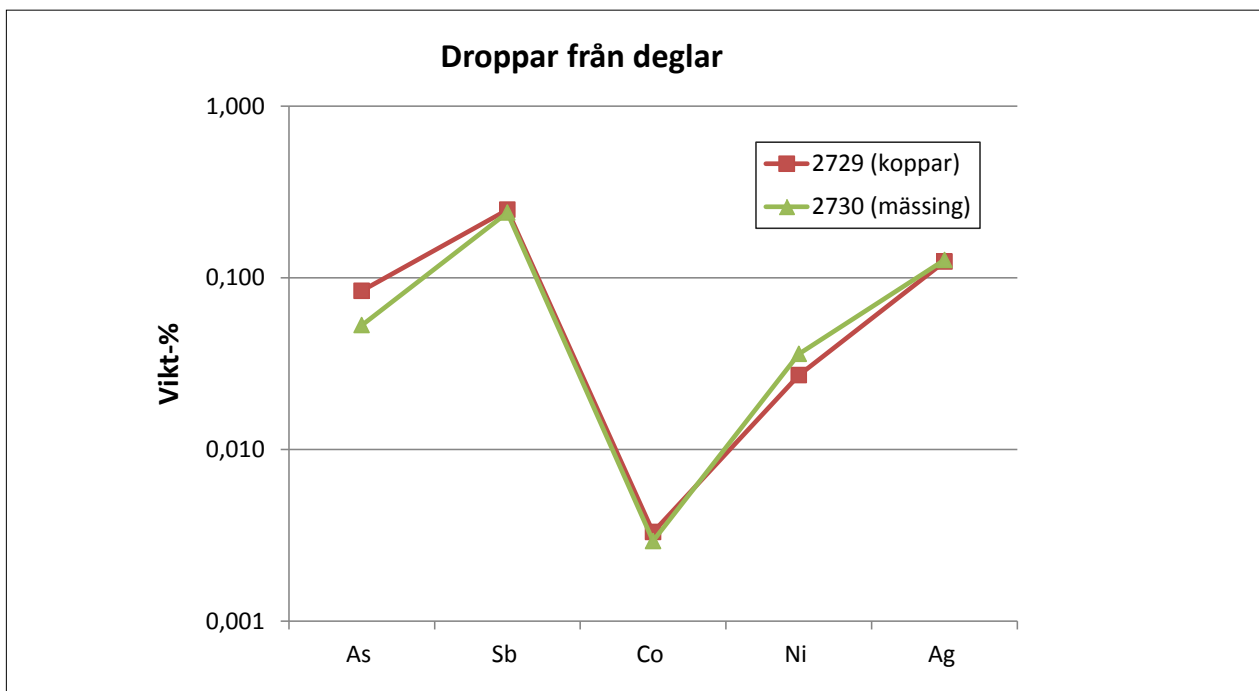
Generellt är halten av spårämnen låg i alla analyserade fynd men det finns små variationer, bland annat några smältor av brons som har likartad tennhalt medan deras spårämnessammansättning skiljer sig åt vilket tyder på råvaror med olika härkomst. Två bronssmältor (DY2 och DY4) med hög tennhalt (23 %) har dock likartad spårämnessignatur med ett (lågt) arsenikinnehåll.

Mässingsfynden utmärker sig generellt med låga halter av spårämnen, framför allt de med högsta zinkhalter. Ett fåtal av mässingsfynden, en ten och en droppe, med lägre zinkinnehåll (<6 %) innehåller dock antimon (ten från DY12N och droppe F2730 i degel från DY12S) och tenen även nickel.

Bland kopparfynden, som mestadels har lågt spårämnesinnehåll finns dock en del med innehåll av ett eller flera spårämnen. Några av dem har vi berört ovan t.ex. koppardroppen i en degel från DY12S (F2729) vilken innehåller silver och antimon i liknande halter och proportioner som F2874 från DY8. Den senare bedömdes först vara en gjuttapp men analyserna visade att det snarare är ett fragment av ett smitt föremål eller smidesavfall. Likartad spårämnessignatur (fig. 46) ser vi också



Figur 46. Diagram som visar spårämnesinnehållet i kopparfynd som tillhör olika undertyper i metallhantverkets material. Observera att skalan är logaritmisk. Stora likheter finns mellan två bleck, en droppe från en degel och annat avfall (registrerat som gjuttapp). Likheterna antyder ett gemensamt råvaruursprung.



Figur 47. Diagram som visar spårämnesinnehållet i två droppar från deglar från samma kontext. Den ena droppen är koppar (F2729), den andra är mässing (F2730). Observera att skalan är logaritmisk. Likheterna antyder ett gemensamt råvaruursprung och möjligen att hantverkarna blandat råvaror lokalt.

i de båda blecken av koppar med bronsskikt (från DY2 och DY12S som diskuterats ovan).

Frågan om det är möjligt att se likheter i spårämnen mellan föremål av koppar, brons och

mässing är naturligtvis också intressant eftersom det kan antyda att samma kopparråvara har använts för olika blandningar. Eftersom de flesta fynden har låga spårhalter är det inte rimligt att

göra sådana jämförelser för dessa, men för några få med något högre innehåll är det möjligt. Vi har redan nämnt två droppar från deglar (F2729 och F2730, båda från DY12S) som innehåller antimon (och silver) (fig. 47). Den ena droppen (F2729) är koppar, den andra (F2730) är mässing (6 % Zn).

Den keramiska analysen av de öppna deglarna F2729 och F2730 visar också likheter, med samma godstyp och bearbetning.

Råvarans ursprung

Metallens innehåll av både huvud- och spårämnen analyseras allt oftare som en del av arkeologiska undersökningar. En analystyp som ännu inte är lika etablerad är den av metallernas blyisotopsammansättning. De resultat som framkommit har därför inte så många paralleller i samtida svenskt material. Resultaten visar dock en stor variation, inte bara för ett metallmaterial utan i jämförelse med motsvarande värden på malmregioner – d.v.s. råvaran. De uppmätta värdena för kopparlegeringarna från Gamla Uppsala omfattar värden som är karaktäristiska dels för de svenska malmerna, med hög geologisk ålder, dels för malmer, med betydligt lägre geologisk ålder, från andra delar av Europa.

Med tanke på det omfattande referensmaterial som finns tillgängligt ute i Europa finns stora möjligheter att utreda dessa frågor vidare. En aspekt att fokusera kring är blandning och återanvändning av material. Rödmetaller, som är ett tydligt tecken på blandning, saknas i stort sett i hantverksmaterialet. Förekomsten av antingen brons eller mässing antyder att det är ursprungliga legeringar som har använts, men resultaten från blyisotopanalyserna antyder att blandningar ändå kan ha förekommit. Men, om de blandningar som kan ses enbart beror på tillsättning av bly till kopparlegeringen eller återanvändning av gamla metaller kan utvärderas ytterligare. Förekomsten av klipp och skrotmetaller antyder i sig att återanvändning har skett, men det behöver inte innebära att blandningarna sker okontrollerat eller slumpmässigt utan att hantverkarna försökte bevara de ursprungliga legeringarna, kanske för att kunna kontrollera processen så väl som slutprodukten.

Eftersom många av dessa fynd är kronologiskt bestämda kan de dessutom bidra till att skapa en mer nyanserad bild av om och när koppar från Falu koppargruva börjar användas i det svenska hantverket. Och, trots att koppar teoretiskt finns tillgängligt från Falun förefaller det inte vara den enda råvaran för metallerna i hantverket i Gamla Uppsala under de senare perioderna med aktivt metallhantverk.

Andra legeringar och tekniker i hantverket

Ett fåtal av fynden bland hantverkets råvaror och avfall som har analyserats är inte är kopparbaserade legeringar. Bland dessa finns exempelvis en smälta (F221) som huvudsakligen innehåller tenn och bly. Det har diskuterats att den skulle ha använts som någon form av gjuttenn.

Det finns även andra användningsområden som är rimliga för denna typ av legering. En är lödning, d.v.s. att använda en metall eller legering som lod för att sammanfoga metallytor. Det sker genom uppvärmning och lodet har en lägre smälttemperatur än de metaller som ska sammanfogas. Lödning kan ha skett antingen vid tillverkning av föremål bestående av flera delar eller metaller, eller vid lagning av trasiga föremål.

Legeringar av tenn och bly, med olika proportioner, används för lödning än i dag. Ett vanligt så kallat mjuklod är uppbyggt av 60 % tenn och 40 % bly, d.v.s. mer bly än i den analyserade smältan. Olika blandningar av tenn och bly har olika smälttemperaturer där den nu noterade från Gamla Uppsala, med ca 15 % bly, har en smälttemperatur på drygt 200°C vilket är något högre än den med 40 % bly. En lokal med rester från ett omfattande metallhantverk som vi berört tidigare är Uppåkra i Skåne där enstaka fynd av mjuklod med olika sammansättningar har observerats (Kresten m.fl. 2001). En magnifik bågare med band av silver och guld fastsatta på en stomme av koppar påträffades på samma lokal. Analyser (Grandin 2004) visade att silverbanden var fastlödda på stommen med hjälp av tenn-blylegeringar.

På betydligt närmare håll, Stora Prästgården i Rasbo socken i Uppland, påträffades en del gjuteriavfall från vendel-/vikingatid däribland sådant som skulle kunna ha varit för lödning (Grandin 2011). Och, sist men inte minst, som exempel kan vi återigen nämna Lunda i Strängnäs. Där påträffades inte bara guld- och förgyllda figuriner (se ovan om guldet) utan även ett hantverksavfall. Bland detta finns ett klipp med en sammansättning (Grandin 2006) mycket lik den smälta av tenn och bly som nu har analyserats från Gamla Uppsala.

Järnhantverket

Inom undersökningsområdet för OKB i Gamla Uppsala har tre tydliga järnsmedjor påträffats. Av dessa dateras två till vikingatid (3945, 3974) och en till medeltid (2198). Ett grophus (1126) daterat till sen vikingatid har fungerat som metallverkstad med lämningar efter både smide och gjutning av kopparlegeringar. Tolkningarna att det rör sig om smedjor



Figur 48. Ringväv F1143 från grav 6016, daterad till 710–750 AD.

utgår från avfallsmaterial/slagg och rester efter konstruktioner inne i byggnaderna. Slaggen, som oftast fördes ut ur smedjan och lades upp och bildade slagghvarp, var och är, ett avfall. Detta faktum kan därmed också betyda att när det blev för mycket slagg i form av just slagghvarp försökte man göra sig av med det. Slagg återanvändes ofta som fyllnadsmaterial, dränering, som stöd under stolpar etc. Detta innebär att det vanligtvis, precis som i Gamla Uppsala, finns slagg också inom andra områden än vid smedjorna. Större mängder smidesslagg kan dock indikera en försvunnen smedja. Det järnmaterialet som undersökts här är också av typen avfallsmaterial, av vilket en del är sådant som möjligen fallit av i ett primärsmide från luppår, annat är inneslutningar i smidesslagger. Dessutom har fragment/rester av troliga ämnesjärn undersökts.

Smidet och olika typer av järn

Smidesverksamheten inom undersökningsområdet kan vid en första anblick synas som tämligen normal och den skiftar inte särskilt mycket över tid. Av det undersökta järnmaterialet framgår att det mesta tycks ha bestått av ett relativt kolfritt järn även om både kolstål och fosforjärn finns i materialet. Tekniken vällning syns tydligt i ett av proven.

Dessutom antyder analysen av slagg från smedjan 2198 (område Storgården-2233) och obearbetat järnavfall från fyllningen i brunn/avfallsgrop nära smedja 3974 (område GUSK-694) daterade till 1300-tal respektive vikingatid visar att inte bara sekundärsmide förekommit utan också ett tidigare processled, primärsmide. Det innebär att primärsmidet kan finnas representerat i både vikingatid och medeltid. Här bör dock en liten brasklapp läggas in – mängden undersökt material är litet varför det är möjligt att andra typer av både tekniker och typer av järn kan ha förekommit. Detta gör att resultatet kan uppfattas som att det i princip var enkla gårdssmedjor i vilka smeden lagade och smidde enklare saker, men så behöver det inte alls vara! Kolstål behövs för vapentillverkning, liksom även fosforjärn och kolfritt mjukt järn. Dessa typer av järn finns representerade i materialet även om det mjuka kolfria järnet är det som är mest företrätt i det undersökta materialet. En sak som är viktig i detta sammanhang är att en föremålskategori som också hör till eliten – rustningen – vare sig det gäller sådana tillverkade av lameller, ringar eller plåtar, bör vara tillverkad av ett ”segt” material. En rustning gjord av ett hårt kolstål splittras under det att en som tillverkats av ett kolfritt järn eller legerat

med fosfor får en seghet som gör att rustningen deformeras istället för att spricka. Detta visade t.ex. en undersökning av en ring från en ringbrynja från Tofta på Gotland där just fosforjárn kunde konstateras i den undersökta ringen (Grandin 2008). Det finns också en ringväv från grav 6016, daterad till 710–750 AD, på det undersökta gravfältet i östra Gamla Uppsala som dock inte har analyserats (fig. 48). Detta betyder naturligtvis inte att detta är, och framför allt inte endast, det som det kolfria järnet har använts till. Det kolfria järnet används också frekvent i yngre järnålderns laminerade knivar på så sätt att knivens eggstål läggs emellan två stycken av kolfritt järn, med eller utan fosfor (Grandin 2009). Fosforjárn kan både användas som det kolfria järnet runt eggstålet och som eggmaterial då det är hårdare än det kolfria järnet. De tre typerna av järn ingår också som komponenter i mönstervällning, vilket är en tämligen utbredd teknik under yngre järnålder. Med detta vill vi påvisa möjligheterna men också svårigheten med att tydligt kunna karaktärisera av en smedjas produktion.

Slaggen – enbart från smide?

Det analyserade slaggmaterialet består i huvudsak av fragment av plana/konkava/konkava mindre smidesskållor samt en del hela och defekta dylika. De defekta och hela smidesskållorna, som valt för analys, varierar i storlek från ca 100 g till cirka 500 g samt stora över 1 kg. Den största skållan väger drygt 1,6 kg. Det finns mindre skillnader i slaggmaterialet som kanske kan ha med tidsskillnaden som finns i materialet att göra. Slaggmaterialet från smedjorna 3945 (område GUSK) och 2198 (område Storgården) härrör från olika perioder. Den förstnämnda dateras till vikingatid och den senare till 1300-tal. De analyserade slaggen har inte bara yttre skillnader utan är från olika processled. Den äldre slaggen är en typisk sekundärsmidesslagg, d.v.s. från föremålssmide, och den yngre (största och tyngsta slaggen i materialet, område Storgården-2233) är en primärsmidesslagg, d.v.s. den härrör från rensning och kompaktering av en lupp från blästjärn. Vi kan alltså på goda grunder utifrån det analyserade slaggmaterialet anta att inte bara föremålssmide skedde på platsen.

En primärsmidesslagg uppstår endast vid kompaktering och slaggrensning av lupp från blästjärn. Varför är då detta anmärkningsvärt? Anledningen är att under denna period borde det ha funnits lätt-tillgängligt masugnsvärn i form av osmundar även om osmundar också framställts av blästjärn, vilket nyligen framkommit vid en undersökning i Slussen i Stockholm (Ogenhall & Hjärthner-Holder 2015).

Men istället använde man blästjärn i form av lupp och ämnesjärn, av allmänna järnålderstyper. Är detta då ett utslag av samma sak som val av ässettyp i denna medeltida smedja, att traditionen från järnålder, med användandet av blästjärn, vägde tyngre än upptagandet av ny teknik och nya råmaterial. Vid den här tiden i städer och på landsbygden var ässjorna uppförda på pallar, d.v.s. smeden stod upprätt, vilket med all sannolikhet inte var fallet i denna smedja utan smeden arbetade huksittande (se t.ex. Hjärthner-Holder m.fl. 1999).

Eftersom slag från område Storgården-2233 tolkades som en möjlig primärsmidesskålla (på grund av dess storlek samt att den slagguppsamlingsgrop den kom ur troligen också var ovanligt stor) gjordes även en totalkemisk analys (analysdatabladet i bilaga 1e). Resultatet av denna analys (fig. 33–34) stödjer tolkningen samt visar att likartad kemisk signatur finns hos analyserade järnframställningsslagger från närliggande platser, vilket öppnar för möjligheten att råvaran (malmen) kan vara lokal (se stycket Slaggekemi 12N-2233). Dock finns inget som utesluter en mer långväga källa då liknande kemiska signaturer finns hos enstaka analyserade slagger från både Västmanland, Gästrikland och Dalarna.

Malmen – en främmande fågel

Malmstycken har framkommit i materialet. Malm förekommer inte naturligt i området och öppnar därför för en diskussion om anledningen till förekomsten av dem inom boplatserna. Dessutom finns det inga spår efter järnframställning inom de undersökta områdena, varför fyndens kontext i exempelvis ett hjulspår är intressant.

Enstaka malmstycken påträffas nu och då i matjorden inom boplatssområden men dessa har oftast visa sig inte ha någon koppling till boplatsen. Det är hittills endast ett fall i Uppland, nämligen Fullerö, där malmstycken visat sig kunna knytas till den förhistoriska verksamheten på platsen (Kresten 1993). Malmstyckena i åkerjorden vid t.ex. Vallby i Tierp kunde inte knytas till verksamheten på den underliggande förhistoriska och tidig medeltida boplatsen (Seiler 2005). I övrigt finns malm vid hyttor, från tidig medeltid, där malmen kan knytas direkt till verksamheten även om inga direkta analyser är gjorda. Likaledes kan malm vid gruvor som t.ex. vid koppargruvan vid Huddunge (Huddunge 208 (Willim m.fl. 2014) knytas till verksamheten men, som i detta fall, ändå vara en produkt som inte nyttjats som malm. Den kvarliggande ”malmen” vid gruvan, Huddunge 208, var också den, precis som den nu analyserade malmen från Gamla Uppsala,

av den inte önskvärda typen magnetkis. Denna malmtyp är olämplig för järnframställning på grund av sitt svavelinnehåll (sulfidmalm) vilket ger ett rödbräckt järn som är mycket svårt att smida.

Malmstyckena i Gamla Uppsala har förslagsvis ingått i material som använts för utfyllnad eller bär-lager för en väg eller liknande, vilket fyndkontexten i bl.a. ett hjulspår antyder.

Utblick

Vilka var smederna i östra Gamla Uppsala och vilka nätverk kan de tänkas ha medverkat i och i vilket förhållande kan de ha stått till de som gravlagts med verktyg förknippat med järn- och metallhantverk, vapen, sköldar och hjälmar i t.ex. Gamla Uppsala och Valsgärde? Inom undersökningen finns tydliga lämningar efter smide i form av smedjor och avfallsmaterial. Men här finns också rester efter koppar- och ädelmetallhantverk. I de flesta fall är järnhantverket och ädelmetallhantverket helt skilda från varandra både tidsmässigt och kontextmässigt utom i ett fall, nämligen grophuset 1126 där man har arbetat både med järn och med kopparlegeringar. Ett viktigt jämförelsematerial är t.ex. Helgö där både järnsmide och ädelmetallhantverk är viktiga delar av verksamheten på platsen. Skillnaden mellan Helgö och undersökningsområdet i östra Gamla Uppsala är att i östra Gamla Uppsala är det först under vikingatid som järnhantverket blir synligt. På Helgö finns järnhantverket från folkvandringstid och framåt in i vikingatid medan ädelmetallhantverket syns tydligt i folkvandringstiden men mer eller mindre verkar upphöra under vendeltid (Helgö Excavations V, IX, XVI, XVII).

Materialet i Gamla Uppsala kan också sättas i relation till de tydliga indikationer på järn- och metallhantverket i form av verktyg som påträffas i gravar i Gamla Uppsala, Valsgärde och Vendel och inte minst "kungagravarna" (644, 750 och 872) i Birka (Nordahl 2001; Arwidsson 1942; 1956; 1977; Arbman 1943; Stolpe & Arne 1912).). En annan aspekt som är av intresse i detta sammanhang är att de gravar i Sverige (även i mycket perifera områden) som innehåller verktyg som kan förknippas med järn- och metallhantering nästan uteslutande förekommer tillsammans med vapenutrustning och ofta också sköldar d.v.s. män av högre rang. Detta skiljer dem från t.ex. de norska smedsgravar där det är många gravar där det enbart är smedsverktyg som utmärker dem.

Det är kanske på dessa centralplatser som vi för första gången ser en föregångare till medeltidens

bergsmän tydligare framträda i ljuset. Bergsmännen under historisk tid hade oftast en god ekonomisk och social position i samhället, bl.a. manifesterad i de stora s.k. bergsmansgårdarna. Kännetecknande för gruppen av bergsmän är att de kan tillhöra olika stånd, d.v.s. gruppen är ett nätverk byggt på kunskap och funktion, en heterarkisk struktur.

Det finns en del som tyder på att utnyttjandet av järnmalmerna – limoniter och eventuellt även bergmalmerna – i Uppland från Vattholma och norrut mot Vendel/Dannemora kan ha bidragit till den rikedom, som bl.a. präglar båtgravarna i området. Dessutom är järnrikedomen i gravarna av samma art som den man t.ex. möter i områden som Dalarna (Serning 1966) och Gästrikland där produktionen av järn var hög redan under sen äldre järnålder. En sådan järnrikedom möter man mycket sällan utanför stormannagårdarna i Uppland. Härmed inte sagt att de gravlagda skulle vara smeder, utan föremålen kanske snarare skall ses som insignier för järnproducenten/bergsmannen som besatt kunskapen om malm och processen fram till produkten – järnet som råvara eller manufaktur. Vilka var då smederna inom undersökningsområdet, hade de någon status? Om man anser att samhällets organisation bygger på möjlighet till social rörlighet kan en skicklig smed nå långt i hierarkin eftersom ett samhälle som är heterarkiskt bygger på kunskap och funktion men också bygger på odalen d.v.s. ägandet av mark. Smeden som kunde producera järn och smida var en viktig person i samhället och kunde därför i ett sådant system "stiga i graderna".

I omlandet runt Uppland finns under förhistorisk tid stora områden med en mycket omfattande järnproduktion. Produktionsinriktningen i Gamla Uppsala är, utifrån undersökt material, inte helt lätt att fastställa. Dock kan man utifrån den kunskap som finns från andra områden säga att materialen finns för att ett avancerat smide skall ha ägt rum. Frågan är vilken roll en centralplats som Gamla Uppsala spelade i produktionen, förädlingen och handeln med järn och andra metaller. Vilka var handelsvägarna? Var järn en av de varor för avsalu som möjliggjorde en import av bl.a. koppar och möjligen också silver och guld som man behövde. Där kan möjligen kopparens kemiska sammansättning och blyisotoper ge en fingervisning om hur ett eventuellt europeiskt handelsnätverk för metaller kan ha sett ut från Gamla Uppsalas perspektiv.

Sammanfattning

– metallhantverk och arkeometallurgi

Under åren 2012–2014 genomfördes särskilda arkeologiska undersökningar inför byggandet av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala, Uppsala socken och kommun, Uppland. Det arkeologiska arbetet har genomförts som ett samarbetsprojekt mellan Arkeologerna, SHMM (dåvarande UV Mitt, Riksantikvarieämbetet, hädanefter benämnt Arkeologerna, SHMM), Upplandsmuseet (UM) och Stiftelsen Archaeologica Upsaliensis (SAU). Arkeologerna, SHMM, är huvudman. Projektledare och ansvarig för projektet är Lena Beronius Jörpeland, Arkeologerna. Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) vid Arkeologerna, SHMM, Uppsala, har i samarbete med Stilborg keramikanalys (SKEA) utfört arkeometallurgiska analyser av avfallsmaterial som hör till fyndkategorin *Hantverk och produktion*, undertyp *Metallhantverk* samt fyndkategorierna *Slagg GAL* och *Teknisk keramik*.

Denna rapport behandlar det arkeometallurgiska materialet, nästan uteslutande avfallsmaterial, från järn- och metallhanteringen i området. Här presenteras grundläggande arkeometallurgiska analyser såsom metallografiska, petrografiska och kemiska analyser av metaller som järn, kopparlegeringar och guld, slaggar från järnsmide samt teknisk keramik från flera av hantverken.

Det undersökta området uppvisar en stor kronologisk och innehållsmässig bredd. Lämningar finns från bronsålder till modern tid, även om tyngdpunkten i de undersökta lämningarna ligger i äldre järnålder fram till 1600-tal. Fornlämningarna omfattar boplatzlämningar från äldre och yngre järnålder, omfattande by- och gårdslämningar från yngre järnålder–medeltid. Fokus ligger på järnålder och medeltid på en centralplatsmiljö med stort tidsdjup.

De olika definierade järn- och metallhantverken som hör till järnåldern i östra Gamla Uppsala summeras som järnsmide (primärsmide och sekundärsmide), gjutning (guld, mässing/koppar), lödning, förkoppling, avdrivning/testning av guld och troligen också plåtarbete. Järn- och metallhantverken från medeltid (och troligen i viss mån till efterreformatorisk tid) har även definierats och

kan summeras som järnsmide (primärsmide och sekundärsmide), troligen gjutning, hantverk med tenar och bleck av mässing, avdrivning/testning av silver och troligen plåtarbete.

Vad gäller järnhantverket har tre väldefinierade smedjor dokumenterats, där smedjan som arbetsplats har kunnat analyseras. Två av smedjorna dateras till vikingatid och en till medeltid. Av det undersökta järnmaterialet framgår att det mesta tycks ha bestått av ett relativt kolfritt järn, även om både kolstål och fosforjärn finns i materialet. Tekniken vällning syns tydligt i ett av proven.

En metallverkstad, med datering till vikingatid, har använts för hantverk med flera metaller; såväl järnsmide som gjutning av kopparlegeringar. Det senare hantverket framträder också markant i ett stort, och utbrett, avfallsmaterial. I det analyserade materialet från koppar- och kopparlegeringshantverket kunde vi konstatera en generell sammansättnings- och till viss del kronologisk skillnad mellan råämnen (i form av både tenar och bleck) som främst är i mässing (med höga zinkhalter) och avfallet där brons dominerar i smältorna även om mässing också förekommer (lägre zinkhalter). Båda materialkategorierna utgör en del av hantverket och speglar totalt sett en variation i tillgängliga legeringar. Kopparråvarans ursprung är sannolikt också varierad. Detta antyds av blyisotopsammansättningen där några legeringar, främst de med yngre datering, har värden som är karaktäristiska för svenska kopparmalmer, medan andra sannolikt har sitt ursprung i andra delar av Europa.

Det finns även tecken på att ädelmetallhantverk har ägt rum på platsen, begränsat till folkvandringstid–vikingatid, även om inga processanläggningar har kunnat beläggas. Spåren utgörs framför allt av ett fåtal guldsmltor och fragment av teknisk keramik, huvudsakligen deglar, med gulddroppar. Samtliga analyserade droppar är en legering av guld, silver och koppar, men proportionerna mellan ämnena skiljer sig åt något. Det är dock noterbart att guldhalt generellt är högre än på många andra samtida hantverksplatser.

Referenser

- Andersson, G., Beronius Jörpeland, L., Dunér, J., Fritsch, S. & Skyllberg, E. 2004. Att föra gudar-
nas talan – figurinerna från Lunda. Riksantikvarieämbetet. Arkeologiska undersökningar
Skrifter nr 55. Stockholm.
- Arbman, H. 1943. Birka I. Die Gräber. KVHAA
Monographien. Uppsala.
- Arwidsson, G. 1942. Valsgärde 6. Die Gräberfunde
von Valsgärde I. Uppsala.
- 1956. Valsgärde 8. Die Gräberfunde von Vals-
gärde II. Uppsala.
- 1977. Valsgärde 7. Die Gräberfunde von Vals-
gärde III. Uppsala.
- Becker, N. 2005. Metallhantverk och speci-
alisering. I: Carlie, A. (red.) Järnålder vid
Öresund. Band 1. Specialstudier och syntes.
Riksantikvarieämbetet.
- Beronius Jörpeland, L. (red.). 2013. Gamla Uppsala
– årsredogörelse år 2012. Utbyggnad av Ostkust-
banan genom Gamla Uppsala. Riksantikvarie-
ämbetet. UV Rapport 2013:78. Stockholm.
- (red.). 2017. Projektintroduktion – om det
arkeologiska projektet. Utbyggnad av Ostkust-
banan genom Gamla Uppsala. Arkeologerna,
Statens historiska museer. Rapport 2017:1_2.
Stockholm.
- Björck, N. & Forenius, S. 2016. Gårdar och järnhan-
tering i Smedsbo. Vid forn-Tämnarens strand
från stenålder till tidig medeltid. Riksanti-
kvarieämbetet. UV Uppsala, rapport 2009:13.
Stockholm.
- Björklund, S. & Täpp, J-E. Petterson (red.). 1982.
Lima och Transtrand. Ur två socknars historia.
1 Myrjärn och smide. Malung.
- Englund, M. & Hjärthner-Holdar, E. 2011. Spår
efter metallhantverk i Gamla Uppsala. Okulär
klassificering. Uppland, Gamla Uppsala socken,
fornlämning 586:1 m.fl. Riksantikvarieämbetet.
UV GAL, rapport 2011:6. Stockholm.
- 2017. Smeden – en aktör i järnhanterings-
länga kedja. I: Beronius Jörpeland, L., Göthberg,
H., Seiler, A. & Wikborg, J. 2017. (red.). at Upsa-
lum – människor och landskapande. Utbyggnad
av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala. Arke-
ologerna, Statens historiska museer, Societas
Archaeologica Upsaliensis och Upplandsmuseet.
Rapport 2017:1_1. Stockholm.
- Englund, L.-E., Hjärthner-Holdar, E & Larsson, L.
1996. Järnhantering på boplatsen vid Albertsro
under äldre järnålder. Albertsro, Södermanland,
Åker sn. RAÄ 267:1–4. Analysrapport GAL nr
21-1996.
- Eriksson, J.-A. & Qvarfort, U. 1996. Age detarmina-
tion of the Falu copper mine by ¹⁴C-datings and
palynology. GFF vol. 118. Stockholm.
- Exavations at Helgö V, IX, XVI & XVII. Clark,
H., Lamm, K. & Wigren, S. (red). KVHAA.
Stockholm.
- Forshell, H. 1992. The inception of copper mining
in Falun. Relation between element composition
in copper artifacts, mining and manufacturing
technology and historic development with
particular emphasis on copper from the Falu
mine. The Archaeological Research Laboratory,
Stockholm University, Theses and papers in
archaeology B2.
- Grandin, L. 2003a. Bägaren från Uppåkra. Arkeo-
metallurgiska analyser. LUHM 31251, Uppåkra
sn, Skåne. Geoarkeologiskt Laboratorium,
Analysrapport 9-2003. Uppsala.
- 2003b. Tre gudastatyetter från Lunda. Kemiska
analyser. RAÄ 266, Strängnäs sn, Söderman-
land. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analys-
rapport 11-2003. Uppsala.
- 2004. How and Where was the Beaker from
Uppåkra Made? Some Indications from Chemi-
cal Analyses. I: Larsson, L. (red): Continuity for
Centuries. A ceremonial building and its context
at Uppåkra, southern Sweden. Uppåkrastudier
10. Acta Archaeologica Lundensia, Series in 8°,
No. 48. 93–101.
- 2006. Metallhantverk i Lunda. Analyser av
metaller. Lunda, RAÄ 266, Strängnäs sn,
Södermanland. Geoarkeologiskt Laboratorium,
Analysrapport 2-2006. Uppsala.
- 2008. Ringar från en ringväv. Metallografisk
och kemisk analys. Gotland, Tofta socken, Tofta
kyrka. Riksantikvarieämbetet. UV Uppsala,
rapport 2008:22. Stockholm.

