

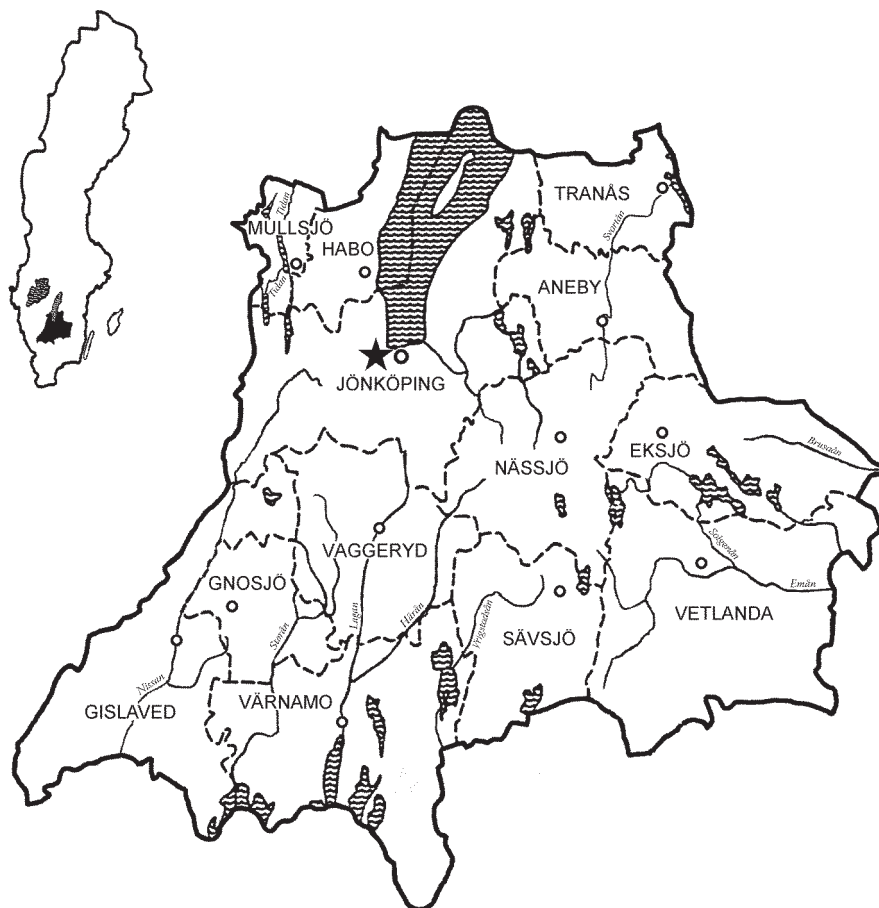


Järnframställning och kolning vid Axamo flygplats

Moa Lorentzon

Järnframställning och kolning vid Axamo flygplats

Arkeologisk förundersökning och särskild undersökning av RAÄ 338,
190:1, 333, m.fl. inom del av Hedenstorp 1:3, Sandseryds socken i Jönkö-
pings kommun, Jönköpings län



Rapport, foto och ritningar: Moa Lorentzon
Grafisk design: Anna Stålhammar
Tryck: Rydheims Tryckeri AB, Jönköping

Jönköpings läns museum, Box 2133, 550 02 Jönköping
Tel: 036-30 18 00
E-post: info@jkpglm.se
www.jkpglm.se

Utdrag ur tryckta och ajourhållna ekonomiska kartor är återgivna enligt tillstånd:
© Lantmäteriet. Ärende nr MS2007/04833.

ISSN: 1103-4076

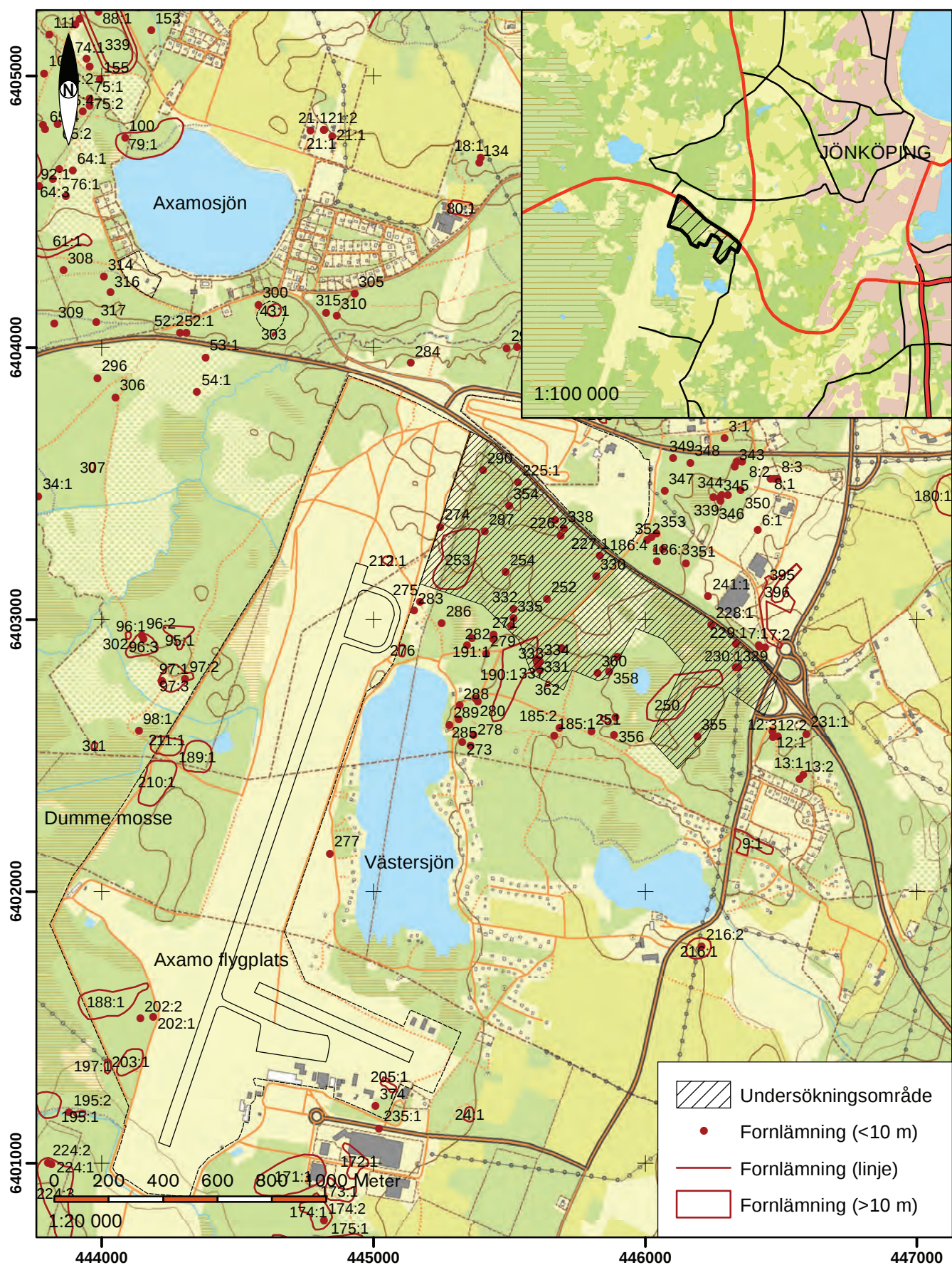
© JÖNKÖPINGS LÄNS MUSEUM 2012

Innehåll

Inledning.....	5
Förutsättningar, upplägg av rapporten.....	5
Syfte och frågeställningar.....	7
Förundersökning.....	7
Särskild undersökning.....	7
Metod, dokumentation, analys.....	9
Förundersökning.....	9
Särskild undersökning.....	9
Topografi.....	11
Fornlämnings- och kulturmiljö.....	11
Tidigare undersökningar.....	11
Resultat, förundersökning.....	12
Blästplats, RAÄ 338.....	12
Kolarkojgrund, RAÄ 333.....	13
Blästplats, RAÄ 190:1.....	13
Resultat, särskild undersökning.....	14
Blästplats, RAÄ 338.....	14
Kolningsgropar.....	20
Kolning i mila.....	27
Kolarkojgrund, RAÄ 333.....	31
Tolkning av fältresultat, diskussion.....	33
Förundersökning.....	33
Särskild undersökning.....	33
Sammanfattning av fältresultat.....	38
Administrativa uppgifter.....	40
Referenser.....	41
Tryckta källor.....	41
Otryckta källor.....	41
Arkiv.....	41

Bilagor

- Bilaga 1. Blästplats, RAÄ 338, planritning över 1:a framrensningen.
- Bilaga 2. Blästplats, RAÄ 338, planritning över 3:e framrensningen.
- Bilaga 3. Vedartsbestämning och ¹⁴C-datering.
- Bilaga 4. Fyndtabell.
- Bilaga 5. Undersökta lämningar.
- Bilaga 6. Grandin, L. Med bidrag av Stilborg, O. Och Jonsson, E.
UV Uppsala Rapport 2009:16. Geoarkeologisk undersökning.



FIGUR 1. Utdrag ur digitala fastighetskartan. Område för planerad exploatering (liksom för förundersökningsområde) är skrafferat.

Inledning

Jönköpings kommun planerar avsätta mark för industribyggnation inom Hedenstorp 1:3. beläget precis S om RV 40 respektive Ö om Axamo flygplats (FIGUR 1), Sandseryds socken, Jönköpings kommun. Med anledning härav har Jönköpings läns museum, efter beslut av Länsstyrelsen och beställning av Jönköpings kommun, tekniska kontoret, genomfört en arkeologisk förundersökning samt en särskild arkeologisk undersökning inom området. Undersökningarna berörde lämningar efter lågteknisk järnframställning samt förhistorisk och historisk kolning och har föregåtts av arkeologisk utredning etapp 1 och 2 (Lorentzon 2004, 2007).

Förundersökningen (Jlm Dnr 288/07) genomfördes under ca 2 veckor i maj–juni 2008, berörde 4 delområden inom planerat exploateringsområde (1, 5, 6 och 7) och innebar undersökning av 11 kolningsgropar (6 inom och i närheten av blästplats RAÄ 190:1, 2 i anslutning till blästplats RAÄ 338, samt 3 ensamliggande), 1 härd, 2 liggmilor och 4 resmilor, avgränsning av slaggvarpet inom blästplats RAÄ 338 och avgränsning av en kolarkojgrund, RAÄ 333, samt kartering och ny-avgränsning av N delen av RAÄ 190:1 (Blästplats bestående av minst 3 slaggvarp och ett 20-tal kolningsgropar). Sammantaget berördes ca 245 000 m², varav ca 2 600 m² undersöktes intensivt (FIGUR 2, BILAGA 5).

Undersökningen (Jlm Dnr 275/08) genomfördes under ca 3 veckor i oktober–november 2008 och innebar undersökning av nämnda kolarkojgrund, RAÄ 333 och blästplats, RAÄ 338 samt av 2 kolningsgropar inom N delen av RAÄ 190:1. Sammantaget undersöktes ca 680 m² intensivt (FIGUR 2, BILAGA 5).

Fält- och rapportansvarig var Moa Lorentzon, Jönköpings läns museum och i fält jobbade också Britt Ajneborn, Christina Helander, Ann-Marie Nordman och Rickard Wennerberg från samma institution. Lena Grandin från Geoarkeologiska laboriet (UV GAL) i Uppsala, medverkade vid undersökningen, en dag i fält och en dag efter avslutat fältarbete, samt har, i samarbete med Ole Stilborg och Erik Jonsson, genomfört en arkeometallurgisk undersökning av materialet från blästplatsen, RAÄ 338 (BILAGA 6).

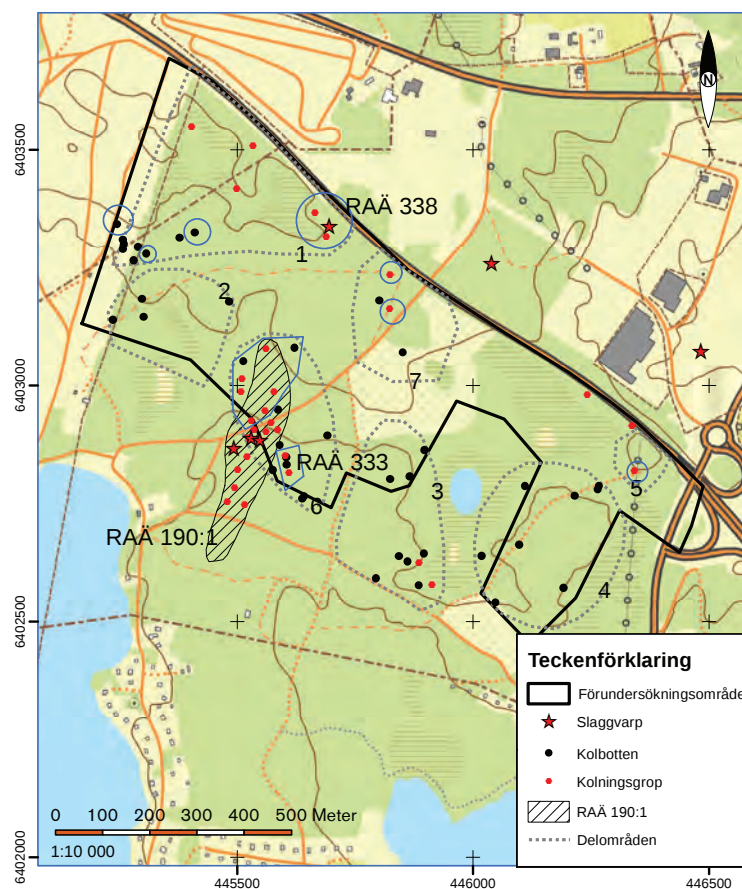
Förutsättningar, upplägg av rapporten

Enligt länsstyrelsens kravspecifikation skulle lämningarna efter lågteknisk järnframställning avgränsas, karaktäriseras och dateras inom ramen för förundersökningen, för att sedan undersökas och dokumenteras vid särskild arkeologisk undersökning. För kolningslämningarna (kolningsgropar och kolbottnar) gällde däremot att de skulle undersökas och dokumenteras redan vid förundersökningen. Efter diskussioner angående exploateringsytans utbredning vid RAÄ 190:1, samt efter att en kolarkojgrund framkommit vid

förundersökningen, kom också den särskilda undersökningen att tillslut omfatta undersökning av kolningslämningar (kolningsgropar samt kolarkojgrund).

På grund av att både förundersökning och särskild undersökning på detta sätt kom att innebära undersökning, dokumentation och borttagande av lämningar samt att flera av dessa lämningar ingår i komplex som borde undersökts och tolkats tillsammans, presenteras nu resultaten som om de samtliga ingått i en och samma särskilda undersökning. De resultat från förundersökningen som kom att ligga till grund för den fortsatta undersökningen, presenteras däremot för sig. Detta gäller blästplatsen RAÄ 338, kolarkojan RAÄ 333, samt karteringen och ny-avgränsningen av N delen av blästplatsen RAÄ 190:1.

Enligt länsstyrelsens kravspecifikation skulle undersökningsplanen för förundersökningen redovisa frågeställningar som också kunde anses relevanta för särskild undersökning. Flera av de frågor som ställdes kom sedan att inför undersökningen utgå eller omformuleras, utifrån resultaten av förundersökningen. Inför förundersökningen var t.ex. nästan hälften av RAÄ 190:1 tänkt att beröras av planlagt område och flera frågor rörde därför de tre slaggvarp som ligger centralt i detta fornlämningsområde (FIGUR 2). Efter förundersökningen fördes



FIGUR 2. Utdrag ur digitala fastighetskartan. Svart linje markerar område för planerad exploatering. Förundersökningen berörde lämningar inom område 1, 5, 6 och 7, inringade med blått. Undersökningen berörde RAÄ 333, 338 och 190:1.

Skrafferat område: RAÄ 190:1.

dock diskussioner mellan Länsstyrelsen och Jönköpings tekniska kontor angående exploateringsytans utbredning vid RAÄ 190:1, varpå Jönköpings kommun valde att, i detta skede, ändra utbredningen av exploateringsområdet så att den del av fornlämningen som berör slaggvarpen undantas från exploatering.

Enligt länsstyrelsens kravspecifikation inför den särskilda undersökningen skulle undersökningen fokusera på järnframställningsplatsen, RAÄ 338, för att klarlägga dess kontext och datering i relation till liknande lämningar som tidigare undersökts i närområdet.

Syfte och frågeställningar

Förundersökning

En förundersökning syftar till att begränsa, karaktärisera och datera en fornlämning. Relevanta frågeställningar presenterades i undersökningsplanen varav några, som sagts ovan, kom att utgå eller omformuleras. Nedan återges de som kvarstod, för varje lämning för sig.

Blästplats, RAÄ 338

- Hur stort är slaggvarpet?
- Går det att fastställa ugnens/ugnarnas läge och antal i slaggvarpet?
- Finns en fällsten?
- Finns spår efter annan verksamhet kopplad till järnframställning eller smide?
- Finns spår av annan verksamhet än sådan kopplad till järnframställning eller smide?

Kolarkojgrund, RAÄ 333

Lämningen framkom först vid förundersökningen:

- Hur stor är kolarkojan?

Blästplats, 190:1

- Kan karteringen ligga till grund för ett länsstyrelsebeslut att bevara en större del av fornlämningen än vad som är aktuellt utifrån planlagt område?

Särskild undersökning

En särskild undersökning syftar till att undersöka, dokumentera och ta bort en fast fornlämning. I undersökningsplanerna för både förundersökning och särskild undersökning, presenterades relevanta frågeställningar. Som sagts ovan kom vissa att utgå eller omformuleras. Nedan återges de som kvarstod, för varje lämning för sig.

Inför slutundersökningen formulerades också frågor av UV GAL, utifrån arkeometallurgiska analyser. För dessa hänvisas till UV Uppsala Rapport 2009:16. Geoarkeologisk undersökning (Grandin 2009). Rapporten bifogas som bilaga 6.

Blästplats, RAÄ 338

- Går det att för Raä 338 fastställa:
 - användningstid?
 - ugnarnas konstruktion?
 - spår av primärsmide i blästans närhet?
 - spår av rostningsplats?
 - spår av färskningsugn?
 - spår av att man bott på platsen under arbetets utförande?
 - spår av annan verksamhet än sådan kopplad till järnframställning eller smide?
 - Hur är järnframställningsplatsen organiserad?
 - Hur många kolningsgropar har försörjt järnframställningen vid Raä 338?
 - Har järnframställningen varit säsongsbunden?
 - Har platsen återanvänts?
 - Vilken råvara har använts?
 - Är den lokal?
 - Vilken kvalitet har det producerade järnet?
 - Hur mycket järn har framställts?
 - Var hamnade det framställda järnet?
- Utifrån resultaten från undersökningarna vid Lundströms plats 2007, där rester efter ett omfattande smide påträffades i tidig-medeltida lager, är det viktigt att ställa frågan om detta järn producerats i Axamo/Hedenstorp?

Kolningslämningar och kolarkojgrund

- Har de två kolningsgroparna inom Raä 190, försörjt slagghvarpen strax S om dem, med kol?
- Finns ytterligare spår efter kol- och/eller järnframställning i anslutning till undersökta kolningsgropar?
- Är de undersökta kolningsgroparna samtida med de undersökta järnframställningsplatserna i området?
- Vilket tidsspann, vad gäller kolningen, finns i området?
- Går det att belägga medeltida resmilor i området?
- Är de kolbottnar och kolningsgropar som ligger i nära anslutning till varandra också samtida?
 - Är kolningsgroparna i så fall spår av efterkolning?
- Är det möjligt att se tekniska skillnader mellan milor med gropar och milor med ränna?
- Är det möjligt att se en kronologisk skillnad mellan kolningsgropar, liggmila, resmila med gropar och resmila med ränna?
- Hur har kolarkojan varit uppbyggd?
- Är kolarkojan samtida med kolningen?
- Har kolningen varit säsongsbunden?
- Finns andra spår efter kolaren/kolarna i kolbottnarnas närområde?

Metod, dokumentation, anlays

Förundersökning

För att avgränsa slagghvarpet, RAÄ 338 och bedöma dess storlek, togs förnan bort med maskin kring detta. Förnan togs också bort över två begränsade ytor kring varpet, för att försöka lokalisera eventuell fällsten, spår av annan verksamhet kopplad till järnframställning eller smide samt spår av eventuell annan verksamhet.

Ambitionen i undersökningsplanen var att också torva av varpet för hand, för att på så vis kunna svara på frågan om ugnarnas antal och läge i varpet. Vid förundersökningen gjordes dock bedömningen att eventuellt bevarade ugnsröster bäst låg gömda och ostörda under torven i väntan på särskild undersökning. Den särskilda undersökningen bedömdes ändå kunna planeras, utifrån tidigare erfarenheter från undersökningar av liknande varp i området.

Hela kolarkojgrunden, RAÄ 333, torvades av med maskin för att kunna avgränsa den och bedöma dess storlek.

Samtliga påträffade lager, konstruktioner och schakt mättes in digitalt, fotades och beskrevs.

Särskild undersökning

För att svara på frågorna kring järnframställningens organisation samt eventuell annan verksamhet än sådan kopplad till järnframställning, schaktades förnan av över ytterligare ytor kring slagghvarpet, RAÄ 338.

Slagghvarpet torvades av för hand varpå anläggningen undersöktes och dokumenterades genom digital inmätning, foto och beskrivningar. Två ritningar upprättades i skala 1:20. Prover samlades in för ¹⁴C- och vedartsanalyser.

För att svara på frågor om ugnarnas konstruktion, vilken malm som använts, framställningsprocessen, slutprodukten etc. anlätades UV GAL, Uppsala. Lena Grandin från UV GAL medverkade en dag i fält, för att få en uppfattning om anläggningen, samt en dag efter undersökningen, då allt insamlat material gick igenom och lämpligt material för petrografiska, metallografiska, kemiska och keramiska analyser, plockades ut.

För att om möjligt bestämma mängden järn som producerats på platsen, var tanken att total slaggvikt skulle bestämmas. Vid undersökningen frångicks planen, efter samråd med länsstyrelsen, främst på grund av tidsbrist. Beslutet att inte sammanställa slaggvikten togs dock också utifrån det faktum att senare års undersökningar och forskning har visat att slaggmängden är en osäker källa att använda för att göra beräkningar av mängden järn som framställts. Även om totala slaggmängden kan beräknas, krävs också hög deltaljnivå vad gäller den använda malmens sammansättning samt processens effektivitet. De två sista variablerna är mycket svåra att exakt fastställa och små skillnader i dessa ger stora skillnader i mängden järn

(Grandin m.fl. 2004, Grandin & Andersson 2007). Vidare får man också anta att den totala slaggmängden är svår att bestämma, då slaggen som påträffas vid ugnarna, inte behöver vara all den mängd slag som den totala järnproduktionen genererat.

För att svara på frågan om kolningsgroparna i anslutning till slagghvarpen (RAÄ 190 och 338) också försörjt respektive järnframställning med kol, torvades dessa kolningsgropar av med maskin. Har kolet tömts i riktning mot järnframställningsplatsen, kan detta tolkas som att kolet varit avsett för densamma.

De flesta av de 13 kolningsgropar som undersöktes togs fram i plan samt snittades med maskin varpå de dokumenterades genom digital inmätning, foto, beskrivning och ritning i skala 1:20. Prover samlades in för ^{14}C - och vedartsanalyser. För att svara på frågan om kolningens tidsspann och huruvida kolningsgropar använts samtidigt som kolbottnarna, var det viktigt att prover för datering togs från varje dokumenterat kolningstillfälle i respektive kolningsgrop.

För att svara på frågorna kring kolningen i mila, undersöktes sex av de 40 kolbottnar som registrerats i området, varav två var efter liggmilor. Kolbottnarna valdes utifrån storlek, form och läge. De två kolbottnarna efter liggmilor undersöktes i sin helhet, och i möjligaste mån lagervis, med hjälp av maskin. Dokumentationen gjordes förlöpande genom digital inmätning, foto, beskrivningar och i förekommande fall genom upprättande av ritningar i passande skala.

Två av kolbottnarna efter resmilor undersöktes på motsvarande sätt som dem efter liggmilor, men endast halva anläggningarna. Vid två kolbottnar efter resmilor upprättades endast en profil med maskin vilken dokumenterades genom digital inmätning, foto och beskrivningar.

Prover samlades in, för ^{14}C - och vedartsanalyser, från alla undersökta kolbottnar.

För att fastställa eventuella spår efter kolaren/kolarna i milornas närhet, var tanken att med maskin torva av kring några av kolbottnarna. På grund av tidsbrist fick detta moment, efter samråd med länsstyrelsen, prioriteras bort.

Som en alternativ datering av de förmodat historiska kolbottnarna, var tanken att använda dendrodatering. För detta krävs relativt stora bitar kol, med tillräckligt många årsringar intakta, och några sådana kunde tyvärr inte hittas vid undersökningen.

Området kring och för kolarkojan, RAÄ 333, metalldetekterades, för att fånga upp eventuella fynd som kunde svara på frågor om datering och användningstid av kojan. En fjärdedel av kojan undersöktes för hand och dokumenterades genom digital inmätning, foto, beskrivningar och i förekommande fall genom upprättande av ritningar i passande skala.

Samtliga ^{14}C - och vedartsanalyser har genomförts av Ångströmlaboratoriet, Uppsala universitet respektive Vedanatomi-labbet, Glava.

Topografi

Planlagt exploateringsområde är beläget ca 5 km väster om Jönköpings stad, på en höjd av 220–225 meter över havet. Området utgörs av ett kuperat dödslandskap, där flera små och lågt liggande mossbildningar skarpt avgränsas av höjdparter av sand och/eller grus. Centralt i området ligger Mogöl, ett större våtmarksområde med vattenspegel mitt i. De sankpartierna förtätas västerut och bildar Dumme mosse. Större delen av exploateringsområdet är bevuxet med tallskog, men i de sankpartierna växer tät lövsly.

Sydväst respektive söder om exploateringsområdet ligger Västersjön och Ulvstorpasjön med småhusbebyggelse och sommarstugeområden runt om. I norr och öster begränsas området av riksväg 40 respektive vägen mot Sanderyd och i väster av Jönköpings flygplats.

Fornlämnings- och kulturmiljö

Fornlämningsbilden i Sanderyds socken domineras av lämningar från lågteknisk järnframställning, daterade till yngre järnålder och tidig medeltid samt av gravar och gravfält från romersk järnålder–folkvandringstid.

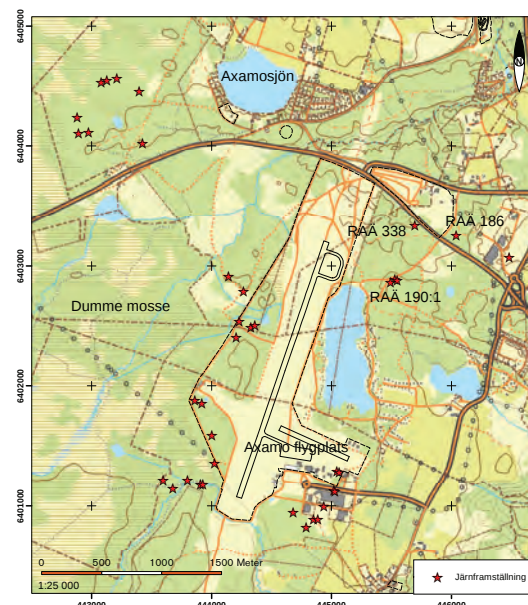
En närmare beskrivning av fornlämnings- och kulturmiljön inom Hedenstorp, gavs i rapporten för den arkeologiska utredningen etapp 1 (Lorentzon 2004). Värt att åter nämna är dock de många registrerade och i flera fall undersökta lämningarna efter lågteknisk järnframställning som ligger kring Dumme mosse, Jönköpings flygplats, Västersjön och Axamosjön (FIGUR 3). De undersökta och registrerade slagghvarpen inom Hedenstorpas industriområde (RAÄ 186, RAÄ 338 och RAÄ 190), ligger i östra kanten av detta omfattande område med järnframställningsplatser. De karaktäristiska strukturerna för järnframställningsplatserna i detta område, har behandlats av flera författare tidigare och för jämförelse med här presenterat material hänvisas till dessa (t.ex. Nordman 1994, Björck 1991, Lorentzon 2008).

Senaste årens undersökningar, bland annat i samband med exploateringarna inom Hedenstorpas och Torsviks industriområden, visar dock att också senare tiders aktiviteter har lämnat spår i Sanderyds och närliggande socknar, främst i form av kolbottnar, spår efter kolning i mila.

Tidigare undersökningar

En närmare beskrivning av tidigare undersökningar i området och dess närhet, har tidigare redogjorts för i rapporten för den arkeologiska undersökningen av RAÄ 186 (Lorentzon 2008), liksom i rapporten för den arkeologiska utredningen, etapp 1 som föregått här presenterade undersökningar (Lorentzon 2004).

Vid utredningarna steg 1 och 2 inom nu aktuellt exploaterings-



FIGUR 3. Registrerade och i flera fall undersökta lämningar efter lågteknisk järnframställning kring Dumme mosse, Jönköpings flygplats, Västersjön och Axamosjön. De undersökta och registrerade slagghvarpen inom Hedenstorpas industriområde, ligger i östra kanten av detta område.



FIGUR 4. Blästplatsen RAÄ 338, innan avtorvning. Fornlämningsbandet markerar mitten på själva varpet och precis framför anas en grund grop. Från NNV.

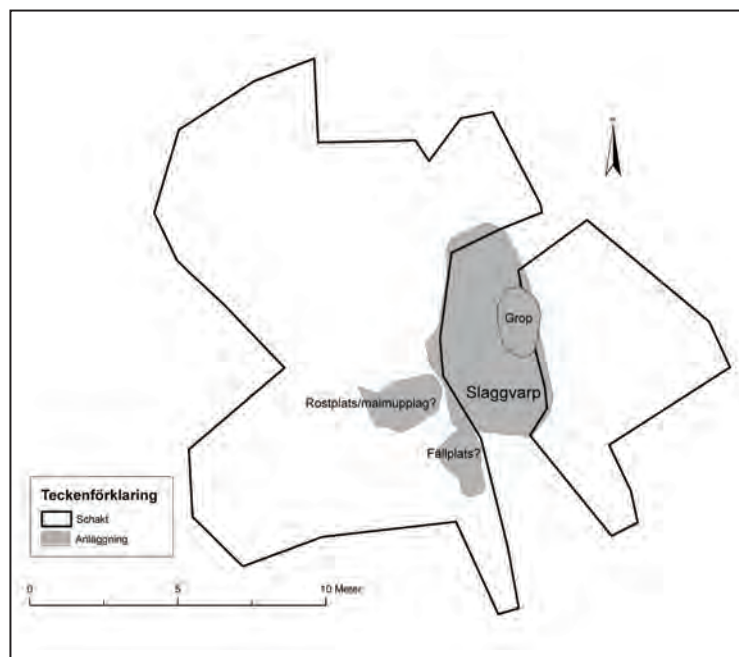
område (Lorentzon 2004, 2007), påträffades och beskrevs åtta kolningsgropar, ett trettiofem kolbottnar samt tre slagghvarp (två inom RAÄ 190 samt RAÄ 338). Ingen av dessa lämningar var sedan tidigare registrerade (FIGUR 2).

Resultat, förundersökning

Blästplats, RAÄ 338

Slagghvarpet framträdde innan undersökning som en svag förhöjning i terrängen, med en grund grop intill (FIGUR 4). Kring slagghvarpet togs torven bort med maskin för att avgränsa anläggningen i plan och bedömma dess storlek. Torven togs också bort över två begränsade ytor öster respektive väster om varpet, för att försöka lokalisera eventuell fällsten, spår av annan verksamhet kopplad till järnframställning eller smide samt spår av eventuell annan verksamhet.

Slagghvarpet hade en ungefärlig utbredning av 7 x 2,5–4 meter (N-S) och var ca 0,2 meter högt. Västsydväst om och dikt an mot slagghvarpet låg ett område (eventuellt två) med rostrosa sand, vilket primärt tolkades som rostplats eller malmupplag. Sydsydväst om och dikt an mot slagghvarpet låg ett område med slaggh eller järn, primärt tolkat som möjlig fällplats. Direkt öster om varpet låg en grop vilken torvades av för att fastställa eventuell kol. Gropen verkade dock inte innehålla kol (FIGUR 5).



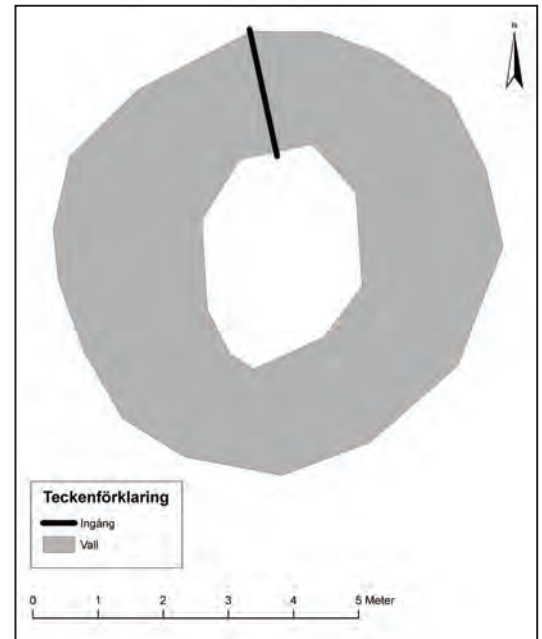
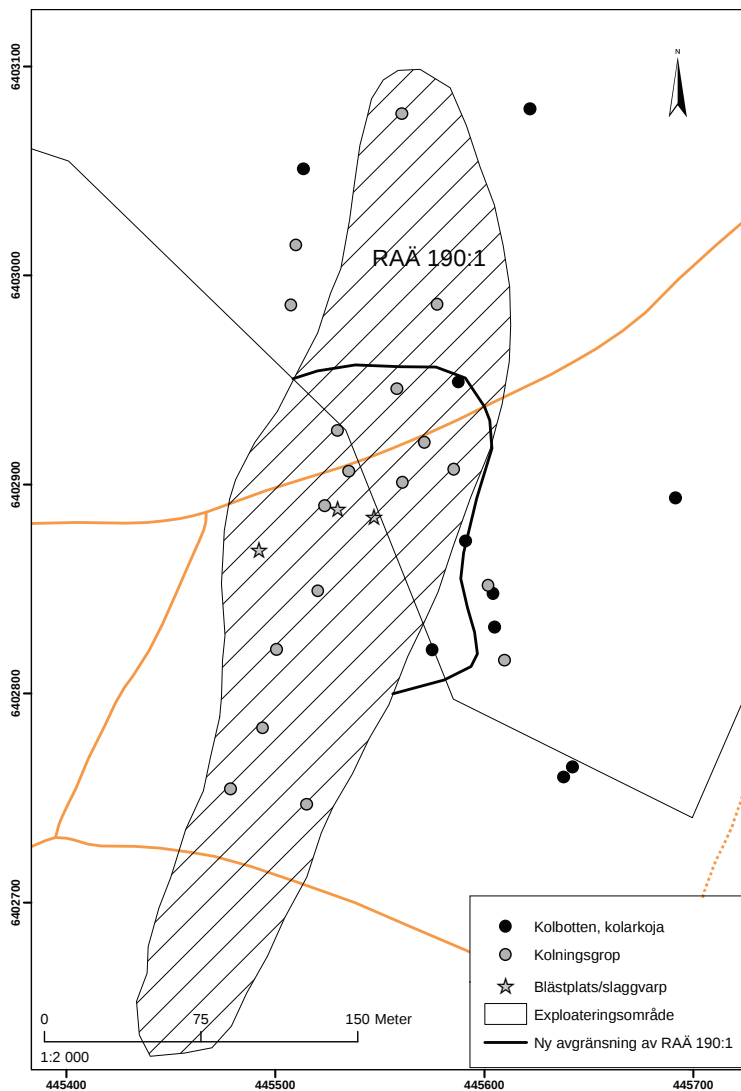
FIGUR 5. Blästplatsen RAÄ 338. Torven togs bort över två begränsade ytor öster respektive väster om varpet, för att avgränsa anläggningen i plan samt för att lokalisera eventuella andra spår efter järnframställning, smide eller annat.

Kolarkojgrund, RAÄ 333

Kolarkojgrunden torvades av med maskin och mättes in. Utbredning av vallarna var rund till kvadratisk, nästan 7 meter i sidan (NNV-SSÖ). Inermåttet/golvytan var ca 3 x 2,5 meter (NNV-SSÖ). Höjden på vallarna var ca 0,2–0,3 meter. I NNV var troligen en ingång (FIGUR 6). I kojgrundens NÖ del framkom stenar i ytan, som eventuellt kan utgöra del av ett spismursröse.

Blästplats, RAÄ 190:1

Området S och SO om vägen karterades, varpå fornlämningen fick en något ökad utbredning åt Ö (FIGUR 7). Efter diskussioner med länsstyrelsen angående exploateringsytans utbredning vid RAÄ 190:1, beslutades att den del av lämningen som låg N och NV om vägen skulle undersökas och tas bort i sin helhet. Resterande del av fornlämningen skall bevaras.



FIGUR 6. Kolarkojgrund RAÄ 333. Utbredning av vallarna var kvadratisk, nästan 7 meter i sidan (NNV-SSÖ). Inermåttet/golvytan var ca 3 x 2,5 meter (NNV-SSÖ). Höjden på vallarna var ca 0,2–0,3 meter. I NNV var troligen en ingång.

FIGUR 7. Efter kartering av delar av fornlämning 190:1, fick denna en något förändrad utbredning i öster.

Resultat, särskild undersökning

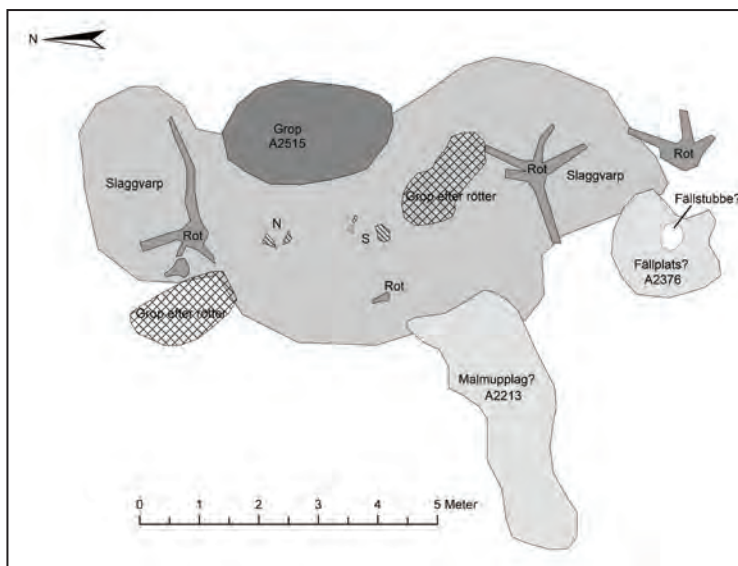
Blästplats, RAÄ 338

Metalldetektering gjordes kring lämningen men gav inget resultat. Kring slagghvarpet avtorvades ytterligare ytor med maskin. Slagghvarpet torvades av för hand och området runt om rensades (FIGUR 8).



FIGUR 8. Slagghvarpet inom blästplats RAÄ 338 torvades av för hand. Kring slagghvarpet avtorvades ytterligare ytor med maskin. Slagghvarpet torvades av för hand och området runt om rensades. Från ONO.

Inget ytterligare framkom, förutom rester efter ugnar, som inte redan konstaterats vid förundersökningen. Ingående lämningar var två blästugnar, Norra (N) och södra (S) ugnen, med varsina slagghvarp, en grop öster om ugnarna, ett troligt malmupplag sydväst om, samt en trolig fällplats söder om ugnarna (FIGUR 9).



FIGUR 9. Slagghvarpet inom blästplats RAÄ 338 torvades av för hand. Ingående lämningar var två blästugnar, norra (N) och södra (S) ugnen, med varsina slagghvarp, en grop öster om ugnarna, ett troligt malmupplag sydväst om, samt en trolig fällplats söder om ugnarna.

Ugnar och slagghvarp rensades en första gång och ritades därefter i plan (BILAGA 1) samt fotades (FIGUR 10). Utbredningen av slagghvarpet framkom, liksom tydliga rester av den N ugnen och något fragmentariska rester av den S. Slagghvarpet var ca 8 x 3,5 meter (N-S) och låg i en mycket svag västsluttning. I mitten av anläggningen låg ugnarna, vilka bestod av väggfragment av förslaggad lera samt

enstaka, knytnävestora stenar. Vägghugget mättes in för att senare samlas in som provmaterial för analys på UV GAL. Ugnarnas mittpunkter låg ca 1,2 meter från varandra. Vid sidan om ugnarna och mellan dem låg ljus sand (lager 6, 8 och 14). Mellan den ljusa sanden och själva slagghvarpet i väster var en tydlig gräns. Någon sådan gräns fanns inte åt öster, där såg den ljusa sanden i stället ut att ha flutit ihop med den naturliga sanden.

Efter andra rensningen var ugnarna tydligare. Antydningar till slaggtappningsrännor framkom och visade att ugnarna riktats något ut från mitten, alltså från varandra (FIGUR 11).



FIGUR 10. 1:a framrensningen. Slagghvarpet låg i en mycket svag västsluttning. I mitten framkom tydliga rester av den N ugnen och något fragmentariska rester av den S. Vid sidan om ugnarna och mellan dem låg ljus sand. Mellan den ljusa sanden och själva slagghvarpet i väster var en tydlig (lodrät) gräns. Från NV.



FIGUR 11. 2:a framrensningen. Från NV.

Ugnarnas tappöppningar och tapprännor framstod klart efter tredje rensningen, och bekräftade ugnarnas placering och riktning ut från mitten (BILAGA 2, FIGUR 12, 13, 14). I och framför N ugnen låg grusig lera, blandat med slagg, kol och bränd lera (lager 16 och 17). Lagren låg ut över och på lager 8, själva slagghvarpet, och tolkas som rester efter en inrasad ugn från sista bränningen eller efter en påbörjad ugn som ej körts. Ett liknande lager låg framför S ugnen (lager 18) vilket fick en liknande förklaring. Slaggtappningen, lager 10, slutade i en tydlig gräns mot den ljusa sanden sydväst om ugnen, lager 6, på samma sätt som själva slagghvarpet, lager 8, hade en



FIGUR 12. 3:e framrensningen. Från V.

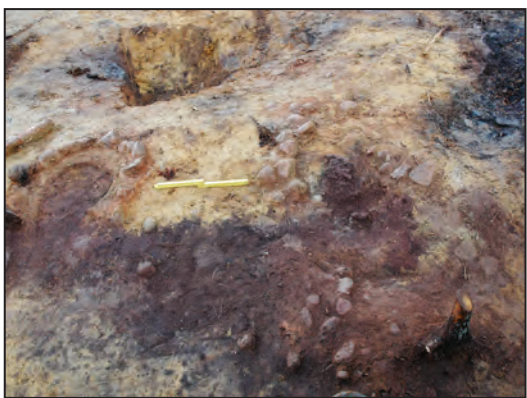


FIGUR 13. 3:e framrensningen. N ugnen. Från V.



FIGUR 14. 3:e framrensningen. S ugnen. Från V.

FIGUR 12–14. 3:e framrensningen. Ugnarnas tappöppningar och tapprännor framstod klart och bekräftade ugnarnas placering och riktning ut från mitten.



FIGUR 15. 4:e framrensningen. Ugnarna hade väggar av lera, troligen lagd direkt på sanden, med en ytterkrans av knytnävestora, obearbetade stenar. Från V.

tydlig gräns mot den ljusa sanden mellan ugnarna, vilket framgick ända från undersökningens början.

Ugnarnas dimensioner och uppbyggnad klarnade successivt genom de sista tre rensningarna. Båda ugnarna hade väggar av lera, troligen lagd direkt på sanden, med en ytterkrans av knytnävestora, obearbetade stenar (FIGUR 15). På några ställen har lera använts för att täta mellan och utanför stenarna, alternativt har leran sipprat ut mellan stenarna. Längst fram, vid slaggtappningssidan, fanns vid N ugnen en större, flat sten av värmestål skiffer, ställd på högkant utanför lerväggen. Leran i N ugnens väggar var ca 0,09–0,13 meter tjock. S ugnens vägg var svår att bestämma då denna ugn var mycket fragmentariskt bevarad, troligen har den varit ca 0,1 meter tjock. Sammantaget hittades förhållandevis få förslaggade ugnsväggfragment, vilket kan tyda på att ugnarna byggts upp för en sista körning men att denna ej genomförts.

N ugnens schakt var ovalt, innermättet var ca 0,42 x 0,3 meter (VNV-OSO). Ytterformen var närmast rund, ca 0,6 meter i diameter. S ugnens schakt var troligen ovalt, innermått var ca 0,4 x 0,3 meter (VSV-ONO). Ytterformen var troligen rund, ca 0,6 meter i diameter. Fyllningen i schakten bestod av rost-röd-orange, fet, något grusig lera med lite inslag av slagg, kol och brända lerfragment. Under detta låg i båda ugnsschakten en bottenskölla, på något lägre nivå än ugnsväggarnas botten (FIGUR 16, 17, 18).

Bottensköllorna täckte precis en oval grop i respektive ugn. Groparna hade lodräta nedgrävningskanter och de var plana i botten. I N ugnen var gropen ca 0,25 x 0,15 meter (VNV-OSO), med tapprännan i öppningen i VNV. Gropen var djupast, ca 0,08 meter, i bakre delen och grundast, ca 0,05 meter, vid tapprännan. I S ugnen var gropen ca 0,25 x 0,17 meter (VSV-ONO), med tapprännan i öppningen i VSV. Gropen var som djupast, ca 0,08 meter, i bakre delen och grundast, ca 0,01 meter, vid tapprännan (FIGUR 19, 20, 21).

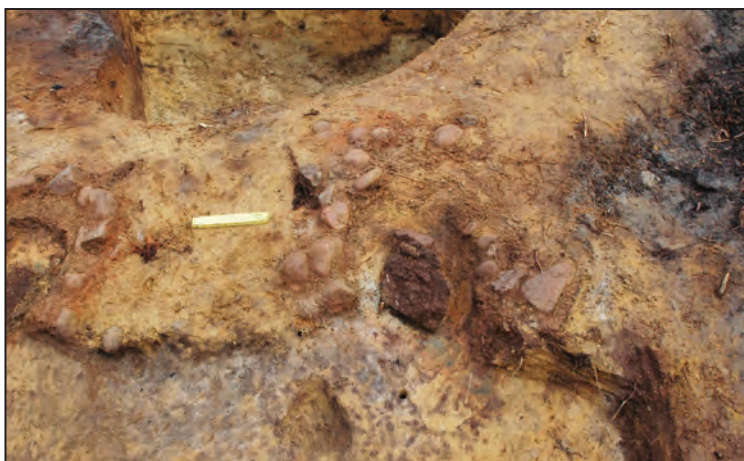
Tapprännorna var endast ca 0,4–0,45 meter långa, knappt 0,01 meter djupa och ca 0,05–0,2 meter breda. De framstod som långsträckta lager med tappslag, snarare än djupa rännor.

Kring den N ugnen var sanden kraftigt rödbränd, främst bakom ugnen, vilket kan tyda på att blästhålet suttit vid/över tapprännan (FIGUR 20).

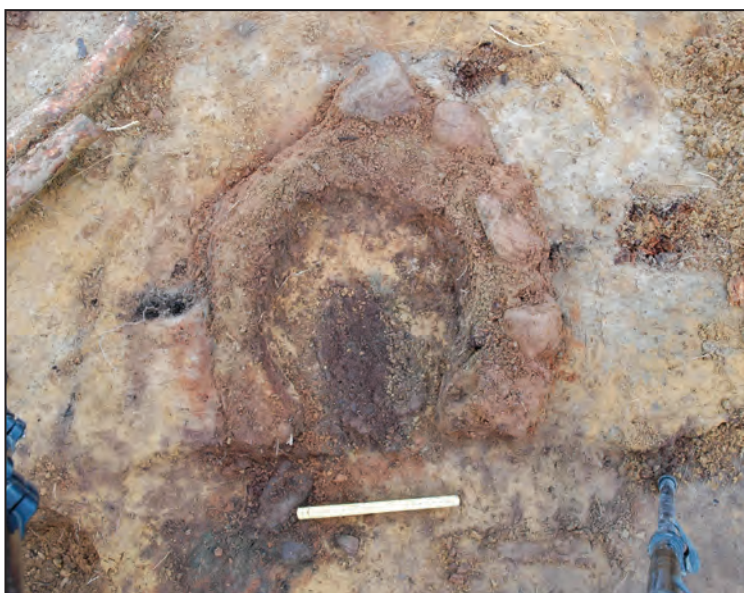
Den tydliga gränsen för den ljusa sanden mot slagget, tolkas som att ugnarna legat i sand och att denna hållits på plats av någon form av konstruktion, i alla fall åt väster. I öster ser den ljusa sanden ut att ha flutit ihop med den naturliga sanden vilket skulle kunna tala för att där inte funnits någon konstruktion som hållit sanden på plats. Det ser ut som sand har fyllts upp på ursprunglig marknivå, från öster, under ugnarna, kanske för att på så vis bygga upp rätt lutning för dessa åt väster.



FIGUR 16. 5:e framrensningen. N ugnens schakt var ovalt. Fyllningen i schaktet bestod av rost-röd-orange, fet, något grusig lera med lite inslag av slagg, kol och brända lerfragment. Under detta låg en bottenskålla, på något lägre nivå än ugnsväggarnas botten. Från V.



FIGUR 17. 5:e framrensningen. S ugnens schakt var troligen ovalt. Fyllningen i schaktet bestod av rost-röd-orange, fet, något grusig lera med lite inslag av slagg, kol och brända lerfragment. Under detta låg en bottenskålla, på något lägre nivå än ugnsväggarnas botten. Från V.



FIGUR 18. 6:e framrensningen. N ugnen. Stenarna har tagits bort, kvar är väggarna av lera. I mitten är bottenskållan. Från V.

FIGUR 19. Sista framrensningen. Bottenskällorna täckte precis en oval grop i respektive ugn. Groparna hade lodräta nedgrävningskanter och de var plana i botten. Från V.



FIGUR 20. Sista framrensningen. N ugnen. Tapprännen utgår från gropens öppning i västnordväst. Kring den N ugnen var sanden kraftigt rödbränd, främst bakom ugnen, vilket kan tyda på att blästhålet suttit vid/över tapprännen. Från V.



FIGUR 21. Sista framrensningen. S ugnen. Tapprännen utgår från gropens öppning i västsydväst. Från V.



Den sydvästra delen av S ugnens slagghvarp undersöktes. Ca 1,5 x 1 meter (N-S) grävdes bort och profilen i N-S dokumenterades, från söder om S ugnen och söderut. Varpet bestod av ett, vid ugnen, ca 0,05–0,1 meter tjockt lager av mörkbrun, humös, något siltig sand med slag och ugnrester. Lagret tunnades ut åt söder. Under lagret låg undergrunden, brungul, flammig sand.

