

# Järnframställningsplats i Böle

## Arkeologisk undersökning av RAÄ Rätan 30:1

Rätans socken, Bergs kommun, Jämtlands län

Anna Engman



RAPPORT – JAMTLI 2017:20  
ISSN 1654-2045

Utgivning och distribution:

Jamtli

Box 709

831 28 Östersund

Tel. 063-15 01 00

Fax 063- 10 61 68

© Jamtli 2017

Kartmaterial © Lantmäteriet. Ärende nr MS2006/02204

Redigering och layout av framsida: Lena Ljungqvist

Bilder: Anna Engman

Jamtli medger spridning av dokumentationsmaterialet med Creative Commons-licensen CC BY, undantaget Lantmäteriets kartor samt annat upphovsrättsskyddat material.

ISSN 1654-2045

## **Innehållsförteckning**

Bakgrund	1
Fornlämningar och historik	2
Lämningsbeskrivning	2
Forskningshistorik	2
Problemställning	4
Metodval	5
Undersökning	5
Ugnsanläggning	6
Slaggvarp	8
Malmupplag	9
Kolupplag	10
Tolkningar av undersökningsresultat	10
Analyser	12
Dateringar	13
Avslutande diskussion och sammanfattning	13
Tekniska och administrativa uppgifter	15
Referenser	16
Källor	16
Bilagor	17
Vedartsanalys	
C-14	
Arkeometallurgiska analyser	

## Bakgrund

I samband med att Trafikverket påbörjade arbetet med att bygga om väg 315 mellan Rätan och Utanbergsvallarna uppdagades att en slaggförekomst (Rätan 30:1) låg inom det planerade arbetsområdet. Jamtli gjorde 2010 en utredning av vägsträckan men då Trafikverket ändrat på vägsträckningen efter det, uppdagades först efter att arbetet påbörjats att slaggförekomsten skulle påverkas av bygget.

Länsstyrelsen tog då beslut på en förundersökning av slaggförekomsten (Dnr 431-3559-2016) för att säkerställa om det är slagg efter järnframställning eller om det är smidesslagg. Då förundersökningen visade att det rörde sig om slagg efter järnframställning så togs beslut på en slutundersökning (samma diarienummer) av järnframställningsplatsen (blästplatsen).

Arbetet genomfördes under maj och juni månad 2016. Ansvarig för undersökningen var antikvarie/ärkeolog Anna Engman, Jamtli.



*Översiktskarta över Böle by i Rätans socken. Undersökningsytan ligger inom den blå fyrkanten.*

## Fornlämningar och historik

Byn Böle finns belagd i skriftliga källor från 1561 (ND 15 698) men det finns även en uppgift i Ortnamnsarkivet om en by vid namn Böle redan 1435. Det finns dock inte någon sökbar källa till den uppgiften.

Det finns nedanför slutningen väster om byn två ödesbölen registrerade i FMIS. Ödesbölen anses oftast överges under 1300-1400-tal för att sedan inte återupptas när tiderna blir bättre igen. Det samma bör ha skett i Böle och det ska vara efter detta som byn flyttade upp i backen där den ligger idag.

Runt byn finns flertalet kända järnframställningsplatser av olika typ. Två järnframställningsplatser mellan Klaxåsen och Bryngelhögen (Rätan 114:1, Rätan 115:1) har undersökts och daterats till 1211-1425 och 1329-1535. Rätan 114:1 bestod av en kallmurad ugn, slaggvarp, fällsten och en yta som var rostfärgad. Den intilliggande Rätan 115:1 bestod av två ugnspatser med ugnar, slaggvarpar, malmlager, rostad malm och fällstenar. I området runt Vitvattnet finns flertalet järnframställningsplatser registrerade och två (Rätan 2014:1 och Rätan 2015:1) har undersökts och daterats. Rätan 204:1 är yngre än 250 år och Rätan 2015:1 daterades till 1354-1568. Även vid dessa har ugnar, slaggvarpar, fällstenar och rostad malm hittats. Vid samtliga undersökta platser finns det ytor som är täckta med kol och sotlager.

## Lämningsbeskrivning

Slaggförekomsten registrerades i samband med fornminnesinventeringen 1971 och bedömdes som en förmodad utschaktad slaggvarp, med viss reservation för att det kan vara platsen för en smedja. Slaggförekomsten berördes inte av den utredning som gjordes 2010 eftersom den tänkta vägrätningen då skulle dras runt byn Böle. I och med att det alternativet inte längre är aktuellt hamnade slaggförekomsten inom det planerade arbetsområdet.

Beskrivningen av platsen före förundersökningen löd:

*Slaggförekomst, 5x5 m och intill 0,2 m b. I markytan av förmodligen utschaktat slaggvarp finns mycket talrikt med mestadels små bitar av slagg. Enstaka bitar intill 0,15 m st förekommer. Slaggen är tung, blågrå till brunsvart, oftast kornig och föga fluten. I SÖ, S och SV samt NNÖ syns övertorvade upphöjningar.*

*Kan möjligen vara plats för smedja.*

## Forskningshistorik

Järnframställning har förekommit i Jämtlands län sedan 300-talet efter Kristi födelse. De äldsta järnframställningsplatserna ligger utefter sjöstränder och råvaran hämtades från sjöbotten (sjömalm) medan de yngre ligger i skogsmark och råvaran kommer från myrar i närheten. Själva processen går till så att malmen hämtades från sjön eller myren och rostades för att få bort kemiskt bundet vatten. Sedan lades malmen i en blästerugn varvat med kol och blåstes till en temperatur som gjorde att slaggprodukterna smälte, men inte järnet. Slaggen tappades ur ugnen via ett hål i botten på ugnen. Järnbiten togs upp och bearbetades på plats för att få bort mer slaggprodukter innan den sedan tog hem till smedjan. Järnet som produceras i dessa typer av ugnar är smidbart på en gång och behöver inte ytterligare renas eller liknande. För att elda en blästerugn går det åt kol, så även ett förråd av detta behöver ordnas innan processen startas. De rester som vi idag kan se efter den här verksamheten är rostningsplatsen (ofta en yta med rödaktig malm som är magnetisk), kolningsanläggning (kolbotten eller kolningsgrop) eller kolupplag, slaggvarpar, ugnsröster och ibland en särskild fällsten för bearbetning av järnbiten.

De beräkningar som gjorts på hur mycket järn som tillverkats i Jämtlands län under perioden då blästerugnar användes tyder på att det har funnits järn i sådana mängder att det inte bara fyller gårdens eget behov utan det finns utrymme för avsalu eller byteshandel. För att göra handeln med järn enklare gjordes så kallade ämnesjärn som hade en förutbestämd form och visade att järnet man köpte eller bytte till sig var smidbart. Det har hittats fler undangömda lager med ämnesjärn på olika platser i länet, det största är från Månsta i Näs socken och innehöll 136 stycken ämnesjärn (Hemmendorf 2002).

Järnframställning har bedrivits i stora delar av länet men socknarna Rätan, Oviken, Myssjö, Offerdal, Sveg, Ytterhogdal, Älvros och Lillhärdal uppvisar en högre koncentration av dessa platser. Detta kan dock vara en inventeringsteknisk fråga delvis. Järnframställningsplatser är svåra att hitta i naturen då placeringen av dem inte är förutsägbar som en del andra lämningar är. Detta till trots så finns det delar av länet (se ovan) som utmärker sig mer än andra i just den här frågan. Enligt Gert Magnusson (1986, s 307) så fanns det 1986 inga järnframställningsplatser registrerade i Revsunds tingslag men det finns skrivna källor som säger att 16 bönder betalade sina skatter i järn. Här handlar det om att arkeologerna inte hittat platserna för järnframställningen och ser man i FMIS idag så upptäcker man att det tillkommit järnframställningsplatser i registret efter 1986 (Magnusson 1986).

Det stora verk som behandlar järnframställning i Jämtlands län är den avhandling som Gert Magnusson lade fram 1986 vid Stockholms Universitet. Under 1970-talet undersökte han ett stort antal järnframställningsplatser i länet och kunde ge en detaljerad bild av hur verksamheten bedrivits, vilken typ av lämningar som finns på platserna, hur dessa var konstruerade samt dateringar av platserna. Utöver de tekniska faktorerna lades stor vikt på de sociala och ekonomiska aspekterna på hanteringen av järn i länet. Magnusson kunde påvisa att teknologin inte ändrats mycket under de 1700 år som det han kallar lågteknisk järnframställning pågått i länet. De anläggningar man förväntas finna på en järnframställningsplats förändras inte över tid. Han menar även att järnhanteringen var en mer eller mindre viktig bisyssla hos den i övrigt jordbrukande befolkningen och att handeln med järn bedrevs mot maktcentrumen i Medelpad, Hälsingland och Tröndelag med troligt hög påverkan därifrån (Magnusson 1986).

Utöver de stora undersökningar som Magnusson gjorde under 1970-talet har inte så många kompletta järnframställningsplatser undersökts i länet men 1994 undersöktes RAÄ Överhogdal 47:1. Undersökningen påvisade en ugn av Evenstadstyp (se bild på s 11), slagghvarp, fällstensvarp, fällsten samt malmupplag. Dateringen på den platsen visade att ugnen anlagts under 1300-talet och att den använts en bit in i 1400-talet. En kolbotten som hittades ca 60 öster om ugnen daterades även den men gav en datering på 1600-tal så den har inget med framställningen av järn på den här platsen att göra. Dateringen på järnframställningsplatsen sammanfaller med den första bebyggelsen i Överhogdals by. I samband med undersökningen tillvaratogs malm som det gjordes ett försök att göra smidbart järn av. Försöket genomfördes av KG Lindblad i Rätan som smälte järn i en kopia av en blåsterugn. Resultatet blev att från 15 kg rostad malm kunde han utvinna 2,2 kg råjärn som sedan resulterade i en smidd ten på 0,8 kg. Malm som KG Lindblad själv hämtat från sina platser ger 1-2,3 kg råjärn av 16 kg rostad malm som sedan smids till 0,5-1 kg ämnesjärn. Resultaten bedömdes som likvärdiga (Hansson 1998).

I Jämtlands län har tidigare endast en järnframställningsplats metallurgiskt analyserats och det är RAÄ Ytterhogdal 165:1. I samband med att väg 45 (numer E45) skulle breddas och rätas ut i början av 2000-talet gjordes en förundersökning samt att det togs prover på rödjord, rostad malm samt slaggh som sedan analyserades metallurgiskt av Geoarkeologiskt Laboratorium.

De koncentrationer av järn som återfanns i slagghstyckena var av kolstålqualität och lämpar sig väl till skärande verktyg. Kolhalten i järnet var genomgående höga och det betyder att processen genererat höga temperaturer. Detta kan även förklara varför det fanns så mycket metalliskt järn i slagghen. Ju varmare järnet blir desto mer lättflytande blir det och då blir det även svårare att koncentrera järnet till smältan och mycket hamnar i slagghen. Det kan ha varit så att detta varit medvetet. Resultatet av den höga temperaturen blir ett gott kolstål och då kan man acceptera den förlust av järn som blir. Det har även bildats en del gjutjärn med ännu högre kolhalter. Detta

är troligen inte ett medvetet resultat utan detta har skett lokalt runt t ex kolstycken. Malmens kemiska sammansättning tyder på att den rostade malmen har sitt ursprung i området. Malmerna och slaggerna visar även de på att de kemiskt hör samman men det går inte utifrån det ringa materialet att se om slaggerna kommer från samma blåsning eller om det är fler. Om slaggerna kommer från flera blåsningar i ugnen så har personen som gjort detta varit bra på att skapa exakt samma förutsättningar i ugnen vid fler tillfällen (Oscarsson 2000).

## Problemställning

Av de järnframställningsplatser som tidigare undersökt i Jämtlands län är det endast en som genomgått metallurgiska analyser, Ytterhogdal 165:1, år 2000. Tidigare undersökningar har framför allt syftat till att datera anläggningen samt att dokumentera ugnstyp. I de fall ytterligare analyser utförts har det varit på enbart slagg.

I Rätan har vi tillgång till samtliga delar i produktionen. Dvs rostad malm, reduktionsslag, primärsmide (fällstensslag) och färdigt järn (mindre bitar rent järn påträffades vid förundersökningen). Förslaget var därför att låta undersökningen fokusera på geoarkeologiska analyser för att kunna beskriva hela processen från malm till färdigt järn. Detta skulle ge värdefull information om vilken typ av malm som använts, hur effektiv processens olika steg varit samt vilken kvalitet på järnet som erhållits. Bedömning av platsens potential för analyser gjordes i samråd med laboratorieföreståndare Eva Hjärthner-Holdar på Geoarkeologiska laboratoriet i Uppsala vilka också kommer att utföra analyserna

Därutöver dokumenteras hur järnframställningen varit organiserad, volymberäkning av slaggar samt ugnens konstruktion.

Datering av järnframställningen ger möjlighet att relatera dem till bygdens bebyggelseutveckling såsom den är känd och övriga järnframställningsplatser i området.

## Frågeställningar

De frågeställningar som beskrevs i undersökningsplanen var följande:

- 1/När har järnframställningsplatsen använts?
- 2/Hur har järnframställningsplatsen varit organiserad och vilken ugnstyp har använts.
- 3/Hur effektiv har järnproduktionen varit och vilken kvalitet på färdigt järn har man kunnat framställa?

## Metodval

De metoder som identifierades i undersökningsplanen var som följer:

Genomgång av äldre lantmäterikartor och arkivmaterial i samband med förundersökningen.

Avtorvning och framrensning i samband med förundersökningen.

Slutundersökningen genomförs genom att det efter planritning läggs schakt genom slaggar, malmupplag/rostningsplats, fällstensvarp. Ugnen töms och grävs i profil. Prover för geoarkeologiska analyser tas från slaggar, fällstensslag, rostad malm samt färdigt järn.

Prov för datering och vedartsanalys tas från slaggvarpet, från rostningsplatsen samt ur ugnen. Analysmaterial för metallurgiska analyser tas ur slaggmaterialet, malmen och ev järn.

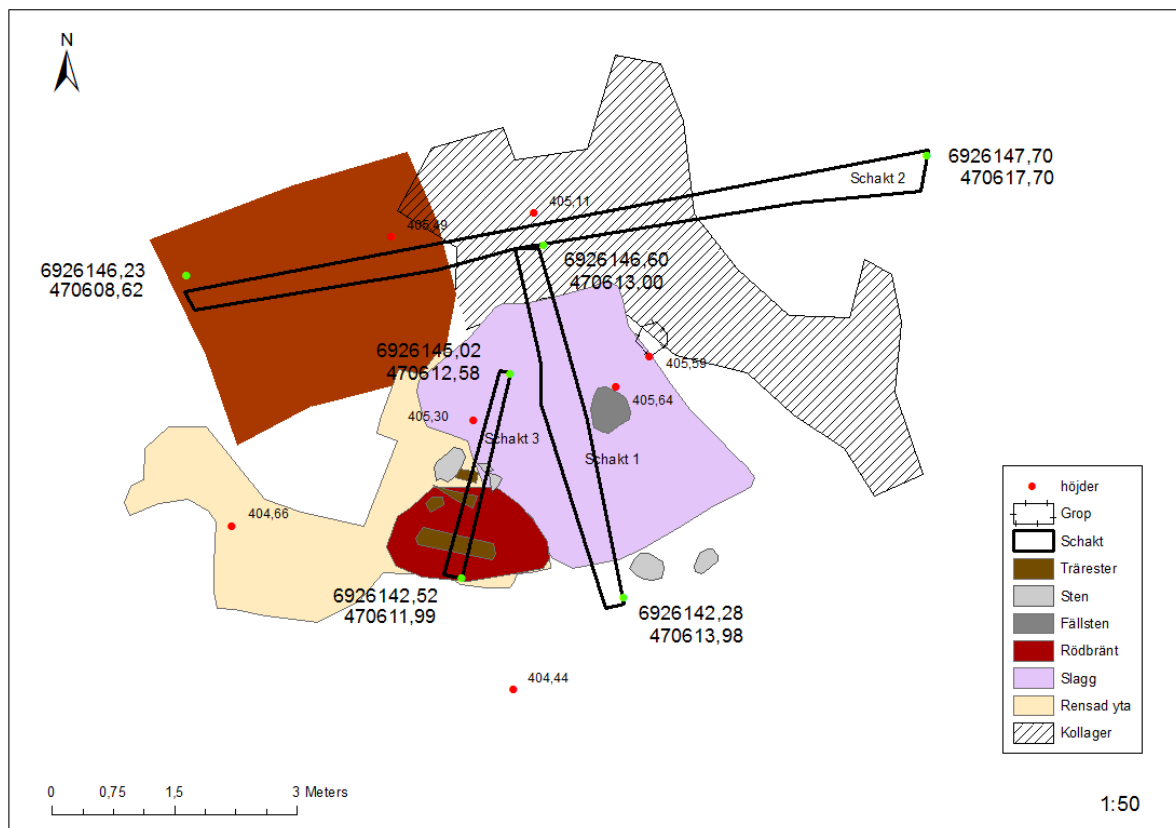
Inga avsteg gjordes utifrån undersökningsplanen.