- 2009. Knivar av härdat stål – likheter och skillnader i material och smidesteknik. Metallografiska analyser av knivar från yngre järnålder. Riksantikvarieämbetet. UV Uppsala rapport 2009:21. Geoarkeologisk undersökning. Stockholm.
- 2011. Gjuteriavfall från vendel- och vikingatid. Analyser av fragmenterade föremål, smältor och droppar. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. UV GAL, rapport 2011:10. Stockholm.
- Grandin, L., Forenius, S. & Willim, A. 2008. Smedjan på gården. Arkeometallurgiska analyser av material från gården Välle. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. UV Uppsala rapport 2008:23. Stockholm.
- Grandin, L. & Hjärthner-Holdar, E. 2008. Analyses of copper and copper alloys. I: Clarke, C. & Lamm, K. (red.) Excavations at Helgö XVII. Workshop part III. KVHAA. Stockholm. 39–70.
- Grandin, L., Willim, A. & Hjärthner-Holdar, E. 2005. Järnhantering på en boplatz i Kyrsta. Arkeometallurgisk analys av slagger. Riksantikvarieämbetet. Rapport UV 2005:14. Stockholm.
- Göthberg, H. 2017. (red.). Huskatalog. Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala. Arkeologerna, Statens historiska museer, Societas Archaeologica Upsaliensis och Upplandsmuseet. Rapport 2017:1_3. Stockholm.
- Göthberg, H., Seiler, A., Wikborg, J. & Grandin, L. 2017. Med hallen inom synhåll – centralplatsyttringar vid gårdarna. I: Beronius Jörpeland, L., Göthberg, H., Seiler, A. & Wikborg, J. 2017. (red.). at Upsalum – människor och landskapande. Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala. Arkeologerna, Statens historiska museer, Societas Archaeologica Upsaliensis och Upplandsmuseet. Rapport 2017:1_1. Stockholm.
- Hamilton, J., Artursson, M. & Englund, M. 2014. Bilaga 18. Boningshus, ekonomibyggnader och kulthus vid Skeke. I: Larsson, F. (red.). 2014. Skeke – gudar, människor och gjutare. Rituella komplex från bronsålder och äldre järnålder samt en höjdbosättning från yngre järnålder med gjuteriverkstad. Utbyggnad av väg 288, sträckan Jälla–Hov. Riksantikvarieämbetet. UV Rapport 2014:53. Stockholm.
- Herschend, F. 1980. Myntat och omyntat guld. Två studier i öländska guldfynd. Uppsala.
- Hjärthner-Holdar, E. 1993. Järnets och järnmetallurgins introduktion i Sverige. Med bidrag av Peter Kresten och Anders Lindahl. Aun 16, Uppsala.
- (red.) 2011. Gjutning och smide på Skeke under bronsålder och folkvandringstid. Arkeometallurgiska analyser av metall, slagg och teknisk keramik samt rekonstruktion av ett folkvandringstida gjuteri. Väg 288. Riksantikvarieämbetet. UV GAL, rapport 2011:7. Stockholm.
- Hjärthner-Holdar, E. & Larsson, L. 1997. Medeltida järnhantverk i kv. Trädgårdsmästaren, Sigtuna – en arkeometallurgisk analys, Uppland, Sigtuna stad, RAÄ 195. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 36-1997. Uppsala.
- Hjärthner-Holdar, E., Larsson, L., Englund, L.-E., Lamm, K. & Stilborg, O. 1999. Järn- och metallhantering vid en stormannagård under yngre järnålder och tidig medeltid. Husby, Glanshammars sn, Närke. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 2-1999. Uppsala.
- Karlsson, E. & Räf, E. 2006. Vägen till järnåldern. RAÅ 397. Kallerstad 1:1 och 1:4. Linköpings stad och kommun, Östergötlands Län. Arkeologisk undersökning. Rapport 2006:35. Östergötlands Länsmuseum. Linköping.
- Kresten, P. 1993. Fullerö – undersökning av malm och slagger. I: L. Karlenby: Ett tvärsnitt genom Gamla Uppsala socken. Arkeologiska undersökningar inför gång- och cykelvägen genom Gamla Uppsala och Storsvreta. Riksantikvarieämbetet. Rapport UV 1993:3. s. 37–44. Stockholm.
- Kresten, P., Hjärthner-Holdar, E. & Stilborg, O. 2000. Vendeltida metallurgi i Dagstorp, Skåne. Väst kustbanan SU 21, Dagstorp 1:2–3, 5:31, Dagstorp sn, Skåne. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 5-2000. Uppsala.
- Kresten, P., Hjärthner-Holdar, E. & Harryson, H. 2001. Metallurgin i Uppåkra: Icke-järnmetaller under tusen år, LUHM 31000, Uppåkra sn, Skåne. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 10-2001. Uppsala.
- Lamm, K. 2006. Crucibles and Cupels from Building Group 3. With a contribution by J. Bayley. In: Clarke, H. & Lamm, K. (eds.) Workshop. Part III. Excavations at Helgö XVII. Kgl. Vitterhets Historie och Antikvitetsakademien. Stockholm.
- 2008. Non-ferrous metal objects and scrap: the archaeological context. In: Clarke, C. & Lamm, K. (eds.) Excavations at Helgö XVII. Workshop part III. KVHAA. Stockholm, 21–37.
- Larsson, F. (red.) 2014. Skeke – gudar, människor och gjutare. Rituella komplex från bronsålder och äldre järnålder samt en höjdbosättning från yngre järnålder med gjuteriverkstad. Utbyggnad av väg 288, sträckan Jälla–Hov. Riksantikvarieämbetet. UV Rapport 2014:53. Stockholm.

- Lindkvist, A. 2017. (red.). Grophuskatalog. Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala. Arkeologerna, Statens historiska museer, Societas Archaeologica Upsaliensis och Upplandsmuseet. Rapport 2017:1_5. Stockholm.
- Lindman, G., Forenius, S., Andersson, D. & Grandin, L. 2007. Smedjan i Salmered. En medeltida smedja i Landvetter. Riksantikvarieämbetet. UV Väst, rapport 2007:6. Stockholm.
- Magnus, B. 2008. The metal Workshop at Bäckby, Västerås, Västmanland – A Helgö in miniature. In: Clarke, H. & Lamm, K. (eds.) Workshop. Part III. Excavations at Helgö XVII. Kgl. Vitterhets Historie och Antikvitetsakademien. Stockholm.
- Nordahl, E. 2001. Båtgravar i Gamla Uppsala. Spår av en vikingatida högreståndsmiljö. Med bidrag av Anita Malmius, Petra Molnar, Anna Kjellström och Bengt Schönback. Aun 29. Uppsala.
- Oddy, W.A. & Meyer, V.E.G. 1986. The analysis of the Gold Finds from Helgö and their Relationships to other Early Medieval Gold. I: (Hovén, B.E. m.fl. red.) Excavations at Helgö X. Coins, Iron and Gold. KVHAA. Stockholm, 153–173.
- Ogenhall, E. & Hjärthner-Holdar, E. 2015. Metallhantverk vid Slussen. Analys av järn och slagg från ett medeltida metallhantverksområde på Södermalmstorg, Stockholms län. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. GAL Rapport 2015:05. Stockholm..
- Pedersen, U. 2010. I smeltedigelen. Finsmedene i vikingatidsbyen Kaupang. Institutt for arkeologi, konservering og historie, Det humanistiske fakultet, Universitetet i Oslo.
- Pernicka, E. 2010. Archäometallurgische Untersuchungen am und zum Hortfund von Nebra. Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 05:719-734.
- Seiler, A. 2005. Vallby norra. En boplats från yngre bronsålder, yngre järnålder ovm tidig medeltid i Tämnråns dalgång Väg E4, sträckan Uppsala–Mehedeby. Riksantikvarieämbetet. UV GAL, rapport 2005:1. Stockholm.
- Seiler, A. & Appelgren, K. 2012. Inhåleskullen – ett mångtydigt gravfält från yngre bronsålder–äldre vikingatid. Riksantikvarieämbetet. UV Rapport 2012:158. Stockholm.
- Serning, I. 1966. Dalarna järnålder. Stockholm.
- Stilborg, O. 2002. Blästugnar. I: A. Lindahl, D. Olausson & A. Carlie (red.) Keramik i Sydsverige – en handbok för arkeologer. Monographs on Ceramics. Keramiska Forskningslaboratoriet.
- 2006. Teknisk keramik och kärl från Kallerstad. I: E. Karlsson & E. Räf: Vägen till järnåldern. RAÄ 397. Kallerstad 1:1 och 1:4. Linköpings stad och kommun, Östergötlands län. Arkeologisk undersökning. Rapport 2006:35. Östergötlands Länsmuseum. Linköping.
- 2008. A technological Study of Crucibles from Helgö and Bäckby. In: Clarke, H. & Lamm, K. (eds.) Workshop. Part III. Excavations at Helgö XVII. Kgl. Vitterhets Historie och Antikvitetsakademien. Stockholm.
- Stolpe, H. & Arne, T.J. 1912. Gravfältet vid Vendel. KVHAA. Stockholm.
- Stos-Gale, Z.A. & Gale, N.H. 2009. Metal provenancing using isotopes and the Oxford Archaeological lead isotope database (OXALID). Archaeological and Anthropological Science 1(3):195–213.
- Söderberg, A. 1996. Schmelzkugeln – Identifikation av en hantverksprocess. Fyndmaterial från Birka och Sigtuna. CD-uppsatser i laborativ arkeologi 1995/1996. Del 2. Stockholms universitet.
- 2006. Om två metallurgiska processer knutna till vikingatidens betalningsväsende. I: Situne dei. Årsskrift för Sigtunaforskning 2006. Sigtuna.
- Westberg, T. 2013. I: Beronius Jörpeland (red.). Gamla Uppsala – årsredogörelse år 2012. Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala. Riksantikvarieämbetet. UV Rapport 2013:78. Stockholm.
- Willim, A. 2013. Gruvsmedjan i Stripa. En geoarkeologisk förundersökning av en borsmedja från 1800-talet. Riksantikvarieämbetet. UV GAL, rapport 2013:02. Stockholm.
- Willim, A., Grandin, L. & Forenius, S. med bidrag av Stilborg, O. & Englund, M. 2014. En järnframställningsplats att återkomma till. Järnframställning från bronsålder till vikingatid längs riksväg 56. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. UV GAL, rapport 2014:14. Stockholm.

Muntliga uppgifter

Kjell Billström, Laboratoriet för Isotopgeologi vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm.

Administrativa uppgifter

För utförliga administrativa uppgifter hänvisas till Projektintroduktion – om det arkeologiska projektet (Beronius Jörpeland 2017).

SHMM:s dnr: 5.1.1-00031-2015.

Länsstyrelsens dnr: 431-4697-11.

SHMM:s projektnr: A12170.

Koordinatsystem: Sweref 99 TM.

Projektgrupp: Eva Hjärthner-Holdar, Mia Englund, Lena Grandin och Erik Ogenhall.

Underkonsulter: Ole Stilborg (SKEA), MINOPREP i Hunnebostrand, CEMPEG vid Institutionen

för Geovetenskaper vid Uppsala Universitet, ALS i Luleå, Laboratoriet för Isotopgeologi vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm (Kjell Billström och Per-Olof Persson).

Digital dokumentation: förvaras hos Arkeologerna, SHMM, Uppsala.

Foto: Makrobilder: Mia Englund, Erik Ogenhall, Lena Grandin och Eva Hjärthner-Holdar.

Mikroskopbilder: Erik Ogenhall, Lena Grandin och Ole Stilborg.

Mikrosondbilder: Lena Grandin.

Planer: Anders Biwall.

Bilagor

Förklaring till bilagorna

Bilaga 1 består av analysdatablad där vart och ett av de utvalda och analyserade proven finns beskrivna. Förutom att alla prov undersökts okulärt i fält, vid specialregistreringen i Intrasis, och i samband med provurvalet har 3 huvudsakliga analysmetoder använts: Undersökning i optiskt polarisationsmikroskop av antingen tunnslip eller polerprov (på databladet förkortat till optisk mikroskopi), mikrokemisk analys med elektronmikrosond samt totalkemisk analys. En mer ingående beskrivning av provurval och alla metoder m.m. finns under *Material, provurval och metoder*. I övre fältet på analysdatabladet finns angivet fyndnummer, provnummer, analysmetoder m.m. för varje enskilt prov.

I fältet ovanför bilder och bildtexter finns en beskrivning av provet baserad på resultaten från de analysmetoder som tillämpats. Fältet nedanför innehåller en kort tolkning av provmaterialet. Eventuella kemiska eller andra kvantitativa resultat finns i tabellform till vänster. Bildernas numrering följer provnumret (detaljyta + fyndnummer + bildnummer).

Polerprov av 39 st. metaller av bl.a. ädelmetaller (4 st.) och kopparlegeringar (31 st.) undersöktes i optiskt mikroskop, analyserades med elektronmikrosond och fotograferades. Sammanlagt analyserades 108 st. punkter och 346 st. ytor. Analysresultaten i form av bulkdata presenteras i tabellen till vänster samt tillsammans med utvalda bilder på högra delen av analysdatabladet. Värdet som i tabellerna anges med "0" innebär att ämnet inte har detekterats i analysen. En sammanställning av kemiska analyser i form av medelvärden av bulkanalyser av kopparlegeringar, finns även i en samlad tabell (Bilaga 2a). De prover som har hög zinkhalt har också ett innehåll av guld som inte är faktiskt utan beror på en påverkan på mätresultatet från den höga zinkhalten. Guldinnehållet i dessa är därmed missvisande. I prover utan zink, eller med låg zinkhalt, är dock guldhalt reell. Blyisotopanalyser genomfördes på 13 st. av de kemiskt analyserade kopparlegeringarna. Resultaten av dessa presenteras samlat i en separat tabell (Bilaga 2b) och vid respektive prov.

17 st. prov av järn, slagg och malm (1 st.) preparerades (antingen som polerprov eller polerade tunnslip) undersöktes i optiskt mikroskop och fotograferades. Utvalda bilder samt observationer presenteras på högra delen av analysdatabladet.

Ett slaggprov genomgick totalkemisk analys innefattande 43 st. element. Provresultatet finns presenterat i ett fält på analysdatabladets vänstra del. (Element = analyserad oxid/element, wt% = viktprocent, ppm = mg/kg, LOI = loss of ignition = glödförlust)

Tunnslip av 23 st. prov av teknisk keramik analyserades i optiskt polarisationsmikroskop. Mängd, kornstorleksfördelning och art av naturligt grovmaterial (silt och sand) har bedömts och en begränsad bildanalys har utförts på utvalt degelgods. Vidare har mängden och den maximala kornstorleken av eventuell tillsatt magring beräknats. En mineralogisk bestämning har gjorts av grovfraktionerna i leran. Lerans innehåll av bl.a. järnoxid, glimmer, malm och andra accessoriska mineral (acc. mineral) har uppskattats. Vid förstoringar i 600–1000x har eventuella förekomster av diatoméer (kiselalger) och kalkfossil studerats (diat./fossil).
Förklaring datablad: F = fin, M = mellangrov, G = grov, S = sorterad, O = osorterad, -- = mkt. få, - = sällsynt, * = allmänt, + = rikligt förekommande, M = malm, A/P = amfiboler/pyroxener (mörka mineral), Z = zirkon, Mu = muscovit, Bi = biotit, Iso = isotropiskt mineral, Gr = granit, Nat = naturlig magring, X = genomsnittligt största korn beräknat på de 5 näst största kornen.

I bilaga 3 finns en beskrivning, med källkritisk aspekt, kring ¹⁴C-datering av metalliskt järn. Ett urval av järnföremål (amulettringar) har daterats med denna metod. Inget av detta ligger dock inom ramen för denna analysrapport, men metodtexten har efterfrågats som en del av uppdraget.

Bilaga 1a. Analysdatablad guld

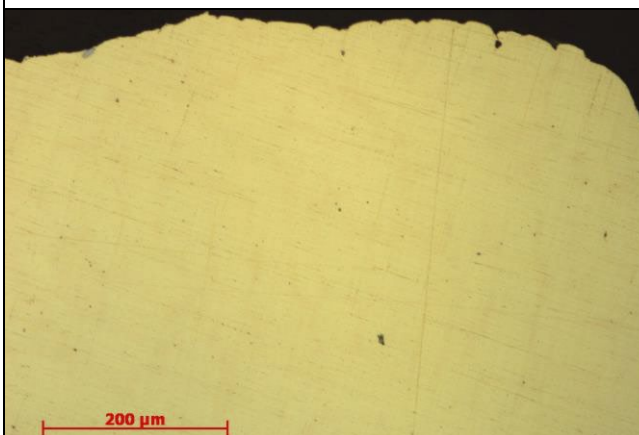
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Guld	2074	4-2074	4	SL118550	Hus 698	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt- %)	
S	0,00
Fe	0,04
Co	0,01
Ni	0,01
Cu	1,94
Zn	0,01
As	0,00
Ag	18,03
Sn	0
Sb	0
Au	75,82
Pb	0,02
Bi	0,55
Hg	1,31
Total	97,74

Provbeskrivning: Metalldroppe ur degelvägg. Det polerade tvärsnittet uppvisar en homogen ljus gul metall. Analyser med mikrosonden visar att det är en legering som domineras av guld (76 %), med lägre halter av silver (18 %) och koppar (1,8 %). I legeringen finns även lägre halter av kvicksilver (1,3 %) och vismut (0,6 %).



*Figur4-2074-02:
Foto taget genom stereolupp på degelns tvärsnittsytta där droppen, ca 2 mm i diameter framträder tydligt.
Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 4-2074-11_20:
Det polerade tvärsnittet uppvisar en homogen ljus gul metall.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*

Metalldroppe ur degel. Guld legerat med silver (18 %) och koppar (2 %).

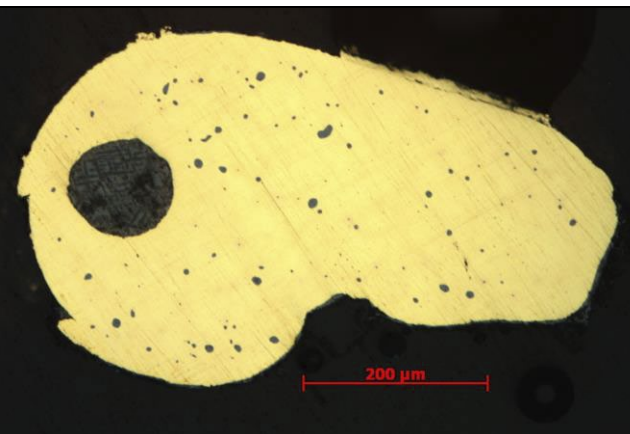
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Guld	2078	4-2078	4	SL124438	Aktivitetstyta 5272	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikroskop

Elektronmikroskop (vikt-%)	
	2078A
S	0,36
Fe	0,01
Co	0,01
Ni	0,01
Cu	3,93
Zn	0
As	0,01
Ag	16,83
Sn	0
Sb	0,00
Au	75,57
Pb	0
Bi	0,52
Hg	1,23
Total	98,47
	2078B
S	0,00
Fe	0,01
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	3,27
Zn	0,00
As	0,02
Ag	16,26
Sn	0
Sb	0,01
Au	76,66
Pb	0
Bi	0,59
Hg	1,33
Total	98,16

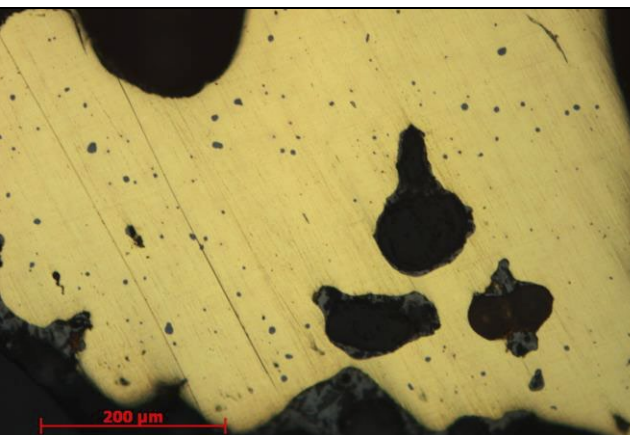
Provbeskrivning: Metalldroppar från degelväggs insida. En av dropparna (A) utgörs till stora delar av en homogen ljus gul metall. Kemianalyser visar att denna är en legering som domineras av guld (76 %) med lägre halter av silver (17 %) och koppar (3,9 %). I mindre mängder finns kvicksilver (1,2 %) och vismut (0,5 %). I legeringen finns en större droppe, drygt 100 mikrometer i diameter, bestående av två grå faser, samt många mindre droppar, i storleksordningen 10 mikrometer i diameter, med en homogen grå fas. Den andra droppen (B) är likartad i sitt utseende med en mellanmassa av en ljus gul metall och små droppar av en grå fas. Droppen är också ställvis omgiven av en oregelbunden zon av flera grå faser (möjligen från degeln). Bulkanalyser av dropparna finns i tabellen till vänster.



Figur 4-2078-02:
Degelfragment med
flera metalldroppar på
insidan. De två största
dropparna är
analyserade.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.



Figur 4-2078-11_A_20:
Droppe (A) som
domineras av en
homogen ljus gul
metall. En inneslutning,
drygt 100 mikrometer i
diameter, innehåller
silver (48 %), järn
18 %) samt syre och
svavel. Mindre droppar,
i storleksordningen 10
mikrometer innehåller
silver (65 %), guld
(21 %) och svavel.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.



Figur 4-2078-13_B_20:
Droppe (B), något
porös, domineras av en
ljus gul legering som
består av guld (77 %),
silver (16 %) och
koppar (3,3 %). I
mindre mängder
förekommer kvicksilver
(1,3 %) och vismut
(0,6 %).
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.

Metalldroppar ur en degel. Guld legerat med silver (16–17 %) och koppar (3–4 %).

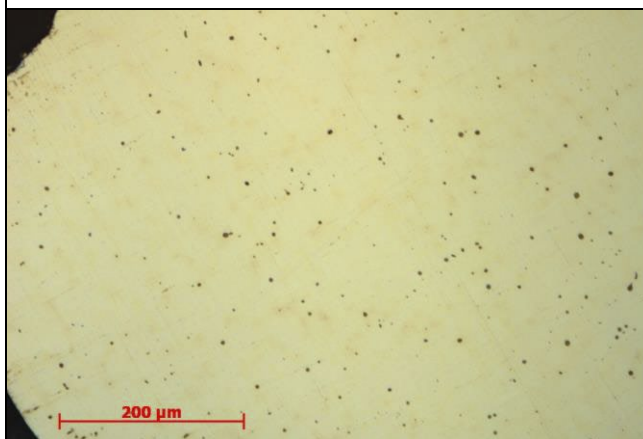
Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Guld	2085	4-2085	4	SL124438	Aktivitetsyta 5272	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikroskop

Elektronmikroskop (vikt-%)	
S	0,13
Fe	0,18
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	3,35
Zn	0,01
As	0,01
Ag	35,78
Sn	0
Sb	0
Au	55,91
Pb	0,00
Bi	0,39
Hg	0,94
Total	96,70

Provbeskrivning: Avlång, oregelbundet formad metalldroppe fastsmält i degel. Det polerade tvärsnittet av droppen är ca 0,7x1,3 mm stort. Ytan uppvisar en ljus gul metall med små brungrå ”droppar” i mikrometerstorlek. Analyser med mikrosonden visar att den ljusa metallen är en legering som domineras av guld (57 %), med tämligen höga halter av silver (36 %) samt koppar (3,5 %). I legeringen finns även lägre halter av kvicksilver (0,9 %) och vismut (0,4 %). Analyser av de brunare dropparna (EDS) visar att dessa är sulfider med innehåll av koppar (37 %), järn (23 %) och zink (2 %). Analyser av en större yta som omfattar såväl den dominerande guldlegeringen som de små dropparna visar att de senare bidrar endast i liten mängd till den totala sammansättningen (0,2 % vardera av svavel och järn). Bulkanalysen återges i tabellen till vänster.



*Figur 4-2085-01:
Två degelfragment med
metalldroppar. Droppen
i det övre, mindre,
fragmentet är
analyserad.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 4-2085-11_20:
Gulldroppen i tvärsnitt.
På den polerade ytan
ses huvudsakligen en
gul metall (57 % Au,
36 % Ag och 3,5 % Cu).
I legeringen finns också
små brungrå droppar
som är sulfider
innehållande koppar,
järn och lite zink.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Metalldroppe ur degel. Guld legerat med silver (36 %) och koppar (drygt 3 %).

Bilaga 1b. Analysdatatablad kopparlegeringar

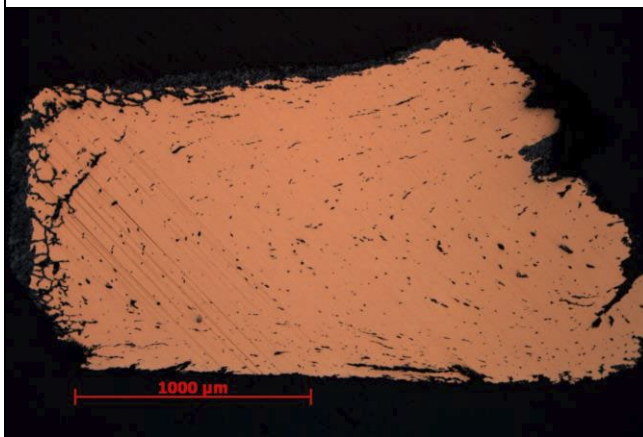
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	1134	1-1134	1	SL302322	Stolphus 626	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	4,94
Fe	0,00
Co	0,01
Ni	0,02
Cu	93,20
Zn	0
As	0,19
Ag	0,11
Sn	0,01
Sb	0,18
Au	0,19
Pb	0,45
Bi	0,03
Hg	0,02
Total	99,35

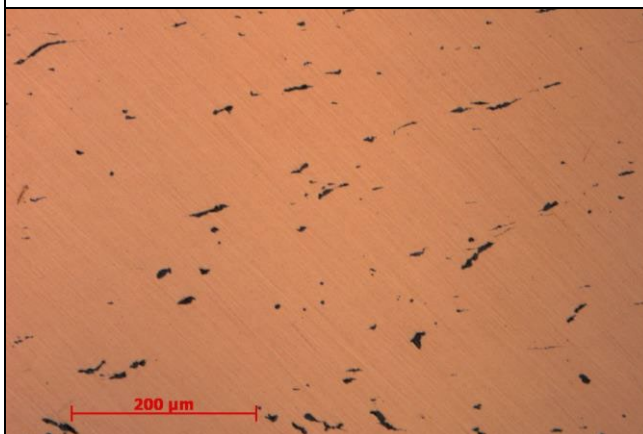
Provbeskrivning: Fynd registrerat som gjuttapp. Tvärsnittet domineras av en ljus gulröd fas. I den finns grå droppar/sliror koncentrerade till flera parallella stråk som bildar ett u-/v-format mönster. Längs ytterkanten finns en selektiv korrosion som antyder kornformer. Båda dessa företeelser indikerar att det inte är en gjuttapp utan något material som har blivit mekaniskt bearbetat (föremål/avfall). De kemiska analyserna (tabell till vänster) bekräftar att det rör sig om koppar. Ett innehåll av svavel kan vara påverkat av en sekundär beläggning. De rikligt förekommande dropparna är komplexa i sammansättning. De domineras av bly med innehåll av antimon (14 %), arsenik (9 %) och nickel (0,4 %) samt ett kopparinnehåll vilket möjligen kan komma från den omgivande kopparfasen.



*Figur 1-1134-01:
Gjuttapp. Prov för
analys är taget från
ytterkanten av övre
delen.
Foto Lena Grandin,
GAL.*



*Figur 1-1134-10_5:
Översikt som visar den
kopparrika legeringens
textur med ett omböjt
stråk av blydroppar.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 1-1134-11_20:
Detalj på dropparna i
den kopparrika
mellanmassan.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Strukturen och texturen antyder att det ej är en gjuttapp. Metallen är koppar med blydominerade droppar (med As, Sb, Ni). Troligare avfall från smide än från gjutning.

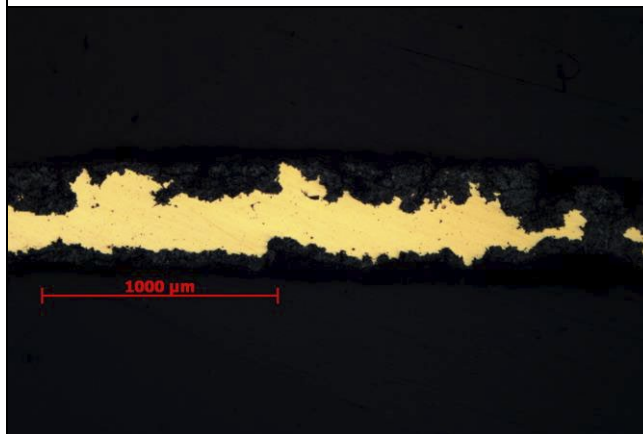
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	54	2-54	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikroskop

Elektronmikroskop (vikt-%)	
S	0,02
Fe	0,03
Co	0,00
Ni	0,02
Cu	63,37
Zn	35,17
As	0
Ag	0,10
Sn	0,02
Sb	0,00
Au	0,81
Pb	0,37
Bi	0,02
Hg	0,02
Total	99,96

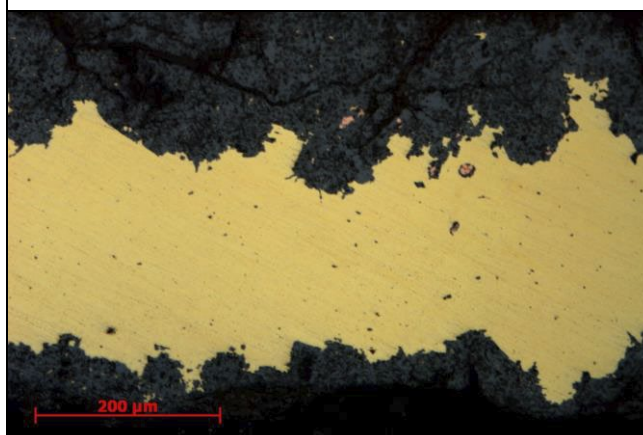
Provsbeskrivning: Klipp/bleck. I mikroskop framträder en kärna med bevarad metallisk yta. Ytterkanten är korroderad. Total tjocklek på blecket är ca 400 mikrometer. Metallen/legeringen domineras av en ljus gul fas som enligt analyserna har en hög zinkhalt (ca 35 %). Sekundärt bildad koppar finns sporadiskt, medan grå fläckar, som enligt analyserna domineras av bly, är vanligare. Ingen annan metall är observerad längs ytterkanten (som t.ex. är fallet i 2-189). Blydropparna bidrar till en total blyhalt på ca 0,4 %, medan den totala zinkhalten är ca 35 %.



*Figur 2-54-01:
Prov för analys är taget från hörnet överst till vänster, längs en spricka.
Foto Lena Grandin, GAL.*



*Figur 2-54-10_5:
Översikt på tvärsnittet med en dominerande ljus gul fas som är rik på zink (ca 35 %).
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*



*Figur 2-54-11_20:
Här framträder sekundärt bildad koppar (röd) i övre högra delen.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*

Mässing. Fri från spårämnen, med hög zinkhalt.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	166	2-166	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

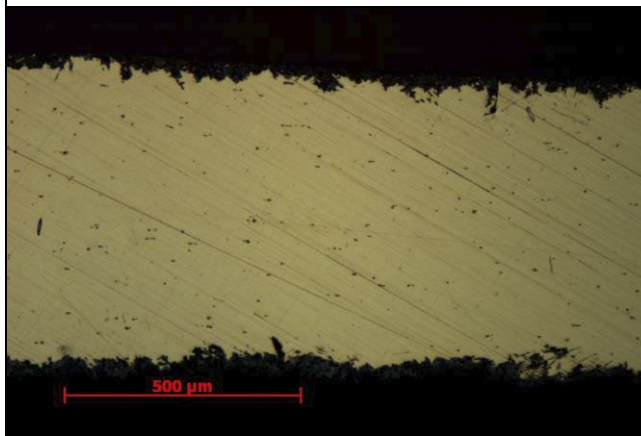
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,04
Fe	0,11
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	71,31
Zn	26,65
As	0,05
Ag	0,14
Sn	0,01
Sb	0,01
Au	0,66
Pb	0,14
Bi	0,01
Hg	0,02
Total	99,18

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	16,570
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,429
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	36,220
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,93113
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,1858

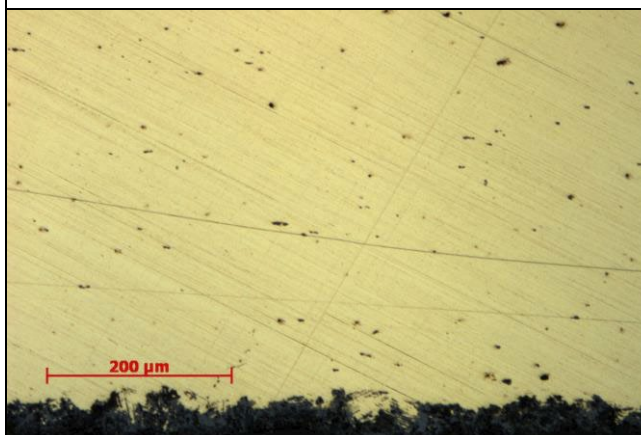
Provbeskrivning: Klipp, bleck. I mikroskop framträder ett tvärsnitt, ca 600 mikrometer tjockt, där i princip hela ytan utgörs av metalliskt material. Endast en tunn ytterkant är sekundärt påverkad. Legeringen domineras av en ljus gul fas. Analyser visar att denna innehåller höga halter av zink (27 %) samt spår av silver. En grå fas, som är blydroppar, förekommer i liten mängd, jämnt fördelat i hela provet men utan större inverkan på legeringens totalsammansättning. Längs ytterkanten finns sporadiskt en selektiv korrosion som antyder en korntextur med s.k. tvillingbildning, vilket är vanligt i smidda och värmebehandlade kopparlegeringar.



*Figur 2-166-01:
Prov för analys är taget
från vänstra kanten,
parallellt med
kortsidan.
Foto Lena Grandin,
GAL.*



*Figur 2-166-11_10:
Översikt på provet med
en dominerande ljus
gul, zinkrik, fas och
underordnade grå
droppar av bly.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 2-166-12_20:
Detalj där en selektiv
korrosion i nederkanten
antyder en korntextur
med så kallad
tvillingbildning.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Mässing med hög zinkhalt (27 %). Fri från spårämnen.

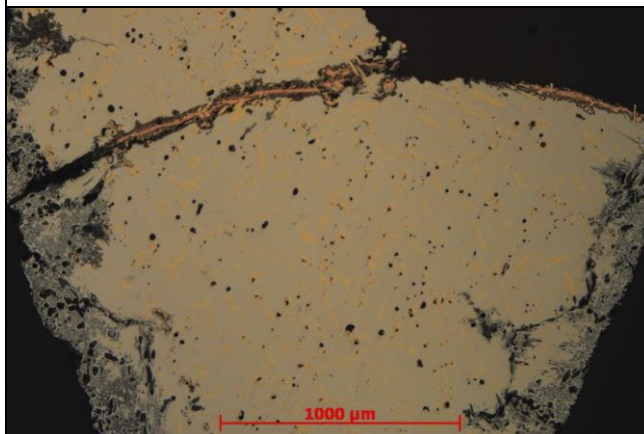
Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	178	2-178	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,01
Fe	0,01
Co	0,01
Ni	0,03
Cu	74,62
Zn	0
As	0,26
Ag	0
Sn	23,34
Sb	0,06
Au	0,24
Pb	2,86
Bi	0,01
Hg	0,01
Total	101,45

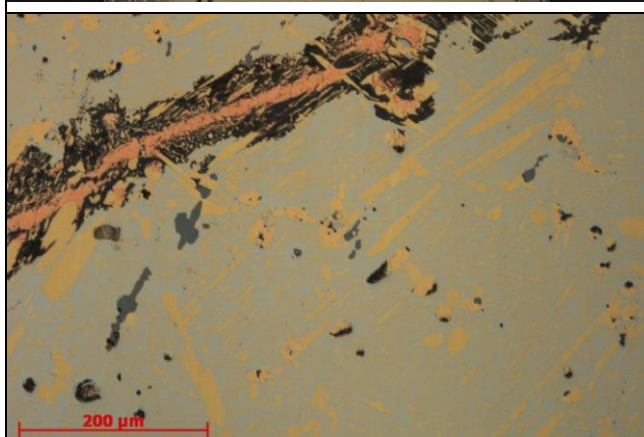
Provbeskrivning: Smälta. Det polerade tvärsnittet uppvisar i mikroskop en komplext sammansatt legering. Den består av en grå mellanmassa med gula lamellformade kristaller samt underordnat mörkare grå dendritiska bildningar. Dessutom förekommer ett långsmalt kopparfärgat stråk tvärs genom smältan. Det senare är sekundärt bildad koppar och oxiderade områden (svarta) förekommer också.
Små blydroppar förekommer tämligen rikligt. Bulksammansättningen på legeringen visar ett högt innehåll av tenn (23 %) med bly (ca 3 %). I övrigt förekommer endast arsenik (As) i halter över några tiondels procent.