Gropen strax öster om ugnarna, A 2515, undersöktes i sin helhet. Gropen innehöll grå sand med en hel del slag och en del stora, ca 0,01 meter tjocka ugnsväggarna av lera, troligen från piporna. Slaggen låg främst i norra delen av gropen vilket överensstämmer med de blästplatser som undersöktes vid Axamo flygplats under åren 1986–1990. Ugns-/pipväggarna var grå på utsidan och har alltså bränts utan syretillförsel, vilket skulle kunna tala för att den sand ugnarna legat i (se ovan) har täckt även piporna. Väggarna samlades in för vidare analys av UV GAL (BILAGA 6).

I botten på gropen var ett lager med rost-röd-lila sand med något lite slag, ca 0,1 m tjockt, som liknade malmupplaget väster om ugnarna (A 2213). Ett prov samlades in från nämnda lager, för vidare analys av UV GAL (BILAGA 6).

Gropen var plan i botten och ca 0,6 meter djup från ursprunglig sandnivå.

Det eventuella malmupplaget eller rostplatsen, A 2213, väster om ugnarna (FIGUR 9), avgränsades. Anläggningen var ca 4 x 1 meter (Ö-V) och bestod av ett ca 0,01–0,02 meter tjockt, rosa-lila, siltigt sandlager, som tunnades ut åt väster. Under lagret var markytan opåverkad. Någon avgränsning av anläggningen mot slagghvarpet i öster gick inte att se. Materialet i anläggningen var magnetiskt (=järnhaltigt) vilket kan tala för att det varit ett malmupplag. Två prover samlades in för vidare analys av UV GAL (BILAGA 6).

Den möjliga fällplatsen, A 2376, avgränsades. Någon fällsten hittades inte, men i centrum var ett slaggfritt område, vilket skulle kunna vara platsen för en fällsten/fällstubbe. Prover samlades in för vidare analys av UV GAL (BILAGA 6, FIGUR 22).

Ett urval slaggar och ugnrester samlades in och registrerades (BILAGA 4).

Fyra prover från slagghvarp och ugnar skickade för datering, varav endast två kunde processas. Samtliga prover togs från N ugnen och N varpet, då den S ugnen var för fragmentariskt bevarad för att erbjuda bra kolprov. Ett prov från norra varpet, framför N ugnen, ligger i perioden 1040–1260 e.Kr. (2 sigma) och ett prov, från botten av norra varpet, ligger i perioden 770–980 e.Kr. (2 sigma). Vedartsanalysen av proverna visade att samtliga var tall (BILAGA 3).



FIGUR 22. I centrum av den möjliga fällplatsen var ett slaggfritt område, vilket skulle kunna vara platsen för en fällsten/fällstubbe. Från V.

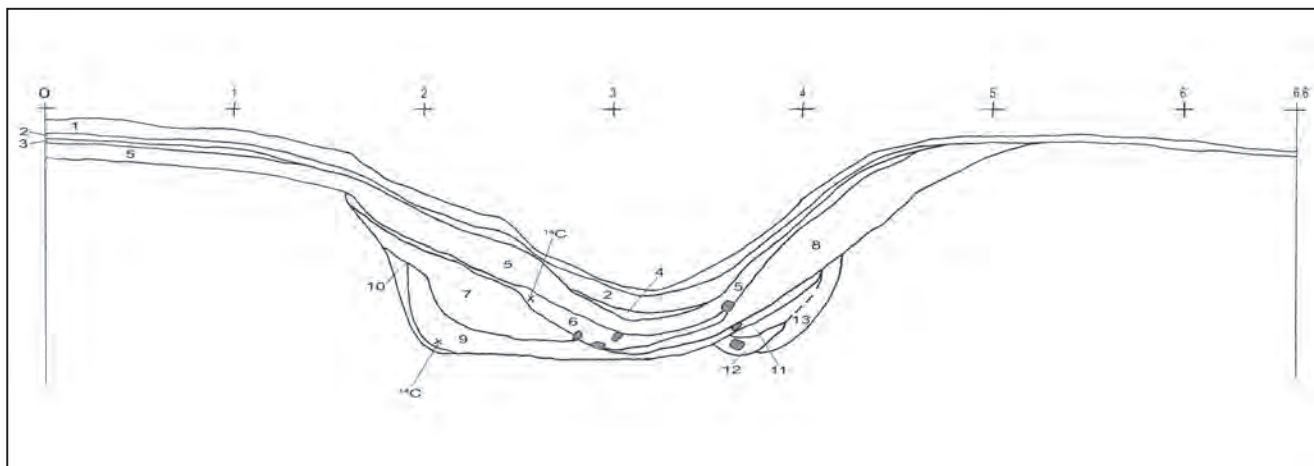
Kolningsgropar

För samtliga kolningsgropar inom exploateringsområdet gällde att de före undersökning framträdde som kvadratiska eller rektangulära gropar, 2–5 meter i sidan och 0,6–1,3 meter djupa, omgivna av vallar, 1,5–3,5 meter breda och 0,1–0,5 meter höga. Samtliga analyserade kolprover visade tall (BILAGA 3). För redovisade dateringar hänvisas till Bilaga 3.

Sammanlagt undersöktes 13 kolningsgropar, 2 i anslutning till blästplatsen RAÄ 338, 8 i och i närheten av blästplatsen RAÄ 190:1 samt 3 ensamliggande (FIGUR 2, BILAGA 5). En härd, A 335, påträffades vid undersökningen av kolningsgroparna.

RAÄ 226:1

Kolningsgropen låg strax nordväst om blästplats RAÄ 338. Kolningsgropen torvades först av med maskin. Ett kollager framkom på och utanför östra delen av vällen, vilket tolkas som att kolningsgropen tömts på kol i riktning mot slagghvarpet. Den västra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Gropen var fyrkantig, troligen kvadratisk, ca 2,5 meter i sidan. Gropen framträdde i profil med tydliga, nästan lodräta, nedgrävningskanter och med plan botten (FIGUR 23).



FIGUR 23. RAÄ 226:1, profil från S.

- 1) Torv.
- 2) Grå sand, podsol.
- 3) Rostbrun sand, podsol.
- 4) Tunn kollins, ligger nästan i lager 2.
- 5) Brun-beige, något grusig sand, enstaka små kolbitar.
- 6) Svart, kraftigt kolbemängd sand.
- 7) Ljus-beige, något grusig sand.
- 8) Ljus-beige, något grusig sand.
- 9) Svart kollager.
- 10) Roströd, eldpåverkad grusig sand.
- 11) Roströd, eldpåverkad grusig sand.
- 12) Svart kollager.
- 13) Roströd, eldpåverkad grusig sand.
- 14) Undergrund, gul-beige, grusig sand, ställvis fin sand.

Gropen har använts för kolning vid minst tre tillfällen.

- 1) Lager 12 och 13.
- 2) Lager 9, 10 och 11.

Lager 7 och 8 är troligen en igensandning av gropen.

- 3) Lager 6, sista kolningen.

Lager 4 är troligen en rest av den sista kolningen.

Kol från lager 9 daterades till 1185–1280 e.Kr. (2 sigma).

Kol från lager 6 daterades till 1030–1210 e.Kr. (2 sigma).

RAÄ 226:2

Kolningsgropen låg strax sydväst om blästplats RAÄ 338. Kolningsgropen torvades först av med maskin. Ett kollager framkom på och utanför vallen i nordnordost till nordost, vilket tolkas som att kolningsgropen tömts på kol i riktning mot slagghvarpet. Den västsydvästra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Gropen var fyrkantig, troligen rektangulär. Den sida som framkom var ca 2,5 meter lång (FIGUR 24). Gropen framträdde i profil med tydliga, nästan lodräta, nedgrävningskanter och med plan botten.



FIGUR 24. RAÄ 226:2, i plan. Gropen var fyrkantig, troligen rektangulär. Den sida som framkom var ca 2,5 meter lång. Från SSO.

Gropen har använts för kolning vid minst två tillfällen. Kol från vad som tolkades som första kolningstillfället daterades till 1040–1220 e.Kr (2 sigma).

RAÄ 331 (A 412)

Kolningsgropen låg strax öster om RAÄ 190:1. Avståndet till närmsta slagghvarp var ca 100 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 50 meter. Ett schakt grävdes rakt igenom kolningsgropen varför form och storlek på bottenplanet inte fastställdes. Innan undersökning uppskattades gropens storlek till ca 5 x 4,5 meter (NO-SV), vilket motsvaras av nedgrävningskanterna i profilen. Nedgrävningskanterna för gropen var raka.

Troligen är gropen omgrävd vid minst ett tillfälle och har använts vid minst två, kanske tre, kolningstillfällen.

RAÄ 337 (A 745)

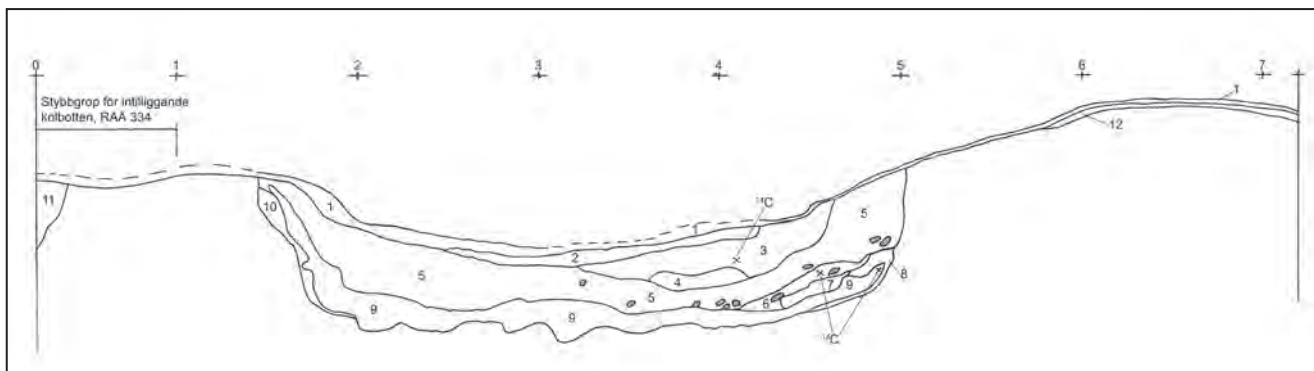
Kolningsgropen låg strax öster om RAÄ 190:1. Avståndet till närmsta slagghvarp var ca 70 meter, avståndet till närmsta kolbotten var mindre än 1 meter då kolningsgropen underlagrade vallen till kolbotten.

Den östnordöstra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Troligen var gropen kvadratisk, ca 3,3 x 3,3 meter stor (FIGUR 25).



FIGUR 25. RAÄ 337 i plan. Gropen var troligen kvadratisk, ca 3,3 x 3,3 meter. Från NNV.

Denna grop har sedan grävts om och igenom av en mindre, troligen rektangulär kolningsgrop som i bottenplan före schaktning mätte ca 2,5 x 1,5 meter (VSV-ÖNÖ).



FIGUR 26. RAÄ 337, profil från ÖNÖ.

- 1) Torv.
- 2) Torv med kolinblandning, troligtvis från kolbotten A 504.
- 3) Svartbrun sand med kolinblandning.
- 4) Rödbrun, troligen eldpåverkad sand med någon kolinblandning.
- 5) Brunsvart, fet sand med mycket kol.
- 6) Mörkbrun-svart, fet sand med mycket kol, enstaka centimeterstora kolbitar.
- 7) Rostbrun sand med någon kolinblandning.
- 8) Roströd, eldpåverkad sand.
- 9) Svart, kollager med inblandning av sand. Decimeterstora kolbitar.
- 10) Roströd, eldpåverkad sand.
- 11) Svartbrun sand med mycket kol. Stybbgrop från kolbotten A 504.
- 12) Kol, över vällen.
- 13) Beige-gul, sandigt grus.

Troligen har gropen använts vid minst tre kolningstillfällen (FIGUR 26).

- 1) Lager 9, 8 och 10. Motsvarar den större kolningsgropen.
- 2) Lager 6.
- 3) Lager 3 och 4. Motsvarar den mindre kolningsgropen.

Nedgrävningskanten för lager 3 överensstämmer med när nedgrävningen för den mindre kolningsgropen först dök upp i plan. Lager 12 kan indikera att kolningsgropen vid något tillfälle tömts åt detta håll.

Kol från lager 9 daterades till 1150–1270 e.Kr. (90,6 % säkerhet, 2 sigma).

Kol från lager 6 daterades till 1160–1280 e.Kr. (2 sigma).

Kol från lager 3 daterades till 1030–1220 e.Kr. (2 sigma).

RAÄ 190:1, A 2536

Kolningsgropen låg inom RAÄ 190:1. Avståndet till närmsta slaggvarp var ca 60 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 30 meter. Gropen var anlagd i en svag nord- till nordnordvästslutning. Kolningsgropen torvades först av med maskin. Ett kollager framkom i vällen i norra och nordvästra delen men tunnades ut mot väster. I väster, sydväst och söder var i stort sett inget kol utanför eller på vällen. Sannolikt har man alltså tömt gropen mot norr och i slutningens lutning och således bort från de registrerade slaggvarparna inom RAÄ 190:1, söder om vägen (FIGUR 27).

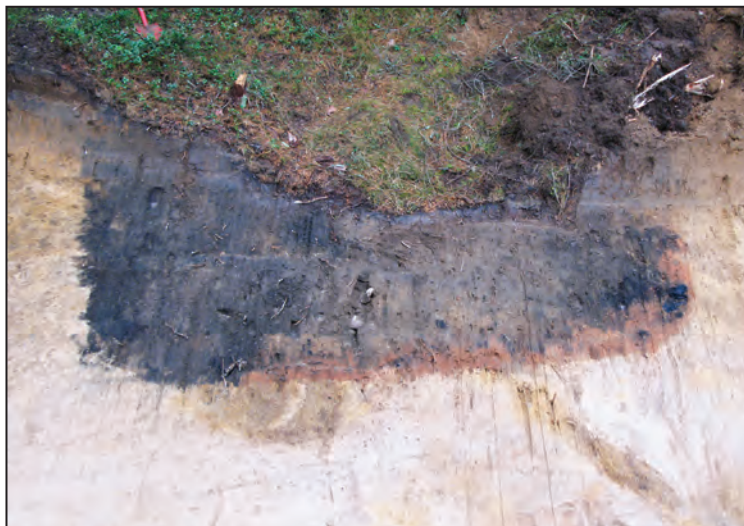
Den västra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Under framschaktningen visade sig gropen vara ca 4 meter bred (Ö-V) och med mycket raka sidor. I norra delen av kolningsgropen syntes efter framrensning ett mycket mörkare kol/sotlager än i övriga gropen. Möjligen kan detta vara resten av en senare kolning, varvid den röda begränsningen för en första kolning, grävts bort (FIGUR 28).

Troligen har gropen använts vid två kolningstillfällen.

Kol från botten av anläggningen daterades till 1040–1220 e.Kr. (2 sigma).



FIGUR 27. A 2536, under avbaning. Ett kollager framkom i vällen i norr och nordväst. Sannolikt har man alltså tömt gropen mot detta håll. Från V.



FIGUR 28. A 2536 i plan. Gropen var troligen kvadratisk, ca 4 meter i sidan. I norra delen av kolningsgropen syntes efter framrensning ett mycket mörkare kol/sotlager än i övriga delar av gropen. Möjligen kan detta vara resten av en senare kolning. Från V.

RAÄ 190:1, A 2565

Kolningsgropen låg inom RAÄ 190:1. Avståndet till närmsta slaggvarp var ca 40 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 60 meter. Den södra sidan maskinavbanades varvid spridda lager kol framkom på sydöstra vallens ovansida. Mycket mer kol framkom i sydvästra delen av vallen. Sannolikt har alltså uppkastningen av kolet skett mot den sida som vätter mot de slaggvarp som finns sydöst om vägen.

Under framschaktningen visade sig gropen ha mycket raka nedgrävningskanter och var troligen kvadratisk i plan, ca 2,5 meter i sidan. I botten av kolningsgropen framkom två mindre störhål, ca 0,08 meter i diameter, och med ca 1 meter mellan (FIGUR 29).

Troligen har gropen använts vid två kolningsomgångar med en liten igensandning mellan. Kol från botten av anläggningen daterades till 1020–1190 e.Kr. (2 sigma).



FIGUR 29. A 2565 i profil. Gropen hade mycket raka nedgrävningskanter. I botten framkom två mindre störhål. Från SSO.

FIGUR 30. A 1166 i profil. Nedgrävningskanterna för groppen var raka. Troligen har groppen använts vid endast ett kolningstillfälle. Från V.

RAÄ 190:1, A 1161

Kolningsgropen låg inom RAÄ 190:1. Avståndet till närmsta slagghvarp var ca 100 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 40 meter. Endast spår efter en kolningsgrop fanns kvar. Den södra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Gropen var troligen rektangulär, ca 2 x 1,5 meter (NNO-SSV), men endast svaga spår av rödbrända kanter återstod av kolningsgropen.

Kol från botten av anläggningen daterades till 1215–1285 e.Kr. (2 sigma).



RAÄ 190:1, A 1166

Kolningsgropen låg inom RAÄ 190:1. Avståndet till närmsta slagghvarp var ca 200 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 60 meter. Den västra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Gropen var troligen kvadratisk, ca 2 meter i sidan. Nedgrävningskanterna för groppen var raka (FIGUR 30). Mycket kol över vallen i sydväst antyder att groppen tömts på kol åt detta håll.

Troligen har groppen använts vid endast ett kolningstillfälle. Kol från botten av anläggningen daterades till 1030–1210 e.Kr. (2 sigma).



FIGUR 31. RAÄ 336 i plan. Gropen var fyrkantig i plan, ca 2 meter i sidan. Från SO.

RAÄ 335 (A1087)

Kolningsgropen låg strax väster om RAÄ 190:1. Avståndet till närmsta slagghvarp var ca 120 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 30 meter. Den sydvästra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Gropen var oval/rektangulär, ca 2 x 1,5 meter (ONO-VSV). Nedgrävningskanterna för groppen var raka.

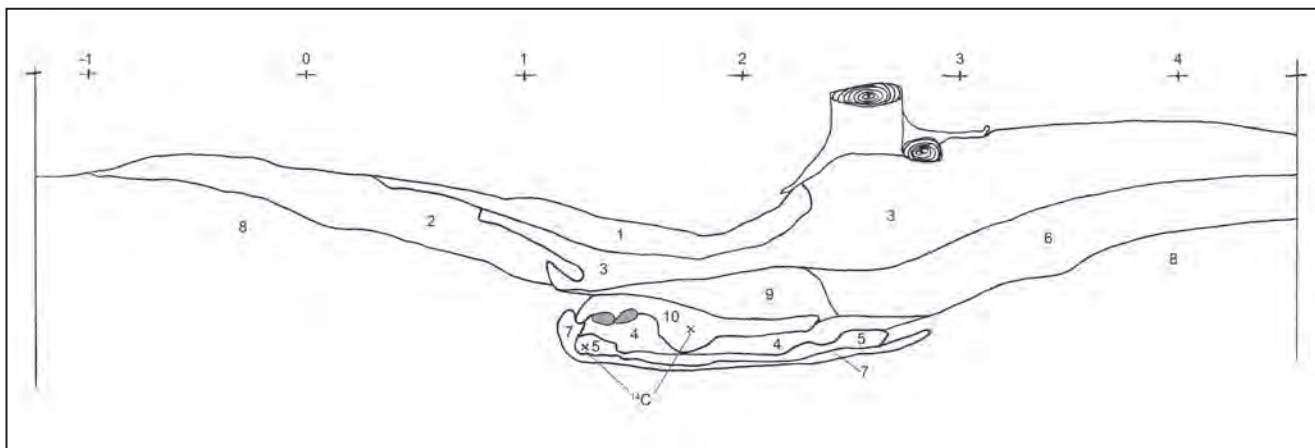
Troligen har groppen använts vid två kolningstillfällen.

RAÄ 336 (A 1061)

Kolningsgropen låg strax väster om RAÄ 190:1. Avståndet till närmsta slagghvarp var ca 90 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 70 meter. Den nordöstra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Gropen var fyrkantig i plan, ca 2 meter i sidan (NNO-

SSV) (FIGUR 31). Nedgrävningskanterna för gropan var raka. Det svarta lagret på vallen i sydost kan antyda att kolningsgropan tömts åt detta håll.

Troligen har gropan använts vid endast ett kolningstillfälle. Kol från botten av anläggningen daterades till 1170–1280 e.Kr. (2 sigma).



RAÄ 330 (A 997)

Kolningsgropan var ensamliggande. Avståndet till närmsta slagghvarp var ca 210 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 30 meter. Ett schakt grävdes rakt igenom kolningsgropan varför form och storlek på bottenplanet inte fastställdes. Före schaktning uppskattades gropan vara kvadratisk och ca 1,6 meter i sidan. Nedgrävningskanterna för gropan var raka (FIGUR 32).

Troligen har gropan använts vid minst två kolningstillfällen.

1) Lager 5 och 7.

2) Lager 10.

Kol från lager 5 daterades till 1020–1170 e.Kr (2 sigma).

Kol från lager 10 daterades till 1020–1170 e.Kr (2 sigma).

RAÄ 227:1 (A 600)

Kolningsgropan var ensamliggande. Avståndet till närmsta slagghvarp var ca 170 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 60 meter. Den östra halvan av kolningsgropan togs ner i plan. Gropan var troligen kvadratisk, ca 3 meter i sidan. Mycket kol över vallen i öst och sydöst, antyder att gropan tömts på kol åt detta håll (FIGUR 33). Nedgrävningskanterna för gropan var raka.

Troligen har gropan använts vid endast ett kolningstillfälle.

FIGUR 32. RAÄ 330, profil från NNO.

- 1) Gråbrun sand, något packad.
- 2) Gulbrun, lös sand med lite kol.
- 3) Mörkbrun, humös sand, något flammig i V.
- 4) Gulvit, lös, grusig sand.
- 5) Svart, kolinblandad sand.
- 6) Gulbrun, humös sand.
- 7) Rödbränd sand, tunn lins.
- 8) Något grusig sand.
- 9) Askgrå sand, flammig i V.
- 10) Grå-svart sand med mycket kol.



FIGUR 33. RAÄ 227:1 under avbaning. Mycket kol över vallen i öster och sydöst, antyder att gropan tömts på kol åt detta håll. Från Ö.

RAÄ 230:1 (A 318)

Kolningsgropen var ensamliggande. Avståndet till närmsta slaggharp var ca 300 meter, avståndet till närmsta kolbotten var ca 70 meter. På grund av schaktningsarbeten för elledning, syntes kolningsgropen inte innan avbaning. Platsen för gropen banades av varvid kol framkom och gropen och resterna efter vallen kunde avgränsas. Något kollager över vallen kunde inte konstateras. Den södra halvan av kolningsgropen togs ner i plan. Form i plan framgick inte tydligt men troligtvis har den varit kvadratisk, ca 2,5 meter i sidan. Gropen framträdde i profil med tydliga, något snedställda, nedgrävningskanter och var skålformad till plan i botten (FIGUR 34).

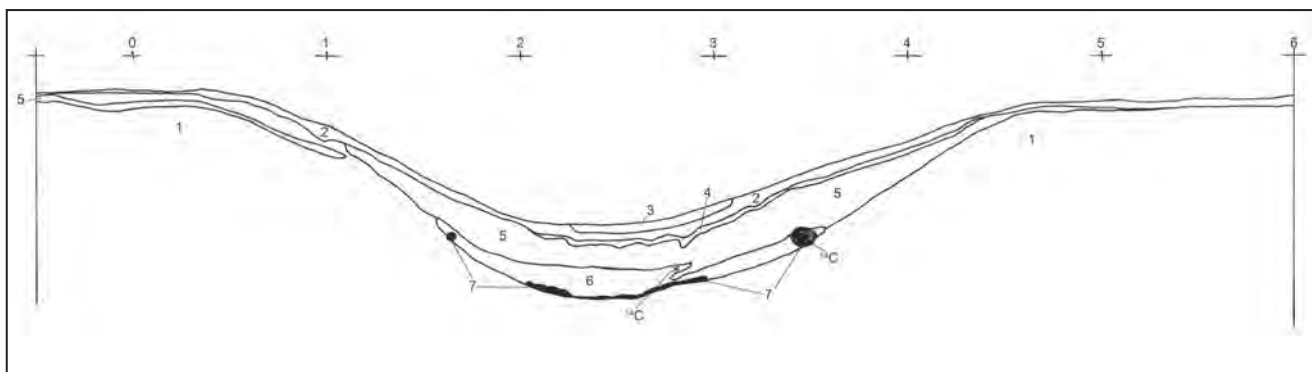
Troligen har gropen använts vid minst två kolningstillfällen.

- 1) Lager 7.
- 2) Översta delen av lager 6.

Kol från lager 7 daterades till 1020–1180 e.Kr (2 sigma).

Kol från lager 6 daterades till 1010–1170 e.Kr (2 sigma).

Öster om själva gropen och underlagrande vallen, påträffades botten av en hård, A 335. En större yta omkring kolningsgropen banades av men inga övriga anläggningar påträffades.



FIGUR 34. RAÄ 230:1, profil från S.

- 1) Undergrund, vitgul sand.
- 2) Askgrå sand, podsol.
- 3) Gråsvart sand.
- 4) Roströd sand, järninfiltration.
- 5) Gulbrun, kolflammig sand.
- 6) Svart, kolinblandad sand.
- 7) Stora, svarta kolbitar, hela träbitar.

A 335, Hård

Härden underlagrade östra vallen av kolningsgropen RAÄ 230:1. Den var 0,6 x 0,5 meter stor (N-S), ca 0,1 meter djup, i ytan syntes enstaka stenar, eventuellt skörbrända.

Kol från botten av anläggningen daterades till 850–760 f.Kr (93,9 % säkerhet, 2 sigma).

Kolning i mila

Sammanlagt undersöktes 6 kolbottnar varav 2 var efter liggmilor (FIGUR 2, BILAGA 5). Kolbottnarna valdes utifrån storlek, form och läge. Tanken var att jämföra kolbottnar med olika form och storlek samt jämföra kolbottnar med stybbgropar med kolbottnar med rännor. Kolbottnarnas läge i förhållande till kolningsgropar var också ett urvalskriterium. Då de ytor som skulle undersökas var begränsade, blev också antalet kolbottnar begränsat, vilket gjorde att jämförelsen mellan kolbottnar med stybbgropar och kolbottnar med rännor inte riktigt gick att genomföra som det först var tänkt.

Samtliga analyserade kolprover visade tall (BILAGA 3). För redovisade dateringar hänvisas till Bilaga 3.

RAÄ 253, A 1248

Kolbotten efter liggmila, inom RAÄ 253.

11 meter lång.

5 meter bred.

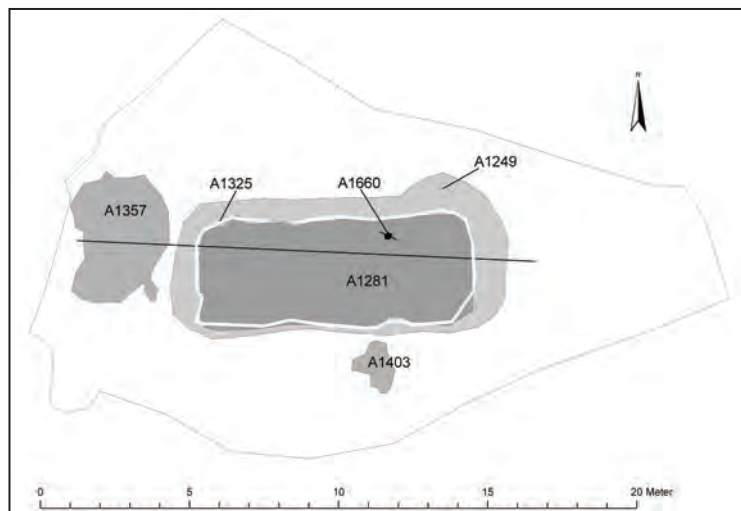
0,1–0,4 meter hög.

Kolbotten banades av med maskin och mättes in. I plan bestod milan av ett ca 10 x 4 meter stort (Ö-V) lager av kol, A 1281, omgärdat av en tunn kant av bränd sand, A 1325. Milan låg indragen ca 0,5–1 meter upp från kanten av själva botten, A 1249. Väster om kolbotten låg ett område med kol och sot, A 1357, tolkat som resterna efter milans nedplockning. Söder om kolbotten låg ett lager med kolinblandning, A 1403, tolkat som tramplager (FIGUR 35).

Halva botten togs sedan bort och en profil (Ö-V) dokumenterades (FIGUR 36). I profilen framstod milan som ett lager (lager 1) av brunsvart sand, ställvis med inslag av kol och sot, 0,04–0,14 meter tjockt. I östra kanten syntes den rödfärgade/eldpåverkade sanden, A 1325.

Kol från lager 1 daterades till 1460–1640 e.Kr (2 sigma).

Under norra delen av kolbotten framkom en grop, A 1660.



FIGUR 35. A 1248 banades av med maskin. I plan bestod resterna efter själva milan av ett ca 10 x 4 meter stort kollager, A 1281. Milan var uppdragen ca 0,5–1 meter upp från kanten av själva botten, A 1249. Under norra delen av kolbotten framkom en grop, A 1660.

FIGUR 36. A 1248, östra delen av profilen. Milan låg indragen ca 0,5–1 meter upp från kanten av själva botten. Från N.



A 1660, grop

Gropen underlade norra delen av kolbotten A 1248. Den var rund, ca 0,25 x 0,18–0,23 meter stor (NNÖ-SSV), ca 0,08 meter djup, fylld med kolinblandad sand som underlades av rödbränd sand. Tolkningen av gropens funktion är osäker.

Kol från centrum av gropen daterades till 1390–1450 e.Kr (88,5 % säkerhet, 2 sigma).

RAÄ 274 (A 1709)

Troligen kolbotten efter liggmila.

9 meter i diameter.

0,6 meter hög.

5 stybbgropar.

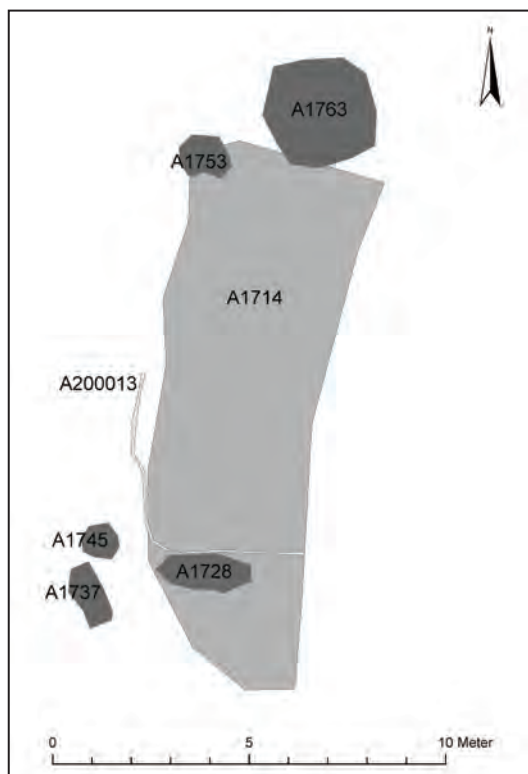
Kolbotten banades av med maskin och mättes in. Knappt halva botten togs sedan bort och en profil (N-S) dokumenterades.

I plan bestod milan av ett ca 13 x 5–6 meter stort (N-S) lager av kol, A 1714 (FIGUR 37). På grund av vägdragning precis i milans västra kant var det inte möjligt att se milans utbredning i förhållande till själva botten. I söder och väster framkom en tunn kant av rödbränd sand, A 200013. I norr framkom inte den rödbrända sanden i plan men syntes däremot i profil och där sammanföll lagret med kolmilans begränsning i norr. I söder låg den rödbrända sanden ca 3,7 meter norr om kollagrets södra begränsning och strax norr om en stybbgrop, A 1728, som underlade kollagret.

Troligen utgör den rödbrända sanden en begränsning av en, kanske första, liggmila, som omgärdats av mindre stybbgropar, bland annat A 1728. Ytterligare fyra stybbgropar dokumenterades och två av dem, A 1745 och 1753, kan anses samtida med, den kanske yngre, liggmilen, troligen också A 1737. Gropen längst i norr, A 763, bör dock tolkas som en störning, troligen en omgrävning av massor vid kabeldragning/vägdragning.

Kollagret, A 1714, tolkas som spåret efter den första milans nedplockning, alternativt rester efter den yngre milan.

Kol från botten av anläggningen daterades till 1450–1640 e.Kr (2 sigma).



FIGUR 37. RAÄ 274 banades av med maskin. Knappt halva botten togs sedan bort för dokumentation av profil. Den rödbrända sanden, A 200013, utgör troligen en begränsning av en (kanske första) liggmila, som omgärdats av mindre stybbgropar, bland annat A 1728.

RAÄ 287 (A 1793)

Kolbotten efter resmila.

12 meter i diameter.

0,4–1 meter hög.

7 stybbgropar.

En profil (N-S) drogs genom kolbotten. Från ytan framkom i profilen 5 lager:

- 1) Torv.
- 2) Brunsvart, kolbemängd sand.
- 3) Ljus sand med inslag av kolbitar, stybblager.
- 4) Svart kollager som i kanterna har rödfärgad/eldpåverkad sand.
- 5) Utjämning av undergrunden (ljus sand) för en första kolbot-

ten. Kolbotten har en svag lutning åt norr. Troligen har den använts vid minst två kolningsomgångar, lager 2 och 4, med en liten över-sandning mellan dem. Botten har varit större än den resta milan och sträckt sig ända ut till stybbgroparna (FIGUR 38). Lager 3 utgör troligen stybb som täckt den första milan och sedan jämnats ut till botten för den andra milan.

Kol från lager 4 daterades till 1630–1810 e.Kr (1630–1690 e.Kr, 51,3 % säkerhet respektive 1730–1810 e.Kr, 30,8 % säkerhet, 2 sigma).

RAÄ 334 (A 504)

Kolbotten efter resmila.

20 meter i diameter.

0,2–0,3 meter hög.

10 stybbgropar.

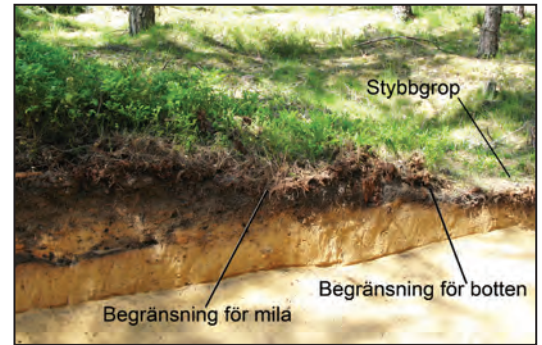
Västra halvan togs ned i plan (FIGUR 39) varvid kunde konstateras att själva botten, A 505, haft en diameter på ca 20 meter, medan milan varit mindre och uppdragen ca 1–1,5 meter upp på botten. I de långa, rännlika stybbgroparna var mycket kol. Mellan stybbgroparna låg två mindre passager, 1–1,5 meter långa och 1–1,5 meter breda, A 520 och 524.

I norra delen fanns troligen en mindre rest efter rosten, A 733, i form av förkolnade stockar i nordväst-sydöstlig riktning. Ett rödbränt skikt, A 956, begränsade området med rosten åt väster och sammantaget utgör anläggningarna platsen samt begränsningen för milan.

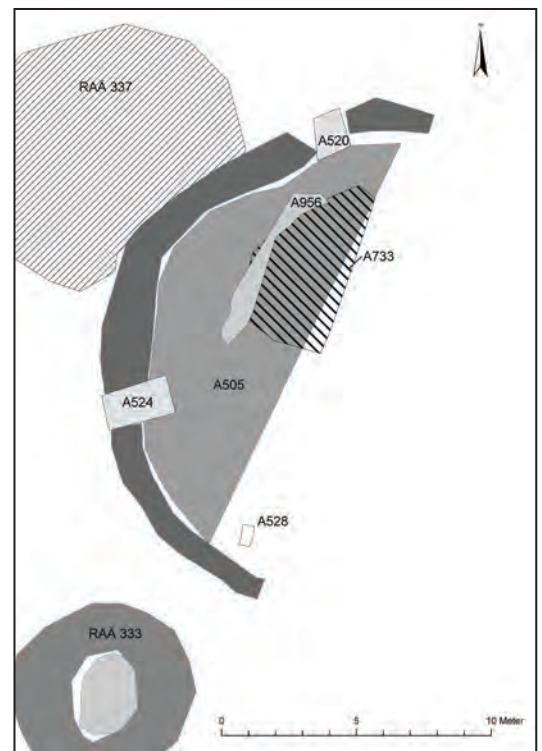
I söder framkom en rektangulär mörkfärgning, A 528, 0,7 x 0,4 meter (N-S), 0,01 meter djup, vilken tolkas som en fotrymning/luftgång. Fotrymningen ligger i milans ytterkant där dess norra del troligen underlagrat milan.

I nordväst överlagrade kolbotten kolningsgropen RAÄ 337. Ca 3 meter sydsydväst om kolbotten låg kolarkojgrunden RAÄ 333.

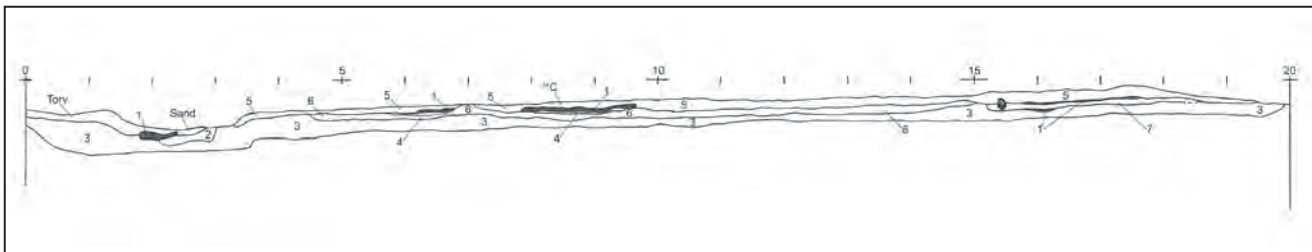
Kol från lager 1 (FIGUR 40) daterades till 1810–1920 e.Kr (62,8 % säkerhet, 2 sigma).



FIGUR 38. RAÄ 287, norra delen av profil. Botten har varit större än den resta milan och sträckt sig ända ut till stybbgroparna. Från Ö.



FIGUR 39. RAÄ 334. Västra halvan banades av med maskin. I norra delen fanns troligen en mindre rest efter rosten, A 733, vilken begränsades i väster av ett rödbränt skikt, A 956. Sammantaget utgör anläggningarna platsen för milan.



FIGUR 40. RAÄ 334, profil från väster.

- 1) Kollager.
- 2) Mörkbrun sand.
- 3) Undergrund, grusig sand.
- 4) Rödbränd sand.
- 5) Sand- och kollager, ställvis torvinblandat.
- 6) Grå-brun-beige sand.
- 7) Sand, möjligen påfört.

RAÄ 252 (A 1189)

Kolbotten efter resmila.

12–13 meter i diameter.

0,6–1 meter hög.

Ränna med 5 (stybb)gropar.

Sydvästra halvan av kolbotten togs ner i plan varvid kunde konstateras att själva botten haft en diameter på ca 13 meter, medan milan varit mindre och uppdragen ca 1–1,5 meter upp på botten. Detta avtecknade sig genom att rödbränd sand omgärdade en mindre plåtå med ett tjockt kollager vilket låg uppe på själva kolbotten.

Profilen (NV-SO) genom kolbotten dokumenterades. Längst i nordväst och sydöst var en tydlig stybbbränna. Från ytan framkom i profilen 4 lager:

- 1) Torv.
- 2) Gråsvart sand med mycket kol.
- 3) Brunsvart, kolbemängd sand. Lagret når inte riktigt ända ut till stybbbrännan i nordväst. Ökar i mäktighet åt sydöst.
- 4) Svart kollager med sandinblandning, i kanten är sanden rostfärgad/eldpåverkad. När ej lika långt åt nordväst som lager 3.

Undergrunden bestod av gulbeige, något grusig sand. Under botten har järn fällt ut och färgat sanden rostbrun.

Milan sluttar åt nordväst och har troligen använts vid två kolningsomgångar. Ursprunglig marknivå har jämnats ut till en första botten. Stybben som täckt första milan har sedan jämnats ut till en andra botten (FIGUR 41). Botten har varit större än den resta milan och sträckt sig ända ut till stybbgroparna.

Kol från lager 4 daterades till 1510–1670 e.Kr (1510–1600 e.Kr, 42,2 % säkerhet respektive 1610–1670, 46,7 % säkerhet, 2 sigma).



FIGUR 41. RAÄ 252, nordvästra delen av profil. Stybben som täckt första milan har jämnats ut till en botten för en andra mila. Från SV.

RAÄ 332 (A 1131)

Kolbotten efter resmila.

12 meter i diameter.

0,5–0,6 meter hög.

8 stybbgropar.

En profil (NNV-SSO) drogs genom kolbotten (FIGUR 42). I söder var tydlig stybbgrop, med mycket kol i. Från ytan framkom i profilen 6 lager:

- 1) Torv.
- 2) Kolbemängd, gråsvart sand.
- 3) Brunsvart, kolbemängd sand.
- 4) Beigebrun sand.
- 5) Svart, kraftigt kolbemängt lager.
- 6) Svart, kraftigt kolbemängt lager.

Undergrunden bestod av beige-gul sand.

Kolbotten ser ut att luta åt norr och har troligen använts vid tre kolningsomgångar.

Kol från lager 5 daterades till 1660–1960 e.Kr (2 sigma).

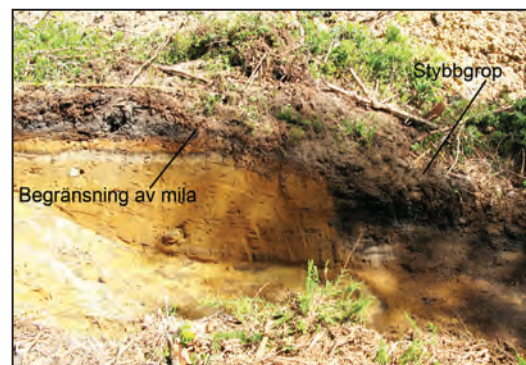
Kolarkojgrund, RAÄ 333

Metalldetektering i området kring och för kolarkojgrunden, gav inget resultat. Ett ca 3,6 x 1,4–2,2 meter stort schakt grävdes i östnordöst-västsydvästlig riktning och från mitten av kojgrunden mot östsydöst, i syfte att se vallens profil samt eventuellt också profilen där kojgrundens förmodade öppning varit, samt att fastställa om stenarna i nordöstra delen av kojan var en rest efter ett spismursröse.

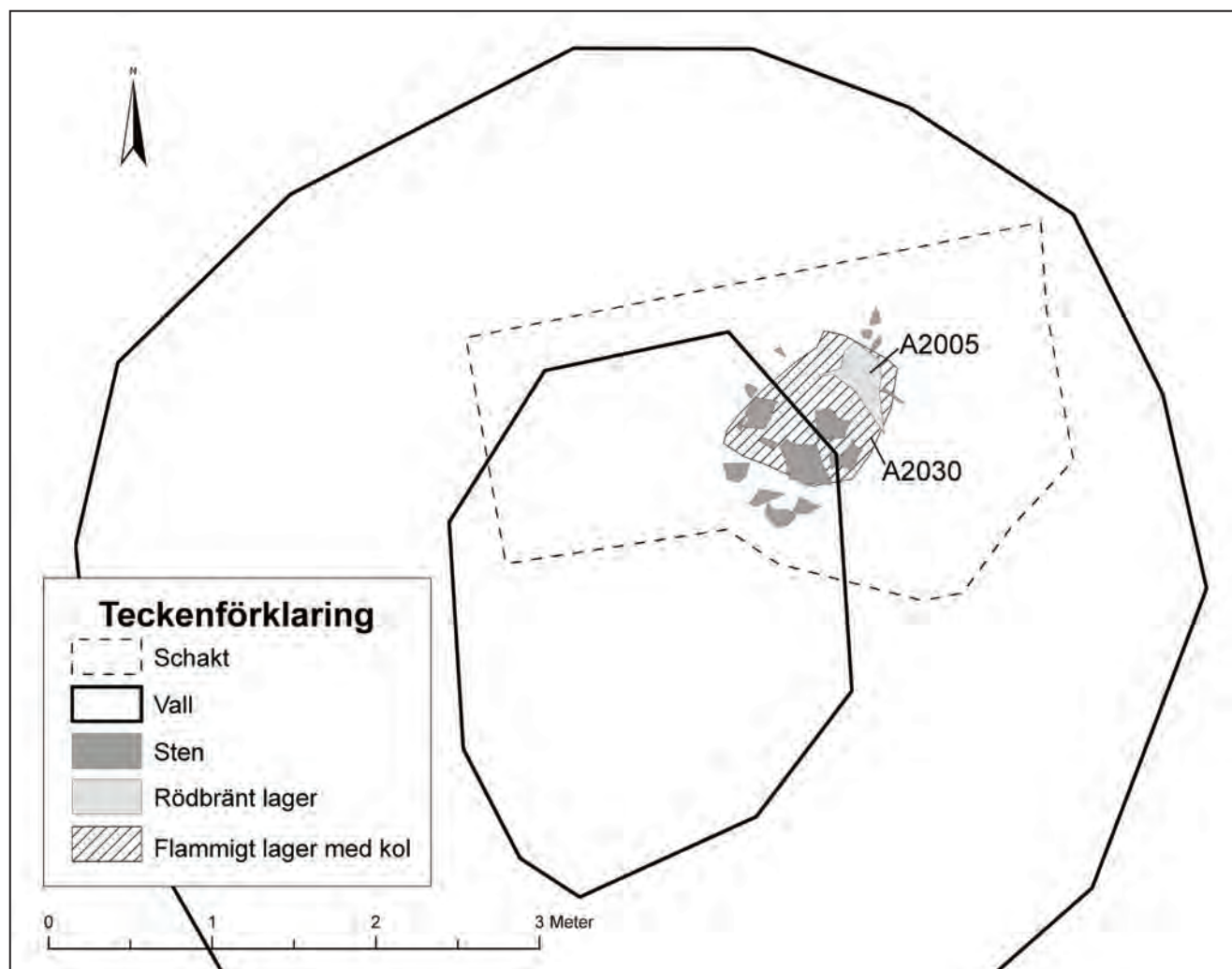
I profilen framträdde den förmodade öppningen som en mindre försänkning i den västra profildelen.

Endast ca 0,05–0,06 meter ned i vallens kant framkom större stenar, ett rödbränt parti, A 2005, och brända ben vilket utgjorde en relativt tydlig enhet gentemot den omgivande undergrunden av sand och grus och tolkades som rester efter ett spismursröse (FIGUR 43). Vid rensning framkom ytterligare brända ben i spismursresten. De ca 8–10 stenar som utgjort spismuren var till största delen flata sandstenar, ca 0,1–0,3 meter långa, 0,1–0,25 meter breda och 0,04–0,07 meter tjocka. Spismuren föreföll till viss del ha rasat, möjligen åt sydsydväst.

Efter att stenarna tagits bort framträdde ett oregelbundet, ca 0,8 x 0,45–0,6 meter stort (NNÖ-SSV), rödfärgat, flammigt lager med en hel del kol i ytan i sydsydvästra delen. Det rödbrända lagret var flera cm tjockt och i botten antog det en oval form och var ca 0,5 x 0,3–0,4 meter stort (NNÖ-SSV). Längst ned i botten och alldeles ovan den grusiga undergrunden, var mycket kol i det rödbrända lagret, framförallt i den nordnordöstra delen. Det rödbrända lagret med kol gick ned i alven och sluttade här något mot västnordväst. Nederdelen av spismursresten låg närmare 0,2 meter lägre än intilliggande vall.



FIGUR 42. RAÄ 332, södra delen av profil. En stybbgrop med kol framkom tydligt. Från V.



FIGUR 43. RAÄ 333. Ett schakt grävdes i östnordöst-västsydvästlig riktning och från mitten av kojgrunden mot östsydöst. Ca 0,05 meter ner i vallens kant framkom större stenar, ett rödbränt parti, A 2005, och brända ben vilket utgjorde en tydlig enhet gentemot den omgivande undergrunden och tolkades som rester efter ett spismursröse.

Tolkning av fältresultat, diskussion

Nedan följer att försök att, utifrån en diskussion kring undersökningarnas resultat, besvara de frågor som ställdes inför förundersökningen och den särskilda undersökningen. Frågor och svar har kursiverats i texten.

Lena Grandin från Geoarkeologiska laboratoriet (UV GAL) i Uppsala, har, i samarbete med Ole Stilborg och Erik Jonsson, genomfört den arkeometallurgiska undersökningen av materialet från blästplatsen RAÄ 338, vars resultat också ligger till grund för att besvara frågorna. För mer omfattande redogörelser för analysmetoder och analysresultat, för svar på frågor kring detaljer i järnframställningens process och resultat, detaljer kring lämningskonstruktion etc, hänvisas till UV Uppsala Rapport 2009:16 (Grandin 2009). Rapporten bifogas som bilaga 6.

Förundersökning

För att svara på förundersökningens frågor rörande blästplatsen RAÄ 338, *avgränsades* slagghvarpet samt togs förnan bort över två begränsade ytor kring varpet. Slagghvarpet hade en ungefärlig utbredning om 7–8 x 2,5–4 meter och var ca 0,2 meter högt. *Ugnarnas antal och läge fastställdes inte* vid förundersökningen då bedömningen gjordes att torven över slagghvarpet borde ligga kvar, för att skydda eventuella konstruktioner, i väntan på särskild undersökning. Västsydväst om och dikt an mot slagghvarpet låg ett område med rostrosa sand, vilket primärt tolkades som *rostplats eller malmupplag*. Sydsydväst om och dikt an mot slagghvarpet låg ett område med slagg eller järn, primärt tolkat som *möjlig fällplats*. *I övrigt framkom inga spår kopplade till järnframställning eller annan verksamhet.*

Kolarkojgrunden torvades av och *avgränsades*. Utbredningen av vallarna var kvadratisk, nästan 7 meter i sidan, höjden ca 0,2–0,3 meter.

Norra delen av RAÄ 190:1 (Blastplats bestående av minst 3 slagghvarp och ett 20-tal kolningsgropar) karterades och fick en något utökad avgränsning i öster. *Utifrån karteringen och efter diskussioner med länsstyrelsen, kunde Jönköpings kommun gå med på att ändra exploateringsytans utbredning så att den del av RAÄ 190:1 som berör slagghvarpen, kunde bevaras.*

Särskild undersökning

Inför undersökningen av blästplatsen RAÄ 338, ställdes flera frågor kring datering, konstruktion och organisation. Vad gäller *användningstiden* är dateringarna från slagghvarpet något svårtolkade, dels på grund av att endast två av fyra inskickade prover kunde analyseras och dels på grund av att dessa två dateringar inte sammanfaller. Ett prov från norra varpet, framför norra (N) ugnen, låg i perioden 1040–1260 e.Kr. (2 sigma) och ett prov, från botten av

norra varpet, låg i perioden 770–980 e.Kr. (2 sigma). I anslutning till slagghvarpet, undersöktes dock också två kolningsgropar, RAÄ 226:1 och 2, vilka ligger ca 30–40 meter från järnframställningsplatsen och som båda har tömts på kol i riktning mot densamma och därmed tolkas ha försörjt järnframställningen med kol. Datering från kolningsgroparna hamnar i perioden 1030–1280 e.Kr. och sammanförs dessa med dateringarna från slagghvarpet är det möjligt att bortse från den tidigare dateringen av detta. Förklaringen till den tidiga dateringen skulle då kunna vara hög egenålder hos träet (tall) eller att kolet, som togs alldeles i botten av varpet, inte alls hör samman med järnframställningen utan med någon tidigare aktivitet på platsen.