## Undersökning

Undersökningen startade med att en förundersökning gjordes på Rätan 30:1 då det i fornminnesregistret var registrerat som en slaggförekomst och att den eventuellt kunde vara från en smedja och i så fall inte en fornlämning.

Förundersökningen inleddes med att hela ytan som berördes röjdes fram. Redan vid de första tagen med grävskopan vid avtorvningen framkom ett kraftigt kollager och ett tydligt slaggvarp. Efter telefonkontakt med Länsstyrelsen övergick förundersökningen direkt i en slutundersökning av den del av järnframställningsplatsen som låg inom vägarbetsområdet.

Totalt banades 103 m<sup>2</sup> av och torvlagret avlägsnades. Direkt under torven kunde konstateras att kollagret samt slaggvarpet var större än vad som framkom vid förundersökningen. Det framkom även en yta med rostad malm, en fällsten samt ett område med rödbränd jord.



### Ugnsanläggning?

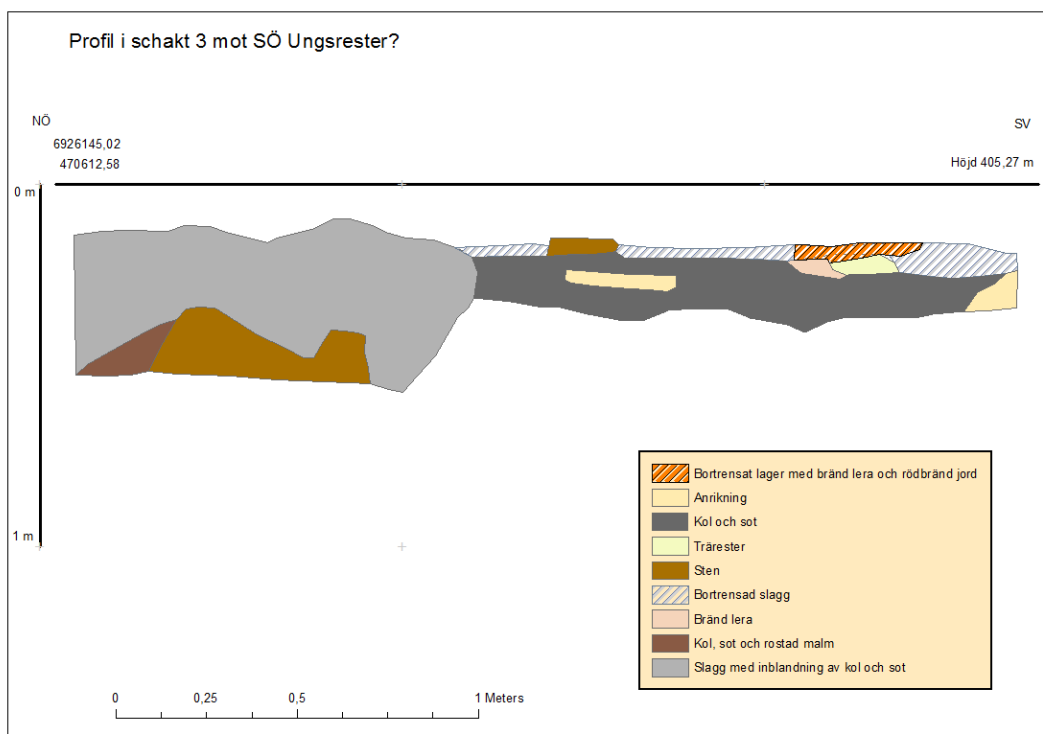
Före undersökningen kunde inga rester av ugnen ses på platsen. Efter avtorvningen framkom en yta med rödbränd jord i SV kanten av slaggvarpet, samt i NÖ-delen av slaggvarpet en grop. Båda dessa platser antogs kunna vara rester av en ugn. Vid vidare undersökning visade det sig att det inte fanns något i gropen som tydde på att det varit en ugn där. När ytan med den rödbränd jordens rensades framkom murkna trärester. Schakt 3 lades genom den rödbränd ytan (NNÖ-SSV) för att se om det kunde finnas ytterligare rester av en ugn





*Bild på ugsanläggning sedd från väster.*

Under de murkna träresterna fanns ett lager med kol och sot men inga fler konstruktionsdetaljer av trä eller sten. Inte heller lagret med bränd lera som fanns i anslutning till den största träbiten fortsatte ner i profilen.

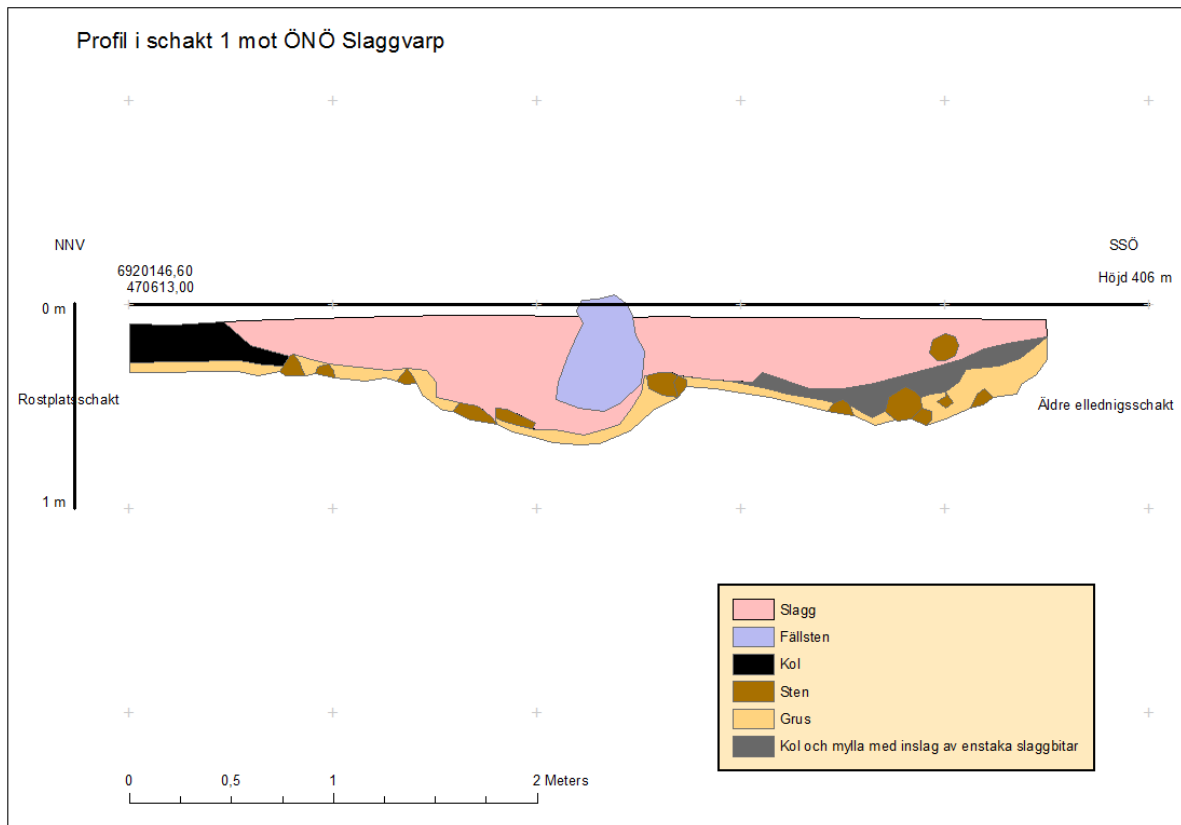




*Profil genom ugnsanläggning mot öster.*

### **Slaggvarp**

Slaggvarpet var det första som framkom vid förundersökningen och efter avtrovning visade det sig att det var rektangulärt till formen och 3,5x2,5 m (NV-SÖ) stort med en höjd av 0,1 m. Mäktigheten på slaggvarpet var 0,17-0,54 m. I slaggvarpet låg en fällsten med tillhörande fällstensvarp. Slaggvarpet och fällstensvarpet var tämligen hopblandat men med en ändå tydlig koncentration av primärsmidesslagg i nära anslutning till fällstenen. Slaggvarpet var i SSÖ påverkad av de schakt som grävts då elledning och vatten och avlopp dragits efter vägen. I NNV anslöt slaggvarpet till den kolkoncentration som uppdagades där.

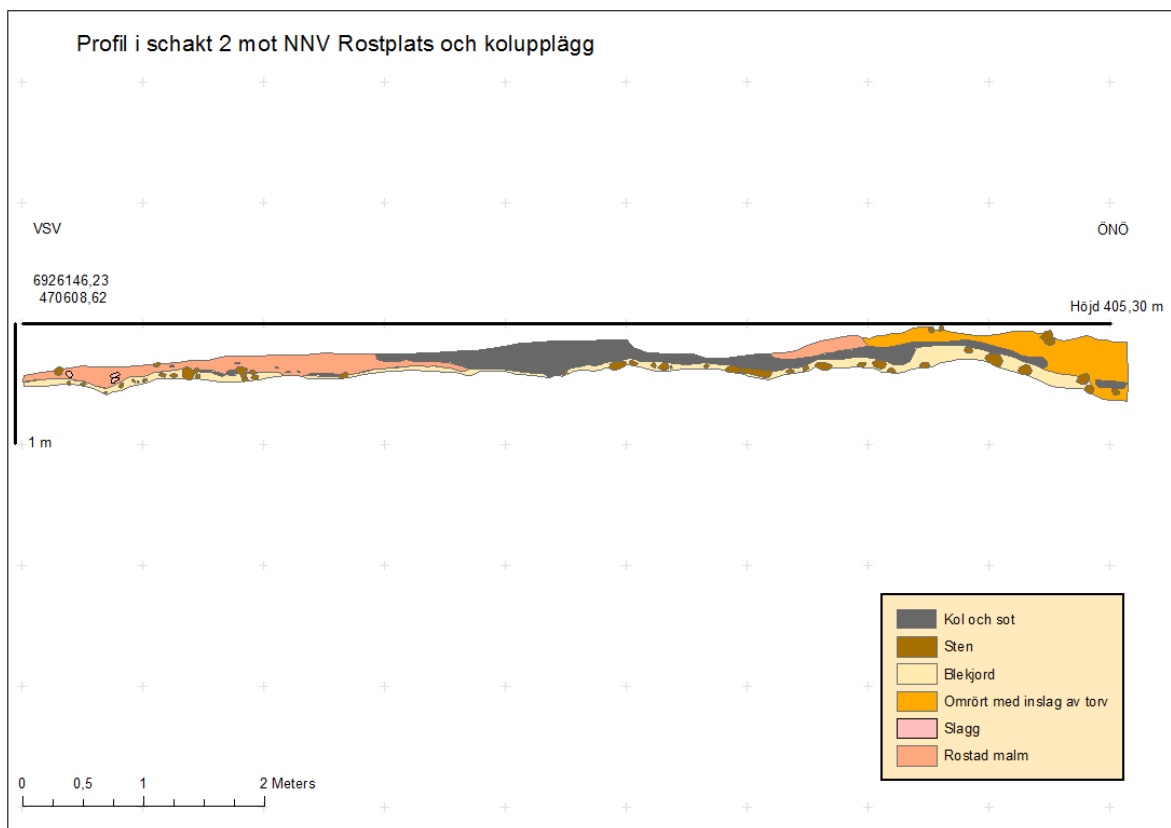


Slaggen var både blåsig och mer vass i kanterna och från små ärtstorlek till 0,2 m st. Primärsmidesslagen var den som till största delen innehöll de små blåsiga och droppformade slaggbitarna medan slaggvarpet innehöll större bitar slagg. Bland slaggen fanns, både bland de små och stora bitarna, bitar som var starkt magnetiska.

Totalt tillvaratogs ca 20 kg slagg för analyser. I slaggen återfanns på okänd plats minst en slaggbit som tolkades som ett avtryck från forman.

### Malmupplag

Direkt under torven uppdagades NV om slaggvarpet ett malmupplag. Malmupplaget visade sig vara 3,2x2,6 m stort och med en mäktighet av 0,05-0,16 m. I lagret med rostad malm finns ett antal stenar men inga rester efter virke eller kol och sot vilket antyder att detta inte är rostplatsen utan det har skett på annan plats. Malmen var magnetisk och det råder ingen tvekan om att den är rostad.



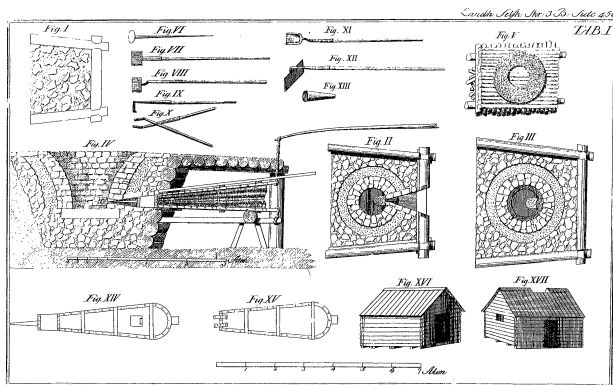
### Kolupplag

I malmupplagets ÖNÖ del övergår den i ett kolupplag med en oregelbunden form 7x0,8-4 m stor med en mäktighet av 0,07-0,29 m. Kolupplaget försvinner in under torven i NNV utanför vägarbetsområdet. Mellan 5 och 6,5 m syns i profilen det område som tovades av vid förundersökningen. Där syns även att delar av kollagret försvunnit i och med detta ingrepp.

## Tolkningar av undersökningsresultaten

Platsen för järnframställningsplatsen ligger så pass nära vägen att delar av den kan vara förstörd av tidigare ingrepp vid vägbyggen samt att det dragits ledningar utefter vägen. Det är även ganska tydligt att man vid något tillfälle planat ut marken på platsen. Detta gör att vissa rester efter järnframställningen har försvunnit under årens lopp.

Platsen för den rödbrända jorden och träresterna tolkas som rester av en ugn liknande den som grävdes ut 1994 i Överhogdals socken (Överhogdal 47:1). Där fanns tydliga rester efter en så kallad Evenstadsugn (Hansson 1998).



Bilden till vänster föreställer konstruktionen av en Evenstadsugn (Espelund 2008, s 65). Den högra bilden visar rekonstruktionen av en Evenstadsugn som finns vid Hammarede. (Foto: Anna Engman)

Träresterna och den rödbrända jorden skulle kunna vara de utspridda resterna av själva ugnen. Det finns ingen grop i anslutning till denna plats som skulle vara själva ugnsgropen men i slaggen runt om finns rester av ugnsväggar blandad i slaggen på olika nivåer vilket också kan tyda på antingen att ugnen raserats vid en utplaning av marken eller så är det rester från återanvändning av ugnen. Om ugnen legat precis på den här platsen är osäkert men den rödbrända ytan skulle kunna vara botten på ugnen.

Ser man till de övriga registrerade järnframställningsplatserna i närområdet så finns det både uppbyggda ugnar (typ Evenstadsugn) och de som bara består av en stenkädd grop. Ca 1 km SV om den undersökta platsen finns en registrerad ugn (Rätan 47:1) som beskrivs som uppbyggd med en höjd av 0,5 m och 2 km NV om platsen finns ytterligare en uppbyggd ugn (Rätan 179:1) som är 0,5 m hög. Då det finns ugnar av båda typer så är en tolkning av att det skulle kunna vara en uppbyggd ugnen inte att helt förkasta och det finns ju rester av något som går att tolka som en ugnsbotten.

Det som först tolkades som en rostplats visade sig senare mer troligt vara platsen för upplägget av den rostade malmen. En rostplats innehåller rostad malm men även kol och sot från rostningsbålet. (Magnusson 1986) Frånvaron av kol och sot i malmen tyder på att den rostats på annan plats och sedan forslats till blästerugnen. Det mest sannolika är att det är myrsmalm som använts på platsen och den rostas på plats vid myren då den innehåller så mycket organiskt material så det inte lönar sig att forsla malmen orostad till järnframställningsplatsen. (Espelund 2008) Att upplägget har en rektangulär form är alltså inte ett resultat av att rostningsbålet brukar ha den formen utan det finns troligen andra orsaker till den formen.

Den stora kolkoncentrationen tolkas som ett kolupplag även om det skulle kunna vara en kolbotten (rest efter kolmila). Skillnaden kan vara minimal men i resterna efter en kolmila så kan det finnas rester av det virke man bränt i botten och det har vi inte hittat några rester av på den här platsen. Dock gjorde vi bara ett schakt igenom och banade inte av hela kolytan för att se hur det såg ut i botten av den.

# Analyser

## Arkeometallurgiska analyser

Uppdraget att genomföra de arkeometallurgiska analyserna gick till Arkeologerna, SHMM, Geoarkeologiskt laboratorium (GAL) som även gjort de tidigare analyserna av slagg från länet.