*Figur 2-178-01:
Prov för analys är taget från kanten som är överst i bild.
Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 2-178-10_5:
Översikt på legeringen som är uppbyggd av flera faser; dominerad av en grå mellanmassa och gula lameller. I övre delen ses en tunn strimma av sekundärt bildad koppar.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*



*Figur 2-178-10_20:
Analyser visar att den ljusst grå mellanmassan har högst tennhalt (ca 27 %). De gula lamellerna innehåller 15 % tenn och är anrikade på arsenik (0,5 %). De mörkgrå dendritiska bildningarna är kopparsulfider med innehåll av järn.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*

Brons med hög tennhalt (23 %).
Jämför med smälta 4-1065, med likartat tenninnehåll men lägre Pb (0,5 %).

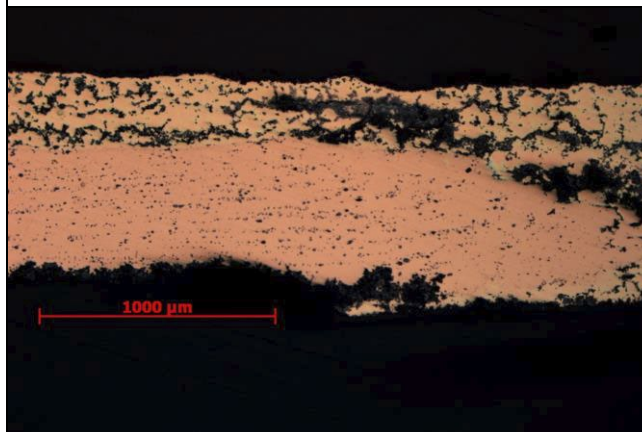
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	184	2-184	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
	Skikt 1
S	5,32
Fe	0,00
Co	0,00
Ni	0,05
Cu	93,07
Zn	0
As	0,02
Ag	0,10
Sn	0,01
Sb	0,11
Au	0,20
Pb	0,37
Bi	0,07
Hg	0,01
Total	99,33
	Skikt 2
S	3,31
Fe	0,01
Co	0,01
Ni	0,04
Cu	87,77
Zn	0
As	0,01
Ag	0,12
Sn	4,24
Sb	0,18
Au	0,23
Pb	1,56
Bi	0,04
Hg	0,02
Total	97,53

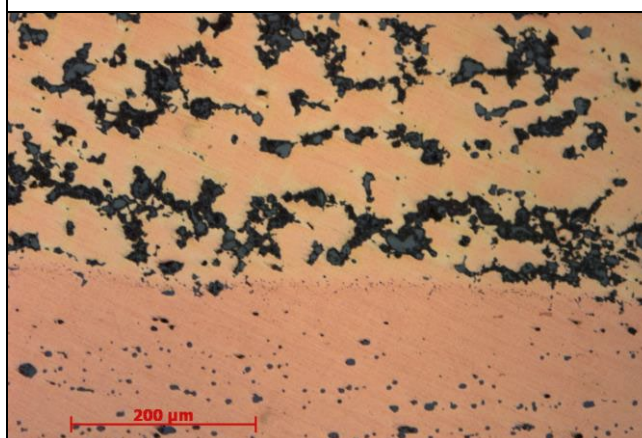
Provbekrivning: Klipp/bleck. I det analyserade tvärsnittet, ca 900 mikrometer tjockt, kan två tydliga skikt av två olika kopparlegeringar urskiljas. Ett skikt, 500-600 mikrometer tjockt, domineras av en homogen ljus röd fas, med riklig mängd av små grå droppar över hela ytan. Analyserna (1) visar att metallen är ren koppar, medan dropparna domineras av bly med antimon och arsenik. En del kopparoxider förekommer också. Det andra, yttre skiktet (2), är något tunnare, ca 200-300 mikrometer och består av en legering där två faser (en ljus röd med ca 1,5 % tenn och en gulröd med ca 7 % tenn) förekommer tillsammans med en underordnad grå fas som är kopparsulfider. Total tennhalt i bronset är ca 4 %. Även om sulfider förekommer kan totalanalysens svavelinnehåll till viss del vara sekundär beläggning.



*Figur 2-184-01:
Prov för analys är taget från nedre högra hörnet.
Foto Lena Grandin, GAL.*



*Figur 2-184-10_5:
Översikt på tvärsnittet där två tydliga skikt av olika metaller kan urskiljas; ren koppar i nedre delen med rikliga mängder grå blyrika droppar och en brons med total tennhalt på ca 4%.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*



*Figur 2-184-12_20:
Detalj på kontakten mellan de båda metallerna. De två faserna i bronset i den övre delen framträder tydligt. Den rödare med 1,5 % tenn, den gulröda med 7 % tenn.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*

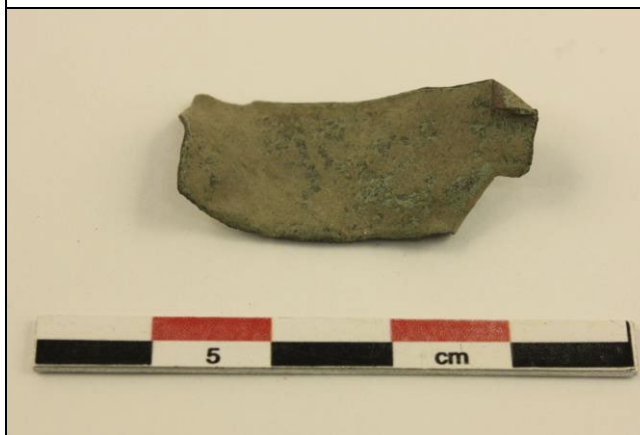
Blecket är uppbyggt av två metaller. Till största delen består det av koppar som har en ytbeläggning (200–300 mikrometer tunn) av brons med ca 4 % tenn. Troligen del av föremål som möjligen skulle användas i hantverket. En eventuell omsmältning ger i så fall en brons med en lägre tennhalt än i bronsskiktet. Jämför 12S-3112.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	189	2-189	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

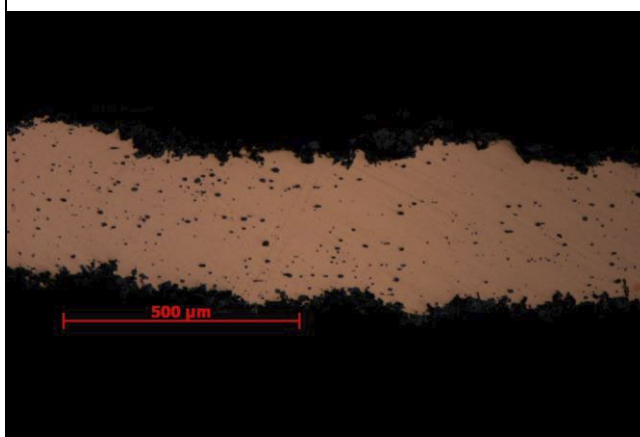
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	1,73
Fe	0,00
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	96,13
Zn	0
As	0,03
Ag	0,14
Sn	0,01
Sb	0,02
Au	0,19
Pb	0,22
Bi	0,04
Hg	0,02
Total	98,53

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	16,315
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,405
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	35,913
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,94422
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,2012

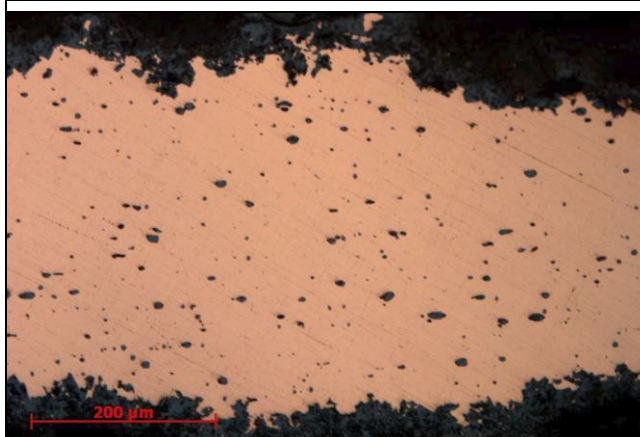
Provbeskrivning: Skrotmetall/bleck. Det undersökta tvärsnittet, som mest knappt 500 mikrometer tjockt, uppvisar en yta med en kärna av bevarad metall. Ytterkant är korroderad. Legeringen domineras av en ljust röd, homogen fas som domineras av koppar med silver i spårhalter. Underordnat, men tämligen rikligt, finns små grå droppar över hela provytan. Analyserna visar att dessa domineras av bly. De bidrar till en total blyhalt på ca 0,2 %. Metallens totala silverhalt är något lägre. Analysernas innehåll av svavel kan vara påverkat av en sekundär beläggning.



Figur 2-189-01:
Prov för analys är taget från vänstra kortsidan.
Foto Lena Grandin, GAL.



Figur 2-189-11_10:
Översikt som visar att legeringen domineras av en ljust röd, homogen fas av koppar.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.



Figur 2-189-12_20:
Detalj ur föregående foto.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.

Koppar, med spår av silver och bly. I övrigt fri från spårämnen.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	212	2-212	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys.

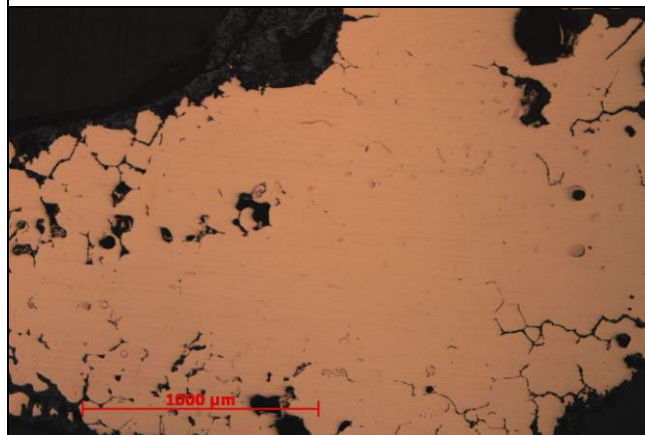
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,03
Fe	0,00
Co	0,01
Ni	0,01
Cu	100,55
Zn	0
As	0,01
Ag	0,17
Sn	0,02
Sb	0,01
Au	0,19
Pb	0,07
Bi	0,03
Hg	0,03
Total	101,12

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,789
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,365
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	35,332
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,97313
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,2378

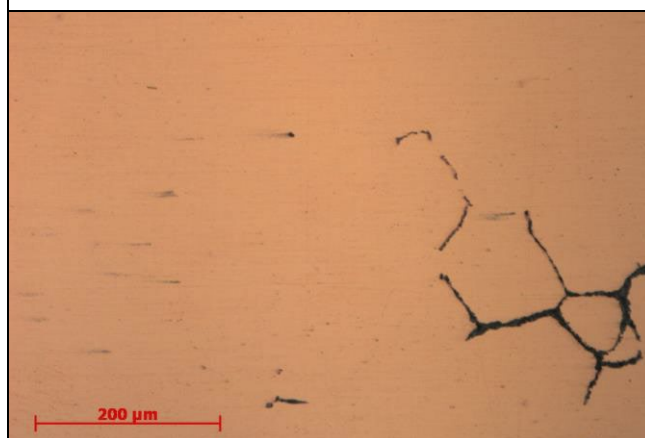
Provbeskrivning: Smälta som är korroderad i ytterkanten, där kornkontakter kan anas. En kärna av bevarad metall utgörs av en homogen röd legering. Inga droppar av bly kan urskiljas vare sig i mikroskopet eller vid analyser med mikrosonden. Bulkanalyser kan inte heller detektera bly. Resultaten av analyserna visar att smältan är koppar med spårhalter av silver (knappt 0,2 %).



*Figur 2-212-01:
Prov för analys är taget från den nedre högra delen av smältan.
Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 2-212-10_5:
Översikt på den homogena metallen. I ytterkanten ses kornkontakter med hjälp av selektiv korrosion.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*



*Figur 2-212-10_20:
Detalj som visar metallens homogena sammansättning, i högra delen kornkontakter som ses med hjälp av selektiv korrosion. Analyserna visar att smältan är av koppar med spår av silver (0,2 %).
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*

Smälta av koppar med spårhalter av silver.

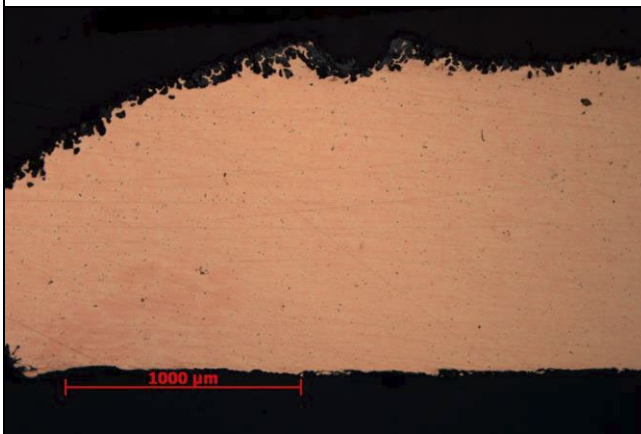
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	216	2-216	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	5,29
Fe	0,27
Co	0,00
Ni	0,02
Cu	91,13
Zn	0
As	0,20
Ag	0,13
Sn	0,81
Sb	0,08
Au	0,17
Pb	0,73
Bi	0,03
Hg	0,00
Total	98,87

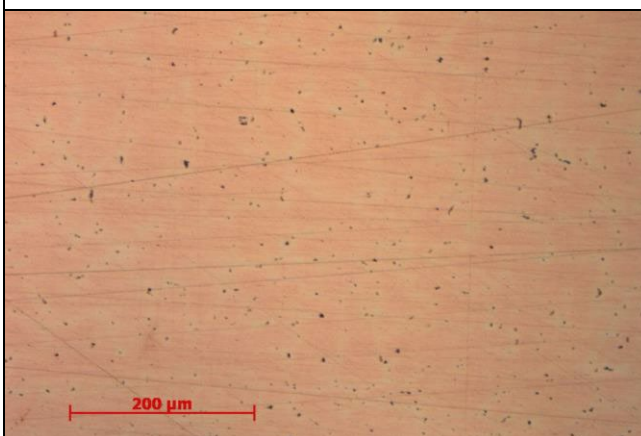
Provbeskrivning: Smälta. I polerprovet framträder en metallisk yta som är korroderad i en mycket tunn yttre zon. Korrosionen är selektiv och antyder en dendritisk textur. Metallen utgörs av en röd kopparrik legering där två faser med snarlik sammansättning kan urskiljas. Den dominerande är kopparrik med ett lågt innehåll av tenn (0,3 %). Den underordnade fasen innehåller ca 2 % tenn (analys Cu3) samt arsenik (0,6 %) och antimon (0,3 %). Analysernas innehåll av svavel kan vara påverkat av en sekundär beläggning. Dessutom förekommer små droppar som innehåller bly. Förekomsten av blydroppar och den tennrikaste fasen är dock överlag låg varför legeringens totalsammansättning innehåller knappt 1 % vardera av tenn och bly och observerade spårämnen är mycket låga.



*Figur 2-216-04.
Smältan vars övre
högra hörn har
analyserats.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 2-216-10_5:
Översikt på legeringen
där en röd kopparrik fas
dominerar.
Totalsammansättningen
är en brons med ca
0,8 % tenn och 0,7 %
bly.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 2-216-11_20.
Detalj ur föregående
figur där två faser kan
urskiljas (en röd och en
gul). Dessutom
förekommer små
droppar av bly.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Smältan är koppar med förorening av tenn, alternativt brons med låg tennhalt. Innehåller också låga halter av flera spårämnen.

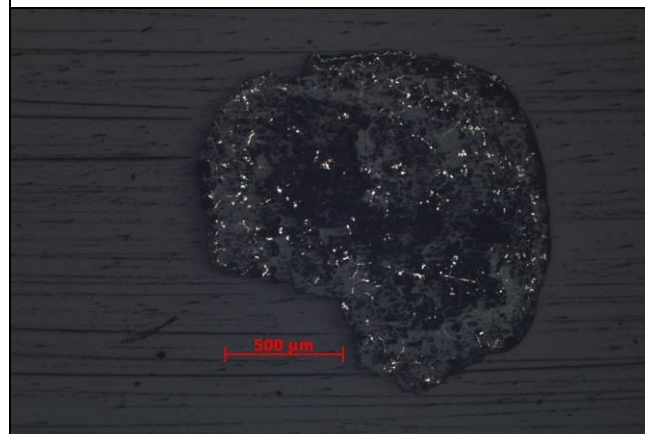
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	242	2-242	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
Korroderad fas	
S	0,33
Fe	0,21
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	18,01
Zn	0,24
As	0,08
Ag	3,80
Sn	16,72
Sb	0,17
Au	0,23
Pb	4,19
Bi	0,02
Hg	0,02
Total	44,03

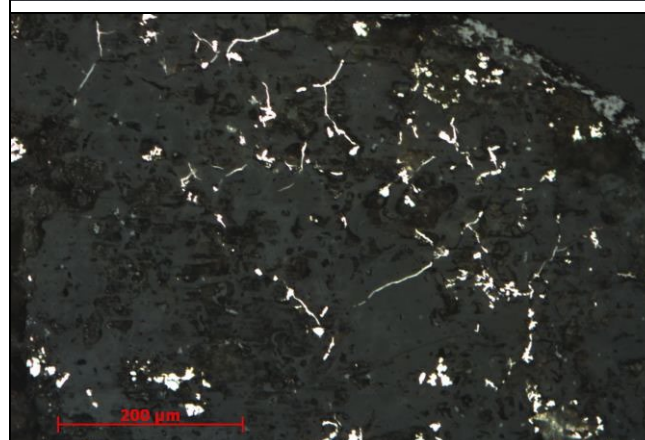
Provsbeskrivning: Droppe från material som registrerats som degel och innehåller flera ärggröna droppar. I mikroskopet framträder en mestadels korroderad droppe, ca 1,5 mm i diameter. Fläckvis finns en metallisk fas bevarad. Denna utgör sannolikt höglegeringsfasen i en kopparlegering i form av tunna ljusa sliror. Analyser av bevarad metall visar att denna domineras av silver med mindre koncentrationer av koppar (4 %), bly (3 %) och tenn (1 %): Bulkanalyser över även korroderade faser visar att dessa är oxiderade (låga totalsummor i tabellen till vänster). I droppen finns koppar (18 %), tenn (17 %) bly (4 %) och silver (4 %), samt spår av antimon, järn och zink.



Figur 2-242-01:
Fragment med många ärggröna droppar på ytan.
Foto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 2-242-11_5:
Den analyserade metall droppen i tvärsnitt. Det mesta är korroderat (oxiderat) vilket ses som grå ytor. Endast ljusa fläckar av metall finns intakt.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.



Figur 2-242-11_20:
Detalj på droppen med de bevarade ytorna av metall som domineras av silver med mindre koncentrationer av koppar (4 %), bly (3 %) och tenn (1 %).
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.

Analyser av den oxiderade metallen ger felaktiga proportioner mellan ämnena då dessa korroderar olika lätt och kopparhalten har varit högre. Möjligen en brons med tämligen högt halt av tenn, bly och silver. Smälta från blandning av flera metaller?

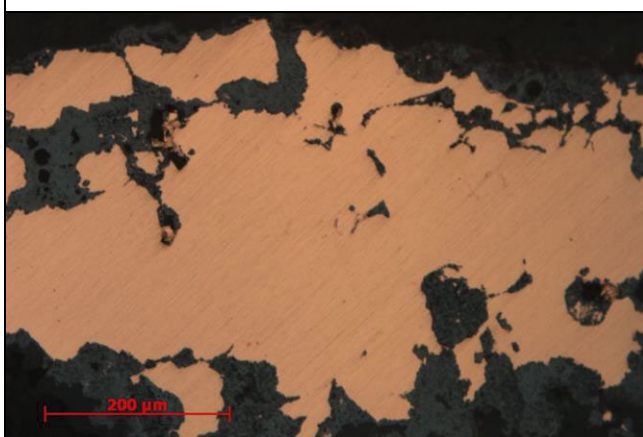
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	252	2-252	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,02
Fe	0,00
Co	0,01
Ni	0,00
Cu	101,07
Zn	0
As	0,00
Ag	0,06
Sn	0,01
Sb	0,01
Au	0,19
Pb	0,02
Bi	0,02
Hg	0,02
Total	101,45

Provbeskrivning: Smälta. Polerprovet visar att endast en tunn strimma av metall är bevarad, men selektivt korroderad. Den bevarade metallen utgörs av en röd kopparrisk metall/legering. Den selektiva korrosionen antyder varken dendritiska former eller någon korntextur. De kemiska analyserna ger stöd till observationerna i mikroskop och visar att det rör sig om ren koppar.



*Figur 2-252-02:
Smältan vars nedre
högra del har
analyserats. Foto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 2-252-11_20:
Detalj på smältans
tvärsnitt. Stora delar är
sekundärt påverkade
(Svart) Centralt finns
dock en kärna av
bevarad metall som är
ren koppar.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Smältan är koppar. Spårämneshalten är låg.

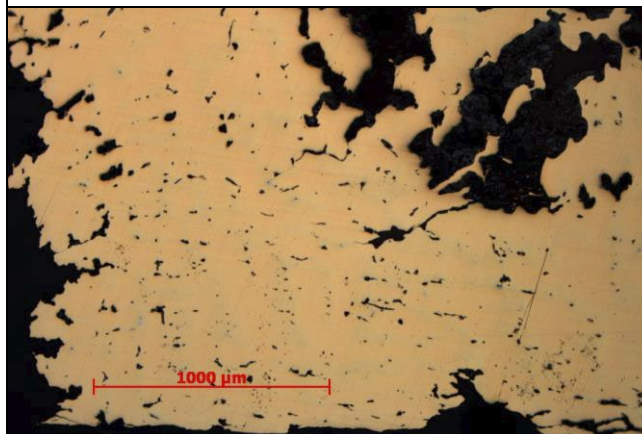
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	18	3-18	3	SL100000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,30
Fe	0,18
Co	0,00
Ni	0,05
Cu	82,95
Zn	2,44
As	0,02
Ag	0,16
Sn	8,28
Sb	0,03
Au	0,31
Pb	2,93
Bi	0,00
Hg	0,02
Total	97,68

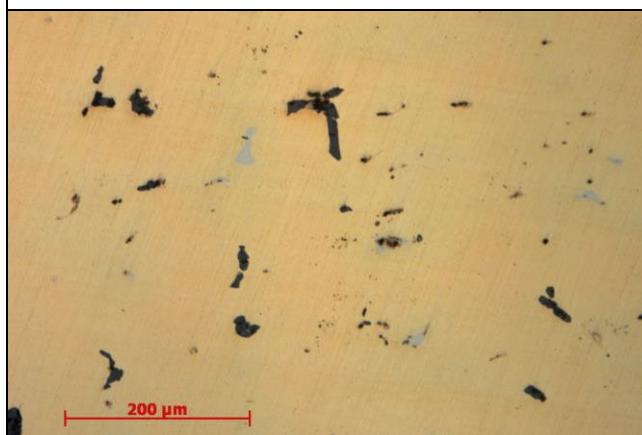
Provbeskrivning: Smälta. Polerprovet visar en metallyta som domineras av två ljusa faser – en rödare och en gulare – med en ljus grå fas i betydligt mindre mängd. Dessutom förekommer mörkare grå droppar fördelade i provet, liksom droppar av bly. Lokalt finns sekundärt bildad koppar och, främst längs kanterna, korroderade områden. Analyserna visar att den rödare innehåller knappt 4 % vardera av tenn och zink, medan den gulare innehåller 11 % tenn och 2 % zink. Den underordnade fasen är tennrik (28 %), saknar zink men innehåller antimon (0,6 %) och silver (0,5 %). De mörkare grå dropparna är sulfider dominerade av zink med låg halt av koppar. Bulkanalys av legeringen visar en totalsammansättning med ca 8 % tenn, drygt 2 % zink samt totalt knappt 3 % bly.



*Figur 3-18-01:
Smälta. Prov för analys
är taget från
utskjutande del i nedre
kanten.
Foto Lena Grandin,
GAL.*



*Figur 3-18-10_5:
Översikt visar en
metallyta som
domineras av två
närliggande ljusa faser
med en ljus grå fas i
betydligt mindre mängd.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 3-18-11_20:
Detalj där den
underordnade ljus grå
fasen (analys Cu3)
tydligt framträder,
liksom en mörkare grå
fas som är sulfider
dominerade av zink
(analys "sulfid").
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Smälta av rödmetall, dvs. innehåll av både tenn och zink.

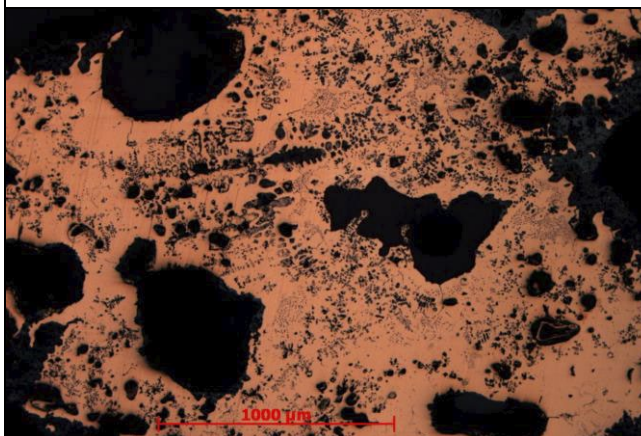
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	148	3-148	3	SL100000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	5,38
Fe	0,00
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	92,03
Zn	0
As	0,00
Ag	0,08
Sn	0,01
Sb	0,01
Au	0,18
Pb	0,01
Bi	0,02
Hg	0,04
Total	97,78

Provbeskrivning: Smälta. Stora delar av provet är korroderat men den intakta metallen visar en dendritisk textur med en röd kopparrik metall och mörkare grå dendriter, troligen av kopparoxid. De kemiska analyserna visar att metallen är koppar med spår av silver (0,3 %). Analysernas innehåll av svavel kan vara påverkat av en sekundär beläggning. Analyserna visar vidare att de grå dendriterna utgörs av kopparoxid och eftersom syre inte ingår i analysrutinen medför förekomsten en något lägre totalsumma för analysen (<98 %).



*Figur 3-148-03:
Smälta. Prov för analys
är taget från
utskjutande del i nedre
högra kanten.
Foto Lena Grandin,
GAL.*



*Figur 3-148-10_5:
Översikt som visar den
kopparrika
mellanmassan med
mörkare dendriter av
kopparoxid.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Smälta av koppar med innehåll av kopparoxider.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	1065	4-1065	4	SL100080	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

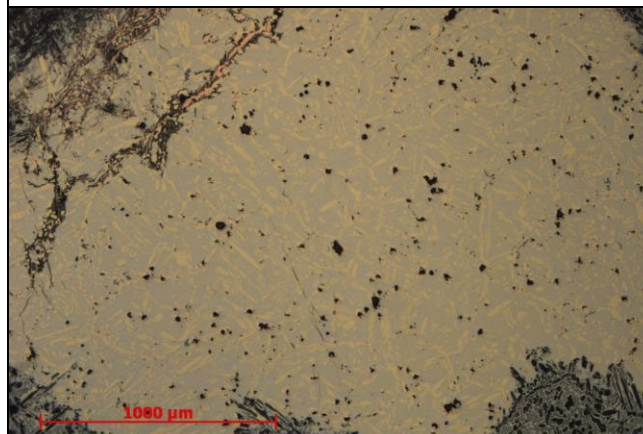
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,01
Fe	0,01
Co	0,01
Ni	0,03
Cu	76,41
Zn	0
As	0,21
Ag	0
Sn	23,48
Sb	0,03
Au	0,23
Pb	0,52
Bi	0,01
Hg	0,05
Total	100,99

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,271
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,625
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,218
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,85511
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,0919

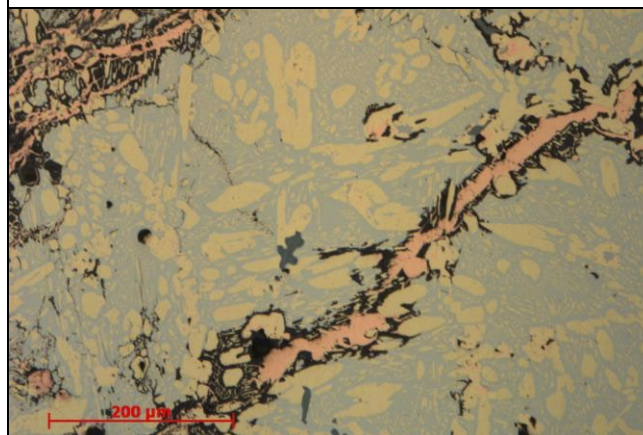
Provbeskrivning: Oregelbunden smälta med grönärgad yta. Det polerade tvärsnittet uppvisar i mikroskop en komplex sammansatt legering bestående av en grå mellanmassa med gula lamellformade kristaller samt underordnat mörkare grå dendritiska bildningar. Dessutom förekommer långsmala kopparfärgade stråk tvärs genom smältan, vilka är sekundärt bildad koppar. Oxiderade områden (svarta) förekommer också. Små blydroppar förekommer rikligt. Bulksamansättningen visar ett högt innehåll av tenn (23 %) med lite bly (ca 0,5 %). I övrigt förekommer endast arsenik i halter över några tiondels procent.



*Figur 4-1065-03:
En oregelbundet formad metallsmälta. Den yttre delen längst till vänster har provtagits och analyserats.
Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 4-1065-11_5:
Översikt på legeringen som är uppbyggd av flera faser; dominerad av en grå mellanmassa och gula lameller. I övre vänstra hörnet ses en tunn strimma av sekundärt bildad koppar.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*



*Figur 4-1065-11_20:
Detalj. Analyser visar att den grå mellanmassan har högst tennhalt (ca 32 %). De gula lamellerna innehåller 15 % tenn och är anrikade på arsenik (0,5 %). De mörkgrå dendritiska bildningarna är kopparsulfider med innehåll av järn.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*

Brons med hög tennhalt; 23 %, lite bly (0,5 %), men i övrigt tämligen ren i sin sammansättning (spår av arsenik). Jämför smältan 2-178, med likartat tenninnehåll men högre blyhalt (3 %).

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	1066	4-1066	4	SL122269	Aktivitetsyta 5137	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

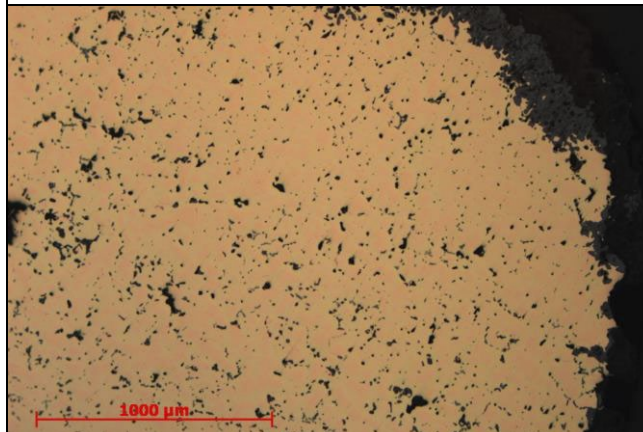
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,21
Fe	0,02
Co	0,00
Ni	0,04
Cu	90,43
Zn	0
As	0,03
Ag	1,36
Sn	5,55
Sb	0,02
Au	1,39
Pb	1,27
Bi	0,01
Hg	0,03
Total	100,37

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,502
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,646
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,505
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,84556
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,0813

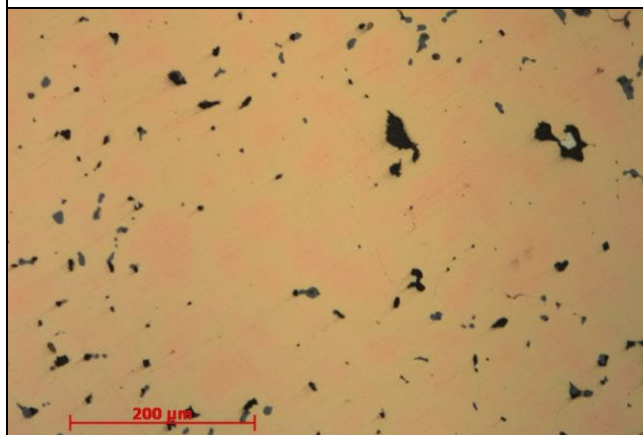
Provbeskrivning: Smälta med grågrön yta. På det polerade tvärsnittet av provet ses i mikroskop en legering där flera faser kan urskiljas med hjälp av färgskillnader. En röd fas och en gul fas förekommer i likartade mängder, medan en grå fas är underordnad. Vid analyser med mikrosonden kan dessutom blydroppar urskiljas i tämligen rikliga mängder. Dessa bidrar till den totala sammansättningen med en blyhalt på drygt 1 %. Den totala tennhalten är knappt 6 %, medan bly, silver och guld förekommer i drygt 1 % vardera.