Troligen har ytterligare kolningsgropar försörjt järnframställningen med kol, detta var t.ex. tydligt vid undersökningen 2001 av den liknande blästbrukslämningen RAÄ 186 (Lorentzon 2008), ca 500 meter öster om här undersökta plats. Där kunde sex kolningsgropar knytas till järnframställningen. Att fler kolningsgropar vid nu aktuell plats inte återfunnits ska nog skyllas på närheten till riksväg 40.

Vad gäller *ugnarnas konstruktion* var dessa av liknande typ som dem som tidigare undersökts på och kring Axamo flygplats och Hedenstorp. Små parugnar med en invändig storlek om ca 0,4 x 0,3 meter, uppbyggda av lera, ca 0,1 meter tjock, troligen lagd direkt på sanden. En grövre lera har använts till ugnsväggarna och en finare har använts till delar som troligen varit nära blästeringången, på ugnarnas västra sidor (Grandin 2009). Leran i väggarna har stöttats från utsidan av en krans av knytnävstora, obearbetade stenar. Längst fram, vid slaggtappningssidorna, kan resterna efter en större, flat sten av värmetålig skiffer i N ugnen, tyda på att den rundade formen av ugnarna har övergått till en mer plan öppningssida (Grandin 2009). Ugnarna har isolerats med sand vilken troligen hållts på plats av en träkonstruktion och som täckt även piporna. Möjligen har sand, inför ugnarnas anläggande, fyllts upp på ursprunglig marknivå, från öster, under ugnarna, för att på så vis bygga upp rätt lutning för dessa åt väster.

Slaggtappning har skett under drift men en mindre grop i varje schakt visar att ugnarna också tömts på bottenlagger mellan körningarna. Kraftigt rödbränd sand kring ugnarnas utsidor, främst på en begränsad yta på motsatt sida från slaggtappningen, talar för att blästeringången suttit på samma sida som slaggtappningen, på ugnarnas västra sidor.

Strax söder om slagghvarpet påträffades ett område med rostigt, magnetiskt material som primärt antogs vara rester efter en *fällplats*. Analyserna utförda av UV GAL visar att det troligen också är här som en enkel bearbetning av det färdiga järnet förekommit, på så vis att järnet har slagits samman till en lupp (Grandin 2009). Centralt inom fällplatsen var en liten yta som saknade det rostiga, magnetiska materialet, vilket kan vara platsen för en träkubbe som

fungerat som städ vid hopslagningen. *Några spår efter ytterligare rening av järnet från slagg eller bearbetning av järnet, återfanns däremot inte på platsen.*

Väster om ugnarna och dikt an mot slagghvarpet, låg ett rostrosa område som vid undersökningen tolkades som rostplats eller malmupplag. Analyserna utförda av UV GAL visar att det är rostad malm som legat inom området. Tolkningen av området är att detta antingen är *platsen för malmupplag eller den yta utmed vilken man rört sig för att fylla på malmen i ugnarna* (Grandin 2009). *Malmen har däremot troligen rostats på annan plats*, troligen i närheten av malmförekomsten. En liknande tolkning gjordes vid undersökningen av RAÅ 186 (Lorentzon 2008).

Organisationen av järnframställningsplatsen liknar därmed den för flera av de platser som undersökts tidigare, med två ugnar med slaggtappning, flankerade av varsitt slagghvarp, strax intill ett område som fungerat som malmupplag alternativt ett område där man rört sig med malmen vid påfyllnad av ugnarna, samt en fällplats precis i anslutning till ugnarna. Och det är också själva järnframställningen som varit platsens funktion. Här återfinns inte några spår efter annan verksamhet än sådan kopplad till järnframställning och inte heller att man bott på platsen.

Om järnframställningen varit säsongsbunden är en fråga som fortfarande står obesvarad. Inför undersökningarna fanns en idé om att pollenanalyser av prov från närliggande våtmark dels skulle kunna datera järnframställningen (och även kolningen, se nedan) närmare och dels kunna svara på frågor om just säsongsbundenhet (även för kolningen, se nedan). Vid denna undersökning gav dock länsstyrelsen inte utrymme för pollenanalyser men frågor och argument finns för att återkomma till metoden vid framtida undersökningar.

Ugnarna har använts vid flera tillfällen, det visar förekomst av flera, men inte talrika, bottenslagger (Grandin 2009). *Mängden järn som producerats har, som redovisats ovan, däremot inte kunnat bestämmas.* Vad som kan konstateras är att varpet, i jämförelse med tidigare undersökta liknande platser, framstod som litet, både i utsträckning och mäktighet (Nordman muntligen, 2008), vilket kan tala för en mer begränsad produktion vid denna plats. Noteras ska dock, vilket nämnts ovan, att den slaggmängd som påträffas vid ugnarna inte behöver vara all den slagg som den totala järnproduktionens genererat.

Inga tecken finns på omfattande reparationer av ugnsväggarna, något som kanske kan tala för att ugnarna använts endast vid enstaka tillfällen, för en begränsad produktion. Samma förbehåll som med slaggmängden måste dock ges också här. Att endast få spår efter reparation av ugnsväggar hittades, lämnar framför allt en lucka i kunskapen om hur det färdiga järnet togs ur ugnarna (Grandin 2009).

Malmen som använts får antas ha hämtats inte alltför långtifrån

själva järnframställningen, exakt var har undersökningen dock inte kunnat svara på. Slaggena uppvisar en tydlig enhetlighet vilket tyder på att den malm som använts under verksamhetsperioden varit mycket likartad (Grandin 2009) och troligen hämtats från ett begränsat område. *Två olika typer av järn har producerats, dels kolfritt, mjukt järn, dels kolrikt, hårt stål.* Analyserna visar att det är två olika produkter, för olika användningsområden, som medvetet producerats.

En viktig fråga, som väcktes naturligt inför den här undersökningen, handlade om *var det tillverkade järnet hamnade*. Anledningen var de resultat som undersökningen av hantverksplatser vid Lundströms plats i Jönköping, givit året innan. Smidesslagger från tidig medeltid visade att det järn, som både bearbetats primärt och sekundärt, varit i första hand blästjärn, varpå frågan om järnet hade koppling till Axamo-området ställdes. Analyser av slagg från RAÄ 338 visar nu kemiska likheter med smidesslaggerna från Lundströms plats. Vidare finns spår på Lundströms plats efter den rensningsprocess av järnet som saknas vid järnframställningsplatsen på Hedenstorp (Grandin 2009).

För kolningsgroparna ställdes frågan inför undersökningen om en *tidsskillnad fanns mellan ensamliggande kolningsgropar, kolningsgropar i anslutning till järnframställningsplatserna och kolningsgropar i anslutning till kolbottnar, samt om kolningsgroparna vid kolbottnar i så fall använts för efterkolning*. Alternativt var frågan *om samtliga kolningsgropar faktiskt var samtida med järnframställningen i området*.

Utifrån resultatet av undersökningen talar allt för att de nu undersökta *kolningsgroparna är samtida med järnframställningen*, både med den plats som nu undersökts, och med tidigare undersökta, t.ex. RAÄ 186. Samtliga undersökta och daterade kolningsgropar samlas i intervallet 1020–1280 e.Kr. Också i kolningsgropar där två eller flera användningstillfällen kunde urskiljas, och där det kunde vara möjligt att groparna återanvänts under tiden efter att järnframställningen upphört, hamnade dateringarna i samma intervall. Det är dessutom så att i enstaka kolningsgropar där två eller flera användningstillfällen kunde urskiljas, det överlagrande kolningstillfället har en något äldre datering än det underlagrande (men inom angivet intervall), vilket tolkas som att någon egentlig åtskillnad i tid mellan kolningstillfällena inte funnits (se t.ex. RAÄ 226:1 och 337).

Flera av de kolningsgropar som låg i närheten av de två järnframställningsplatserna, RAÄ 190:1 och RAÄ 338, hade tömts på kol i riktning mot slaggvarpen, något som tolkats som att kolet varit avsett för dessa. När det nu visat sig att troligen samtliga kolningsgropar i området är samtida med järnframställningen, även de som ligger på stort avstånd från slaggvarpen, måste frågan bli om det funnits ytterligare slaggvarp i området, som inte hittats, eller om kolningen för de påträffade slaggvarpen faktiskt varit mer utspritt än vi tidigare

antagit. Kanske är det sista en möjlig tolkning då det enligt uppgift inte går att återanvända en och samma kolninggrop hur många gånger som helst med bibehållen kolnigseffekt (Linnéa Kallerskog muntligen, 2009). Naturligtvis kan också ytterligare, ej upptäckta, slagghvarp ha funnits i området samt ha legat i vägen för riksväg 40 och för den övningsbana som ligger norr om nu undersökt område. *I direkt anslutning till de undersökta kolningsgroparna påträffades dock inga ytterligare spår efter järnframställning.*

Två liggmilor undersöktes och daterades till ca 1450–1640 e.Kr. Dateringen sammanfaller både med de tidigaste dateringarna av masugnsverksamheten i Taberg (Thålin-Bergman 1979) och med den omfattande gjuteri- och smidesverksamhet som bedrivits i medeltida och tidig-historiska Jönköping. *Kolningen i området har alltså, efter blästbrukets period ca 1030–1280 e.Kr, återkommit under sent 1400-tal (och troligen bedrivits till in på 1800–1900-tal, se nedan angående resmilor).* Möjligen kan resultaten från undersökningen av järnframställningsplatsen RAÄ 186, där två kolningsgropar daterades till ca 1250–1440 e.Kr. tolkas som att något glapp i kolning aldrig förekommit, kanske endast en mindre nedgång under 1300–1400-tal. Frågan är då om det också funnits någon tidig-medeltida masugnsverksamhet i Tabergs-Axamo-området som vi ännu inte återfunnit, en länk mellan sena järnålderns blästbruk och medeltidens bergsbruk vid Taberg.

Inför undersökningen ställdes frågan om *medeltida kolning i resmila* gick att belägga, men dateringarna av de undersökta kolbottarna efter resmilor hamnar alla i intervallet 1510–1950 e.Kr. Tyvärr kunde endast ¹⁴C-analys användas som dateringsmetod, vilket, som resultatet visar, är en för trubbig metod vad gäller sena, historiska lämningar. För att om möjligt fånga variationer över tid i kolningsverksamheten och kanske kunna koppla detta till verksamheten vid Taberg eller Jönköping, måste andra metoder för datering och landskaps-utnyttjande användas, pollenanalyser för närområdet och ett större omland borde kunna vara en möjlig väg. Också för att fånga *eventuell säsongsbundenhet av kolningsverksamheten* skulle pollenanalys kunna vara en metod att gå vidare med.

Tekniska och tidsmässiga skillnader mellan olika kolbottnar efter resmilor, utifrån storlek, form och läge, visade sig vid undersökningarna svåra att fånga. Detta berodde främst på att antalet möjliga kolbottnar att undersöka var begränsade då undersökningsytorna hade begränsats inför undersökningarna. Vad som tydligt framstod för alla de 4 kolbottnar efter resmilor som undersökts, var att milan varit uppdragen ca 0,5–1 meter upp på botten. Flera av kolbottarna har också lutat något samt använts vid mer än ett tillfälle, i ett fall troligen vid tre. Utifrån resultaten, om dessa än bygger på ett litet material, verkar alltså inte storleken på resmilen, hur den legat i terrängen eller huruvida den omgärdats av stybbränna eller stybbgropar, varit något som berott på olika kolningstekniker.

*Endast en kolarkojgrund återfanns i området, vilket kan bero på att andra spår efter kolarna legat gömda under mark. Tanken var att med maskin torva av kring några av kolbottnarna, för att just fånga eventuella spår efter kolarkojor, vindskydd etc. På grund av tidsbrist fick detta moment dock prioriteras bort. Den kolarkoja som återfanns låg i anslutning till en av de största kolbottnarna i området och även om inga daterande fynd påträffades är den *sannolikt byggd i samband med kolningen i milan*, då öppningen på kojan vätter mot milan. Kojan har invändigt haft en golvyta om ca 3 x 3 meter, till vänster innanför öppningen har en spis av sten legat och kojans väggar har troligen varit täckta av sand och kolstybb.*

Dateringarna av kolningslämningarna visar en tydlig kronologisk skillnad mellan de olika typerna av lämningar. Resultaten från undersökningen stryker verkligen under den traditionella synen på linjär utveckling, från kolning i grop, via liggmila till resmila. Det hade naturligtvis varit roligt om resultaten kunnat rucka lite på denna syn på kolningens utveckling, men det intressanta här att ta fasta på är den långa (och kanske kontinuerliga) tid då området nyttjats för kolning. Troligen är det i första hand möjligheten till kolning som styrt valet av plats för järnframställningen och kolningen har också fortsatt efter att blästbruket upphört. Frågan blir vad detta medeltida och historiska kol haft för användningsområde, eller vem/vilka som kunnat ha anspråk på kolet. Tabergs bergslag vet vi har krävt stora mängder kol, men verkstäderna i Jönköping har det sannolikt också. Frågor kring Jönköpings stads framväxt, dess omland och anspråk på det, är frågor som i fortsatta undersökningar blir nödvändiga att ställa.

Sammanfattning av fältresultat

Jönköpings kommun planerar avsätta mark för industribyggnation inom Hedenstorp 1:3. beläget precis söder om riksväg 40 respektive öster om Axamo flygplats (FIGUR 1). Med anledning härav har Jönköpings läns museum, efter beslut av Länsstyrelsens och beställning av Jönköpings kommun, tekniska kontoret, genomfört en arkeologisk förundersökning (Jlm Dnr 288/07) samt en särskild arkeologisk undersökning (Jlm Dnr 275/08) inom området. Sammanlagt undersöktes 1 blästplats (RAÄ 338), 13 kolningsgropar, 2 liggmilor, 4 resmilor, 1 kolarkoja, samt nyavgränsades en blästplats (RAÄ 190:1).

Lena Grandin från Geoarkeologiska laboratoriet (UV GAL) i Uppsala, medverkade vid den särskilda undersökningen, en dag i fält och en dag efter avslutat fältarbete, samt har, i samarbete med Ole Stålborg och Erik Jonsson, genomfört en arkeometallurgisk undersökning av materialet från blästplatsen RAÄ 338.

Blästplatsen RAÄ 338 var av liknande typ som dem som tidigare undersökts på och kring Axamo flygplats och Hedenstorp

och samtida med dessa. Små parugnar med en invändig storlek om ca 0,4 x 0,3 meter, uppbyggda av lera och stenar, daterade till ca 1030–1280 e.Kr. I närheten låg två kolningsgropar som försett järnproduktionen med kol och troligen har ytterligare kolningsgropar legat i ugnarnas närhet, kanske i vägen för riksväg 40.

Frågan om var det framställda järnet har hamnat kan, i och med denna undersökning och den senaste undersökningen inom medeltida Jönköping, kanske ha fått början till ett svar. Analyser av slaggerna från RAÄ 338 visar kemiska likheter med smidesslagger från tidigmedeltida hantverkskvarter vid Lundströms plats, Jönköping. Det finns också spår på Lundströms plats efter den rensningsprocess av järnet som saknas vid järnframställningsplatsen på Hedenstorp.

Samtliga kolningsgropar som undersöktes daterades till ca 1020–1280 e.Kr. De är således samtida med järnframställningen, både med den som nu undersökts, och med tidigare undersökta, t.ex. RAÄ 186. Kolningen har troligen sen fortsatt med endast ett kort avbrott eller nedgång i produktionen, med liggmilor under medeltid och resmilor under historisk tid, fram till 1800–1900-tal.

Administrativa uppgifter

Länsstyrelsens tillstånd:	Förundersökning 431-14312-2007, beslutsdatum 2008-05-06 och Undersökning 431-13107-2008, beslutsdatum 2008-10-21
Jönköpings läns museums dnr:	Förundersökning 288/07 Undersökning 275/08
Beställare:	Jönköpings kommun, tekniska kontoret.
Fält- och Rapportansvarig:	Moa Lorentzon
Fältpersonal:	Britt Ajneborn, Christina Helander, Moa Lorentzon, Ann-Marie Nordman, Rickard Wennerberg, Lena Grandin
Fältarbets tid:	Förundersökning 2008-05-14–2008-06-04 och Undersökning 2008-10-17–2008-11-04
Län:	Jönköpings län
Kommun:	Jönköpings kommun
Socken:	Sandseryds socken
Fastighetsbeteckning:	Hedenstorp 1:3
Belägenhet:	Ekonomiska kartans blad 64E 0eS
Koordinater:	N 6403000 E 445800
Koordinatsystem:	SWEREF
Undersökningsyta:	245 000m ²
Fornlämningsnummer:	RAÄ 190:1, 226:1 och 2, 227:1, 230:1, 252, 253, 274, 287, 330–338
Fornlämningstyp:	Blästuplats, kolningsgrop, kolbotten, kolarkojgrund
Tidsperiod:	Yngre järnålder–tidig medeltid.
Fynd nr:	1–12.
Tidigare undersökningar:	AU1 Jlm Dnr 15/02, AU2 Jlm Dnr 79/07

Dokumentationsmaterialet förvaras i Jönköpings läns museums arkiv.

Referenser

Tryckta källor

- Björck, N. 1991. *Den lågtekniska järnhanteringen i södra Vätterbygden. En studie av en regions vikingatida och tidig medeltida järnhantering*. Umeå Universitet. Uppsats för C1 i arkeologi. Umeå universitet, Institutionen för arkeologi.
- Grandin, L. med bidrag av Stilborg, O. och Jonsson, E. 2009. *Järn för avsalu. En framställningsplats bland många andra i en omfattande organiserad produktion i Axamo - arkeometallurgiska analyser. Småland, Jönköpings län, Sanderyds socken, Hedenstorp 1:3, fornlämning 338*. UV Uppsala Rapport 2009:16. Geoarkeologisk undersökning.
- Grandin, L. & Andersson, D. 2007. An Extensive Medieval Bloomery Iron Production in the Gråfjell Area, East Norway. *2nd International Conference. Archaeometallurgy in Europe 2007. 17–21 June, 2007*. Aquileia, Italy.
- Grandin, L., Forenius, S. & Hjärthner-Holdar, E. 2004. *Järnframställning på Gråfjället. Arkeometallurgiska analyser. ID 1023573, ID 1023888. Gråfjellområdet, Åmot kommune, Hedmark, Norge*. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 2-2004. Uppsala.
- Lorentzon, M. 2004. *Arkeologisk utredning, etapp 1. Hedenstorp, söder om RV 40. Inför planerad exploatering inom Hedenstorp 1:3. Sanderyds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län*. Arkeologisk rapport 2004:34. Jönköpings läns museum. Jönköping.
- Lorentzon, M. 2007. *Arkeologisk utredning, etapp 2. Hedenstorp, söder om RV 40. Inför planerad exploatering inom del av Hedenstorp 1:3. Sanderyds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län*. Arkeologisk rapport 2007:51. Jönköpings läns museum. Jönköping.
- Lorentzon, M. 2008. *Arkeologisk undersökning. Järn, slagg och snö vid fornlämning 186. Undersökning av fornlämning 186, järnframställningsplats, inför byggnation inom Hedenstorp 1:3 m.fl. Sanderyds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län*. Arkeologisk rapport 2008:23. Jönköpings läns museum. Jönköping.
- Nordman, A-M. 1994. Dubbelugnar i Axamo, Småland. I Englund, L-E (red.), *Aktuell arkeologisk järnforskning 1988-1992: föredrag vid Jernkontorets Berghistoriska utskotts symposium på Jernkontoret, 24 november 1992*. Jernkontorets Berghistoriska utskott H 55, Stockholm 1994, ss. 69-77.
- Thålin-Bergman, L. 1979. Förhistorisk järnhantering i Tabergsområdet. *Tabergs Bergslag XII*. Norrahammar.

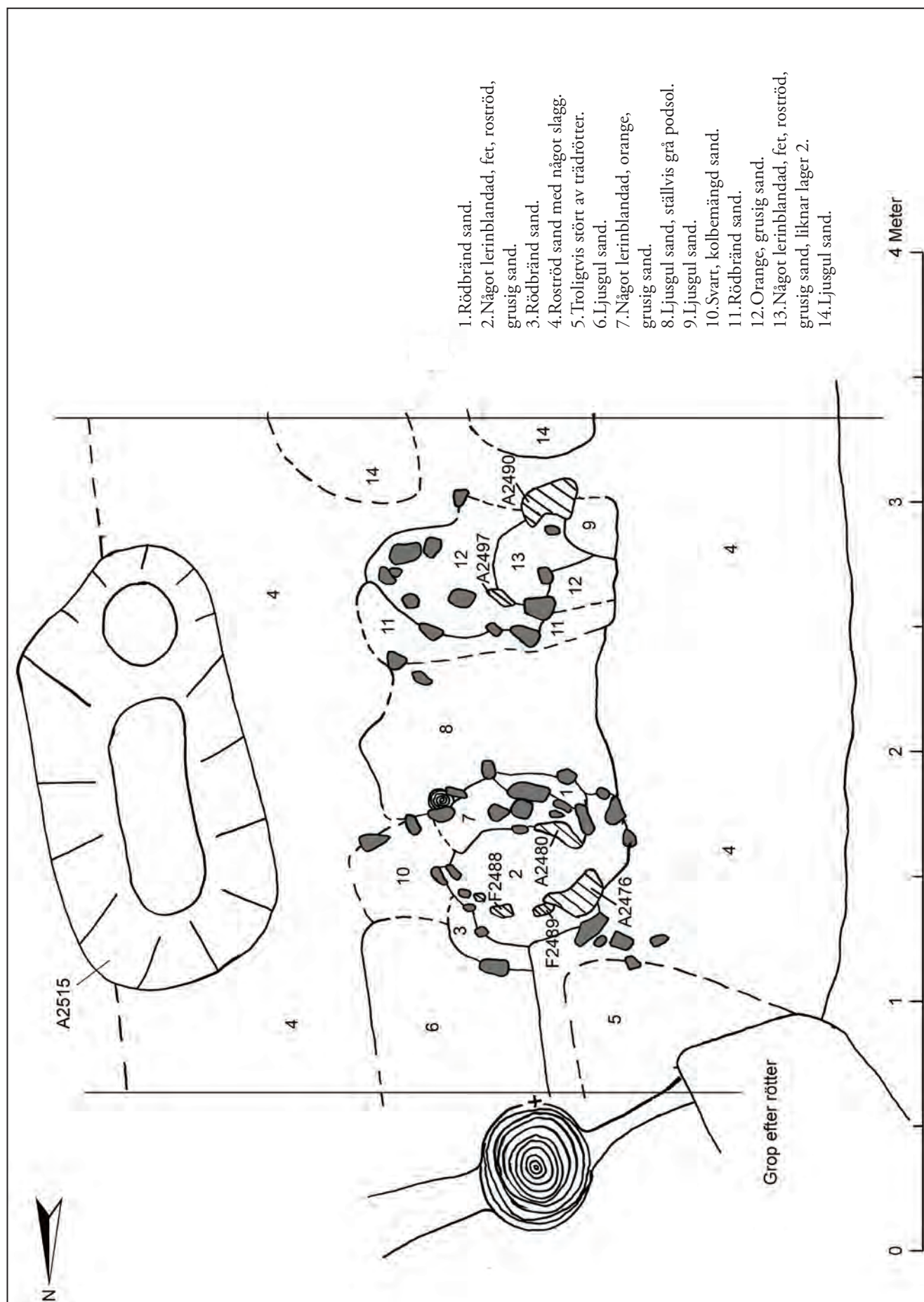
Otryckta källor

- Kallerskog, L. Antikvarie vid Jönköpings län museum. September 2009. Muntlig information angående tolkning av återanvändande av kolningsgropar.
- Nordman, A-M. Antikvarie vid Jönköpings län museum. November 2008. Muntlig information angående jämförelser med tidigare undersökta järnframställningsplatser.

Arkiv

Digitala fornminnesregistret, FMIS.

Blästplats, RAÄ 338, planritning över 1:a framrensningen.

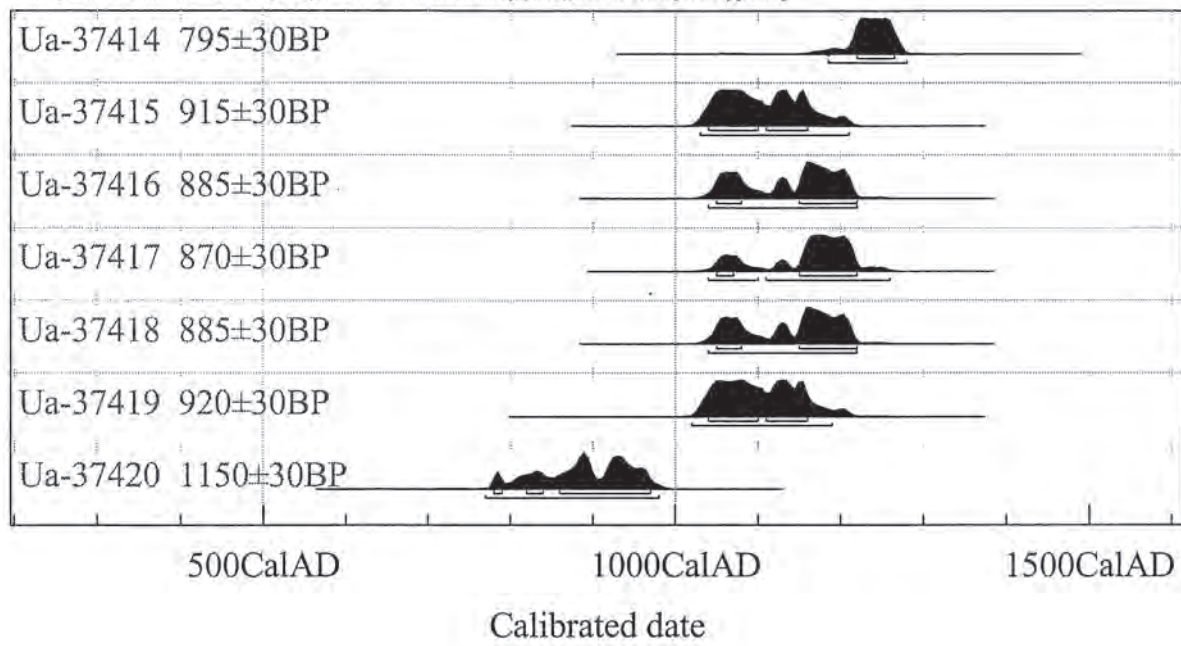


Vedartsbestämning och ¹⁴C-datering.

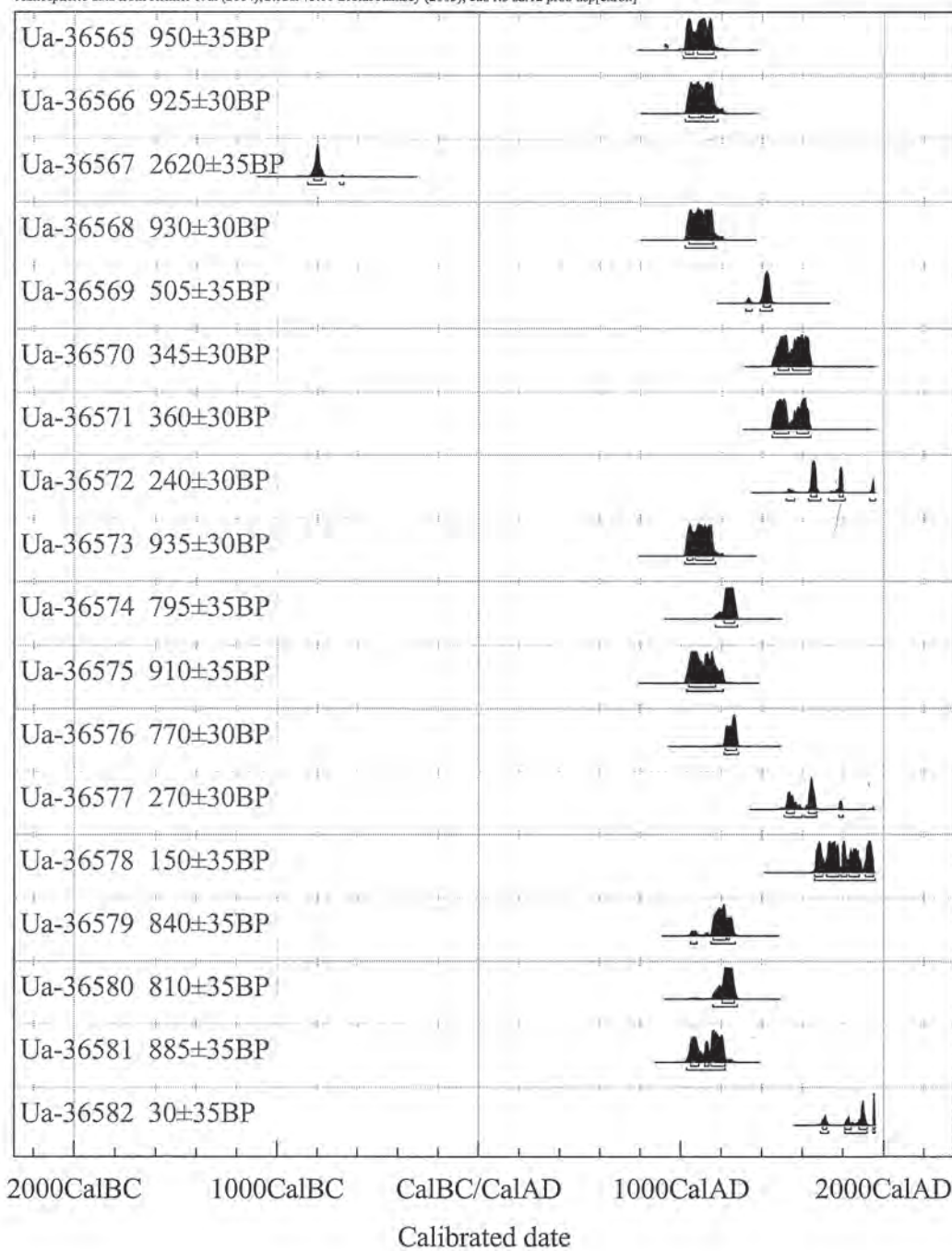
Anläggning	ID, vedart Placering	Lab.nr, ¹⁴ C	Material	¹⁴ C-ålder BP	Kal. 1 sigma	Sannolikhet	Kal. 2 sigma	Sannolikhet
Blästplats RAÅ 338 N varpet	2514 Framför N ugnen	Ua-37417	Tall	870±30	1050–1070 e.Kr 1150–1220 e.Kr	1,6 % 66,6 %	1040–1100 e.Kr 1110–1260 e.Kr	17,6 77,8
Blästplats RAÅ 338 N varpet	20001 Botten	Ua-37420	Tall	1150±30	780–790 e.Kr 820–840 e.Kr 860–970 e.Kr	0,7 5,7 61,8	770–980 e.Kr	95,4
Blästplats RAÅ 338 N ugnen	20009 Inneslutet i slag	–	Tall	Kunde inte processas	–	–	–	–
Blästplats RAÅ 338 N varpet	20010 Inneslutet i slag	–	Tall	Kunde inte processas	–	–	–	–
Kolningsgrop RAÅ 230:1	403 Botten, lager 7	Ua-36566	Tall	925±30	1040–1100 e.Kr 1110–1160 e.Kr	43,3 24,9	1020–1180 e.Kr	95,4
Kolningsgrop RAÅ 230:1	401 Mitten, lager 6	Ua-36565	Tall	950±35	1020–1060 e.Kr 1080–1160 e.Kr	18,6 49,3	1010–1170 e.Kr	95,4
Härd A 335	405 Botten	Ua-36567	Tall	2620±35	820–780 f.Kr	68,2	850–760 f.Kr 690–670 f.Kr	93,9 1,5
Kolningsgrop RAÅ 330	1029 Botten, lager 5	Ua-36568	Tall	930±30	1040–1160 e.Kr	68,2	1020–1170 e.Kr	95,4
Kolningsgrop RAÅ 330	200001 Mitten, lager 10	Ua-36573	Tall	935±30	1030–1060 e.Kr 1070–1160 e.Kr	11,8 56,4	1020–1170 e.Kr	95,4
Kolningsgrop RAÅ 336	200002 Botten	Ua-36574	Tall	795±35	1215–1265 e.Kr	68,2	1170–1280 e.Kr	95,4
Kolningsgrop A1166 inom RAÅ 190:1	200003 Botten	Ua-36575	Tall	910±35	1040–1170 e.Kr	68,2	1030–1210 e.Kr	95,4
Kolningsgrop A1161 inom RAÅ 190:1	200004 Botten	Ua-36576	Tall	770±30	1220–1275 e.Kr	68,2	1215–1285 e.Kr	95,4
Kolningsgrop RAÅ 337	200008 Botten, lager 9	Ua-36579	Tall	840±35	1160–1225 e.Kr 1230–1240 e.Kr	67,4 0,8	1050–1080 e.Kr 1150–1270 e.Kr	4,8 90,6
Kolningsgrop RAÅ 337	200009 Mitten, lager 6	Ua-36580	Tall	810±35	1205–1265 e.Kr	68,2	1160–1280 e.Kr	95,4
Kolningsgrop RAÅ 337	200010 Överst, lager 3	Ua-36581	Tall	885±35	1050–1090 e.Kr 1120–1140 e.Kr 1150–1220 e.Kr	19,3 4,7 44,3	1030–1220 e.Kr	95,4
Kolningsgrop RAÅ 226:1	200014 Botten, lager 9	Ua-37414	Tall	795±30	1220–1265 e.Kr	68,2	1185–1280 e.Kr	95,4
Kolningsgrop RAÅ 226:1	200015 Mitten, lager 6	Ua-37415	Tall	915±30	1040–1100 e.Kr 1110–1160 e.Kr	41,2 27,0	1030–1210 e.Kr	95,4
Kolningsgrop RAÅ 226:2	200016 Botten, lager 4	Ua-37416	Tall	885±30	1050–1080 e.Kr 1150–1220 e.Kr	18,9 49,3	1040–1220 e.Kr	95,4
Kolningsgrop A 2536, inom RAÅ 190:1	2564 Botten	Ua-37418	Tall	885±30	1050–1080 e.Kr 1150–1220 e.Kr	18,9 49,3	1040–1220 e.Kr	95,4
Kolningsgrop A 2565, inom RAÅ 190:1	2584 Botten	Ua-37419	Tall	920±30	1040–1100 e.Kr 1110–1160 e.Kr	42,5 25,7	1020–1190 e.Kr	95,4
Kolbotten, liggmila A 1248, inom RAÅ 253	1674 Botten	Ua-36570	Tall	345±30	1480–1530 e.Kr 1550–1640 e.Kr	24,3 43,9	1460–1640 e.Kr	95,4
Grop A 1660	1672 Mitten	Ua-36569	Tall	505±35	1405–1440 e.Kr	68,2	1320–1350 e.Kr 1390–1450 e.Kr	6,9 88,5
Kolbotten, liggmila RAÅ 274	1787 Mitten/botten	Ua-36571	Bark	360±30	1460–1530 e.Kr 1570–1630 e.Kr	39,0 29,2	1450–1640 e.Kr	95,4

Anläggning	ID, vedart Placering	Lab.nr, ¹⁴ C	Material	¹⁴ C-ålder BP	Kal. 1 sigma	Sannolikhet	Kal. 2 sigma	Sannolikhet
Kolbotten, resmila RAÄ 252	200005 Botten	Ua-36577	Tall	270±30	1520–1560 e.Kr 1630–1670 e.Kr	27,2 41,0	1510–1600 e.Kr 1610–1670 e.Kr 1780–1800 e.Kr	42,2 46,7 6,6
Kolbotten, resmila RAÄ 332	200006 Botten	Ua-36578	Tall	150±35	1660–1700 e.Kr 1720–1780 e.Kr 1790–1820 e.Kr 1830–1880 e.Kr 1910–1950 e.Kr	12,0 26,0 7,2 10,5 12,5	1660–1960 e.Kr	95,4
Kolbotten, resmila RAÄ 334	200012 Mitten/botten	Ua-36582	Tall	30±35	1700–1720 e.Kr 1810–1840 e.Kr 1880–1920 e.Kr 1950–1960 e.Kr	9,9 8,4 36,3 13,7	1690–1730 e.Kr 1810–1920 e.Kr 1950–1960 e.Kr	18,2 62,8 14,4
Kolbotten, resmila RAÄ 287	1840 Botten	Ua-36572	Tall	240±30	1640–1670 e.Kr 1780–1800 e.Kr	45,0 23,2	1520–1560 e.Kr 1630–1690 e.Kr 1730–1810 e.Kr 1930–1960 e.Kr	5,3 51,3 30,8 8,0

Atmospheric data from Reimer et al (2004); OxCal v3.10 Bronk Ramsey (2005); cub r:5 sd:12 prob usp[chron]



Atmospheric data from Reimer et al (2004); OxCal v3.10 Bronk Ramsey (2005); cub r:5 sd:12 prob usp[chron]



VEDLAB

Vedanatomilabbet

Vedlab rapport 0936

2009-06-16

Vedartsanalyser på material från Jönköping län, Sandseryd sn. Hedenstorp 1:3.

Uppdragsgivare: Moa Lorentzon/Jönköpings länsmuseum

Arbetet omfattar två kolprov från en järnframställningsplats. Prover från kolningsgropar och kolbottnar i området har analyserats och visade sig innehålla tall (Vedlab rapport 0838). Dateringar av dessa hamnade mellan 700 och 1200 evt.

Denna omgångs prover kommer från slaggklumpar i dels en ugn, dels en slaggvarp. Båda innehöll de kol av tall. En av kolbitarna från slaggvarpet kommer från en s.k. ytterbit av stammen. Alltså senast anlagda årsringarna mot barken. Lita av barken satt också kvar. En datering av den biten ger en försumbar egenålder. Vid datering av det andra provet får man räkna med att egenåldern kan vara ganska hög. Det provet innehåller dessutom väldigt lite kol. På gränsen för daterbart.

Analysresultat

Anl.	ID	Anläggnings- typ	Prov- mängd	Analyserad mängd	Trädslag	Utplockat för ¹⁴ C-dat.	Övrigt
	20009	Ugn	<0.1g	<0.1g 1 bit	1 bit tall	Tall 11mg	
	20010	Slaggvarp	0.3g	0.3g 4 bitar	4 bitar tall	Tall (ytterbit mot bark) 82mg	

Hoppas ni är nöjda med arbetet!

Erik Danielsson/VEDLAB
Kattås
670 20 GLAVA
Tfn: 0570/420 29
E-post: vedlab@telia.com

De här trädslagen förekom i materialet

Art	Latín	Max ålder	Växtmiljö	Egenskaper och användning	Övrigt
Tall	<i>Pinus silvestris</i>	400 år	Anspråkslös men trivs på näringsrika jordar. Den är dock ljuskrävande och blev snabbt utkonkurrerad från de godare jordarna när granen kom	Stark och hållbar. Konstruktionsvirke, stolpar, pålar, båtbygge, kärl (ej för mat) takspån, tjärblöss, träkol, tjärbränning	Underbarken till nödmjöl, årsskott kokades för C-vitaminerna. Även som kreatursfoder

Uppgifter om maximal ålder, växtmiljö, användning mm är hämtade ur: Holmäsén, Ingmar Träd och buskar. Lund 1993. Gunnarsson, Allan Träden och människan. Kristianstad 1988. Mossberg, Bo m.fl. Den nordiska floran. Brepol, Turnhout 1992.

Vedartsanalysen görs genom att studera snitt- eller brottytor genom mikroskop. Jag har använt stereolupp Carl Zeiss Jena, Technival 2 och stereomikroskop Leitz Metalux II med upp till 625 gångers förstoring. Mikroskopfoton är tagna med Nikon Coolpix 4500. Referenslitteratur för vedartsbestämningen har i huvudsak varit Schweingruber F.H. Microscopic Wood Anatomy 3rd edition och Anatomy of European woods 1990 samt Mörk E. Vedanatomi 1946. Dessutom har jag använt min egen referenssamling av förkolnade och färskas vedprover.

VEDLAB

Vedanatomilabbet

Vedlab rapport 0902

2009-01-12

Vedartsanalyser på material från Jönköpings län, Sandseryd sn. Hedenstorp 1:3.

Uppdragsgivare: Moa Lorentzon/Jönköpings läns museum

Arbetet omfattar sju kolprover från en undersökning av kolningsgropar och en järnframställningsplats. Tidigare undersökningar från järnframställningsplatser och kolningsgropar i området har visat att man i huvudsak använt tall som bränsle.

Även denna omgång bestod proverna av enbart kol från tall. På den magra marken i området har tall säkerligen varit det dominerande trädslaget. Den goda tillgången på tall och att marken knappast kunnat utnyttjas till något annat är troligen anledningen till att kolnings- och järnframställningsaktiviteterna förlagts hit.

Tallen kan bli gammal i sig och orsakar därför ibland en hög egenålder vid datering. Vad jag kunnat se på de insända proverna kommer de från träd med hög tillväxt och det tyder på att de är från yngre exemplar som är i kraftig tillväxt. Tillväxten för tall avtar när trädet är drygt 100 år. Förhoppningsvis så är alltså inte egenåldern så hög för de aktuella proverna.

Analysresultat

Anl.	ID	Anläggnings- typ	Prov- mängd	Analyserad mängd	Trädslag	Utplockat för ¹⁴ C-dat.	Övrigt
226:1	200014	Kolningsgrop	20,5g	17,8g 3 bitar	3 bitar tall	Tall 620mg	
226:1	200015	Kolningsgrop	4,4g	0,3g 10 bitar	10 bitar tall		
226:2	200016	Kolningsgrop	9,3g	4,8g 20 bitar	20 bitar tall	Tall 83mg	
2536	2564	Kolningsgrop	2,1g	2,1g 1 bit	1 bit tall	Tall 191mg	
2565	2584	Kolningsgrop	11,2g	9,2g 11 bitar	11 bitar tall	Tall 845mg	
2159	2514	Slaggvarp	33,5g	3,2g 5 bitar	5 bitar tall	Tall 270mg	
2159	20001	Slaggvarp	15,0g	2,8g 8 bitar	8 bitar tall	Tall 250mg	

Hoppas ni är nöjda med arbetet!

Erik Danielsson/VEDLAB
Kattås
670 20 GLAVA
Tfn: 0570/420 29
E-post: vedlab@telia.com

De här trädslagen förekom i materialet

Art	Latin	Max ålder	Växtmiljö	Egenskaper och användning	Övrigt
Tall	<i>Pinus silvestris</i>	400 år	Anspråkslös men trivs på näringsrika jordar. Den är dock ljuskrävande och blev snabbt utkonkurrerad från de godare jordarna när granen kom	Stark och hållbar. Konstruktionsvirke, stolpar, pålar, båtbygge, kärl (ej för mat) takspån, tjärblöss, träkol, tjärbränning	Underbarken till nödmjöl, årsskott kokades för C-vitaminerna. Även som kreatursfoder

Uppgifter om maximal ålder, växtmiljö, användning mm är hämtade ur: Holmåsen, Ingmar Träd och buskar. Lund 1993. Gunnarsson, Allan Träden och människan. Kristianstad 1988. Mossberg, Bo m.fl. Den nordiska floran. Brepol, Turnhout 1992.

Vedartsanalysen görs genom att studera snitt- eller brottytor genom mikroskop. Jag har använt stereolupp Carl Zeiss Jena, Technival 2 och stereomikroskop Leitz Metalux II med upp till 625 gångers förstoring. Mikroskopfoton är tagna med Nikon Coolpix 4500. Referenslitteratur för vedartsbestämningen har i huvudsak varit Schweingruber F.H. Microscopic Wood Anatomy 3rd edition och Anatomy of European woods 1990 samt Mork E. Vedanatomy 1946. Dessutom har jag använt min egen referenssamling av förkolnade och färskas vedprover.

VEDLAB

Vedanatomilabbet

Vedlab rapport 0838

2008-09-02

Vedartsanalyser på material från Jönköpings län, Sandseryd sn. Hedenstorp 1:3.

Uppdragsgivare: Moa Lorentzon/Jönköpings läns museum

Arbetet omfattar 18 kolprover från en förundersökning av kolningslämningar. Prover från tidigare undersökningar av järnframställningsplatser och kolningsgropar i området har främst gett tall och dateringar mellan 700 – 1200 evt.

Proverna kommer främst både från kolningsgropar och från ligg- och resmilor. Samtliga innehåller kol av tall. Några har även bark/näver eller barr och annat makroliknande material men inga andra träslag förekommer i materialet.

Dominansen av tall beror säkert på att tall var det träslag som växte i närområdet. Marker med uteslutande tall brukar vara magra och inte särskilt attraktiva för annat resursutnyttjande. Antagligen en anledning till att man förlade kolningsverksamhet där.

Tallen kan bli gammal i sig och förorsaka hög egenålder vid datering. Men troligtvis så kolade man inte altför grov ved utan valde smalare och förhoppningsvis yngre träd.

Att barr och makroliknande material förekommer i A 1709 beror troligen på att det är material från omgivande förna/bottenlager som kommit med.

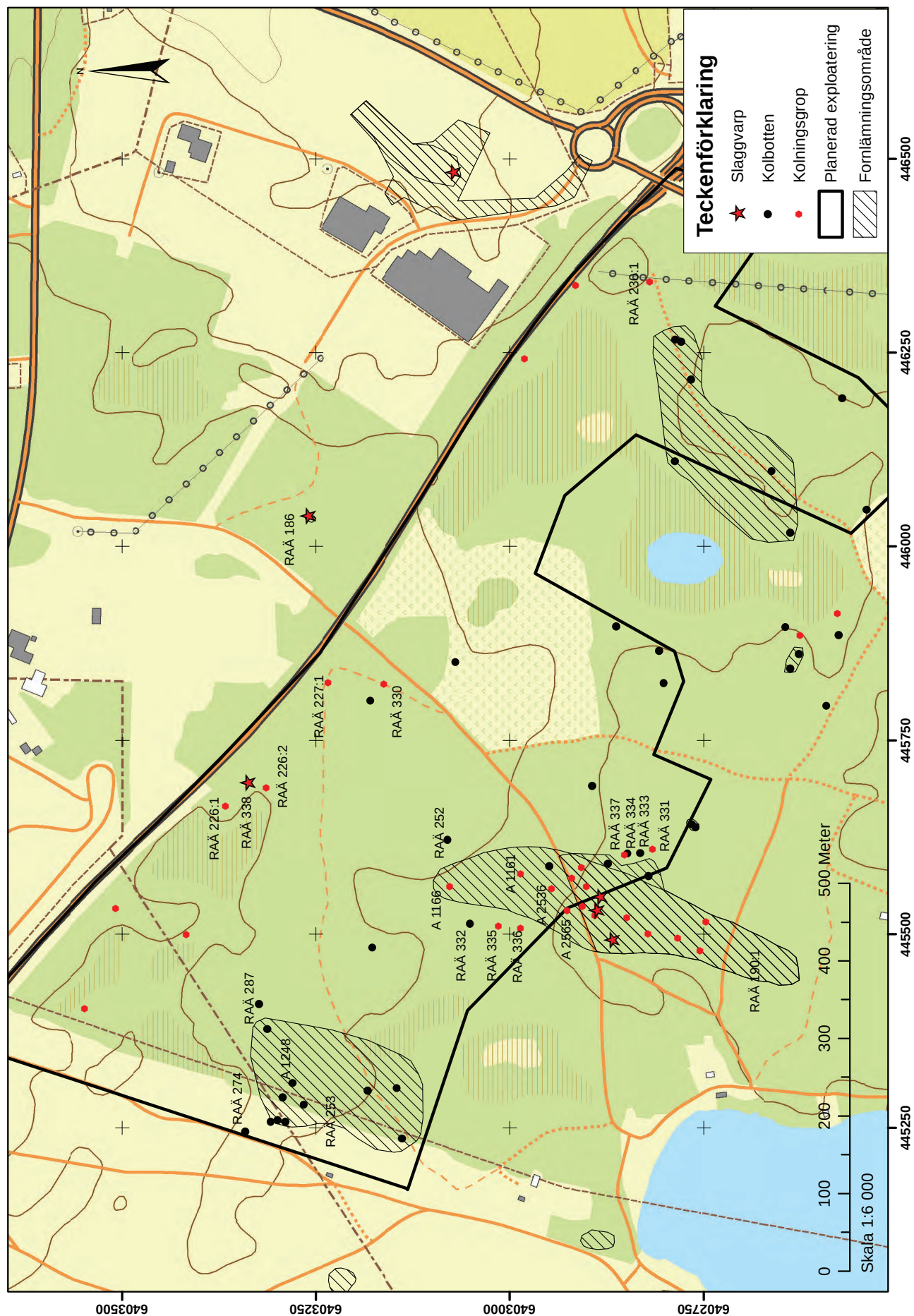
Analysresultat

Anl.	ID	Anläggnings-Typ	Prov-mängd	Analyserad Mängd	Träslag	Utplockat för ¹⁴ C-dat.	Övrigt
335	405	Härd	9.9g	8.0g 20 bitar	20 bitar tall	Tall 253mg	
318	401	Kolningsgrop	1.2g	0.2g 5 bitar	5 bitar tall	Tall 24mg	
318	403	Kolningsgrop	99.5g	74.8g 20 bitar	20 bitar tall	Tall 600mg	
997	1029	Kolningsgrop	73.3g	59.7g 30 bitar	30 bitar tall	Tall 1.8g	
997	200001	Kolningsgrop	3.5g	0.3g 3 bitar	3 bitar tall	Tall 206mg	
1061	200002	Kolningsgrop	3.0g	0.6g 4 bitar	4 bitar tall	Tall 76mg	
1166	200003	Kolningsgrop	36.8g	35.2g 18 bitar	18 bitar tall	Tall 730mg	
1161	200004	Kolningsgrop	1.6g	1.1g 6 bitar	6 bitar tall	Tall 133mg	
1189	200005	Kolbotten, resmila	11.6g	11.6g 1 bit	1 bit tall	Tall 1.5g	
1131	200006	Kolbotten, resmila	81.0g	52.3g 30 bitar	30 bitar tall	Tallkvist 177mg	
745	200008	Kolningsgrop	6.5g	3.5g 18 bitar	3 bitar tall 15 bitar bark/näver	Bark/Näver 70mg	
745	200009	Kolningsgrop	4.5g	4.2g 1 bit	1 bit tall	Tall 155mg	
745	200010	Kolningsgrop	<0.1g	<0.1g 10 bitar	10 bitar tall	Tall 28mg	
504	200012	Kolbotten, resmila	21.7g	20.5g 1 bit	1 bit tall	Tall 915mg	
1793	1840	Kolbotten, resmila	11.5g	9.2g 2 bitar	2 bitar tall	Tall 183mg	
1248	1674	Kolbotten, liggmila	1.5g	0.3g 2 bitar	2 bitar tall	Tall 53mg	
1660	1672	Mörkfärgning	1.5g	1.0g 5 bitar	5 bitar tall	Tall 31mg	
1709	1787	Kolbotten, liggmila	2.7g	2.0g 10 bitar	10 bitar bark/näver + barr mm	Bark/Näver 41mg	

Fyndtabell

Fyndnr	Sakord	Material	Antal	Vikt g	Kontext	Kommentar
1	Ugnsfragment	Skiffer	3	238	Vid N ugnens V sida	Har troligen stått på högkant vid tappöppning
2	Tappslag	Järnslag	3	141	S ugnen	Från ugnrensning
3	Ugnsfragment	Bränd och förslaggad lera	2	44	S ugnen	Från ugnrensning
4	Ugnsfragment	Bränd och förslaggad lera	1	64	N ugnen	Från S väggen, in mot pipan
5	Ugnsfragment	Bränd och förslaggad lera	2	172	N ugnen	Från N väggen, in mot pipan
6	Bottenslag	Järnslag	3	1567	N varpet	–
7	Tappslag	Järnslag	2	551	N varpet	–
8	Ugnsfragment	Bränd och förslaggad lera	4	755	Grop Ö om ugnarna	2 bitar brända i syrefri miljö
9	Tappslag	Järnslag	7	377	S varpet	–
10	Bottenslag	Järnslag	4	773	S varpet	–
11	Ugnsfragment	Bränd och förslaggad lera	1	154	S ugnen	Rensning S om S ugnen
12	Fällslag	Järnslag	52	581	A 2376, fällplats	–

Undersökta lämningar.