De arkeometallurgiska analyser och frågeställningar som bedömdes vara möjliga att göra och besvara var följande:

- Okulär bedömning av materialet under provurvalet. Kan t.ex. slaggerna utseende säga nått om ugnstyp?
- Utvalda slagger (reduktion och primärsmide) analyseras ingående och definieras.
- Malm analyseras för definiering och jämförelse med slagg.
- Kan slagg och malm grupperas utifrån mineralogiskt och totalkemiskt innehåll?
- Mikrosond: Mikrokemisk analys för identifiering av okända komponenter i enstaka utvalda prov, t.ex. kristaller/faser i slagg eller kemiskt innehåll i järnets slagginnslutningar för jämförelser med övriga analyser.
- Kan kemidata från malm och slagg påvisa om det finns flera källor och leverantörer av malm, och kan dessa härledas till tidigare kända järnframställningsplatser genom jämförelser med tidigare analysdata?
- Vad kan analyserna av slagg och malm säga om utbytet av järnframställningsprocessen?
- Provpreparering av 8 kol för extern 14C-datering och vedartsanalys.

Prover från slagg, malm och järn gjordes genom att en mindre, men representativ, del sågades bort och preparerades till tunnslip eller polerprov för studier i mikroskop. Kemiska analyser av slagg och malm kräver att en något större bit provtas och analyseras.

Metoderna för de arkeometallurgiska analyserna inkluderade petrografi/metallografi av slagg, malm och järn med optisk mikroskopi samt totalkemiska kemiska analyser av slagg och malm. Mikrokemiska analyser av ett fåtal utvalda prov utfördes i mikrosond. Resultaten jämförs med relevanta data främst från GAL's databas (även övriga data), tolkas, utvärderas och presenteras i en rapport i GAL's rapportserie. (Bilaga 3)

Resultaten av de genomförda analyserna visar att slaggen i slaggvarpet är reduktionsslagg som stelnat inne i en ugn, bortsett från slaggen från primärsmidet. Järnframställningen har skett i en schaktugn med slagguppsamling i ugnens nedre del. Konstruktionen har varit klädd med lera och lufttillförseln har skett med hjälp av en eller flera bälgar. Blästeringången har legat ganska nära botten av ugnen. Slaggerna visar att ugnen/ugnarna använts vid flera tillfällen. Även om det inte är möjligt att påvisa en eller flera ugnar så har all järnframställningen skett i samma ugnstyp och med likartad processteknik. Råvaran, malmen, har olika sammansättning vilket kan tyda på olika blåsningar och olika platser för ursprunget av malmen. Mätningar av mängden utvunnet järn har i detta fall för många felkällor för att låta sig göras. Däremot kan man i metallavfallet se att resultatet av blåsningarna gett mjukt järn, kolstål och gjutjärn. För mer detaljerade resultat se bilaga 3, GAL rapport 2017:02.

## Dateringar

Material från kolupplaget kunde vedartsbestämmas och dateras.

Vedartsanalysen genomfördes av Vedlab Vedanatomi-labbet i Glava. Kolbitarna var av tall och bedömdes ha låg egenålder. (Bilaga 1)

BETA Analytic genomförde C<sup>14</sup>-analysen av kolmaterialet (Beta-463444) från kolupplaget. Resultatet blev 410±30 BP vilket efter kalibrering gav 1430-1582 AD med 68,2% sannolikhet för 1441-1486 AD (509-464 cal BP). (Bilaga 2)

Inget daterbart material gick att få ut ur slaggen så dateringen kan endast ske från ovanstående prov. Inte heller några fynd gjordes som kan säga något om dateringen.

## Avslutande diskussion och sammanfattning

De frågor vi ställde oss innan undersökningen var av lite olika art. Till en början var det primära att avgöra om det var en järnframställningsplats eller platsen gör en smedja. Ganska snart visade det sig att det inte rädde något tvivel om att det var det förstnämnda.

Under det att förundersökningen övergick till en slutundersökning förändrades även de frågeställningar som vi ville ha svar på. I första hand ville vi ha svar på när platsen använts, hur järnframställningen varit organiserad, viken ugnstyp som använts samt hur effektiv järnproduktionen varit och vilken kvalitet det färdiga järnet haft.

Dateringen av platsen visar att blästerugnen använts under perioden 1430-1582 med störst sannolikhet 1441-1486, alltså andra halvan av 1400-talet. Dateringen har skett utifrån det kol som hittades i kolupplaget/kolbotten i direkt anslutning till slaggarpet och malmupplaget. Inget daterbart kol kunde utvinnas ur den slag som analyserades. De datering som gjorts i Norge av Evenstadsugnar stämmer ganska bra in på den datering vi har på ugnen i Böle. Tyngdpunkten på de datering som gjorts på Evenstadsugnar i Norge ligger i perioden andra halvan av 1400-talet till mitten av 1600-talet med några få datering i 1300-tal (Espelund 2008). Även den daterade ugnen i Överhogdal (Överhogdal 47:1) har använts inom en period som stämmer i tid, 1300-tal och en bit in i 1400-tal (Hansson 1998).

På platsen har det funnits ett slaggarpet, ett kolupplag, ett malmupplag, en fällsten och en ugn. Av ugnen fanns enbart rester i form av en rödbränd yta, lite trärester samt att det i slaggen finns lera från ungsväggarna. Allt detta förväntar man sig att finna på en järnframställningsplats och vi saknar egentligen bara själva rostplatsen. Men då det troligen varit myrmalm som använts så kan den ha rostats i anslutning till den myr som den tagits från. Om det är ett kolupplag som vi hittat så saknar vi även kolningsplatsen men det kan vara ytterst svårt att skilja det ena från det andra. I resterna efter kolningsanläggningen (kolbotten) så kan det finnas rester av virke i botten men på den här platsen finns inget sådant vad vi kunnat se.

Det går utifrån de fysiska lämningarna på platsen, resultaten av analyserna samt en genomgång av andra registrerade ugnar i närområdet skaffa sig en bild av vilken typ av ugn det har varit. Resterna av lera på de slaggbitar som finns i varpet tyder på att det varit en lerklädd insida på ugnen. Slaggernas uppbyggnad och form tyder också på att de skapats i en schaktugn. Analyssvaren visar även att blästeringången har legat ganska nära botten av ugnen och det tyder på att ugnen inte har varit nedgrävd. Slutligen finns den rödbrända ytan och de sparsamma

träresterna på platsen. Sammantagen så är det en kvalificerad gissning att det rör sig om en uppbyggd schaktugn med lerklädda väggar av typen Evenstadsugn.

Den sista frågan är den som är svårast att svara på men med god hjälp av GAL så har vi kommit en lång bit på väg. Hur effektiv järnproduktionen varit går inte riktigt att avgöra i volym. Det finns för många felkällor för att kunna beräkna hur stor del av malmen som blir ett användbart järn. Däremot går det att se att platsen återanvänts eftersom slaggerna uppvisar lite olika egenskaper som tyder på att malm från flera ställen använts vid olika blåsningar. Det järn som finns i slaggerna och som små koncentrationerna visar att det på platsen producerats mjukt järn, kolstål samt gjutjärn. Kolstålet har troligen varit det primära och gjutjärnet troligen en biprodukt som inte varit ett mål då det inte är smidbart. De höga manganvärdena i slaggen tyder även på att stål varit en av de produkter som processen resulterat i.



## Tekniska och administrativa uppgifter

<i>Länsstyrelsens dnr:</i>	431-3539-2016
<i>Länsstyrelsens beslut:</i>	2016-06-10
<i>Jamtli's dnr:</i>	67/2016/F5CC
<i>Uppdragsgivare/Finansiär:</i>	Trafikverket
<i>Kommun:</i>	Berg
<i>Socken:</i>	Rätan
<i>Fastighet:</i>	Böle 1:12
<i>Undersökningstyp:</i>	Arkeologisk undersökning
<i>Undersökningstid:</i>	1-15 juni
<i>Tidsåtgång i fält:</i>	19 dv
<i>Tidsåtgång, förberedelser och rapport:</i>	10 dv
<i>Personal:</i>	Antikvarie Anna Engman, Jamtli, Annika Söderlind, Jamtli, Maria Lindeberg, Murberget, Ola George, Murberget
<i>Undersökt yta:</i>	103 m <sup>2</sup>
<i>Lägesangivelse:</i>	
<i>Koordinater:</i>	N6926155/E470614
<i>Koordinatsystem:</i>	SWEREF 99 TM
<i>Höjd över havet:</i>	405
<i>Dok material:</i>	Dokumentationsmaterial förvaras på Jamtli.

## Referenser

Espelund, A. 2008. Bondejern i Norge. Trondheim.

Magnusson, G. 1986. Lågteknisk järnframställning i Jämtlands län. Stockholm.

Hansson, A. 1998. Rapport över arkeologisk undersökning av järnframställningsplats, fornlämning 47, Överhogdal 20:12, Överhogdals socken, Härjedalens kommun, Jämtlands län. Jämtlands läns museum.

Hemmenndorff, O. 2002. Arkeologiska utflykter. Östersund.

Lindblad, K-G. 1999. Järn på förhistoriskt vis. Bäckedals folkhögskola. Sveg.

Oskarsson, B. 2000. Arkeologisk förundersökning av RAÄ 165, Ytterhogdale sn, Jämtlands län. Jämtlands läns museum.

## Källor

Diplomatarium Norvegicum, band 15, brev 698, 2017-09-25 [http://www.dokpro.uio.no/dipl\\_norv/diplom\\_felt.html](http://www.dokpro.uio.no/dipl_norv/diplom_felt.html)

Ortnamnsarkivet, 2017-09-25 <http://www4.sprakochfolkminnen.se/NAU/bilder/s2zx001/529205d1/p1/0000072a.pdf>

# VEDLAB

*Vedanatomilabbet*

Vedlab rapport 1719

**Vedartsanalyser på material från Jämtland, Rätan sn  
Raä 30:1 Böle.**

---

Adress:  
Kattås  
670 20 GLAVA

Telefon:  
0570/420 29  
E-post: [vedlab@telia.com](mailto:vedlab@telia.com)

Bankgiro:  
5713-0460  
[www.vedlab.se](http://www.vedlab.se)

Organisationsnr:  
650613-6255

# VEDLAB

Vedanatomilabbet

Vedlab rapport 1719

2017-04-03

**Vedartsanalyser på material från Jämtland, Rätan sn Raä 30:1 Böle.**

**Uppdragsgivare: Anna Engman/Jamtli**

Arbetet omfattar ett kolprov från en järnframställningsplats. Provet är taget i ett kolupplag/kolbotten och består av stora bitar kol från tall. Årsringarna är täta och visar på långsam tillväxt. En bit av de till synes yttersta ringarna togs loss för datering vilket bör ge en datering utan hög egenålder.

## Analysresultat

Anl.	ID	Anläggnings- typ	Prov- mängd	Analyserad mängd	Trädslag	Utplockat för <sup>14</sup> C-dat.	Övrigt
	Raä 30:1	Kolupplag/ Kolbotten	61,4g	58,7g 8 bitar	Tall 8 bitar	Tall 370mg	

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

## De här trädslagen förekom i materialet

Art	Latin	Max ålder	Växtmiljö	Egenskaper och användning	Övrigt
Tall	<i>Pinus silvestris</i>	400 år	Anspråklös 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 3<sup>rd</sup> edition och Anatomy of European woods 1990 samt Mork E. Vedanatomy 1946. Dessutom har jag använt min egen referenssamling av förkolnade och färskva vedprover.



Consistent accuracy  
delivered on time

Beta Analytic Inc.  
4985 S.W. 74 Court  
Miami, Florida 33155 USA  
**PH:** 305-667-5167  
**FAX:** 305-663-0964  
[beta@radiocarbon.com](mailto:beta@radiocarbon.com)  
[www.radiocarbon.com](http://www.radiocarbon.com)

**Darden Hood**  
President

**Ronald Hatfield**  
**Christopher Patrick**  
Deputy Directors

May 01, 2017

Ms. Anna Engman  
Jamtli  
Box 709 831 28  
Ostersund, Sweden

RE: Radiocarbon Dating Results

Dear Ms. Engman,

Enclosed is the radiocarbon dating result for one sample recently sent to us. The report sheet contains the Conventional Radiocarbon Age (BP), the method used, material type, and applied pretreatments, any sample specific comments and, where applicable, the two-sigma calendar calibration range. The Conventional Radiocarbon age has been corrected for total isotopic fractionation effects (natural and laboratory induced).

All results (excluding some inappropriate material types) which fall within the range of available calibration data are calibrated to calendar years (cal BC/AD) and calibrated radiocarbon years (cal BP). Calibration was calculated using one of the databases associated with the 2013 INTCAL program (cited in the references on the bottom of the calibration graph page provided for each sample.) Multiple probability ranges may appear in some cases, due to short-term variations in the atmospheric <sup>14</sup>C contents at certain time periods. Looking closely at the calibration graph provided and where the BP sigma limits intercept the calibration curve will help you understand this phenomenon.

Conventional Radiocarbon Ages and sigmas are rounded to the nearest 10 years per the conventions of the 1977 International Radiocarbon Conference and consistent with all past Beta Analytic radiocarbon dates. When counting statistics produce sigmas lower than +/- 30 years, a conservative +/- 30 BP is cited for the result. The reported d13C was measured separately in an IRMS (isotope ratio mass spectrometer). It is NOT the AMS d13C which would include fractionation effects from natural, chemistry and AMS induced sources.

All work on this sample was performed in our laboratories in Miami under strict chain of custody and quality control under ISO/IEC 17025:2005 Testing Accreditation PJLA #59423 accreditation protocols. Sample, modern and blanks were all analyzed in the same chemistry lines by professional technicians using identical reagents and counting parameters within our own particle accelerators. A quality assurance report is posted to your directory for each result.

The cost of the analysis was charged to the VISA card provided. Thank you. As always, if you have any questions or would like to discuss the results, don't hesitate to contact us.

Sincerely ,



Darden Hood  
Digital signature on file



## REPORT OF RADIOCARBON DATING ANALYSES

Ms. Anna Engman

Report Date: May 01, 2017

Jamtli

Material Received: April 19, 2017

Sample Information and Data	Sample Code Number	Conventional Radiocarbon Age (BP) or Percent Modern Carbon (pMC) & Stable Isotopes	
		Calendar Calibrated Results: 95.4 % Probability High Probability Density Range Method (HPD)	
<b>Beta - 463444</b>	<b>Rätan 30:1 Charcoal kiln</b>	<b>410 +/- 30 BP</b>	IRMS $\delta^{13}C$ : -26.5 o/oo
Submitter Material: charcoal Pinus sp.		(82.8%) 1430 - 1522 cal AD	(520 - 428 cal BP)
Analyzed Material: Charred material		(12.1%) 1590 - 1620 cal AD	(360 - 330 cal BP)
Pretreatment: acid/alkali/acid		( 0.5%) 1578 - 1582 cal AD	(372 - 368 cal BP)
Analysis Service: AMS-Standard delivery			
Percent Modern Carbon: 95.02 +/- 0.35 pMC			
Fraction Modern Carbon: 0.9502 +/- 0.0035			
D14C: -49.76 +/- 3.55 o/oo			
$\Delta^{14}C$ : -57.43 +/- 3.55 o/oo(1950:2017)			
Measured Radiocarbon Age: (without d13C correction): 430 +/- 30 BP			
Calibration: BetaCal3.21: HPD method: INTCAL13			

Results are ISO/IEC-17025:2005 accredited. No sub-contracting or student labor was used in the analyses. All work was done at Beta in 4 in-house NEC accelerator mass spectrometers and 4 Thermo IRMSs. The "Conventional Radiocarbon Age" was calculated using the Libby half-life (5568 years), is corrected for total isotopic fraction and was used for calendar calibration where applicable. The Age is rounded to the nearest 10 years and is reported as radiocarbon years before present (BP), "present" = AD 1950. Results greater than the modern reference are reported as percent modern carbon (pMC). The modern reference standard was 95% the  $^{14}C$  signature of NIST SRM-4990C (oxalic acid). Quoted errors are 1 sigma counting statistics. Calculated sigmas less than 30 BP on the Conventional Radiocarbon Age are conservatively rounded up to 30.  $\delta^{13}C$  values are on the material itself (not the AMS  $\delta^{13}C$ ).  $\delta^{13}C$  and  $\delta^{15}N$  values are relative to VPDB-1. References for calendar calibrations are cited at the bottom of calibration graph pages.