*Figur 4-1066-03:
Oregelbunden smälta
med grönbrun yta. Den
utskjutande delen längst
till vänster är provtagen
och analyserad.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 4-1066-10_5:
Översikt på smältan, en
legering med en
grovdendritisk textur.
Bulkanalyser av
legeringen visar att den
förutom koppar
innehåller tenn (knappt
6 %), samt bly, silver
och guld i drygt 1 %
vardera.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL*



*Figur 4-1066-10_20:
Detalj ur föregående
figur där legeringens
olika faser tydligt kan
urskiljas. Den röda är
rikast på koppar och
innehåller ca 2 % tenn.
Den gula fasan är
rikare på tenn (ca 10 %)
och också anrikad på
silver (3 %) och guld
(2 %).
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL*

Smältan är en brons med en total tennhalt på knappt 6 %. Blyhalten på drygt 1 % är rimlig för en brons, medan kombinationen av silver och guld är ovanligare. Möjligen är det ett föremål av brons och guld (med silver) som har smälts samman.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	1078	4-1078	4	SL100080	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

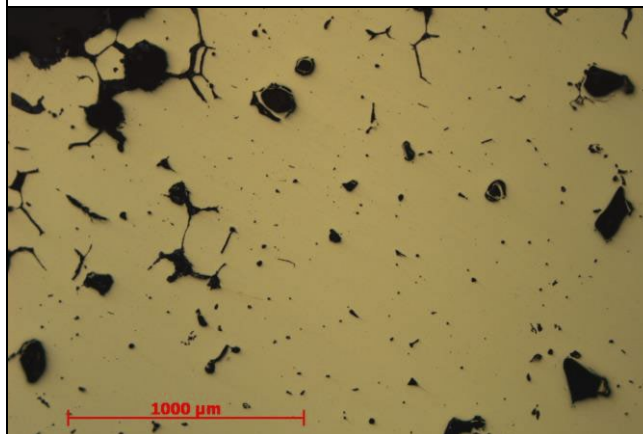
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,03
Fe	0,15
Co	0,04
Ni	0,04
Cu	75,47
Zn	23,61
As	0,03
Ag	0,04
Sn	0,96
Sb	0,01
Au	0,48
Pb	0,05
Bi	0,01
Hg	0,03
Total	100,94

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,155
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,492
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,052
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,85323
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,0959

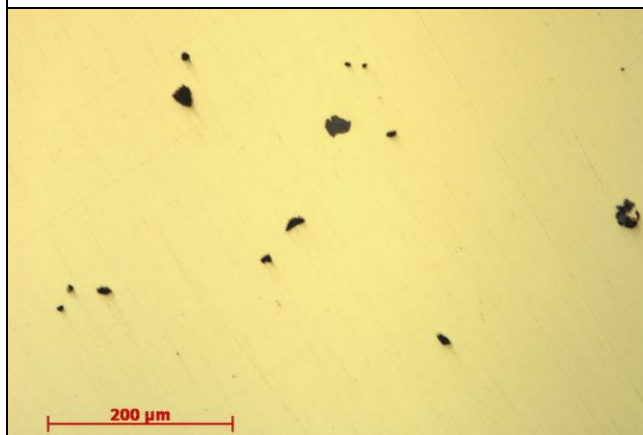
Provbeskrivning: En smälta med grågrön yta. Det polerade tvärsnittet uppvisar i mikroskop en homogen ljus gul metallita. En selektiv korrosion i kanterna antyder kornformer. Kemiska analyser att legeringen domineras av koppar med zink i höga halter (ca 24 %). Tenn förekommer i låga halter (1 %), Au (0,5 %), Fe (0,1 %).



*Figur 4-1078-03:
En smälta med grågrön yta. Kanten längst till höger är provtagen och analyserad.
Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 4-1078-11_5:
Det polerade tvärsnittet uppvisar i mikroskop en homogen ljus gul metallita. En selektiv korrosion i kanterna antyder kornformer.
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL*



*Figur 4-1078-11_20:
Detalj ur föregående figur där den homogena legeringen kan ses tydligt. (Mörka fläckar är porer).
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL*

Smältan är en mässing (rödmetall?) med tämligen hög zinkhalt (24 %) samt låga halter av tenn (ca 1 %) och guld (ca 0,5 %).

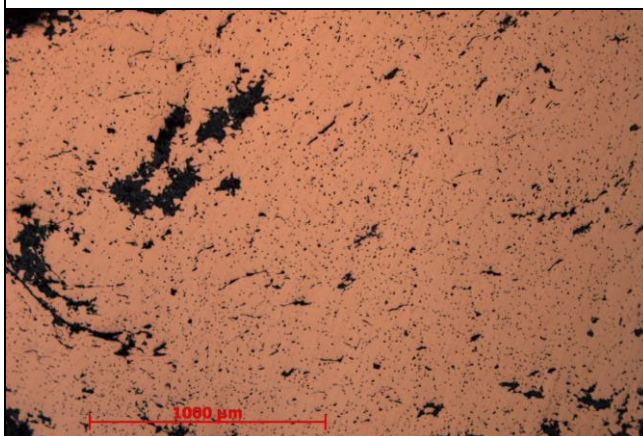
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	2788	5-2788	5	SL203302	Odlingslager	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	4,81
Fe	0,00
Co	0,00
Ni	0,10
Cu	92,25
Zn	0
As	0,11
Ag	0,13
Sn	0,01
Sb	0,18
Au	0,25
Pb	1,63
Bi	0,13
Hg	0,04
Total	99,63

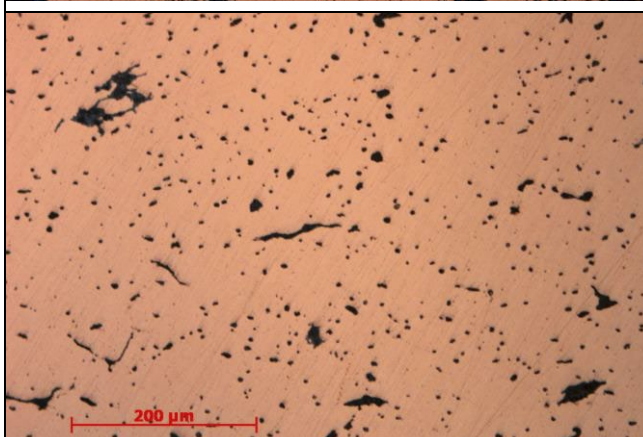
Provbeskrivning: Fynd registrerat som gjuttapp. I mikroskop framträder en delvis korroderad metallisk yta, med fläckvis korrosion såväl längs kanter som mer centralt. Metallytan utgörs av en kopparrik metall/legering. De kemiska analyserna visar att metallen är koppar med spår av silver (0,2 %). Analysernas innehåll av svavel kan vara påverkat av en sekundär beläggning. I metallen finns rikligt med små, mörka droppar som enligt analyserna har en komplex sammansättning. De domineras av bly med innehåll av antimon, arsenik och tenn. Den noterade kopparhalten kan eventuellt komma från den omgivande metallen. Mängden droppar är så pass hög att de bidrar till en total blyammansättning på ca 1,6 %.



*Figur 5-2788-01:
Bilden är taget från
sidan med den
provtagna stälken nere
till höger.
Foto Erik Ogenhall,
GAL*



*Figur 5-2788-10_5:
Metallytan utgörs av en
koppar som fläckvis är
korroderad.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 5-2788-11_20:
Detalj ur föregående
där dropparna med
komplex
sammansättning tydligt
framträder mot den
kopparrika
mellanmassan.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Metallen är koppar med blydominerade droppar. Det är tveksamt om det är en gjuttapp.

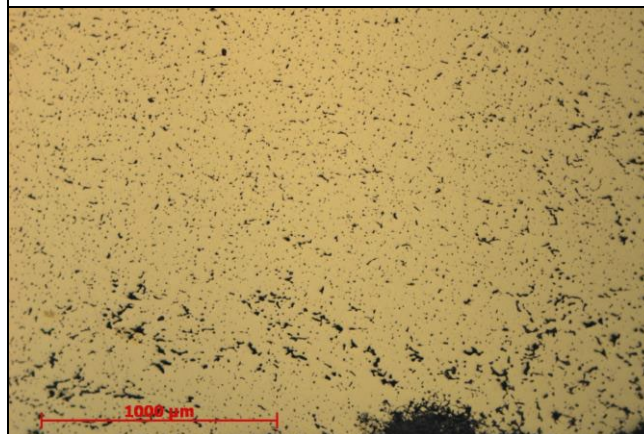
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	2794	5-2794	5	SL203299	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,03
Fe	0,18
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	79,75
Zn	14,54
As	0,02
Ag	0,07
Sn	1,01
Sb	0,00
Au	0,38
Pb	4,66
Bi	0,02
Hg	0,03
Total	100,68

Provbeskrivning: Råämne/ten, med grönsvart yta, huggen i kortändar. Det provtagna tvärsnittet är ovalt och uppvisar i mikroskop en tämligen finkornig dendritisk textur där en ljus gul fas dominerar. Blydroppar förekommer i riklig mängd och bidrar till legeringens tämligen höga blyhalter (5 %). Legeringen innehåller ca 14 % zink samt låga halter av tenn (1 %) och spår av järn (0,2 %).



*Figur 5-2794-01:
Ten med huggna kortändar. Den vänstra delen är provtagen och analyserad.
Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 5-2794-10_5:
Översikt på det polerade provet som visar en finkorning dendritisk textur av legering som är mässing med ca 14 % zink, 5 % bly samt 1 % tenn. Den höga blyhalten beror på den rikliga förekomsten av blydroppar (mörka fläckar).
Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*

Legeringen är mässing (rödmetall?) med 14 % Zn och med ca 1 % tenn. Det är möjligt att det rör sig om en blandning av flera olika råvaror.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	2814	5-2814	5	SL203302	Odlingslager	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

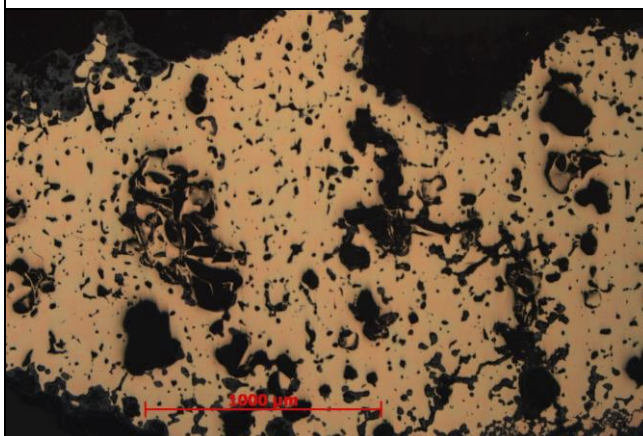
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,32
Fe	0,09
Co	0,01
Ni	0,31
Cu	82,81
Zn	0
As	0,44
Ag	0,30
Sn	3,33
Sb	1,24
Au	0,22
Pb	11,95
Bi	0
Hg	0,02
Total	101,05

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,026
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,570
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	37,876
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,86365
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,1014

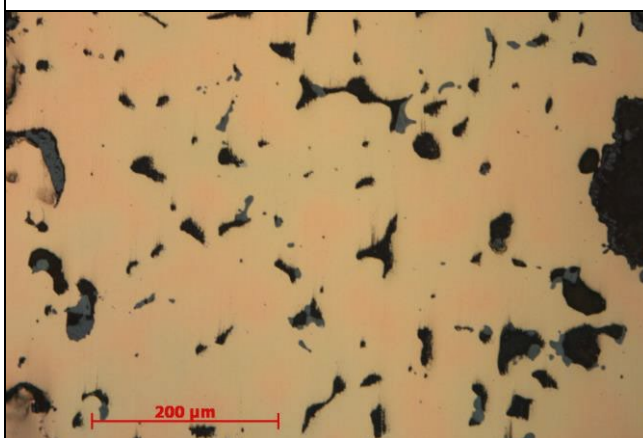
Provbeskrivning: Oregelbunden smälta med gråbrun yta. I det polerade provet framträder en delvis korroderad (oxiderad) legering där två faser, en röd och en ljus grå kan urskiljas, samt mörkare droppar som vid analysen visar sig vara bly. Dessa förekommer tämligen rikligt och bidrar till en totalhalt på ca 12 %. I övrigt förekommer, förutom koppar, tenn (3 %), antimon (drygt 1 %), arsenik (0,4 %) samt svavel, nickel och silver (ca 0,3 % vardera).



*Figur 5-2814-01:
Den analyserade smältan. Prov är taget från en utskjutande del längst upp till vänster. Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 5-2814-10_5:
Översikt på legeringen där flera olika faser kan urskiljas. En röd och ljus grå dominerar medan mörkare grå faser (i anslutning till de svart porerna) är blydroppar. Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*



*Figur 5-2814-10_20:
Detalj ur föregående figur där legeringens olika faser tydligt kan urskiljas. Den röda är rikast på koppar. Den ljus grå innehåller något mindre koppar, men är anrikad på Sn (6 %), Sb (3 %), As (0,9 %) och Ni (0,4 %), vilka också förekommer i den röda fasan men i lägre halter. Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.*

Smälta av brons. Hög halt av bly (12 %). Tenn (3 %) finns i lägre halt. Dessutom finns spårämnen; Sb, Ni, As, Ag som är typiska för Fahlerzmalmer.

Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	2815	5-2815	5	SL253884	Aktivitetsyta 6383	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

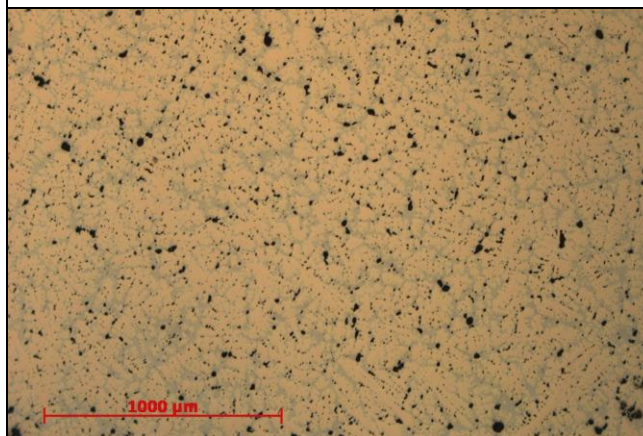
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,06
Fe	0,07
Co	0,01
Ni	0,06
Cu	84,79
Zn	0
As	0,07
Ag	0,02
Sn	11,48
Sb	0,07
Au	0,20
Pb	4,15
Bi	0,04
Hg	0,03
Total	101,04

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	17,540
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,534
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	37,356
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,88558
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,1297

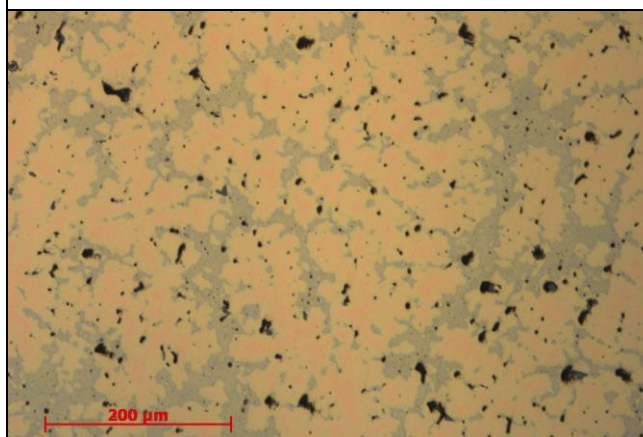
Provbeskrivning: Smälta (?), med grönärgad yta. I det polerade tvärsnittet ses en legering med dendritisk textur. Tre faser kan urskiljas med hjälp av olika färger; en röd som dominerar, samt en underordnad ljus gul och en ljus grå fas. Vid analyser med mikrosonden framträder dessutom tämligen rikligt med blydroppar. Bulkanalysen (tabell till vänster) visar att legeringen endast innehåller ett fåtal ämnen. Förutom koppar som dominerar förekommer tenn (11 %) och bly 4 %). Analyser i respektive fas visar att tenn är mest anrikad i den grå fasen (22 %) i vilken även antimon och arsenik (0,3 % vardera) är detekterade. Vare sig antimon eller arsenik är dock noterat i totalanalysen.



Figur 5-2815-01: Smälta (?). Den utskjutande delen i övre kanten är provtagen och analyserad. Foto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 5-2815-10_5: Översikt på legeringen med dendritisk textur. Dess totalsammansättning visar en brons med ca 11 % tenn och 4 % bly. Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.



Figur 5-2815-10_20: Detalj där tre faser kan urskiljas med hjälp av olika färger; från den kopparrikaste röda, en svagt gul och en ljus grå, där tenn är anrikad och i vilken även arsenik och antimon är detekterat. Dessutom förekommer ett fåtal koppar- (och järn-) sulfider (mörka). Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.

Smälta (?) av brons med ca 11 % tenn och 4 % bly. Tämligen fri på spårämnen.

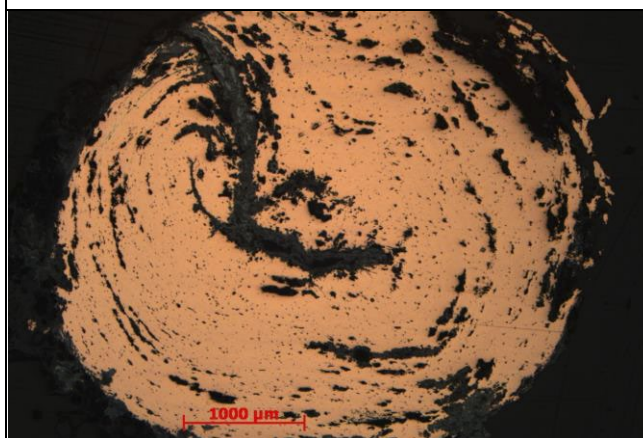
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	2874	8-2874	8	SL265195	Odlingslager	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikroskop

Elektronmikroskop (vikt-%)	
S	0,01
Fe	0,00
Co	0,00
Ni	0,06
Cu	99,27
Zn	0
As	0,09
Ag	0,18
Sn	0,01
Sb	0,34
Au	0,20
Pb	0,86
Bi	0,03
Hg	0,02
Total	101,09

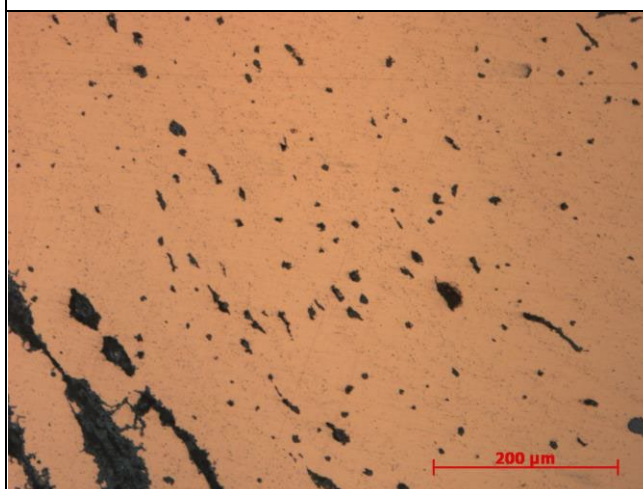
Provbeskrivning: Fynd som okulärt bedömts vara del av en gjuttapp. I det polerade tvärsnittet från stälken framträder dock en struktur som antyder att en utsmidd, plattare metall har rullats ihop. Legeringen domineras av en röd fas, med flera små droppar som vid analys visar sig vara bly. Metallen är också korroderad i flera tunna stråk (som definierar strukturen). Ingen textur kan ses som skulle tyda på gjutning, men lokalt framträder kornformer (som tyder på att metallen är smidd). Bulkanalyser visar att fyndet utgörs av koppar med ett lågt blyinnehåll (knapp 1 %) med spår av antimon (0,3 %) och silver (0,2 %).



*Figur 8-2874-01:
Gjuttapp(?) som
provtagits vid stälken,
nederst i bild.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 8-2874-10_2:
Översikt på legeringen
som domineras av en
röd, kopparrik fas.
Dessutom förekommer
små droppar av bly
(mörka) i riklig mängd.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 8-2874-10_20:
Detalj ur föregående
som visar den
dominerande röda
fasen. Analyser visar att
den består av koppar
med spår av silver
(0,2 %). Blydropparna
innehåller också
antimon (26 %) och
nickel (1 %).
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Strukturen och texturen antyder att det ej är en gjuttapp. Metallen är koppar med blydominerade droppar. Troligare avfall från smide än från gjutning.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	727	12N-727	12N	SL321092	Aktivitetsyta 1200	Polerprov	Optisk mikroskop, elektronmikroskop, blyisotopanalys

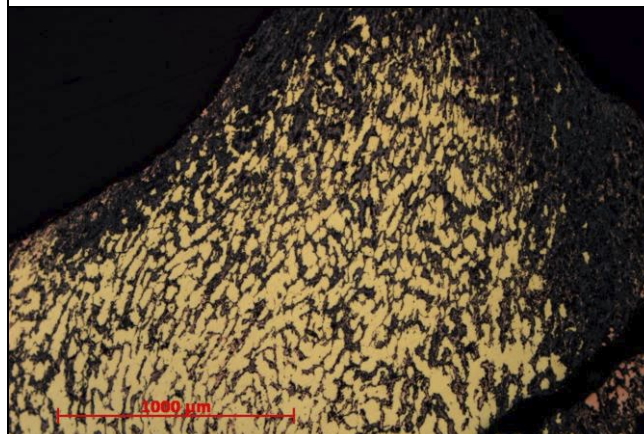
Elektronmikroskop (vikt-%)	
S	0,33
Fe	0,08
Co	0,00
Ni	0,04
Cu	65,38
Zn	30,94
As	0,01
Ag	0,03
Sn	0,02
Sb	0,01
Au	0,72
Pb	0,33
Bi	0,03
Hg	0,01
Total	97,95

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,325
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,625
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,311
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,85252
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,0906

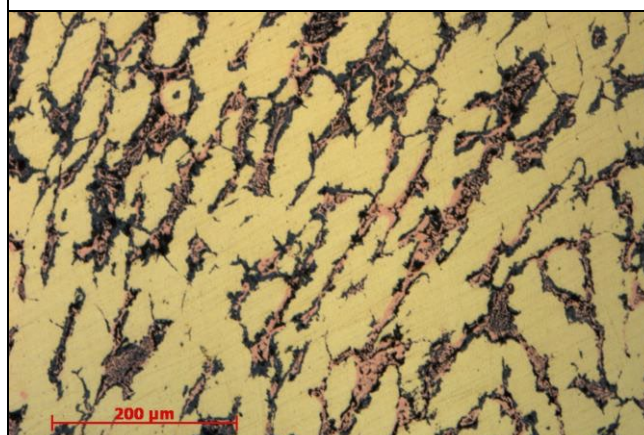
Provbeskrivning: Råämne/ten. I provet finns bevarad metall som domineras av en ljus gul kopparlegering. Denna innehåller höga halter av zink (36 %) men inte andra ämnen i halter över detektionsnivåerna. Genom hela snittytan, från kärna till kant, finns också sekundära produkter i form av koppar och oxid med innehåll av både zink och koppar. Dessutom finns en mindre mängd droppar som domineras av bly. Mängden är dock liten och den totala blyhalten når upp till 0,3 %. Legeringens totalinnehåll av zink är ca 31 % (tabellen till vänster).



*Figur 12N-727-01:
Ten som provtagits för
analys på utskjutande
del vid kortsidan som är
vänd uppåt i bilden.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-727-10_5:
Översikt på tvärsnittet
där endast de gula
delarna är den
bevarade legeringen
som är en mässing med
hög zinkhalt.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 12N-727-11_20:
Detalj ur ovanstående.
Röda ytor är sekundärt
bildad koppar, grå är
oxid med högt innehåll
av zink.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Mässing med hög zinkhalt. Utan spårämnen.

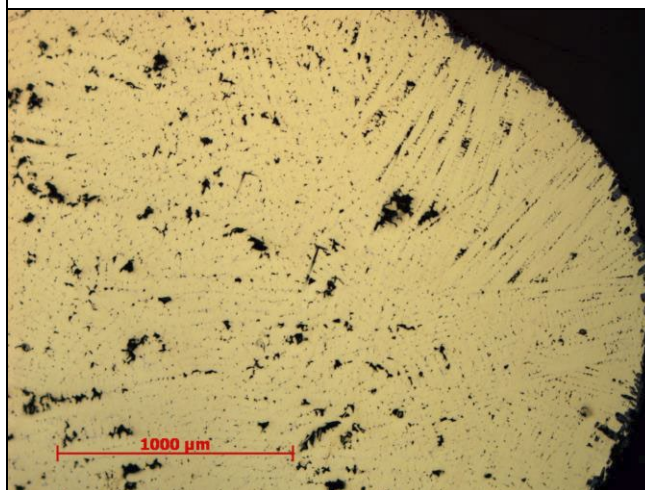
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	878	12N-878	12N	SL320002	Byggnad 1266	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,12
Fe	0,21
Co	0,00
Ni	0,03
Cu	69,93
Zn	26,63
As	0,02
Ag	0,14
Sn	0,71
Sb	0,03
Au	0,72
Pb	1,25
Bi	0,01
Hg	0,02
Total	99,83

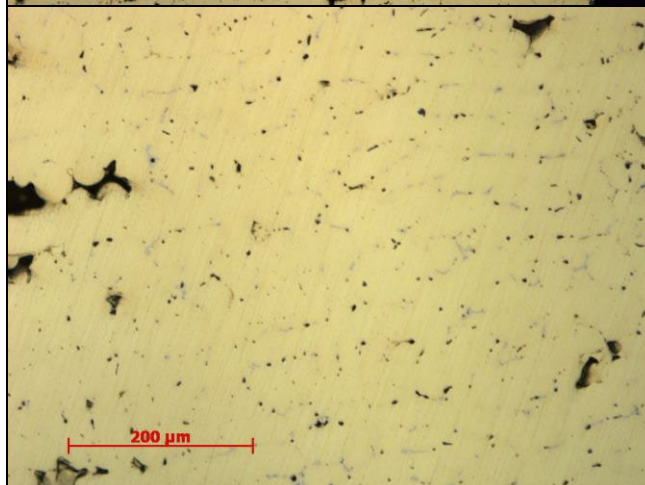
Provbeskrivning: Råämne/ten. I mikroskop framträder en yta som är sekundärt påverkad endast i den absoluta ytterkanten. Metallytan uppvisar en dendritisk textur där en ljus gul fas dominerar. Analyserna visar att denna är rik på zink (drygt 26 %) med spår av tenn (0,3 %). En ljus grå heterogen fas är underordnad. Denna innehåller zink i likartad halt (26 %) men är betydligt rikare på tenn (11 %) med spår av antimon (0,9 %) och silver (0,6 %). På ytan finns en del hålrum, möjligen primära (?) och droppar av bly. Dessa bidrar till en total blyhalt på ca 1,25 %. Den totala halten av zink är 27 %, medan tennhalten totalt är ca 0,7 %.



*Figur 12N-878-03:
Ten som är provtagen
som ett tvärsnitt, ovalt,
vid kortänden.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-878-10_5:
Översikt som visar en
diffus textur med
långsmala band,
vanligen vinkelrätt
ytterytan. Legeringen
domineras av en ljus
gul fas som är rik på
zink (26 %).
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 12N-878-11_20:
Detalj där en dendritisk
textur med flera faser
tydligare framträder,
med en underordnad
grå fas med hög halt av
främst zink (26 %) men
även tenn (11 %).
Svarta fält är hålrum.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Mässing md hög zinkhalt. Även spår av tenn (<1%).

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	884	12N-884	12N	SL327644	Aktivitetsyta 1228	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

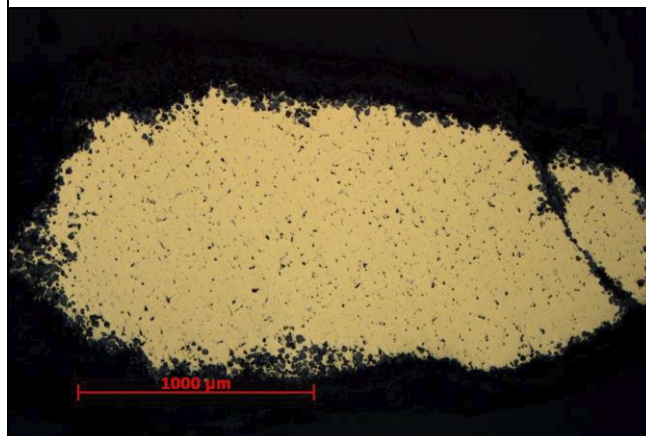
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,23
Fe	1,43
Co	0,00
Ni	0,05
Cu	75,81
Zn	17,08
As	0,04
Ag	0,08
Sn	0,53
Sb	0,16
Au	0,51
Pb	3,28
Bi	0,01
Hg	0,00
Total	99,22

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,325
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,606
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,231
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,85150
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,0863

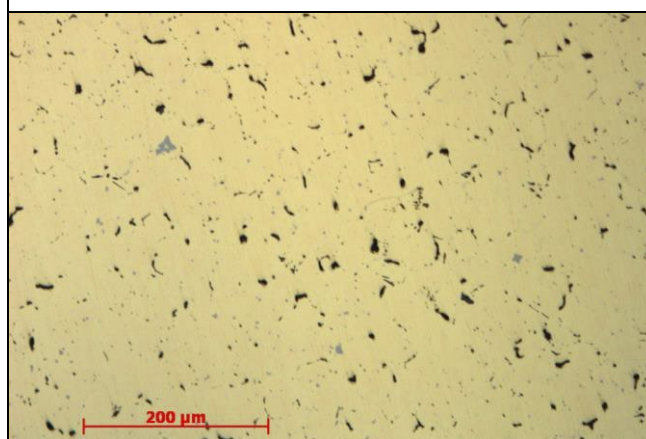
Provbeskrivning: Smälta. I mikroskop framträder en kärna av bevarat metalliskt material omgiven av sekundära produkter. Den metalliska ytan domineras av en ljus gul fas. Analyserna visar att den är tämligen rik på zink (knappt 17 %) och också innehåller järn (knappt 2 %). En ljus grå fas (sulfid) förekommer i mindre mängder och något ojämnt fördelat. Dessutom förekommer en mörkare grå fas i mindre mängder. Analyser av denna visar att den domineras av järn (91 %) med innehåll av koppar och zink. Dessutom förekommer blydominerade droppar i sådan mängd att de bidrar till legeringens totala sammansättning med drygt 3 %. Det totala innehållet av zink är ca 17 % och av järn ca 0,4 %.



*Figur 12N-884-01:
Smälta som har
provtagits i den övre
utskjutande delen.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-884-10_5:
Översikt som visar den
ljus gula
kopparlegeringen som
är mässing med
zinkhalter på ca 17 %.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 12N-884-11_20:
Detalj där legeringens
underordnade ljus grå
fas (sulfid) framträder,
liksom mörkare grå
järnförande "fläckar".
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Smälta av mässing med relativt medelmåttig zinkhalt (jämfört övrig mässing). Observera även järnhalten.

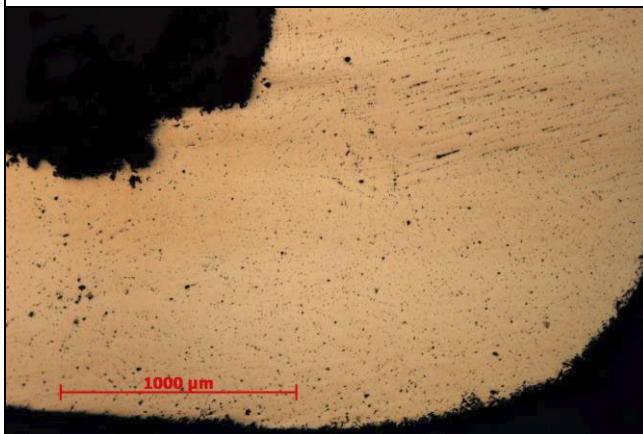
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	887	12N-887	12N	SL323745	Byggnad 1209	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,23
Fe	0,36
Co	0,01
Ni	0,33
Cu	88,07
Zn	4,06
As	0,11
Ag	0,14
Sn	2,00
Sb	0,29
Au	0,29
Pb	1,92
Bi	0,02
Hg	0,02
Total	97,85

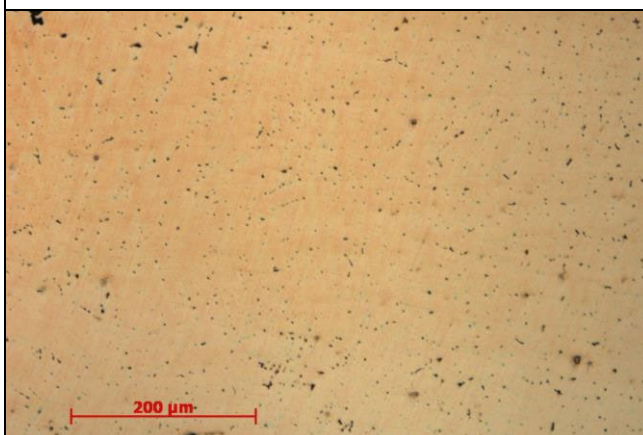
Provbeskrivning: Råämne/ten. Stora delar av provet utgörs av bevarat metalliskt material. Längs ytterkanterna finns dock en tunn strimma som är sekundärt påverkad. Korrosionen är delvis selektiv och antyder en dendritisk textur som också kan anas i metallen. I den bevarade metallen dominerar två ljusst rödgula faser. Analyser visar att båda är dominerade av koppar och innehåller zink i likartade halter (ca 4 %). Båda innehåller tenn (0,7 resp. 3,5 %), nickel (ca 0,4 %) och antimon (0,1 resp. 0,5 %). Dessutom förekommer en ljusst grå fas i mindre mängder som är zinkrik sulfid, samt droppar av bly. Legeringens totala sammansättning är 4 % zink, 2 % vardera av tenn och bly samt ca 0,3 % vardera av nickel och antimon.



*Figur 12N-887-01:
Ten, tvärsnitt, provtaget
vid högra kortsidan.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-887-10_5:
Översikt där en
dendritisk textur diffust
kan anas i ytterkanten
och två faser med
likartad röd färg. Båda
innehåller zink (4) men
varierade mängder
tenn, nickel och
antimon. I lägre halter.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 12N-887-10_5:
Detalj där gjuttexturen
tydligare framträder,
inklusive de grå
underordnade faserna;
en zinkrik sulfid med
koppar, samt
blydroppar.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Innehållet av både zink och tenn antyder att legeringen är en rödmetall, dvs. sannolikt omsmält. Förekomsten av spårämnena nickel och antimon är också noterbart. Om detta är en ten, dvs. en råvara, så är den tillverkad av ett redan återanvänt material.