Riksantikvarieämbetet
Avdelningen för arkeologiska undersökningar

UV UPPSALA RAPPORT 2009:16
GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

Järn för avsalu

En järnframställningsplats bland många andra i en omfattande organiserad produktion i området kring Axamo och Dumme mosse – arkeometallurgiska analyser

Småland, Jönköpings län, Sandserys socken, Hedenstorp 1:3, fornlämning 338

Lena Grandin med bidrag av Ole Stilborg och Erik Jonsson



UV UPPSALA RAPPORT 2009:16
GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

Järn för avsalu

En järnframställningsplats bland många andra i en omfattande organiserad produktion i området kring Axamo och Dumme mosse – arkeometallurgiska analyser

Småland, Jönköpings län, Sanderyds socken, Hedenstorp 1:3, fornlämning 338

Lena Grandin med bidrag av Ole Stilborg och Erik Jonsson



Riksantikvarieämbetet
Avdelningen för arkeologiska undersökningar



Riksantikvarieämbetet

Avdelningen för arkeologiska undersökningar

UV Uppsala

Portalgatan 2A

754 23 Uppsala

Växel: 010-480 80 30

Fax: 010-480 80 47

e-post: uvupsala@raa.se

e-post: fornamn.efternamn@raa.se

www.arkeologiuv.se

Figur på framsidan: En av de undersökta ugnarna under utgrävning, med slagg kvar *in situ*. Foto Jönköpings läns museum.

© 2008 Riksantikvarieämbetet

UV Uppsala Rapport 2009:16

ISSN 1654-7950

Utskrift Uppsala, 2009

Innehåll

Sammanfattning	6
Abstract	8
Inledning	9
Förutsättning	9
Bakgrund	9
Frågor att belysa	10
Metod och genomförande	11
Fält	11
Granskning av allt intaget material	11
Granskning av utvalt material	11
Petrografisk undersökning	12
Metallografisk undersökning	12
Kemiska analyser	13
Röntgendiffraktionsanalyser (XRD)	13
Keramiska analyser	13
Omprioritering av analyser	13
Resultat	14
Resultat från fält som underlag för strategier i provurvalet	14
Norra ugnen	18
Södra ugnen	32
Varpet	38
Fällplats, A2244, A2468	43
Prover	48
Slaggernas kemiska sammansättning	49
Sammanfattning och tolkning av resultaten	62
Bottenslagger	62
Tappslaggar	64
Stenar i ugnskonstruktionen	66
Lera	66
Magnetiska klumpar med järn och slagg	69
Är den rostiga sanden malmrester eller avfall?	71
Ugnarnas uppbyggnad och processen på platsen	73
Det tillverkade järnet	74
Referenser	76
Administrativa uppgifter	78
Bilagor	79
Bilaga 1. XRD-ANALYS AV JÄRNHALTIGA PROV	79
Bilaga 2. KERAMISK ANALYS AV LERPROVER	82
Figurer	93
Tabellförteckning	96

Sammanfattning

En järnframställningsplats från yngre järnålder till tidig medeltid har undersökts av Jönköpings läns museum. Geoarkeologiskt Laboratorium har analyserat material från platsen. Resultaten visar att den har samma struktur som tidigare undersökta järnframställningsplatser i regionen. Det innebär att hela anläggningen är nordsydligt utsträckt på flack sandig mark med ett slaggyvarp i vardera spetsen och rester av två blästugnar intill varandra däremellan. Båda ugnarna har tappats på slaggt åt väster och i sydvästra delen av området har det framställda järnet slagits samman på en gemensam fällplats.

Bland resultaten kan vi notera:

- Ugnspipan var uppbyggd av en kombination av stenar och lera och värmetåligt stenmaterial användes närmast sidan för slaggtappning.
- En grövre lera har ingått i ugnsväggen och en finare lera har använts till delar som sannolikt varit nära blästeringången.
- Det finns inga tecken på omfattande reparationer av ugnsväggen.
- Ugnarna har använts vid upprepade tillfällen. Om detta vittnar förekomsten av flera, men inte talrika, bottenlagger.
- Ugnarna har rensats på bottenlagger mellan körningarna, men fortlöpande har slaggt tappats ut och tagits bort. För att kontrollera slaggets avsvälning har smeden strött sand på den.
- Slaggena varierar något i sin kemiska sammansättning, men i jämförelse med andra järnframställningsplatser uppvisar dessa laggar en enhetlighet som tyder på att mycket likartad malm har använts under verksamhetsperioden och att processen varit reproducerbar.
- Slaggena uppvisar kemiska likheter med smidesslaggar från hantverkskvarter vid Lundströms Plats i Jönköping och även om det inte är möjligt att fastställa att järnet från Hedenstorp levererades till Jönköping för fortsatt smide finns det mycket som talar för det.
- Järnet som lämnade järnframställningsplatsen i Hedenstorp hade slagits ihop efter att smeden tog det ur ugnen men det var endast lite bearbetat. Inget fortsatt smide har kunnat påvisas på platsen, vilket också visar att mer rensning kan ha krävts för det producerade järnet, en process som har dokumenterats t.ex. på Lundströms Plats.
- Bland de kvarlämnade järnklumparna fanns såväl mjukt järn som hårdare stål, mestadels homogena inom respektive sammansättning. Dessa representerar olika produkter med olika användningsområden.

Genom att kombinera resultat från tolkning av anläggningar med granskning av materialet och detaljerade analyser av malm, slaggt, lera och järn har vi därmed kunnat få mer kunskap om ugnarnas konstruktion, hur framställningsprocessen har fungerat och indikationer på vart järnet tog vägen.

Abstract

A bloomery site in Hedenstorp from Late Iron Age to Early Medieval Period has been excavated by the County Museum in Jönköping, Småland. Geoarchaeological Laboratory (GAL) has made analyses of slag, waste iron, probable ore samples and furnace remains. The site comprises paired furnaces surrounded by two slag heaps, aligned in north-south direction, a feature that is typical for the region. Slag was tapped from the furnaces towards west and the initial work of the bloom was made in the south-western part of the site indicated by concentrations of waste iron.

Among the results the following can be pointed out.

- The furnace was constructed by a combination of stones and clay. Stones with good heat resistance were selected for the walls closest to the opening for tapping of slag.
- A coarser grained clay was used for the furnace wall and a finer grained clay was selected for parts close to the tuyere.
- There are no traces of repairing of the wall construction.
- The furnaces have been used repeatedly. This is evident from several, but not numerous, bottom slags in the slag heap.
- Bottom slags were removed from the furnaces after each campaign, but slag was continuously tapped from the furnaces during the process. The blacksmith has probably also spread sand to control the cooling of the slag.
- The slags present minor variations in chemical composition but compared to other bloomery sites they are even. This indicates that an ore with rather constant composition was used and that the process was reproducible.
- The slags also show chemical resemblance with smithing slags from a metal work shop in the nearby town Jönköping. Although it is not possible to confirm that the produced iron from Hedenstorp was delivered to Jönköping, several parameters indicate this.
- The iron that left the bloomery site in Hedenstorp was consolidated but not much further worked, and there are no evidence as hammer scales for the subsequent forging to bars or objects.
- Among the iron waste, ferritic iron as well as steel was represented. Both qualities are homogeneous and represent various applications.

By combining results from field observations, morphological data from the archaeometallurgic remains and detailed analyses of ore, slag, clay and iron it was possible to gain information of the furnace construction, process parameters and indications of where the produced iron was traded.

Inledning

Förutsättning

Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) vid RAÄ, UV Uppsala har fått uppdrag från Moa Lorentzon, Jönköpings läns museum, att genomföra en arkeometallurgisk undersökning av en järnframställningsplats, Hedenstorp 1:3, RAÄ 338 i Sanderyds socken, inom ramen för en särskild arkeologisk undersökning.

Bakgrund

Inför den arkeologiska slutundersökningen formulerade Jönköpings läns museum frågeställningar kring järnframställningen och tillhörande aktiviteter för den aktuella platsen och i vidare utblickar. I samband med planeringen presenterade GAL förslag på vilka typer av arkeometallurgiska analyser som kunde vara lämpliga för att kunna fokusera kring kunskap om teknik och processer inom järnhanteringen som inte enbart kan lösas med hjälp av traditionella arkeologiska metoder. GAL har tidigare, på uppdrag av Jönköpings läns museum, genomfört sådana analyser på material från en järnframställningsplats inom RAÄ 186 i Hedenstorp. Dessa resultat finns presenterade i en analysrapport från GAL (Englund & Grandin 2002) och är också integrerade i en arkeologisk rapport från Jönköpings läns museum (Lorentzon 2008). Platsen som nu är aktuell för analyser är av samma karaktär som den tidigare undersökta i området kring Axamo och Dumme mosse.

Järnframställningen i regionen har behandlats och diskuterats i flera sammanhang tidigare och kommer inte att avhandlas närmare i denna rapport. För mer information kan vi hänvisa till en sammanställning gjord av Englund i Englund & Grandin (2002) som beskriver såväl regionen som den aktuella ugnstypen och tidsperioden. Rubensson (2000, 283 ff) tar upp området som en del av det småländska blästbruket och funderar också kring dess relation till Jönköping. Kristensson (2007, s 276) har nyligen behandlat Vätterbygdens järnframställning under en längre tidsperiod med fokus på den tidiga järnhanteringen men tar också upp den yngre järnålderns och tidiga medeltidens järnframställning i Sanderyds socken. Vi hänvisar till dessa och referenser däri för mer information kring områdets järnframställningslokaler.

Den karaktäristiska struktur som är tydlig och återkommande för järnframställningsplatserna i området har behandlats av flera författare (t.ex. Nordman 1989 och 1994, Varenius 1987 och 1990, Björck 1991 och 1996, Rubensson 2000, Lorentzon 2008). På respektive järnframställningsplats finns en nordsydlig placering av två ugnar med respektive tillhörande slagghvarp på motsatta sidor vilket medför en långsträckt nordsydlig formation av hela platsen. Detta är ett genomgående drag på alla undersökta lokaler. I tillägg till det finns ytterligare anläggningar som förekommer på flera, men inte alla, platser och är inte lika strikt placerade. Detta gäller bland annat placering av fällsten och en nedgrävning öster om, bakom, ugnarna (se t.ex. Nordman 1989, Rubensson 2000).

Frågor att belysa

En viktig fråga att besvara är *ugnens/ugnarnas konstruktion och funktion*. De ugnslämningar som påträffades dokumenterades på sedvanligt sätt. Utöver den upplysning som fås från ugnstresterna utgör material som påträffas i andra kontexter, t.ex. i slagghvarp, goda informationsbärande detaljer. Därför har också slagger och ugnsvägsrester som har specifika former eller andra karaktäristiska drag insamlats och kommer att specialstuderas för att bygga på kunskapen om ugnens utformning och funktion. För att få mer detaljerad kunskap om ugnsväggarna kommer leran i dessa att analyseras mer detaljerat med hjälp av keramiska analyser. Dessa analyser kan ge svar på lerans sammansättning och kvalitet, vilka temperaturer den tål utan att smälta och också till vilken temperatur den varit upphettad. Det är också möjligt att spåra rester efter reparationer och ombyggnationer. I den tidigare undersökta ugnen (Englund & Grandin 2002, Lorentzon 2008) fanns också rester av blästermunstycken. Sådana kommer också att eftersökas i det utvalda materialet. Om sådana påträffas kan det vara värdefullt om dessa analyseras på samma sätt för att jämföra materialval med det i ugnsväggen.

Kvalitén på det tillverkade järnet är också en viktig fråga. Kvalité kan innebära flera saker. Dels kan det handla om hur rent järnet är, dvs. om det innehåller mycket eller lite slagg som behöver rensas bort i efterföljande omsmältningar och primärsmide. Kvalité innebär också sammansättning och tillämpningsområde. Järn kan framställas i blästugnar t.ex. som mjukt järn, stål eller fosforjärn. Dessa produkter har lite olika användningsområden. Det innebär att även om inga färdigsmidda jämföremål finns på platsen kan vi få en inblick i vad som tillverkades. Detta får vi reda på med hjälp av metallografiska analyser. Sådana utförs på delade ”järnklumpar” som slipas, poleras och etsas och undersöks därefter i mikroskop. Då kan man se såväl hur mycket slagg som finns, som vilken sammansättning järnet har. Bland det insamlade materialet finns en del rostfärgade, delvis starkt magnetiska, klumpar som huvudsakligen påträffades i en koncentration i områdets södra del. Dessa kommer att prioriteras för metallografiska analyser.

Har flera *processled inom järnhanteringen* skett på platsen? Genom att okulärt gå igenom avfallsmaterial söker man efter sådant som är karaktäristiskt för de olika processerna som rostning av malm, slagger från blästugnen, slagger från omsmältning/primärsmide och smide. Det material som i huvudsak förekommer är tappslaggar och bottenstaggar som blivit kvar när slaggen har tappats ut ur ugnen. Dessutom finns tyngre, rostigare slaggar med troligt innehåll av metalliskt järn. Dessa kommer också att analyseras mer detaljerat för att få klarhet i vilken process det representerar.

Järnframställning i blästugn, eller mer specifikt parugnar med slaggtappning, är utbredd i regionen men variationer finns inom denna teknik. För att *jämföra med andra platser*, och speciellt den nyligen undersökta och i detalj analyserade RAÄ 186, kommer ett urval slaggar att väljas för kemiska analyser så att jämförelse sker med samma förutsättningar för att se om skillnader eller likheter finns. Eventuella

malmer kommer också att analyseras. Jämförelse av malm och slagg kan då göras för att se deras släktskap och hur processen fungerat, dvs. *hur mycket av malmens järninnehåll har kunnat tillvaratas*.

En i högsta grad aktuell fråga är också *vart det framställda järnet tog vägen*. Vid en undersökning som genomfördes av Jönköpings läns museum under 2007 på Lundströms plats i Jönköping i tidigmedeltida lager fanns rester från ett omfattande smide. Analyser av detta material har gjorts av GAL (Grandin 2008). Därmed finns goda förutsättningar att jämföra järnet som smiddes i dessa Jönköpingskvarter, och smidesslaggerna som bildades, med järnframställningen i Hedenstorp.

Metod och genomförande

Fält

I samband med att Jönköpings läns museum genomförde slutundersökningen gjorde Lena Grandin från GAL ett besök i fält i ett tidigt skede av undersökningsfasen. Vid detta tillfälle diskuterades detaljer om järnframställning och ugnsteknologi och de strategier som skulle användas för den fortsatta undersökningen och provtagningen.

Granskning av allt intaget material

Efter avslutat fältarbete gjordes en översiktlig genomgång av allt insamlat material från undersökningsområdet. Genomgången gjordes av Lena Grandin från GAL tillsammans med Moa Lorentzon, Ann-Marie Nordman och Linnéa Kallerskog från Jönköpings läns museum. I samband med denna granskning var det möjligt att bilda en uppfattning om vilka materialtyper som förekommer i proverna och hur dessa är fördelade över området. Diskussioner fördes kontinuerligt kring materialet och vi letade efter detaljer som är viktiga för att kunna besvara frågor kring processer och funktion. Efter hand växte en mer specificerad frågeställning fram, där den som formulerats före undersökningen kunde spetsas ytterligare. Detta innebar också att prioriteringar kunde göras bland anläggningar och ugnar för att kunna göra de analyser som bedömdes kunna vara viktiga för tolkningsarbetet.

Detta resulterade i att totalt 38 prover valdes för GALs fortsatta analysarbete.

Granskning av utvalt material

Det material som valdes ut har sedan granskats gemensamt av Lena Grandin, Svante Forenius, båda GAL och Ole Stilborg vid Keramiska forskningslaboratoriet (KFL). Ytterligare detaljer i materialet granskades där vi fokuserade på frågor kring teknik och valde prover för analys utifrån sådana aspekter. Samtliga utvalda prover har klassificerats okulärt. Det innebär en beskrivning av materialet för att få fram så mycket information som möjligt från dess karaktäristiska morfologiska drag för att definiera processled och materialtyp. Detta görs på både hela och delade prover och med hjälp av magnet.

Petrografisk undersökning

Av åtta slagger tillverkades tunnslip (MINOPREP, Hunnebostrand) av så stora ytor som möjligt av deras tvärsnitt för att kunna få en detaljerad bild av vilket processled de representerar och hur processen fungerat. Petrografiska undersökningar utfördes i genomfallande och påfallande (planpolariserat) ljus för att identifiera materialets olika komponenter och texturella drag. Undersökningen gjordes i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop utrustad med en digitalkamera.

Slagger består huvudsakligen av olivin, wüstit och glas. Vanliga inslag är också hercynit, magnetit, leucit, limonit och metalliskt järn. Olivin är ett silikatmineral med den allmänna formeln A_2SiO_4 , där A oftast är järn (fayalitisk sammansättning). Även mangan, magnesium och kalcium kan förekomma i mindre mängder. Wüstit, FeO , är också ett mycket vanligt inslag i slagger från blästbruket. 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, slaggernas totalsammansättning och avkylningsförlopp. Magnetit, Fe_3O_4 , kan förekomma i stället för wüstit om temperatur och/eller syretryck är högre. Ett mineral som kan förekomma i slagger med relativt höga aluminiumhalter är hercynit, $FeAl_2O_4$. Höga aluminiumhalter i kombination med höga kaliumhalter återfinns i leucit, $KAlSi_3O_8$, som i vissa slagger kan förekomma i stället för den vanligare glasfasen. Droppar av metalliskt järn, några mikrometer stora, är också vanligt inslag i slagger från reduktionsprocessen. Limonit, järnhydroxider med varierande sammansättning, är huvudkomponent i sjö- och myrsmalm och kan uppträda i slagger som oreducerade rester men vanligtvis förekommer limonit som en sekundär bildning, dvs. i form av rost.

Metallografisk undersökning

Metallografiska undersökningar utfördes på nio polerade prover av det metalliska järnet i påfallande ljus för att bedöma järnkvalitén. I mikroskopet kan olika texturer, beroende på kemisk sammansättning och grad av bearbetning utläsas. Proverna etsades med 2 % nitallösning. Metoden är användbar för att bedöma kolhalten i materialet, t.ex. om det är ett mjukt järn eller kolstål. Metoden kan också avslöja ett fosforinnehåll, vilket påverkar materialets hårdhets- och seghetsegenskaper. Även mängden och typen av slagginneslutningar kan studeras för att ytterligare kunna bedöma kvalitet och möjliga användningsområden. Några termer som används i detaljbeskrivningarna i resultatkapitlet är *ferrit* som är mjukt järn utan kolinnehåll, *cementit* som är en förening av järn och kol (Fe_3C), och *perlit* som är en struktur uppbyggd av omväxlande ferrit och cementit. Generellt medför alltså en större mängd perlit en högre kolhalt och ett hårdare material. Ännu högre kolhalt fås i *gjutjärn*, med mer än 2% kol. Också i gjutjärnet kan en del detaljer ses, t.ex. *grafitlameller* som är tunna skivor av kol. En speciell struktur som kan bildas vid avsvalning i vitt gjutjärn är *ledeburit* som består av en blandning av cementit och perlit. Undersökningen genomfördes i ett

Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop utrustad med en digitalkamera.

Kemiska analyser

Totalkemiska analyser utfördes på sju slaggprover och ett malmprov, hos ALS Scandinavia, Luleå. Använd analysmetod är ICP-AES för huvudelement och ICP-QMS för spårelement. Totalt analyserades 43 element. Resultaten från analysen finns presenterade i tabell 2 där huvudelementens halter i procent (%) finns i övre delen av tabellen medan spårelementens halter i mg/kg finns i nedre delen av tabellen.

Röntgendiffraktionsanalyser (XRD)

Röntgendiffraktometrisk (XRD) analys innefattande totalprovsanalys med avseende på mineralogisk karakterisering har utförts av Erik Jonsson vid Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) på två möjlig malmprov. Provberedning, analysmetoder, resultat och resultatbehandling av dessa data presenteras i bilaga 1 från SGU.

Keramiska analyser

Keramiska analyser genomfördes av Ole Stilborg vid Keramiska Forskningslaboratoriet (KFL) i Lund. Resultaten och tolkningarna finns som bilaga 2 i denna rapport. Resultaten från de keramiska analyserna har också fortlöpande diskuterats och jämförts med analysresultaten från slaggerna.

Omprioritering av analyser

Några fler slaggar har valts för tunnslip för petrografiska analyser och några färre järnprover för metallografiska analyser än vad som inledningsvis föreslogs. Fler slaggar har också valts för kemiska analyser än enligt planer före undersökningen. Den omprioriteringen gjordes för att bättre kunna se om det fanns skillnader mellan flera körningar i ugnarna eftersom det fanns bottenslaggar i de båda ugnarna och flera bottenslaggar utanför ugnarna och i varpen. Flera prover valdes också från den norra ugnen där det var möjligt att analysera såväl bottenslagg som tillhörande tappslag och den slagg som fanns på väg ut ur ugnen till tappprännen. Valet här gjordes för att se om det fanns några skillnader mellan olika uttappningar/slaggflöden eftersom det framkom att en del tappar var avbrutna och deras väg delvis blockerad av andra tappar.

De kemiska analyserna kan bara tala om hur mycket järn som finns men inte i vilken form. Det innebär att för att kunna identifiera vilka mineral som förekommer i finkorniga prover gjordes röntgendiffraktometrisk analys (XRD-analys). Detta var speciellt viktigt för de finkorniga rostfärgade proverna för att ta reda på om de var malm eller slagg, och om det var malm, kunna se i vilken utsträckning den var rostad.

Resultat

Inledningsvis presenteras platsen och dess karaktäristiska drag som varit grundläggande för frågeställningar kring analyserna och de prover som valts för analyser. Därefter följer detaljerade resultat för varje prov uppdelade på platsens ugnar och varp. Resultaten omfattar såväl okulär granskning av hela och delade prover som de analyser som har genomförts i mikroskop. Den tekniska keramiken som har undersökts mer detaljerat av Ole Stilborg vid KFL, presenteras i ett sammanhållet stycke i bilaga 2. Likaså återges resultaten från de totalkemiska analyserna i ett separat stycke. De prover som har undersökts av GAL finns sammanställda i Tabell 1.



Figur 1. De båda ugnarna (2:a rensningen). Slaggvarp ligger till vänster respektive höger i bild. Tappningssidan är uppåt i bild. Från Ö. Foto från Jönköpings läns Museum.

Resultat från fält som underlag för strategier i provurvalet

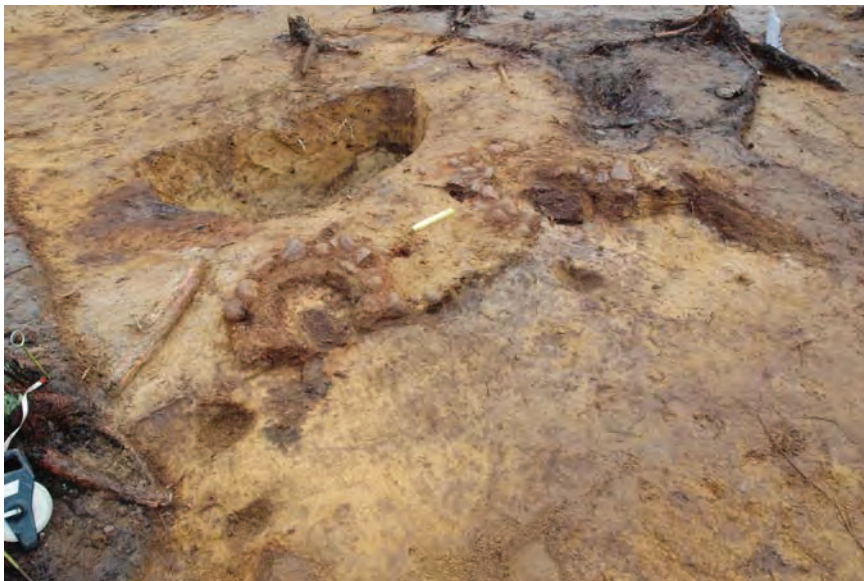
Järnframställningsplatsen

Den undersökta järnframställningsplatsen är av den typ som tidigare är känd från regionen, dvs. två ugnar med varsitt slaggvarp. Hela anläggningen är huvudsakligen nordsydligt orienterat med ett varp i norr och ett i söder, med de båda ugnarna däremellan (Fig. 1). Slaggtappning har skett västerut (Fig. 2). På östra sidan om ugnarna, intill dessa fanns en avlång grop som tidigare har observerats på några av de tidigare undersökta lokalerna, men inte alla (muntlig uppgift Ann-Marie Nordman). I södra delen av området väster om det södra varpet fanns ett rostfärgat område där små rostiga, magnetiska klumpar fanns ytligt. Detta område tolkades under fältmomentet som fällplats, dvs. den plats där det framställda järnet som togs ur ugnarna slogs ihop till en sammanhållen lupp. Därför eftersöktes också tecken på om det fanns rester efter någon sten eller träkubbe där detta hade skett. Inget sådant påträffades. Snarare var det ett ovalt område i centrala delarna av det rostiga lagret där rostigt

material saknades som indirekt kunde ge besked om att här stått förslagsvis en träkubbe som fungerat som underlag för sammanslagningen av luppen och där delar som suttit löst farit av och hamnat intill kubben och successivt byggt upp det rostiga lagret.

Ugnar

Den norra ugnen var bättre bevarad än den södra varför den prioriteras för fortsatta analyser för att få mer information om processen som helhet. Bottenslagger fanns kvar i de båda ugnarna, med skillnaden att det fanns små mängder slag under bottenslaggen i den södra ugnen men sådant saknades i den norra. I norra ugnen fanns också delar av tappprännen kvar där en tappslag låg *in situ* och denna visade sig ha god passform med slaggen som var kvar i ugnen.



Figur 2. De båda ugnarna (5:e rensningen) med tapprännen framme. Bottenslaggerna är kvar liksom tappslag i ränna vid den norra ugnen. Gropen i öster, bakom ugnarna är tömd. Från NV. Foto från Jönköpings läns Museum.

Slagger

Tappslag i övrigt har valts från varp (norra varpet) för att dokumentera de variationer av tappslag som finns i materialet, vad gäller tapparnas utseende från små och smala till större och bredare och om de är uppbyggda av ett eller flera slagglöden, samt vilket underlag de har stelnat mot.

Fällplats?

Från fällplatsen valdes de magnetiska klumpar som samlats in liksom finkornigt magnetiskt material för att undersöka om det finns någon typ av mindre slagger i detta område, t.ex. sprutslag eller glödska. Magnetiska klumpar fanns i enstaka fall även i varpen, men dessa valdes inte för ytterligare analyser.

Ugnsväggar

Bland ugnsväggarna valdes de hela fragmenten som fanns mer eller mindre *in situ*, samt några från varpen. Skillnader i godstyp och bränningsförhållanden noterades vid den översiktliga genomgången och dessa valdes för att kunna jämföras med keramiska analyser. Dessutom fanns finfördelad lera tillvaratagen i olika lager i ugnsväggarna och som fyllning i schaktet. Också dessa prover bedömdes vara viktiga för att se vilka materialval som gjorts för konstruktionerna och om det är möjligt att avgöra om det funnits mer sammanhållna lerväggar i större omfattning.

I gropan öster om ugnarna påträffades enligt uppdragsgivaren tämligen mycket ugnsväggsbitar. Bland dessa finns sådana som är relativt tunna, gråbrända på utsidan, men även något tjockare och rödbrända. Även tappslaggar och oregelbundna slaggar som troligen är delar av bottenslaggar fanns i gropan. Allt detta är sekundärt material. Gropens funktion är dock föremål för diskussion – har t.ex. sand tagits här för att fylla i en möjlig träkista som omgivit ugnarnas ler- och stenbyggda väggar?

En kantställd skiffrig sten fanns intill den norra ugnens tappningssida. Andra stenar i konstruktionen var huvudsakligen naturligt rundslipade. De som har granskats är av granitiskt material.

Diskussioner fördes i provurvalsskedet också kring stenarnas funktion i konstruktionen, där de runda tycks ha format en inre och en yttre krans. Lera fanns mellan stenarna, men inte hela väggar utan som finfördelat material. Sammanhängande lerväggar påträffades huvudsakligen intill slaggtappningssidan, där också den kantställda stenen fanns. Har leran förbränts nedtill innan framställningen påbörjades? Hur såg öppningen i framsidan ut? Fanns ett hål för tappning och ett för lufttillförsel eller utnyttjades samma hål?

I botten förefaller ugnen vara oval i plan, men hur såg den ut på högre nivå? Var den oval eller cirkulär?

Malm

En viktig förutsättning för järnframställning är råvaran, dvs. malmen. Någon säker sådan har inte påträffats på platsen och det är inte klarlagt om den funnits i upplag inom järnframställningsplatsens begränsade yta kring ugnar och varp. Inte heller om den har rostats på platsen eller i anslutning till malmtäkten. Det fanns dock en del koncentrationer av rostiga, delvis magnetiska lager. Ett fanns strax väster om de båda ugnarna och prover samlades in därifrån. Även i gropan öster om ugnarna fanns ett rostigt skikt i de nedre delarna under de sekundära fyllningarna av slagg och ugnsväggar. Även detta lager provtogs för att se om gropan har haft någon funktion som hör samman med malmens hantering.

Malmens placering på järnframställningsplatser, är en viktig del i organisation av platsen. Som vi nämnt tidigare finns det ett stort antal kända järnframställningsplatser i regionen som passar i samma mall. Var och hur malmen har hanterats är dock inte klarlagt för dessa platser. Återkommande välorganiserade järnframställningsplatser finns på andra håll. Ett nyligen undersökt område som är ett slående exempel på detta är

Gråfjellsområdet i Hedmark, Norge. Där har Kulturhistorik museum i Oslo detaljundersökt mer än 30 järnframställningslokaler, av de drygt 100 som registrerats. Järnframställningen ägde rum under tidig medeltid i ett område rikt på myrmalmer. Runt malmförekomsterna finns flera speciella rotningsplatser för malm. På järnframställningsplatserna har vanligen minst två ugnar varit i drift och slagg har tappats ut ur öppningar, vanligen på hög höjd i ugnsväggen, till rännor och där har flera decimeter höga slaggkoner bildats. Slaggen har deponerats i slaggvarp på ömse sidor om ugnarna. På de flesta lokalerna har man också dokumenterat upplag för såväl malm som kol, och dessa har utnyttjats gemensamt för ugnarna. Flera platser är mer komplexa med flera generationer av ugnar, men alla är byggda efter samma mall (Rundberget 2007).

Tabell 1. Prover från Hedenstorp 1:3, RAÄ 338 Sanderyds sn, som undersökts av GAL.

Prov	Kontext	ID	Kommentar
	N ugnen		
1	Botten av Gropen		Väggfragment från toppen av pipan?
2	N ugnen i ugnspipan		
3	Strax V om N ugnen	F 2286	
4	Ca 2 m V om ugnarna	F 2268	
5	Ca 2 m V om ugnarna	F 2267	
6	Slagg från fyllning i Gropen		
7	Väggbit, N ugnen	F 2476	
8	Väggbit, N ugnen	F 2480	
9	Sten i öppningen, N ugnen	F 2534	
10	Tappslag från tapprännan	F 2535	
11	Bottenskålla & tappslag		
	S ugnen		
12	I och kring S ugnen		
13	Del av ugnsvägg, S ugnen	F 2490	
14	S ugnen, i pipan		
15	S ugnen, under bottenskålla		
16	S ugnen, ugnrester V om pipan	F 2507	
17	Bottenskålla, S ugnen		
	Varpet		
18	V delen av S varpet		Blästermunstycke ?
19	N varpet		Väggfragment
20	N varpet		Ugnsvägg
21	N varpet		Blandat slagg, ev. del av bottenskålla.
22	N varpet		Ugnsvägg
23	N varpet	F 2288	Slagg
24	Från Gropen		Slagg och ugnrester
	Fällplats, A 2244, A 2468		
25	A 2468, "slaggtomt område"		Slagg
26	A 2244, område med fällslag		Fällslag, flata bitar

<i>Prov</i>	<i>Kontext</i>	<i>ID</i>	<i>Kommentar</i>
27	A 2244, V kanten	P 2271, 1 av 2	Magnetiskt, ytligt
28	A 2244, V kanten	P 2271, 2 av 2	Omagnetiskt, ytligt
29	A 2244	P 2272	
30	Ö om A 2244, ytligt i S varpet	P 2273	
	Prover		
31	Fyllning N ugnen, över bottenskålla		
32	Gropen, sandprov, under den rostfärgade sanden i botten		
33	Gropen, rostfärgad sand i botten, rödjord?		
34	Från rostfärgat område V om slaggsvarpet,	P 2269	
35	Från rostfärgat område V om slaggsvarpet,	P 2270	
36	N ugnen, lerprov från lager 14 (se ritning)	P 2505	
37	N ugnen, lerprov från lager 17 (se ritning)	P 2512	
38	N ugnen, lerprov från lager 16 (se ritning)		

Norra ugnen

Prov 1, Botten av Gropen

Okulär granskning

Fragment av bränd och smält lera. Oregelbundet rektangulärt i formen, 110×70–90 mm stort. Tjockleken är ca 15 mm. Vikt 201 g. Ena sidan är gråbränd lera med inslag av stenar av varierande bergarter i centimeterstorlek. Motstående sida är smält lera, eventuellt med en slagghinna. Den är svagt magnetisk på denna sida. I en brottyta framträder ett tvärsnitt som antyder att en hel del grövre material är inblandat i leran. Fragmentet är jämntjockt men inte helt plant utan svagt välvt i två riktningar vinkelrätt varandra. Den ena antyder en innerdiameter hos ugnen på ca 600–700 mm, den andra antyder ännu större diameter och är sannolikt istället höjdriktningen.

Prov 2, N ugnen i ugnspipan

Okulär granskning

Flera mindre fragment av bränd lera, och lite slagg. Ett större oregelbundet fragment är 90×50×15–13 mm stort och väger 118 g. På en sida är det ljust rödbränt, på motstående finns en slagg som täcker ca halva tjockleken. Magnetisk på sidan med slagg. Avtryck i brända leran antyder att här har funnits stenar, någon eller några centimeter stora.

Flera mindre fragment av liknande karaktär förekommer också i provet.

Ett litet, ca 10–15 mm stort, oregelbundet rostigt framgnet är trögfluten slagg med troligt innehåll av metalliskt järn.

En tunn flisa av en skiffrig bergart av samma typ som i prov 9 finns också i provet.

Ett prov av det leriga materialet har valts för keramiska analyser.

Prov 3, Strax V om N ugnen, F2286

Okulär granskning

Oregelbunden, något avlång klump med nära runt tvärsnitt. Ca 75 mm lång, med en diameter på som mest 50 mm, avsmalnande till 35 mm. Vikt 112 g. Omagnetisk.

Stycket har fluten yta, men det är osäkert hur mycket som är slagg och hur mycket som är smält kiselrikt material (lera/sand). Det innehåller sandigt-grusigt material av liknande karaktär som i botten av flera slaggar. Möjligen är det en tappslag som runnit mot sandigt underlag i hög fart och tagit upp/med sand i sin fortsatta framflykt.



Figur 3. Bottenslaggerna prov 5 till vänster och prov 4 till höger sedda ovanifrån. Under dem ligger prov 11 (sticker fram i övre högra hörnet) från den norra ugnen som visar deras överensstämmelse i storlek.



Figur 4. Bottenslaggerna prov 5 och prov 4 sedda underifrån.

Prov 4, Ca 2m V om N ugnen, F2268 och Prov 5, F2267

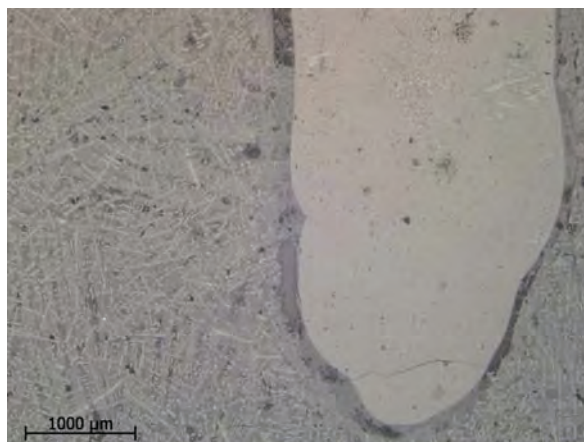
Okulär granskning

De båda proven är funna ca 2 m från ugnarna, och någon meter från varandra men utgör delar av samma ursprungliga stycke. De bildar tillsammans en avlång, oval bottenslagg. Denna ser ut att vara ca halv,

men jämfört med bottenlaggen prov 11 som är funnen *in situ* i norra ugnen, har den snarlik storlek som denna och är därför sannolikt i det närmast hel (Fig. 3). Tillsammans är prov 4 och 5 200×110 mm stor och har en tjocklek på ca 20 mm. Deras sammanlagda vikt är 1102 g. Slaggen är tämligen jämntjock men lokalt något varierande. Den är svagt skålförmad. Överytan är oregelbunden (Fig. 3) med något fluten struktur av brun slagg som lokalt är svagt magnetisk. Slaggens undersida (Fig. 4) är slätare, brunsvart och fluten. Den saknar mestadels beläggning på undersidan. I brottytan mellan de två proven framträder en homogen, relativt tät slagg.



Figur 5. Prov 5 i tvärsnitt. Slaggen är huvudsakligen homogent uppbyggd men det förekommer dock inneslutna mindre slaggvolymer, droppar, av något avvikande sammansättning (nästa figur)



Figur 6. Prov 5 fotograferad i mikroskopet. Slaggen domineras (exempel till vänster) av en större slaggvolymer där olivinlameller förekommer i störst mängd. Tillsammans med dessa förekommer dendritisk wüstit och en glasfas samt enstaka små ansamlingar av metalliskt järn. De avvikande dropparna (ljusa fältet i högra delen) innehåller nästan enbart wüstit samt små mängder glas/olivin

Prov 5 har delats centralt vinkelrätt mot kontaktytan med prov 4, dvs. längs den hela slaggens längsta sida. I snittet (Fig. 5) är slaggen huvudsakligen homogen i sammansättning och utgörs av en större slaggvolymer med tydliga olivinlameller i varierade riktningar. Det förekommer dock inneslutna mindre slaggvolymer, droppar, av något

avvikande sammansättning, troligen med mindre olivininnehåll. Längs botten och överytan finns en ansamling av hålrum men i övrigt är slaggen tämligen porfattig. Andelen porer är dock något högre nära slaggens kortsida än mer centralt och i detta område förekommer också enstaka små droppar av metalliskt järn.

Petrografisk analys

Den huvudsakligen homogena sammansättning som kunde noteras okulärt framträder även i mikroskop, liksom de droppar som observerades ha avvikande sammansättning. Slaggen domineras av en större slaggvolum där olivinlameller förekommer i störst mängd. Tillsammans med dessa förekommer dendritisk wüstit och en glasfas samt enstaka små ansamlingar av metalliskt järn. De droppar som okulärt syns som mörkare, innehåller nästan enbart wüstit samt små mängder glas/olivin (Fig. 6). Några av dessa ”droppar” är också finkornigare än den omgivande slaggen. De är dessutom finkornigare i ytterkanten, i kontakt med den större slaggvolymer. Kontakten markeras också av en tunn zon där wüstit antar andra former som liknar magnetit men det är för finkornigt för att med säkerhet avgöra detta till och med i mikroskopets högsta förstoring. Andra koncentrationer av wüstit har mindre markant gräns mot den omgivande olivindominerande slaggen. I botten finns en del insmälta kvartskorn samt några rostiga ansamlingar. Rostiga koncentrationer finns även i slaggens övre delar där man ställvis kan se en struktur som antyder att det är kolhaltigt järn (stål) som har rostat.

Kommentar

Slaggen är i huvudsak homogent uppbyggd av en större slaggvolum som har stelnat samtidigt, med något varierande sammansättning genom volymen, i ugnens slagguppsamlingsutrymme. Enstaka slaggdroppar av finkornigare wüstit förefaller dock ha varit stelnade innan de hamnade i slaggen. De kvartskorn som förekommer i botten av slaggen är sannolikt delar av det sandiga underlaget i slagguppsamlingsutrymmet och har inte deltagit i processen i ugnen.

Prov 6, Slagg från fyllning i Gropen

Okulär granskning

I fyndposten ingår en variation av materialtyper som till stor del speglar material från hela den undersökta järnframställningsplatsen.

En av materialkategorierna utgörs av fragment av tappslaggar (Fig. 7). Fem stycken väger tillsammans 501 g. De är tydligt flutna slaggar, mestadels med flera pålagrade slagglöden. Tvärsnittsbrottytor visar att de huvudsakligen utgörs av en homogen slagg, mestadels tät med enstaka hålrum ansamlade kring ytterkanter och överytor. Några av slaggerna har en form som antyder att de har stelnat i en ränna. Deras tvärsnitt antyder varierade dimensioner på denna ränna där någon har flackare lutning, någon har brantare lutning och är djupare. En slagg antyder en bredd på 50 mm och ett djup på 35–40 mm, medan en annan visar en bredare ränna på 80 mm och ett djup på endast 25 mm. Mestadels har slaggerna sandigt-grusigt material fastsmält i botten och längs kanterna.



Figur 7. Exempel på fragment av tappslaggar ur prov 6. Överst till vänster botten, till höger överytan och nederst i genomskärning.

Materialtyp nummer två utgörs av flera komponenter. Rödbränd lera är fastsmält mot en tappslaggar som på andra sidan har fastsmält sandigt-grusigt material. Slaggen är magnetisk där den är i kontakt med leran.

Fragmentet är 30×25×20 mm stort och väger 26 g.

I den tredje kategorin återfinns ett oregelbundet, deformerat fragment, ca 90×85×20 mm stort. Det är svagt välvt med rödbränd lera på innerböjen och smält lera, eventuellt med slaggsikt, på ytterböjen. Den har med andra ord fel form för att vara del av en svängd ugnsvägg. Möjligen har den varit del av väggen men har deformerats under processen, i varmt tillstånd.

I provet förekommer också två tunna relativt plana fragment av samma typ. Det största, ca 150×50×10 mm stort, med vikt 101 g, har en gråbränd sida med inslag av grövre material och på motstående sida finns smält lera och ett svagt magnetisk slaggsikt. Troligen är detta del av ugnsvägg.

Till sist finns 4 oregelbundna fragment med en trögfluten till fluten form som sannolikt innehåller inslag av ugnsvägg såväl som slaggar. Det största är 90×85×35 mm stort och väger 290 g.

Prov 7, Väggbiter, N ugnen, F2476

Okulär granskning

Ett ugnsväggsfragment med oregelbundet, närmast trekantig form. Dess bas är 200 mm och höjden ca 180 mm, vilket också sannolikt är ursprunglig riktning. Det har varierande tjocklek från ca 20–25 mm i vissa delar till ca 40 mm i andra. Det väger 1960 g. Stycket är svagt välvt och kurvaturen antyder en innerdiameter hos ugnen på ca 600 mm. Fragmentet är smält på insidan och är lokalt magnetiskt vilket indikerar att där finns ett slaggsikt, och har delvis fluten struktur. Utsidan består av bränd lera. Den är mestadels rödbränd, men lera saknas på den del som formar basen på fragmentet, som också varit neråt i ugnen. Nära basen, i denna tunnare del, finns centralt ett halvcirkelformat hål som kan leda tankarna till ett blästerhål. Med tanke på fragmentets placering vid ugnens bas och någon decimeter från den antagna blästsida är det dock sannolikt ej ett blästerhål. Inte heller finns här någon ansamling av slaggar

och/eller metalliskt järn som är vanligt för områden kring blästerhål. Med denna orientering av väggfragmentet ser man en rinnstruktur på insidan som är i det närmaste vertikal. Dessutom har det på insidan en fin passform med bottenlaggen som fanns kvar *in situ* i ugnen (Fig. 8).



Figur 8. Ugnsväggsfragment, prov 7 från norra ugnen av lera. Här är den uppställd bredvid bottenlaggen, prov 11, från samma ugn.

Prov 8, Väggbiter, N ugnen, F2480

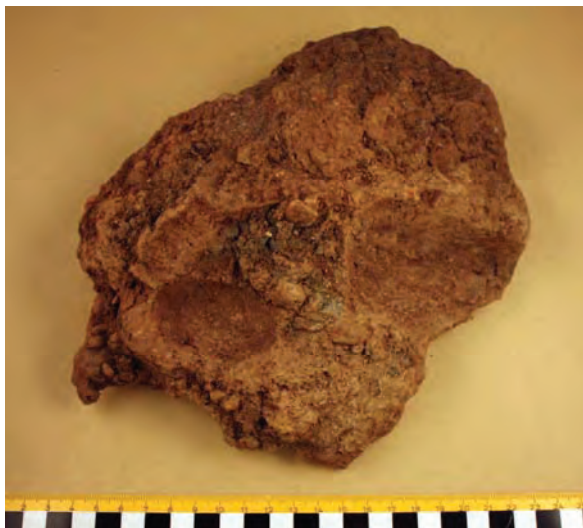
Okulär granskning

Oregelbundet format ugnsväggsfragment ca 200×200 mm stort.

Tjockleken varierar från ca 10 mm där lera har avtryck av sten, till ca 35 mm där inga stenavtryck finns. På utsidan är två rundade stenavtryck tydliga i den nedre delen, ca 50×30–40 mm (Fig. 9–10). Utsidan består av rödbränd lera med inslag av grövre material bland annat stenar i storlek upp till ca 10 mm. På insidan är lera smält och har en tunn slagghinna med svagt fluten struktur. Insidan som helhet är tämligen plan med en omböjning runt en vertikal linje, närmast delen där slagen har tappats ut.

Slaggen har dock främst tappats ut närmare den motsatta ugnsväggen (prov 7).

Ett utsnitt från fragmentet, längst från tappöppningen, har analyserats av KFL.



Figur 9. Prov 8, ugnsväggsfragment från norra ugnen med avtryck på utsidan av runda stenar.



Figur 10. Prov 8 i tvärsnitt, med stenvtryck nere till vänster. Insidan mot ugnsutrymmet syns uppåt i bild.

Prov 9, Sten i öppningen, N ugnen, F2534

Okulär granskning

I provet ingår ett större och två mindre fragment av samma bergart. Det största är en flat skiffrig sten där den tydliga planstrukturen är parallell med stenens största yta. Stenen är 210×150×15–35 mm stor och väger 1765 g.

Prov 10, Tappslag från tapprännan, N ugnen, F2535

Okulär granskning

Slaggen är funnen *in situ* i tapprännan i direkt anslutning till ugnen. Den är långsmal till oval, fluten slag uppbyggd av ett större och flera mindre flöden som pålagrat varandra (Fig. 11). Den är 130 mm lång, ca 60 mm bred på mitten och avsmalnande till 15 respektive 25 mm i vardera ändarna. Tjockleken är som mest 35 mm. Vikt 350 g. Omagnetisk.



Figur 11. Tappslag, prov 10, från tapprännan vid norra ugnen sedd ovanifrån.



Figur 12. Tappslagen prov 10 i tvärsnitt. Ett sandskikt framträder i botten liksom ett stort centralt hålrum. Slaggen är homogen i sammansättning.

I tvärsnitt (Fig. 12) är den närmast halvcirkelformad. På undersidan finns ett heltäckande tunt skikt av fastsmält sandig-grusigt material. På överytan av det större slagglödet finns också sandigt material men mindre slagglöden saknar beläggning på överytan.

Slaggen har passform till bottenlaggen som påträffades inne i ugnen. Intressant nog har bottenlaggen två ”tappar” bredvid varandra men tappslagen passar bara mot den ena och blockerar för den andra tappen. Detta innebär att slagglödet bör ha runnit vid den andra tappen vid ett tidigare tillfälle och att denna slagglöde har rensats bort, och att prov 10 är bildat vid den sista tappningen. Se även prov 11 (bottenlaggen) för mer detaljer kring tappningsrännor.

Ett tvärsnitt nära den yttre spetsen visar en homogen uppbyggd slagglöde med ett stort centralt hålrum men i övrigt fåtal mindre hålrum. Ett tunt sandskikt är tydligt i botten och finns delvis även på överytan.

Petrografisk analys

I mikroskopet framträder en slagglöde med homogen sammansättning genom hela tvärsnittet. Slagglöden består av olivinlameller, dendritisk wüstit och en glasfas samt enstaka små droppar av metalliskt järn. Slagglöden varierar dock något i kornstorlek, där ytterkanterna, såväl sidor som övre delar är något finkornigare än mer centrala delar (Fig. 13). I ytterkanten är

mängden wüstit ställvis också lägre än i mer centrala delar. Längs kanterna, främst de nedre delarna, förekommer också kvartskorn. Sporadiskt längs överytan förekommer en mycket tunn zon med förekomst av kantiga magnetitkristaller mellan kvartskornen



Figur 13. Detalj från botten av prov 10. Kornstorleken ökar tydligt nerifrån och uppåt. Foto från mikroskopet.

Kommentar

Slaggen är homogent uppbyggd i det undersökta provet, troligen av ett slaggflöde som runnit ut och stelnat vid ett tillfälle, dvs. den är inte uppbyggd av flera lager som stelnat vid upprepade tappningar. Slaggen är inte extremt finkornig men har stelnat tämligen fort. Såväl mot det sandiga underlaget i rännan som på överytan har den kylts av fortare än i mer centrala delar. Den lilla, men ändå tydliga, förekomsten av magnetit längs överytan är karaktäristisk för stelning i oxiderande miljö. För övrigt i slaggen har det rått reducerande förhållande, vilket de små järndropparna är ett typiskt tecken på. Sand förekommer i ett tjockare lager i botten, som smält fast från underlaget i rännan, men även i ett tunnare skikt av sand finns på överytan. Eventuellt är det senare tillsatt för påverka avkylningen och underlätta borttagning av slaggen.