# Calibration of Radiocarbon Age to Calendar Years

(High Probability Density Range Method (HPD): INTCAL13)

(Variables:  $\delta^{13}C = -26.5$  o/oo)

**Laboratory number**      **Beta-463444**

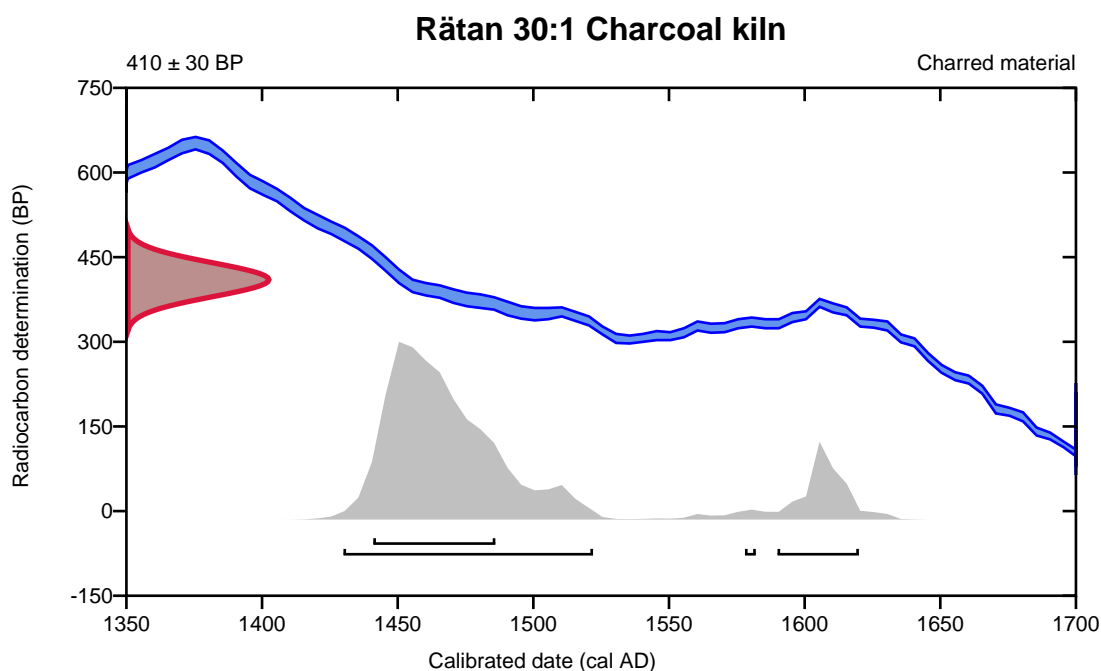
**Conventional radiocarbon age**      **410 ± 30 BP**

95.4% probability

(82.8%)	1430 - 1522 cal AD	(520 - 428 cal BP)
(12.1%)	1590 - 1620 cal AD	(360 - 330 cal BP)
(0.5%)	1578 - 1582 cal AD	(372 - 368 cal BP)

68.2% probability

(68.2%)	1441 - 1486 cal AD	(509 - 464 cal BP)
---------	--------------------	--------------------



**Database used**  
INTCAL13

## References

### References to Probability Method

Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360.

### References to Database INTCAL13

Reimer, et.al., 2013, *Radiocarbon*55(4).



Radiocarbon Dating

Consistent Accuracy  
Delivered On-Time

Beta Analytic Inc.  
4985 SW 74 Court  
Miami, Florida 33155 USA  
Tel: 305-667-5167  
Fax: 305-663-0964  
info@betalabservices.com  
www.betalabservices.com

Mr. Darden Hood  
President

Mr. Ronald Hatfield  
Mr. Christopher Patrick  
Deputy Directors

The Radiocarbon Laboratory Accredited to ISO/IEC 17025:2005 Testing Accreditation PJLA #59423

## Quality Assurance Report

This report provides the results of reference materials used to validate radiocarbon analyses prior to reporting. Known-value reference materials were analyzed quasi-simultaneously with the unknowns. Results are reported as expected values vs measured values. Reported values are calculated relative to NIST SRM-4990B and corrected for isotopic fractionation. Results are reported using the direct analytical measure percent modern carbon (pMC) with one relative standard deviation. Agreement between expected and measured values is taken as being within 2 sigma agreement (error x

Report Date: May 01, 2017  
Submitter : Ms. Anna Engman

### QA MEASUREMENTS

Reference 1	Expected Value: 129.41 +/- 0.06 pMC Measured Value: 129.44 +/- 0.37 pMC Agreement: Accepted
Reference 2	Expected Value: 0.44 +/- 0.10 pMC Measured Value: 0.45 +/- 0.03 pMC Agreement: Accepted
Reference 3	Expected Value: 96.69 +/- 0.50 pMC Measured Value: 96.75 +/- 0.29 pMC Agreement: Accepted

COMMENT: All measurements passed acceptance tests.

Validation:

Date: May 01, 2017



GAL RAPPORT 2017:02

GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

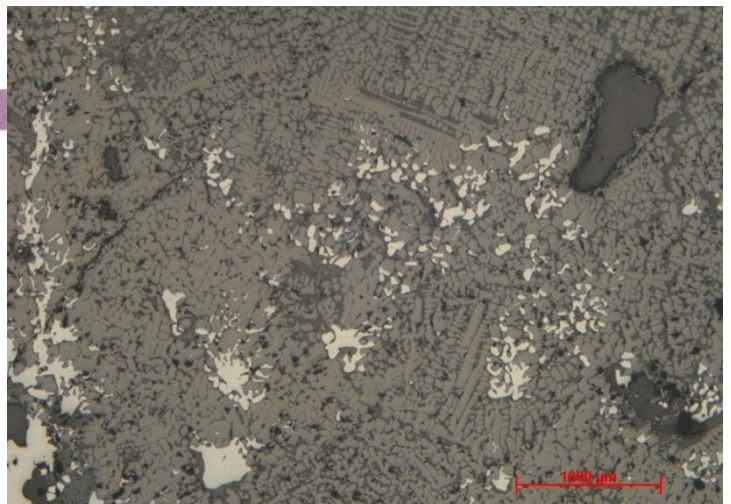
## Järnframställning i Rätan

Arkeometallurgiska analyser av slagg, järn och malm från  
en järnframställningsplats i Rätansböle

Jämtlands län, Jämtland, Bergs kommun, Rätans socken,  
RAÄ 30:1, Böle 1:12, Rätansböle

Dnr 5.1.1-2016-1044

*Lena Grandin & Erik Ogenhall*



STATENS HISTORISKA MUSEER

Arkeologerna

Kontoret i Hägersten:

Instrumentvägen 19

126 53 HÄGERSTEN

Kontoret i Uppsala & GAL

Hållnäsgratan 11

752 28 UPPSALA

Tel.: 010-480 80 00

[www.arkeologerna.com](http://www.arkeologerna.com)

e-post: [fornamn.efternamn@arkeologerna.com](mailto:fornamn.efternamn@arkeologerna.com)

[www.shmm.se](http://www.shmm.se)

*Omslagsfoto Erik Ogenhall, GAL. Slagg från fällsten. Till vänster delad med metalliskt järn fördelat i slaggen; till höger detalj från mikroskopet på polerat prov.*

© 2017 STATENS HISTORISKA MUSEER

Arkeologerna

GAL Rapport 2017:02

*Bildredigering och layout Erik Ogenhall och Lena Grandin, GAL*

*Tryck/utskrift Uppsala 2017*

# Innehåll

Sammanfattning.....	5
Abstract.....	6
Inledning.....	7
Bakgrund.....	7
Material och provurval.....	8
Metoder.....	14
Okulär granskning slagg, järn och malm.....	14
Provtagning av slagg, järn och malm.....	14
Petrografisk analys av slagg, järn och malm i mikroskop.....	15
Totalkemisk analys av slagg och malm.....	17
Mikrosondanalys av slagginneslutningar i järn.....	18
Utvalda prov för analys.....	18
Resultat.....	23
Vedartsanalys och datering.....	23
Analys av teknisk keramik.....	23
Resultatsammanfattning – undersökningar i mikroskop.....	23
Detaljerade analysresultat från undersökningar i mikroskop.....	24
Reduktionsslag.....	24
Fällstensslag.....	31
Malm.....	35
Järn.....	35
Kemiska analyser.....	46
Slagger och malmer från Rätansböle.....	46
Jämförelse med andra järnframställningsplatser i närområdet.....	49
Jämförelse med andra järnframställningsplatser.....	52
Produktionsmängd och utbyte.....	53
Diskussion & tolkning.....	56
Referenser.....	58
Administrativa uppgifter.....	59
Bilagor.....	60
Bilaga 1. Plan över undersökningsområdet.....	60
Bilaga 2. Allmänt om slagg- och malmkemi.....	61
Bilaga 3. Rådata kemisk analys av slagg (RS) och malm (RM).....	62
Bilaga 4. Rådata från mikrosond.....	63



## Sammanfattning

På uppdrag av Anna Engman, Jamtli i Östersund, har Geoarkeologiskt laboratorium (GAL) vid Arkeologerna i Uppsala analyserat arkeometallurgiskt material från en järnframställningsplats i byn Rätansböle i Jämtland. På platsen finns rester av en rostningsplats, en kolningsanläggning/kolupplag, ett slaggvarp samt en fällsten med omgivande slagg. Med utgångspunkt i resultaten från analyserna av det arkeometallurgiska materialet är det möjligt att dra flera generella slutsatser om järnframställningen på platsen, trots att lokalen var delvis förstörd och konstruktioner saknades. Lokalen bedömdes vara medeltida. Dateringsresultaten av kolprover från järnframställning antyder att aktiviteten pågick under 14–1500-talet.

Slaggernas form och uppbyggnad, i makro- och mikroskala, visar att järnframställningen ägt rum i en schaktugn med slagguppsamling i ugnens nedre del. Lera har ingått i väggarnas konstruktion. Lera innehåller naturligt en hög andel finsand och har möjligen valts just därför för att stå emot hög temperatur. Slaggernas ringa tjocklek, och ofta rikliga innehåll av metalliskt järn, tyder på att reduktionen från malm till metall har skett även på den nivå där slaggen har samlats, vilket antyder att slagguppsamlingsutrymmet varit tämligen grunt. Några slaggar har avtryck efter forman och har därmed bildats i anslutning till blästeringången. Även i dessa finns ansamlingar av metalliskt järn.

Kemiska analyser av både slaggar och malmer visar att de malmer som har körts i ugnen alla är manganrika, eller mycket manganrika. Variationer i manganhalt påvisar upprepad järnframställning på platsen. Manganförekomst är generellt gynnsamt för ståltillverkning. Ett fåtal järnprov, från reduktionsslagg såväl som i slagg från fällsten visar också att stål, med varierande kolhalt finns bland dem och kan ha varit en av produkterna, men även kolfritt, mjukt järn har observerats.

## **Abstract**

Archaeometallurgic debris from a bloomery iron production site, probably from the 15<sup>th</sup> to 16<sup>th</sup> century, in Rätansböle, Jämtland, has been analysed. The site, excavated by Jamtli in Östersund, was partly destroyed and no furnaces were recovered. However, the site comprised material and constructions from several of the stages in iron production; ore roasting, charcoal storage, slag heap and an anvil stone with adjacent slag from cleansing the bloom. From the archaeometallurgic analyses several interpretations can be suggested regarding the furnace type and production at the site.

The slag morphology and composition, on macro as well as micro scale, indicate that the bloomery production took place in shaft furnace(s) with slag accumulation in its lower part. The limited thickness of the slag, in combination with its comparatively high content of metallic iron, further suggests that the air inlet was positioned at limited height from the bottom. This, in turn, indicates that accumulation of slag occurred in a shallow depression rather than an underlying pit. Some slag samples have half circular imprints most probably from the tuyere at the air inlet. Also in this slag, the presence of metallic iron is pronounced

Chemical analyses of slag as well as ore samples demonstrate that a general feature for the used ore at the site is the high, or very high, concentration of manganese. However, variation in manganese concentration clearly shows repeated production. Manganese bearing ores enhance, in general, the carbon uptake in the metallic iron during the reduction process, i.e. it is beneficial for producing steel. Moreover, among the iron samples, entrapped in the slag, steel with various carbon contents has been observed, supporting such a production. In addition also carbon free, ferritic iron is noted as another possible product.

## Inledning

På uppdrag av Anna Engman, Jamtli i Östersund, har Geoarkeologiskt laboratorium (GAL) vid Arkeologerna i Uppsala analyserat arkeometallurgiskt material från en järnframställningsplats i byn Rätansböle i Jämtland. På platsen finns rester av en rostningsplats, en kolningsanläggning/kolupplag, ett slaggvarp samt en fällsten med omgivande slagg. Ingen ugn hittades men i slaggmaterialet identifierades under provurvalet (hos GAL) rester av teknisk keramik som preliminärt bedömdes vara ugnsväggsfragment.

Det analyserade materialet består av rostad malm, reduktionsslagg, primärsmidesslagg (från en fällsten) med däri kvarvarande järnrester samt mindre mängd teknisk keramik. Det är ovanligt att flera steg i järnframställningsprocessen finns närvarande på en plats och det finns såväl råvara som produkt och avfall från både framställning och primärsmede som kan analyseras och jämföras. Den arkeometallurgiska undersökningen har innefattat både kemisk totalanalys, petrografiska och metallografiska undersökningar i mikroskop samt mikrokemiska analyser i mikrosond.

Frågeställningarna har innefattat detaljer om framställningsprocess, järnkvalité, möjligt utbyte av malmen och dess kvalité samt ålder (<sup>14</sup>C).

## Bakgrund

Enligt uppgifter från uppdragsgivaren slutundersöktes under sommaren 2016 en järnframställningsplats i Rätansböle (Rätan 30:1) av Jamtli i samband med att väg 315 skulle breddas och en cykelväg anläggas. Järnframställningsplatsen ligger i byn och är att betrakta som skogsbunden och har troligen en medeltida datering. Platsen ligger i direkt anslutning till vägen och har delvis påverkats av bygget av den. Även vatten-, avlopps- och elledningar som grävts ner i väggkanten har påverkat järnframställningsplatsen.

Med tanke på denna sentida påverkan på platsen och järnframställningens konstruktioner blir det arkeometallurgiska materialet betydelsefullt i tolkningen av de processer som ägt rum. I detta sammanhang utgör dessutom tidigare undersökningar av järnframställningsplatser i området bra jämförelseobjekt. Speciellt de järnframställningsplatser som det också finns kemiska analyser att relatera till. De riktade inventeringar med tillhörande arkeologiska undersökningar som påbörjades under 1970-talet i flera socknar, bl.a. Rätans, var betydelsefulla för att bygga upp kunskapen om den omfattande blästjärnstillverkning som skett i landskapet under såväl järnålder som medeltid. Resultaten från dessa inventeringar och undersökningar, som också inkluderar ett stort antal dateringar av ett antal lokaler, tolkas och utvärderas av Magnusson (1986) även i relation till lokalisering i landskapet och ugnstyp under olika tidsperioder.

Några järnframställningsplatser från denna omfattande studie som är extra aktuella att belysa är de varifrån slaggar har analyserats. Till dessa hör en omfattande produktionsplats i Ovikens socken, RAÄ 32. Den har bedömts vara en skogsbunden järnframställningsplats i

anslutning till en myrmark och har medeltida datering, med trolig tyngdpunkt i 1300-talet (Magnusson 1986, s. 135, 253). Ugnstypen beskrivs vara en schaktugn utan slaggtappning, med lerinfodrat schakt, och som är uppbyggd ovan mark (Magnusson 1986, s. 252). Slaggen från platsen beskrivs dock inte morfologiskt men för ett stort antal prover, från flera slaggar, finns totalkemiska analyser som omfattar de flesta viktiga huvudämnen (Magnusson 1986, s. 428ff). Från tre järnframställningsplatser med äldre datering – romersk järnålder till folkvandringstid – finns också flera motsvarande kemiska analyser av slaggar och ett fåtal malmer. Trots deras äldre datering är de intressanta som referens på grund av närheten till Oviken RAÄ 32. En av dem är Oviken RAÄ 81 nordväst om Oviken RAÄ 32 (oklart med RAÄ-nummer för Oviken RAÄ 81 då det i analysstabellen med tillhörande förklaring i referensen nämns såväl nr 23 och 83). Strax söder om Oviken RAÄ 32 finns två andra platser, Myssjö RAÄ 36 och 40, båda med datering till romersk järnålder och folkvandringstid (Magnusson 1986, s.135). Från var och en av dessa tre lokaler har slaggar från en anläggning (slaggarvarp?) analyserats. Vid Myssjö RAÄ 40 påträffades ingen ugn men på de båda andra lokalerna beskrivs ugnstypen som en gropugn som var nedgrävd under markytan och hade ett lerinfodrat ugnsschakt och saknade anordning för slaggtappning (Magnusson 1986, s. 250). Sedan denna avhandling slutfördes har kunskapen om blästugnar utvecklats och idag skulle även denna ugnstyp beskrivas som en schaktugn. Den grop som beskrivs är sannolikt gropen under ugnen där slaggen samlas. Det finns dock inga morfologiska beskrivningar av slaggerna som kan bekräfta detta ytterligare.

De fyra järnframställningsplatserna från Ovikens och Myssjö socknar ligger visserligen några mil norr om den nu aktuella järnframställningsplatsen i Rätansböle men är ändå intressanta som jämförelse för att se vilka eventuella variationer som finns i råvaror och processer inom/mellan de olika platserna oavsett när järntillverkningen skedde. Med tanke på det senare kan det vara intressant att också översiktligt också jämföra med de slaggar som har analyserats från järnframställningsplatsen Sveg RAÄ 128 i Härjedalen som har daterats till senare tid; 1500–1600-tal (Magnusson 1986).