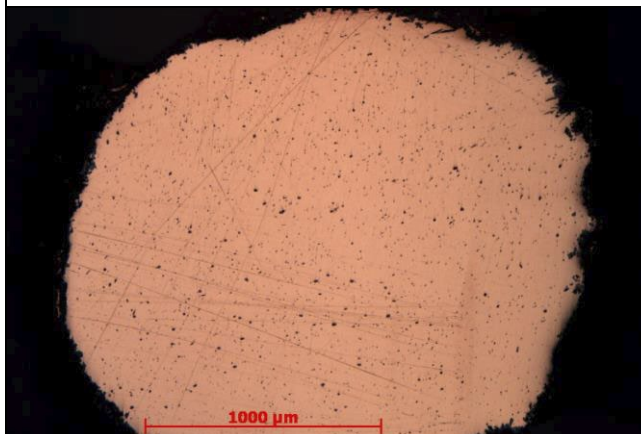
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	935	12N-935	12N	SL324520	Aktivitetsyta 1269	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	5,41
Fe	0,01
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	93,07
Zn	0
As	0,05
Ag	0,17
Sn	0,01
Sb	0,04
Au	0,19
Pb	0,43
Bi	0,02
Hg	0,04
Total	99,44

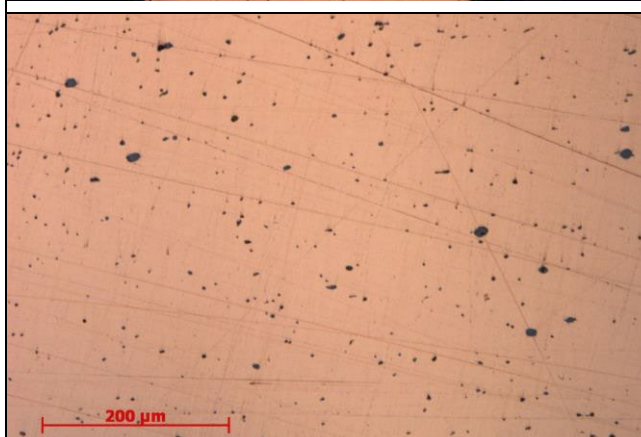
Provbeskrivning: Råämne/ten. Provet domineras av en röd kopparrik metall/legering med förekomst av rikliga mängder, små grå droppar. Analyserna visar att metallens mellanmassa är koppar med ett innehåll av silver på ca 0,2 % och dropparna domineras av bly men också innehåller antimon och tenn (storleksordningen 15 % vardera). Metallen totalt sett, är helt dominerad av koppar och mängden blyrika droppar är så pass låg att den totala blyhalten endast når upp till 0,4 % och bland övriga ämnen kan låga halter av silver noteras (knapp 0,2 %). Analysernas innehåll av svavel kan vara påverkat av en sekundär beläggning.



*Figur 12N-935-02:
Den analyserade tenen,
som har provtagits vid
den vänstra kortsidan.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-935-10_5:
Översikt som visar den
dominerande röda
kopparrika metallen
med små grå droppar.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 12N-935-11_20:
Detalj ur föregående
foto. Analyserna visar
att de grå dropparna
domineras av bly men
också innehåller
betydande mängder
antimon och tenn.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Koppar med spår av silver. Blydroppar med antimon och tenn.

Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	775	12S-775	12S	SL201661	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

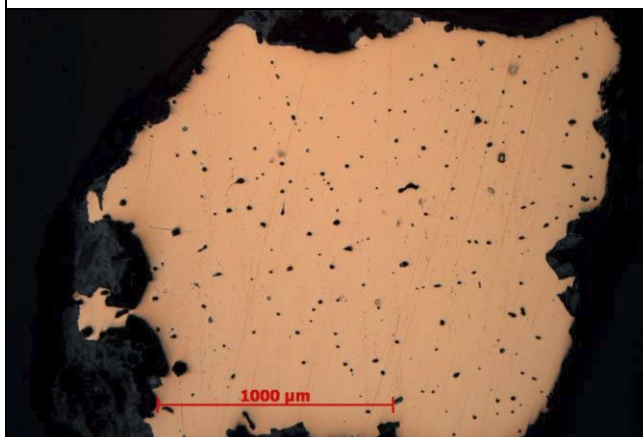
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	5,40
Fe	0,00
Co	0,01
Ni	0,10
Cu	90,26
Zn	0
As	0,01
Ag	0,08
Sn	2,70
Sb	0,13
Au	0,25
Pb	0,41
Bi	0,01
Hg	0,01
Total	99,37

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	17,615
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,543
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	37,455
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,88230
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,1261

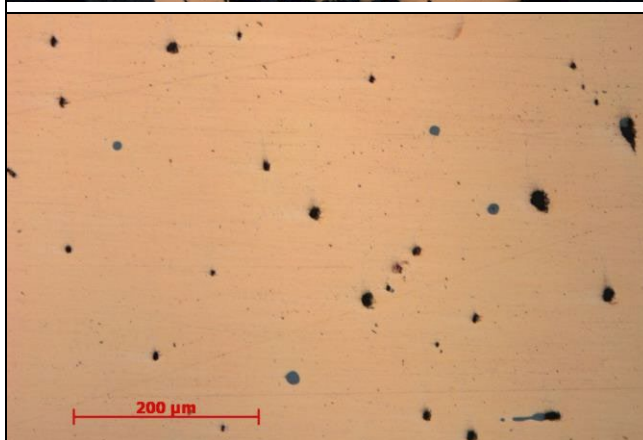
Provbeskrivning: Smälta. Polerprovet uppvisar en ljus gulröd kopparrik legering som är korroderad endast marginellt utan att någon textur kan urskiljas. En homogen fas dominerar och de kemiska analyserna visar att den innehåller knappt 3 % tenn. Analysernas innehåll av svavel kan vara påverkat av en sekundär beläggning. Ställvis finns ljus grå droppar i varierande storlek, fördelade över ytan. Analyser visar att dessa utgörs dels av bly, dels av kopparsulfider. Blydropparna bidrar till totalsammansättningen med ca 0,4 %.



Figur 12S-775-01:
Smälta. Det analyserade
provet är från högra
utskjutande delen.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.



Figur 12S-775-10_5:
Översikt på den ljusa
gulröda legeringen.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.



Figur 12S-775-11_20:
Detalj som visar de grå
dropparna av bly och
sulfider (svarta fläckar
gömmor en del grå) i
mellanmassan som
utgörs av en brons med
tennhalt på knappt 3 %.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.

Smälta av brons med låg tennhalt. Relativt fri från spårämnen.

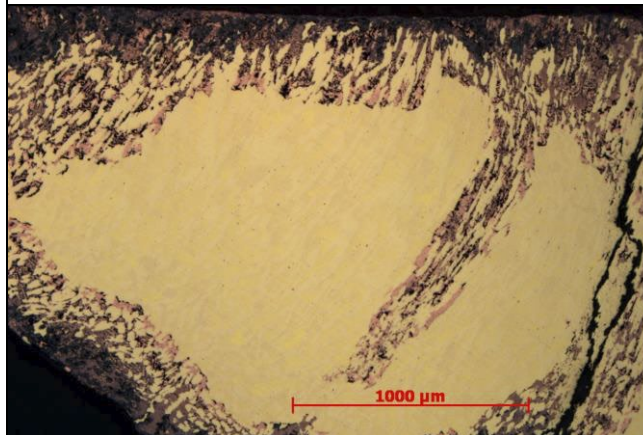
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	786	12S-786	12S	SL202700	Odlingslager	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,05
Fe	0,01
Co	0,00
Ni	0,01
Cu	59,77
Zn	39,32
As	0
Ag	0,03
Sn	0,01
Sb	0,00
Au	0,92
Pb	0,25
Bi	0,02
Hg	0,01
Total	100,42

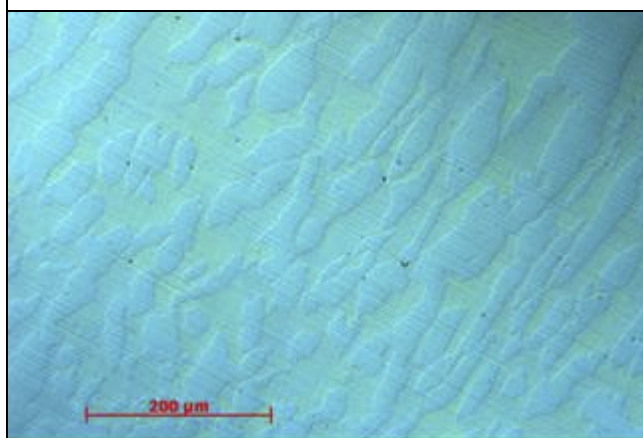
Provbeskrivning: Råämne/ten. Det mesta av tenens tvärsnitt utgörs av bevarad metall som domineras av en ljus gul fas. Längs ytterkanterna och delvis också mer centralt, troligen längs en spricka finns sekundärt bildade faser av bland annat koppar, och enligt analyserna oxid med innehåll av både koppar och zink. Den dominerande metallytan är mycket homogen och långsmala kornformer (till följd av smide) kan urskiljas. Sammansättningen är homogen med en hög zinkhalt (39 %), övriga ämnen endast i mycket låga halter. Små grå droppar av bly förekommer också men bidrar endast med 0,2 % till den totala sammansättningen.



*Figur 12S-786-02:
Ten som är provtagen
som tvärsnitt vid högra
kortsidan.
Foto Erik Ogenhall
GAL.*



*Figur 12S-786-10_5:
Översikt på den
analyserade ytan som
visar kärnan med
bevarad metall omgiven
av sekundärt bildade
faser, t.ex. koppar (röd).
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 12S-786-12_10:
Detalj, med topografisk
effekt, på legeringen
som visar avlånga
kornformer.
Sammansättningen är
dock homogen mässing
med zinkhalt på ca
39%.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Mässing med extremt hög zinkhalt. Utan spårämnen.

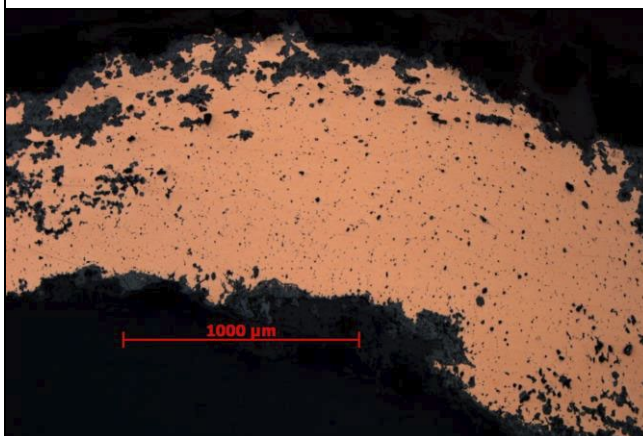
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	1667	12S-1667	12S	SL335262	Brunn 2363	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikroskop

Elektronmikroskop (vikt-%)	
S	6,31
Fe	0,00
Co	0,00
Ni	0,05
Cu	90,90
Zn	0
As	0,27
Ag	0,13
Sn	0,01
Sb	0,19
Au	0,19
Pb	0,85
Bi	0,16
Hg	0,03
Total	99,08

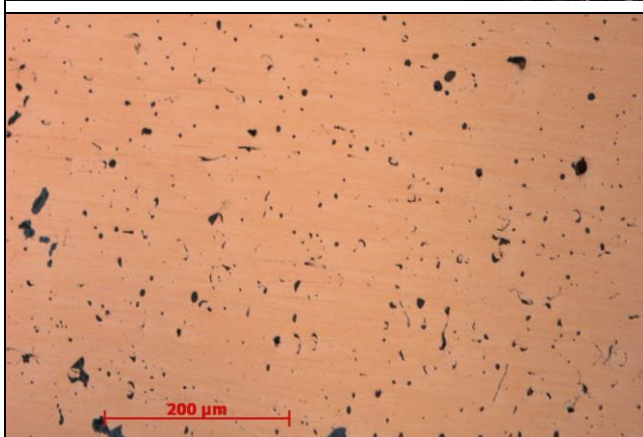
Provbeskrivning: Fynd registrerat som gjuttapp. I mikroskop framträder en delvis korroderad metallisk yta, med fläckvis korrosion såväl längs kanter som mer centralt. Den bevarade metallen utgörs av en koppar med spår av silver och antimon (01–0,2 % vardera). Analysernas innehåll av svavel kan vara påverkat av en sekundär beläggning. I legeringen finns rikligt med små, mörka droppar med komplex sammansättning. Dessa domineras av bly men innehåller också arsenik (10 %) och antimon (5 %) i ansevärliga mängder. Den noterade kopparhalten kan eventuellt komma från omgivande mellanmassan. Dropparna bidrar med knappt 1 % bly till den totala sammansättningen.



*Figur 12S-1667-03:
Provet är taget från
stjälken (till höger).
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12S-1667-10_5:
Metallen utgörs av
koppar med blyrika
droppar.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 12S-1667-11_20:
Detalj ur föregående
där de mörka
dropparna som
domineras av bly, men
även innehåller bl.a.
arsenik och antimon,
tydligt framträder mot
den kopparrika
mellanmassan.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Metallen är koppar med blydominerade droppar. Det är tveksamt om det är en gjuttapp.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	2729	12S-2729	12S	SL218690	Ugn 5100	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

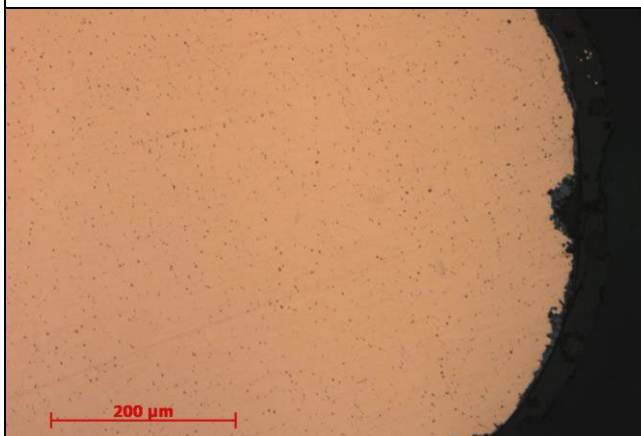
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,63
Fe	0,00
Co	0,00
Ni	0,03
Cu	99,19
Zn	0
As	0,08
Ag	0,12
Sn	0,00
Sb	0,25
Au	0,19
Pb	0,34
Bi	0,04
Hg	0,01
Total	100,89

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,335
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,634
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,282
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,85261
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,0881

Provbeskrivning: Grönärgad metalldroppe ur degelvägg vid en brottyta. Droppen, drygt 1 mm i diameter, utgörs av en homogen, röd, kopparlegering, med innehåll av små grå droppar. Längs droppens ytterkant finns en tunn zon av annat material, sannolikt från degeln. Bulkanalyser av droppen visar att den är i det närmaste ren koppar. Den innehåller även låga halter av svavel (0,6 %), bly (0,3 %), antimon (0,2 %) och silver (0,1 %). Analyser av enbart koppar visar att endast silver hör till den fasen. Övriga ämnen förekommer i de två typer av droppar som finns fördelade i hela droppen; dels kopparsulfider, dels blyrika droppar med antimoninnehåll.



Figur 12S-2729-01: Degelfragment där metalldroppe återfanns i en av brottytorna. Foto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 12S-2729-11_20: Den röda metall droppen domineras av koppar. Små mörka droppar av två olika typer innehåller kopparsulfid respektive bly och antimon. Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.

Droppe av koppar med spårhalter av Ag och Sb. Små droppar av bly, med antimoninnehåll, bidrar med låga koncentrationer till hela metallen. Jämför Fnr 2730.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	2730	12S-2730	12S	SL219583	Grophus 1126	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond, blyisotopanalys

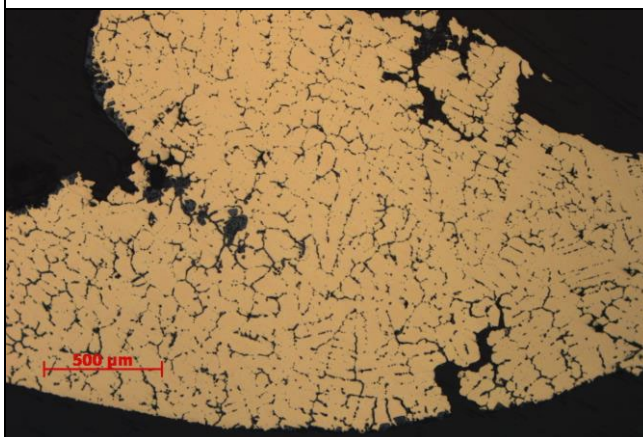
Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,12
Fe	0,08
Co	0,00
Ni	0,04
Cu	91,49
Zn	5,65
As	0,05
Ag	0,13
Sn	0,05
Sb	0,24
Au	0,29
Pb	1,00
Bi	0,05
Hg	0,02
Total	99,21

Blyisotopanalys	
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,321
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,625
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	38,282
$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	0,85282
$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2,0895

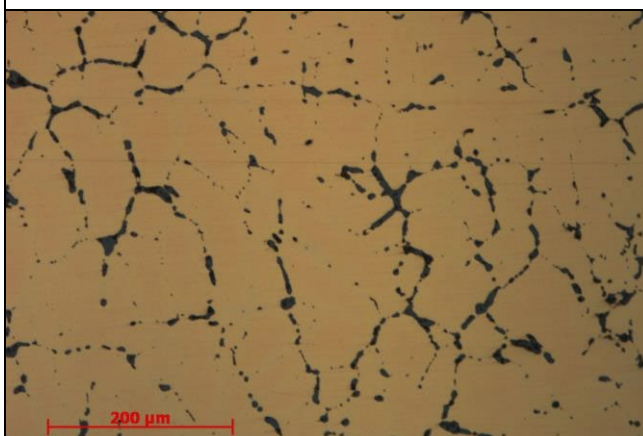
Provbeskrivning: Slira av Cu-leg från brottyta ur degelvägg. I det polerade tvärsnittet syns en ljus gulröd kopparlegering som uppvisar en grovdendritisk textur, typisk för smältor som stelnat. Texturen framträder med hjälp av selektiv korrosion, där de faser som har lägst kopparinnehåll har korroderat och syns som små grå fält, medan de med högst kopparhalt är bevarade (två faser med närliggande sammansättning). En ursprunglig höglegeringsfas finns bevarad lokalt. Legeringens totalsammansättning finns i tabellen till vänster. Förutom koppar förekommer zink (knappt 6 %), bly (1 %) samt spårhalter av antimon (0,2 %) och silver (0,1 %). De båda senare är anrikade i den zinkrikaste fasen där de högsta antimonhalter som har observerats är 0,6 % och silver 0,2 % (analys Cu2).



*Figur 12S-2730-02:
Degelfragment med en
långsmal, ärggrön,
droppe av
kopparlegering längs
hela brottytan.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12S-2730-10_5:
Översikt på tvärsnittet
av droppen som
uppvisar en
grov dendritisk textur.
Bulksammansättningen
visar en mässing med
knappt 6 % zink.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 12S-2730-10_20:
Detalj ur föregående
figur. Legeringens två
dominerande faser
framträder i två
röd-gula nyanser och en
underordnad fas, där
spårämnena (Sb och
Ag) är anrikade, är ljus
grå.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Kopparlegeringen är mässing med 6 % Zn och 1 % Pb. Spårhalter av Ag och Sb (jämför Fnr 2729).

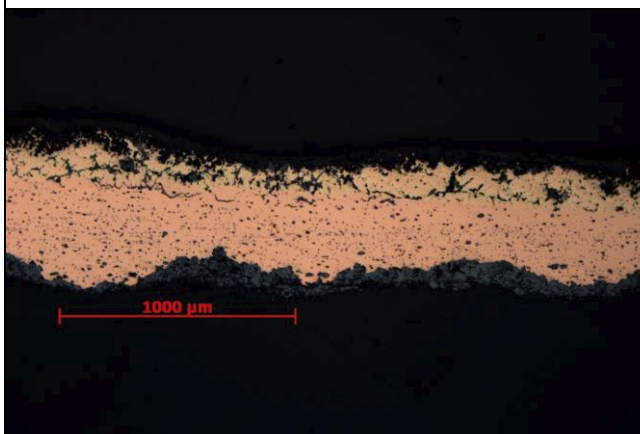
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Cu-leg	3112	12S-3112	12S	SL214892	Aktivitetsyta 2018	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikroskop

Elektronmikroskop (vikt-%)	
	Skikt 1
S	6,84
Fe	0,00
Co	0,01
Ni	0,06
Cu	89,80
Zn	0
As	0,15
Ag	0,11
Sn	0,00
Sb	0,30
Au	0,22
Pb	0,77
Bi	0,08
Hg	0,03
Total	98,38
	Skikt 2
S	3,12
Fe	0,02
Co	0,00
Ni	0,05
Cu	83,45
Zn	0
As	0,12
Ag	0,11
Sn	6,04
Sb	0,32
Au	0,20
Pb	2,61
Bi	0,08
Hg	0,02
Total	96,13

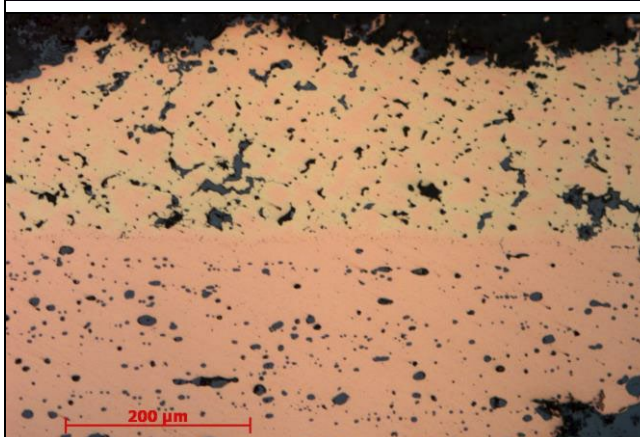
Provbekrivning: Klipp/bleck. I tvärsnittet, ca 600-700 mikrometer tjockt, kan två skikt av två olika kopparlegeringar urskiljas. Skikt 1, max ca 300 mikrometer tjockt, domineras av homogen ljusröd fas med riklig mängd små grå droppar. Analyserna (Cu1) visar att metallen är ren koppar. Skikt 2, ca 200 mikrometer, består av en legering där två faser (en ljusröd med ca 2 % tenn och en ljus gulröd med ca 8 % tenn) förekommer med en underordnad grå fas (ej analyserad) och blydroppar. Den ljus gulröda fasen innehåller antimon (0,6 %) och arsenik (0,3 %). I legeringen finns också blydroppar som totalt utgör ca 2,5 % av bronzen där tennhalten totalt är ca 6 % och antimonhalten ca 0,3 %. Även om sulfider förekommer kan totalanalysens svavelinnehåll delvis komma från sekundär beläggning.



Figur 12S-3112_01: Bleck. Prov för analys är taget från vänstra kortsidan. Foto Lena Grandin, GAL.



Figur 12S-3112-10_5: Översikt på tvärsnittet där två tydliga skikt av olika metaller kan urskiljas; ren koppar i nedre delen och en brons med total tennhalt på ca 6%. Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.



Figur 12S-3112-12_20: Detalj på kontakten mellan de båda metallerna. De två faserna i bronzen i den övre delen framträder tydligt. Den rödare med 2 % tenn, den gulare med 8 % tenn. Mikroskopfoto Lena Grandin, GAL.

Blecket består av två metaller: koppar samt en ytbeläggning av brons (ca 6 % Sn, 3 % Pb). Liknar 2-184 (lägre halt av Sn och Pb). Troligen del av ett föremål som möjligen skulle användas i hantverket och i så fall resultera i en brons med lägre tennhalt än bronsskiktet.

Bilaga 1c. Analysdatablad andra legeringar

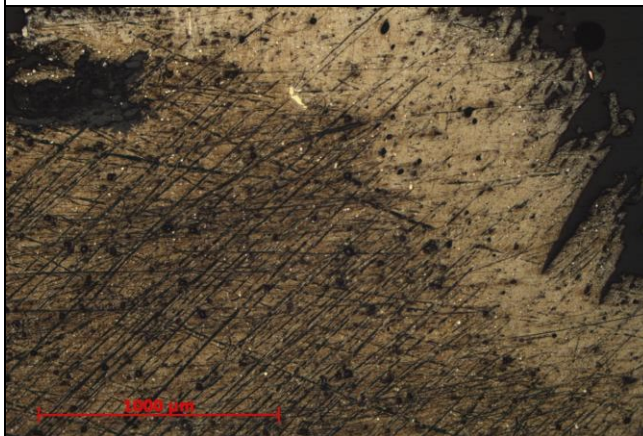
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Metall	200	2-200	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikroskop

Elektronmikroskop (vikt-%)	
S	0
Fe	0,38
Co	0,01
Ni	0,00
Cu	0,14
Zn	0,01
As	0
Ag	0
Sn	1,47
Sb	0,70
Au	0,29
Pb	90,73
Bi	0
Hg	0
Total	93,73

Provbeskrivning: Gjuttapp. Det polerade provet är mjukt och svårpolerat vilket är karaktäristiskt för bly. Analyserna visar också att bly är den dominerande metallen i provet som också innehåller tenn (1,5 %) och antimon (0,7 %).



*Figur 2-200-02:
Gjuttapp. Prov för
analys är taget längst
ner till höger.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 2-200-10_5:
Metallen är mjuk och
svårpolerad (repor efter
polering syns tydligt),
vilket är karaktäristiskt
för bly.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Bly.

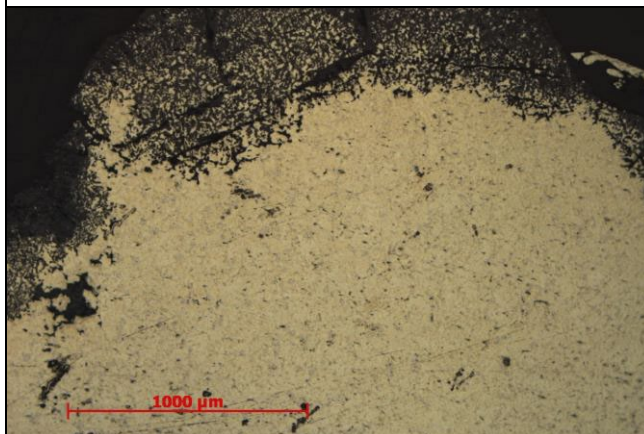
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Metall	221	2-221	2	SL200000	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,01
Fe	0,00
Co	0,01
Ni	0,01
Cu	0,84
Zn	0,00
As	0,03
Ag	0
Sn	86,25
Sb	0
Au	0,25
Pb	15,58
Bi	0,12
Hg	0,01
Total	103,11

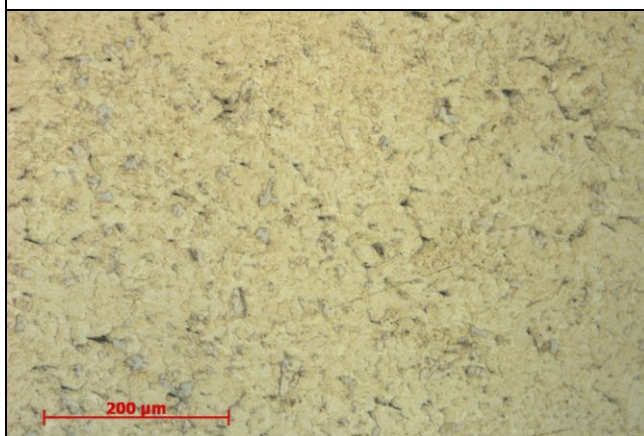
Provsbeskrivning: Smälta. I polerprovet kan två faser, en ljusare som dominerar, och en grå som är underordnad urskiljas. Analyser visar att den dominerande utgörs av tenn med ett fåtal ämnen i några tiondels viktsprocent vardera (bly, koppar). Den underordnade fasen domineras av bly men innehåller också tenn (30 %) och koppar (15 %). Totalsammansättningen på smältan är till största delen tenn med bly i lägre halter (ca 15 %).



*Figur 2-221-01:
Smälta. Prov för analys
är taget i nedre vänstra
kanten.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 2-221-10_5:
I polerprovet kan två
faser, en ljusare som
dominerar, och en grå
som är underordnad
urskiljas. Den övre
kanten är sekundärt
påverkad.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*



*Figur 2-221-10_20:
Detalj som visar de grå
fläckarna som
domineras bly, i en
mellanmassa som
huvudsakligen
innehåller tenn.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Legering dominerad av tenn med mindre mängder bly.

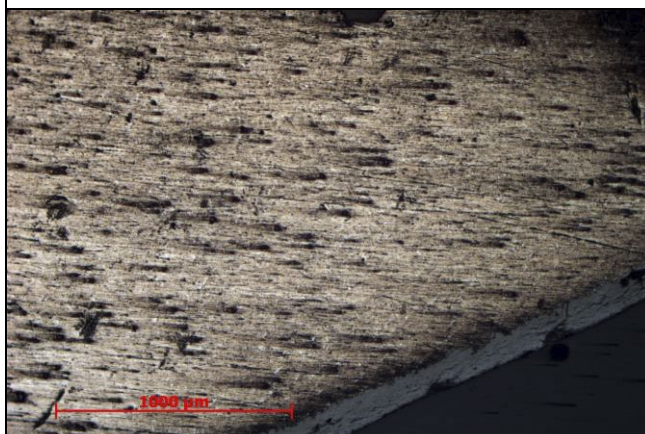
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Metall	757	12S-757	12S	SL201661	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikroskop

Elektronmikroskop (vikt-%)	
S	0
Fe	0,06
Co	0
Ni	0,02
Cu	0,31
Zn	0,00
As	0
Ag	0
Sn	0,57
Sb	3,53
Au	0,20
Pb	91,93
Bi	0
Hg	0
Total	96,61

Provbeskrivning: Smälta. Det polerade provet är mjukt och svårpolerat vilket är karaktäristiskt för bly. Analyserna visar också att bly är den dominerande metallen i provet som också innehåller antimon (3,5 %), tenn (0,6 %) och koppar (0,3 %). Legeringen är dock inte homogen utan består av två faser med något varierande proportioner mellan bly och antimon.



*Figur 12S-757-01:
Smältan som har
provtagits för analys i
övre kanten.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12S-757-10_5:
Metallen är mjuk och
svårpolerad (repor efter
polering syns tydligt),
vilket är karaktäristiskt
för bly.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Smälta av bly med innehåll av antimon, tenn och koppar. Se även Fnr 758 som är en likartad smälta.

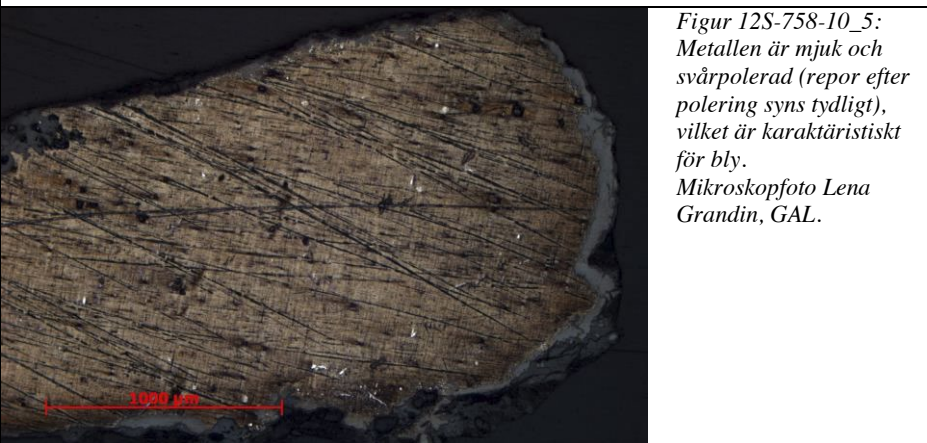
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Metall	758	12S-758	12S	SL201661	Matjord	Polerprov	Optisk mikroskopi, elektronmikrosond

Elektronmikrosond (vikt-%)	
S	0,00
Fe	0,02
Co	0,01
Ni	0,01
Cu	0,38
Zn	0
As	0
Ag	0
Sn	0,27
Sb	2,29
Au	0,26
Pb	94,00
Bi	0
Hg	0
Total	97,23

Provbeskrivning: Smälta. Det polerade provet är mjukt och svårpolerat vilket är karaktäristiskt för bly. Analyserna visar också att bly är den dominerande metallen i provet som också innehåller antimon (2,3 %), tenn (0,3 %) och koppar (0,4 %).



*Figur 12S-758-03:
Smältans högra
utskjutande del har
provtagits för analys.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



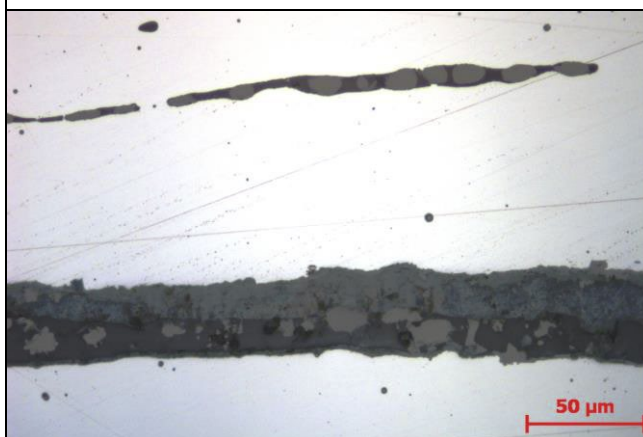
*Figur 12S-758-10_5:
Metallen är mjuk och
svårpolerad (repor efter
polering syns tydligt),
vilket är karaktäristiskt
för bly.
Mikroskopfoto Lena
Grandin, GAL.*

Smälta av bly med innehåll av antimon, tenn och koppar. Se även Fnr 757 som är en likartad smälta.