Prov 11, Bottenskålla & Tappslag, N ugnen

Okulär granskning

I provet ingår en bottenslagg i två delar (och en liten flisa som lossnat). Bottenslaggen (ena delen) är långsmalt oval och har en utväxt (andra delen) ut mot tappprännen (Fig. 14–15). Den ovala delen är 220×130 mm stor, medan utväxten är ca 100×60 mm. Bottenslaggen är skålformad, och tämligen jämntjock ca 10–30 mm.

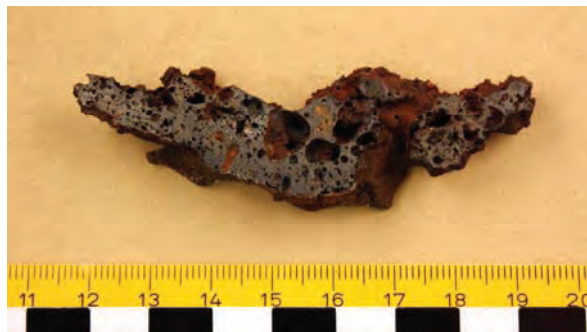


Figur 14. Bottenslagg i två delar (prov 11) och tappslag i prov 10, sedda ovanifrån. Bottenslaggen (ena delen) är långsmalt oval och har en utväxt (andra delen) ut mot tappprännen.



Figur 15. Bottenslagg i två delar (prov 11) och tappslag i prov 10, sedda underifrån. Bottenslaggen (ena delen) är långsmalt oval och har en utväxt (andra delen) ut mot tappprännen.

Överytan är rödbrun, trögfluten, ojämn och svagt magnetisk. Undersidan är jämnare på ytan och har ett i det närmaste heltäckande skikt av fastsmält sandigt-grusigt material. Samma material finns på undersidan av den utskjutande delen och tappslaggen i prov 10. Insmält i botten finns också ett fragmentariskt kolstycke, drygt 10 mm långt och några millimeter brett. Flera tvärsnitt har tagits fram i bottenslaggen. I kanten, närmast de utskjutande tapparna, är slaggen homogen i sammansättning (Fig. 16) och tämligen rik på hålrum (prov B1) och här finns också ett inneslutet kolstycke. I mer centrala delar framträder en betydligt mer komplext uppbyggd slagg. Ett snitt (Fig. 17) visar ett bottenlager av slagg som följs av slagg blandat med kiselrikt material som endast delvis är smält (prov B2). Några centimeter därifrån innehåller snittet slagg, smält kiselrikt material och små järnansamlingar. Ytterligare någon centimeter in finns järn i en flera centimeter stor, svampig ansamling (prov B3) omgiven av slagg. De centrala delarna är på grund av sin heterogenitet inte lämpliga för totalkemiska analyser varför kanten (B1) valdes för analys, medan de centrala delarna undersöks mer noggrant i mikroskop).



Figur 16. Prov 11B1, tvärsnitt genom kanten, närmast de utskjutande tapparna. Här är slaggen homogen i sammansättning.



Figur 17. Prov 11B2, tvärsnitt genom centrala delar. Här framträder en betydligt mer komplext uppbyggd slag. Ett bottenlager av slagg följs av slagg blandat med kiselrikt material.

Från bottenlaggen finns 3 utskjutande ”tappar” bredvid varandra. De är halvcirkelformade i tvärsnitt, med en diameter på 15, 25 respektive 30 mm. Djupet/tjockleken är ca 15 mm. De två största har passform (Fig. 18) med det utskjutande fragmentet i riktning mot tappprännen och denna slag har en bottenform likt tappslaggen, men är mer trögfluten på ovansidan, dvs. likt bottenlaggen. Det innebär att slaggen har runnit ut ur ugnen, vilket syns i botten, samtidigt som slaggen också har runnit till vertikalt i schaktet, och fastnat på överytan. Endast en av dessa tappar har sin fortsättning i tappslaggen. I tvärsnitt framträder tydligt att det rör sig om separata slagglöden som inte alltid har kontakt med varandra. Båda är dock homogent uppbyggda. Det smalare, som inte har direkt fortsättning ut i tappslaggen prov 10, har valts för analys (prov A).

Passformen mellan bottenlaggen, den utskjutande delen och tappslaggen är tydligast på undersidan (Fig. 18). Där framkommer också att de tre tapparna från bottenlaggen har fortsättning endast i två tappar i den utskjutande delen som i sin tur endast har fortsättning i en tapp. Detta borde innebära att slaggen efter hand har rensats bort ur tappprännen, och likaså att en del slaggen som runnit i övergången mellan ugnsutrymmet och rännan också har följt med. I dessa tre slaggen ser vi därmed tecken från två utrensningar under pågående process.



Figur 18. Detalj på bottenlaggens 3 utskjutande "tappar" De två största har passform med det utskjutande fragmentet i riktning mot tapprännan. En tredje (vid pilen) saknar fortsättning.

Petrografisk analys (A utskjutande tappslag)

Tvärsnittet visar en slag med homogen sammansättning, på samma sätt som i prov 10, dvs. med olivin, wüstit och en glasfas samt enstaka droppar av metalliskt järn. På samma sätt som prov 10 är den något finkornigare i ytterkanterna än i mer centrala delar och längs ytterkanterna är andelen olivin något högre. Denna slag har kvartskorn i tämligen riklig mängd i såväl nedre som övre delar. Främst i de övre delarna verkar de ha smält något vilket kan ha påverkat slaggens totalsammansättning till den olivinrikare. Till skillnad mot i prov 10 finns ingen tunn zon av magnetit överst i denna slag.

Kommentar

Slaggen uppvisar många likheter strukturellt med slaggen från tapprännan (prov 10) men saknar magnetitförekomst vilket antyder att det varit reducerande förhållande såväl i ytan som i slaggens centrala delar när den stelnat. Med tanke på att järnoxidhalten är låg längs ytterkanten är detta dock inte entydigt, men med tanke på positionen i ugnens slag uppsamlingsutrymme i övergången till tappningen är det också rimligt med mer reducerande miljö här.

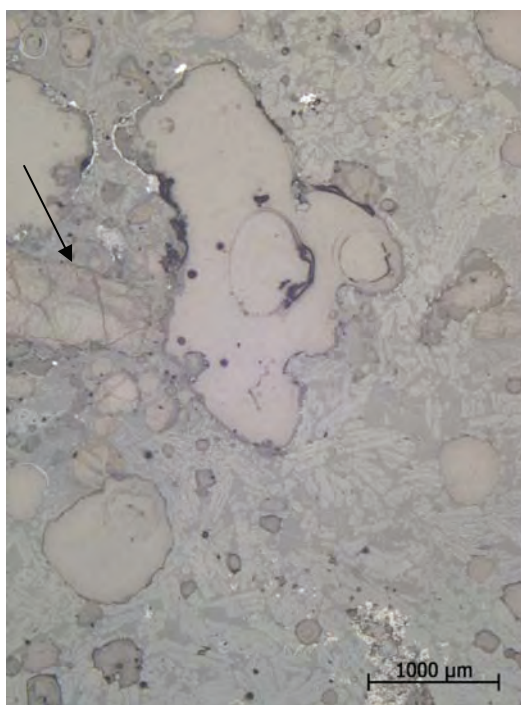
Petrografisk analys (B1 kant av bottenlag)

Slaggen är heterogen i sin uppbyggnad såväl vad gäller sammansättning som struktur. Det förekommer dock inga tydliga avgränsningar mellan olika delar utan det är snarare successiva övergångar mellan mer eller mindre andel wüstit och förekomst eller avsaknad av kvartskorn. Slaggen domineras av olivin som förekommer i rikligare mängd än i prov 10 och 11A. Dessutom förekommer dendritisk wüstit och en glasfas. Wüstit saknas ställvis nästan helt, men förekommer även rikligare i oregelbundna ansamlingar. I några av dessa ansamlingar förefaller det som om reduktionen till metall har avstannat. Kvartskorn förekommer tämligen rikligt (Fig. 19) i botten av slaggen, mer sparsamt i överytan och sporadiskt även insmält i slaggens övre delar. Runt en del hålrum förekommer tunna zoner av järnoxider med komplex sammansättning som antyder oxiderande förhållanden, men intill dessa finns metalliskt

järn som istället antyder att det varit reducerande miljö. I de övre delarna förekommer även en del rostiga områden, där det metalliska järnet har omvandlats sekundärt till rost.

Kommentar

Denna slagg är betydligt heterogener i sin uppbyggnad än tappslaggerna. Det förefaller som om flera portioner av slagg har samlats i botten av ugnen och inte riktigt stelnat, men ändå inte blandats med varandra mer än på några mikrometers avstånd. Slutligen har dock hela slaggen stelnat samtidigt. Kvartskornen i botten är tydliga indikatorer på underlaget, men de som förekommer mer eller mindre insmälta i slaggen är svårare att förklara. Här kan man fundera kring om sanden också har haft någon funktion i processen inne i ugnen, men i så fall i ett skede där den inte har smält och helt blandats med slaggen. Sandens funktion återkommer vi till i senare diskussioner.



Figur 19. Prov 11B1. Slaggen domineras av olivin. Dessutom förekommer dendritisk wüstit och en glasfas. Kvartskorn förekommer också tämligen rikligt (markering). Foto från mikroskopet.

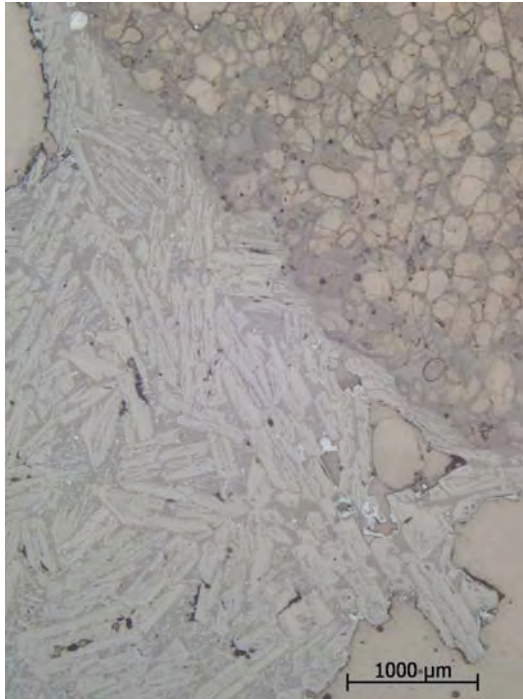
Petrografisk analys (B2 centralt i bottenlagg)

Tvärsnittet är heterogent uppbyggt och innehåller ett bottenlager som är rikt på kvartskorn, över det en zon som domineras av slagg som innehåller främst olivin och glas, med mindre mängder wüstit. I denna slaggvolum och i övre delar finns större ansamlingar av metalliskt järn, mer eller mindre rostiga, samt enstaka kvartskorn eller ansamlingar av flera små kvartskorn (Fig. 20). Inom slaggvolymer framträder dock inga

tydliga markerade gränser utan den förefaller ha stelnat som en enhet till grövre korn än både i tappslaggerna och i prov 11B1.

Kommentar

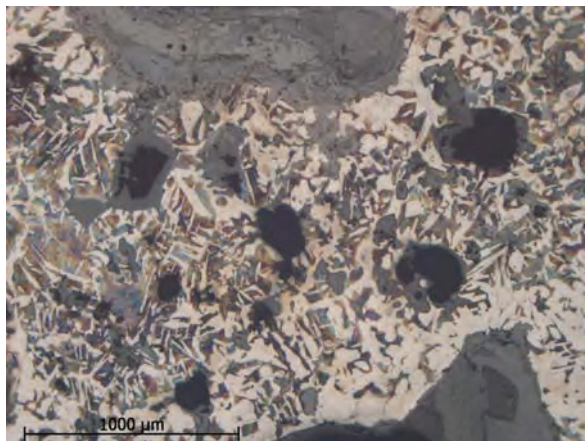
Precis som prov 11B1 är slag 11B2 heterogent uppbyggd. (Se även bottenlagg från den tidigare undersökningen).



Figur 20. Prov 11B2. Slaggen domineras av olivin och glas (nedre vänstra delen). I övre högra delen ses en stor koncentration av kvartskorn. Foto från mikroskopet.

Metallografisk analys (B3 centralt i bottenlagg)

Del av en flera centimeter stor, svampig ansamling av järn som är omgiven av slag. Slaggen i järnets ytterkanter domineras av tämligen grovkorniga olivinlameller som förekommer tillsammans med en glasfas och finkornigare olivinlameller och finkornig wüstit. Enstaka större ansamlingar av liknande slag finns även mer centralt i järnkonsentrationen men små slagginneslutningar är sällsynta. Järnet innehåller dock en del hålrum och är delvis selektivt korroderat och avslöjar ett mönster som bildas då järnet innehåller en del kol. Detta framträder tydligare när provet etsats men det visar sig att kolinnehållet varierar i metallen från områden som har lågt kolinnehåll och utgörs av enbart ferrit till områden med kolhalter på ca 0,5–0,6 % kol (Fig. 21). Vanligast förekommande är dock ferrit med lite perlit i kornkontaktarna.



Figur 21. Prov 11B3. Detalj på etsat metallprov. Metallen, centralt i bild består av stål med varierande mängder ferrit (ljusa fält) och perlit (blåsträckliga områden). De svarta fläckarna är hålrum. Foto från mikroskopet.

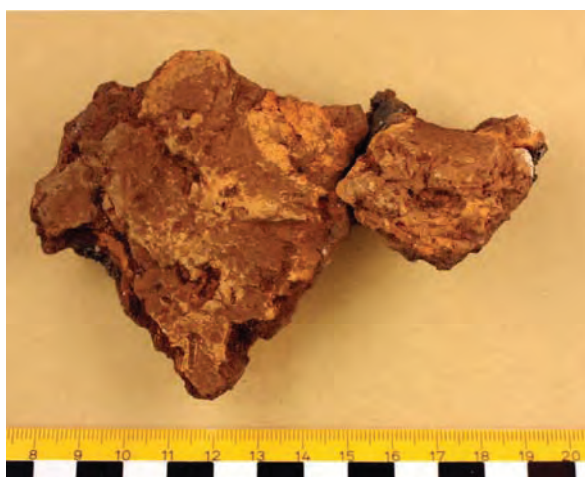
Södra ugnen

Prov 12, I och kring S ugnen

Okulär granskning

Ett litet oregelbundet fragment, ca 45×45×25 mm stort, vikt 67 g. En sida är rödbränd, motstående sida utgörs av kraftigt magnetisk slagg. Slaggen dominerar i tjocklek, ca 18 av totalt 25 mm. Leran är ljus röd i färgen och saknar inslag av grövre fraktioner. Liknande material förekommer i prov 16, där några har passform med prov 12 (Fig. 22), och i prov 18.

Leran skiljer sig från den i de större ugnsväggsbitarna vilka har inslag grövre material. I prov 12 dominerar slagg i fragmentens tjocklek och denna är starkt magnetisk vilket indikerar innehåll av magnetit som i sin tur indikerar god tillgång på syre. Magnetismen är troligen inte beroende på innehåll av metalliskt järn eftersom slaggen då vanligen är mer rostfärgad och inte svart, som här.



Figur 22. Två fragment av rödbränd lera från prov 16 och prov 12 med passform. Leran saknar inslag av grövre fraktioner som finns i de större väggfragmenten.

Prov 13, Del av ugnsvägg, S ugnen, F2490

Okulär granskning

Oregelbundet fragment med flera hörn. Det har en välvd form som antyder en innerdiameter på ugnen på ca 600 mm. Utsidan består av rödbränd lera, insidan är smält lera med ett slaggsikt med runnen struktur (Fig. 23). Det är ca 230–250×120–170 (höjd)×25–40 mm stort. Tjockleken varierar något men stycket är mestadels jämntjockt. Delen som vetter mot sidan för slaggtappning visar antydning till omböjning runt ett mer markerat hörn, dvs. den jämnare välvningen övergår till en skarpare omböjning som på utsidan antyder en planare vägg på slaggtappningssidan. Välvningens form antyder en innerdiameter på 600–800 mm. Dessa stora mått, och vad de egentligen representerar, diskuteras senare

Leran har en inblandning av grövre fraktioner, upp till stenstorlek på någon eller några centimeter. I tvärsnitt framträder en kärna av smält material, där dock de grövre fraktionerna inte är smälta, och med ett yttre skikt av bränd lera (Fig. 24). Det inre skiktet utgörs av slag. Prov för keramisk analys är valt nära slaggtappningssidan.



Figur 23. Oregelbundet något välvt, väggfragment, prov 13 från södra ugnen. Insidan är smält lera med ett slaggsikt med runnen struktur.



Figur 24. Prov 13 i tvärsnitt. Där framträder dess välvda form liksom en kärna av smält material, där dock de grövre fraktionerna inte är smälta, och med ett yttre skikt av bränd lera. Det inre skiktet (uppåt) utgörs av slag. Foto KFL.

Prov 14, S ugnen i pipan

Okulär granskning

Små fragment, mindre än 50 mm, av slagger respektive ugnsväggar samt magnetiska klumpar. Materialet speglar, i mindre fragment, sådant material som finns i större bitar inom andra prov.

Fyndkontexten anges som "i pipan" vilket antyder att det rör sig om sekundär fyllning i ugnen, åtminstone av slaggen.



Figur 25. Prov 15. Såväl flutna som mer trögflutna småslagger påträffade under bottenslaggen i södra ugnen.



Figur 26. Prov 15. Några av småslaggena från föregående figur i tvärsnitt. Den högra innehåller homogen slagg, den vänstra även lite metalliskt järn.

Prov 15, S ugnen, under bottenskålla

Okulär granskning

I provet ingår två fragment av fluten, men ej tappad, slagg (Fig. 25). De är båda långsmala och omagnetiska. Den största har måtten 55×20×15 mm och vikten 26 g. Dessutom ingår sju rostiga eller grå trögflutna magnetiska slaggar (Fig. 25). Den största är 25×20×10 mm, och väger 10 g. Dessa innehåller troligen metalliskt järn.

Det långsmala stycket har delats och innehåller i snittet en homogen uppbyggd slagg av liknande typ som i bottenslaggen (Fig. 26). I ett mer magnetiskt stycke förekommer svampigt metalliskt järn tillsammans med slagg (analyserat prov).

Materialet är sannolikt kvar från en tidigare körning i ugnen och utgör dels del av bottenslagg, dels övre del av bottenslagg i kontakt med den

bildade smältan, dvs. metalliskt järn som inte riktig ansamlats vid smältan/luppen.

Materialet är därmed tecken på att ugnen har rensats och körts igen. Där den sista körningen ses i bottenslaggen i prov 17.

Metallografisk analys

Ovalt tvärsnitt, med oregelbundna ytterformer, ca 10×16 mm stort. Det mesta av provet är korroderat. Det innebär att en del av det som okulärt ser ut som slagg egentligen är korroderat järn. Den lilla mängd slagg som finns är mestadels glasig.

De få metalliska ytorna som finns bevarade utgörs huvudsakligen av ferritiskt järn. Endast i några små områden förekommer små mängder perlit i kornkontakterna och lokalt något mer perlit. Det totala kolinnehållet i metallen når dock endast i undantagsfall upp i några tiondels procent.

Provet utgörs därmed av metalliskt järn som inte har fäst mot luppen och troligen lossnat vid uttagandet av luppen, sannolikt från en tidigare körning. Det lilla järn som finns är huvudsakligen kolfritt.

Prov 16, S ugnen, ugnsröster V om pipan, F2507

Okulär granskning

I provet ingår blandat material av åtminstone fyra olika typer.

Den första kategorin utgörs av två fragment med passform som innehåller ljust rödbränd lera och slagg. De är av samma typ som i prov 12 och domineras av en slagg som är tät, relativt fluten, gråsvart och kraftigt magnetisk. Motstående sida utgörs av den brända leran som är hopsmält med slaggen. Det större fragmentet är 70×60×15–20 mm och har passform med prov 12 (Fig. 22).

I den andra materialkategorin finns fyra större och några mindre fragment av bottenslagg. Dessa är trögflutna eller lokalt mer flutna (nära tapprännan?). Några av dessa har ett tunt skikt av rödbränd lera på en sida. Det största är 85×65×50 mm stort och väger 381 g. Det är lokalt svagt magnetiskt.

En tredje typ omfattar ett oregelbundet magnetiskt slaggstycke, eventuellt med innehåll av metalliskt järn.

I den fjärde gruppen finns tre små tunna tappslaggar, ca 15 mm breda och 5 mm tjocka med sandigt bottenskikt.

Prov 17, Bottenskålla, S ugnen

Okulär granskning

I princip en hel bottenslagg. Den är oval med längsta måttet vinkelrätt från slaggtappningssidan och inåt i schaktet, 260×200 mm. Den är bredare än bottenslaggen, prov 11 från N ugnen och har fyllt ut ugnsbotten mer på bredden. Den väger 1924 g. Tjockleken varierar från ca 50 mm centralt och tunnare ut mot kanterna till ca 10 mm. Den är huvudsakligen skålformad i profil.

På översidan finns brun slagg med urskiljbara (trög)flutna slaggflöden och den är lokalt svagt magnetisk (Fig. 27).

Botten är ojämnare än i prov 11. Mestadels finns sandigt-grusigt material fastsmält men det förefaller som om det funnits ojämnheter i

botten där slaggen runnit ner i gropar (utan sand?). Slaggen saknar den tydliga utväxt mot tappprännen som förekommer i kanten av prov 11.

I tvärsnitt (Fig. 28) framträder en homogent uppbyggd slagglager där diffusa lager kan urskiljas med hjälp av koncentrationer av hålrum, men inte av skillnader i slaggsammansättning. Centralt i snittet, längs en koncentration av hålrum, finns också ett inneslutet kolstycke.



Figur 27. Prov 17, bottenslagg från den södra ugnen sedan ovanifrån.



Figur 28. Prov 17 i genomsnitt från den högra ytterkanten i föregående figur. Här framträder en homogent uppbyggd slagglager där diffusa lager kan urskiljas med hjälp av koncentrationer av hålrum

Petrografisk analys

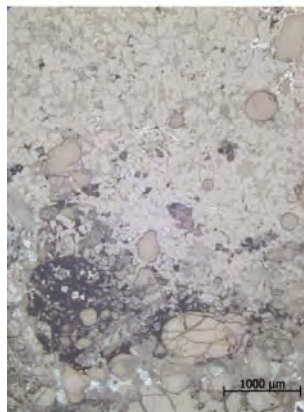
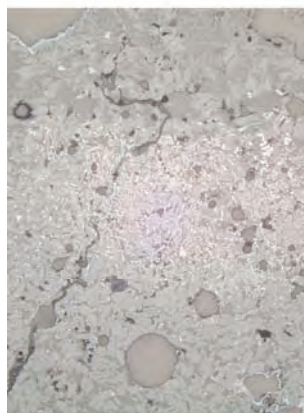
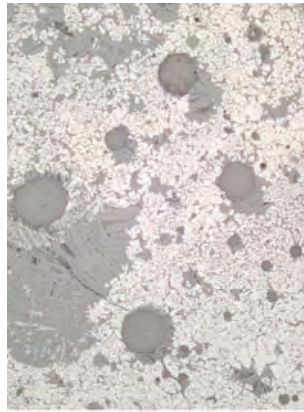
Den homogena uppbyggnad som kunde ses okulärt visar sig vid den petrografiska analysen vara betydligt heterogener. De diffusa lager som observerades okulärt framträder mer markant i mikroskop där lager av slagglager, med delvis olika kornstorlek och sammansättning förekommer växelvis med lager där kvartskorn är inblandade i slaggen (Fig. 29). Kvartskorn förekommer främst i ett bottenskikt både som enskilda korn och som hopkittade ansamlingar av mindre kvartskorn. I de nedre delarna innehåller slaggen främst olivin och en glasfas samt ställvis även leucit och hercynit. Wüstit är här endast underordnat i tunna dendritiska former men förekommer rikligare på högre nivåer, lokalt i större ansamlingar. På ännu högre nivå är det en annan järnoxid, magnetit, som uppträder i koncentrationer med kantiga kristaller, men allra överst förekommer

wüstit igen. Bland dessa magnetitkristaller finns även mer komplexa kristaller, en typ av spinellmineral som innehåller låga halter kisel. Lokalt, längs en överyta finns emellertid en tunn zon av flera järnoxider där även magnetit ingår. Kolstycken finns inneslutna på flera nivåer i slaggen. Metalliskt järn uppträder sporadiskt såväl som oregelbundna formationer som i droppar.

Kommentar

Precis som proverna 11B1 och 11B2 är detta prov heterogent uppbyggt. Det är dessutom tjockare än dessa så fler lager av slag med varierande sammansättning och med flera inslag av kvartskorn förekommer i denna slag. Det finns dock inga markanta kontakter mellan lagren som antyder att slaggen har stelnat mellan varje lager utan det förefaller som om det varit tämligen varmt medan flera slagportioner har runnit till och hela slaggen har stelnat samtidigt i slutskedet. Det är dock förbryllande med en horisont av magnetit på högre, men inte högsta, nivån i slaggen, samtidigt som det förekommer metalliskt järn. Det innebär att det varit nära gränsen för oxiderande och reducerande förhållanden vid slaggbildningen. Förekomsten av de komplexa kisel förande spinellmineralen tyder också på varierande förhållanden och sådana förekommer vanligen i smidesslagger men har ibland också påträffats i slagger från järnframställning. Även inslaget av sand på flera nivåer är märkligt. Bottenlagret är dock från det sandiga underlaget i slagguppsamlingsutrymmet men de inneslutna koncentrationerna har inte lika tydlig förklaring.

Figur 29. Flera utsnitt nerifrån och uppåt i slaggen prov 17 som tydligt visar skilda sammansättningar i olika skikt. I botten finns fastsmälta sandkorn. I de ljus grå delarna högre upp dominerar olivin, i de ljusare delarna dominerar järnoxider och här och var finns insmälta kvartskorn.



Varpet

Prov 18, V delen av S varpet

Okulär granskning

Långsmalt, svagt böjt, oregelbundet stycke. Ena sidan utgörs av en homogen, tät magnetisk slagg och motstående sida av rödbränd lera. Det är 60×30–40×20–25 mm stort och väger 101 g. Det är av samma materialtyp som prov 12 och 16, men någon passform med dessa har inte hittats.

Prov 19, N varpet, väggfragment

Okulär granskning

Ett relativt tunt, oregelbundet rektangulärt fragment, 50×40 mm, 33 g. Det är jämntjockt, ca 5 mm, men svagt böjt. Det har rödbränd lera på yttre delen och smält lera, eventuellt med tunt, svagt magnetiskt slaggskikt på inre delen.

Prov 20, N varpet, ugnsväggar

Okulär granskning

I provet ingår flera fragment av samma karaktär (Fig. 30). Dessa är av samma typ som i prov 19 och prov 22. Det största är 50×45×5 mm och väger 28 g. En sida utgörs av rödbränd lera och motstående av smält lera med ett skikt av magnetisk slagg.

Uppbyggnaden av lera som är fastsmält mot slagg, liknar den i prov 12, 16 och 18 men i dessa tre är slaggen betydligt tjockare och den dominerande komponenten till skillnad från i prov 19, 20 och 22 där slaggen är betydligt tunnare.



Figur 30. Prov 20. Fragment av bränd lera. Till vänster den rödbrända sidan, till höger den smälta och i mitten ett tvärsnitt.



Figur 31. Prov 21A, bottenslagg med flera stora kolavtryck.



Figur 32. Bottenslaggen prov 21A i tvärsnitt. Slaggen är homogen i sammansättning och relativt rik på hålrum.

Prov 21, N varpet, blandat slag, ev. del bottenskålla

Okulär granskning

I provet finns ett större slagfragment som sannolikt är del av en bottenslagg (Fig. 31). Det väger 563 g och har måtten 140×100×35 mm. Det är omagnetiskt. Slaggen är plan, vilket skiljer den från de svagt skålformade bottenslaggerna i ugnarna och även de i prov 4 och 5. Likt dessa är den dock brun i färgen och består av trögfluten slag. Ingen beläggning i form av sand finns på undersidan. Den avviker från de andra också genom en riklig förekomst av stora kolavtryck, ca 25×15×15 mm. I någon förekommer också kolrester. I delat tvärsnitt (A) framträder en slag som är homogen i sammansättning (Fig. 32). Den är relativt rik på hålrum, främst jämfört med tappslaggen, men även jämfört med bottenslaggen i prov 5. Enstaka ansamlingar av metalliskt järn förekommer liksom ett inneslutet kolstycke.

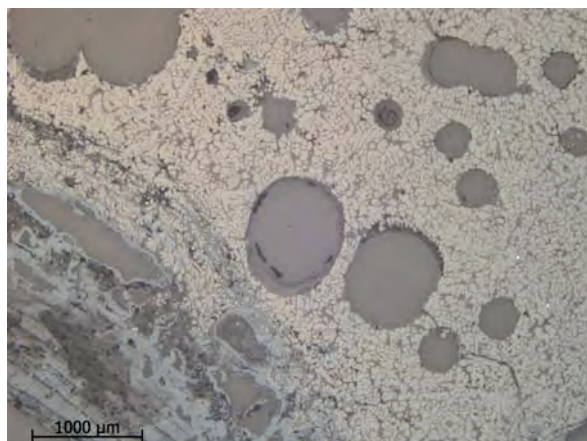
I provet ingår även fem mindre fragment av tappslagger av varierande dimensioner. En större har en bredd som visar en tappräna med bredd på 100 mm och slaggens tjocklek antyder ett djup på ca 25 mm i mitten. En mindre tappslag smalnar av från en bredd på 40 mm och djup/tjocklek på 17 mm till bredd på 15 mm och djup/tjocklek på 8 mm. Båda dessa har

ett tunt sandskikt som är fastsmält i botten och den smalare har sporadiskt sand även på överytan. En kort, ännu mindre tappslag förekommer också med betydligt mindre sand i botten.

Den största tappslagen (B) har delats. Tvärsnittet (Fig. 33) visar en homogent uppbyggd slagg med ansamling av små hålrum nära överytan, men för övrigt tämligen fattig på porer. I botten finns ett tunt skikt av sand.



Figur 33. Tappslag prov 21B i genomskärning. Den är en homogent uppbyggd slagg med ansamling av små hålrum nära överytan. I botten finns ett tunt skikt av sand.



Figur 34. Detalj på den wüstitrika slaggen i prov 21A. I nedre vänstra hörnet syns ett kolstycke. Foto från mikroskopet.

Petrografisk analys (A bottenslagg)

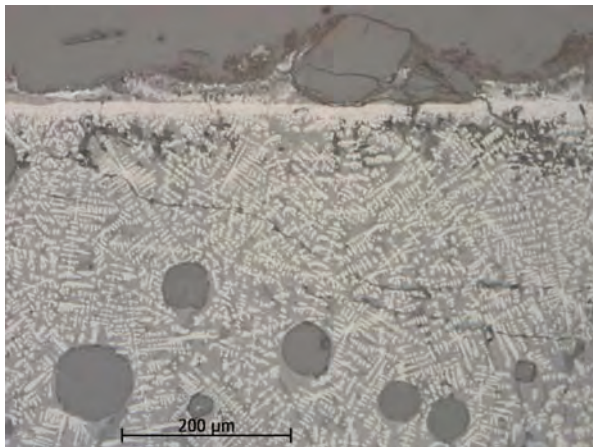
Den porösa slaggen är homogen i sin uppbyggnad såväl vad gäller struktur som textur och sammansättning. Den domineras av grovdendritisk wüstit i hela det analyserade tvärsnittet (Fig. 34). En glasfas och olivinlameller finns i betydligt mindre mängder mellan wüstitdendriterna, liksom enstaka små droppar av metalliskt järn. I främst nedre delen förekommer några inneslutna kolstycken omgivna av rost men för övrigt finns inget som avviker från den homogena formen.

Kommentar

Slaggen har en mycket hög total järnhalt som är bunden i wüstiten. Om reduktionen fortgått bör det ha kunnat bildas tämligen stora mängder metalliskt järn, i väl sammanhållen koncentration i denna slag. Den avviker från bottenlaggerna från ugnen i sammansättning men även på grund av att den saknar sand i botten och att den snarare är plan än skålformad. Möjligen har den inte heller legat i botten av slagguppsamlingsutrymmet utan högre upp nära luppen, eller så är den bildad i ett senare rensningsskede (jämför totalkemiska analyser).

Petrografisk analys (B tappslag)

Slaggen är mycket homogen genom hela tvärsnittet vad gäller sammansättning. Den varierar dock i fråga om kornstorlek. Den är finkornigast i ett bottenkikt och delvis längs sidan och sedan ökar kornstorleken något uppåt för att sedan vara likartat genom resten av slaggen förutom i ett tunt övre skikt där den återigen är finkornigare och täcks av ett tunt skikt av järnoxider, bland annat magnetit (Fig. 35). Slaggen innehåller dendritisk wüstit, olivinlameller, en glasfas och sporadiskt med små droppar av metalliskt järn. Såväl wüstit som olivin är långsträckta vinkelrätt slaggens bottenform. Längs bottenkiktet finns ställvis enstaka kvartskorn men de täcker inte hela bottenytan.



Figur 35. Detalj från överytan i tappslaggen prov 21B med koncentration av magnetit som en ljus bård. Foto från mikroskopet.

Kommentar

Slaggen visar tydligt hur avkylning har skett snabbt i botten som resulterat i en finkornigare slag där och hur avkylningen har påverkat den fortsatta kristallbildningen vinkelrätt botten. Det är troligt att endast en "portion" av slag byggt upp denna tappslag. Det övre skiktet av magnetit, som bildats som ett tunt skikt på den uttrinnande slaggen visar också att den stelnat i luft där tillgången på syre varit större än inne i ugnen. Strukturellt liknar den tappslaggen från den norra ugnen (prov 10), och de är likartade i fråga om sammansättning (jämför även totalkemiska analyser).

Prov 22, N varpet, Ugnsväggar

Okulär granskning

I provet finns flera fragment av samma typ som i prov 19 och 20. De är tämligen tunna och har en sida av rödbränd lera som är fastsmält mot ett tunt skikt av slagg. Ett stycke med något tjockare slagglager, likt de i prov 12, 16 och 18, förekommer också i detta prov.

En av de karaktäristiska bitarna är utvald för keramiska analyser.

Prov 23, N varpet, Slagg, F2288

Okulär granskning

I provet finns flera fragment av slaggar av lite olika former och typer. I grova drag kan de delas upp i två grupper; delar av bottenslagger, respektive del av tappslag, men även inslag av ugnsväggar förekommer.

Tre fragment hör till gruppen del av bottenslagger. Det största väger 220 g och är ca 85×80×35 mm stort. De består av brun, trögfluten slagg med kolavtryck, likt i prov 21.

Till kategorin tappslaggar finns ett större och fyra mindre fragment. Det större har en bredd på 50 mm och en tjocklek på 20 mm. I botten finns ett sandigt skikt. De mindre är av samma typ, med varierande mängd sand i botten. En av dem har delats och i tvärsnitt framträder en slagg med homogen sammansättning. Ett tunt skikt av sand finns i botten och enstaka sandkorn finns också lite högre upp i slaggen. Enstaka större hålrum förekommer såväl i nedre som övre delen. I snittet framträder också tämligen grovkorniga olivinlameller i flera riktningar.

Dessutom finns ett fragment med slagg och smält ugnsvägg. I provet förekommer också tunna stenflisor, ca 5–7 mm tjocka med ett ca 1–5 mm tunt slaggsikt på en sida, vilket syns tydligt även i ett delat tvärsnitt. Det största fragmentet är 100×70 mm i plan. Stenflisorna är av samma skiffrika bergart som i prov 9 och bland de få där slagg har smält fast direkt på sten och inte mot lera.

Prov 24, Från Gropen, slagg och ugnrester

Okulär granskning

I provet finns två fragment av bottenslagger som är bruna, med trögfluten slagg på ovansidan såväl som på undersidan. Inget sandigt skikt finns på undersidan. Det största fragmentet är 100×60×35 mm stort och väger 220 g.

Ett litet fragment av en tappslag är uppbyggt av flera mindre slagglöden.

Fem fragment av relativt tunna ugnsväggsbitar ingår också. På ena sidan finns gråbränd lera med inslag av stenar upp till ca 10 mm storlek. Andra sidan har ett tunt slaggsikt. Det största fragmentet är 120×90×10 mm och väger 198 g. De är relativt jämntjocka, svagt välvda eller plana. Den bit med tydligast välvning indikerar en inre diameter på ca 600 mm.

Fällplats, A2244, A2468

Prov 25, A2648, "slaggtomt" område

Okulär granskning

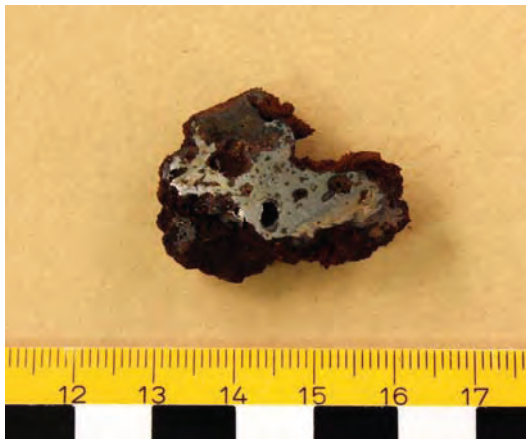
Drygt 10 oregelbundna rostbruna klumpar, mestadels troligen hela, dvs. ursprunglig storlek. De är svagt magnetiska till magnetiska och innehåller troligen både metalliskt järn och slagg. Den största är ca 30×30×20 mm och väger 40 g.

Tre av dem har delats. Två domineras av slagg, en av svampigt metalliskt järn (Fig. 36) som har valts för metallografisk analys.

Metallografisk analys (A)

Oregelbundet tvärsnitt, ca 20×23 mm, med stor andel hålrum. En del slagg, såväl wüstitrik som glasig, finns runt järnansamlingen i provet, men endast mindre mängder slagg är innesluten i metallen. Järnet har delvis korroderat och avslöjar en textur som indikerar ett relativt högt kolinnehåll. Också vid etsning framträder ett järn med en mestadels mycket hög kolhalt. Perlit med cementit i kornkontakterna dominerar, dvs. en kolhalt på över 0,8 %. Lokalt, mot en ytterkant, avtar kolhalten successivt till ferrit med lite perlit i kornkontakterna. Eventuellt förekommer också ett fosforinnehåll i delar av provet.

Provet är ett stål med en tämligen hög kolhalt, som varierar kring 1 %. Likt de andra oregelbundna små klumparna är den tämligen grovkornig och är inte kompakterad.



Figur 36. En av de rostbruna klumparna i prov 25 i tvärsnitt med en koncentration av metalliskt järn som innehåller en del hålrum.

Prov 26, A2244, område med fällslag

Okulär granskning

I provet finns fem stycken relativt platta, och plana, rostbruna stycken. De är relativt tunga och lokalt magnetiska. Var och en har en slät sida som ser tillplattad ut, och en motstående sida som är något mer ojämn. Det största stycket är 70×65×10 mm stort och väger 107 g. Ett mindre stycke förefaller vara tillplattat på båda sidor och har en avrundad kortsida. Den andra sidan är avbruten. Detta stycke har en bredd på 30 mm och en tjocklek på 10 mm. Det väger 18 g.

Tre av de platta styckena har delats. Samtliga domineras av homogent uppbyggd slagg, även stycket som har en avrundad kortsida (prov A). Det största (prov B) innehåller små tunna oregelbundna ansamlingar av metalliskt järn.

Metallografisk analys (A)

Långsmalt tvärsnitt av tillplattad klump. Tjocklek/bredd är ca 8 mm. Provet domineras av järnoxider, främst relativt grov wüstit. Tillsammans med wüstiten finns också en liten mängd glasfas. En liten del av wüstiten är reducerad till metalliskt järn som ärvt wüstitens ytterformer. Styckets ena ytterkant utgörs av rostigt material och en del som är sekundärt fastkittat, t.ex. sand.

Metallografisk analys (B)

Långsmalt, något böjt, tvärsnitt med bredd på ca 9 mm. Provet domineras av tämligen grov wüstit med en mellanliggande glasfas. Ingen magnetit är observerad bland järnoxiderna. En del metalliskt järn, som reducerats och ärvt wüstitens form förekommer också, i något större mängd än i prov 26A. Lokalt är järnansamlingarna närmast svampiga i formen (Fig. 37).

Vid etsning av provet framträder ett ferritiskt järn, åtminstone i de delar som är tillräckligt grovkorniga för att någon textur ska framträda.

Båda proven är sannolikt från ytterkant av luppen, eller snarare slaggen direkt utanför luppen. De har bildats alldeles utanför den bästa reduktionszonen. Endast små mängder har reducerats till järn. Styckenas sammansättning kan i stora drag jämföras med slagger av liknande sammansättningar som ofta förekommer på järnframställningsplatser.



Figur 37. Prov 26B. Koncentration av svampigt metalliskt järn (vitt) i wüstitdominerande slagg. Foto från mikroskopet.

Prov 27, A2244, V kanten, P2271, 1 av 2, magnetiskt

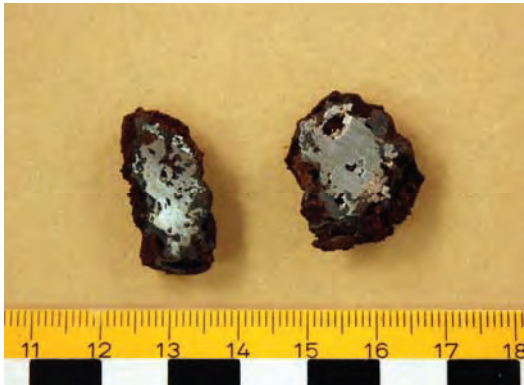
Okulär granskning

Många små oregelbundna rostbruna klumpar (Fig. 38), troligen av ursprunglig storlek, ingår i provet. De är genomgående magnetiska till starkt magnetiska. De saknar tydliga bearbetade ytor. En av de större är 35×25×20 mm stor och väger 20 g.

Tre av klumparna har delats. Två av dessa (delprov A och B) utgörs av metalliskt järn med innesluten slagg och delvis rikt på hålrum (Fig. 39). Den tredje klumpen domineras av slagg och innehåller även en del korrosionsprodukter.



Figur 38. Några av de rostbruna klumparna i prov 27.



Figur 39. Två av klumparna från prov 27 (prov B och A) visar i tvärsnitt koncentration av metalliskt järn och en del hålrum.

Metallografisk analys (A)

Ovalt tvärsnitt, med oregelbundna ytterformer, ca 12×16 mm stort. I styckets ytterkanter finns sekundärt fastkittat material i form av sand och enstaka kolstycken. Järnet har delvis rostet såväl längs ytterkanten som mer centralt, främst runt hålrum. Slagg förekommer mycket sparsamt. Runt järnet finns t.ex. en tunn slaggbård av järnoxider, som troligen bildats då järnet tagits ur ugnen i varmt tillstånd och oxiderat.

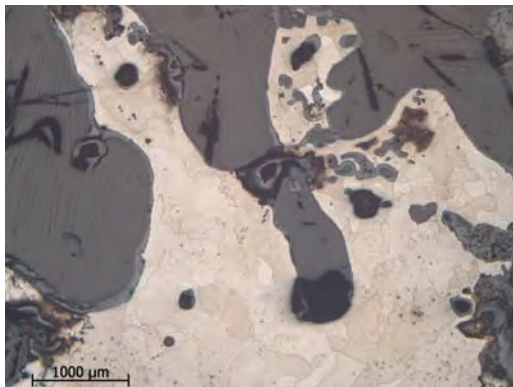
Det metalliska järnet har genomgående en hög kolhalt, kring 0,8 %. Perlit dominerar i hela provet, lokalt med lite ferrit i kornkontakterna, lokalt cementit. I några områden med cementit förekommer även järnfosfid i små mängder.

Metallografisk analys (B)

Långsmalt tvärsnitt med tjocklek/bred på 8 mm. I styckets ytterkanter finns sporadiskt slagg som innehåller finkorniga olivinlameller och en glasfas. Ställvis är också kvartskorn fästa i slaggen. De senare är sannolikt fastkittade sekundärt när järnet har rostet. Järnet innehåller en

del hålrum men betydligt mindre mängd innesluten slagg. Bland den inneslutna slaggen finns extremt små rundade ”droppar” som innehåller wüstit och en eller två kiselrika faser.

Järnet är homogent i sammansättning och genomgående ett ferritiskt järn (Fig. 40). Dess kornstorlek varierar dock något. Mestadels är ferriten tämligen grovkorning men längs ena ytterkanten är den något finkornigare.



Figur 40. Prov 27B. Ferritiskt järn (ljus bruna fält) omgivet av olivinrik slagg (flera grå nyanser). Foto från mikroskopet.

Prov 28, A2244, V kanten, P2271, 2 av 2, omagnetiskt

Okulär granskning

I provet förekommer oregelbundna klumpar likt de i prov 27 men med betydligt lägre magnetism. En av dem har delats och i tvärsnittet framträder en homogent uppbyggd slagg.

I provet ingår också ett mindre prov med finkornigt material som är magnetiskt. I detta förekommer dock främst omagnetiskt sandigt material. Dessutom finns små, mindre än 10 mm, fragment av svagt magnetiska slagglumpar. Något tiotal små kulformade slaggar, sprutslaggar, finns i materialet. De varierar i storlek från mindre än 1 till några få millimeter. Glödskal har inte observerats.

Det mesta av materialet är endast mindre fragment av sådant som finns i större fragment men enstaka små sprutslaggar finns också.

Prov 29, A2244, P2272

Okulär granskning

Oregelbundna rostbruna klumpar utan tydligt formade ytor. Magnetiska. En av de större är 50×30×15 mm stor och väger 50 g.

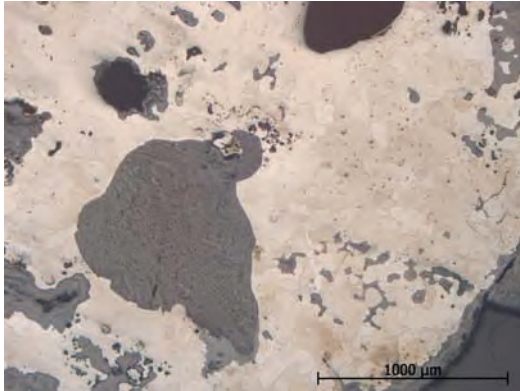
Två klumpar har delats och analyserats ytterligare. De innehåller båda ansamlingar av metalliskt järn. Slaggmängden förefaller vara liten, men järnet innehåller en del hålrum.

Metallografisk analys (A)

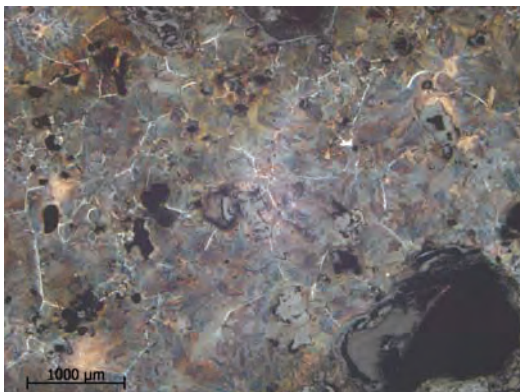
Nära cirkelformat tvärsnitt, med oregelbundna ytterformer, som är ca 15 mm i diameter. Järnet är kraftigt korroderat såväl i ytterkant som runt de rikligt utspridda hålrummen. Enstaka slagginneslutningar, relativt stora, finns i metallen. De innehåller finkornig wüstit och en omgivande

glasfas. Liknande sammansättning återfinns även i mindre inneslutningar. Järnet är också selektivt korroderat och har bildat ett mönster som är karaktäristiskt för kolhaltigt järn. Detta framträder också tydligt vid etsning av provet i dess ytterkanter där perlit dominerar lokalt till att förekomma i små mängder mellan ferritkornen. Det mesta i stycket utgörs dock av homogent ferritiskt järn (Fig. 41).

Provet utgörs av ej hopslaget järn, som huvudsakligen är kolfritt.



Figur 41. Prov 29A. Ferritiskt järn med en större och flera mindre slagginneslutningar (grå) och hålrum (svarta). Foto från mikroskopet.



Figur 42. Prov 29B. Hårt kolstål dominerat av perlit (blå-brun spräckligt). De grå ytorna är rost och de svart hålrum. Foto från mikroskopet.

Metallografisk analys (B)

Långsmalt tvärsnitt med tjocklek/bred på 13 mm. Järnet innehåller en del hålrum men betydligt mindre än de flesta andra undersökta proven. Runt dessa är metallen korroderad, liksom i ytterkanterna. Ett fåtal slagginneslutningar förekommer i metallen. Dessa är tämligen finkorniga och rika på kiselrika faser. Vid etsning framkommer att stycket genomgående har en hög kolhalt. Grovkorning, eller extremt grovkornig perlit dominerar. I vissa områden förekommer ferrit i kornkontakterna, i andra cementit. Lokalt finns också indikationer på ett fosforinnehåll.

Stycket, som är stål (Fig. 42) med en kolhalt kring 0,8 %, har inte blivit hopslaget. Den grova kornstorleken indikerar dessutom att det har stelnat långsamt. Om detta stycke ursprungligen inte har varit större, eller

utgjort en lös del i luppens ytterkant, är det möjligt att luppen inte har tagits ur ugnen förrän den svalnat något. Alternativet är att denna lilla klump blivit kvar i ugnen när luppen tagits ut, men då vore det rimligare att återfinna den i något av de båda slagghvarpen och inte kring det område som tolkats som fällplats, där luppen slagits ihop.

Prov 30, Ö om A2244, P2273

Okulär granskning

En större klump med skålform finns i provet. Den yttre delen utgörs troligen av bränd lera med inslag av grövre fraktioner. Motstående sida innehåller sannolikt slagg och metalliskt järn. Denna är kraftigt magnetisk. Stycket är troligen del av ugnsvägg med slagg på insidan. Den är tämligen tung varför slaggmängden sannolikt är hög. Innan rengöring framträdde lersidan nästan inte alls. I delat tvärsnitt ser man att bränd och smält lera dominerar i stycket. På ena sidan finns slagg tillsammans med en oregelbunden koncentration av metalliskt järn, vilken orsakar det mesta av magnetismen.

I provet finns också en mindre klump som är magnetisk och rostbrun, av liknade karaktär som de i prov 25, 27 och 29. Dessutom finns mindre fragment som innehåller både ugnsvägg och slagg.

Prover

Prov 31, Fyllning N ugnen, över bottenskålla

Okulär granskning

Finkornigt material, rödbrunt med relativt fet konsistens i fuktigt tillstånd. Efter torkning är materialet ljust rödbrunt. Det dominerar av finkornigt material som ej kan identifieras utan ytterligare analyser. Sådana har dock inte prioriterats. I fyndposten förekommer också enstaka grövre fraktioner i form av bergartskorn och fragment av rödbränd/smält lera, sannolikt del av ugnsväggen.

Prov 32, Gropen, sandprov, under den rostfärgade sanden i botten

Okulär granskning

Ljus sand som dominerar av kvarts. I betydligt mindre mängder förekommer jämnstora korn av fältspat, bergartskorn och underordnat mörkare mineral som biotit. Ett fåtal magnetiska korn har också kunnat urskiljas. Dessa är sannolikt sprutslaggar, mindre än 0,3 mm i diameter.