## Material och provurval

Från det rikliga fyndmaterialet av reduktionsslagg (fig. a) valdes 5 bitar (RS1–5) av varierande storlek och form för huvudsakligen totalkemiska analyser samt tunnslipspreparering för mikroskopanalys (figurer i resultatdelen). Enligt uppdragsgivaren fanns inga stratigrafiska skillnader inom varpet som kunde påverka urvalet för analys för att eventuellt kunna särskilja flera körningar i en ugn. Slaggerna valdes därför för att kunna beskriva processen i sin helhet och utreda om det finns en spridning i deras sammansättning eller om de är likartade. Då slaggen vid delning visade sig innehålla rikligt med järn togs två prov av detta för ytterligare analys (se järn nedan). Några slaggar har avtryck från botten och/eller schaktet (väggen) av ugnen (fig. b) och andra har



former eller avtryck från forman vid blåsterhålet (fig. c och d). En av slaggerna från forman provtogs och visade sig vid delning ha ett stort järninnehåll och analyserades därför huvudsakligen med avseende på järnet (fig. c och d, RSJ9). Enstaka slaggstycken har fastsinträd bränd lera från ugnsväggen och tre delades för att se deras uppbyggnad och innehåll (fig. e och 10; en analys gjordes av Sahlén 2017).

Fällstenslaggen (fig. f) utgörs huvudsakligen av mindre bitar och endast ett stycke (RSF1) var så stort att det kunde provtas med avseende på både kemi och mikroskopi (fig. 6). Ett ytterligare kemiprof innehöll därför flera slaggstycken som analyserats tillsammans (bulk) samt ett tunnslip (RSF2). Även ett järnprov togs från fällstenslaggen.

Kol för  $^{14}\text{C}$ -datering och vedartsanalys togs uteslutande ur provmaterialet från kollagret (fig. g). Även om mindre mängder kol kunde anas i reduktionsslaggen prioriterades kolet ur kollagret. Analyserna utfördes av Beta Analytics och VEDLAB.

Malmen som analyserades totalkemiskt (RM1–2) bestod av en mycket finkornig och magnetiskt röd ”sand” vilken sållades i ett 2mm nät för att undvika att större stenar och grus skulle följa med (fig. h). I det bortsållade materialet (vilket endast var en mycket liten fraktion av den totala mängden malm) fanns ett fåtal större malmbitar (mm–cm-storlek) där ett, till synes orostat stycke (RM3) (ej magnetiskt), provtogs för preparering till tunnslip och analys i mikroskop (fig. 9) samt ytterligare några mindre malmbitar (RMP) som preparerades till polerprov.

Det järn som preparerades till polerprov för metallografiska studier i mikroskop och mikrosond togs från både reduktionsslaggen (RS1J och RS5J) och fällstenslaggen (RSFJ) samt från slag med avtryck från forman (RS9J) (tab. 1).

Tabell 1. Fynd-/provtabell.

Kategori	Reduktionsslagg	Fällstenslagg	Kol	Malm	Järn	Teknisk keramik
Vikt (kg)	22,5	6,3	0,173	4,0		
Beskrivning	Upp till 1 dm stora bitar, vanligen ca 5 cm. Mörkbrun med enstaka ljusare rostfärgade inslag. Svagt magnetisk. Generellt trögfluten och porig men enstaka bitar har flutna och täta delar.	Vanligen cm-stora bitar men enstaka upp till ca 5 cm. Mörkbrun till svart färg. Generellt omagnetisk men enstaka bitar är magnetiska. Trögfluten och porig.	Stora mycket välbevarade bitar, vissa över 5 cm.	Finkornig, rödbrun, magnetisk. Enstaka bitar över 5 mm.	Rester av järn i slagg; både i reduktionsslagg och fällstenslagg	Bränd lera, ofta samman-smält med reduktionsslagg.
Notering	Bitar med avtryck från forma el. blästerrör. Enstaka ugnsvägsfragment vissa fastsmälta med slagg. Vid sågning ses stort järninnehåll.	Magnetiska bitar troligen järninnehållande.	Lämpligt provmaterial för både vedartsanalys och <sup>14</sup> C-datering.	Rostad.	Strimmor och mindre droppar, lokalt frekvent. <i>In situ</i> i slaggen från reduktionen.	En bit mindre bränd än de övriga.
Analys	Totalkemi (5 st) samt mikroskopi av tunnslip (5 st). Även metallografi av järn från forma.	Totalkemi (2 st) samt mikroskopi av tunnslip (2st). Mikroskopi av järn (5 st) samt mikrosond (3 st).	Vedartsanalys och <sup>14</sup> C-datering.	Totalkemi (2 st), mikroskopi av tunnslip (1 st) och polerprov (1 st). Mikrosond?	Metallografi järn (2 st) från reduktionsslagg, järn (1 st) från forma och järn (1 st) från fällstenslagg.	Analys av ugnsvägg
Provtyp samt mängd för kemisk analys (g)	Tunnslip och totalkemi: RS1 (107,6) RS2 (152,6) RS3 (128,8) RS4 (131,1) RS5 (147,9) Se även järn	Tunnslip och totalkemi: RSF1 (120,2) RSF2 (181,6)	De största bitarna från materialet skickades för extern vedartsanalys och datering.	Kemianalys: RM1 (68,9) RM2 (69,7) Tunnslip: RM3 Polerprov: RMP	Polerprov: RS1J RS5J (reduktionsslagg) RSJ9 (formaslagg) RSFJ (fällstenslagg)	



Figur a. Exempel på reduktionsslaggen från Rätansböle. Notera de mer flutna slaggerna som ligger i bildens framkant. Majoriteten av slaggerna är dock trögflutna, likt resten av slaggerna i bilden.



*Figur b. Trögfluten reduktionsslagg med avtryck av botten/sidor av ugnen. Den högra biten analyserades kemiskt och i mikroskop (prov RS5).*



*Figur c. Reduktionsslagg från forman. Notera avtrycket i den främre biten (se bild nedan). Den övre biten sågades och preparerades till polerprov med avseende på järnet (prov RSJ9).*



*Figur d. Närbild av avtryck i slagg från forma.*



*Figur e. Exempel på några bitar av ugnsvägg/teknisk keramik. Det högra stycket förefaller mindre bränt.*



*Figur f. Fällstenslagg där de största bitarna analyserades.*



*Figur g. Träkol från lager.*



Figur h. Malm före sällning.

## Metoder

### Okulär granskning slagg, järn och malm

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

Malmer (i det här fallet troligen rostad limonit) studeras med stereolupp för att få en uppfattning om inblandning av annat material, t.ex. sand. En del av malmprovet rostas också med brännare på plåt för att se hur malmen förändras med ökad temperatur. Malmens färg och magnetism kontrolleras före och efter rostning vilket också ger en fingervisning om innehåll av järnoxid. En naturlig, färsk malm innehållande järnhydroxider är omagnetisk men övergår vid rostning till mörk magnetisk järnoxid (magnetit). Denna magnetism kvarstår under lång tid och förhistoriskt rostade malmer är ännu idag magnetiska.

Limonit (järnockra) återfinns i naturen som bl.a. sjömalmer, myrsmalm och rödjord och kan anta olika former bl.a. kornig rödsand, ärtor, penningar eller kakmalmer som kan täcka botten på sjöar och myrar. Det är en blandning av olika järnoxider och kan innehålla upp till 62 viktprocent järn (före rostning). Limonit kan anses vara järn(III)oxidhydroxid  $\text{FeO}(\text{OH})$  med varierande vattenhalt och man har påvisat mineralen goethit, lepidokrokitt och ferrihydrit. Limonitmalmer bildas ofta i kalkfattiga områden på botten av näringsfattiga sjöar.

### Provtagning av slagg, järn och malm

Slagg från järnframställning provtas för kemisk analys genom att ett helt eller avsågat stycke i lämplig storlek skickas till ett kemilaboratorium (ALS minerals) medan smidesslagg i mindre utsträckning analyseras kemiskt. Slaggen undersöks även i mikroskop (tunnslip) för att exakt se vad som analyserats kemiskt och hur den är uppbyggd (se separat beskrivning).

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

Syftet med analysen är bland annat att få kännedom om slaggenas kemiska sammansättning vilken antyder vilken malm som har använts. Malmen har i sin tur fått sin sammansättning från den kemiska signatur som finns i den geologiska miljön där den är bildad. När det gäller reduktionslagger är det därför viktigt att man endast analyserar material som är resultat av framställningsprocessen. Detta innebär att andra komponenter såsom bränd lera från eventuella ugnsväggar eller sandigt och grusigt material som smält fast från underlaget inte får ingå. Dessa material har inte aktivt deltagit i processen och har inte heller sitt ursprung i den malm som använts. Sådant material tas bort i provprepareringen så att endast slagghärdningen ingår i proverna som analyseras kemiskt. Motsvarande förbehandling görs även för smidesslagger.

Rutinmässigt undersöks kemiskt analyserade slagger också i mikroskop för att exakt veta vad som har analyserats och för att kunna se hur slaggen är uppbyggda. Det är också möjligt att särskilja slagger som stelnat innanför blästugnens väggar från dem som runnit ut och stelnat utanför, s.k. tappslaggen, samt slagger från smide.

Järnprov gjuts in i en plastpuck som slipas, poleras, etsas och analyseras i mikroskop samt i vissa fall i elektronmikroskop (se separat beskrivning).

Malm som skall analyseras totalkemiskt skickas (precis som slaggen) som bulkprov till externt laboratorium (ALS minerals). Beroende på kornstorlek och ev. heterogenitet kan provmängden, både när det gäller slaggen och malmen, variera från några få gram upp till flera kilo (det sista dock mycket ovanligt) och vanligen analyseras några tiotal gram. Malm kan precis som slaggen prepareras till tunnslip och analyseras i mikroskop om bitarna är tillräckligt stora och fasta, annars kan finmaterial gjutas in i plast och poleras på liknande sätt som järn.

## Petrografisk analys av slaggen, järn och malm i mikroskop

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

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

Slagg består huvudsakligen av mineralen *olivin* och *wüstit* samt av *glas*. Förekommande mineral är också *magnetit*, *leucit*, *hercynit*, *limonit* och ofta finns även en mindre mängd metalliskt järn närvarande. Olivin är ett silikatmineral med den allmänna formeln  $A_2SiO_4$ , där A oftast är järn (s.k. fayalitisk sammansättning) men även mangan, magnesium och kalcium kan förekomma i mindre mängder. Järnoxiden *wüstit*,  $FeO$ , är också ett mycket vanligt inslag i slagger. Om höga koncentrationer av *wüstit* förekommer är slaggens totala järnhalt vanligtvis också hög (och tvärt om). Glas utgör slaggens ”restsmälta” och kan därför variera kraftigt i sammansättning beroende på vilka mineral som tidigare kristalliserat, slaggens totalsammansättning och avkylningsförlopp. Järnoxiden *magnetit*,  $Fe_3O_4$ , kan förekomma i stället för *wüstit* om temperatur och/eller syretryck är tillräckligt högt och ibland förekommer ännu mer oxiderade järnfaser som *hematit/maghemit* ( $Fe_2O_3$ ) på slaggens yta. Detta innebär att det är möjligt att särskilja slagger som stelnat i eller utanför en ugn (bottenslagg eller tappslag) eller avgöra om det är smidesslagger. Höga aluminiumhalter i kombination med höga kaliumhalter återfinns i mineralet *leucit*,  $KAlSi_3O_6$ , som i vissa slagger kan förekomma i stället för den vanligare glasfasen. Mineralens kornstorlekar är också betydelsefulla där finkorniga slagger visar snabb avkylning och grovkorniga långsam avkylning. Det senare visar vanligen på avsvälning inne i blästugnen.

Järnprov poleras och undersöks först med avseende på eventuellt slagginnehåll, därefter etsas järnet med 2 % nitallösning. Denna påverkar metallen olika beroende på sammansättning och metoden används bl.a. för att bedöma kolinnehåll i järn; om det är ett mjukt kolfritt järn, stål (med upp till 2 % kol) eller gjutjärn, som innehåller över 2 % kol. Termer som används för att beskriva järn inkluderar *ferrit* som är det mjuka (rena) järnet utan kol, *cementit* som är en förening av järn och kol ( $Fe_3C$ , kallas även järnkarbid), och *perlit* som är en struktur (textur) uppbyggd av lameller med omväxlande ferrit och cementit. I grått gjutjärn finns även bl.a. *grafitlameller* eller *grafitfjäll* som är tunna skivor av rent kol. En struktur som kan bildas vid avsvälning i vitt gjutjärn är *ledeburit*, som består av en blandning av cementit och perlit. Generellt medför en större mängd perlit en högre kolhalt och ett hårdare järn. Det har tidigare ansetts att stål inte var den önskade produkten från blästugnar utan snarare ett tecken på en okontrollerad process. De senaste tjugo årens undersökningar visar dock att stål förekommer på ett stort antal platser också i den vidare bearbetningen av det tillverkade järnet. Innehåll av bl.a. fosfor och nitridnålar i järnet kan också observeras i mikroskopet. Fosforinnehåll syns vanligen som en överpräglade dendritisk textur. Innehåll av kol och fosfor i järnet tyder på hög (och jämn) temperatur och goda reduktionsförhållanden i allmänhet. Fosfor gör t.ex. ett kolfritt/lågkolhaltigt (ferritiskt) järn hårdare men ferritens seghet behålls. Det är också möjligt att se hur järnet har bearbetats, t.ex. om olika stycken har sammanfogats. En sådan vällning skapar ibland en söm, eller en fog som syns som en avvikande linje i provet och ibland också kantas av slagg. Man kan också



urskilja olika värmebehandlingar som härdning, dvs. en upphettning med påföljande snabb avkylning i t.ex. vatten. Den då bildade strukturen kallas *martensit*. Ett härdat stål kan också anlöpas (uppvärmning utan snabb avkylning) för att minska sprödheten och omforma martensiten. Glödning, uppvärmning utan snabb avkylning av icke härdat stål, kan ses i form av cementit som antagit rundare former (sfäroidisering) och leder till ett mjukare och mindre sprött stål.

Malm kan analyseras precis som slagg i mikroskop för att försöka identifiera de ingående faserna. Dock är innehållet ofta mycket finkornigt och består av en heterogen massa av järnhydroxider (limonit) där endast övrigt innehåll är direkt identifierbart, t.ex. enstaka större sandkorn och lermineral. Detta får då sättas i relation till det totalkemiska analysresultatet.

## Totalkemisk analys av slagg och malm

Totalkemiska analyser av slagg och malm utförs av ALS minerals. Använda analysmetoder är huvudsakligen ICP-AES för huvudämnen (oxider) och några metaller och ICP-MS för spårämnen inklusive s.k. sällsynta jordartsmetaller. Totalt analyseras 59 ämnen i varje prov. Hela resultatet presenteras i tabellform (bilaga 3) där huvudämnen anges som oxider och övriga som rena ämnen, även om dessa egentligen förekommer i mer komplexa former.

Syftet med kemiska analyser av slaggar och malmer är att få kännedom om ingående huvudämnen, t.ex. järn och kisel, men också ämnen som förekommer i lägre halt eller bara som spårämnen.

I all slagg från järnframställning (reduktionsslag) och smide dominerar järn och kisel och halterna är ett generellt mått på hur processen fungerat; lägre järnhalt innebär bättre utvinning ur malmen (bilaga 2). När det gäller smidesslagg (sekundärsmide) kan hög järnhalt vara ett tecken på att metalliskt järn tillkommit till slaggen under smidet, medan hög kiselhalt kan betyda tillsättning av vällsand (kvarts, Si-rik). Det senare kan också leda till att den kemiska signaturen blir utspädd, d.v.s. att andra ingående ämnen minskar i koncentration. Ofta förefaller dock smidesslaggar ha en kemi relativt lik den hos reduktionslaggar och troligen kan analyserna ofta användas på liknande sätt som för reduktionslaggar.

När det gäller limonitmalm är syftet med den totalkemiska analysen bl.a. att fastställa järninnehållet, vilket avgör materialets kvalité som malm (en bra malm ska ha ett högt järninnehåll och en god järnmalm kan innehålla upp till 62 % järn, samt kisel som bidrar till slaggbildningen). Det rapporterade järninnehållet (som  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) omfattar allt järn. I malmer, speciellt orostade, ingår också vanligen järn(oxid)hydroxider. Andelen kan indirekt uppskattas med hjälp av den uppmätta glödförlusten (LOI i tabellen; se även bilaga 2), och kan innebära att malmens totala järnhalt kan vara högre (samma storleksordning som glödförlusten). Även innehållet av andra ämnen, t.ex. mangan, fosfor och flera spårämnen, vilka kan indikera malmens ursprung, är viktiga att analysera för att jämföra med bl.a. slagg. Om en malm innehåller exempelvis mangan (Mn), vilket är vanligt i sjö-,

myrmalm och rödjord (dvs. limonitmalmer), så koncentreras denna i slaggen under järnframställningen medan endast små mängder följer med till järnet, vilket leder till att smidesslagg (som delvis har sitt ursprung i järnet och vällsanden) vanligen har lägre halt mangan. Dock kan slagg från järnframställning också ha mycket låga manganhalter om malmen från början varit manganfattig.