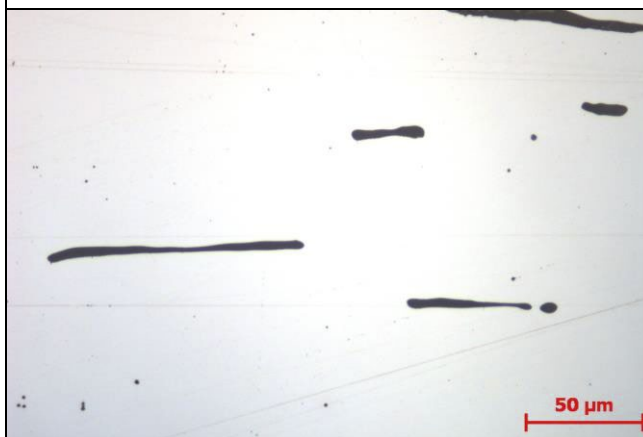
Bilaga 1d. Analysdatatablad järn

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	563	5-563	5	SL250051	Smedja 3945	Polerprov	Optisk mikroskopi

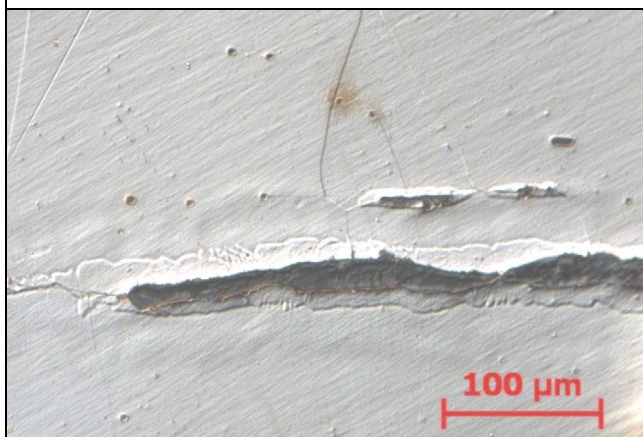
Provbeskrivning: Ett av flera mindre järnfynd från städstabe i smedja 3945. Det polerade tvärsnittet är ca 22x4 mm och något böjt i ena änden. Ett tunt (<1 mm) rostlager täcker järnet som ses innehålla rikligt med tunna och utdragna slagginneslutningar i flera lager. De flesta större slagginneslutningarna innehåller wüstit, olivin och glas (fig. 5-563-10) och är sannolikt rester från framställningen av järnet. Ett antal mindre slagginneslutningar (fig. 5-563-11) förefaller dock endast innehålla glas och kan vara bildade av vällsand som tillsatts under smidet. Efter etsning framkom att järnet är helt kolfritt (ferritiskt) men innehåller fosfor i ett fåtal tunna lager (fig. 5-563-12).



*Figur 5-563-10:
I det vita järnet ses i hög förstoring mörka slagginneslutningar som bl.a. innehåller rundad grå wüstit och en omgivande mörkare glasfas. Den senare ses ibland innehålla grå olivinlameller.
Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 5-563-11:
I hög förstoring ses tunna slagginneslutningar som endast innehåller den mörka glasfasen. Möjligen representerar dessa vällfogar.
Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur 5-563-12:
Runt den grå slagginneslutningen framträder fosforinnehållande järn med högre relief än omgivande järn. Provet är etsat och påvisar inget kolinnehåll.
Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.*

Kolfritt (mjukt-ferritiskt) smitt järn med mindre inslag av fosfor. Spill/klipp eller möjligen ämnesjärn?

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	656	5-656	5	SL203302	Smedja 3945	Polerprov	Optisk mikroskopi

Provbeskrivning: Fynd i matjord från smedja 3945. Det polerade tvärsnittet är ca 24x6 mm och rektangulärt. Ett rostskikt på upp till 2 mm täcker järnet som innehåller måttligt med slagg. Alla slagginneslutningar förefaller bestå av glas och kan därför komma från smidet (vällsand). De större slagginneslutningarna är sällan utdragna medan de mindre oftast är avlånga och ligger i oregelbundna stråk som troligen visar spår av smide (fig. 5-656-12). Efter etsning framkom att järnet i princip är kolfritt men innehåller små mängder fosfor (fig. 5-565-12). Dock förekom perlit (kol) i enstaka kornkontakter (fig. 5-656-11).



*Figur 5-656-02:
Det provtagna
järnfyndet.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 5-656-12:
Slagginneslutningarna i
detta järn innehåller
endast glas, vilket
indikerar att de kommer
från vällsand tillsatt
under smidet. De flesta
ligger dessutom i stråk.
Intill slaggen
framträder
fosforinnehållande järn
med högre relief än
omgivande järn.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

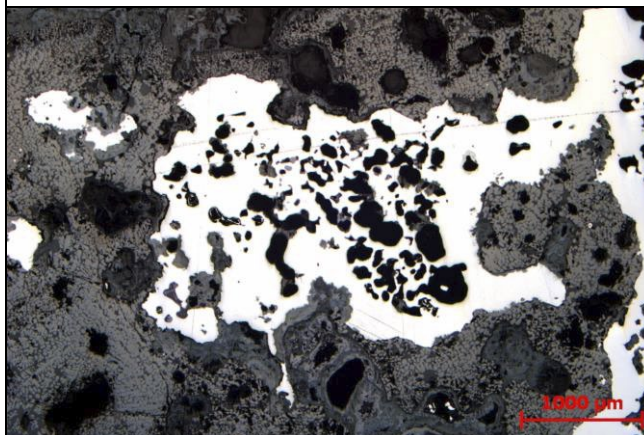


*Figur 5-656-11:
I mycket hög förstoring
framgår att det etsade
järnet nästan helt
saknar kol. Dock kan
brun perlit
(kollcementit)
observeras i vissa
enstaka kornkontakter
(mitt i bild).
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

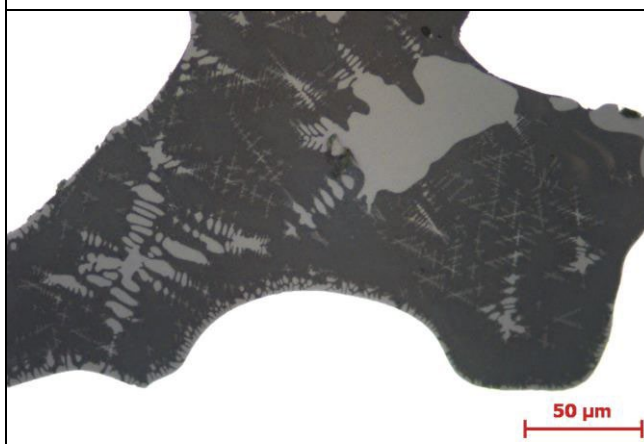
Smitt kolfritt (mjukt, ferritiskt) järn med lite fosfor, sannolikt ämnesjärn.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	694	5-694	5	SL257294	Smedja 3974	Polerprov	Optisk mikroskopi

Provbeskrivning: Järn i slagg från fyll i brunn/avfallsgrop nära smedja 3974. Det polerade tvärsnittet är ca 35x20 mm och något triangulärt till formen. Provet består av ungefär hälften järn och hälften slagg/rost och har ett svampigt/porigt utseende (fig. 5-694-10). Den mesta slaggen finns på utsidan av järnet och domineras av wüstit och mindre mängd olivin/glas. Endast en mindre del slagg är inneslutningar i järnet och dessa har en jämnare fördelning mellan wüstit och olivin/glas (fig. 5-694-11). Efter etsning framkommer att järnet är mycket kolrikt (grovt uppskattat till ca 1 %, dvs. stål) och helt dominerat av perlit med endast enstaka korngränser där ferriten är synlig, ibland tillsammans med järn-kolföreningen cementit (fig. 5-694-12).



Figur 5-694-10: Det vita poriga järnet ses vara omgivet av slagg med högt wüstit innehåll. Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 5-694-11: Järninnesluten slagg med grå (dendritiskt växande) wüstit omgiven av en mörkare glasfas. Ingen olivin ses på denna bild. Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 5-694-12: Efter etsning ses den bruna perliten dominera stålet vilket visar ett högt kolinnehåll. I hög förstoring ses enstaka korngränser innehålla ferrit (vitt kolfritt järn) som ibland har en tunn ljusgrå kant av cementit (järn-kolförening, se röda pilar). Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.

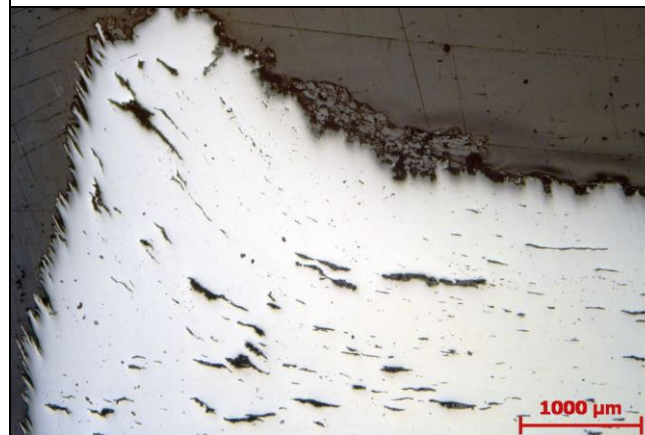
Osmitt kolrikt järn (stål), spill eller del av smidesskolla/lupp? I samma fyll kom en doppsko med datering 800-tal.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	2812	5-2812	5	SL203299	Smedja 3945	Polerprov	Optisk mikroskopi

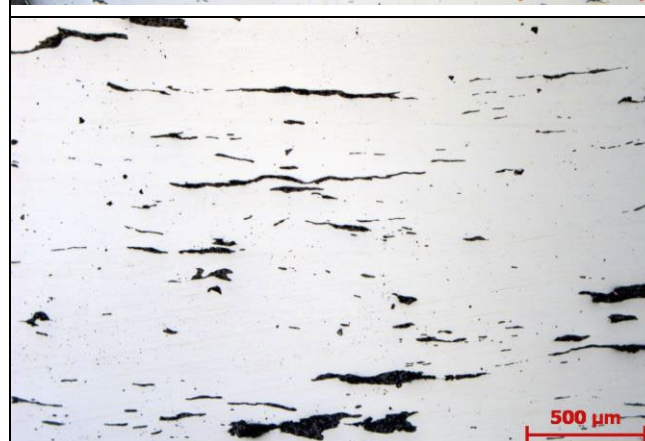
Provbeskrivning: Från lager nära smedja 3945. Det polerade tvärsnittet är 33 mm långt och 10 mm som bredast (i den trubbiga änden). Föremålet, som tolkats som ett ämnesjärn, har en form som påminner om en puns eller en kort huggmejsel (fig. 5-2812-02). Järnet innehåller rikligt med (oftast) tunna utdragna slaggineslutningar som är relativt finkorniga med dendritisk wüstit i en grymig glasfas/mellanmassa. De utdragna slaggineslutningarna förefaller böja sig ut mot kanterna i den trubbiga änden, något som kan tolkas som spår efter bearbetning/deformation orsakad av slag med en hammare el.dyl. (fig. 5-2812-10). Vissa av slaggineslutningarna är också veckade vilket även det kan vara spår av denna deformation (fig. 5-2812-12). Etsning visar att järnet är helt kolfritt (ferritiskt). Det innehåller heller ingen fosfor.



Figur 5-2812-02: Det provtagna järnstycket med den trubbiga änden till vänster. Foto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 5-2812-10: I kanten/hörnet av den trubbiga kortändan av järnet ses de tunna slaggineslutningarna böja av utåt. Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 5-2812-12: Vissa av de längsgående slaggineslutningarna ses vara småveckade, vilket kan tyda på en deformation riktad mot järnets kortändor (i järnets längdriktning). Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.

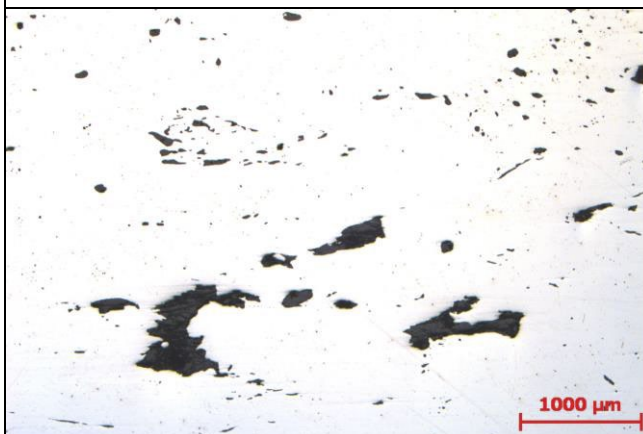
Ämnesjärn eller möjligt föremål, smitt av slagrikt, mjukt (ferritiskt, kolfritt) järn utan fosfor.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	2846	5-2846	5	SL258248	Smedja 3945	Polerprov	Optisk mikroskopi

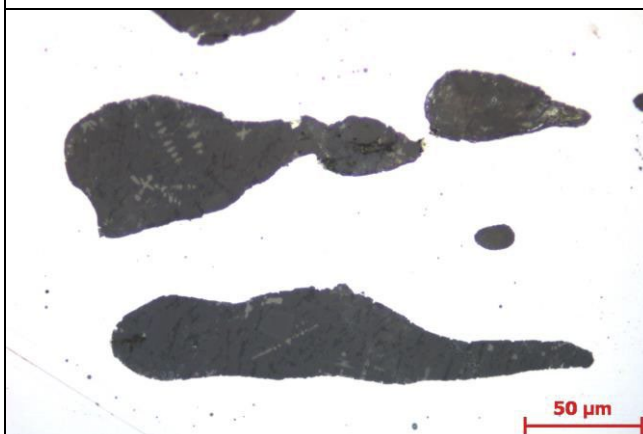
Provbeskrivning: Från golvlager i grophus nära smedja 3945. Det polerade tvärsnittet, som är ca 8x22 mm och rektangulärt, är täckt med ett upp till 2 mm tjockt rostlager med fastkittat material. Järnet innehåller slagginslutningar av varierande storlek och utan uppenbar orientering (fig. 5-2846-10). I hög förstoring ses att slaggen domineras av olivinlameller med underordnad glasfas och dendritiskt växande wüstit (fig. 5-2846-11). Etsning visar att järnet är helt kolfritt (ferritiskt). Även fosfor kan ses i järnet.



*Figur 5-2846-03:
Det analyserade
järnstycket.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 5-2846-10:
I det vita järnet ses de
mörka
slagginslutningarna
som är utan orientering
och har varierande
storlek och form.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 5-2846-11:
Slaggen domineras av
grå olivinlameller med
mindre mängd mörkt
glas mellan. Sparsamt
med ljusgrå wüstit växer
som dendritter över
olivin och glas.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

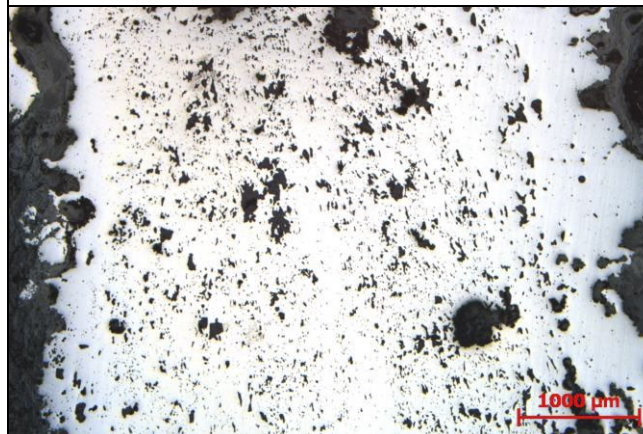
Osmitt kolfritt ämnesjärn med fosfor.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	2859	9-2859	9	SL362932	Stolphus 1990	Polerprov	Optisk mikroskopi

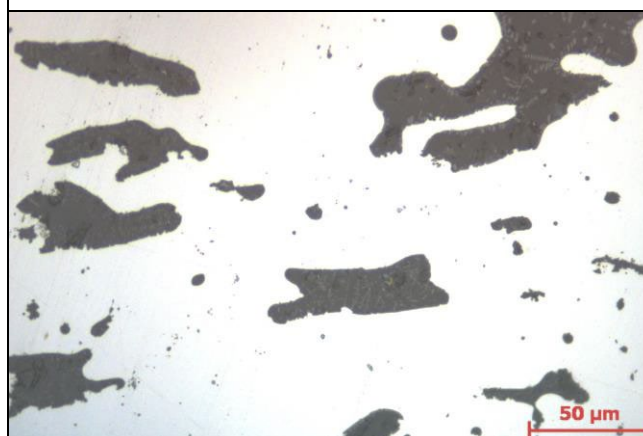
Provbeskrivning: Från fyll i stolphål till stolphus 1990. Provets polerade tvärsnitt är ca 8x19 mm och rektangulärt till formen (fig. 9-2859-07). Järnet är mycket rikt på rost och slagginnestutningar (fig. 9-2859-10), vilka huvudsakligen består av glas och wüstit (fig. 9-2859-11). Slaggen visar endast svag orientering som spår efter smide. Järnet innehåller ingen fosfor och etsning påvisar heller inget innehåll av kol.



Figur 9-2859-07. Det sågade provet innan ingjutning och polering. Foto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 9-2859-10. Det polerade järnet (innan etsning) ses vara mycket rikt på rost och slagginnestutningar. De senare visar ingen tydlig orientering relaterad till smide. Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.



Figur 9-2859-11. Det etsade provet visar att järnet saknar kol. Slagginnestutningarna ses i hög förstoring bestå av en mörk glasfas och ljusare grå wüstit som ofta växer dendritiskt. Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.

Slaggrikt ämnesjärn av förhållandevis låg kvalitet, utan kol eller fosfor. Från takbärande stolphål till vikingatida stolphus 1990 (800-900 tal).

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	1356	12N-1356	12N	SL332933	Smedja 2198	Polerprov	Optisk mikroskopi

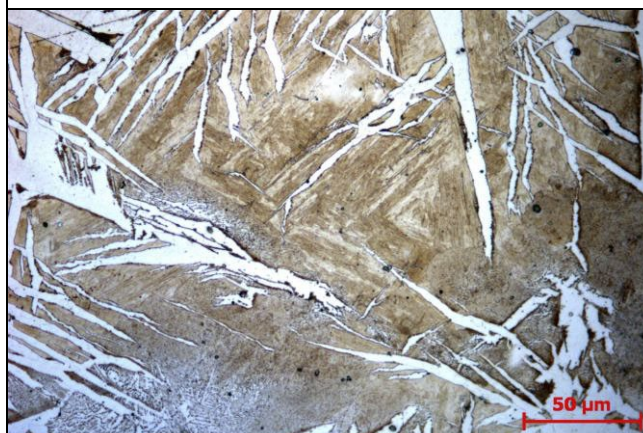
Provbeskrivning: Från fyll i ässja i smedja 2198. Det polerade tvärsnittet är ca 10x10 mm och nära kvadratisk (fig. 12N-1356-08). Ett tunt rostskikt med fastkittat material finns ytterst. Järnet har slaggineslutningar i varierande storlek som förefaller vara utdragna (smide) men utan tydlig orientering, något som kan vara en snitteffekt. Slaggen är mycket finkornig och ses bestå av wüstit och en grymig glasfas/mellanmassa (fig. 12N-1356-10). Etsning visar att större delen av provet är kolfritt och består av mjukt, ferritiskt järn, men ett mindre område nära ytan består av kolrikt stål med perlit som visar spår av härdning (bainit?) (fig. 12N-1356-13). Järnet innehåller ingen fosfor.



*Figur 12N-1356-08:
Det delade järnet där
den högra delen gjöts in
och polerades.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-1356-10:
Slaggineslutningarna
ses innehålla ljusgrå
wüstit som växer
dendritiskt i den
omgivande mörkare
glasfasen.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 12N-1356-13:
Ett mindre område i
provet visade sig efter
etsning innehålla kol
(perlit-brunt) som
dessutom hade härdats.
Större delen av provet
var dock ferritiskt, dvs.
kolfritt.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

Troligt viktlojd av mjukt ferritiskt järn med mindre mängd stål som visar spår av härdning. En ^{14}C -datering ur ässjan daterar aktiviteterna till 1305-1400 AD (Ua-31259). En ^{14}C -datering av träkol ur slagg påträffat i ässjan daterar smidet till 1270-1380 AD (Ua-52375).

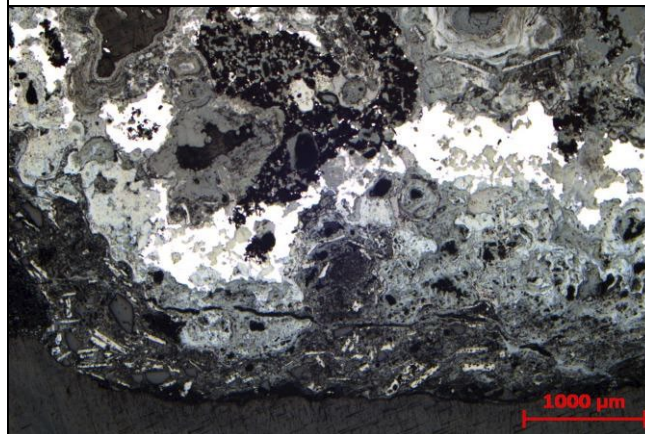
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	2270	12N-2270	12N	SL332801	Smedja 2198	Polerprov	Optisk mikroskopi

Provbeskrivning: Järn med slagg, från fyll i städstabe i smedja 2198. Det polerade tvärsnittet, som är ca 10x15 mm och ovalt till formen, ses till övervägande del bestå av rost och endast små inre rester av järn (fig. 12N-2270-10). Den lilla slagg som observeras är rik på wüstit. Fastkittat på ytan ses en stor mängd glödskal, sand och kol (fig. 12N-2270-10 & 11). Efter etsning framkommer att järnet i princip är kolfritt (ferritiskt) och endast ett fåtal korngränser uppvisar ett litet innehåll av cementit (dvs. kol).

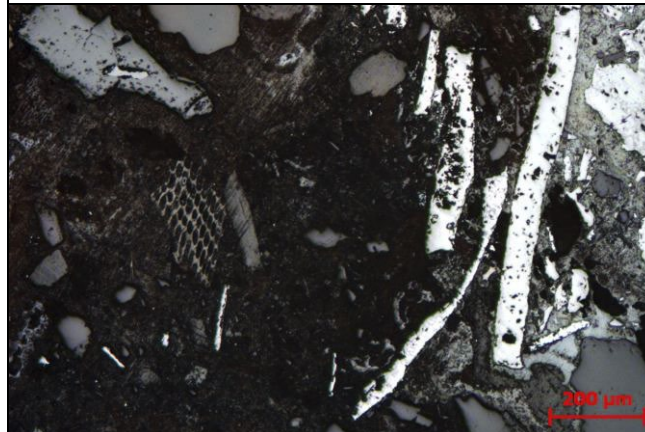
*Figur 12N-2270-01:
Fynd 2270 före
provpreparering.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-2270-10:
Det vita poriga järnet
är kraftigt sekundärt
påverkat av rost
(varierande grå nyanser
som dominerar provet).
Glödskal kan ses i
provets ytterkant nere
och till vänster i bild.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 12N-2270-11:
Fastkittat på provets yta
ses bl.a. glödskal (ljusa
lameller till höger i
bild) samt rester av kol
(närlignande struktur till
vänster i bild).
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



Kolfritt (mjukt, ferritiskt) järn utan fosfor, inga spår av smide, troligen spill. En ^{14}C -datering ur ässjan daterar aktiviteterna till 1305-1400 AD (Ua-31259). En ^{14}C -datering av träkol ur slagg påträffat i ässjan daterar smidet till 1270-1380 AD (Ua-52375).

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	797	12S-797	12S	SL206602	Odlingslager	Polerprov	Optisk mikroskopi

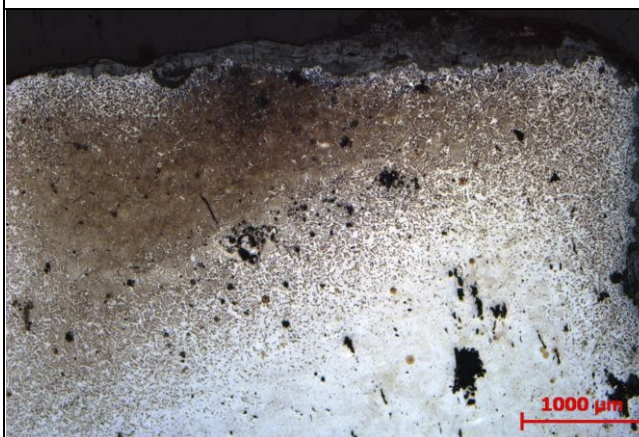
Provesbeskrivning: Det polerade tvärsnittet är rektangulärt, 14x9 mm med endast ett tunt yttre rostsikt (fig. 12S-797-10). Järnet har relativt sparsamt med slagginslutningar, vilka ses innehålla olivin, wüstit och glas (fig. 12S-797-11), vilka i vissa fall är utdragna och troligen visar spår efter smide (fig. 12S-797-12). Ingen fosfor kan ses. Efter etsning ses att större delen av provet består av mjukt (ferritiskt) järn, men ett mindre område nära ytan ses innehålla kol i form av perlit utan spår av härdning (fig. 12S-797-12).



*Figur 12S-797-10x:
Det provtagna järnet
där den mindre biten
gjöts in och polerades.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12S-797-11:
De sparsamma och små
slagginslutningarna
ses bl.a. innehålla
ljusgrå dendritisk wüstit
och mörkare olivin.
Även rost (grå-blå)
finns i denna slagg.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 12S-797-12:
I det polerade järnet ses
efter etsning att brun
perlit, vilket påvisar ett
innehåll av kol, endast
är närvarande i ett
mindre område. Här ses
även att flera
slagginslutningar är
utdragna och parallellt
orienterade.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

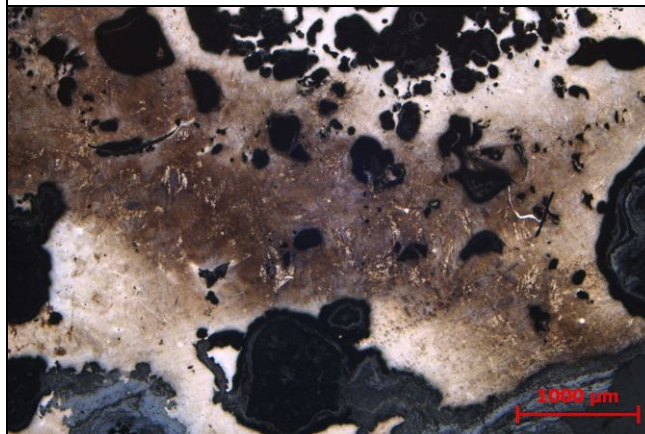
Övervägande mjukt ferritiskt slaggfattigt järn av god kvalitet utan fosfor och med låg kolhalt. Ämnesjärn. Från odlingslager.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järn	128	21-128	21	SL417610	Fyll i väg 3910	Polerprov	Optisk mikroskopi

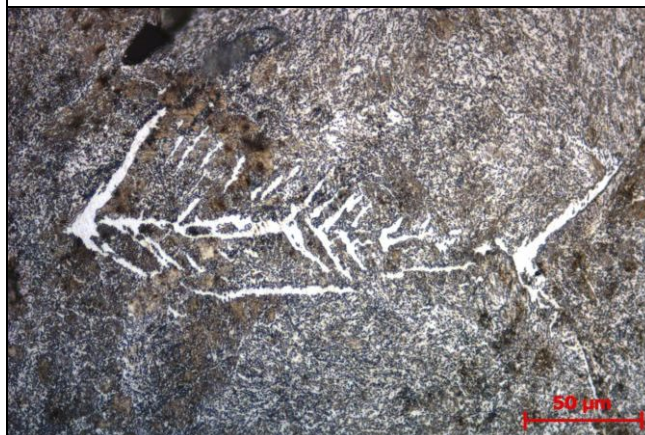
Probeskrivning: Det polerade tvärsnittet, som är ca 13 mm och runt till formen, ses vara relativt rostigt (fig. 21-128-06 & 21-128-12). Efter etsning framkommer att järnet är kolrikt (stål) och ett fåtal lameller av cementit kan ses (fig. 21-128-12 & 21-128-14). I hög förstoring anas att perliten har värmebehandlats och till stor del sfäroidiserats (fig. 21-128-14). Ingen slagg kan observeras och heller inget spår av smide, varför värmebehandlingen troligen är oavsiktlig.



*Figur 21-128-06:
Fynd 128 sågat för
provtagning. Mörka fält
i och runt järnet består
av rost.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 21-128-12:
Det polerade provet
visade sig innehålla
rikligt med rost och
porer (mörka fläckar),
men ingen slagg. Efter
etsning framgår att
järnet är kolrikt (brun
perliten), dvs. stål.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 21-128-14:
I mycket hög förstoring
ses att perliten är
sfäroidiserad, dvs.
värmebehandlad.
Enstaka ljusa lameller
består sannolikt av ren
cementit.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

Spill av osmitt stål som tappats i härden? Från vägfyll i väg 3910.

Bilaga 1e. Analysdatablad slagg

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Slagg	696	5-696	5	SL250449	Smedja 3945	Tunnslip	Optisk mikroskopi

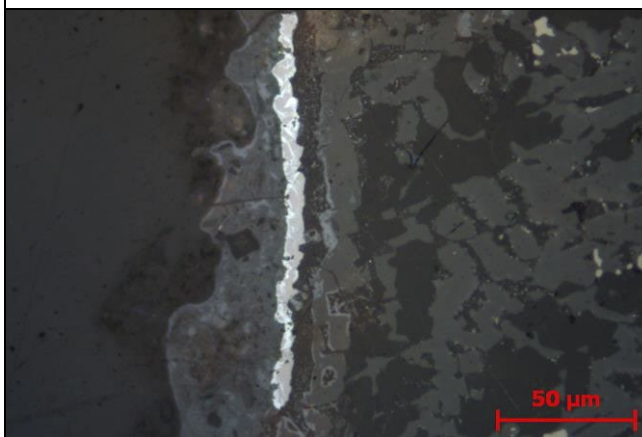
Provbeskrivning: Från fyllning i ässja/slaggrop i smedja 3945. Slaggstycke med konkav-konvex form, 478g, preparerad till tunnslip för analys i mikroskop (fig. 5-696-06). Slaggen är porig men blir tätare mot överytan (fig. 5-696-06), vilket även ses i tunnslipet. Slaggen domineras av olivinlameller (som delvis uppvisar zoner), leucit, glas samt rikligt med dendritiskt växande wüstit. Det sistnämnda i minskande grad mot ytan, där även dess kornstorlek minskar (fig. 5-696-10). Ytterst på slaggens överyta finns ett tunt (5–10 µm) skikt av järnoxider, troligen hematit och magnetit (fig. 5-696-11). Metalliskt järn förekommer (ställvis rikligt) som mycket små droppar.



*Figur 5-696-06:
Slaggstycket efter
provtagning/sågning.
Den konkava överytan
uppåt och den mer
poriga konvexa sidan
nedåt. Bortsågad bit
preparerades till
tunnslip.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 5-696-10:
Till höger i bild ses den
ljusa (vita) wüstiten
dominera slaggen
medan den skiktvis
minskar i omfattning
till vänster (mot
slaggens överyta).
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 5-696-11:
Slaggens överyta
(vänster i bild) täcks
delvis av ett tunt, ljust
skikt järnoxider,
troligen magnetit och
hematit, som ses vara
avblandade i lameller
med två olika ljusa
nyanser. Grå kristaller
(högra delen av bilden)
är olivin medan det
mörka är glas och
leucit.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

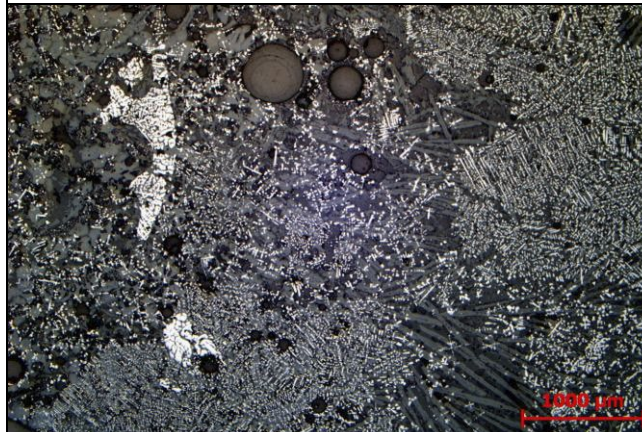
Fyndplats, morfologi, mikrostrukturer och mineralogi visar att detta sannolikt är en smidesskälla, hörande till smedja 3945.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Slagg	697	5-697	5	SL257204	Smedja 3945	Tunnslip	Optisk mikroskopi

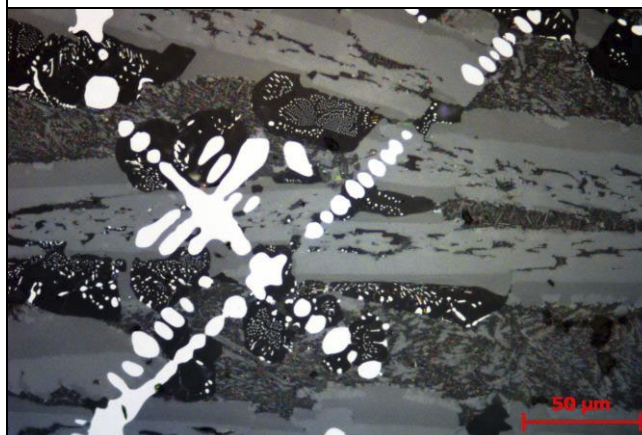
Provbeskrivning: Från fyllning i stolphål ingående i smedja 3945. Slaggstycke med plan-konvex form, 926g. Provet preparerades till tunnslip.
Slaggen är mycket porig och heterogen (delvis skiktad) i sin sammansättning (fig. 5-697-06). I mikroskop ses den bestå av olivin, glas, leucit och dendritiskt växande wüstit med varierande kornstorlek och koncentration (fig. 5-697-10). De större olivinlamellerna uppvisar ofta en zonerings med mörkare ytterkanter (fig. 5-697-11). På slaggens överyta ses ett tunt skikt järnoxider liknande de i slaggerna 5-696, 12N-2233 och 12N-2297 (jämför fig. 5-696-11). Metalliskt järn förekommer ställvis som oregelbundna droppar eller möjligen fragment. Kol och jordpartiklar ses fastkittade med rost (järnhydroxider) på slaggens utsida.