Prov 33, Gropen, rostfärgad sand i botten, rödjord?

Okulär granskning

Finkornigt rostbrunt material, sandfraktion och finare. Vid granskning i stereolupp framkommer att provet utgörs av kvartskorn med beläggning av finkornigt ljusbrunt material som inte kan identifieras. Dessutom förekommer en del kolstycken.

En del av provet har torkats för att lättare kunna skilja det finkorniga materialet från kvartskornen. Det mesta fäster dock på magneten då finkornigt material (magnetisk) sitter runt kvartskornen. Det som har kraftigast magnetism har separerats för ytterligare analyser för att kunna identifiera vilka faser som ingår. Provet har valts för strukturanalys med

röntgendiffraktion för att identifiera vilka järnoxider eller järnhydroxider som förekommer i provet.

Prov 34, Från rostfärgat område V om slaggvarpet, P2269

Okulär granskning

Eventuell malm?

Vid undersökning i stereolupp framträder en dominans av kvartskorn i det ljusbruna materialet. Dessa är täckta av en betydligt finkornigare ljusbrun fraktion. En stor andel av provet är magnetiskt, men uppskattningsvis är kvartshalten högre än i prov 35.

Prov 35, Från rostfärgat område V om slaggvarpet, P2270

Okulär granskning

Eventuell malm?

Vid undersökning i stereolupp framträder en dominans av kvartskorn i det ljusbruna materialet. Dessa är täckta av en betydligt finkornigare ljusbrun fraktion. Kvartskornen är generellt mindre än i prov 34 och också färre.

Provet har torkats på samma sätt som prov 33 och delats upp med hjälp av magnet. En stor andel av kvartskornen följer dock med magneten eftersom de har en beläggning av finkornigt ljusbrunt material som är magnetiskt.

Provet har valts för såväl kemisk analys som strukturanalys för att identifiera vilka järnoxider eller järnhydroxider som förekommer i provet.

Prov 36, N ugnen, lerprov från lager 14, P2505

Okulär granskning

Provet till KFL för analys.

Prov 37, N ugnen, lerprov från lager 17, P2512

Okulär granskning

Provet till KFL för analys.

Prov 38, N ugnen, lerprov från lager 16

Okulär granskning

Finkornigt, rödaktigt material med inslag av grövre fraktioner. Ej prioriterat av KFL för analyser.

Slaggernas kemiska sammansättning

Resultaten från analyserna av slaggerna och det möjliga malmprovet återges i sin helhet i tabellform (Tabell 2). Huvudämnena presenteras enligt konventionellt sätt som oxider där allt järn har återgetts som Fe_2O_3 även om järnet förekommer i många olika konstellationer. Spårämnen presenteras i en egen del som rena element i mg/kg, också på konventionellt sätt. För att kunna jämföra de olika ämnena har diagram använts där huvud- och/eller spårämnen har jämförts parvis eller där proportionerna mellan några har jämförts med proportioner av andra.

Upplägg för utvärdering resultaten

Analysresultaten innehåller en stor mängd data och vi kommer att belysa en del av dem med hjälp av några diagram för att se om det finns likheter och/eller skillnader i materialet. Vi inleder denna jämförelse på den aktuella lokalen för att kunna problematisera kring hur homogen järnframställningen på platsen har varit. Successivt inkluderas också referensdata från tidigare analyser av den närliggande lokalen RAÄ 186 (Englund & Grandin 2002) och efter hand andra småländska järnframställningsplatser. Dessa är fördelade i landskapet och också i tid från äldre järnålder till medeltid. Geografiskt närmast är järnframställningen från äldre järnålder i Öggestorps socken sydöst om Jönköping (analysresultat från Grandin & Willim 2004). Från Kronobergs län finns några analysresultat från järnframställning i Växjö (Grandin & Englund 2002) under slutet av äldre och början av yngre järnålder. Flera platser från äldre järnålder som undersöktes i samband med utgrävningar längs E22 har också inkluderats i jämförelserna (analysresultat från Englund m.fl. 1999, Larsson m.fl. 1999 och Grandin & Englund 2000). En medeltida lokal med järnframställning i blästugnar i Markaryds socken har också använts som referens (Forenius & Grandin 2005).

En av de viktiga frågeställningarna i denna undersökning var att pröva möjligheten att det tillverkade järnet har någon koppling till det tidiga smidet i Jönköping. Vid en nyligen genomförd arkeologisk undersökning vid Lundströms Plats i Jönköping, genomförd av Jönköpings läns museum, påträffades rester efter ett medeltida smide. Slagger från smidet analyserades (Grandin 2008). Bland resultaten fanns indikationer på att järnet som smiddes kom från järnframställning i närområdet där Axamoområdet, där Hedenstorp ligger, var en möjlig källa. Smidet på Lundströms Plats i Jönköping bedrevs under 1200-talet, troligen dess andra hälft (uppgift från Linnéa Kallerskog Jönköpings läns museum och Johan Åstrand vid Smålands museum), vilket är i slutet av eller något senare än man känner till om framställningen i Axamoområdet. Hedenstorp RAÄ 186 daterades till ca 900–1250 e.Kr. (Lorentzon 2008) och i skrivande stund är dateringarna för den nu undersökta platsen ej helt klara men järnframställningen i Axamoområdet i övrigt har tidigare dateras till perioden 700–1200 e.Kr. och enligt uppgift från uppdragsgivaren är det troligt att verksamheten bedrevs ca 1000–1200 e.Kr. på den nu aktuella lokalen. Trots en möjlig tidsdifferens, är det intressant att se vilka kopplingar som kan finnas. Eventuella kemiska relationer kan vara en indikator på att kontakter som etablerats mellan produktionsområde och smidesområde kan vara mer långlivade än vad vi idag känner till med hjälp av lämningar från de olika processerna.

De kommande styckena kommer att presentera några utvalda resultat för den nu aktuella lokalen. Dessa resultat, såväl sådana som är av betydelse för processen som proveniens, jämförs sedan med referensdata från närliggande områden och efterhand utökas jämförelsen till en större region för att se i järnframställningen i Hedenstorp i ett större perspektiv – det som kan förefalla heterogent inom en plats kan visa sig vara tämligen homogent i jämförelse med andra lokaler!

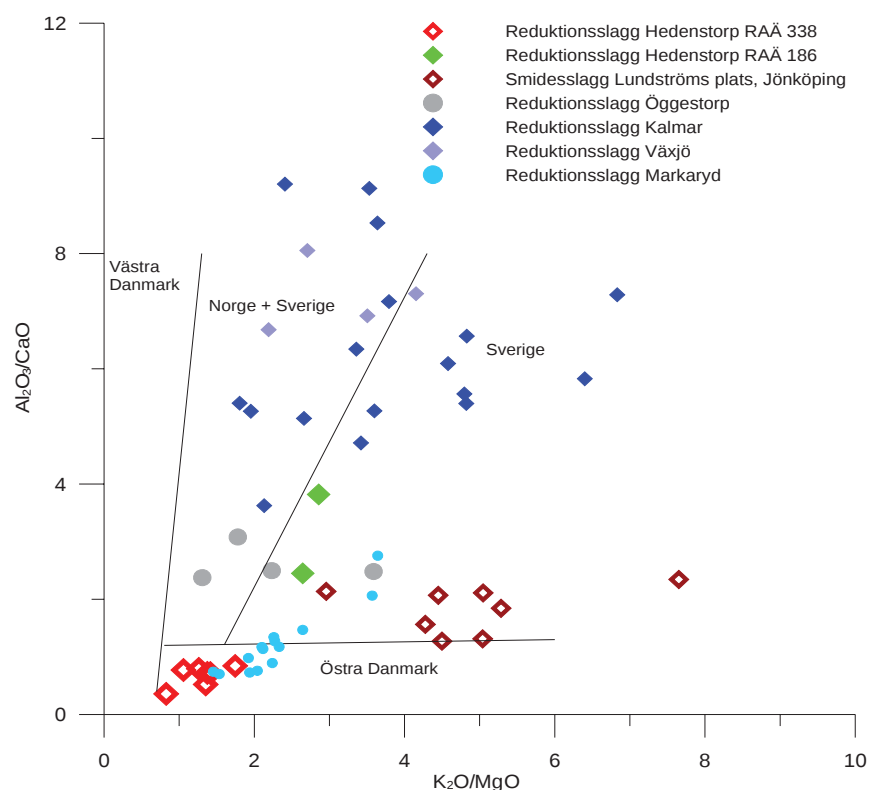
Ämne	Prov 5	Prov 10	Prov 11A	Prov 11B1	Prov 17	Prov 21A	Prov 21B	Prov 35
SiO ₂	22,9	20,6	17,4	30,2	23,0	9,70	17,1	71,8
TiO ₂	0,0923	0,0715	0,0550	0,0879	0,0964	0,0275	0,0542	0,169
Al ₂ O ₃	4,87	3,19	2,73	3,96	4,45	1,40	2,33	4,98
Fe ₂ O ₃	70,4	80,6	84,6	66,7	72,0	92,3	84,0	13,6
MnO	1,59	1,18	0,992	1,20	1,36	1,49	1,29	0,0886
MgO	0,885	0,544	0,455	0,602	0,761	0,521	0,509	0,0905
CaO	6,31	4,43	3,78	4,69	5,61	3,91	4,46	0,393
Na ₂ O	0,355	0,311	0,266	0,446	0,360	0,114	0,271	1,05
K ₂ O	0,935	0,770	0,626	1,05	0,960	0,431	0,689	1,99
P ₂ O ₅	0,864	0,769	0,688	0,737	0,771	0,437	0,569	0,0819
Glödförl.	-5,80	-7,50	-7,30	-5,80	-5,20	-6,30	-7,20	3,10
Summa	103	105	104	104	104	104	104	97,3
Be	2,57	2,55	2,35	2,23	2,73	2,24	2,12	0,871
Sc	3,08	1,98	1,36	2,23	2,53	<1	1,24	<1
V	72,2	57,9	35,6	60,1	59,4	30,7	35,4	15,5
Cr	34,4	69,6	36,6	73,7	33,9	17,9	31,2	19,1
Co	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Ni	<10	22,4	<10	26,6	<10	<10	<10	<10
Ga	1,42	1,56	1,69	2,73	1,98	<1	1,44	5,02
Rb	25,7	21,3	17,5	39,0	31,1	11,5	16,0	44,8
Sr	208	138	117	155	187	134	148	67,3
Y	30,5	21,8	18,7	23,5	28,3	11,7	17,3	7,43
Zr	66,9	60,7	48,4	80,5	67,0	31,1	48,5	208
Nb	000	000	000	000	000	000	000	000
Mo	<6	10,8	18,8	10,0	14,2	<6	17,4	<6
Ba	1360	847	729	948	1150	1010	982	444
La	29,9	19,9	16,6	21,6	25,7	9,63	12,8	6,96
Ce	87,5	94,2	47,8	62,7	74,3	38,9	37,9	21,6
Pr	6,70	4,54	3,86	5,12	6,65	2,12	2,80	1,25
Nd	29,0	18,2	16,2	20,2	25,8	8,04	11,6	4,64
Sm	5,26	3,39	2,84	3,84	5,11	1,76	2,31	0,876
Eu	1,00	0,604	0,530	0,936	0,945	0,349	0,498	0,227
Gd	5,54	3,44	3,27	4,57	5,07	1,75	2,64	0,915
Tb	0,896	0,600	0,511	0,752	0,852	0,315	0,472	0,188
Dy	4,82	3,36	2,86	3,82	4,32	1,80	2,44	1,04
Ho	0,925	0,698	0,615	0,806	0,865	0,366	0,529	0,237
Er	2,68	2,05	1,78	2,40	2,41	1,07	1,57	0,725
Tm	0,371	0,264	0,242	0,398	0,376	0,164	0,235	0,140
Yb	2,31	1,96	1,74	2,23	2,28	1,01	1,58	0,883
Lu	0,371	0,340	0,293	3,68	0,809	0,337	0,345	0,228
Hf	1,34	1,28	0,924	1,50	1,21	0,436	0,702	4,26
Ta	0,157	0,132	0,0838	0,182	0,172	<0,06	0,0914	0,334
W	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60
Th	2,17	1,51	1,27	1,60	1,64	0,754	1,26	1,02
U	1,72	1,33	1,11	1,50	1,56	0,757	1,30	1,05

Tabell 2. Totalkemiska analyser av slagger och ett malmprov (nr 35). Den första delen av tabellen presenterar halter av huvudelementen i viktsprocent medan andra delen presenterar halter av spårelement i mg/kg. Analyserna är genomförda av ALS Scandinavia AB, analys nr L0907781 och L0907813. Allt järn är återgivet som Fe₂O₃ vilket medför höga totalsummor. Vid omräkning till FeO minskar totalsumman.

Järn och kisel

Bland huvudämnena är det vanligen järn och kisel som förekommer i högst halter. Dessa ämnen är i grova drag ett indirekt mått på järnframställningens 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. I allmänhet har dock järnålderns slagger vanligen tämligen höga järnhalter. Andra huvudelement, t.ex. aluminium, kalcium och kalium 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 kan inte heller uteslutas.

Höga järnhalter i kombination med låga kiselhalter gäller också för de nu undersökta slaggerna. Järnhalten varierar från ca 67–92 % Fe_2O_3 . Kisel utgör stora delar av resten och varierar från ca 10–30 % SiO_2 . För det analyserade malmprevet är siffrorna snarare det omvända vilket innebär en alltför låg järnhalt för att vara en malm. Troligen innehåller dock provet en malmskomponent men det mesta är föroreningar av sand (behandlas utförligt längre fram) och malmen bearbetas därför inte utförligare i följande resonemang utan fokus ligger på slaggerna.



Figur 43. Förhållandet mellan aluminium och kalcium jämfört med förhållandet mellan kalium och magnesium i slagger från Hedenstorp jämfört med andra lokaler i landskapet. Linjerna och indelningen är hämtade från Buchwald och Wivel (1998).

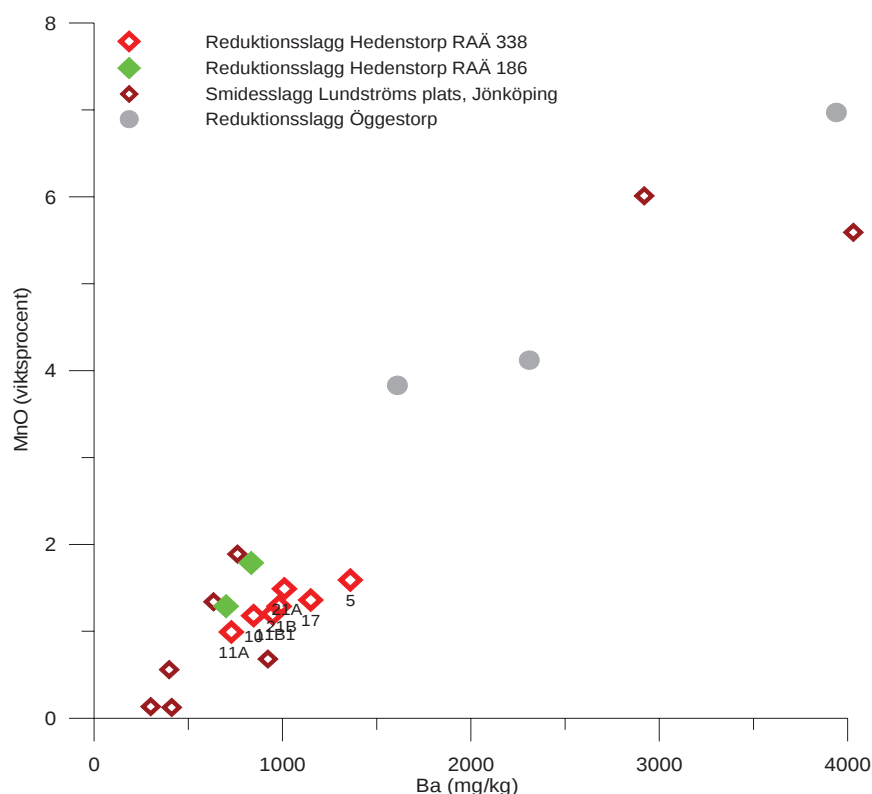
Aluminium, kalcium, kalium och magnesium

Andra huvudelement än järn och kisel, t.ex. aluminium, kalcium och kalium kan, som berördes tidigare, förekomma såväl i malmer som i ugnsväggar och bränsle och bidra med komponenter till slaggen. Bidraget från annat än malm bedöms ofta som marginellt. Dessa ämnen förekommer i de analyserade slaggerna i storleksordningen någon eller några viktprocent. Kalcium når som mest upp till drygt 6 % och aluminium till knappt 5 % i oxidform (se tabell 2). Liksom andra ämnen speglar dessa den lokala geologin där malmen har bildats och de följer med till slaggen och inte till metallen under järnframställningsprocessen. Det innebär att de skulle kunna fungera som markörer för olika lokaler eller regioner med olika geologiska förhållanden. Genom att analysera slaggar från flera nordiska länder och regioner har Buchwald och Wivel (1998) försökt göra en grov geografisk indelning av slaggar med hjälp av dessa ämnen. Buchwald och Wivel (1998) har kunnat urskilja två olika regioner i Danmark en för Sverige samt en för Sverige och Norge, genom att jämföra kvoterna $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ med $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$.

Med hjälp av dessa kvoter kan flera olika områden i Småland urskiljas. Några platser, i Kalmar län och kring Växjö, har mycket högre värden på kvoten $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}$ än övriga. De nu analyserade slaggerna från Hedenstorp har lägst kvoter av alla (Fig. 43). Slaggar från sydvästra Småland har något högre värden på båda kvoterna. Ytterligare högre värden, främst på proportionerna mellan Al_2O_3 och CaO har andra slaggar från området kring Jönköping. Smidesslaggerna från Lundströms Plats i Jönköping koncentrerar sig dock kring relativt höga värden på kvoten $\text{K}_2\text{O}/\text{MgO}$. Det senare beror främst på högre kaliumhalter. En första indikation kan vi därmed få att det är möjligt att separera dessa olika delområden från varandra. Det visar sig dock att de nu analyserade slaggerna faller inom den region som har värden som är karaktäristiska för östra Danmark enligt Buchwald och Wivel (1998). Sedan de gjorde sin indelning har dock en stor mängd analyser gjorts varför deras indelningar inte ska ses som en beständig indelning utan en riktlinje.

Mangan och relaterade spårämnen

Ämnen som vanligen, men inte alltid, förekommer i lägre halter i slaggar och som framförallt kan knytas till malmen är mangan, fosfor, magnesium och titan. Dessa förekommer i allt från någon tiondels viktprocent (som oxid) till någon eller några procent (jämför tabell 2). Mangan är dock ett undantag då det kan förekomma i betydligt högre halter i limonitiska malmer och därmed även i slaggerna på de manganrika platserna. Mangan kan också variera tämligen kraftigt på korta avstånd i en malmförekomst. Ett spårämne som i många fall har visat sig vara kopplat till mangan är barium, vilket vi återkommer till strax. Mangan är kemiskt sett också besläktat med järn och beter sig som järn vid transport och avsättning i malmer. Såväl mangan som magnesium och titan speglar huvudsakligen de bergarter som finns i regionen och som har gett upphov till de bildade lösa malmerna vilka har använts i järnframställningen.



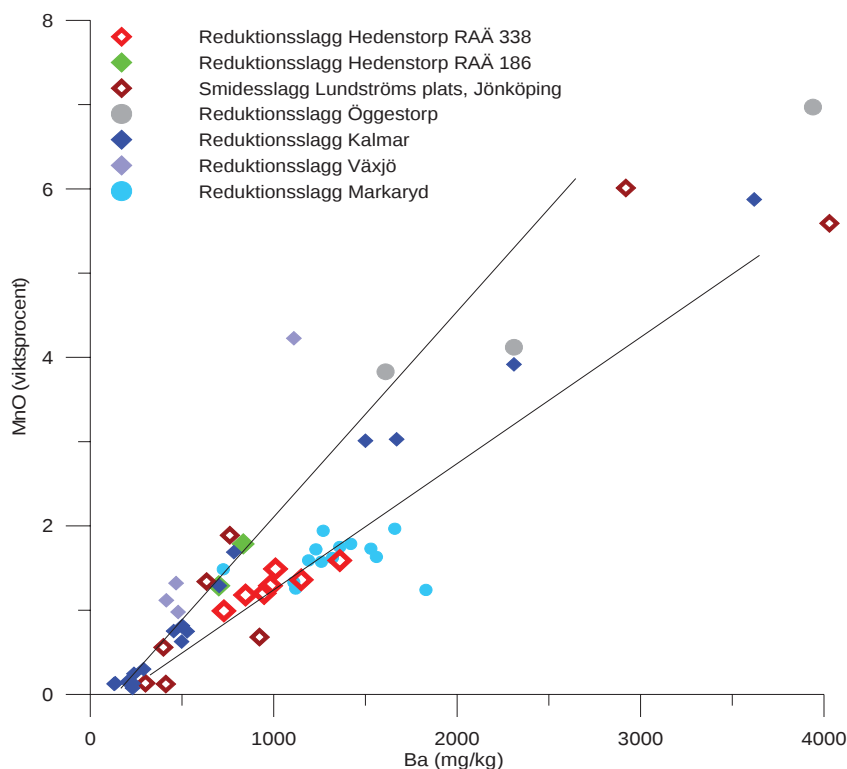
Figur 44. Jämförelse av slaggernas innehåll av barium och mangan. Båda ämnena är tämligen konstanta och låga i slaggerna från Hedenstorp jämfört med slaggerna från Lundströms Plats och Öggestorp (referenser i texten). Slaggerna från denna undersökning är markerade med provnummer.

Vi har huvudsakligen valt att presentera ämnena i absoluta halter och inte kvoter. Det innebär att om de är korrelerade med varandra så kommer en högre halt av ett ämne medföra en högre halt av det andra i diagrammet och man kan följa en linje genom flera punkter.

Manganhalten i slaggerna från Hedenstorp RAÄ 338 är tämligen konstanta och ligger på nivåer kring ca 1 % MnO (Tabell 2). Bariumhalterna varierar från ca 700 till 1400 mg/kg. I diagrammet (Fig. 44) där de båda ämnena jämförs ser vi att högre manganhalt förekommer i slaggar som också har högre bariumhalt. De båda slaggerna från Hedenstorp RAÄ 186 visar liknande bild, men med något lägre bariumhalt för samma manganhalt. Även de flesta smidesslaggerna från Lundströms Plats uppvisar samma mönster, men två av slaggerna där har betydligt högre manganhalt, kring 6 % MnO, och samtidigt också betydligt högre bariumhalt, upp mot ca 4000 mg/kg. Dessa värden påminner mer om de som har noterats för slaggar från äldre järnålder i Öggestorp sydöst om Jönköping. Om vi vidgar perspektivet ytterligare och inkluderar samma småländska slaggar som tidigare (Fig. 45) ser vi att de från Öggestorp och Lundströms Plats hör till de med de högsta halterna av båda ämnena medan flertalet av de övriga grupperar sig i närheten av slaggerna från Hedenstorp. Ett genomgående drag är därmed

att de båda ämnena samvarierar, men enligt diagrammet är denna variation inte identisk i alla områden. Det finns tendenser till att mangan och barium är korrelerade till varandra men att förhållandet mellan dem är olika i olika regioner. Som exempel framträder det i diagrammen att bariumhalten är högre i några regioners slaggar än i andras, men för samma, eller likartad manganhalt som i de andra regionernas slaggar. Vi har indikerat detta med några schematiska linjer, som dock inte är statistiskt beräknade. Där förefaller det som om bariumhalter ökar snabbare (linjen längre åt höger) i t.ex. slaggerna från Hedenstorp 338 och de från Markaryd i södra Småland än övriga slaggar. Slaggerna från Lundströms Plats visar en större spridning än många andra lokalers slaggar och definierar ingen lika tydlig gruppering.

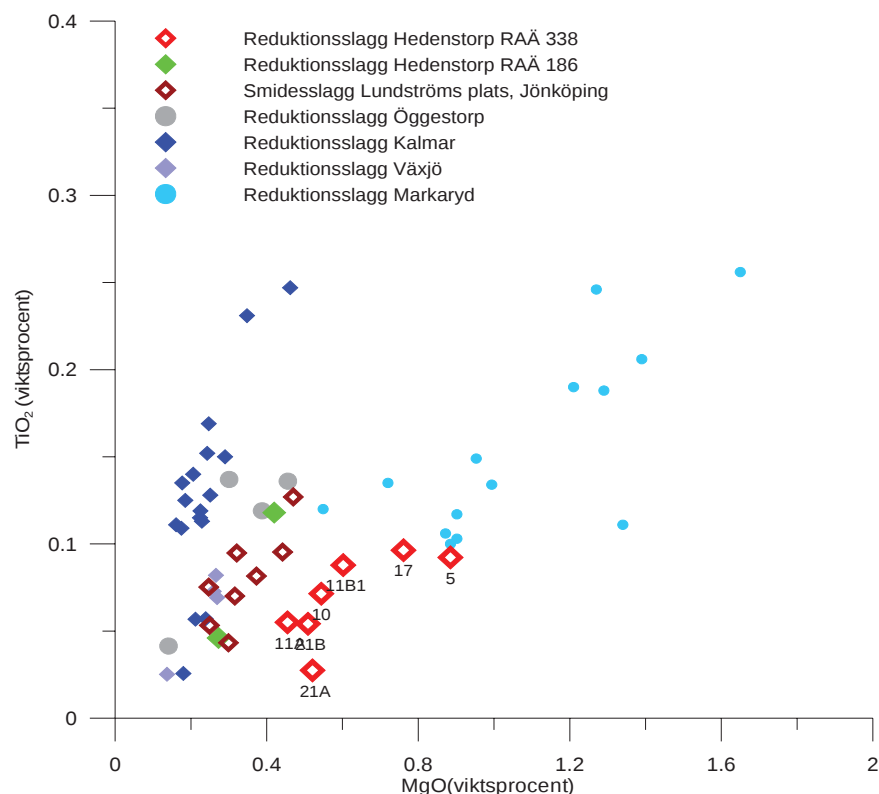
Inom gruppen av slaggar från Hedenstorp 338, som är tämligen enhetlig, finns dock även antydning till skillnad där de flesta slaggerna ligger på samma linjer men två av dem är förskjutna mot något högre bariumhalter. Dessa är slagg nr 17 som påträffades *in situ* i den södra ugnen och slagg nummer 5 som återfanns intill den norra ugnen. Prov 5, som var ena halvan av en bottenslagg med samma former som slaggen från norra ugnen ser morfologiskt ut att hör hemma i den ugnen, men kemiskt visar den större ett släktskap med slaggen i södra ugnen. Dessa båda slaggar uppvisar stora likheter även när det gäller en del andra ämnen.



Figur 45. Jämförelse av slaggernas innehåll av barium och mangan. Föregående diagram är utökat med referensdata (se texten). De båda ämnena samvarierar, men i olika proportioner på olika platser (antytt av de två linjerna) i landskapet.

Magnesium, titan och relaterade spårämnen

Två andra ämnen som vanligen förekommer i slagger är titan och magnesium. I slaggerna från Hedenstorp är halterna genomgående låga. I ett diagram (Fig. 46) kan vi dock tydligt se en ökande titanhalt samtidigt med en ökande magnesiumhalt. För prov 5 och 17 ser vi dock en något högre magnesiumhalt utan att titaninnehållet är nämnvärt högre. Om vi jämför med de två slaggerna från Hedenstorp RAÄ 186 och smidesslaggerna från Lundströms Plats visar de motsvarande förhållanden, men med en framträdande förskjutning mot lägre magnesiumhalter.



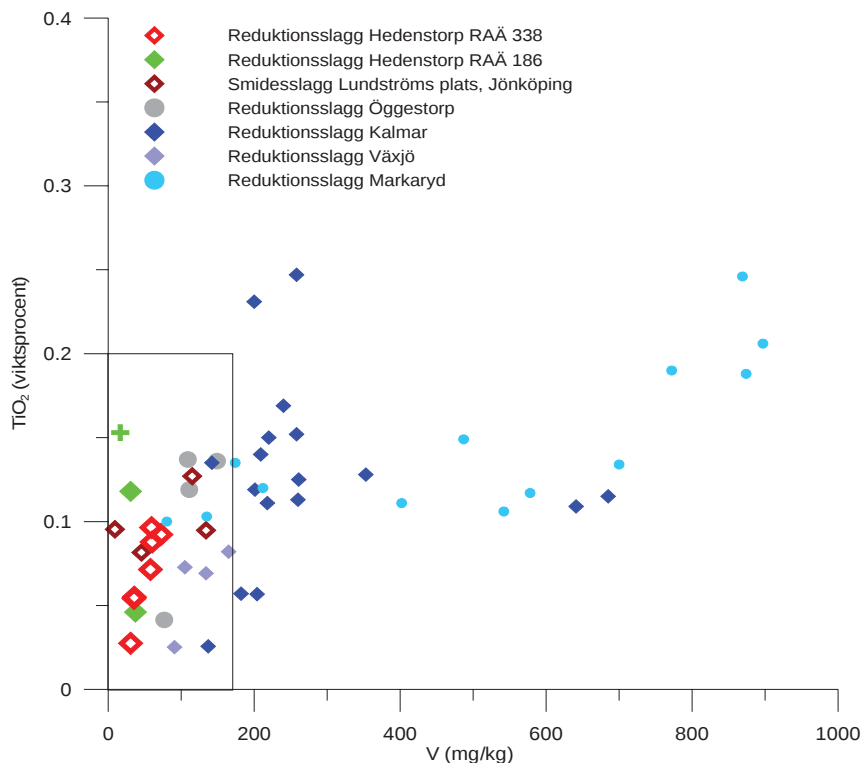
Figur 46. Jämförelse av slaggernas innehåll av magnesium och titan. Diagrammet visar tydligt en ökande titanhalt med en ökande magnesiumhalt, men med olika proportioner i olika regioner.

Även i ett större småländskt perspektiv ser vi ökande magnesiumhalter med ökande titanhalter, men med olika förhållanden mellan ämnena. Bland annat kan man se att slaggerna från södra Småland har en relativt sett högre magnesiumhalt, medan slaggerna från Kalmar län har en lägre magnesiumhalt för samma titanhalt.

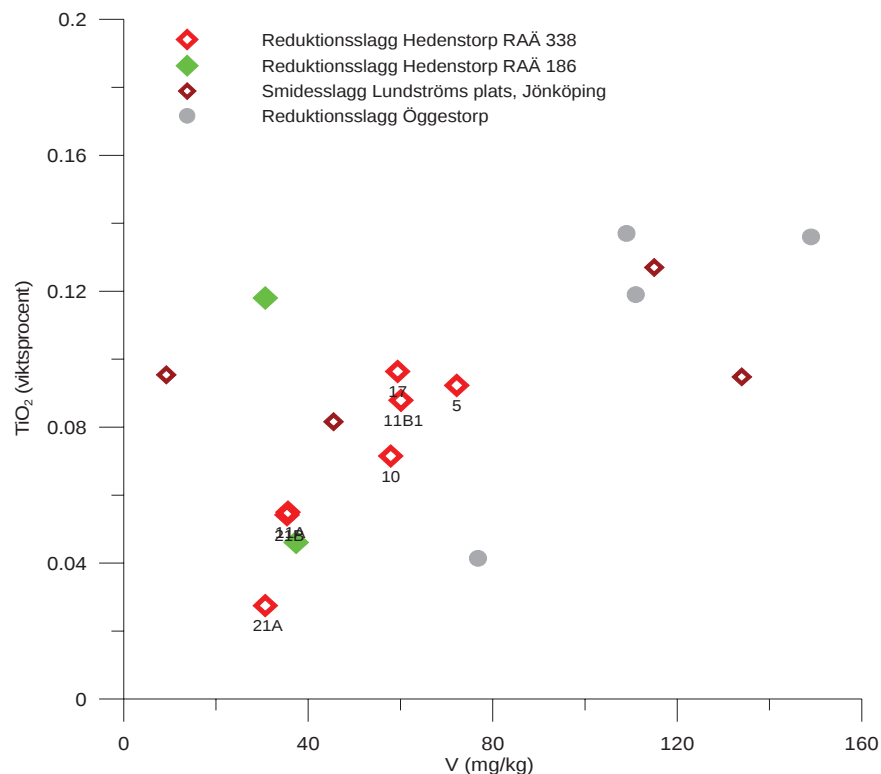
Såväl magnesium som titan är vanliga ämnen i basiska bergarter. I de tidigare analyserna av slagger från Markaryd i södra Småland noterades skillnader mellan slaggerna där några hade högre halter av flera ämnen som kan knytas till basiska bergarter medan andra slagger hade mindre innehåll av dessa. En slutsats från detta var att det fanns malmtäkter i flera tillrinningsområden där bergarterna i källområdena varierade i sammansättning (Forenius & Grandin 2005). Intressant nog ser vi en

skillnad mellan slaggerna från Hedenstorp i denna undersökning och den tidigare genomförda, även om de är små. Platserna ligger mycket nära varandra men det är möjligt att malmen har hämtats på två skilda platser, med olika ursprungsbergarter, trots att limonitmalmerna geografiskt ligger nära varandra. Det finns också en bergartsgräns i detta område. Den löper från nordnordväst till sydsydost i detta område. Denna gränsszon skulle kunna förklara en del av dessa skillnader.

Vi kan också utvärdera innehållet av spårämnet vanadin som vanligen följer med i samma bergartsmiljöer som titan och magnesium. Vi har redan nämnt att slaggerna från Markaryd uppvisar en del skillnader jämfört med övriga slaggar. För just vanadin är detta noterbart. Om vi studerar diagrammet där titan jämförs med vanadin framträder detta markant (Fig. 47). Några slaggar från Kalmar län har också vanadinhalter i samma storleksordning men i övrigt rör det sig om betydligt lägre halter. Vad som är intressant är att samtliga slaggar från Jönköpingsområdet, inklusive de nu analyserade är bland dem som har lägst innehåll av vanadin (Fig. 47–48). Dessutom kan vi notera att de två slaggerna (prov 5 och 17) som avvek med avseende på magnesium, uppvisar större likhet vad gäller vanadin. Med hjälp av förhållandena mellan titan och vanadin framträder därmed en möjlighet att spåra ursprung för olika produkter och deras slaggar.



Figur 47. Jämförelse av slaggernas innehåll av vanadin och titan. Samtliga slaggar från Jönköpingsområdet, inklusive de nu analyserade är bland dem som har lägst innehåll av vanadin i analyserade småländska slaggar. Resultaten i den markerade rutan urskiljs tydligare i följande diagram.

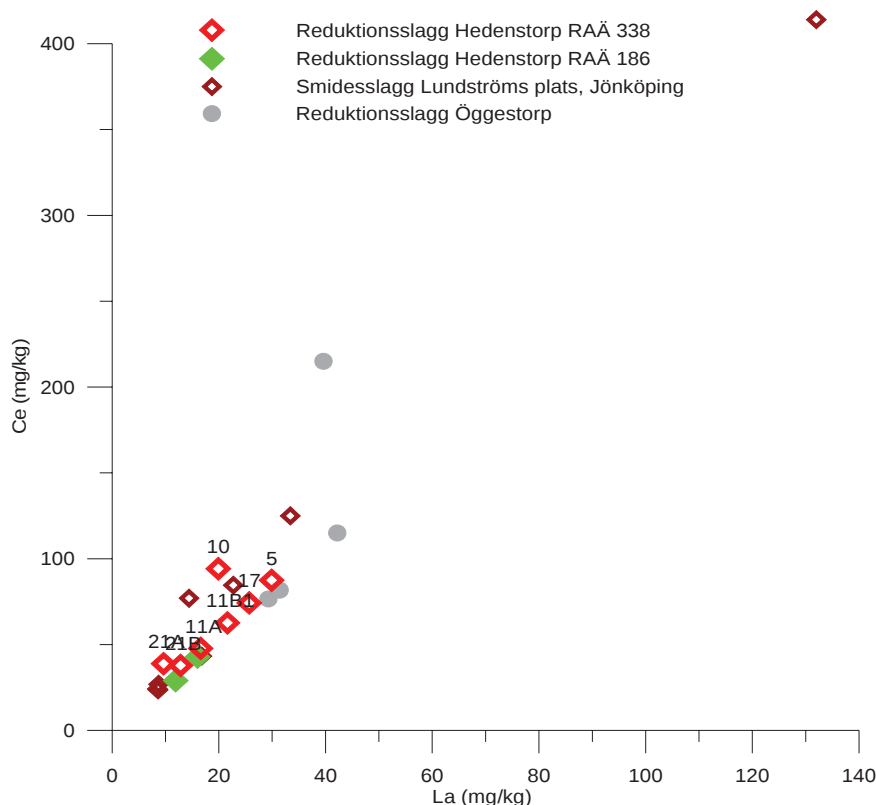


Figur 48. Detalj ur föregående diagram. Här kan vi notera att de två slaggerna (prov 5 och 17) som avvek med avseende på magnesium, uppvisar större likhet vad gäller vanadin.

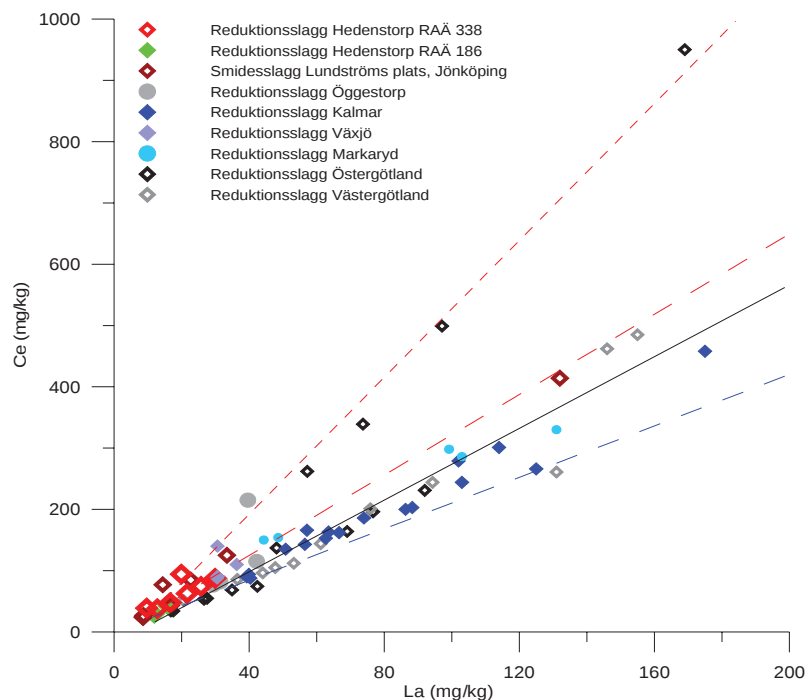
I slutet av 60- och början av 70-talet diskuterades intentioner att försöka proveniensbestämma järn (se t.ex. Thålin 1967). Några av de ämnen som man i pilotstudier hade noterat variera mellan olika delar av landet var kobolt och nickel. Dessa båda ämnen noterades i en kniv från Öggestorp (Grandin 2004) och även i slaggar från den närliggande järnframställningsplatsen (Grandin & Willim 2004). I de nu analyserade slaggerna är dock kobolthalten låg, så låg att den inte har kunnat detekteras, dvs. den förekommer inte halter över 6 mg/kg. Avsaknaden av kobolt är också intressant eftersom det kan vara en indikator för detta område. Kobolt är dock ett ämne som kan gå in i metallen under framställningen, men troligen inte fullständigt. Smidesslaggerna från Lundströms Plats innehåller kobolt, men i låga halter, liknande nivån i slaggar från Öggestorp. Kobolt är inte heller detekterat i andra småländska slaggar. Däremot förekommer krom i fler, bland annat i slaggar från Hedenstorp, Öggestorp och Lundströms Plats samt de från Kalmar län. Men om vi jämför och krom- och nickelinnehållet visar det sig att det endast är i slaggar från Hedenstorp, Lundströms Plats och Öggestorp, av samtliga analyserade småländska slaggar som båda dessa har detekterats.

Sällsynta jordartsmetaller

Andra ämnen som förekommer i slaggerna är de sällsynta jordartsmetallerna (lantan (La) till lutetium (Lu)). De förekommer i låga halter och har, sannolikt, ingen effekt på processen eller resultatet, men är användbara ur ett annat perspektiv. De sällsynta jordartsmetallerna följer varandra som grupp och har därmed förväntad inbördes positiv korrelation, och är knutna till olika geologiska miljöer. Några ämnen kan dock vara anrikade, eller urlakade, i förhållande till de andra. Detta gäller bland annat cerium (Ce) som då sägs visa en positiv eller negativ anomali jämfört med övriga. Likaså kan relationen mellan gruppen av tyngre (med högre atomnummer, Ga-Lu, HREE) respektive lättare jordartsmetaller (med lägre atomnummer, La-Sm, LREE) spegla skillnader i anrikning och urlakning i bildningsmiljö. Dessa proportioner ärvs också av slaggerna i järnframställningsprocessen.



Figur 49. Jämförelse av slaggernas innehåll av de sällsynta jordartsmetallerna lantan och cerium. De flesta slaggerna är väl samlade kring låga värden för båda ämnena förutom en slagg vardera från Öggestorp och Lundströms Plats. De flesta slaggar förefaller formera sig längs en tänkt linje från origo mot ökande halter på både cerium och lantan. En av slaggerna (möjligen två) från Hedenstorp och två från Lundströms Plats hamnar något utanför denna linje mot förhöjda ceriumhalter (se nästa diagram).



Figur 50. Föregående diagram har utökats med referensdata från Småland, Östergötland och Västergötland (GALs databas). Den svarta linjen visar schematiskt slaggar som saknar eller har liten cerumanomali. Den blå markerar slaggar med liten negativ cerumanomali, medan de röda visar liten respektive mer markant cerumanomali. Den senare linjen indikerar tydligt en betydligt brantare lutning på linjen, dvs. mot förhöjda ceriumhalter där två av slaggerna från Hedenstorp RAÄ 338 passar in.

När man inledningsvis betraktar diagrammet där cerium jämförs med lantan för slaggerna från den nu genomförda undersökningen och den tidigare i Hedenstorp, slaggerna från Öggestorp samt smidesslaggerna från Lundströms Plats förefaller det som om de flesta är väl samlade kring låga värden för båda ämnena förutom en slagg vardera från Öggestorp och Lundströms Plats (Fig. 49). Om man zoomar in mot de lägre värdena förefaller de flesta slaggar formera sig längs en tänkt linje från origo mot ökande halter på både cerium och lantan. En av slaggerna (möjligen två) från Hedenstorp och två från Lundströms Plats hamnar något utanför denna linje mot förhöjda ceriumhalter. Genom att utöka studien med resultat från de andra småländska järnframställningsplatserna som huvudsakligen har visat sig ha ingen eller något positiv cerumanomali, kan vi förlänga den tänkta linjen mot dessa resultat som mestadels har högre absoluta halter av de båda sällsynta jordartsmetallerna. För att ytterligare illustrera de olika cerumanomalierna har vi inkluderat slaggar från Östergötland där en lokal uppvisade mycket markanta positiva cerumanomalier i några slaggar och endast svaga anomalier i andra. Dessa slaggar indikerar tydligt en betydligt brantare lutning på linjen, dvs. mot förhöjda ceriumhalter. Även slaggar från Västergötland har använts som

jämförelsematerial. På en stor järnframställningsplats i Ledsjö socken med minst 75 blästugnar uppvisade de flesta slagger ingen anomali men två hade en svagt positiv anomali och en svagt negativ anomali. Båda dessa grupper framträder i diagrammet (Fig. 50). De två som är svagt positiva medför en liten förskjutning mot högre ceriumhalter, men inte i samma storleksordning som slaggerna från Östergötland. Denna linje, för mindre markant positiv anomali, stämmer också bättre in på de flesta slaggerna från Hedenstorp, medan de från Öggestorp har bättre anpassning till dem utan ceriumanomali.

De slagger som har en positiv ceriumanomali tillhör också de som är något anrikade på lätta (LREE, La-Sm) jämfört med tunga (HREE, Ga-Lu) sällsynta jordartsmetaller. Olika proportioner mellan LREE och HREE speglar också bergarter med olika ursprung vilket skulle kunna bero på att de aktuella platserna befinner sig i områden med olika bergarter. Olika bergarter med olika ursprung kan dock ha haft samma avrinningsområde och blandats och avsatts i samma malmbildningsmiljö. Malm från flera delar i samma malmtäkt kan därmed ha använts under en körning.

Enhetligt och varierat

Som vi noterade inledningsvis för de kemiska analysresultaten kan man få en bild av att det finns en spridning i slaggernas sammansättning på den nu undersökta järnframställningsplatsen. Och det stämmer om vi betraktar en begränsad skala med enbart dessa slagger där några är mer lika varandra än andra med avseende på såväl huvud- som spårelement. Bland annat är bottenlaggen prov 5 mer lik slaggen i södra ugnen än i notera som den låg närmare och som den är mer morfologiskt överensstämmande med. Dessutom finns det stora likheter mellan en slagg från varpet, prov 21B med bottenlaggen i den norra ugnen, samtidigt som slaggen från tapprännan alldeles utanför avviker något mer från bottenlaggen. Det vill säga en skillnad trots att de påträffades *in situ*, intill varandra. Här kunde vi dock notera att det förefaller som om slaggen som har tappats ut har tagits bort efter hand varför det kan ha funnits slagger i varpet från samma körning i ugnen. De små skillnader som finns visar också att processen inte är fullständigt homogen eller körs på en malm som är exakt likadan genom hela processen. Små skillnader finns, men som vi noterade när vi jämförde med andra järnframställningsplatser i olika regioner av Småland, så är Hedenstorp RAÅ 338 väl samlad kemiskt sett i relation till de andra.

En av frågorna var att se om järnet som smiddes i Jönköping under andra halvan av 1200-talet var tillverkat i Hedenstorp, eller dess närhet. Flera av slaggerna från Lundströms Plats i Jönköping, som alla är smidesslagger, visar stora likheter med slagger från Hedenstorp. Det finns dock två slagger från Lundströms Plats som inte har någon motsvarighet i vare sig de nu analyserade slaggerna från Hedenstorp eller de som undersöktes från den närliggande RAÅ 186. Det innebär att det finns en möjlighet att järnet från Hedenstorp har gått till Jönköping, men att det också levererades dit från ytterligare andra platser som vi idag inte känner till.

Sammanfattning och tolkning av resultaten

Efter okulär genomgång och specialregistrering av de 38 prover som valts ut för GALs och KFLs analyser kunde några olika grupper av material urskiljas och definieras. Bland dessa finns naturligtvis slaggar, som i sin tur kan indelas i bottenslaggar och tappslager. Lera förekommer som tydliga ugnsväggar, i lerprover och mer osäkra bildningar tillsammans med slagg. Dessutom finns stenar liksom finkornigt material från olika kontexter. Därtill finns de magnetiska rostiga, järnrika klumparna som är koncentrerade i undersökningsområdets södra delar, kring södra varpet. Nedan följer en sammanställning av det som kommit fram vid de olika analyserna av dessa grupper av material, integrerat med en tolkning av resultaten.

Bottenslaggar

Slaggernas form och storlek

Bland bottenslaggerna finns de i princip hela slaggerna som påträffades *in situ* i respektive ugn. Ingen av dessa två, prov 11 och prov 17, har dock fyllt ut hela ugnsutrymmet i plan. Det finns ytterligare bottenslaggar med snarlik storlek och form. En sådan är prov 4 och 5 som utgör varsin halva av samma bottenslagg. Denna är mycket lik prov 11 från den norra ugnen i fråga om form i plan och storlek (se fig. 3). Med tanke på den likartade formen och fyndplatsen för prov 4 och 5 är det sannolikt att dessa har bildats i samma ugn som bottenslaggen 11 som dessutom är spegelvänd jämfört med bottenslaggen 17 från den andra ugnen. Den är spegelvänd på så sätt att tappningen inte har skett centralt från bottenslaggen utan något förskjutet åt varsina håll i de två ugnarna. Bottenslaggar förekommer också i prov 21 och 23. Dessa är visserligen mer fragmentariska men största måttet överskrider inte någon av de helare slaggerna utan kan passa in i någon av ugnarna.

Alla bottenslaggar är tämligen tunna, och jämntjocka. De varierar något i tjocklek från 20–50 mm. Prov 11, 4+5 samt 17 är svagt skålformade och därmed tunnare i kanterna medan 21 och 23 har planare botten- och överyta.

I prov 21 och 23 finns rikligt med kolavtryck, framförallt i prov 21 där också kolrester finns. Enstaka kolrester finns också i botten av prov 11 från norra ugnen.

Det tydliga sandskikt som finns fastsmält i botten på prov 11 och prov 17 saknas på de andra.

Slaggernas komplexa uppbyggnad

Bland dessa bottenslaggar har vi genomfört ytterligare analyser på slaggen från den norra ugnen (prov 11B1 och 11B2) slaggen från den södra ugnen (prov 17) samt prov 5 och 21B som påträffats intill ugnarna respektive i varpet. De två som fanns kvar *in situ* i ugnarna är båda mycket komplext uppbyggda. Från prov 11 (t.ex. Fig. 17) i den norra ugnen var det till och med svårt att hitta ett snitt som var lämpligt för kemiska analyser utan att få med sådant som sannolikt inte har haft med processen att göra, åtminstone inte kemiskt, utan blandats in i ett sent,

eller sekundärt, skede. Det förefaller som om flera portioner av slagg har samlats i botten av ugnen och inte riktigt stelnat, men ändå inte blandats med varandra mer än på några mikrometers avstånd. Slutligen har dock hela slaggen stelnat samtidigt. Kvartskornen i botten är tydliga indikatorer på underlaget i ugnsbotten, men de som förekommer mer eller mindre insmälta i slaggen är svårare att förklara. Här kan man fundera kring om sanden också har haft någon funktion i processen, men i ett skede där den inte har smält och helt blandats med slaggen.

I slaggen från den södra ugnen, prov 17, är denna heterogena uppbyggnad ännu mer markant då denna slagg dessutom är tjockare och innehåller fler upprepningar av växelvis slagg och annat material (fig. 28–29). Slaggen speglar också varierande tillgång på syre med tidvis så stor tillgång på syre att mineralet magnetit har bildats, vilket vanligen sker utanför ugnen i kontakt med den omgivande luften som t.ex. i tappslaggen. Möjligen har denna slagg växt till under flera körningar och har blivit liggande kvar utan utrensning. Men sådant finns det inga tecken på i form av kylda kontakter eller liknande. Alternativt kan den lagermässiga uppbyggnaden med syretillgång mitt i slaggen säga något om hur slaggtappningen gick till. Vi kan tänka oss att tapphållet var igensatt under stora delar av processen, på motsvarande sätt som i senare tiders masugnar. När det har blivit dags för tappning har hålet öppnats och slaggen runnit ut, samtidigt som det kunnat tillföras syre och bilda magnetit i slaggen. Eventuellt har hålet sedan täppts till igen och processen fortsatt för att sedan öppna tapphållet igen och tappa ut mer slagg. En tredje möjlighet som kan diskuteras är relaterad till var blästerhålet har varit. Eventuellt har smeden vid något tillfälle ökat blästern för att styra processen och i samband med detta kan det ha påverkat syretillgången i slagguppsamlingsutrymmet i botten.