Kalium (K) i slaggen kan komma från bränslet (träkol) men också från lera i infodringen. Den senare kan även bidra med aluminium (Al).

Slagg från primärsmide har huvudsakligen en sammansättning som motsvarar den hos reduktionsslagg då ursprunget är detsamma, dvs. malmen.

### Mikrosondanalys av slagginneslutningar i järn

För att kemiskt kunna analysera slagginneslutningar i järn används en elektronmikrosond (EPMA) modell JEOL JXA-8530F med våglängdsdispersiv metod (WDS) vid institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet. Instrumentet kan liknas vid ett stort mikroskop där det kemiska innehållet i delar av ett prov kan bestämmas. I det polerade järnprovets slagginneslutningar görs såväl punktanalyser i respektive fas som ytanalyser för att få kunskap om slaggens totalsammansättning. Även järnets sammansättning kan i viss mån analyseras i mikrosonden.

Varje fas analyseras separat för att se fördelningen mellan olika ämnen. Karaktäristiskt är att några ämnen anrikas i wüstit och olivin (t.ex. järn, mangan och magnesium), andra i glasfasen (kisel, aluminium, fosfor och barium). Fokus är dock att analysera inneslutningarnas totalsammansättning när detta är genomförbart.

### Utvalda prov för analys

De prov som utvaldes för vidare undersökningar (mikroskopi och kemi) preparerades och dokumenterades innan analys. Jämför tabell 1.



Figur 1. Prov RS1 (reduktionsslagg) efter sågning där de två vänstra bitarna analyserades kemiskt (107,6 g), den övre högra preparerades till tunnslip och den nedre högra polerades med avseende på järninnehållet (polerprov RS1J).



*Figur 2. Prov RS2 (reduktionsslagg) efter sågning där de två vänstra bitarna analyserades kemiskt (152,6 g) och den högra preparerades till tunnslip.*



*Figur 3. Prov RS3 (reduktionsslagg) efter sågning där de två vänstra bitarna analyserades kemiskt (128,8 g) och den högra, med metalliskt järn i nederkanten, preparerades till tunnslip.*



*Figur 4. Prov RS4 (reduktionslagg) där den vänstra biten analyserades kemiskt (131,1 g) och den högra preparerades till tunnslip.*



*Figur 5. Prov RS5 (reduktionslagg) efter sågning där den vänstra biten analyserades kemiskt (181,6 g), den mellersta polerades med avseende på järninnehållet (polerprov RS5J) och den högra preparerades till tunnslip. OBS att tunnslipet är taget så att både dess undersida och kant mot ugnen ingår.*



*Figur 6. Prov RSF1 (fällstenslagg) efter sågning där den vänstra biten analyserades kemiskt (120,2 g) och den högra preparerades till tunnslip.*



*Figur 7. Prov RSF2 (fällstenslagg) där alla bitar analyserades kemiskt (181,6 g) och stycket nere till höger preparerades till tunnslip (taget från sågad bit nere till vänster).*



*Figur 8. Prov RSJ9 (slag sannolikt från fornan) efter sågning där mittbiten polerades huvudsakligen med avseende på analys av järnet.*



*Figur 9. Prov RM3, som var den största bortsållade biten från malmen, preparerades till tunnslip. Ytterligare tre mindre bitar (RMP) från sållet preparerades till ett polerprov.*



Figur 10. Tre bitar av ugnsvägg delades. Biten till vänster innehåller stor mängd järn, medan biten till höger förefaller lägre bränd.

## Resultat

### Vedartsanalys och datering

Vedartsanalysen av det utplockade kolmaterialet (fig. g) visade att det är tall. Resultaten från <sup>14</sup>C-analysen tyder på en datering till 14–1500-tal.

### Analys av teknisk keramik

En inledande analys av tre prov teknisk keramik (Sahlén 2017) visar att leran i ugnsväggen har en hög andel finsand. Leran har också magrats med krossad bergart t.ex. sandsten och granit, samt möjligen också organiskt material.

### Resultatsammanfattning – undersökningar i mikroskop

De analyserade *reduktionsslaggerna* (RS1-RS5), såväl de trögflutna, vilka är vanligast, som de något mer flutna, uppvisar i mikroskop flera övergripande drag som är gemensamma och som är karaktäristiska för slagger från järnframställning. Bland slaggerna finns också några olika varianter av kornstorlek, som speglar avkylningen och hur de har stelnat, liksom proportioner mellan de förekommande mineralen. Det senare avspeglar delvis deras något olika totalsammansättning.

I några slagger (t.ex. RS2) förefaller det finnas variationer inom en större slaggvolymer som stelnat mer eller mindre samtidigt (fig. 13), medan det i RS1 kan urskiljas flera slagglöden (fig. 11) som har stelnat efter varandra. Dessa har sannolikt bildats på lite olika positioner i ugnen. I alla slagger finns de typiska mineralen olivin och wüstit (fig. 12). Vanligtvis i reduktionsslagger finns också en glasfas, dvs. en finkornig fas som är den sista smälta del som stelnar. En sådan förekommer i dessa slagger, men i jämförelsevis liten mängd. I kombinationen med glasfasen finns dock ett mineral som vanligtvis inte

förekommer i slagger (fig. 14). Analyser (se nedan) visar att detta mineral delvis innehåller många av de ämnen som vanligen finns i glasfasen. Det är ett komplext sammansatt silikatmineral, rikt på barium och aluminium. Förekomsten beror också sannolikt på att slaggerna har kylts av tämligen långsamt så att kristaller har hunnit växa till.

I flera av slaggerna finns också ovanligt mycket metalliskt järn; antingen som större ansamlingar (som i fig. 15) och/eller som i mer svampiga bildningar (fig. 17). Detta järn har därmed bildats i slaggen och inte ansamlats i järnluppen. Att det förekommer speglar troligen att reduktionen från malm till metall har pågått även i slaggen, möjligen på grund av att slaggen legat nära den zon där metallen förväntas bildas. Möjligen har ugnens uppsamlingsområde för slagg varit tämligen grunt så att slaggen och järnet inte helt har separerats. Det finns också möjlighet att detta järn har kunnat tillvaratas och återanvändas i följande körningar av ugnen. Relativt stora mängder metalliskt järn är också noterat i de slagger som är från fällstenen (fig. 22); möjligen är det i denna process som hantverkarna har försökt skilja mellan inte bara luppen och järnet utan också vilka slaggbitar med metall som man kunnat återanvända.

Slaggerna som har avtryck efter forman uppvisar liknande drag som reduktionsslaggen men skiljer sig på en punkt. Dessa har också tecken på oxiderande förhållande eftersom järnoxiden wüstit har ersatts av en annan järnoxid, magnetit, främst i ytterkanterna (fig. 27). Detta mineral bildas när det är större tillgång på syre. Närheten till blästeringången avspeglas därmed tydligt i dessa slagger.

*Malmproverna* som har undersökts i mikroskop visar att de domineras av järnhydroxider men de innehåller inte så mycket annat; t.ex. sandigt material som kan vara av betydelse för bra slaggbildning. Det är dock svårt att avgöra hur mycket sådant som har ingått i den malm som användes.

Det analyserade *järnet* i tunnslip och polerprov som är ansamlingar ur slagger, uppvisar en variation i sammansättning från kolfritt (ferritiskt järn) till stål med lågt kolinnehåll (fig. 32). Stålet med den högsta kolhalten (0,8 %) är noterat i en större metallansamling i en slagg med avtryck från forman (fig. 39). Eftersom detta järn är påträffat intill blästeringången, dvs. på samma nivå som luppen, är det möjligt att stål också fanns i den tillverkade järnluppen, men detta är inte möjligt att avgöra. En metalldroppe från fällstenen är dock avvikande. Denna är gjutjärn (fig. 44), dvs. ett järn som inte kan smidas innan det har avkolats. Det kan diskuteras hur representativ denna är; möjligen blev den kvar vid fällstenen just för att den inte bedömdes vara smidbar.

## Detaljerade analysresultat från undersökningar i mikroskop

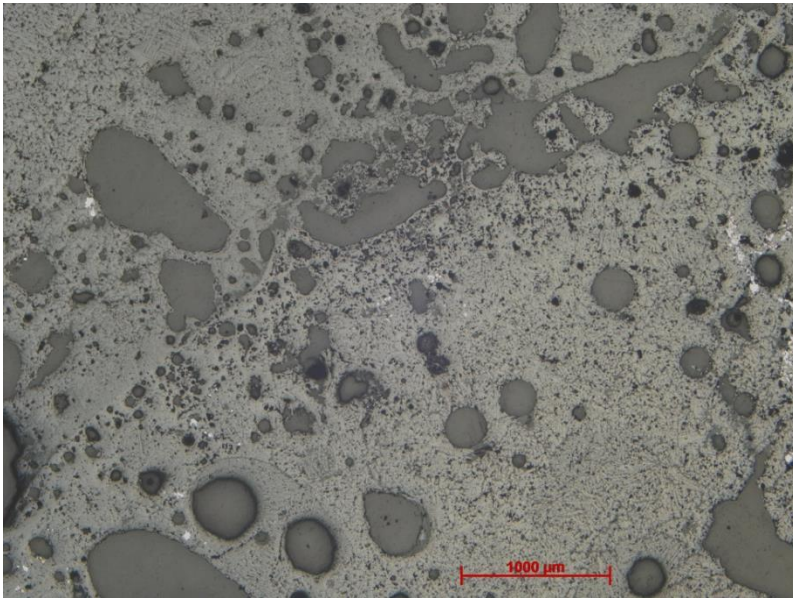
### Reduktionsslagg

#### RS1

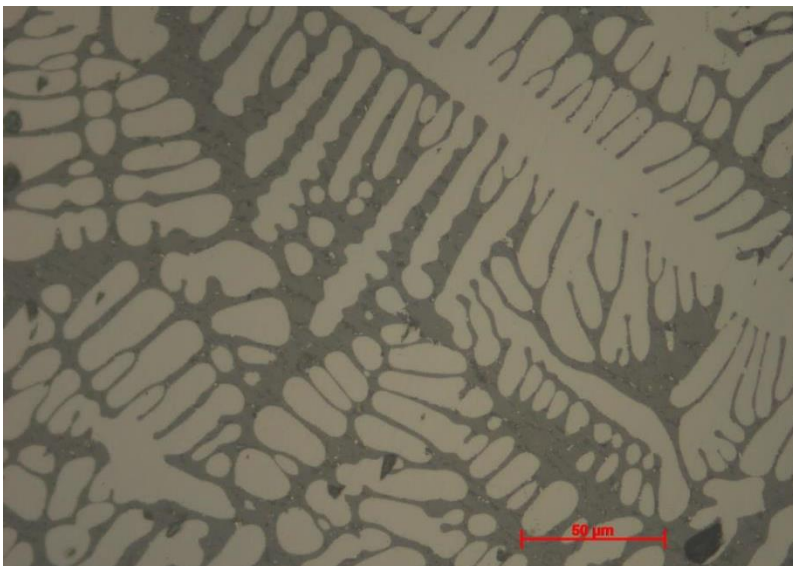
Slaggprov RS1 ses i mikroskop vara omväxlande tät och porig, tämligen finkornig och dominerad av järnoxiden wüstit (fig. 11). Flera slagglöden kan tydligt urskiljas med hjälp av bl.a. skillnader i kornstorlek, med avtagande kornstorlek mot respektive slagglödes ytterkant (fig. 11).



I hög förstoring ses den (delvis dendritiskt växande) ljusgrå wüstiten vara omgiven av grå olivin (fig. 12) samt i mycket liten mängd mörkgrå faser som är restsmalta av glas samt långsmala kristaller av ett silikatmineral som vid analyser visar sig vara rikt på barium och aluminium (se RS1J). Metalliskt järn förekommer i relativt begränsad mängd, men ställvis i större, något "svampiga" ansamlingar.



Figur 11. Slaggen RS1 domineras av järnoxiden wüstit (ljus grå). På diagonalen genom bilden ses kontakten mellan två slagglöden med hjälp av skillnader i kornstorlek (finkornigare i kontakten). I vänstra och högra ytterkanterna ses några ansamlingar av metalliskt järn (vita). Stora grå ytor är porer.

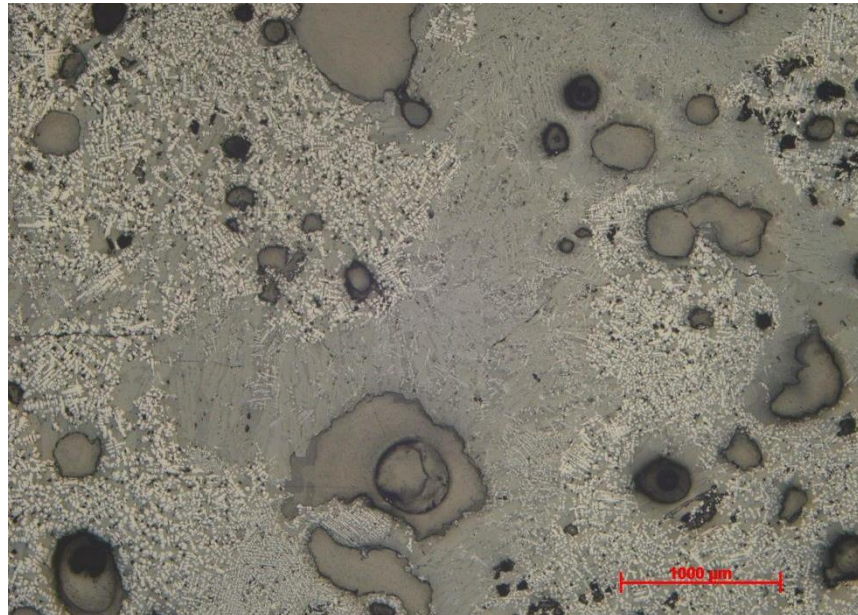


Figur 12. Detalj på slaggen RS1. Wüstit domineras (jämför föregående figur) men olivin (grå) och en glasfas (mörkt grå) förekommer i mindre mängder.

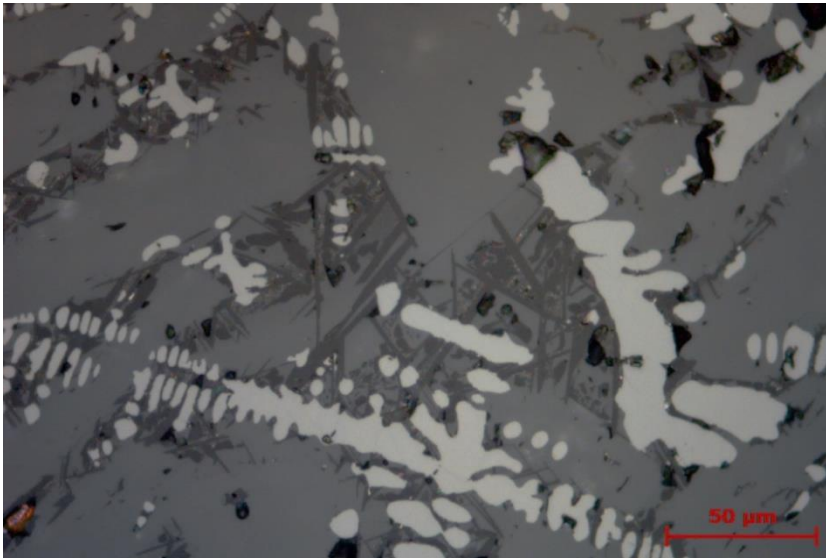
## RS2

Tunnslipet visar en slagg som är porig och ganska heterogen i sin sammansättning. Den innehåller dendritiskt växande wüstit, olivin och restsmlta av glas men i varierande proportioner (fig. 13) utan skarpa gränser mellan de olika delarna. Ett fåtal droppar av metalliskt järn finns också, varv några är stora – upp till 1,5 mm i diameter. I den största kan en topgrafisk effekt anas som antyder att droppen är stål.

I mycket hög förstoring ses (minst) en mörkgrå nålliknande fas (fig. 14) som växer i anslutning till grå olivin. Analyser av denna i prov RS1J (se nedan) visar att det är ett komplext sammansatt silikatmineral som är rikt på barium och aluminium. Denna fas, som inte är vanlig i reduktionslagger, förefaller förekomma tillsammans med, och delvis som ersättning för den mer vanligt förekommande restsmltan av glas.