*Figur 5-697-06:
Slaggstycket efter
provtagningsåtgärning.
Den plana överytan
uppåt och konvexa
sidan nedåt. Den
bortsågade biten
preparerades till
tunnslip.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 5-697-10:
Slaggen består av ljus
wüstit, grå
olivinlameller och en
mörk mellanmassa av
glas och leucit.
Fördelning och
kornstorlek varierar.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 5-697-11:
De större ljusgrå
olivinlamellerna ses ha
en mörkare yttre
zonering orsakad av
förändringar i den
kemiska
sammansättningen. Den
mörka mellanmassan är
glas, där även svarta
leucitkristaller kan
anas. Den ljusa/vita
fasen är dendritiskt
växande wüstit.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

Fyndplats, morfologi och mineralogi tyder på att detta är en smidesskälla, hörande till smedja 3945.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Slagg	2233	12N-2233	12N	SL332933	Smedja 2198	Tunnslip	Mikroskopi + kemi

Element

SiO ₂	wt%	32,4
Al ₂ O ₃	wt%	6,16
CaO	wt%	2,97
Fe ₂ O ₃	wt%	59,3
K ₂ O	wt%	2,16
MgO	wt%	0,822
MnO	wt%	0,131
Na ₂ O	wt%	0,969
P ₂ O ₅	wt%	0,366
TiO ₂	wt%	0,194
Summa	wt%	105,5
LOI	wt%	-5,6
Ba	ppm	321
Be	ppm	1,21
Co	ppm	5,08
Cr	ppm	53,2
Ga	ppm	9,58
Hf	ppm	2,13
Mo	ppm	<5
Nb	ppm	5,52
Ni	ppm	12,2
Rb	ppm	69,1
Sc	ppm	4,1
Sr	ppm	113
Ta	ppm	0,42
Th	ppm	5,55
U	ppm	1,34
V	ppm	28,3
W	ppm	1,57
Y	ppm	11
Zr	ppm	71,1
La	ppm	16,3
Ce	ppm	30,9
Pr	ppm	3,6
Nd	ppm	13,2
Sm	ppm	2,64
Eu	ppm	0,501
Gd	ppm	2,14
Tb	ppm	0,314
Dy	ppm	1,9
Ho	ppm	0,414
Er	ppm	1,21
Tm	ppm	0,154
Yb	ppm	1,18
Lu	ppm	0,119

ALS analys L1322461

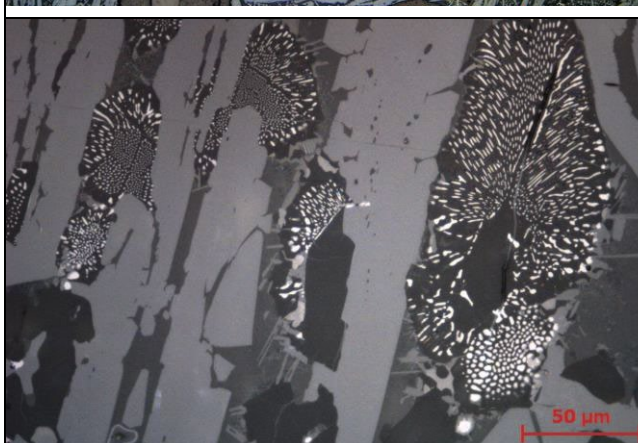
Provbeskrivning: Från fyllning i ässja/slaggrop i smedja 2198. Rester av infodring och ev. blästerhål. Innehåller mycket kol. Vikt 1685g. Preparerad till tunnslip.
I mikroskop ses att slaggen, som är relativt porig men homogen, domineras av grovkristallin olivin (ej zonerad) och glas (fig. 12N-2233-10), men även innehåller leucit och små mängder mycket finkornig wüstit (fig. 12N-2233-11). På slaggens överyta anas ett mycket tunt skikt järnoxider, liknande de i slagg 5-696, 5-697 och 12N-2297 (jämför fig. 5-696-11). Metalliskt järn förekommer mycket sparsamt och då som enstaka små oregelbundna droppar.



Figur 12N-2233-05:
Slaggstycket efter
sågning.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.



Figur 12N-2233-10:
De stora grå
olivinlamellerna ligger i
en mellanmassa av
mindre olivinkrystaller
och mörkt glas/leucit.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.



Figur 12N-2233-11:
I mycket hög förstoring
ses (förutom ljusgrå
olivinlameller och
mörkare glasfas) grå-
svarta leucitkrystaller
samt mycket finkornig
ljus wüstit, ofta
sammanväxt med leucit.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.

Storlek och sammansättning möjliggör tolkningen att det rör sig om primärsmidesslagg. Kemiskt analysresultat antyder också möjligt primärsmede. En ¹⁴C-datering ur ässjan daterar aktiviteterna till 1305-1400 AD (Ua-31259). En ¹⁴C-datering av träkol ur slagg påträffat i ässjan daterar smidet till 1270-1380 AD (Ua-52375).

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Slagg	2297	12N-2297	12N	SL333444	Smedja 2198	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Provbeskrivning: Flera mindre fragment från fyllning i ässja/slaggrop i smedja 2198. Tot. 199g. Slaggen är relativt småporig och något heterogen i sin sammansättning. Den består av zonerad olivin, glas, leucit och endast mindre mängd wüstit. Kornstorleken hos olivinen varierar stort och glasfasen är ställvis riklig (fig. 12N-2297-10). På slaggens yta kan ett tunt skikt järnoxider observeras, liknande de i slagg 5-696, 5-697 och 12N-2233 (jämför fig. 5-696-11). Metalliskt järn förekommer ytterst sparsamt. Stora mängder kol kan ses inneslutna i slaggen.



*Figur 12N-2297-01:
Fyndmaterialet 2297
med den provtagna
slaggbiten längst upp
till vänster i bild.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-2297-05:
Det provtagna
slaggstycket efter
provtagnings/sågning.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-2297-10:
Ljusa olivinlameller
varierar i storlek från
ca en millimeters bredd
(se ljus rektangulär
genomskärning i bildens
övre högra hörn) till
mycket små kristaller
som inte går att urskilja
i den mörkare
mellanmassan av glas.
Ingen wüstit eller leucit
ses på denna bild.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

Sannolikt delar av smidesskällor. Innehåller kol. En ^{14}C -datering ur ässjan daterar aktiviteterna till 1305-1400 AD (Ua-31259). En ^{14}C -datering av träkol ur slaggen påträffad i ässjan daterar smidet till 1270-1380 AD (Ua-52375).

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Slagg	2575	12S-2575	12S	SL218690	Grophus 1126	Tunnslip	Optisk mikroskopi

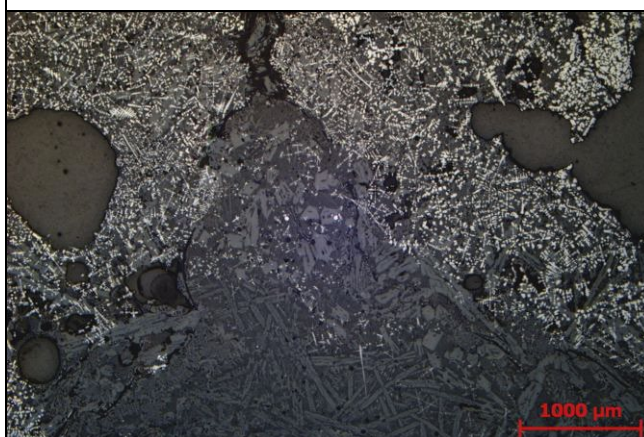
Provbeskrivning: Från fyllning i ugn/ässja/gjuterihärd i grophus 1126. Plan-konvex form, 114g (fig. 12S-2575-05). Tunnslipet visar att denna poriga slagg har en heterogen sammansättning som domineras av olivin, leucit, glas och wüstit (fig. 12S-2575-10). Olivinen uppvisar ingen tydlig zonerings och fördelningen av wüstit är mycket ojämn med oregelbundna områden/flöden där wüstit är helt underordnat (fig. 12S-2575-10). Metalliskt järn förekommer mycket sparsamt och då som enstaka små (<25 µm) rundade droppar. Ett ljusst skikt på delar av slaggens yta kan motsvara det järnoxidskikt som observeras på de flesta smidesslaggers överyta.



*Figur 12S-2575-02:
Ovansidan av
slaggstycket.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12S-2575-05:
Slaggstycket efter
provtagning. Den
bortsågade biten
preparerades till
tunnslip. Notera den
plana överytan och den
konvexa underytan.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12S-2575-10:
Den ljusa wüstiten är
helt underordnad i vissa
områden där olivin och
leucit/glas dominerar
(nedre delen av bilden)
medan den är mycket
frekvent på andra
ställen. Två små vita
punkter mitt i bild är
metalliskt järn.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

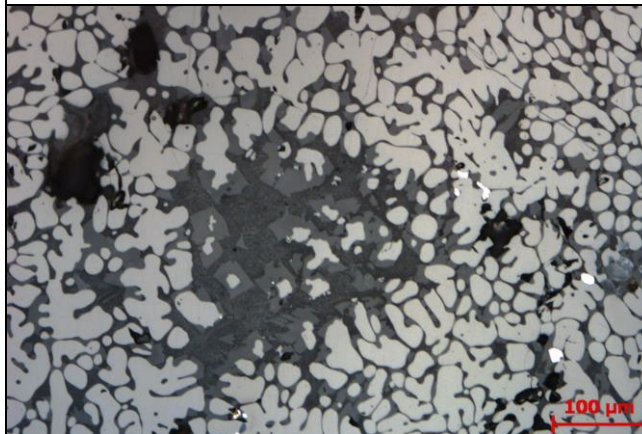
Trolig smidesskälla. Enda slaggen ur härden/grophuset.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Slagg	1020	KS-1020	KS	SL680574	Avfallslager	Tunnslip	Optisk mikroskopi

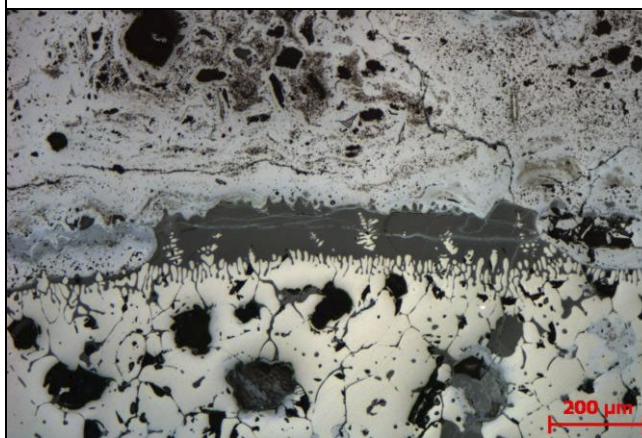
Provbeskrivning: Från avfallslager på detaljta Kabelstråk/Sivs väg (KS), möjlig relation till Smedja 2198 på 12N. Slaggen har en plan-konvex till konkav-konvex form och verkar vara uppbyggd av flera lager (fig. 4-1020-06). I mikroskop framgår att denna slagg helt domineras av wüstit, medan olivin och glas endast förekommer underordnat (fig. 4-1020-11). Även metalliskt järn förekommer relativt rikligt, likaså större områden med rost (fig. 4-1020-11 & 4-1020-12). Åtminstone ett gränsskikt som separerar två lager kan observeras (fig. 4-1020-12), men inget övre oxidskikt kan ses.



Figur KS-1020-06. När slaggstycket delats ses både de inre skiktade strukturerna, samt ett tvärsnitt som visar att ytterformen är plan-konvex till konkav-konvex. Slaggens överyta är uppåt i bild. Den bortsågade skivan (mitten) preparerades till tunnslip. Foto Erik Ogenhall, GAL.



Figur KS-1020-11. I hög förstoring ses den dominerande ljusgrå wüstiten ha rundade former, medan grå olivinkristaller är kantiga i en omgivande mörk glasfas (mitt i bild). Enstaka droppar av metalliskt järn är vita (höger i bild). Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.



Figur KS-1020-12. I nedre delen av bilden ses wüstit som minskar i kristallstorlek uppåt mot ett mörkgrått lager av glas. Ovan detta glasskikt ses här endast rost (ljusgrått). Mikroskopfoto Erik Ogenhall, GAL.

Smidesskolla med inre gränsskikt som möjligen visar att slaggen är uppbyggd av flera separata smidestillfällen där härden ej ränsats? Fyndet kan vara avfall från Smedja 2198 på detaljta 12N.

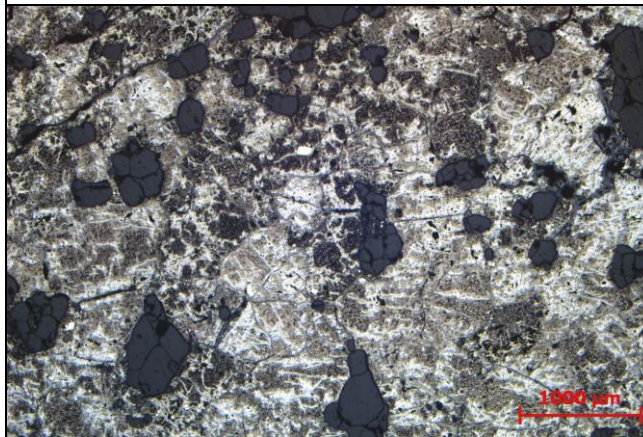
Bilaga 1f. Analysdatablad malm

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Järnmalm	2264	12N-2264	12N	SL355851	Väg nära smedja 2198	Polerprov	Optisk mikroskopi

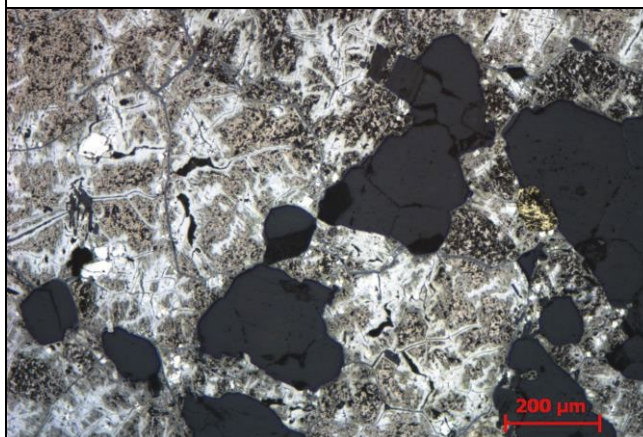
Provbeskrivning: Fynd från marklager som hör till det senmedeltida skedet av väg 2793, ca 12 meter NV om smedja 2198. Fyndet, som är magnetiskt och delvis har rostfärgad yta samt uppvisar kantiga former (fig. 12N-2264-07), tolkades först som ett ämnesjärn. Efter delning (med såg) framkom att inget metalliskt järn finns. Tvärsnittet är ca 13x21 mm och ses okulärt bestå av flera grå faser (fig. 12N-2264-07). Det polerade provet visade sig i mikroskop bestå av huvudsakligen mineralet magnetkis, som i hög utsträckning oxiderat till markasit (en variant av mineralet pyrit) med så kallad "birds eye" textur (fig. 12N-2264-10 & 11). Provet är alltså ett stycke bergmalm med hög järn- och svavelhalt. Trots hög järnhalt är malmen inte lämpad för järnframställning pga dess svavelinnehåll.



*Figur 12N-2264-07:
Fyndet har rostig yta
och delvis kantigalraka
ytor samt är magnetiskt.
Efter delning ses att
inget metalliskt järn
finns i provet.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur 12N-2264-10:
I låg förstoring framgår
att ett gråspräckligt
mineral utan färg
dominerar provet. Stora
mörka kristaller är
silikater, sannolikt
kvarts.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*



*Figur 12N-2264-11:
I högre förstoring ses
att mineralet magnetkis
dominerar, vilket i
mycket hög utsträckning
oxiderat till mineralet
markasit (en variant av
pyrit) med så kallad
"birds eye" textur. Små
ljusa kristaller till
vänster är ren pyrit.
Mikroskopfoto Erik
Ogenhall, GAL.*

Lågvärdig bergmalm, möjligen associerad med järnframställningsförsök (i masugn?).

Bilaga 1g. Analysdatatablad deglar

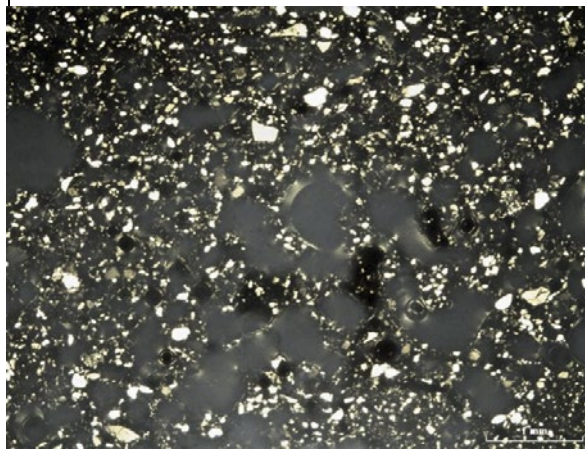
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2074	TS3	4	F140753	Ränna 1725	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS3	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,6 mm
X max. kstl	0,5 mm

Provbeskrivning: Botten av degel, sluten? 11 mm tjock. Utsidan förglasad. Insidan vittrad. En större gulddroppe har runnit in i en spricka i degelväggen.
 Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient från utsidan bestående av intill 2 mm bred förglasad zon, en intill 5 mm bred, sintrad zon med många blåsor och en intill 2 mm bred, hårt bränd zon.



*Figur TS3-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS3-10:
Korsade nikoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A1

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2076	TS4	4	F140753	Ränna 1725	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS4	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, Z
Växtfrgm	-
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,5 mm
\bar{X} max. kstl.	0,4 mm

Provsbeskrivning: Slutet degel. 11 mm tjock. Utsidan förglasad. Insidan vittrad. Möjlig med tillhörande knapp med tångmärken.
 Godsstruktur i TS: Välhomogeniserad. Temperaturgradient från utsidan bestående av intill 1,5 mm bred förglasad zon, en intill 6 mm bred, sintrad zon med många blåsor och en intill 2 mm bred hårt bränd zon.



*Figur TS4-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS4-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A1

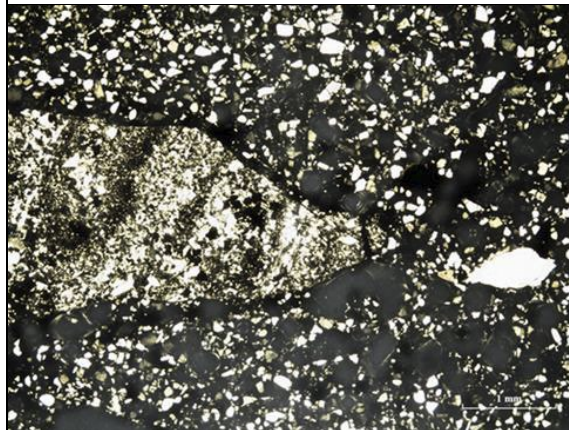
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2078	TS5	4	SL124438	Lager 3060	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS5	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	--
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M
Växtfrgm	-
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Sand
Mängd %	20
Max. kstl.	6,2 mm
\bar{X} max. kstl	3,2 mm

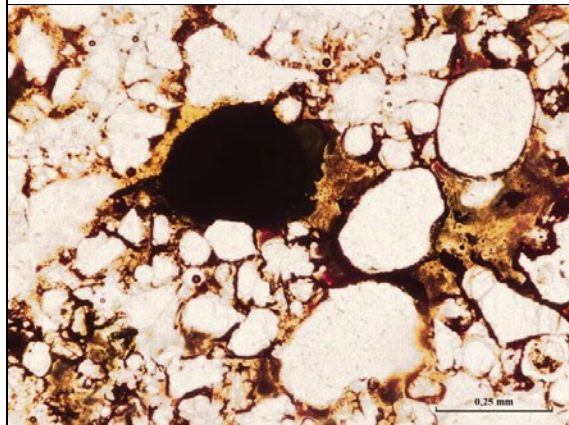
Provbeskrivning: Öppen(?) degel, 7 mm tjock, kraftigt böjd vägg. Utsidan förglasad och rödfärgad. Små gulddroppar på insidan.
 Godsstruktur i TS: Oklart om de få, stora bergartskornen är magring eller förorening. Hela degelväggen förglasad, röd- och grön-blåfärgad och med slagginklusioner samt metalldroppe mitt i godset.



*Figur TS5-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS5-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*



*Figur TS5-11:
Parallella nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A2

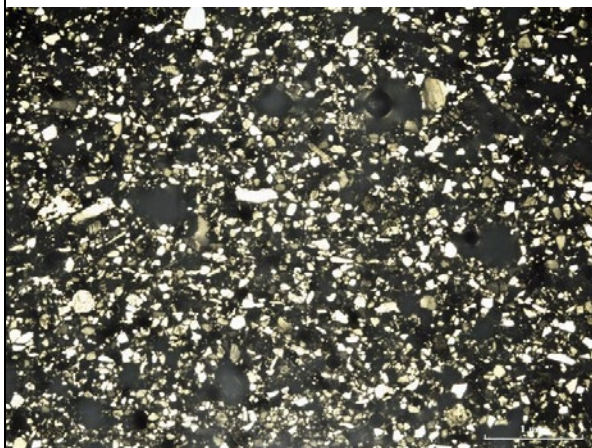
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2084	TS6	4	SL124438	Lager 3060	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS6	
<i>Lera</i>	
Grovlék	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, A/P, Z
Växtfrgm	--
Diat/fossil	
<i>Magring</i>	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,6 mm
\bar{X} max. kstl	0,5 mm

Provbekrivning: Sluten degel. 11 mm tjock varav 5 mm innerskål. Utsidan förglasad. Gulddroppe i en brottyta.
 Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient från utsidan bestående av intill 1 mm bred förglasad zon, en intill 6 mm bred, sintrad zon med många blåsor och en intill 5 mm bred sintrad zon.



*Figur TS6-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS6-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A1

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2086	TS7	4	SL124438	Lager 3060	Tunnslip	Optisk mikroskopi

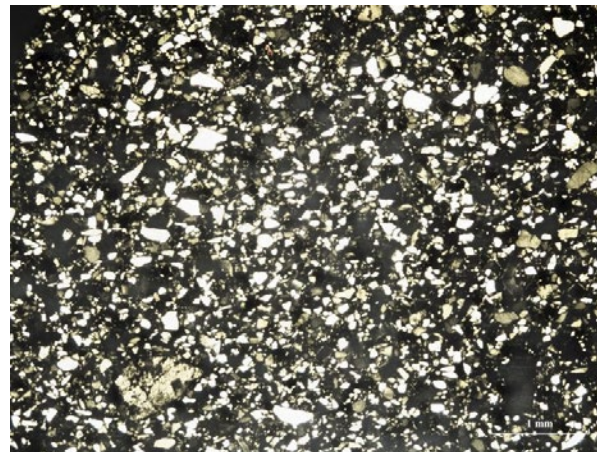
Mikroskopering TS7	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	--
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, A/P, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	1,5 mm
\bar{X} max. kstl	0,5 mm

Provbeskrivning: Öppen(?) degel. 5 mm tjock. Utsidan förglasad. Järn(?) -fragment på insidan.

Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient från förglasad utsida till ca 1 mm bred sintrad zon längs insidan. Rödfärgad slagghud på insidan



*Figur TS7-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS7-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A1

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2894	TS11	8	G266334	Lager 6382	Tunnslip	Optisk mikroskopi

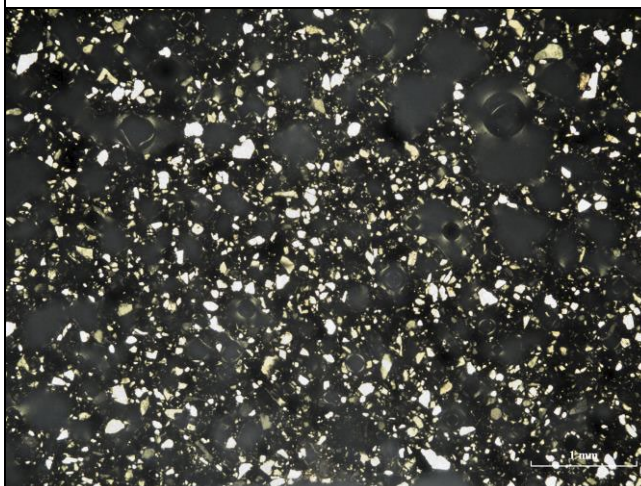
Mikroskopering TS11	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, A/P
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,5 mm
\bar{X} max. kstl.	0,3 mm

Provsbeskrivning: Fragment av slutna degel. 10 mm tjock.

Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient utan tydliga zoner med glidande övergång från förglasning nära utsidan till sintrad, blåsigt gods med de största blåsorna i degelväggens mitt.



*Figur TS11-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS11-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A1

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2729	TS17	12S	SL218690	Ugn 5100	Tunnslip	Optisk mikroskopi

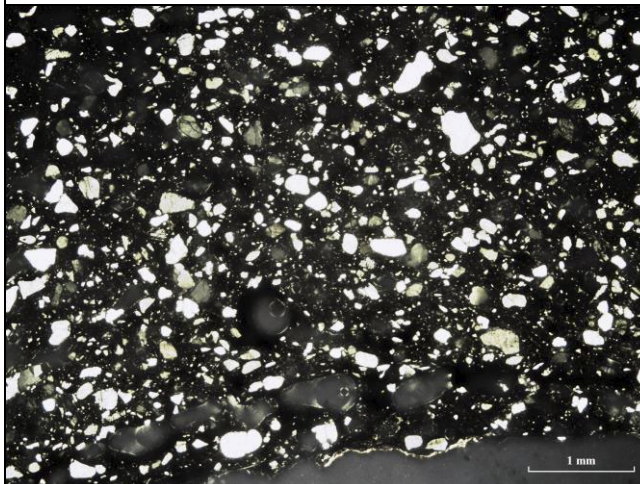
Mikroskopering TS17	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	+
Finsand	+
Sand	--
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M?
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,6 mm
\bar{X} max. kstl.	0,5 mm

Provsbeskrivning: Skärva av öppen degel. 7 mm tjock. Rödfärgad förglasad utsida. Slagghud på insidan.

Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient från nära förglasning på utsidan till hårt, reducerat bränt zon ett par mm från insidan, där en rad av stora blåsor skiljer den från en 1 mm bred zon av degelgods och slagg som utgör degelens insida. I skiktet av blåsor observerades en metalldroppe. Den innersta zonen kan vara ett reparationslager.



*Figur TS17-01:
Analysen har utförts på skärvan till vänster. På denna ses tydligt slagghuden på insidan och även en spricka i godset som kan antyda reparationslager. Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur TS18-10:
Korsade nicoller. Längst ner i bilden ses insidan med reparationslagret(?) skilt från resten av degelväggen av en rad blåsor. Mikroskopfoto Ole Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp B

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.typ	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2730	TS18	12S	SL219583	Grophus 1126	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS18	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	+
Finsand	+
Sand	--
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, AP, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,6 mm
\bar{X} max. kstl.	0,5 mm

Provbekrivning: Skärva av öppen degel. 7 mm tjock med tydlig tvålagerstruktur.

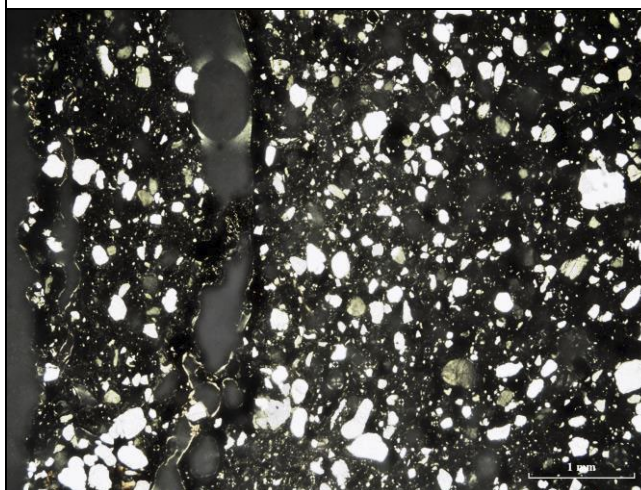
Metallrester på brottyta.

Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient från nära förglasning på utsidan till hårt, reducerat bränt zon med viss blåsighet som slutar i en ursprunglig insida med slagghud och två metalldroppar. På denna yta har senare lagts ett intill 2 mm tjockt reparationslager av samma material. 0,3 mm av detta lager närmast insidan har skiljts från resten genom en rad av blåsor.



Figur TS18-01:

Fyndet består av ytterligare 11 degelskärvor/fragment. Reparationslagret syns tydligt. Foto Erik Ogenhall, GAL.



Figur TS18-10:

Korsade nicoller. Till vänster i bilden ses insidan med reparationslagret som skiljts från degelväggen av en rad stora blåsor. En rad av mindre blåsor finns 0,3 mm från insidan inne i reparationslagret. Mikroskopfoto Ole Stilborg, SKEA.

Godsgrupp B

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	834	TS22	13S	SL603972	Stolpfundament 2529	Tunnslip	Optisk mikroskopi

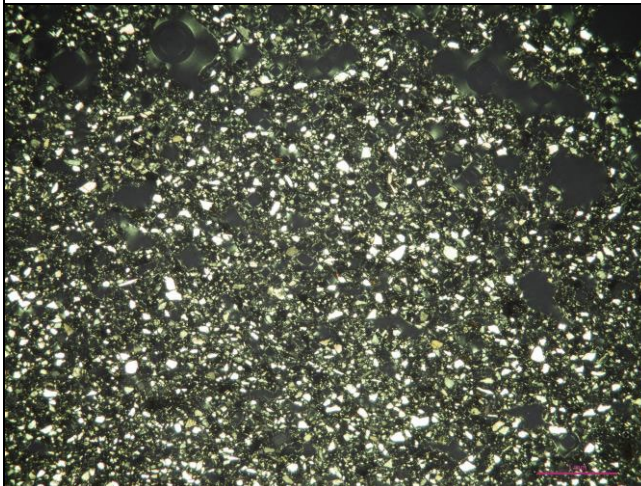
Mikroskopering TS22	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, AP, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	?
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,4 mm
\bar{X} max. kstl.	0,35 mm

Provbeskrivning:

Rest av sluten degel. Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad.



*Figur TS22-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS22-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A1

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	841	TS23	13S	SL604490	Stolpfundament 2534	Tunnslip	Optisk mikroskopi

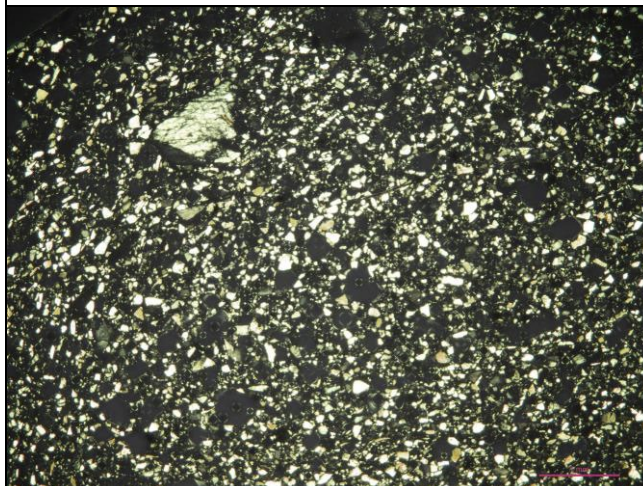
Mikroskopering TS23	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	AP
Växtfrgm	
Diat/fossil	?
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	1,25 mm
\bar{X} max. kstl.	0,5 mm

Provsbeskrivning:

Rest av sluten degel. Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad.



*Figur TS23-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS23-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A2

Bilaga 1h. Analysdatatablad gjutformar

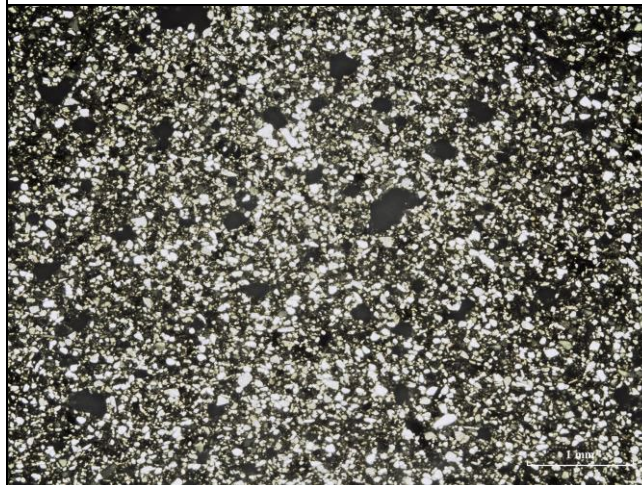
Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	3385	TS20	12S	SL213860	Grophus 1170	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS20	
Lera	
Grovlek	M
Sortering	S
Silt	++
Finsand	*
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	*
Järnoxid	*
Acc. mineral	M, AP, Z, Mu, Bi
Växtfrgm	--
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,3 mm
X max. kstl.	0,2 mm

Provbeskrivning: Gjutformsfragment. Tvådelad form. Tydlig reducering av gjutytan.
Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad.



*Figur TS20-01:
Provet har gjorts av
fragmentet till höger.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS20-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*



*Figur TS20-11:
100 X förstoring.
Notera den stora mängd
mörka mineral (mest
hornblände och augit) i
silt-och
finsandsfraktionen.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp D

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	3388	TS21	12S	SL232856	Grophus 1170	Tunnslip	Optisk mikroskopi

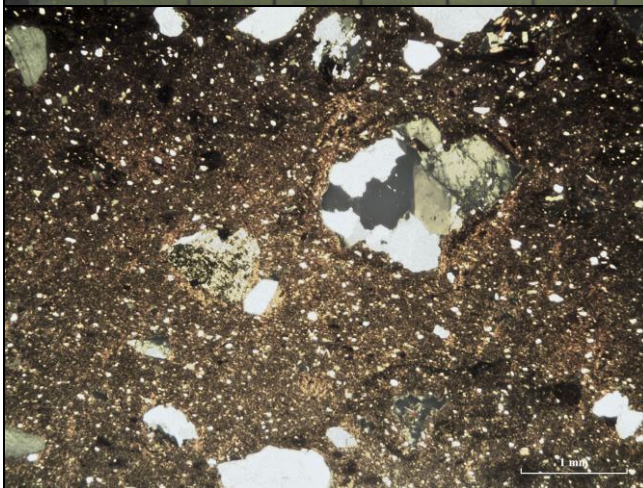
Mikroskopering TS21	
Lera	
Grovlek	F
Sortering	S
Silt	*
Finsand	--
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	*
Järnoxid	*
Acc. mineral	M, AP, Iso
Växtfrgm	
Diat/fossil	--
Magring	
Typ	Gr
Mängd %	15
Max. kstl.	2,5 mm
X max. kstl.	1,5 mm

Provbeskrivning:

Gjutformsfragment med avtryck av textil och bast(?) -snören. Fragmentet är del av ytterhöljet som hållit ihop de två tyginpackade och sammansnörda formhalvorna. Ytterhöljet har sannolikt även utgjort inlopp. Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Kärlgodsl!