De båda senare alternativen kan dock inte förklara varför det finns mer eller mindre osmälta kvartskorn inblandade i slaggen. Det förefaller orimligt att dessa kvartskorn har varit en del av malmen som varit sandblandad och att kvartskornen har gått mer eller mindre opåverkade ner genom ugnen samtidigt som malmen har reducerats. En eventuell tillsats sent under processen för att få slaggen att rinna ut bättre förefaller svår att göra uppifrån, genom en packe av kol och den bildade järnluppen utan måste ha skett från sidan, dvs. genom tapphållet. Detta verkar inte heller som en trolig förklaring. Liknande heterogenitet i bottenslaggen noterades även i en tidigare undersökning från den närliggande järnframställningsplatsen RAÄ 186 (Englund & Grandin 2002), utan att någon klarläggande förklaring kunde finnas. Med flera slagger av liknande typ är det dock troligt att detta är normalt i processen och inte ett enstaka olycksfall i arbetet som antydde i den tidigare undersökningen. Det är rimligare att sanden som är inlagrad i bottenslaggen kommer från de tillfällen då ugnen har öppnats för att slaggen skulle tappas ur. Vid detta tillfälle har sand sannolikt slängts på slaggen som rann ut i rännan (Se kommande stycken om tappslaggen) och sand har också hamnat inne i ugnens bottendelar, på slaggen som fanns kvar. Inslag av större stenar skulle kunna härröra från material som använts för att täppa till tapphållet vilket i så fall ytterligare visar en upprepad öppning och slaggtappning.

Homogena bottenslagger

Komplexa bottenslagger har dock inte alltid varit resultatet, vilket vi ser i prov 5, som är den ena halvan av bottenslaggen i två delar som påträffades intill ugnarna. Prov 5 är istället homogent uppbyggd (Fig. 5). Den har visserligen sand i botten från underlaget men i övrigt är den mycket enhetlig och endast små skillnader i slaggens sammansättning kan ses nerifrån och uppåt. Trots den morfologiska likheten med bottenslaggen prov 11B, ser vi här en strukturellt annorlunda slagg.

Även prov 21A, från slagggvarpet, som definierats som en bottenslagg är homogen i sin uppbyggnad (Fig. 32). Den avviker dock på i stort sett alla andra punkter från såväl prov 5 som prov 11B och 17. Prov 21A är mycket porös, har många inneslutna kolstycken, saknar sandig bottenyta, har plan snarare än skålformad botten och innehåller nästan bara wüstit, dvs. det totala järninnehållet är extremt högt. Liknande sammansättning finns snarare i några små klumpar från den rostfärgade koncentrationen söder om ugnarna. Att bottenslagger är järnrikare än tappslagger är rimligt då den högre andelen järn gör dem mer trögflutna och man får en separation av den mest lättflutna delen, men slaggen i prov 21A är så järnrik att en fortsatt reduktion kunde ha skapat metalliskt järn. Möjligen har denna slagg bildats i närheten av luppen, men har befunnit sig utanför de osynliga gränserna i ugnen där reduktionen till metall ägde rum.

Tappslagger

Tappslagger från tappränna

Flera exempel på tappslagger finns bland proverna. En del är fragmentariska på så sätt att de är korta bitar med mestadels bevarad bredd och tjocklek (Fig. 7). Med hjälp av slaggerna är det därmed inte möjligt att få någon uppfattning hur långt de har runnit från ugnen. Det framgår tydligare från observationerna i fält. Däremot kan vi få en bild av hur rännan har växlat i bredd och djup. Tappslaggen är flutna till sin struktur och i många fall är det större slagglöden som har fyllt upp hela rännans bredd. I andra har flera tunnare slagglöden successivt överlagrat varandra. I de brottytor som finns, som mestadels är tvärsnitt, framträder slagger med homogen sammansättning, vanligen fattiga på hålrum och om sådana förekommer är de koncentrerade till ytterkanterna. Ett tydligt gemensamt drag för i princip alla dessa är att de har en undersida där sandigt-grusigt material har smält fast i ett tunt skikt (Fig. 12). I något fall finns sand också sporadiskt på överytan (Fig. 11). Denna sand har smeden troligen slängt på den heta framforsande slaggen för att kontrollera avkylningen och få den mer hanterbar.

Med hjälp av bredd och tjocklek på slaggerna ser vi inte enbart hur bredd och djup på rännan varierar, utan även hur branta eller flacka väggarna i rännan är. Några slagger som är längre visar att det inte alltid är en successiv minskning av bredden med avstånd från ugnen utan slaggen kan gå från en smal sträng till en bredare för att därefter smalna av igen. Detta leder vidare till frågan om hur bestående rännan var. Möjligen var den väl markerad nära ugnen för att styra slaggen på rätt spår, men på större avstånd fick slaggen rinna mer fritt och formades av sandens underlag.

Den största bredd som har observerats med hjälp av slaggerna är 100 mm. Detta är uppmätt i prov 21 från norra varpet med ett djup på 25 mm. Samma tjocklek har en slagg från prov 6 med en bredd på 80 mm. En annan slagg i prov 6 är smalare, 50 mm men tjockare 35–40 mm, vilket motsvarar tjockleken i prov 10, med en bredd på 60 mm, som påträffades *in situ* vid den norra ugnen.

Hur slaggtapningen gick till

Ett fåtal av tappslaggen har vi undersökt mer detaljerat i mikroskop. I tvärsnitt som täcker såväl botten- som överyta och mestadels även sidorna är det möjligt att se hur slaggen har runnit ut, tappats, som ett större flöde i rännan och som inledningsvis har stelnat först i botten och längs kanterna vilka har kylt slaggen. I mer centrala delar har slaggen stelnat långsammare och kristallerna har där växt sig större. Närmast överytan har slaggen också stelnat snabbare och bildat ett tunt skinn av magnetit i direkt kontakt med luftens syre (prov 10 och 21B, fig. 35). Magnetitskinnet har varit segt och delvis följt med slaggen när den rann vidare i rännan under den stelnade ytan och skinnet har delvis veckats något. Detta syns i t.ex. prov 21B. På flera av dessa tappslagger finns också sand på överytan, vilket man ser både med blotta ögat och tydligt i mikroskop där kvartskornen delvis har smält in i slaggen, som i prov 10, men i andra fall endast fäst på överytan som i prov 21B. Denna sand förefaller inte enbart vara sekundärt inrasad sand från rännan utan den verkar täcka stora delar av ytan och kan ha strötts över slaggen för att kontrollera avkylning och borttagning av slaggen från rännan för att ny slagg skulle kunna rinna ut. Prov 11A kan möjligen också räknas till tappslaggen. Provet kommer från övergången mellan bottenslaggen 11B i den norra ugnen och tappslaggen, prov 10, i rännan utanför (Fig. 14–15 och 18). Prov 11A ser i mikroskala ut som prov 10, men saknar det tunna skiktet av magnetit, vilket också är förväntat om slaggen har stelnat inne i ugnsutrymmet där det har rått mer reducerande förhållanden.

Dessa tre slaggar har också likartad uppbyggnad vad gäller mineralinnehåll och består av olivinlameller, dendritisk wüstit och en glasfas. Proportionerna mellan dem är tämligen likartade vilket också tydligt återspeglas i de totalkemiska analysresultaten (Tabell 2) där just dessa tre är de som är mest lika varandra när det gäller innehåll av järn och kisel men även ämnen som kalcium, kalium och aluminium. Prov 11A och 21B är till och med extremt lika varandra vad gäller järn- och kiselhalter. Med tanke på att 11A och 10 återfanns *in situ* intill varandra är det inte märkligt att dessa är lika, mer intressant att även 21B har samma innehåll av huvudämnen. Betyder det att 21B, som påträffades i varpet, kommer från samma körning? Eller har processen varit reproducerbar? För att ytterligare undersöka det tog vi hjälp även av spårämnen i slaggerna som också påvisade en stor överensstämmelse. Vi ska också komma ihåg att det i prov 11A fanns två separata ”tappar” och att den vi valde för analys inte hade direkt fortsättning till tappslaggen, prov 10, i rännan (Fig. 18). Det senare kan förklara varför dessa båda inte är identiska, utan endast lika, då det är fullt normalt att slaggen varierar i sammansättning under processens gång. För att återknyta till frågan om

21B kommer från tappning i den norra ugnen som rensats bort från rännan i ett skede innan prov 10 formades, förefaller det närmast osannolikt att vi skulle ha råkat välja just den slagg som har sin förlängning från tappkanalen i prov 11A! Men, slaggerna som grupp visar en tämligen homogen sammansättning i ett större perspektiv varför variationen totalt sett inte är så stor.

Stenar i ugnskonstruktionen

Enligt ritningar från uppdragsgivaren finns stenar som en viktig komponent i ugnsväggarnas uppbyggnad. Två av dem har också lämnat avtryck i en av de större ugnsväggsbitarna av lera från den norra ugnen, prov 8 (F2480). Dessa två avtryck antyder att det har varit naturligt rundslipade stenar, som mest ca 30 mm stora. Enligt planer och foton som tillhandahållits av uppdragsgivaren förekommer liknande, och större, stenar runt hela ugnsschaktet i plan, förutom på den sida där slaggtappningen har skett. På ömse sidor om slaggtappningssidan förekommer istället större sammanhållna lerfragment (som dock saknas i övriga delar av ugnen). Ingen av dessa stenar har undersökts av GAL.

Däremot finns en större flat sten med i provmaterialet. Det är prov 9 (F2534) som var ställd på högkant utanför lerväggarna, intill slaggtappningssidan. Stenen mäter 210×150×15–35 mm och har en tydlig planstruktur som är parallell med dess största sida. Samma värmefåliga skiffriga bergart återfinns i flera mindre bitar i andra prov, bland annat i prov 2 och prov 23 från norra varpet. I det senare finns ett ca 1 mm tjockt slaggsikt fastsmält på en sida. Detta prov bör därmed komma från en annan sten än den i prov 9 som inte har varit i direktkontakt med ugnens slagg, men visar att det förekommit områden i ugnen som inte varit lerbodrade utan innehållit sten i inre delar.

Funktionen för stenen i prov 9 och de mer rikligt förekommande runda stenarna kan diskuteras. De runda formar en stomme, en struktur, för formen på ugnspipan. Den enskilda stenen förefaller mer agera som en ”portalsten”, vid sidan där ugnens rundare former övergår till en planare öppningssida. Det senare antyds också på en av de större lerbitarna som utgjort del av ugnsväggen, prov 13, där en kraftigare omböjning markerar övergång från en rundad del till en planare, mot slaggtappningssidan.

Lera

Leran i väggarna har undersökts och diskuterats av Ole Stilborg vid KFL (se bilaga 2) och de detaljerade analysresultaten återfinns där. En del av dem har integrerats i följande diskussion och tolkning. Ett urval av prover gjordes ur flera grupper av material från de båda ugnarna och varpet. En del är från ugnsväggar *in situ*, andra från sekundära positioner där ursprunglig plats kan diskuteras med hjälp av temperaturpåverkan och om upphettningen skett i en syrerik eller syrefattig miljö.

Redan vid specialregistreringen kunde några varianter av lera urskiljas. De största proven, ugnsväggarna som fanns kvar vid ugnarna, prov 7, 8 och 13 innehåller förutom lera ett stort inslag av grövre

fraktioner, även småsten. Liknande gods finns i några andra mindre fragment. Såväl rödbränd som gråbränd lera finns bland dem.

Grov lera i ugnsvägg

Gråbränd lera, med inslag av grövre material som stenar finns också i prov 1, 6 och 24 i fragment som är betydligt tunnare än prov 7, 8 och 13. I de tunnare fragmenten, med tunt slaggsikt på insidan, finns i flera fall också tecken på svag välvning som antyder en innerdiameter på ugnen på ca 600 mm. Denna storlek återkommer bland flera fragment men överensstämmer ej med slaggernas mindre storlek eller med uppmätningar gjorda i fält av ugnstresterna och som också visar betydligt mindre innermått. Detta är ett intressant resultat i ett större perspektiv eftersom ugnsväggar vanligen används för att tolka ugnens storlek när ugnstresten inte har påträffats. Här kan formen på ugnen vara av betydelse för tolkningen. De fragment som vi har undersökt är del av en i plan oval konstruktion och kurvaturen hos en mindre bit kan därmed resultera i en större diameter om man tolkar ugnen som cirkulär.

De tre större ugnsväggsfragmenten som har undersökts (2, 8 och 13) består av samma typ av grova osorterade lera (se bilaga 2). De två från ugnarna (prov 8 från norra och prov 13 från södra ugnen) har också likartad värmepåverkan. Vad som skiljer dem åt är att prov 8 är bränd under mer reducerande förhållanden än prov 13. Detta speglar delvis varifrån i ugnen proven kommer. Prov 8 är från ca 10 cm in i ugnen medan prov 13 är från en position nära ugnens slaggtappningssida där syretillgången har varit större. Det är därmed snarare positionen i ugnen som ger skillnaden än att det skulle vara någon skillnad mellan de båda ugnarna.

Vare sig okulärt eller i analyserna har vi kunnat observera några tecken som tyder på att ugnarna har fått skador eller reparerats.

Finare lera i andra konstruktionsdetaljer

Lerfragment utan inslag av grövre fraktioner finns i prov 12, 16, 18, 19, 20 och 22. I dessa är leran huvudsakligen rödbränd. Fragmenten har genomgående ett tämligen tunt lerskikt och leran är fastsmält mot slagg. Ett exemplar från prov 16 och prov 22 har analyserats av KFL (se bilaga 2). Slaggen på leran är tät, gråsvart och mestadels starkt magnetisk. Den kraftiga magnetismen kan innebära antingen att slaggen innehåller metalliskt järn eller mineralet magnetit. Om metalliskt järn förekommer är slaggen vanligtvis mer rostbrun, vilket leder till tolkningen att det är magnetit som förekommer. Detta mineral innehåller järn och syre och dess bildning gynnas av riklig tillgång på syre. Magnetit är närbesläktat med wüstit, som också innehåller järn och syre men som gynnas av mer reducerande förhållanden som råder inne i ugnen. Förekomsten av magnetit speglar därmed en god tillgång på syre vilket vi kan förvänta oss i närheten av blästeringången och vid öppningen för slaggtappning. Upphettning vid oxiderande förhållanden framgår också av den rödbrända leran och syns tydligt i resultaten från den keramiska analysen, speciellt åskådliggjort för prov 22. Leran i prov 22 har utsatts för en hög, men kortvarig värme i en miljö med god tillgång på syre (bilaga 2). En

tolkning (bilaga 2) av de keramiska analyserna av detta prov var att det är möjligt att leran funnits som fodring i tappprännen. I en sådan position skulle man förvänta sig oxiderande förhållanden och att den varma slaggen har runnit ut och påverkat underlaget. Men, detta har inte stöd i annat material. Visserligen finns den tunna hinnan av slagg som stelnat i oxiderande miljö på leran, men i materialet i övrigt finns det inga tappslaggar som har beläggning av lera. Tappslaggen har i de allra flesta fall istället en beläggning av sand, som vi har behandlat tidigare. En tanke som presenterades (bilaga 2) var att lerfragmenten med tunt slaggsikt kom från området närmast ugnen, där tappprännen börjar. Inte heller detta kan stödjas i det andra materialet där bottenlaggen har sandig botten som kontinuerligt övergår i tappslaggen (se t.ex. prov 11 och 10).

Detta leder över till möjligheten att denna lertyp har använts i anslutning till blästerhålet istället för till tapphålet, men om öppningarna för slaggtappning och blästerluft fanns nära eller på större avstånd från varandra har inte varit möjligt att fastställa med hjälp av det bevarade materialet. Man kan också förvänta sig likartad syretillgång i de båda öppningarna. Dimensionen på blästermunstyckena från den tidigare genomförda undersökningen av Hedenstorp 1:3 RAÅ 186 i Sanderyds sn (Englund & Grandin 2002), är likartad med de mer fragmentariska och osäkra fragmenten från denna undersökning, t.ex. prov 18 och 22, med svag kurvatur. Möjligen kan denna kunskap leda till tolkning om att prov 18 och 22, och även en del av de andra med likartat material är från blästeringång, eller väggen intill denna. Dock kan det inte göras någon tolkning om att det skulle röra sig om trattformade munstycken eller med utskjutande pip som i föregående undersökning. För detta saknas information i fragmenten. Dock leder det till en tolkning om att blästermunstycken är rimliga för dessa leror med slaggsikt.

Det finns dock skillnader i fråga om tjocklek på slaggsikten. Prov 12, 16 och 18 har huvudsakligen ett betydligt tjockare slagglager än prov 19, 20 och 22. Om detta beror på placering i höjddled, och/eller sidled, i samma ugn vid samma tillfälle eller om de resulterar från varsina ugnar med något varierande slaggsammansmältning är svårt att avgöra. Prov 12 och 16, med passform, har dock suttit tillsammans.

Ytterligare typer av lera

Ytterligare lermaterial finns i de lerprover som samlades in i olika lager av den norra ugnen under utgrävningen. Inget av dem innehåller några sammanhängande lerfragment utan utgörs av finkornig lera med sandigt inslag. I de flesta fall är materialet rött. Keramiska analyser (bilaga 2) av ett av proven, prov 36 från lager 14, visar att det har varit upphettat till 500 grader, dvs. betydligt lägre än leran i väggfragmenten 8 och 13 och det finkornigare lerfragmentet i prov 22. Diskussioner har förts kring om leran har ett naturligt inslag av sand eller om detta är tillsatt. Vidare kan vi diskutera kring om leran tidigare har varit del av en fast ugnsvägg, som har vittrat på grund av sin låga bränningsgrad och förflyttats neråt i konstruktionen eller om den aldrig har varit en större sammanhållen del utan utgjort fyllningsmaterial mellan en yttre och inre krans. Det senare

kan vara troligt med tanke på att leran, på grund av det stora sandinslaget är ganska svår att forma. Ännu sämre formbarhet har ett annat prov, nr 37 från lager 17, som inte analyserades ytterligare. Enligt uppgift från Jönköpings läns museum fanns leran i lager 14 under de båda ugnsväggsbitarna som fanns *in situ* i den norra ugnen (nr 7 och 8) medan lager nr 17 låg på nivåer över bottenslaggen, och tolkades i fält som inrasad ugnsvägg. Med tanke på läget för lager 14 under de större ugnsväggsbitarna skulle det vara rimligt med båda de alternativa tolkningarna. Det vill säga att lera lagts som en del av konstruktionen i botten och större bitar har formats över den, likaväl som att lera som använts på högre nivå mellan stenkransarna sipprat ner. För det likartade lerprovet från lager 17 från en högre nivå skulle likartade alternativ vara rimliga men det förutsätter att stenar har ingått även på en högre nivå än vad som fanns bevarat för att lera ska ha kunnat placeras mellan dem.

Magnetiska klumpar med järn och slagg

Rostbruna starkt magnetiska klumpar fanns koncentrerade kring A2244 och ett urval av dessa samlades in från delar av anläggningen. De flesta är några centimeter stora som mest, men mindre förekommer också. Flertalet är sannolikt hela och har varit oregelbundna i formen. Sådana finns i prov 25, 27 och 29. Utifrån en okulär bedömning innehåller de sannolikt tämligen mycket metalliskt järn, mer eller mindre uppblandat med slagg. Klumpar med liknande yttre former, men mindre magnetiska, förekommer i prov 28. Sannolikt är dessa av samma typ men med mindre mängd järninnehåll. I prov 26 förekommer dock rostiga magnetiska klumpar med en eller två väldefinierade sidor. Dessa är tämligen plana, och platta med en slätare yta som förefaller vara tillplattad. I ett fall finns också ett fragment med två parallella plana sidor och en rundad kortsida. Även dessa innehåller sannolikt en stor andel metalliskt järn. Efter att ett urval av dessa klumpar, såväl oregelbundna, som mer tillplattade hade delats, framkom att de mest magnetiska innehöll koncentrationer av metalliskt järn med lite hålrum och innesluten slagg (Fig. 36 och 39). De som har svagare magnetism innehåller mestadels slagg, likaså de plattare klumparna. Endast i någon av de senare finns metalliskt järn och då endast som små oregelbundna svampiga formationer i slagg. Det rör sig därmed inte om någon mer utförlig hopslagning av det metalliska järnet till välformade järnklumpar som inledningsvis kunde antas utifrån morfologin. Allt påträffat metalliskt järn förekommer därmed i oregelbundna ansamlingar vilka som mest är några centimeter stora och inte är helt hopslagna och tätade.

Järnets kvalitet

Bland järnklumparna finns huvudsakligen två olika, båda homogena, järnkvalitéer. Antingen utgörs de av kolfritt järn (Fig. 40–41), dvs. mjukt järn eller kolrikt med höga kolhalter, kring 0,8 % och däröver, dvs. hårt stål (Fig. 42). Endast i något prov finns exempel på en större heterogenitet där sammansättningen varierar från kolfritt järn till stål med som mest ca 0,5–0,6 % kol. Fosfor har observerats endast undantagsvis.

Det är också värt att notera att några av de prover som vi inledningsvis antog innehålla metalliskt järn visade sig bestå av en mycket wüstitrik slagg med endast små mängder metalliskt järn. Dessa klumpar kan vara de allra yttersta delarna från luppen och har legat utanför den optimala reduktionszonen, dvs. där processen inte gått klart till bildandet av metall.

Produktionsmängd

En vanlig fråga i samband med järnframställning är kvantitet. För att man med stor säkerhet ska kunna besvara denna fråga krävs detaljerad information om den använda malmens sammansättning och hur mycket av malmens järn som har kunnat tillvaratas, dvs. hur effektiv processen var i ugnen. Det senare innebär att resten av järnet hamnade i slaggen som är den restprodukt som vi vanligen kan få mest information från. I korta drag innebär det att man eftersträvar en kunskap om mängdförhållandet mellan slagg och järn. För att översätta detta till hela lokalen måste man känna till den totala mängden slagg på platsen. Ibland har detta gjorts genom att mäta volymen på slagggvarp och försöka uppskatta hur stor andel som utgörs av slagg. På senare tid har det visat sig att även om kunskap om den kvarlämnade slaggmängden är god, är det orimligt att göra produktionsberäkningar om man inte på hög detaljnivå känner till både den använda malmens sammansättning och processens effektivitet. Detta har exemplifierats för den tidigare nämnda järnframställningen i Gråfjellsområdet i Norge där endast en liten förändring i de antagna värdena i en beräkning kunde illustrera slutresultat som skilde sig med en faktor tio från varandra (Grandin m.fl. 2004, Grandin & Andersson 2007). Med tanke på den stora variation som beräkningar kring kvantitet vanligtvis ger har vi valt att prioritera frågor om kvalitet och process.

Hopslagning av lupp

De små magnetiska klumparna, från det rostfärgade området söder om ugnarna, innehåller samtliga mycket håligheter. Det innebär att de inte har blivit kompakterade, dvs. inte hopslagna. De kan ha suttit tämligen löst i luppens ytterkant och fallit loss vid den allra första träffen med träklubban. De kan därmed inte avslöja hur mycket mer som luppen har slagits samman, men att den har bearbetats på platsen. Sådana klumpar skulle dock mycket väl kunna återanvändas i ugnen vid nästa körning, som malm, eller halvförädlad malm. Exempel på sådant finns från flera andra håll, bland annat i Centraleuropa där de vanligen kallas "gromps" (behandlas mer utförligt av Englund & Grandin 2002). Liknande klumpar fanns också vid järnframställningsplatsen RAÄ 186.

Tillsammans med förekomsten av sprutslaggar, som också kommer från denna sammanslaggning, och avsaknaden av glödska som kommer från senare processled, tyder det på att arbetet har slutförts i samband med denna hopslagning av luppen. Järnets grova kornstorlek antyder också att de inte skett någon bearbetning efter att järnet togs ur ugnen. Ett prov, 29B, är till och med mycket grovkornigt och indikerar en långsam avsvälning som skulle kunna ha berott på att smältan svalnat något i ugnen innan den togs ur.

Järnklumparnas innehåll av slag är lågt. Om vi förutsätter att de är representanter för den större järnansamlingen i smältan och den hopslagna luppen, antyder de ett tämligen lågt slagginnehåll. De slagginneslutningar som finns är mestadels runda eller oregelbundna i formen, dvs. de är inte orienterade in någon speciell riktning vilket de blir vid mer omfattande bearbetning. Detta ger ytterligare belägg för en begränsade bearbetning.

Är den rostiga sanden malmrester eller avfall?

Vid järnframställningsplatser har malm varit råvaran i ugnarna. Men var fanns malmen? Rostades den på platsen innan uppsättning?

Mellanlagrades den någonstans? Vid undersökningen i Hedenstorp påträffades några rostfärgade områden som antogs vara möjliga malmförekomster, antingen som lager eller möjligen den arbetsyta där malmen hanterats och spillts. Prover togs från området väster om ugnarna där ett tunt rostfärgat skikt fanns. Rostfärgat material fanns också i den avlånga grop som undersöktes öster om ugnarna.

För att få bättre underlag för platsens organisation, dvs. var malmupplag kan tänkas ha funnits och för att försöka förstå om gropan har haft någon aktiv roll eller endast är av sekundär art, utgör de rostiga proverna en viktig komponent. Redan i fält noterades den tydligt rostfärgade sanden som färgmässigt skilde sig från den omgivande sanden. Skiktet väster om ugnarna var dock tunt. De två proverna (34 och 35) därifrån som granskades visade sig innehålla mycket kvarts, dvs. det mineral som dominerar i sanden. Kvartskornen har en tunn beläggning av mycket finkornigt magnetiskt ljusbrunt material. Samma innehåll observerades i prov 33 från gropan i öster. En stor del av dessa prover är magnetiska trots det stora kvartsinnehållet. Men, det beror delvis på den tunna beläggning av magnetiska järnmineral som finns på kvartskornen och de två är svåra att separera. Även järnålderns järnframställare bör ha haft samma svårighet. Frågan är om det är den ursprungliga malmen som har detta utseende med järnutfällningar runt kärna av kvarts eller om det är en sekundär process där den finkorniga malmen har spillts på den sandiga marken. En sådan fråga kan vara svår att få ett entydigt svar på med hjälp av våra undersökningar men vi kan få vissa indikationer. Med hjälp av kemiska analyser ser vi dock att järninnehållet är tämligen lågt, och följaktligen är kiselinnehållet (dvs. kvartshalten) högt. Järninnehållet når upp endast till 13,6 viktsprocent Fe_2O_3 . Järnhalt på ännu lägre nivå (knappt 9 % Fe_2O_3) noterades för ett analyserat malmprov från undersökningen av järnframställningsplats RAÄ 186 (Englund och Grandin 2002). Detta är halter som är för låga för att malmen ska betraktas som riktigt användbar i framställningen så ur den synpunkten är det rimligare att anta att den är utblandad. Antingen är det en yta där man tappat malm endera i samband med påfyllning av ugnarna eller vid transport från rostningsplatsen till ugnsområdet. Eller, så är det de allra nedersta delarna av malmupplaget i kontakt med underlaget. I det omfattande järnframställningsområdet i norska Gråfjell som vi nämnt tidigare kunde såväl rostningsplatser som malmupplag urskiljas på många av lokalerna (Rundberget 2007). Från ett antal av dessa gjordes kemiska

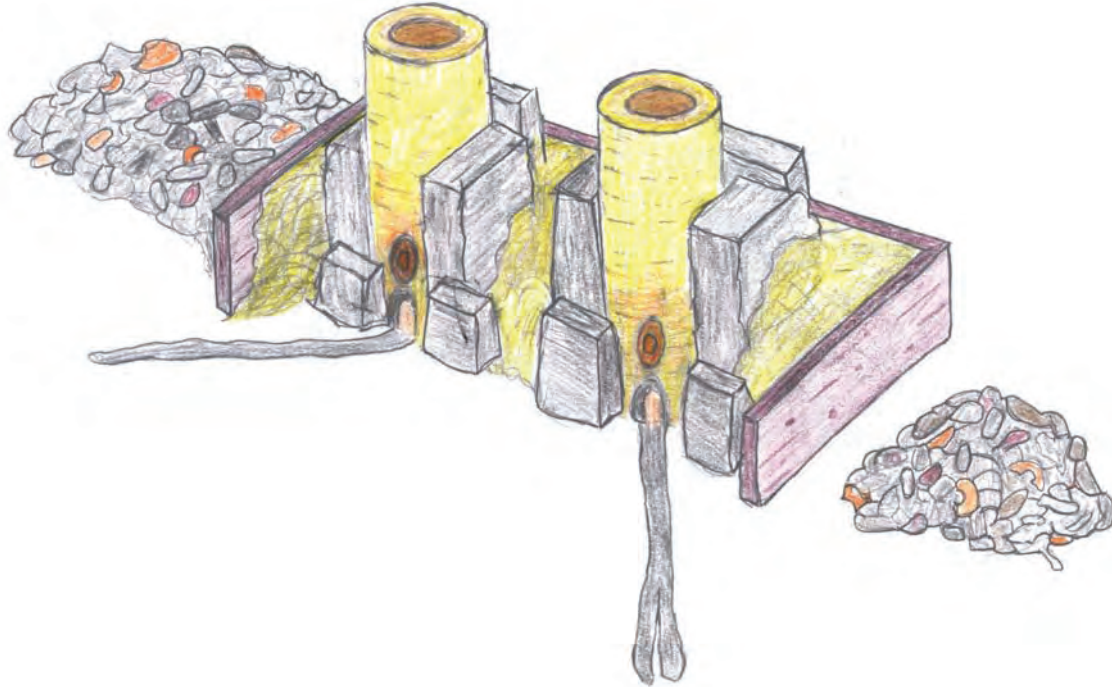
analyser och det visade sig att järnhalterna varierade på en betydligt högre nivå över ca 40 % Fe_2O_3 och vanligen över 60 % Fe_2O_3 . Flera av dessa platser hade betydligt tjockare lager av malm, 0,1 m eller drygt det, men i något fall fanns endast en tunn horisont kvar. Även bland dessa fanns inblandning av kvartskorn, men inte i samma omfattning som här (se t.ex. Andersson m.fl. 2006 och Grandin m.fl. 2005).

Järnhalten är låg, men proverna innehåller ändå sannolikt malm, även om den är utspädd. Liknande låga järnhalt noterades för malmprovet från järnframställningsplats RAÄ 186 i närheten (Englund & Grandin 2002). Men, är det malm som har rostats eller ej? De kemiska analyserna kan bara tala om hur mycket järn som finns men inte i vilken form. Provet är också alltför finkornigt för att detta ska kunna avslöjas i mikroskop. Därför gjordes röntgendiffraktometrisk analys (XRD-analys) där alla förekommande mineral kan identifieras. Analysresultaten presenteras i detalj i bilaga 1 i text och med tillhörande diagram. Där framkommer att kvarts är det mineral som dominerar i prov 35, precis som vi noterade redan i den okulära granskningen. Dessutom kunde flera olika mineral med järninnehåll urskiljas. Tydligast bland dessa är maghemit. Även magnetit och hematit förekommer. Närvaron av goethit är mindre markant. Vad innebär denna mineralfördelning? Det är maghemit och magnetit som gör att provet är magnetiskt. Den ursprungliga myrmalmen består sannolikt av det omagnetiska goethit. När denna rostas bildas istället de andra tre. Detta är därmed en tydlig indikation på att malmen har blivit rostad.

Prov 33 från gropen öster om ugnarna uppvisade okulärt liknande egenskaper som prov 35 men det var av betydelse att ta reda på om det innehåller malm eller om det istället är slagg som har fragmenterats och vittrat. I slaggen finns också järnhaltiga mineral som olivin och wüstit. Wüstit tillhör, liksom magnetit, hematit och maghemit, järnoxidmineralen. Resultaten av XRD-analysen (bilaga 1) visar dock att inga mineral som är karaktäristiska för slaggen finns i provet. Även här förekommer främst maghemit samt något hematit och goethit. Det antyder att provet innehåller mineral som är karaktäristiska för malm och att denna har rostats. Förekomsten av goethit antyder dock att det finns icke-rostade komponenter kvar. Dessutom saknas magnetit vilket kan bero på att malmen har rostats till något lägre temperaturnivå än prov 35.

I sammanfattning kan vi notera att båda de analyserade rostiga och magnetiska proverna innehåller mineral som är karaktäristiska för malm som har rostats. De innehåller också mycket kvarts, dvs. sand, som medför att järnhalten är låg och det är tveksamt om dessa prover är användbara som malm. Troligen har malmen blandats med den omgivande sanden. Det finns inga tecken på att det rostiga materialet i gropen innehåller slagg som har omvandlats sekundärt. Det förefaller som om det är malm som av en eller annan anledning fanns i gropen. Malmprovet väster om ugnarna, på deras framsida, kan möjligen indikera platsen för ett malmupplag eller den yta utmed vilken man har rört sig för att fylla på malm i ugnarna. Om gropen har haft funktion som upplag av malm eller för att hålla malmen varm inför påfyllning har inte kunnat besvaras med hjälp av analyserna. Med tanke på förekomsten av

fragmenterade ugnsväggar i samma grop är det svårt att dra en sådan slutsats, speciellt om det inte är möjligt att se någon tydlig skillnad mellan primärt lagrad malm och sekundära igenfyllningar av trasiga ugnsväggar.



Figur 51. Rekonstruktionsförslag av parugnarna på Hedenstorp RAÄ 186. Teckning: L-E Englund, Från Englund & Grandin 2002, fig 21. En bild som i stora drag kan användas även för denna undersökning.

Ugnarnas uppbyggnad och processen på platsen

I samband med undersökningen av järnframställningsplatsen Hedenstorp 1:3, RAÄ186 presenterades ett rekonstruktionsförslag (Fig. 51) för ugnarna av Englund & Grandin (2002). Detta kan gälla i stora drag även för resultaten från den nu genomförda undersökningen och några ytterligare detaljer har kunnat beskrivas. Däremot saknas fortfarande kunskap om var blästerhålet var placerat och hur det tillverkade järnet togs ur ugnen. De båda ugnarna byggdes intill varandra med mycket likartad form, men i huvudsak spegelvända funktionellt sett. För varje ugn har en oval fördjupning gjorts i den sandiga marken. Ut från ugnen i den västra kortsidan har en ränna markerats i bottennivån för nedsänkningen. Runt den ovala nedsänkningen byggdes ugnspipan upp med en kombination av stenar och lera. Naturligt rundade stenar formade en yttre krans. Innanför användes lera. Närmast öppningssidan i väster var leran, efter användandet av ugnen, påverkad av höga temperaturer och delvis smält. Dessa större väggbitar var sannolikt också formade som större delar vid konstruktionen. Längs den östra väggen, mitt för slaggtappningsöppningen har temperaturen varit lägre och mindre av

väggen är bevarad som större delar. Det är troligt att lerväggen var formad även här, men denna var sämre bevarad. En tydligt röd zon av bränd lera fanns dock kvar och i denna fanns även finkornig lera som var påverkad av uppvärmning, men till lägre temperaturer. Denna lera har en sämre formbarhet och den kan ha placerats mellan en yttre och inre vägg utan att först ha formats. Det är dock möjligt att lera utgjorde högre delar av ugnspipan, utan inslag av stenar. Stenar av annan typ i form av planare hållar av en skiffrig värmefålig bergart har också ingått i konstruktionen. En större, prov 9, återfanns ställd på högkant utanför lerväggarna, intill slaggtappningssidan. Mindre flisor av samma bergartstyp fanns också bland materialet i slaggvärpen.

Den avlånga gropan som undersöktes på ugnarnas baksida, i förhållande till slaggtappningen, är en intressant detalj men inte tillfredsställande löst vad gäller funktionen. Flera förslag har lagts fram tidigare (se ovan) men inget av dem har kunnat bekräftas. Det är dock klart att mycket av materialet i gropan är av samma karaktär som i värpen, dvs. här finns fragment av bottenslagger och tappslaggar likaväl som ugnsväggsfragment (se t.ex. prov 6 för denna variation). Man skulle på så sätt egentligen kunna betrakta det som en del av värpet. Men detta speglar en sekundär funktion. Frågan är vad gropan primärt varit, om det inledningsvis var för att ta sand till isolering av ugnarna och senare återanvändning för malmupplag. Analyser av det finkorniga rostfärgade materialet visar att det utgörs av rostad malm, med stor sandinblandning. Det fanns inga tecken på att detta finkorniga material innehåller slag som har omvandlats sekundärt. Det förefaller därmed som om det är malm som av en eller annan anledning fanns i gropan. Om gropan har haft funktion som upplag av malm eller för att hålla malmen varm inför påfyllning har inte kunnat besvaras med hjälp av analyserna. Med tanke på förekomsten av fragmenterade ugnsväggar i samma grop är det svårt att dra en sådan slutsats, speciellt som det inte är möjligt att se någon tydlig skillnad mellan primärt lagrad malm och sekundära igenfyllningar av trasiga ugnsväggar.

Det tillverkade järnet

När järnet har tagits ur ugnen har det slagits samman till en lupp. Vi drar slutsatsen att det har skett i området söder om ugnarna där det fanns koncentrationer av små klumpar med innehåll av metalliskt järn. Här fanns också ansamlingar av sprutslaggar, som är karaktäristiskt avfall från detta hopslagningsmoment. Däremot saknas glödska, som är mer typiska för senare delar av smidet. Det innebär att inget ytterligare smide har skett på platsen. I detta område fanns också en central yta som saknade det rostiga, magnetiska materialet och troligen har en träkubbe som agerat som underlag i hopslagningen stått just här.

Järnet som tillverkades i ugnen utgjordes av mjukt järn eller hårt kolstål, åtminstone enligt de oregelbundna restklumpar som påträffades. Vid den tidigare undersökningen (Englund & Grandin, 2002) noterades också både mjukt järn och kolstål men även fosforjärn. Klumparna utgörs antingen av mjukt järn eller hårt stål, dvs. de är homogena i

sammansättning, förutom något enstaka undantag. Deras slagginnehåll är lågt – den mesta slaggen i dem finns runtom järnet.

Vart tog detta järn, med två olika egenskaper, vägen? Var skedde smidet? Med hjälp av kemiska analyser av slaggerna har vi jämfört slagger från flera järnframställningslokaler i Småland, från olika tidsperioder under järnålder, och med smidesslagger från det tidiga Jönköping för att se om det finns några ämnen som är typiska för en viss region eller ett visst område som skulle kunna vara till hjälp för att spåra järnet. Det visar sig att de flesta smidesslaggerna från Lundströms Plats i Jönköping (Grandin 2008) visar mest överensstämmelse, men är inte identiska med, slaggerna från Hedenstorp. Vi får dock komma ihåg att platserna inte är helt samtida. Troligen skedde smidet i Jönköping under 1200-talet, främst dess andra hälft medan järnframställningen som undersökts sannolikt är något äldre. Därför kan vi inte följa järnet direkt från Hedenstorp i Axamoområdet till Lundströms Plats men man kan se att smederna i Jönköping kan ha haft tillgång till järn från denna järnproducerande region.

Referenser

- Andersson, D., Grandin, L., Stilborg, O. & Willim, A. 2006. Järnframställning i Gråfjellområdet. Arkeometallurgiska analyser av 2005 års undersökningar. Järnframställningsplatserna 23/J, 28/Tr, 29/S, 30/F, 31/M, 32/M, 33/M och 34/M. Rostningsplatserna 18/J, 20/J och 24/J. Gråfjellområdet, Åmot kommune, Hedmark Norge. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 7-2006. Uppsala.
- Björck, N. 1991. Den lågtekniska järnhanteringen i södra Vätterbygden. En studie av en regions vikingatida och tidig medeltida järnhantering. Umeå Universitet. Uppsats för C1 i arkeologi. Umeå universitet, Institutionen för arkeologi.
- Björck, N. 1996. Vad har bosättningsmönster under mellanneolitikum och lågteknisk järnhantering gemensamt? Centrum och periferi – relativa begrepp som analytiska redskap. Kontaktstencil 39. Arkeologi i centrum och periferi. Fællesnordisk Råd for Arkæologistuderende, 65–89. Umeå.
- Buchwald, V.F. & Wivel, H. 1998. Slag Analysis as a Method for the Characterization and Provenancing of Ancient Iron Objects. *Materials Characterization* 40, 73-96.
- Englund, L-E. & Grandin, L. 2002. Järnframställning i parblästa. Hedenstorp, RAÄ 186, Sandseryds sn, Småland, Kronobergs län. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 1-2002. Uppsala.
- Englund, L-E., Grandin, L., Hjärthner-Holdar, E., Kresten, P. & Stilborg, O. 1999. Förromersk järnframställning i Söderåkra – en arkeometallurgisk undersökning. Söderåkra sn, RAÄ 342, Småland. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 12-1999. Uppsala.
- Grandin, L. 2004. Kompletterande analys av en kniv från en grav. Öggestorps sn, Jönköpings län, Småland. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 10-2004. Uppsala.
- Grandin, L. 2008. Järnsmide i Jönköping. Medeltida hantverk i stadens utkant. Småland, Jönköpings stad, Sofia församling, fornlämning 50, Lundströms Plats. UV Uppsala Rapport 2008:26. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium. Uppsala.
- Grandin, L. & Andersson, D. 2007. An Extensive Medieval Bloomery Iron Production in the Gråfjell Area, East Norway. 2nd International Conference. Archaeometallurgy in Europe 2007. 17–21 June, 2007. Aquileia, Italy.
- Grandin, L. & Englund, L-E. 2000. Järnframställning i Ljungby. RAÄ 336, Ljungby sn, Kalmar län, Småland. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 4-2000. Uppsala.
- Grandin, L. & Englund, L-E. 2002. Järnframställning i kv Professorn. Arkeometallurgiska analyser. Växjö sn, Småland. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 4-2002. Uppsala.
- Grandin, L. & Willim, A. 2004. Järnframställning under äldre järnålder. Öggestorps sn, Jönköpings län, Småland. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 6-2004. Uppsala.
- Grandin, L., Forenius, S. & Hjärthner-Holdar, E. 2004. Järnframställning på Gråfjellet. Arkeometallurgiska analyser. ID 1023573, ID 1023888.

- Gråfjellområdet, Åmot kommune, Hedmark, Norge. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 2-2004. Uppsala.
- Grandin, L., Willim, A., Forenius, S. & Stilborg, O. 2005. Järnframställning på Gråfjell. Arkeometallurgiska analyser av 2004 års undersökningar. Järnframställningsplats 8/T, Järnframställningsplats 13/J, Rostningsplatser. Gråfjellområdet, Åmot kommune, Hedmark, Norge. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 9-2005. Uppsala.
- Kristensson, A. 2007. Tidig järnhantering i södra Vätterbygden. I: L. Häggström (red.), Öggestorp och Rogberga. Vägar till småländsk förhistoria. 255–299. Jönköpings läns museum.
- Larsson, L., Englund, L.-E., Hjärthner-Holdar, E. & Stilborg, O. 1999. Arkeometallurgisk analys av slaggar och järn från järnhantverket i Binga. Hossmo sn, Småland. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 3-1999. Uppsala.
- Lorentzon, M. 2008. Järn, slagg och snö vid fornlämning 186. Undersökning av fornlämning 186, järnframställningsplats, inför byggnation inom Hedenstorp 1:3 m.fl. Sandseryds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län. Jönköpings läns museum. Arkeologisk rapport 2008:23.
- Nordman, A.-M. 1989. Arkeologisk rapport Jönköpings läns museum.
- Nordman, A.-M. 1994. Dubbelugnar i Axamo. Jernkontorets Bergshistoriska Utskott, H 55, 69–77. Stockholm.
- Rubensson, L. 2000. Det småländska blästbruket och de arkeologiska spåren. I: Larsson, L.-O., Rubensson, L. Från blästbruk till bruksdöd. Småländsk järnhantering under 1000 år: II. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie Nr 35.
- Rundberget, B. 2007. Jernvinna i Gråfjellområdet. Gråfjellsprosjektet, Bind I. Varia 63. Kulturhistorisk Museum Fornminneseksjonen Oslo.
- Thålin, L. 1967. Svenskt förhistoriskt järn – ett forskningsprojekt. Jernkontorets Annaler, Vol 151, 305–324. Uppsala
- Varenius, B. 1987. Lågteknisk järnhantering i Tabergsområdet. Jönköpings läns historia. Småländska kulturbilder. Jönköping.
- Varenius, B. 1990. Lågteknisk järnhantering i södra Vätterbygden. *Jernkontorets Bergshistoriska utskott, H 46, 3–13.* Stockholm.

Administrativa uppgifter

Riksantikvarieämbetets dnr: 424-3712-2008.

Riksantikvarieämbetets projektnummer: 11120.

Projektgrupp: Lena Grandin och Svante Forenius.

Underkonsulter: Ole Stilborg vid Keramiska Forskningslaboratoriet,
MINOPREP i Hunnebostrand, ALS Scandinavia i Luleå, Erik Jonsson
vid Sveriges Geologiska undersökning (SGU), ALS Scandinavia AB i
Luleå.

Fotografier: Lena Grandin och Ole Stilborg

Bilagor

Bilaga 1. XRD-ANALYS AV JÄRNHALTIGA PROV genomförd av Erik Jonsson, Sveriges Geologiska Undersökning

Analysrapport

Vårt datum/Our date
2009-06-08

Vår beteckning/Our reference
Dnr 08-939/2009

Ert datum/Your date
2009-05-27

Er beteckning/Your reference
XRD-analys av järnhaltiga prov

Uppdrag - Malm & Mineral

Handläggare, direkttelefon/Our reference, telephone
Erik Jonsson, tel. 018-179457, 018-179303,
070-222 88 51

Lena Grandin

Riksantikvarieämbetet, Avd. för arkeologiska undersökningar

Portalgatan 2a
754 23 Uppsala

XRD-ANALYS AV JÄRNHALTIGA PROV

Två stycken prov av rostigt sandmaterial från arkeologisk undersökning har inlämnats för röntgendiffraktometrisk (XRD) analys innefattande totalprovsanalys med avseende på mineralogisk karakterisering, fokuserad mot fasidentifiering för särskiljning mellan obehandlad ”malm” och rester från bearbetning (rostning, smältning).

Provberedning

Provmaterialet renplockades initialt från rottrådar och liknande biogent material under binokulärmikroskop. Handmalning gjordes därefter i agatmortel under aceton. Efter torkning monterades prov för röntgenanalys medelst etanol utan packning.

Analyser

Röntgenanalyserna utfördes med SGUs Siemens D5000 teta-teta-diffraktometer med kopparstrålning ($\text{CuK}\alpha$) och grafitmonokromator under 40 kV spänning och 40 mA strömstyrka. Totalprovsanalyserna (WR) upptogs som diffraktometerråfiler inom 2-tetaintervallet $2-65^\circ$ på icke-orienterade pulverpreparat och utfördes med fast provhållare, 2° divergensspalt, 0,6 mm antiscatterspalt samt 0,6 mm mottagarspalt i strålgången.

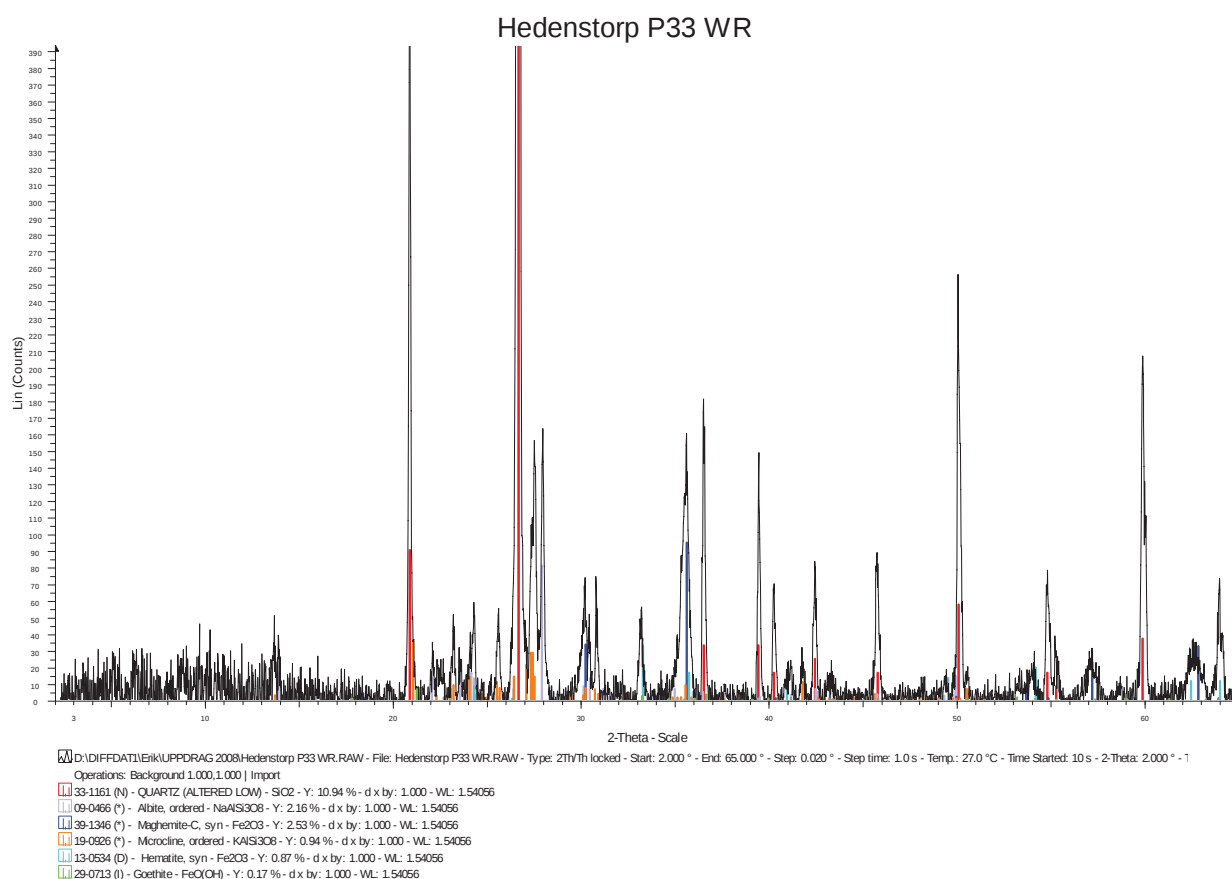
Utvärdering

Utvärdering av diffraktometerrådata gjordes medelst Bruker AXS' programvarupaket *DIFFRAC^{plus}* 2.2 och programmet EVA tillsammans med PDF-databasen (ver. 1994).