*Figur 13. Slaggen RS2 varierar i sammansättning (jämför RS1). Centralt dominerar olivin (grå) med en mellanliggande mörkt grå glasfas. I de yttre delarna av bilden är wüstit (ljus) betydligt vanligare.*

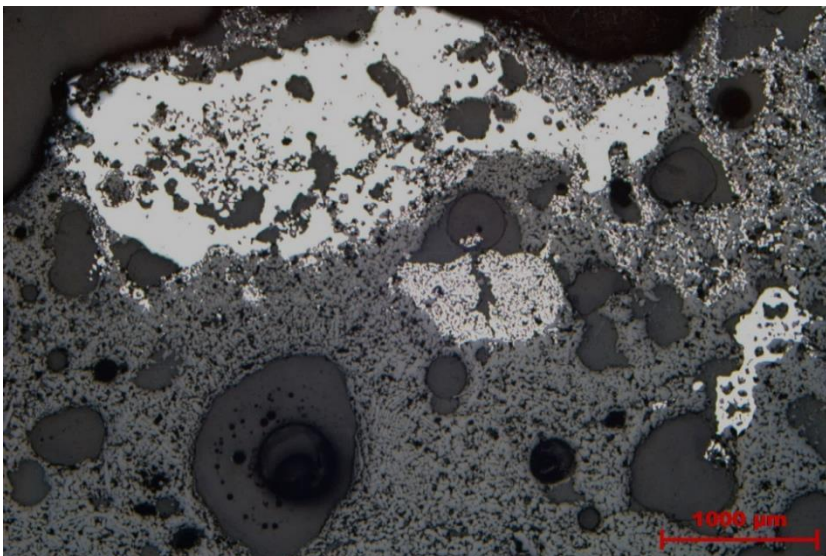


Figur 14. Detalj ur slaggen RS2 som visar den här dominerande olivinen (ljus grå) tillsammans med ljus wüstit. Dessutom förekommer mörkt grå, nålliknande, kristaller.

### RS3

Denna slag har en del större porer men är tätare mellan porerna (fig. 3). Den domineras helt av wüstit, i något varierande kornstorlek, men innehåller även stor mängd metalliskt järn (fig. 15) i ett fåtal större koncentrationer.

I högre förstoring ses ett fåtal mindre områden/flöden där slaggen istället domineras av olivin och där wüstiten, som där är underordnad, är mycket finkornig och växer dendritiskt (fig. 16). I mycket hög förstoring anas en mörk nålformig fas likt den i RS2 (jämför fig. 14), samt (troligen) en restsmälta av glas.



Figur 15. I slaggen RS3 ses vitt metalliskt järn (jämför figur 3) tillsammans med grå wüstit. Mörka porer ses oftast vara rundade.

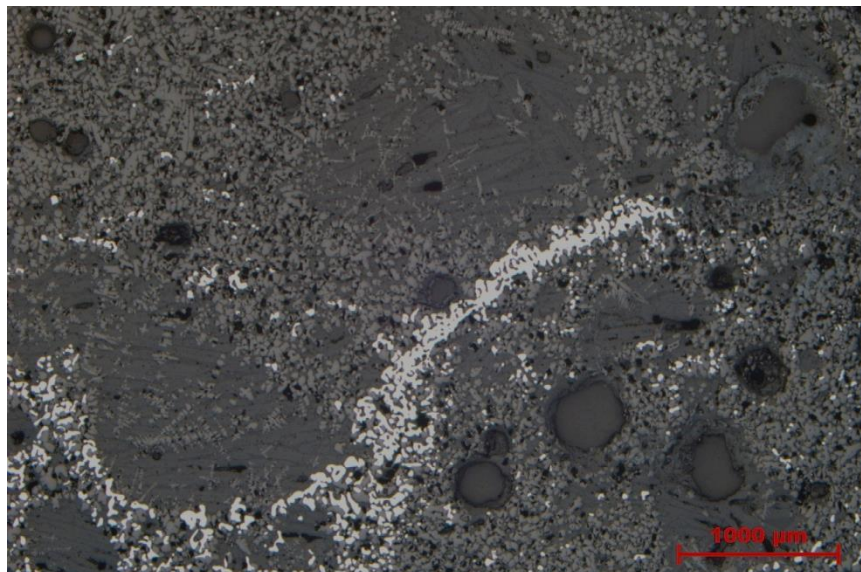


*Figur 16. Ljusgrå wüstit dominerar detta slagprov (RS3), men i nedre delen av denna bild ses ett område där grå olivin istället dominerar och där wüstiten är finkornig och växer dendritiskt.*

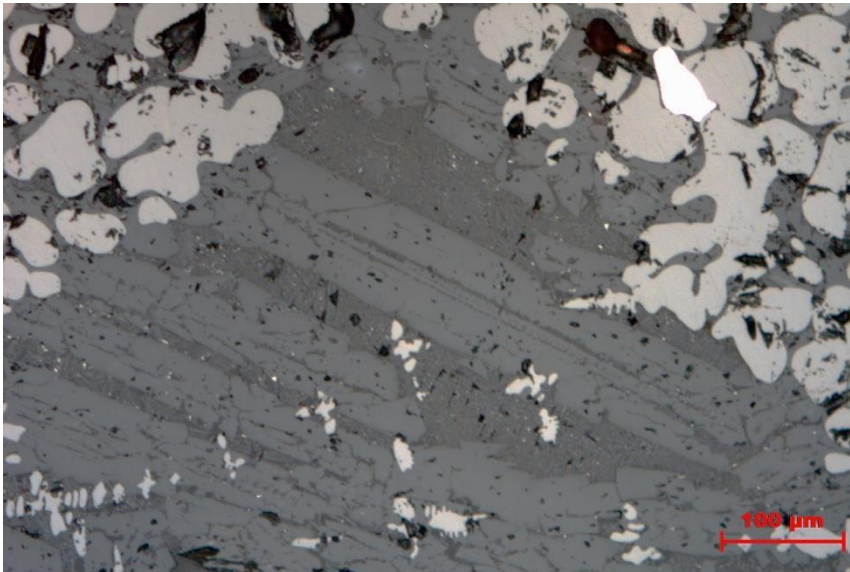
#### RS4

Slagprov RS4 innehåller ett fåtal större porer med områden av tätare slag mellanporerna. Den är relativt heterogent uppbyggd. I en del områden dominerar wüstit och metalliskt järn, men i andra områden dominerar olivin och glas (fig. ).

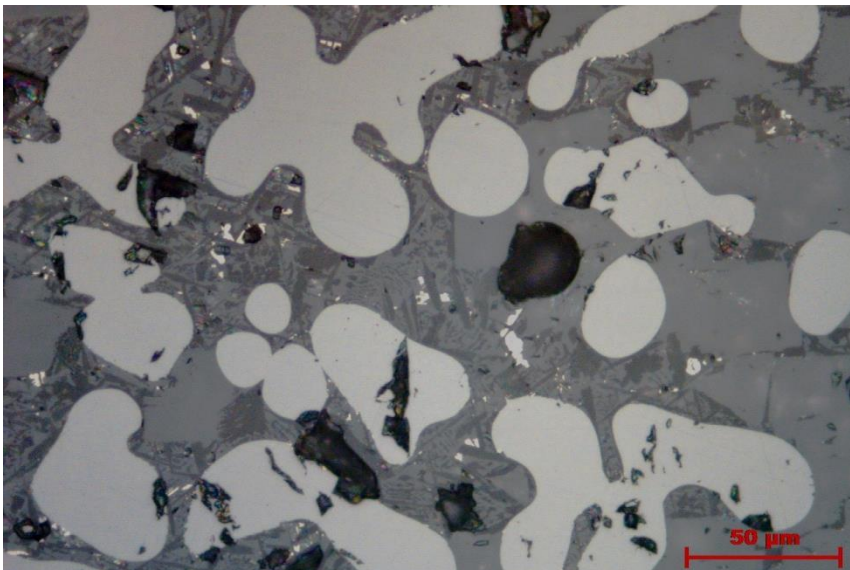
I högre förstoring ses de wüstitfattigare områdena innehålla välutvecklad olivin samt en mellanliggande restsmälta av mörkt glas (fig. 18). På enstaka ställen ses i mycket hög förstoring en mörk nålformig fas (fig. 19) likt den i RS2.



*Figur 17. Ljusgrå wüstit och metalliskt vitt järn ses här i slaggen RS4 tillsammans med områden där mörkare grå olivin och glas istället dominerar.*



Figur 18. Detalj på RS4. Grå olivinlameller tillsammans med en mörkare mellanliggande glasfas ses omgärdade av ljus wüstit samt en droppe metalliskt järn (vit uppe till höger i bild).



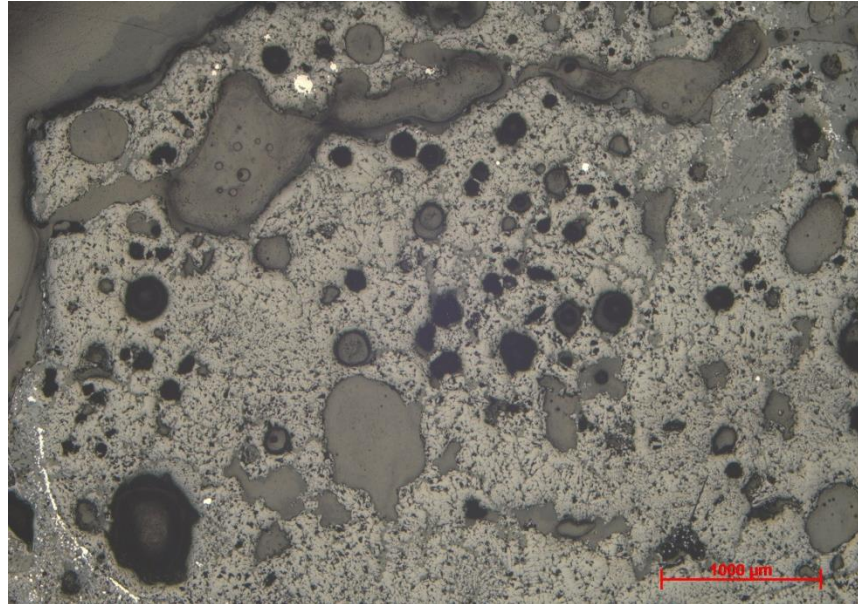
Figur 19. I mycket hög förstoring av RS4 ses ställvis mörka nålar växa tillsammans med den grå olivinen. Wüstit är här ljusgrå medan metalliskt järn är vitt.

#### RS5

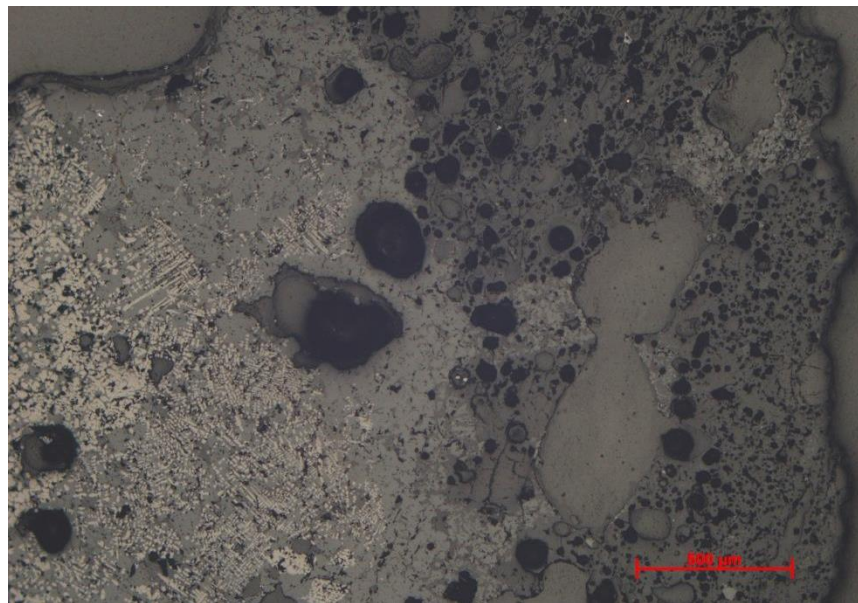
Tunnslipet visar en slagg som är porig. Den är tämligen homogen i sin uppbyggnad och domineras av wüstite och ställvis stora mängder metalliskt järn som droppar eller "svampiga" ansamlingar (fig. ). Olivin och glas finns i mindre mängder.

I högre förstoring ses de wüstitefattigare områdena innehålla välutvecklad olivin samt en mellanliggande restsmlta av mörkt glas (fig. 20). På enstaka ställen ses i mycket hög förstoring en mörk nålformig fas likt RS1-RS4.

Längs slaggens ytterkant finns ett skikt med delar av ugnsväggen. Ugnsväggens finkornigare fraktioner har smält medan de grövre magringskornen (bl.a. kvarts och fältspater) finns bevarade. Väggens har dessutom delvis smält samman med slaggen (fig. 21).



Figur 20. Slaggen RS5 domineras av ljusgrå wüstit. I övre högra hörnet finns områden med större andel olivin (grå). Metalliskt vitt järn ses här dels som långsmala bildningar dels som rundare droppar.



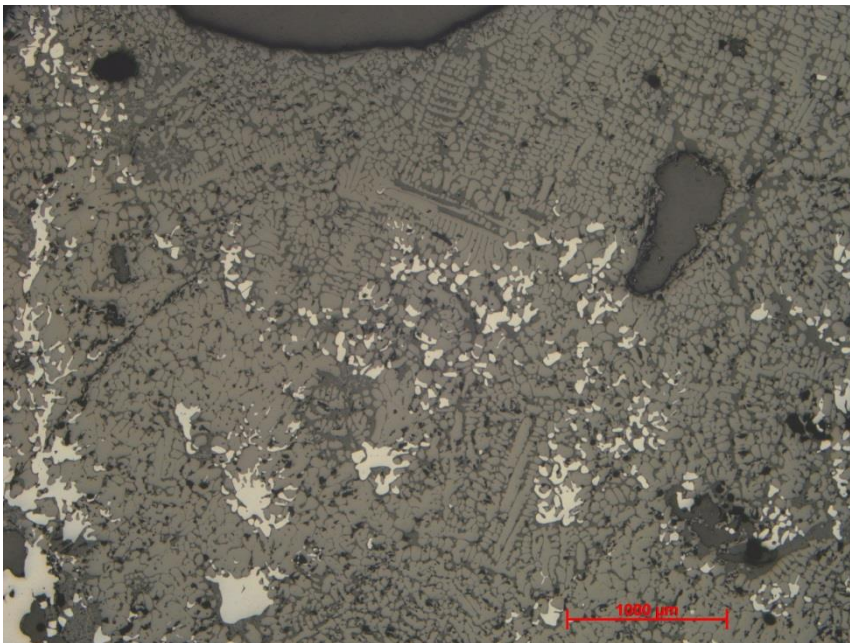
Figur 21. Slaggen RS5 i kontakt med ugnsvägg (till höger). Längst till vänster ses den dominerande ljusa wüstiten. Närmare kontakten mot väggen ökar andelen olivinkristaller (ljus grå) vilka också ses insmälta i delar av den mörkare grå och porösare ugnsväggen i den högra delen. Ett fåtal grövre korn i ugnsväggen är inte smälta.

## Fällstenslagg

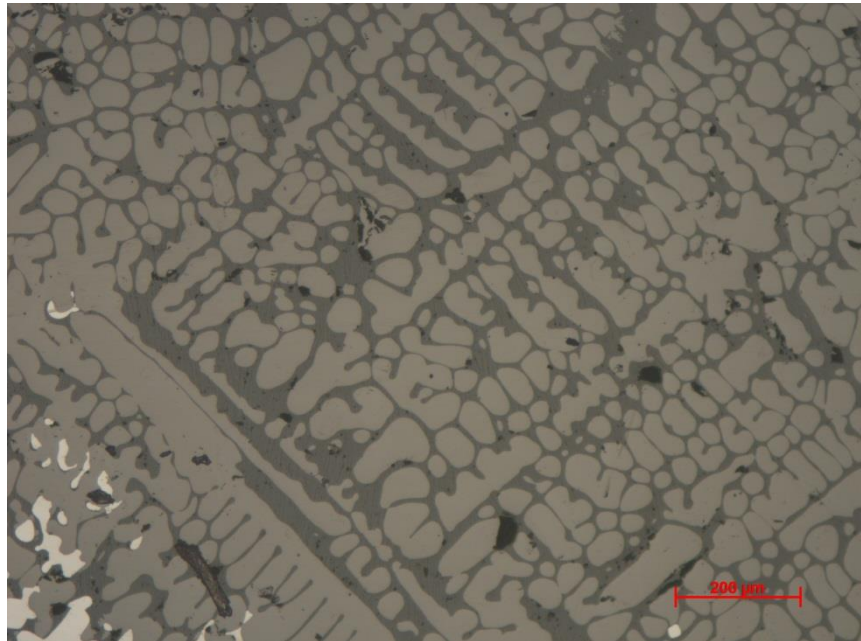
### RSF1

Slaggprov RSF1 är en porös slagg med en del tätare slagg mellan porerna. Likt de flesta av slaggerna från varpet domineras den av wüstit (fig. 22–23) med ställvis rikligt med svampiga bildningar av metalliskt järn. Sporadiskt finns områden med mindre andel wüstit. I dessa områden förekommer olivin tillsammans med en glasfas. Däremot har inte de nålformade kristaller som noterats i slaggerna från varpet (RS1–5) observerats i denna slagg.