*Figur TS21-01:
Foto Ole Stilborg,
SKEA.*



*Figur TS21-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp F

Bilaga 1i. Analysdatablad övrig teknisk keramik

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2067	TS1	4	SL113445	Lager 1336	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS1	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	--
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, A/P, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	1,1 mm
X max. kstl	0,4 mm

Provbeskrivning: Skärva av förkoppringskärl(?). 19 mm tjock. Utsidan förglasad, röd- och grönfärgad och med avtryck som kan vara tångmärken. Insidan lägre bränt.
 Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient från utsidan bestående av intill 3 mm bred förglasad zon (med två större sandkorn), en intill 13 mm bred, sintrad zon med en del blåsor och en intill 5 mm bred sintrad zon. På insidan finns en viss förglasning och fästsintrade slaggrester



*Figur TS1-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS1-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A1

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2070	TS2	4	SL118550	Ränna 1725	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS2	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	S
Silt	++
Finsand	+
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, A/P, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,7 mm
\bar{X} max. kstl	0,5 mm

Provbeskrivning: Lödpaket(?). 10 mm tjock. Utsidan förglasad med sprickor. Insidan svart, reducerat bränd med korsande grunda linjer.
 Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient från utsidan bestående av intill 2 mm bred förglasad zon, en intill 4 mm bred, sintrad zon med en del blåsor och en intill 5 mm bred sintrad zon.



*Figur TS2-01 & 02:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS2-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp A1

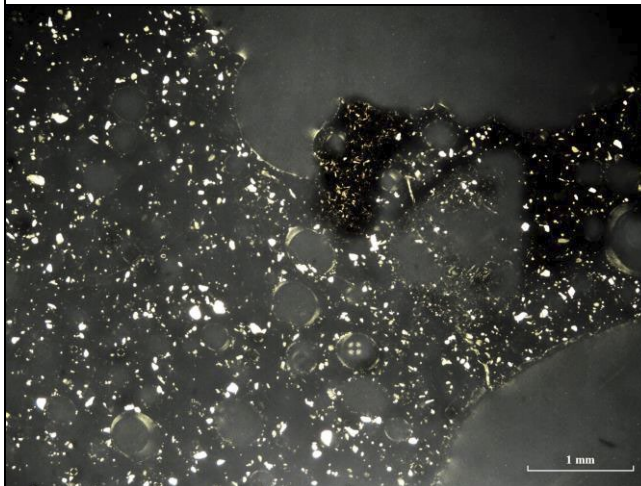
Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	672	TS8	5	SL258039	Grophus 4074	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS8	
Lera	
Grovlek	M
Sortering	S
Silt	+
Finsand	*
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, A/P
Växtfrgm	-
Diat/fossil	-
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,5 mm
\bar{X} max. kstl.	0,3 mm

Provbeskrivning: Infodringsfragment med rest av formad kant. Mycket förglasad. Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Temperaturgradient från förglasad, intill 5 mm bred zon närmast värmekällan över en intill 4 mm bred, reducerat bränd, sintrad, något blåsig zon till en ca 2 mm bred, oxiderat bränd zon. Slaggförekomster mellan den sintrade och den förglasade zonen.



*Figur TS8-01:
Fyndets samtliga
fragment. Provet är
gjort på det övre
fragmentet.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS8-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp C1

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljyta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2813	TS9	5	SL261883	Hård 3979	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS9	
<i>Lera</i>	
Grovlek	M
Sortering	S
Silt	++
Finsand	*
Sand	--
Kalkhalt	
Glimmer	-
Järnoxid	*
Acc. mineral	M, A/P, Z, Mu, Iso
Växtfrgm	--
Diat/fossil	*
<i>Magring</i>	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	1,4 mm
X max. kstl.	0,7 mm

Provbeskrivning: Fragment av möjligt blästerskydd av vävtyngdsform. Fragmentet bär dock inga spår efter att ha utsatts för höga temperaturer.
Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad.



*Figur TS9-01:
Fyndets samliga
fragment. Provet är
gjort på det större
fragmentet.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS9-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp C1

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2893	TS10	8	SL270924	Härd 5803	Tunnslip	Optisk mikroskopi

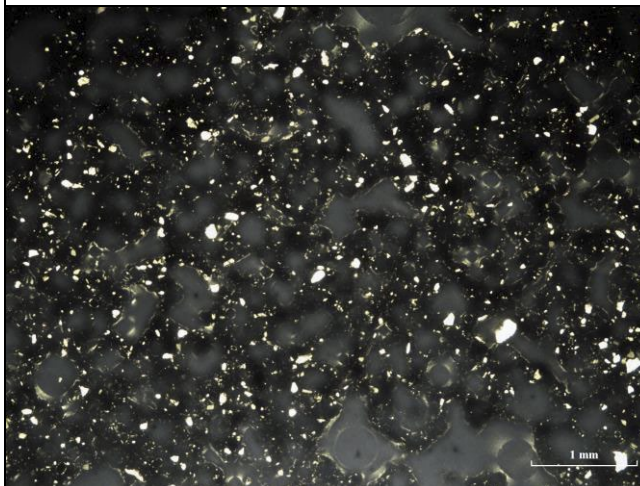
Mikroskopering TS10	
<i>Lera</i>	
Grovlek	M
Sortering	S
Silt	++
Finsand	*
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M, A/P
Växtfrgm	
Diat/fossil	
<i>Magring</i>	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,4 mm
\bar{X} max. kstl.	0,3 mm

Provbeskrivning: Rester av infodring(?). Kraftigt sintrade och blåsiga fragment utan tydlig form.

Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Ingen tydlig temperaturgradient. Enstaka fläckar längs provets kanter är dock förglasade och på ett ställe finns en liten slaggansamling.



*Figur TS19-01:
Fyndets samtliga
fragment.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS10-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp H

Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2222	TS12	12N	SL363004	Hård 2742	Tunnslip	Optisk mikroskopi

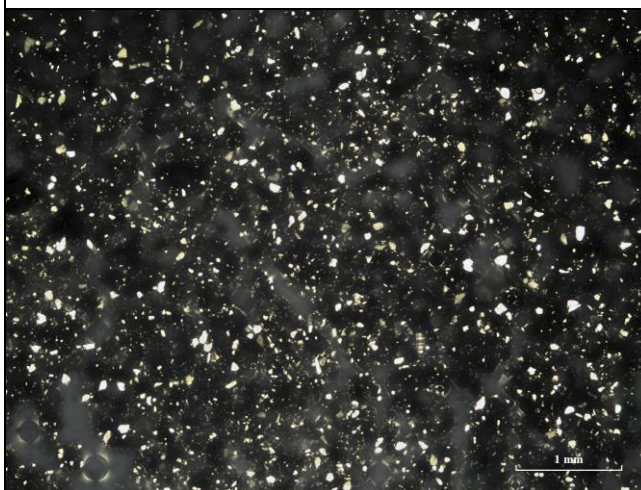
Mikroskopering TS12	
Lera	
Grovlek	M
Sortering	S
Silt	++
Finsand	*
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	+
Acc. mineral	M, A/P
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,3 mm
\bar{X} max. kstl.	0,2 mm

Provsbeskrivning: Fragment av infodring(?). Sintrade klumpar av lera med delvis förglasade ytor. Inga tydliga former.

Godsstruktur i TS: Vålhomogeniserad. Otydlig temperatur-gradient från fläckvis förglasad zon nära provets ena långsida, följd av upp till 7 mm bred sintrad, blåsig zon och därefter hårt bränd zon av mycket varierande bredd. Stor mängd diatoméer och spongienålar i inträngd jord från omgivande kontext.



Figur TS12-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.



Figur TS12-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.

Godsgrupp H

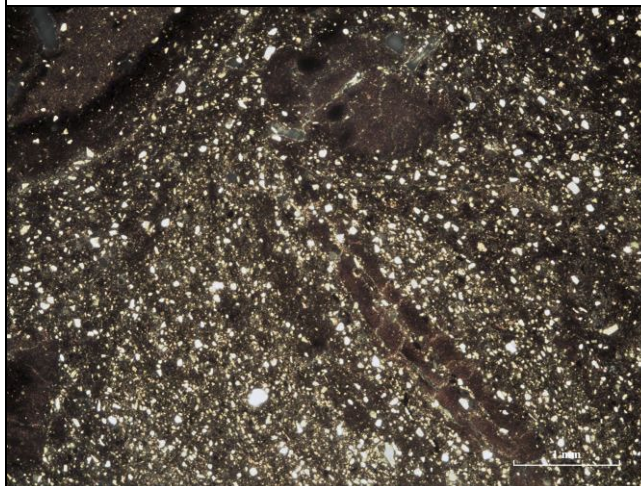
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2271	TS13	12N	SL332801	Städstabe 2188	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS13	
Lera	
Grovlek	M
Sortering	S
Silt	+
Finsand	*
Sand	--
Kalkhalt	+
Glimmer	-
Järnoxid	*
Acc. mineral	M, A/P, Z, Mu
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	0,7 mm
X max. kstl.	0,3 mm

Provsbeskrivning: Fragment av möjligt blästerskydd av vävtyngdsform. Fragmentet bär dock inga spår efter att ha utsatts för höga temperaturer.
Godsstruktur i TS: Tillräckligt homogeniserad med enstaka sliror och körtlar av finare lera med lägre kalkhalt. Inga tecken på höga temperaturer.



*Figur TS13-01:
Utöver det möjliga blästerskyddet (andra fragmentet från höger) finns även infodringsfragment.
Foto Erik Ogenhall, GAL.*



*Figur TS13-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp E

Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik och slagg	2258	TS14	12N	SL332933	Härd 2187	Tunnslip	Optisk mikroskopi

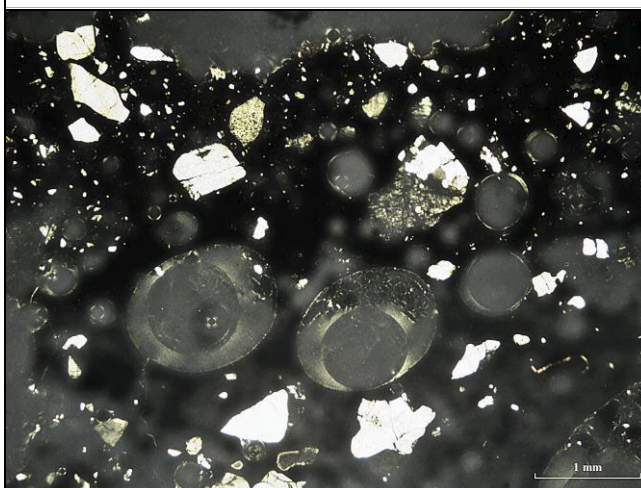
Mikroskopering TS14	
Lera	
Grovlek	F
Sortering	S
Silt	*
Finsand	*
Sand	
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M?
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Sand?
Mängd %	10
Max. kstl.	1,2 mm
\bar{X} max. kstl.	0,9 mm

Provsbeskrivning: Fragment av möjlig infodring. Grovt sandigt gods.

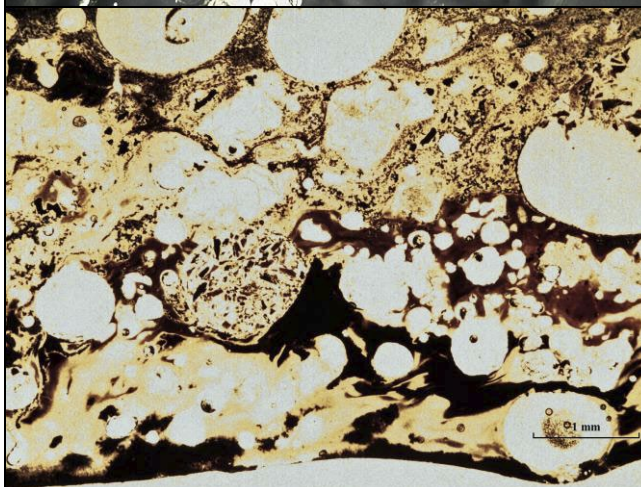
Godsstruktur i TS: Det mesta av provet består av olika lager av blandningar mellan slagg och förglasad keramik. Här finns också flera små järnfragment. Längst bort från den förglasade ytan finns en intill 3 mm bred lägre bränd zon med inträngda slingor av slagg.



*Figur TS13-01:
Fyndet i profil där
temperaturgradienten
syns tydligt från vänster
mot höger.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS13-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*



*Figur TS13-11:
Konglomeratet av slagg
och förglasad lera som
utgör utsidan ses längst
ner i bilden.
Parallella nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Inte inordnat i någon godsgrupp

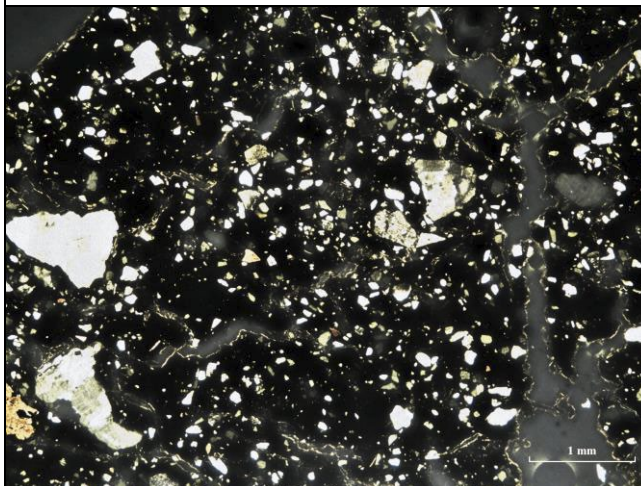
Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2296	TS15	12N	SL333444	Hård 2187	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS15	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	OS
Silt	+
Finsand	+
Sand	*
Kalkhalt	
Glimmer	-
Järnoxid	*
Acc. mineral	M, A/P
Växtfrgm	*
Diat/fossil	-
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	1,7 mm
\bar{X} max. kstl.	1,1 mm

Provbekrivning: Fragment av infodring med formad kant som delvis har varit fristående. Godsstruktur i TS: Tillräckligt homogeniserad med flera körtlar av finare lera. Temperaturgradient från yta med slagghud och intill 5 mm bred förglasad zon, följd av 3 mm bred rad av stora blåsor och därpå av intill 5 mm bred, sintrad, blåsig zon och sist en intill 8 mm bred, hårt oxiderat bränd zon.



*Figur TS15-01:
Analysen har utförts på
fragmentet längst upp i
bilden.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS15-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp C2

Material	Fyndnr.	Provnr.	Detaljta	Kontext	Anl.	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2301	TS16	12N	SL333444	Härd 2187	Tunnslip	Optisk mikroskopi

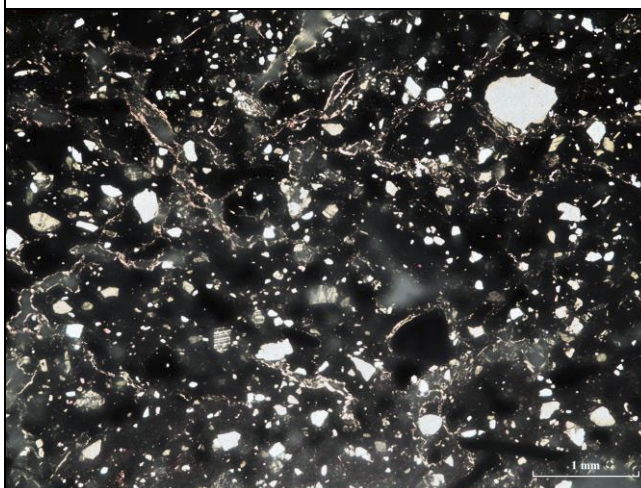
Mikroskopering TS16	
Lera	
Grovlek	M
Sortering	S
Silt	*
Finsand	+
Sand	-
Kalkhalt	
Glimmer	*
Järnoxid	+
Acc. mineral	M, A/P
Växtfrgm	
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Glödskal
Mängd %	8
Max. kstl.	1,1 mm
\bar{X} max. kstl.	0,9 mm

Provbeskrivning: Fragment av infodring med kant och möjligt blästerhål.

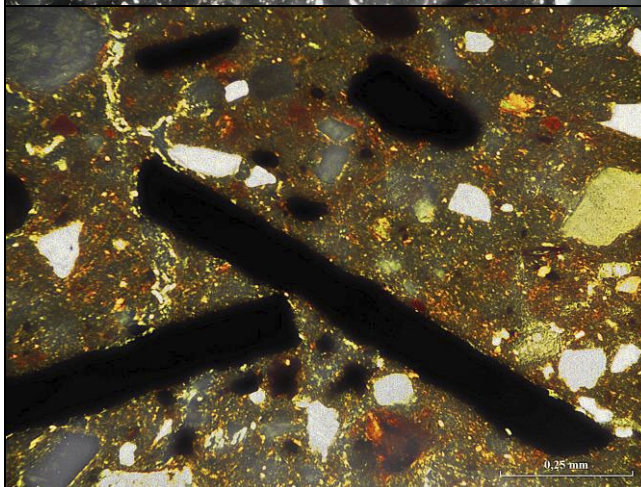
Godsstruktur i TS: Tillräckligt homogeniserad med en del främst små körtlar av finare lera. Glödskalen är jämnt fördelade i hela godset och bör därför övervägas som magring. Temperaturgradient med en intill 6 mm tjock förglasad blandning av slagg och lera inklusive glödskal följd av intill 3 mm bred zon av sintrad, blåsig lera som övergår i en intill 4 mm bred zon av hårt, oxiderat bränd lera.



*Figur TS16-01:
Två av fyndets
infodringsfragment med
möjligt blästerhål.
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS16-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*



*Figur TS-11:
Magringen(?) med
glödskal i 100x
förstoring.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp G

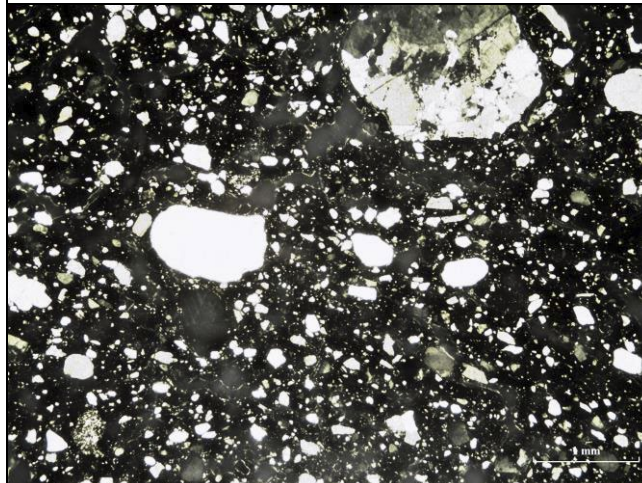
Material	Fyndnr.	Provrnr.	Detaljta	Kontext	Anl.typ	Provtyp	Analysmetod
Keramik	2844	TS19	12S	SL221753	Brunn 1171	Tunnslip	Optisk mikroskopi

Mikroskopering TS19	
Lera	
Grovlek	G
Sortering	OS
Silt	+
Finsand	+
Sand	*
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	?
Acc. mineral	M?
Växtfrgm	*
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	
Max. kstl.	2,1 mm
\bar{X} max. kstl.	1,4 mm

Provbeskrivning: Skärva av skärvel. 11 mm tjock. Förglasad mynning och utsida. Godsstruktur i TS: Tillräckligt homogeniserad. Temperaturgradient från förglasad insida med slagghud. Hela den 7,5 mm breda mynningen är förglasad. Längre ner på sidan blir den sintrade, reducerat brända zonen gradvis tjockare intill 11mm längst ner på skärvan.



*Figur TS19-01:
Foto Erik Ogenhall,
GAL.*



*Figur TS19-10:
Korsade nicoller.
Mikroskopfoto Ole
Stilborg, SKEA.*

Godsgrupp J?

Bilaga 2a. Kemiaanalyser, kopparlegeringar

Analyser med elektronmikroskop (JEOL JXA-8530F) på polerade ytor av fynden presenteras i form av bulkanalyser (medelvärden av flera analyserade ytor; 50x50 mikrometer stora). Värdet = 0 innebär att ämnet inte förekommer i halter över detektionsnivån. För kopparrika legeringar uppvisar guld (Au) ett värde i storleksordningen 0,2 %. Detta värde bör ej tas i beaktande då det sannolikt beror på interferens med koppar i analysen. Högre guldhalter i kombination med hög zinkhalt kan också vara en analysfejl. Analyserna är gjorda vid Institutionen för Geovetenskaper vid Uppsala Universitet. De tre huvudämnen koppar (Cu), zink (Zn) och tenn (Sn) har markerats för att underlätta läsningen.

Prov	Sakord/undertyp	S	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Ag	Sn	Sb	Au	Pb	Bi	Hg	Total
3-18	Smälta	0,30	0,18	0,00	0,05	82,95	2,44	0,02	0,16	8,28	0,03	0,31	2,93	0,00	0,02	97,68
2-54	Klipp/bleck	0,02	0,03	0,00	0,02	63,37	35,17	0	0,10	0,02	0,00	0,81	0,37	0,02	0,02	99,96
3-148	Smälta	5,38	0,00	0,00	0,01	92,03	0	0,00	0,08	0,01	0,01	0,18	0,01	0,02	0,04	97,78
2-166	Klipp/bleck	0,04	0,11	0,00	0,01	71,31	26,65	0,05	0,14	0,01	0,01	0,66	0,14	0,01	0,02	99,18
2-178	Smälta	0,01	0,01	0,01	0,03	74,62	0	0,26	0	23,34	0,06	0,24	2,86	0,01	0,01	101,45
2-184	Klipp/bleck; homogen	5,32	0,00	0,00	0,05	93,07	0	0,02	0,10	0,01	0,11	0,20	0,37	0,07	0,01	99,33
2-184	Klipp/bleck; komplex	3,31	0,01	0,01	0,04	87,77	0	0,01	0,12	4,24	0,18	0,23	1,56	0,04	0,02	97,53
2-189	Skrotmetall/bleck	1,73	0,00	0,00	0,01	96,13	0	0,03	0,14	0,01	0,02	0,19	0,22	0,04	0,02	98,53
2-212	Smälta	0,03	0,00	0,01	0,01	100,55	0	0,01	0,17	0,02	0,01	0,19	0,07	0,03	0,03	101,12
2-216	Smälta	5,29	0,27	0,00	0,02	91,13	0	0,20	0,13	0,81	0,08	0,17	0,73	0,03	0,00	98,87
2-242	Degel?	0,33	0,21	0,00	0,01	18,01	0,24	0,08	3,80	16,72	0,17	0,23	4,19	0,02	0,02	44,03
2-252	Smälta	0,02	0,00	0,01	0,00	101,07	0	0,00	0,06	0,01	0,01	0,19	0,02	0,02	0,02	101,45
12N-727	Råämne/ten	0,33	0,08	0,00	0,04	65,38	30,94	0,01	0,03	0,02	0,01	0,72	0,33	0,03	0,01	97,95
12S-775	Smälta	5,40	0,00	0,01	0,10	90,26	0	0,01	0,08	2,70	0,13	0,25	0,41	0,01	0,01	99,37
12S-786	Råämne/ten	0,05	0,01	0,00	0,01	59,77	39,32	0	0,03	0,01	0,00	0,92	0,25	0,02	0,01	100,42
12N-878	Råämne/ten	0,12	0,21	0,00	0,03	69,93	26,63	0,02	0,14	0,71	0,03	0,72	1,25	0,01	0,02	99,83
12N-884	Smälta	0,23	1,43	0,00	0,05	75,81	17,08	0,04	0,08	0,53	0,16	0,51	3,28	0,01	0,00	99,22
12N-887	Råämne/ten	0,23	0,36	0,01	0,33	88,07	4,06	0,11	0,14	2,00	0,29	0,29	1,92	0,02	0,02	97,85
12N-935	Råämne/ten	5,41	0,01	0,00	0,01	93,07	0	0,05	0,17	0,01	0,04	0,19	0,43	0,02	0,04	99,44
4-1065	Smälta	0,01	0,01	0,01	0,03	76,41	0	0,21	0	23,48	0,03	0,23	0,52	0,01	0,05	100,99
4-1066	Smälta	0,21	0,02	0,00	0,04	90,43	0	0,03	1,36	5,55	0,02	1,39	1,27	0,01	0,03	100,37
4-1078	Smälta	0,03	0,15	0,04	0,04	75,47	23,61	0,03	0,04	0,96	0,01	0,48	0,05	0,01	0,03	100,94
1-1134	Smälta/giuttapp	4,94	0,00	0,01	0,02	93,20	0	0,19	0,11	0,01	0,18	0,19	0,45	0,03	0,02	99,35
12S-1667	Smälta/giuttapp	6,31	0,00	0,00	0,05	90,90	0	0,27	0,13	0,01	0,19	0,19	0,85	0,16	0,03	99,08
12S-2729	Degel	0,63	0,00	0,00	0,03	99,19	0	0,08	0,12	0,00	0,25	0,19	0,34	0,04	0,01	100,89
12S-2730	Degel	0,12	0,08	0,00	0,04	91,49	5,65	0,05	0,13	0,05	0,24	0,29	1,00	0,05	0,02	99,21
5-2788	Smälta/giuttapp	4,81	0,00	0,00	0,10	92,25	0	0,11	0,13	0,01	0,18	0,25	1,63	0,13	0,04	99,63
5-2794	Råämne/ten	0,03	0,18	0,00	0,01	79,75	14,54	0,02	0,07	1,01	0,00	0,38	4,66	0,02	0,03	100,68
5-2814	Smälta	0,32	0,09	0,01	0,31	82,81	0	0,44	0,30	3,33	1,24	0,22	11,95	0	0,02	101,05
5-2815	Smälta	0,06	0,07	0,01	0,06	84,79	0	0,07	0,02	11,48	0,07	0,20	4,15	0,04	0,03	101,04
8-2874	Smälta/giuttapp	0,01	0,00	0,00	0,06	99,27	0	0,09	0,18	0,01	0,34	0,20	0,86	0,03	0,02	101,09
12S-3112	Klipp/bleck; homogen	6,84	0,00	0,01	0,06	89,80	0	0,15	0,11	0,00	0,30	0,22	0,77	0,08	0,03	98,38
12S-3112	Klipp/bleck; komplex	3,12	0,02	0,00	0,05	83,45	0	0,12	0,11	6,04	0,32	0,20	2,61	0,08	0,02	96,13

Bilaga 2b. Blyisotopanalyser, kopparlegeringar

Blyisotopsammansättning i de analyserade fynden av koppar (cu), brons (br) och mässing (ms). Analysen är genomförd med Micromass Isoprobe ICP-MS vid Naturhistoriska Riksmuseet, Laboratoriet för isotopgeologi.

Prov	Metall	Sakord/Undertyp	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
2-166	ms	Klipp/bleck	16,570	15,429	36,220	0,93113	2,1858
2-189	cu	Skrotmetall/bleck	16,315	15,405	35,913	0,94422	2,2012
2-212	cu	Smälta	15,789	15,365	35,332	0,97313	2,2378
12N-727	ms	Råämne/ten	18,325	15,625	38,311	0,85252	2,0906
12S-775	br	Smälta	17,615	15,543	37,455	0,88230	2,1261
12N-884	ms	Smälta	18,325	15,606	38,231	0,85150	2,0863
4-1065	br	Smälta	18,271	15,625	38,218	0,85511	2,0919
4-1066	br	Smälta	18,502	15,646	38,505	0,84556	2,0813
4-1078	ms	Smälta	18,155	15,492	38,052	0,85323	2,0959
12S-2729	cu	Degel/metall	18,335	15,634	38,282	0,85261	2,0881
12S-2730	ms	Degel/metall	18,321	15,625	38,282	0,85282	2,0895
5-2814	br	Smälta	18,026	15,570	37,876	0,86365	2,1014
5-2815	br	Smälta	17,540	15,534	37,356	0,88558	2,1297

Bilaga 3. Apropå ¹⁴C-datering av kol i järn

Bakgrund

Fyra amuletringar av järn har ¹⁴C-daterats. Tre ringar härrör från tre olika rituella ytor inom Storbybacke. En ring valdes ut från GUSK norra, från ett odlingslager nära Smedja 3974. Tre av fynden har daterats till yngre romersk järnålder. Ett av fynden har daterats till vendeltid. Dessa resultat ger en äldre datering än vad som huvudsakligen förväntas med utgångspunkt i kontext och typologi.

Diskussion

Det kol som har ¹⁴C-daterats i amuletringarna är kemiskt förenat med järnet. Det innebär att det är en blandning av allt kol, möjligen från flera källor, som har använts; från järnframställning till det slutliga smidet. För dessa amuletringar är det troligt att kolet som har daterats huvudsakligen kommer från framställningen. Den tolkningen kan man göra med utgångspunkt i den metallografiska analysen (opublicerad) av föremålen där det framgår att amuletringarna har utseende som är karaktäristiskt för blästjärn (ojämn eller varierande kvalitet och innesluten slagg). Eftersom ingen av dem har strukturer som tyder på att de skulle vara uppkolade under smidet är det därför inte troligt att det daterade kolet har speciellt stort inslag från smidet.

Analysen är beroende av att det finns kol i metallen, och att kolhalten är tillräcklig (Cook m.fl. 2001). Kolhalten varierar i de daterade ringarna och därför gjordes analysen på olika stora prover; från de med lägst kolhalt analyserades större prover än från ringen som innehåller högre kolhalt (stål). Systematiskt något för höga åldrar har noterats i en dateringsstudie som huvudsakligen utgjordes av spik (Nordqvist 2011). Den slutsats som fördes fram som orsak till avvikelse var att spikar kan ha smitts om från äldre föremål och bedömdes därför inte vara optimala för datering. Teoretiskt skulle även de aktuella amuletringarna kunna vara omsmidna från äldre föremål, men med tanke på att den metallografiska analysen visar att de innehåller mycket slagg, är det mindre troligt eftersom man borde förvänta sig en successiv minskning av slaggmängden. Inte heller är slaggen finfördelad i den omfattning man kan räkna med efter upprepat smide.

Dateringsresultaten kan teoretiskt också påverkas av kontaminering av annat kol, t.ex. från modern utrustning som används i hanteringen och som innehåller fossilt kol (Scharf m.fl. 2004; Hüls m.fl. 2011). Ett litet bidrag av fossilt kol medför högre åldrar. Om kolhalten i det analyserade provet är lågt innebär det att en potentiell kontaminering från fossilt kol får proportionellt större effekt än motsvarande kontaminering i ett järn med högre kolhalt. Möjligen kan detta vara en anledning till de oväntat höga åldrarna i detta fall. Samtliga tre ringar som har daterats till yngre romersk järnålder har en tämligen låg kolhalt (med eller utan fosforinnehåll), medan ringen som har daterats till vendeltid har en högre, men ojämnt fördelad, kolhalt.

Möjliga felkällor till dateringsresultaten som resulterat i högre åldrar än förväntat kan sammanfattas:

- Okänd egenålder på ved som använts till koltillverkning
- Kol från flera källor/processer t.ex. järnframställning och smide.
- Omsmide av äldre järn (föremål)
- Föremålets kolinnehåll
- Kontaminering från modern utrustning med fossilt kol (medför högre åldrar)

Referenser

- Cook, A.C., Wadsworth, J. & Southon, J.R. 2001. AMS radiocarbon dating of ancient iron artifacts: A new carbon extraction method in use at LLNL. *Radiocarbon*, Vol 43, Nr2A, 2001, p 221–227.
- Hüls, M., Grootes, P.M. & Nadeau, M-J. 2011. Sampling iron for radiocarbon dating: influence of modern steel tools on 14C dating of ancient iron artifacts. *Radiocarbon*, Vol 53, Nr 1, 2011, p 151–160.
- Nordqvist, H. 2011. Radiocarbon dating of iron. Master thesis in archaeology, University of Helsinki, Department of Archaeology. 75 pp.
- Scharf, A., Kretschmer, W., Morgenroth, G., Uhl, Th., Kritzler, K., Hunger, K. & Pernicka, E. 2004. Radiocarbon dating of iron artifacts at the Erlangen AMS facility. *Radiocarbon*, Vol 46, Nr 1, 2004, p 175–180.

OKB-projektets publikationer

RAPPORTNR	TITEL
2017:1_1	at Upsalum – människor och landskapande Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_2	Projektintroduktion – om det arkeologiska projektet Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_3	Huskatalog Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_4	Gravkatalog Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_5	Grophuskatalog Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_6	Brunnskatalog Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_7	Katalog över stolpfundament Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_8	Katalog över aktivitetsytor Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_9	Katalog över hägnader, stolpkonstruktioner och väglämningar Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_10	Föremålskatalog Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_11	Metallhantverket – arkeometallurgiska analyser Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_12	Gårdarnas djur – osteologisk analys Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_13	Brandgravar vid Storby backe – osteologisk analys Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_14	Växtfynd – makrofossil- och pollenanalys Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_15	Keramik bland levande och döda Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_16	Stenfynd och kvarnstensanalys Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_17	Arkeologisk prospektering – magnetometer och georadardata Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_18	Järnföremål – Rapporter från Acta KonserveringsCentrum AB Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_19	Föremål av kopparlegering, övrig metall utom järn – Rapporter från Acta KonserveringsCentrum AB Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_20	Ben- och hornföremål – Rapporter från Acta KonserveringsCentrum AB Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_21	Glasföremål och övriga material – Rapporter från Acta KonserveringsCentrum AB Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_22	Arkeologiska forskningslaboratoriets analyser Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
2017:1_23	Två runbleck – analyser från Riksantikvarieämbetet Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala

ÖVRIGA PUBLIKATIONER	TITEL
Riksantikvarieämbetet, UV Rapport 2013:78	Gamla Uppsala – årsredogörelse år 2012 Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
Statens historiska museer, Arkeologiska uppdragsverksamheten, rapport 2015:28	Gamla Uppsala – årsredogörelse år 2013 Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
Arkeologerna, Statens historiska museer, rapport 2018:24	Gamla Uppsala – årsredogörelse år 2014–2017 Utbyggnad av Ostkustbanan genom Gamla Uppsala
Arkeologerna, Statens historiska museer, 2016 Seminarierapport	Socioekonomisk mångfald. Ritualer och urbanitet. Rapport från projektseminarium för Ostkustbanan (OKB) genom Gamla Uppsala