Resultat

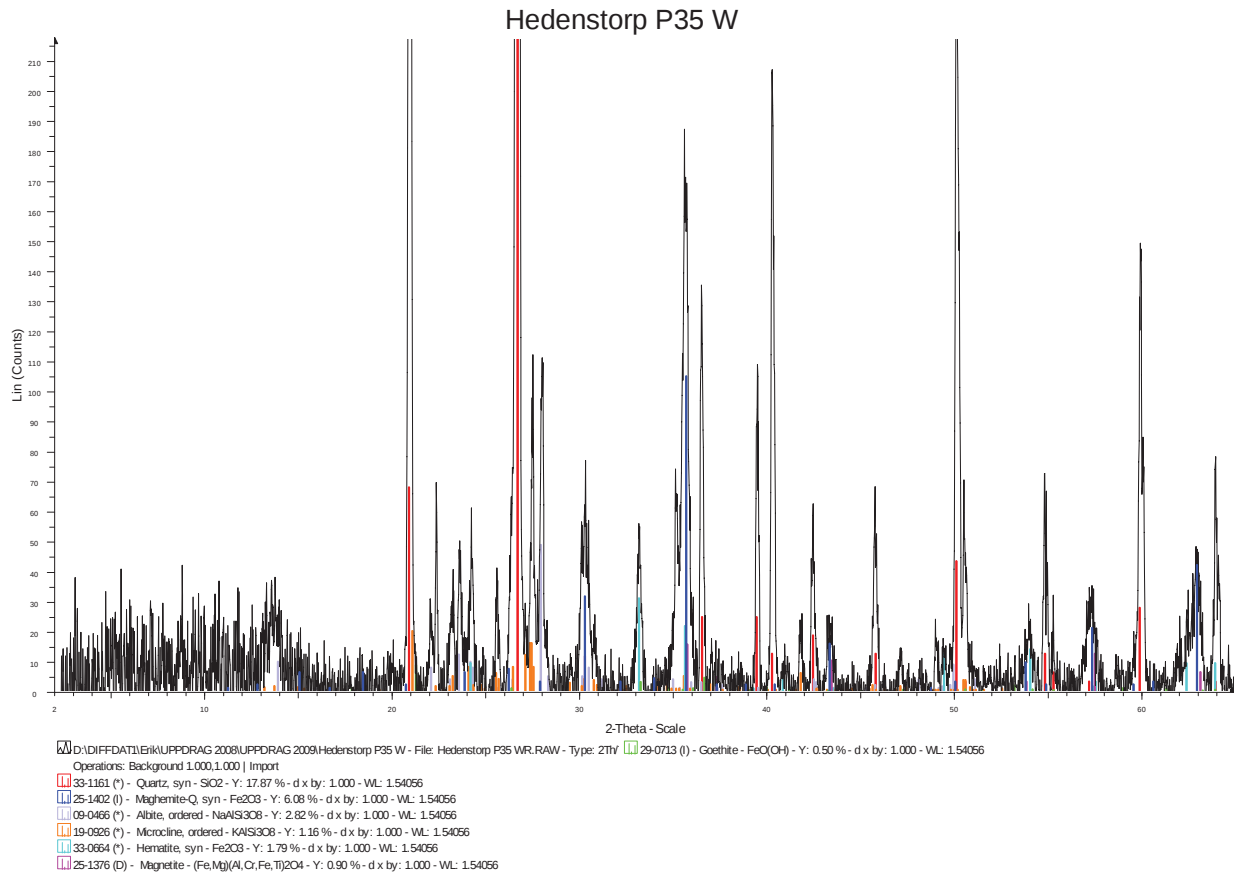
Resultat i form av utvärderade diffraktometerdata finns i bifogade diagram. Observera att diagrammen har överförstärkts kraftigt i y-led p.g.a. dominansen av kvartstopparna. Diagram (diffraktogram) har också levererats digitalt till beställaren. Nedanstående är en sammanfattning och tolkning av erhållna analysresultat.

Observera att de röntgenografiska överlappen är omfattande mellan magnetit och maghemit, skiljelinjer finns i fall av enstaka toppar samt intensitetsrelationer. Dessa varierar dock om man använder sig av referensdata för maghemit-C, maghemit-Q, eller syntetisk maghemit.



Hedenstorp P33

Provet är mycket kvartsrikt, och innehåller också relativt mycket kalifältpat och plagioklas. Överförstärkning av de svagare topparna visar tämligen distinkt närvaro av maghemit, sannolikt en del hematit, samt eventuellt några otydliga, mycket svaga toppar som kan representera en liten goethitkomponent. men att några nyckeltoppar för magnetit saknas i detta prov, vilket tillsammans med intensitetsrelationer och topparnas karaktär styrker tolkningen av maghemit (-C).



Hedenstorp P35

Provet är mycket kvartsrikt, och innehåller också kalifältspat och plagioklas. Överförstärkning visar ånyo närvaro av maghemittoppar (maghemit-Q?) men i detta prov är det något mera troligt att även en liten magnetitkomponent kan ingå. Hematittoppar uppträder också, relativt distinkta. Några svaga och otydliga toppar antyder närvaro av något goethit.

Med vänliga hälsningar,

Erik Jonsson

Referens:

PDF 1994: Powder Diffraction File computer database, set 1-43.
International Centre for Diffraction Data (ICDD), Swartmore, USA.

Bilaga 2. KERAMISK ANALYS AV LERPROVER genomförd av Ole Stilborg, Keramiska Forskningslaboratoriet, Lund

Inledning och frågeställning

På uppdrag av Lena Grandin, GAL har ugnsväggsfragment och lerprov från RAÄ 338, Hedenstorp 1:3, Sandseryds socken undersökts av Keramiska Forskningslaboratoriet, Lunds Universitet.

Järnframställningsplatser som denna med dubbel uppsättning av slaggtappningsugnar och slagggvarp är välkända i området och har en nästintill stereotyp struktur. Platsen RAÄ 186 i Hedenstorp, som tidigare undersökts av Jönköpings läns museum och GAL, är ett exempel på detta. Utöver frågor rörande råmaterial, process, produktkvalité och avsättning, är frågor rörande ugnarnas konstruktion och eventuella repeterade användning viktiga speciellt för förståelsen av dubbelugnsfenomenet. Om den ena ugnen har byggts efter den andra som en fortsättning av järnframställningen på samma plats varför då inte en tredje eller fjärde ugn? Förklaringen kan ligga i hur lätt det är att få tillgång till kol. Efter dubbla(?) körningar i båda ugnarna var det enklare att bygga nya ugnar på ny lokalitet nära bränslet än att forsla bränslet över längre sträckor. Detta kan ytterligare ha ett samband med att ugnarna bara höll för ett visst antal körningar och en dubbel kapacitet (två ugnar) var väl anpassad till ovannämnda effektiva tillgång på råmaterial. Anläggningen av en slagggkanal som vek av mot slagggvarpet kan på samma sätt tolkas som ett utslag av effektivitetstänkande: Om slaggen flöt mot slagggvarpet underlättades bortsnyffningen till varpet samtidigt som det skapades en arbetsyta däremellan.

Man kan studera råmaterialvalet och till viss del ugnarnas konstruktion utifrån detta effektivitetsperspektiv. Samma lera och ungefär samma konstruktion bör ha använts till båda ugnarna om de byggts samtidigt. Om de körts på samma sätt bör även värmeeffekterna på ugnsväggarna vara likartade. Samtidigt skulle jag inte förvänta mig att se några systematiska reparationer av ugnarnas insidor, som är svåra att komma åt. Sporadiska lagningar är än mera osannolika eftersom förutsättningen är en eftersökning av specifika skador på det svåråtkomliga stället. Utsidan av ugnarna kan däremot mycket väl ha blivit reparerad under produktionstiden. Ytterlagren har inte blivit brända över 500 grader och kraftigt regn har givetvis fått delar av dem att rasa. De enda spåren av denna del av väggen kan vara en ler-rik zon i anknytning till resterna av ugnskonstruktionen.

Frågorna kan konkretiseras som följer:

- *Har samma råmaterial och konstruktion använts i båda ugnarna?*
- *Är värmeeffekterna tillnärmelsevis de samma på ugnsväggsfragment från båda ugnar?*
- *Är eventuella rester av bränd lera av avvikande sammansättning spår efter lagningar eller en separat del av konstruktionen?*

Metoder

Mikroskopering av tunnslip i polarisationsmikroskop

Tunnslip är 0,03 mm tunna preparat av i detta fall keramik, som kan analyseras 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, malm och andra mineral kan uppskattas. Vid förstoringar på 600-1000 X studeras eventuella förekomster av exempelvis diatoméer (kiselalger) och kalkfossil.

Bildanalys i programmet Nikon NISelements Br-analysis har använts för att studera variationen i kornstorleksfördelning i större detalj. Fördelningen av korn $\geq 0,1$ mm beräknas på hela slipet¹ vid 20X förstoring, medan intervallet $<0,1$ mm $\geq 0,01$ mm studeras på fem utvalda, representativa ytor vid 100X förstoring.

Termiska analyser

Genom att bränna redan brända keramiska fragment i hundra graders steg upp till 1000°C och registrera färgutvecklingen med Munsell Soil Color Chart, kan den ursprungliga bränningstemperaturen bestämmas med ca. 100°C noggrannhet – Thermal Colour Test (TCT) (Hulthén 1976). När den ursprungliga bränningstemperaturen överskrids resulterar detta i en tydlig ändring av den ursprungliga färgen. Bränningstemperaturen har då legat mellan den senaste avläsningen av en oförändrad färg och avläsningen då en färgförändring har inträtt. Proven utsätts för varje temperatursteg i ca. 15 minuter. Över 1000°C registreras sintringsförloppet fram till provets smältpunkt i 50°C intervall.

Registrering av provmaterial

På bas av en okulär genomgång av hela urvalet av ugnsväggsrester som Lena Grandin har samlat in på grävningen i Hedenstorp, valdes fem fragment ut från nordugnen, sydugnen samt från det norra slagglageret. Analysurvalet omfattar dessutom ett lerprov från nordugnen (lager 14).

Prov 2. Fragment från ugnspipan i nordugnen (TS 1)

Fragmentet av ugnsväggen är 2 cm tjockt med ett tunt slagglager på insidan och en slät, lätt konkav utsida – möjligen ett stenavtryck. Leran närmast slagglagret på insidan är förglasad och kraftigt blåsig. Därpå följer en 1 cm bred, sintrad, reducerat bränd zon. Ytterst finns en ½ cm bred zon av oxiderat bränd lera. Makroskopiskt framstår leran som grov, osorterad med ett största sandkorn på 4 mm.

¹ I detta fall den del av provet som inte är förglasad eller präglad av kraftig blåsbildning.

Prov 8. Fragment av ugnsvägg från nordugnen (F2480, TS 2)

Fragmentet av ugnsväggen är upp till 3,5 cm tjockt med slaggrester på insidan och ett stort, rundat stenavtryck på en del av den motsatta sidan (fig. 1). Från insidan och ca 2 cm in i ugnsväggen finns en sintrad, blåsig zon. Mellan stenavtrycket och insidan är ugnsväggen lite mer än 1 cm tjock och här finns det mesta av blåsorna i godset närmast stenavtrycket, vilket kan bero på att stenen på ett annat ställe är i direkt kontakt med slaggen och leder värmen in till den del som är täckt av ugnsvägg och därför bättre isolerad. På detta sätt kommer det mera värme från stenen än från insidan.

I den tjockare delen av ugnsväggsfragmentet följer en 0,8-1,5 cm bred zon av reducerat bränd lera och ytterst en upp till 0,5 cm bred oxiderad zon. Leran ser ut som i prov 2.



Figur 1. Foto av tvärsnitt av ugnsväggsfragment pr. 8. Den rundade kaviteten på vänster sida är avtrycket efter en större sten. Höger sida är ugnens insida. Foto L. Grandin, GAL.

Prov 13. Fragment av ugnsvägg från sydugnen (F2490, TS 3)

Fragmentet av ugnsväggen är upp till 3,5 cm tjockt med ett millimetertjockt lager av slag på insidan. Därefter följer en upp till 1,7 cm bred sintrad, reducerat bränd zon med ojämnt fördelade små och mellanstora blåsor; en upp till 1 cm tjock sintrad, oxiderat bränd zon med tätt liggande små blåsor och ytterst en 0,5 cm bred oxiderat bränd zon med sprickor. Tunnslipet (TS 3) avslöjade att slag på ett ställe har trängt flera millimeter in i godset antagligen via en spricka i ytan. På grund av detta har en förglasad zon uppstått bakom en sektion av insidan

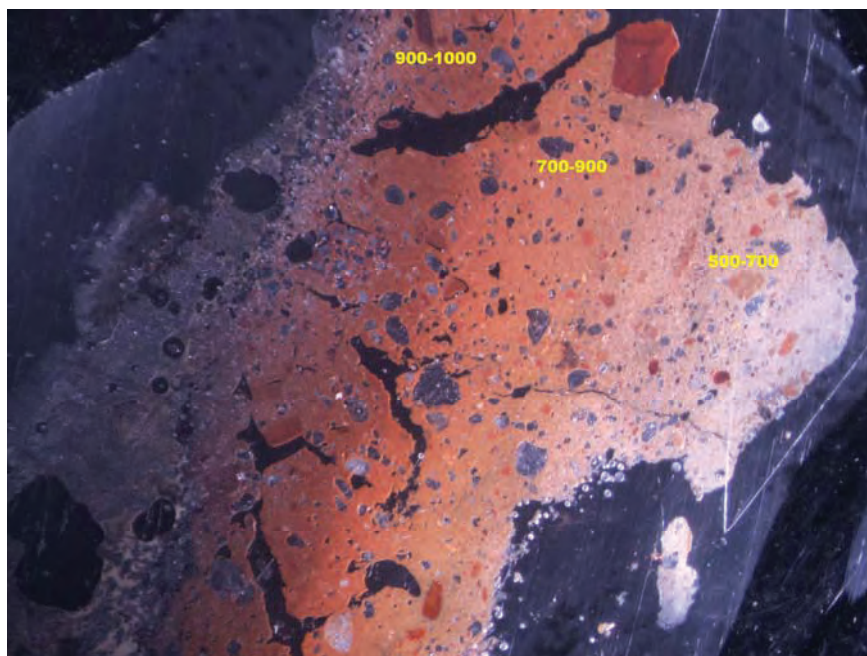
som inte är lika förglasad. Fenomenet skulle ha kunnat tolkas som en lagning av insidan om det inte hade varit tydligt att slaggen har trängt in i väggen från insidan.

Leran är osorterad, grov med ett störste sandkorn på 7 mm. Den liknar leran i prov 2 och 8.

Prov 16. Fragment av ugnsvägg från sydugnen, väster om pipan (F2507, TS 4)

Provet omfattar flera mindre, 1-1,5 cm tjocka, fragment. Ett av dessa består, från insidan räknat, av ett 0,4 cm tjockt blandat lager av slag och förglasad lera, som övergår i en 0,1-0,2 cm tjock, sintrad, reducerat bränd zon. Ytterst finns en 0,7 cm bred zon av oxiderat bränt lera. Utsidan bär två släta, avlånga avtryck av sten(?). Leran är osorterad, relativt grov med max. korn mellan 2 och 3 mm och verkar således inte lika grov som i de andra proven².

Det är tydligt att värmepåverkningen på detta fragment inte har varit lika kraftig/långvarig som på de tidigare beskrivna provena. Den reducerande effekten från processen inne i ugnen har inte heller gått lika långt in i godset. Med tanke på att dessa fragment också är mycket tunnare skulle detta kunna tyda på att biten har suttit högre upp i schaktet. I så fall har stenar inte bara ingått i fundamentet men även högre upp. Slagginklusionerna i det förglasade lagret talar dock emot att fragmentet har suttit högt i schaktet. En annan möjlighet är att fragmentet har suttit ganska nära slaggtappningsöppningen där brännatmosfären antagligen inte var konstant reducerande.



Figur 2. Foto av tunnslip 5 av prov 22. Fotot visar färg- och därmed temperaturzoneringen som resultat av en kortvarig, hög värmepåverkning.

² Vid genomskärning och i tunnslipet blev en 2 cm lång sandsten synlig.

Prov 22. Fragment från norra slagghvarpet (TS 5)

Fragmentet består av en kompakt bit slagg med en konkav sida och en lätt konvex sida på vilken ett intill 1 cm tjockt lager bränd lera har sintrats fast. Den brända leran uppvisar en perfekt värmegradient med en ca 1 millimeter smal sintrat blåsig zon närmast slaggen och därpå tre ca 3 mm tjocka oxiderade zoner, motsvarande temperaturer på 900-1000°, 700-900° och 500-700° C (fig. 2). Värmepåverkan har alltså varit kortvarig och skett under i huvudsak oxiderande förhållanden. Dessa observationer tillsammans med fyndplatsen i slagghvarpet gör det mycket sannolikt att det rör sig om fragment av en lerfodring i slagghrännan som har följt med den bortskyfflade slaggen.

Leran är en finsandig mellanlera med maximal kornstorlek på 2-3 mm, som är något bättre sorterad än lerorna i de övriga analyserade fragmenten.

Prov 36. Lerprov från lager 14 i nordugnen (TS 6)

Lerlagret, som har beskrivits som orange-beige fet till något grusig lera, ligger innanför nordugnens fundamentstenar. Utifrån placeringen skulle det kunna vara en del av ett icke-bränt fundament till ugnen eller nerrasat lera från ugnsschaktets yttre obrända lager.

Leran innehåller mycket finsand och någon sand och är ganska svår att forma. Detta kan bero på att den har blandats upp med den sandiga alven på platsen men orsaken kan också vara att det rör sig om en delvis bränd, delvis rehydrerad lerblandning.

Prov 37. Lerprov från lager 17 i nordugnen

Lagret i centrum av ugnskonstruktionen har beskrivits som en lila-orange, något grusig lera. Som provet från lager 14 är materialet grovt sandigt och har ännu mindre plasticitet än detta. Det gjordes därför inga ytterligare analyser på detta prov. Dock undersöktes två större sandkorn (7,5 och 9 mm), vilka visade sig bestå av järnrik sandsten. Oxideringen har sannolikt uppstått som en följd av värmepåverkan från ugnen.

Resultat av tunnslipsanalyser

Proverna kan indelas i tre grupper utifrån skillnader i grovfraktionernas sortering.

TS 1,2 och 3 representerande såväl nordugnen som sydugnen visar alla tre på ett grovt, osorterat gods rikt på silt och sand (Tabell 1). Flera sandstenskorn av olika typer (bl.a. gråvacka och en järnrik variant) och bergartskorn med granitisk sammansättning är ett markant inslag i sandfraktionen. I samtliga tre prov är det sandstenskorn som utgör det största kornet vilket varierar mellan 5,5 och 12 mm. Genomsnittet för de fem näststörsta kornen mellan 3 och 4 mm styrker likheten mellan de tre proven (Tabell 1). Dessa sandkorn är så pass mycket större att det inte helt kan uteslutas att det rör sig om en tillsatt sand. Den beräknade volymen av dessa korn i TS 2 och 3 uppgår till 11 respektive 9 %. Det är ändå mest sannolikt att det rör sig om naturliga inklusioner i leran.

Tabell 1. Resultat av mikroskopering av tunnslip på teknisk keramik från Hedenstorp, RAÄ 338, Sandserys sn

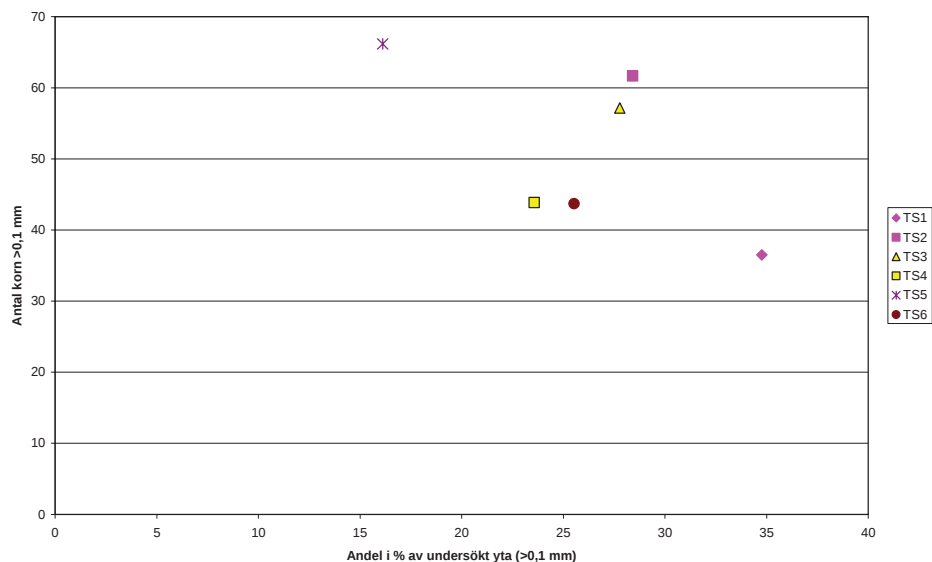
Skärv info.				Lera									Magring					Not
Tunnslip	Anläggning	Fyndnummer	Kontexttyp	Grovlak	Sortering	Silt	Finsand	Sand	Glimmer	Järnoxid	Accessoriska mineral	Växtmaterial	Magringstyp	Mängd vol. %	Maximal kornstorlek mm	Genomsnittlig max. kornstorlek	Smälttemperatur	
1	N-ugn	Pr. 2	Ugns-vägg	G	O	+	*	+	?	*	M,A/P		N at		12	3,5	1300°	
2	N-ugn	Pr. 8	Ugns-vägg	G	O	+	*	+	?	*	M?,A/P		N at		6,6	4	1350°	
3	S-ugn	Pr. 13	Ugns-vägg	G	O	+	*	+	?	+	M		N at		5,5	3	1300°	
4	S-ugn	Pr. 16	Ugns-vägg	G	O	+	+	*	+	+	M,A/P		N at		2,5	1,2	1350°	
5	N-varp	Pr. 22	Ugns-vägg?	G	O	+	+	*	+	+	M,A/P		N at		2,8	0,9	1350°	Ch-korn
6	N-ugn	Pr. 36	Lera?	M	S	*	+	-	+	*	M?,A/P		N at	25?	1,6	1,3	1350°	

Legend: G = grov, M = medium grov, F = fin; O = osorterad, S = sorterad; - = sparsam förekomst, * = allmänt förekommande, + = rik förekomst; M = malm, A/P = amfiboler och pyroxener; Nat = naturlig magring; Ch = chamotte.

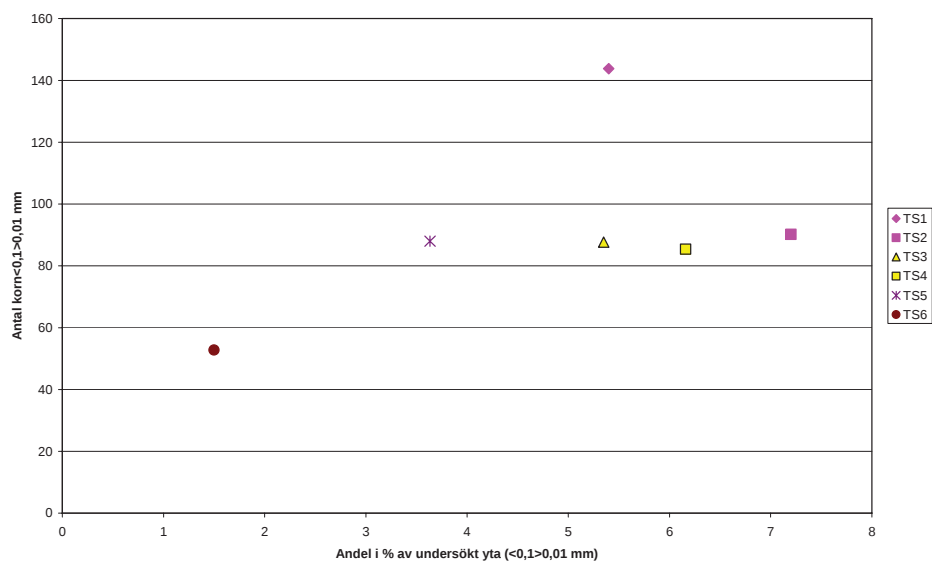
Bildanalysen av korn $\geq 0,1$ mm visar på en stor överensstämmelse speciellt mellan godsen i TS 2 och 3 (fig. 3). Även när det gäller fraktionen $<0,1$ mm $\geq 0,01$ mm är dessa två gods mera lika varandra än de två proven från nordugnen (fig. 4). Detta är ett gott argument för att de två ugnarna har byggts av samma lera och det stödjer antagandet att det även skett samtidigt.

TS4 är ett betydligt mindre ugnsväggsfragment från sydugnen medan TS5 från norra slagghvarpet består av en bränd lerbit fastsintrat på ett lika stort slagghfragment. Båda godsen kan beskrivas som grova, osorterade leror, men med mindre sand och möjligen en högre silthalt än TS1-3. I TS 4 finns således bara ett stort sandstenskorn (20 mm). Bildanalysen av fraktionen $\geq 0,1$ mm visade emellertid att godset inklusive det stora sandkornet inte avviker så mycket från prov 1-3 som antagits (fig. 3). Utan detta korn är avvikelserna från TS 1-3 och likheten med TS 5 tydlig (fig. 5). När det gäller fraktionen $<0,1$ mm $\geq 0,01$ mm ligger TS 4 mellan TS 2 och 3 medan TS 5 avviker genom en mindre andel siltkorn (fig. 4). Den observerade skillnaden, som TS 4 utgör, beror således främst på att detta är ett mindre prov som inte inkluderar lika många av de större sandkornen som de andra godsen. Det framgår även av figur 6, som visar spridningen i beräkningarna för de enstaka bildanalyserade ytorna (mellan 6 och 9 per tunnslip). TS 5 hamnar innanför samma spridning

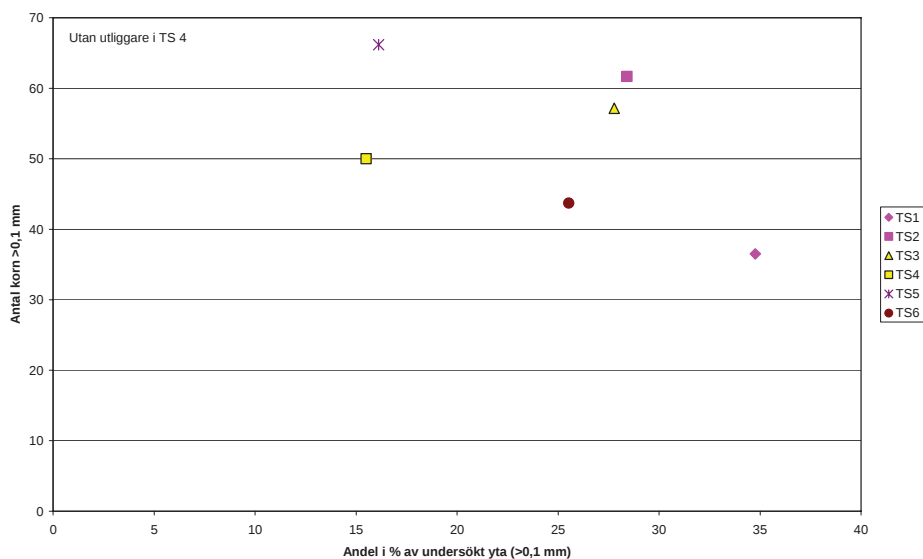
men i detta gods finns en tydligare övervikt av finsand. Detta gods innehåller emellertid också sandsten samt enstaka små korn av mörka mineral som TS1-4. Mineralogiskt hör det således till samma grupp som TS 1-4.



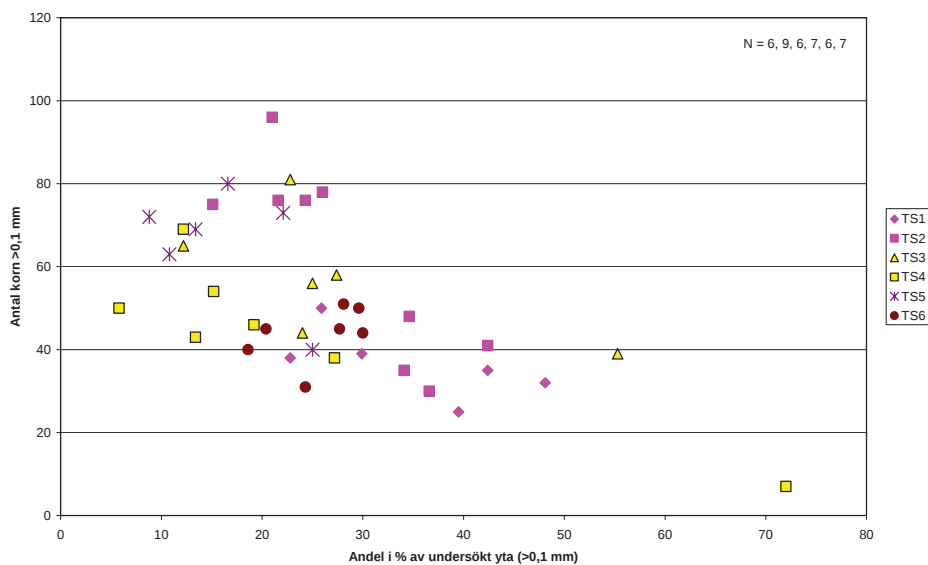
Figur 3. Diagram över relationen mellan antal och %-andel korn $\geq 0,1$ mm i tunnslipsanalyserade gods från Hedenstorp.



Figur 4. Diagram över relationen mellan antal och %-andel korn $< 0,1$ mm $\geq 0,01$ mm i tunnslipsanalyserade gods från Hedenstorp.



Figur 5. Diagram över relationen mellan antal och %-andel korn $\geq 0,1$ mm i tunnslipsanalyserade gods från Hedenstorp. I denna version har utliggaren i analysen av TS 4 utelämnats.



Figur 6. Diagram över relationen mellan antal och %-andel korn $\geq 0,1$ mm. Diagrammet visar spridningen i beräkningarna för de enskilda bildanalyserade ytorna av de sex tunnslipen (mellan 6 och 9 per tunnslip).

TS 6 har gjorts av prov 36 (lera) från lager 14 i nordugnen. Detta gods avviker tydligast i sin sortering från de övriga proven. Leran, som domineras av finsand/sand och har en maximal kornstorlek på 1,6 mm kan betecknas som en sorterad mellanlera alternativt en sorterad fin lera om sanden anses vara en tillsatt magring (Tabell 1). En tillsatt sand skulle i så fall uppgå till 25 % volym. En tredje möjlighet är att en finare lera

har blandats med den naturligt förekommande sanden som hela anläggningen har anlagts på.

Bildanalysen visar under alla omständigheter klart att det är sorteringen som gör TS 6-godset annorlunda. Den totala grovleken i fraktionen $\geq 0,1$ mm (inklusive sanden) är den samma som i TS 1-4 (fig. 3) medan spridningen i de enskilda analysresultaten är betydligt mindre (fig. 6). Det ska dock tilläggas att det i provet – om än inte i tunnslipet – också finns två 9-10 mm stora, rundade sandstenskorn. Andelen silt ($<0,1$ mm $\geq 0,01$ mm) är betydligt mindre (fig. 4), men det kan delvis bero på att detta gods inte är sintrat. Erfarenheten visar att sintring ökar antalet synliga siltkorn. Den mineralogiska sammansättningen av sandfraktionen är den samma som i de övriga proven med enskilda korn av mörka mineral, flera korn av olika typer sandsten samt bergartskorn med granitisk sammansättning.

Det är mindre troligt att provet TS 6 är samma lera som de andra proven men har fått en annan sortering av vind och väder. Om en sådan naturlig sortering tar bort en del av siltfraktionen skulle lerinnehållet också ha blivit mindre med en mycket grov lerig sand som resultat. Mera troligt är att det rör sig om en mellangrov variant på samma lera som använts i de andra godsens eller en fin lera som magrats/oavsiktligt blandats med en sorterad sand med en likartad mineralogisk sammansättning som sandfraktionen i de andra godsens.

Resultat av termiska analyser

Samtliga sex prov, som tagits från fragmentens lägst brända delar, har underkastats termiska analyser. Färgutvecklingen har registrerats mellan 500 och 1050°C och därefter sintringsbeteendet fram till 1300°C. På bas av provernas ursprungliga bränningstemperatur, färgutveckling och sintringsintervall har de kunnat uppdelas i tre grupper.

Prov 2,8 och 13 (TS1-3) som representerar de större fragmenten av ugnsvägg är också de som är mest påverkade av en ursprunglig, reducerande atmosfär inne i ugnskammaren. Effekterna av reduktionen släpper först efter bränning vid 700°C. Det finns inget som tyder på att detta döljer en lägre ursprunglig bränningstemperatur. Bränningstemperaturen på de lägst brända delarna av dessa fragment har utsatts för mellan 700 och 800°C. Färgutvecklingen fram till sintringspunkten varierar något. De två proven från nordugnen börjar sintra runt 1050°C medan det måste till en 50 grader högre temperatur innan sintringen sätter igång i provet från sydugnen. Samtliga tre prov är emellertid smälta eller nästan smälta efter att ha utsatts för 1300°C. När järnets flussande effekt tas med i beräkningarna kan man utgå ifrån att insidan av ugnarna utsatts för högst 1150-1200°C.

Prov 16 (TS 4) har en oxiderad bränningsfärg som inte verkar påverkat av reduktionseffekter. Den ursprungliga bränningstemperaturen har bestämts till 900-1000°C. Sintringsintervallet börjar vid 1050°C och slutar med ett nästan smält prov vid 1300°C. Det är enbart den högre ursprungliga bränningstemperaturen som skiljer detta prov från gruppen ovan. Den maximala temperatur den inre delen av provet har utsatts för

beräknas också här till 1150-1200°C. Provet kommer alltså från ett ställe i ugnen där temperaturen är lika hög men atmosfären i ugnskammaren mindre reducerande än på de ställen där proverna 2, 8 och 13 kommer ifrån.

Prov 22 och 36 (TS 5 och 6) placeras i samma grupp främst på grund av den ljusare färgen vid 1000°C i förhållande till övriga prov (Munsell 2,5YR/5YR 7/8). Bådas sintringsintervall börjar vid 1100 grader och slutar med nära smältning vid 1300°C. Lerprovet, prov 36, håller formen lite bättre vid den högsta temperaturen sannolikt på grund av sitt högre sandinnehåll. Provet är extremt skört från 800 grader och börjar spricka upp efter att ha utsatts för 1100°C. Detta beror högst sannolikt på att vissa av lermineralen i provet redan hade förstörts genom tidigare uppvärmning till 250-400°C medan andra (däribland kaolin) har kunnat rehydrera. Bindningarna inom godset är därför färre än i andra material.

Tunnslipet (TS 5) på prov 22 har en mycket klar temperaturgradient i sin zonerade färgvariation (fig. 2) från 5-700°C längst bort från slaggen till en temperatur runt 1100°C i den 0,5 mm breda zonen in till den fastbrända slaggen. Orsaken till de smala temperaturzonerna och samtidigt till de sprickor i godset, som också syns på fotografiet, är att temperaturpåverkningen har varit både snabb och kortvarig.

Utifrån resultaten av de termiska analyserna verkar således de tre större ugnsväggsfragmenten bestå av i stort sett samma lera. Prov 16/TS4 beter sig mycket snarlikt men det har bränts till en högre temperatur, vilket kan bero på fragmentets ringa tjocklek. Den lägst brända, oxiderade del som har kunnat analyseras sitter betydligt närmare värmekällan än på de större fragmenten.

Provet från slaggarpet prov 22 (TS 5) och prov 36 (TS 6) från nordugnen stämmer bättre överens med varandra än med de övriga proven och kan utgöra en annorlunda, eventuellt mindre järnrik lera. Avvikelsen kan också bero på att dessa prov är helt oxiderat brända i motsats till de andra prov som är mer eller mindre präglade av en reducerande atmosfär.

Sammanfattning

De större fragmenten av ugnsvägg från nordugnen och sydugnen (prov 2, 8 och 13) består av samma grova, osorterade lera. Detta talar snarast för att ugnarnas schakt har uppförts samtidigt. Värmen i de respektive ugnarna har givit de större proven 8 (TS 2) och 13 (TS3) snarlika zoneringsringar med en 2 respektive 1,7 cm bred sintrad blåsig zon längst in följt av en 1,5 respektive 1 cm bred sintrad zon och ytterst en 0,5 cm bred zon av lägre bränd lera. Det är inte möjligt att se om detta är resultatet efter flera körningar av ugnarna. Den intressanta skillnaden ligger i att medan nästan hela tjockleken av prov 8 från nordugnen är tydligt reducerat bränt, är motsvarande effekt bara synlig i hälften av tjockleken av prov 13 från sydugnen. Proverna på de två större ugnsväggsfragmenten har tagits från var sin ände av fragmenten, vilket betyder att det mera reducerade provet (prov 8) har suttit ca 10 cm längre inne i ugnskammaren än det mindre reducerade provet (prov 13). Detta

visar på att den reducerande atmosfären avtar ganska snabbt mot tappningsöppningen, som bör ha varit öppen. Detta gör det också mest sannolikt att prov 16 (TS4) kan härröra från en ännu ytligare placerat del kring tappningsöppningen.

Fragmentet av bränd lera från det norra slagggvarpet (prov 22, TS 5) skiljer sig i den termiska analysen ut från ugnsväggsfragmenten genom en annorlunda färgutveckling vid temperaturer över TCT-provets ursprungliga bränningstemperatur. Färgutvecklingen är däremot snarlik den för prov 36 från lager 14. Detta beror mest sannolikt på att även ugnsväggsfragmentens oxiderade delar har påverkats av den reducerande atmosfären i ugnarnas inre. Den annorlunda bränningsatmosfären som prov 22 utsatts för tillsammans med den tydliga temperaturgradienten och sprickorna i godset talar för att denna lera har utsatts för hög värme plötsligt och kortvarigt med fri syretillgång (fig. 2). Dessa förhållanden stämmer mycket väl överens med en lurfodring i en slaggräna. Delar av fodringen har följt med den stelnade slaggen när denna skyfflades över i varpet. Ytterligare studier av slagggproverna på GAL har visat på att långt de flesta har fastsintrat sand på den yta som har varit i kontakt med marken även om det också finns enstaka bitar som prov 22. Det är därför mest sannolikt att det bara rör sig om en kortare sträcka närmast ugnen som kan ha varit lurfodrad. Men det är i sig ett mycket intressant resultat att fragment av bränd lera påträffade i slagggvarp kan ha denna förklaring snarare än att tolkas som rester av ugnsvägg från skador på insidan av schaktet.

Överhuvudtaget har det inte i det analyserade materialet hittats några spår av skador eller rester av lagningar på schaktväggarna.

Lager 14 (prov 36) i nordugnen har en annan sammansättning än proven av bränd lera. Det kan som nämnts ovan ha olika förklaringar. Oavsett vilken har vi helt klart att göra med ett material som har bränts tidigare till temperaturer under 500°C och som tydligen har ingått i ugnskonstruktionen. En möjlighet är att lagret är resterna efter den yttersta delen av ugnsväggen. Detta skulle kunna vara en anledning till att godset har en annan sammansättning. Den yttersta delen av ugnen är även den sista delen av konstruktionen och råmaterialet kan komma från en lägre del av samma lertäkt med en annorlunda sortering.

En annan möjlighet är att lager 14 tillsammans med lika grova och ännu mera oplastiska lager 17 (prov 37) har utgjort en del av ugnens fundament och därigenom blivit delvis bränt. Även med denna förklaring kan leran komma från en annan, annorlunda sorterad, del av samma lertäkt som råmaterialet till ugnsväggen. En annan möjlighet är att en fin lera har blandats med sanden på platsen – mer eller mindre avsiktligt. I så fall har denna sand en intressant mineralogisk likhet med den osorterade sandfraktionen i ugnsväggsleran. Anledningen till detta kan vara den enkla att lertakten inte ligger så långt från det sandområdet, där ugnarna byggdes. Det finns ingen rimlig teknisk förklaring till att man i så fall har valt en finare lera till fundament. Sannolikt har den varit den omedelbart lättast tillgängliga när bygget startade. Leran till ugnsväggen däremot framstår som ett teknologiskt vettigt val.

Figurer

Figur 1. De båda ugnarna (2:a rensningen). Slaggvarp ligger till vänster respektive höger i bild. Tappningssidan är uppåt i bild. Från Ö. Foto från Jönköpings läns Museum.

Figur 2. De båda ugnarna (5:e rensningen) med tapprännor framme. Bottenslaggerna är kvar liksom tappslag i ränna vid den norra ugnen. Gropen i öster, bakom ugnarna är tömd. Från NV. Foto från Jönköpings läns Museum.

Figur 3. Bottenslaggerna prov 5 till vänster och prov 4 till höger sedda ovanifrån. Under dem ligger prov 11 (sticker fram i övre högra hörnet) från den norra ugnen som visar deras överensstämmelse i storlek.

Figur 4. Bottenslaggerna prov 5 och prov 4 sedda underifrån.

Figur 5. Prov 5 i tvärsnitt. Slaggen är huvudsakligen homogent uppbyggd men det förekommer dock inneslutna mindre slaggvolym, droppar, av något avvikande sammansättning (nästa figur)

Figur 6. Prov 5 fotograferad i mikroskopet. Slaggen domineras (exempel till vänster) av en större slaggvolym där olivinlameller förekommer i störst mängd. Tillsammans med dessa förekommer dendritisk wüstit och en glasfas samt enstaka små ansamlingar av metalliskt järn. De avvikande dropparna (ljusa fältet i högra delen) innehåller nästan enbart wüstit samt små mängder glas/olivin

Figur 7. Exempel på fragment av tappslag. Överst till vänster botten, till höger överytan och nederst i genomskärning.

Figur 8. Ugnsväggsfragment, prov 7 från norra ugnen av lera. Här är den uppställd bredvid bottenslaggen, prov 11, från samma ugn.

Figur 9. Prov 8, ugnsväggsfragment från norra ugnen med avtryck på utsidan av runda stenar.

Figur 10. Prov 8 i tvärsnitt, med stenavtryck nere till vänster. Insidan mot ugnsutrymmet syns uppåt i bild.

Figur 11. Tappslag, prov 10, från tapprännan vid norra ugnen sedd ovanifrån.

Figur 12. Tappslaggen prov 10 i tvärsnitt. Ett sandskikt framträder i botten liksom ett stort centralt hålrum. Slaggen är homogen i sammansättning.

Figur 13. Detalj från botten av prov 10. Kornstorleken ökar tydligt nerifrån och uppåt. Foto från mikroskopet.

Figur 14. Bottenslagg i två delar (prov 11) och tappslag i prov 10, sedda ovanifrån. Bottenslaggen (ena delen) är långsmalt oval och har en utväxt (andra delen) ut mot tapprännan.

Figur 15. Bottenslagg i två delar (prov 11) och tappslag i prov 10, sedda underifrån. Bottenslaggen (ena delen) är långsmalt oval och har en utväxt (andra delen) ut mot tappprännen.

Figur 16. Prov 11B1, tvärsnitt genom kanten, närmast de utskjutande tapparna. Här är slaggen homogen i sammansättning.

Figur 17. Prov 11B2, tvärsnitt genom centrala delar. Här framträder en betydligt mer komplext uppbyggd slagg. Ett bottenlager av slagg följs av slagg blandat med kiselrikt material.

Figur 18. Detalj på bottenslaggens 3 utskjutande ”tappar” De två största har passform med det utskjutande fragmentet i riktning mot tappprännen. En tredje (vid pilen) saknar fortsättning.

Figur 19. Prov 11B1. Slaggen domineras av olivin. Dessutom förekommer dendritisk wüstit och en glasfas. Kvartskorn förekommer också tämligen rikligt (markering). Foto från mikroskopet.

Figur 20. Prov 11B2. Slaggen domineras av olivin och glas (nedre vänstra delen). I övre högra delen ses en stor koncentration av kvartskorn. Foto från mikroskopet.

Figur 21. Prov 11B3. Detalj på etsat metallprov. Metallen, centralt i bild består av stål med varierande mängder ferrit (ljusa fält) och perlit (blåsträckliga områden). De svarta fläckarna är hålrum. Foto från mikroskopet.

Figur 22. Två fragment av rödbränd lera från prov 16 och prov 12 med passform. Leran saknar inslag av grövre fraktioner som finns i de större väggfragmenten.

Figur 23. Oregelbundet något välvt, väggfragment, prov 13 från södra ugnen. Insidan är smält lera med ett slaggsikt med runnen struktur.

Figur 24. Prov 13 i tvärsnitt. Där framträder dess välvda form liksom en kärna av smält material, där dock de grövre fraktionerna inte är smälta, och med ett yttre skikt av bränd lera. Det inre skiktet (uppåt) utgörs av slagg. Foto KFL.

Figur 25. Prov 15. Såväl flutna som mer trögflutna småslagger påträffade under bottenslaggen i södra ugnen.

Figur 26. Prov 15. Några av småslaggerna från föregående figur i tvärsnitt. Den högra innehåller homogen slagg, den vänstra även lite metalliskt järn.

Figur 27. Prov 17, bottenslagg från den södra ugnen sedan ovanifrån.

Figur 28. Prov 17 i genomskärning från den högra ytterkanten i föregående figur. Här framträder en homogen uppbyggd slagg där diffusa lager kan urskiljas med hjälp av koncentrationer av hålrum

Figur 29. Flera utsnitt nerifrån och uppåt i slaggen prov 17 som tydligt visar skilda sammansättningar i olika skikt. I botten finns fastsmälta sandkorn. I de ljus grå delarna högre upp dominerar olivin, i de ljusare delarna dominerar järnoxider och här och var finns insmälta kvartskorn.

Figur 30. Prov 20. Fragment av bränd lera. Till vänster den rödbrända sidan, till höger den smälta och i mitten ett tvärsnitt.

Figur 31. Prov 21A, bottenslagg med flera stora kolavtryck.

Figur 32. Bottenslaggen prov 21A i tvärsnitt. Slaggen är homogen i sammansättning och relativt rik på hålrum.

Figur 33. Tappslag prov 21B i genomskärning. Den är en homogen uppbyggd slagg med ansamling av små hålrum nära överytan. I botten finns ett tunt skikt av sand.

Figur 34. Detalj på den wüstitrika slaggen i prov 21A. I nedre vänstra hörnet syns ett kolstycke. Foto från mikroskopet.

Figur 35. Detalj från överytan i tappslaggen prov 21B med koncentration av magnetit som en ljus bård. Foto från mikroskopet.

Figur 36. En av de rostbruna klumparna i prov 25 i tvärsnitt med en koncentration av metalliskt järn som innehåller en del hålrum.

Figur 37. Prov 26B. Koncentration av svampigt metalliskt järn (vitt) i wüstdominerande slagg. Foto från mikroskopet.

Figur 38. Några av de rostbruna klumparna i prov 27.

Figur 39. Två av klumparna från prov 27 (prov B och A) visar i tvärsnitt koncentration av metalliskt järn och en del hålrum.

Figur 40. Prov 27B. Ferritiskt järn (ljus bruna fält) omgivet av olivinrik slagg (flera grå nyanser). Foto från mikroskopet.

Figur 41. Prov 29A. Ferritiskt järn med en större och flera mindre slagginneslutningar (grå) och hålrum (svarta). Foto från mikroskopet.

Figur 42. Prov 29B. Hårt kolstål dominerat av perlit (blå-brun spräckligt). De grå ytorna är rost och de svart hålrum. Foto från mikroskopet.

Figur 43. Förhållandet mellan aluminium och kalcium jämfört med förhållandet mellan kalium och magnesium i slaggar från Hedenstorp jämfört med andra lokaler i landskapet. Linjerna och indelningen är hämtade från Buchwald och Wivel (1998).

Figur 44. Jämförelse av slaggernas innehåll av barium och mangan. Båda ämnena är tämligen konstanta och låga i slaggerna från Hedenstorp jämfört med slaggerna från

Lundströms Plats och Öggestorp (referenser i texten). Slaggerna från denna undersökning är markerade med provnummer.

Figur 45. Jämförelse av slaggernas innehåll av barium och mangan. Föregående diagram är utökat med referensdata (se texten). De båda ämnena samvarierar, men i olika proportioner på olika platser (antytt av de två linjerna) i landskapet.

Figur 46. Jämförelse av slaggernas innehåll av magnesium och titan. Diagrammet visar tydligt en ökande titanhalt med en ökande magnesiumhalt, men med olika proportioner i olika regioner.

Figur 47. Jämförelse av slaggernas innehåll av vanadin och titan. Samtliga slaggar från Jönköpingsområdet, inklusive de nu analyserade är bland dem som har lägst innehåll av vanadin i analyserade småländska slaggar. Resultaten i den markerade rutan urskiljs tydligare i följande diagram.

Figur 48. Detalj ur föregående diagram. Här kan vi notera att de två slaggerna (prov 5 och 17) som avvek med avseende på magnesium, uppvisar större likhet vad gäller vanadin.

Figur 49. Jämförelse av slaggernas innehåll av de sällsynta jordartsmetallerna lantan och cerium. De flesta slaggerna är väl samlade kring låga värden för båda ämnena förutom en slagg vardera från Öggestorp och Lundströms Plats. De flesta slaggar förefaller formera sig längs en tänkt linje från origo mot ökande halter på både cerium och lantan. En av slaggerna (möjligen två) från Hedenstorp och två från Lundströms Plats hamnar något utanför denna linje mot förhöjda ceriumhalter (se nästa diagram).

Figur 50. Föregående diagram har utökats med referensdata från Småland, Östergötland och Västergötland (GALs databas). Den svarta linjen visar schematiskt slaggar som saknar eller har liten ceriumanomali. Den blå markerar slaggar med liten negativ ceriumanomali, medan de röda visar liten respektive mer markant ceriumanomali. Den senare linjen indikerar tydligt en betydligt brantare lutning på linjen, dvs. mot förhöjda ceriumhalter där två av slaggerna från Hedenstorp RAÄ 338 passar in.

Figur 51. Rekonstruktionsförslag av parugnarna på Hedenstorp RAÄ 186. Teckning: L-E Englund, Från Englund & Grandin 2002, fig 21. En bild som i stora drag kan användas även för denna undersökning.

Tabellförteckning

Tabell 1. Prover från Hedenstorp 1:3, RAÄ 338 Sandseryds sn, som undersökts av GAL.

Tabell 2. Totalkemiska analyser av slaggar och ett malmprov (nr 35). Den första delen av tabellen presenterar halter av huvudelementen i viktsprocent medan andra delen presenterar halter av spårelement i mg/kg. Analyserna är genomförda av ALS Scandinavia AB, analys nr L0907781 och L0907813. Allt järn är återgivet som Fe_2O_3 vilket medför höga totalsummor. Vid omräkning till FeO minskar totalsumman.

Med anledning av planerade industrietableringar inom Hedenstorp vid Axamo flygplats har Jönköpings läns museum undersökt en järnframställningsplats med två blästugnar, tretton kolningsgropar, två kolbottnar efter liggmilor, fyra kolbottnar efter resmilor samt en kolarkojgrund.

Blästugnarna var av liknande typ som de som tidigare undersökts på och kring Axamo flygplats och Hedenstorp och dessutom samtida med dessa. Små parugnar med en invändig storlek om ca 0,4 x 0,3 meter, uppbyggda av lera och stenar, daterade till ca 1030–1280 e.Kr., sen järnålder-tidig medeltid.

En viktig fråga inför undersökningen handlade om var det tillverkade järnet till slut hamnade. Resultat från undersökningar av hantverksplatser vid Lundströms plats i Jönköping, har visat att det järn som bearbetats varit i första hand blästjärn. Analyser av slaggar från Hedenstorp visar nu likheter med smidesslaggar från Lundströms plats, varför frågan om vart Axamojärnet tog vägen kanske har fått början till ett svar.

Kolningsgroparna som undersöktes daterades till samma period som järnframställningen och har försörjt denna med kol. Kolningen har troligen sedan fortsatt med liggmilor under medeltid och resmilor under historisk tid, fram till 1800–1900-tal.