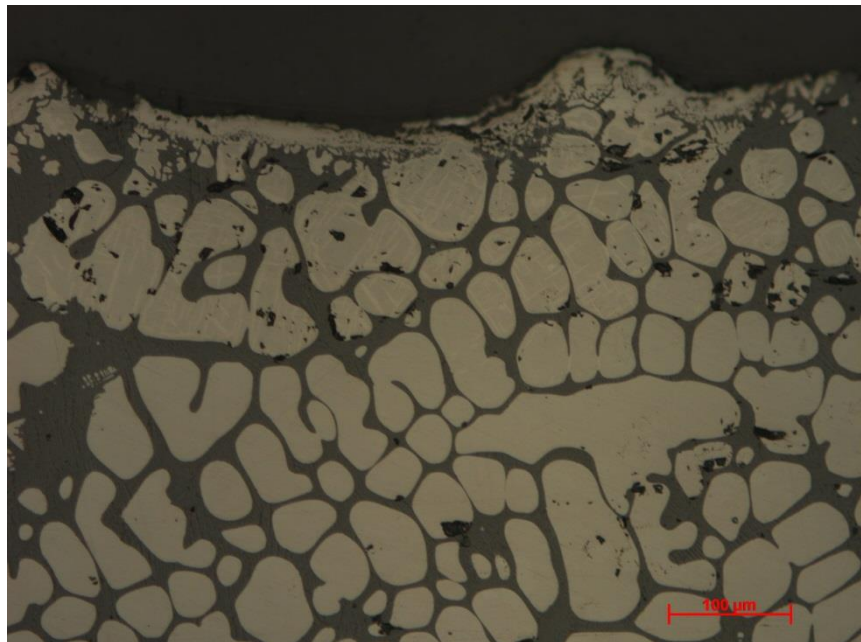
Allra överst, där slaggen förefaller tillplattad (fig. 6) övergår wüstiten från ren wüstit till en komplex bildning av både wüstit och magnetit (fig. 24) vilket tyder på oxiderande förhållanden.



Figur 22. Slaggen RSF1 domineras av ljusgrå wüstit med mindre mängd olivin (grå). Metalliskt vitt järn ses här som svampiga formationer i riklig mängd.



*Figur 23. Detalj ur föregående figur som visar finkornig olivin(grå) runt ljus wüstit. Till vänster vitt metalliskt järn.*



*Figur 24. Detalj från slaggens (RSF1) ytterkant. Här ses den ljusa wüstiten vara homogen i nedre delen. I den övre delen, mot ytterkanten, ses i stället komplexa bildningar av både wüstit och magnetit (ljusare tunna lameller mot en något mörkare bakgrund).*

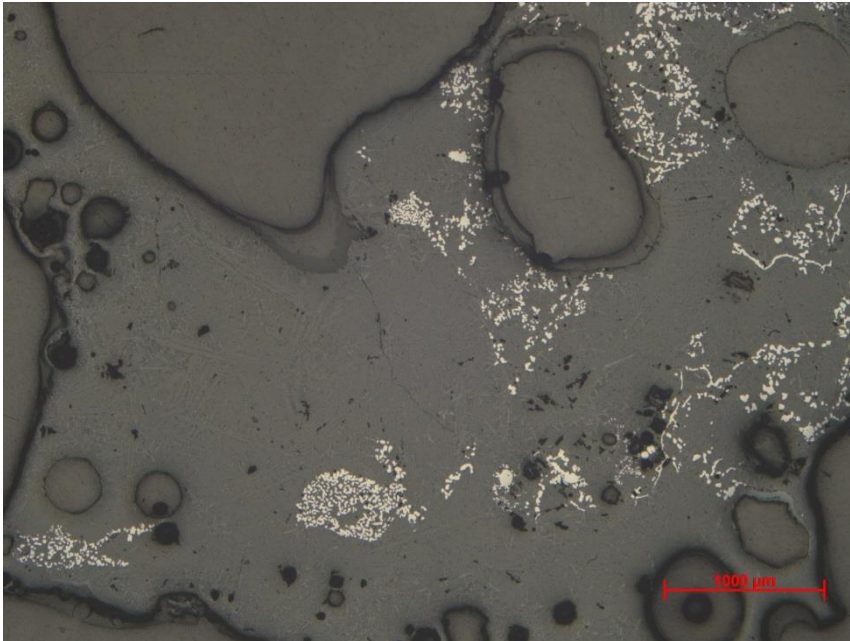


## RSF2

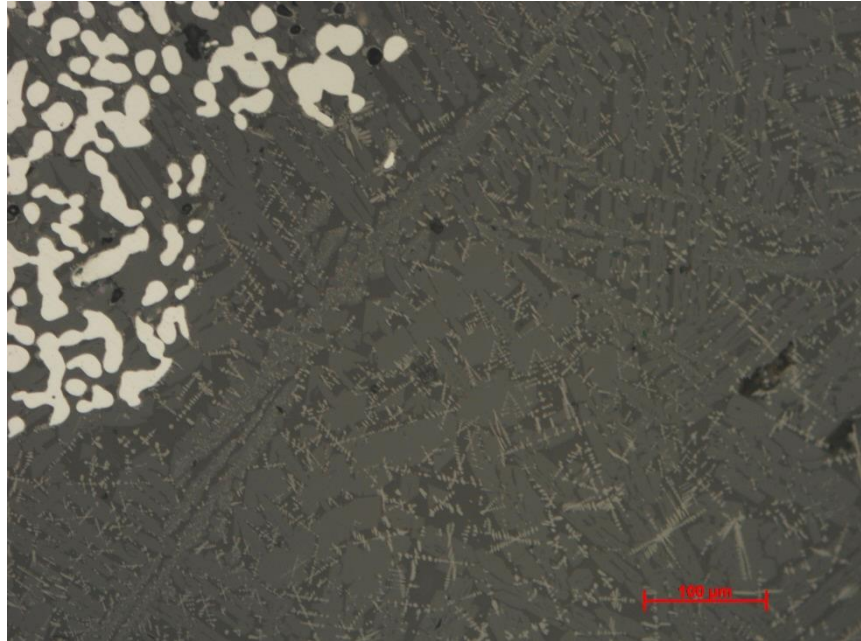
Tunnslipet visar en komplext uppbyggd slagg, bestående av flera komponenter. Biten är delvis mycket storporig. Förutom slagg med rikliga mängder metalliskt järn, innehåller den sandkorn och kolstycken samt en del rostiga partier. De senare kan vara rester av metalliskt järn.

Slaggen är mestadels finkornig, och betydligt fattigare på wüstit än de andra analyserade slaggerna (fig. 25). Den domineras av olivin tillsammans med en glasfas (fig. 26). Wüstit förekommer i hela slaggen men mestadels som finkornigare dendritiska bildningar. Mot slaggens ytterkanter ersätts wüstit av järnoxiden magnetit (fig. 27) med karaktäristiskt kantiga kristaller.

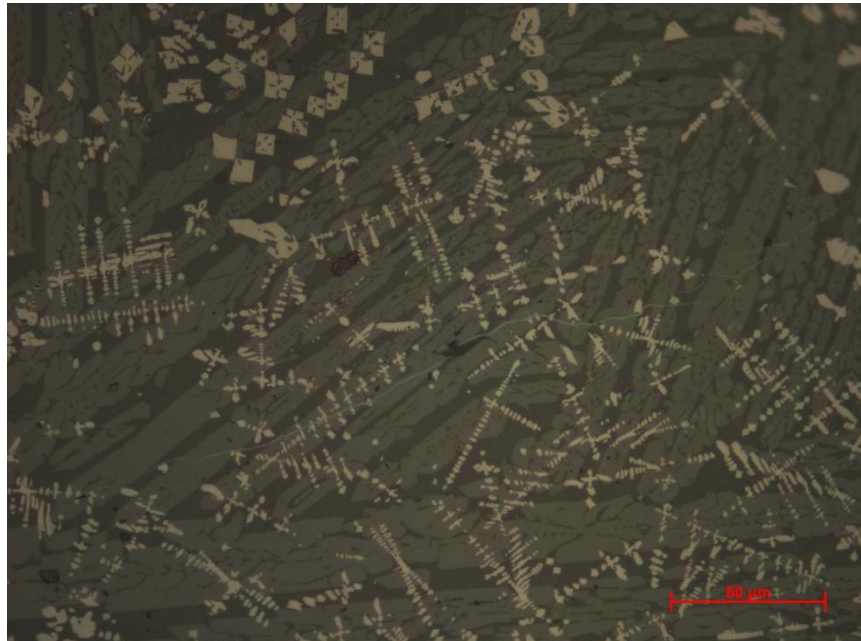
Metalliskt järn är extremt rikligt förekommande, mestadels som svampiga ansamlingar, ofta långsträckta, men även som större droppar. En av dessa, som är delvis korroderad, har en selektiv korrosion som antyder att det rör sig om gjutjärn (Se även de metallografiska analyserna av järnet).



Figur 25. Den finkorniga slaggen RSF2 domineras av grå olivin. Metalliskt vitt järn ses här som svampiga formationer i riklig mängd.



*Figur 26. Detalj ur föregående figur på RSF2 som visar olivin(grå) med en mellanliggande mörkare grå glasfas. Wüstit ses här som tunna ljusa dendritiska formationer. Till vänster vitt metalliskt järn.*

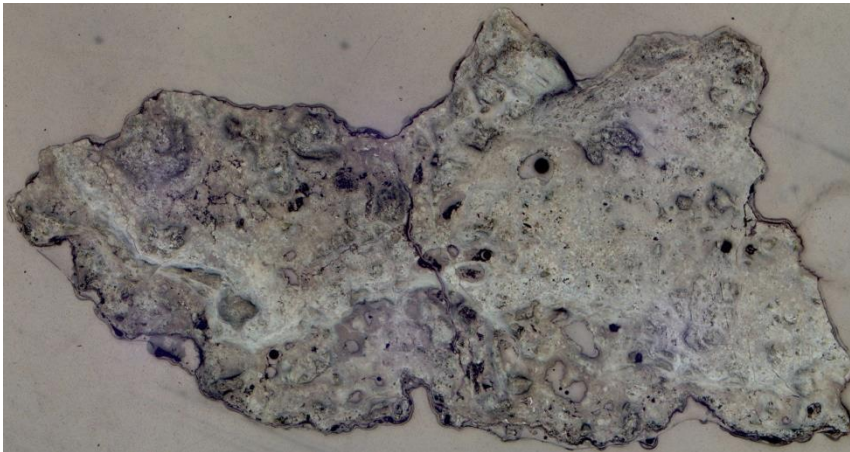


*Figur 27. Detalj från slaggens (RSF2) ytterkant. Här ses den ljusa wüstiten ersättas av kantigare magnetitkristaller (också järnoxid) i samma ljusa nyans, uppåt i bild, mot slaggens ytterkant.*

## Malm

### RM3

Tunnslipet av den största klumpen i malmprovet består i princip uteslutande av vad som sannolikt är olika järnhydroxider (fig. 28). Ett fåtal kolfragment finns också i provet. Däremot har inga sandkorn kunnat ses.



Figur 28. Provet av malm, RM3, är drygt 0,5×1 cm stort.

### RMP

I provet ingår tre bitar. En utgörs främst av ett kvartsrikt material. De två andra är komplexa men innehåller sannolikt flera järnhydroxider. En av bitarna är homogenerare, med en typ av sprickbildning som ofta ses i rostad limonitmalm.

## Järn

### RS1J

I mikroskopet ses att järnet förekommer både som en större (> 1 mm) porig droppe (fig. 29) med enstaka slagginneslutningar och som svampigare ansamlingar i slaggen (fig. 30). Slaggen domineras av wüstit som sparsamt visar dendritisk textur, samt av olivin och mindre mängd mellanliggande restsmälta av glas (fig. 31). I släpljus anas i järnet en svag relief som antyder att järnet innehåller kol (se etsat prov nedan).

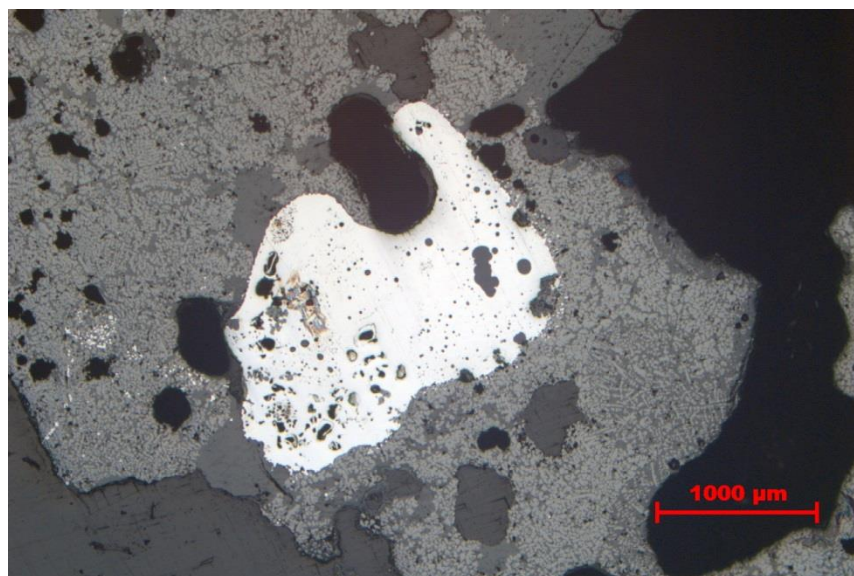
Slaggens ingående mineral (jämför prov RS1) har analyserats med mikrosond. Olivinkristallerna visar sig ha en komplex sammansättning (bilaga 4); förutom det vanligen dominerande järnet (olivin av typen fayalit) förekommer också mangan, kalcium och magnesium i flera viktprocent (se metodtext ovan). Wüstiten, som teroetiskt har formeln FeO, innehåller förutom järn också stora mängder mangan (knappt 10 %), samt lite magnesium. Dessa ämnen är också noterade i de totalkemiska resultaten (bilaga 3). Några ämnen som också finns i de senare är aluminium och kalium, som här är koncentrerade till den mellanliggande glasfasen (och dess mikrokristaller). Ett annat ämne som förekommer i flera viktprocent (bilaga 3) i RS1 liksom andra slaggar är barium. Ämnet är noterat i någon viktprocent i olivinkristallerna, men

visar sig vara mest koncentrerat till de små nålformade kristaller som observerats i slaggerna (fig. 14 och 19). Dessa innehåller förutom barium, främst kisel och aluminium (bilaga 4; analys RS1J 8–9). Dessutom förekommer järn, kalium, kalcium och fosfor i några viktprocent vardera, liksom spår av andra ämnen. Detta mineral är ovanligt och det är oklart i vilken mån det har dokumenterats och analyserats i motsvarande slagger.

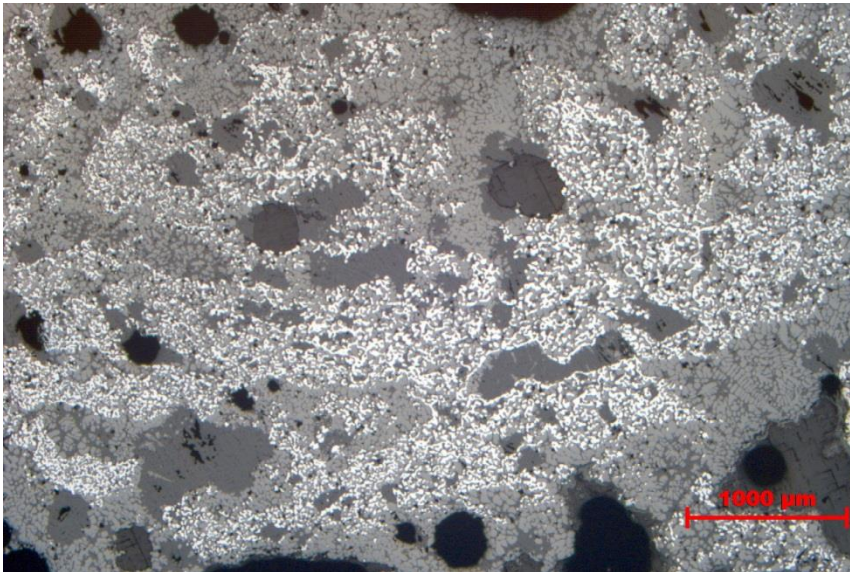
Bulkanalyser gjordes också av slaggen i såväl finkornigare (olivinrikare) som grovkornigare (wüstitrikare) områden (bilaga 4). Dessa, speciellt analyserna i det wüstitrikare området, visar likartade resultat som de totalkemiska analyserna av ett större stycke från samma slag (bilaga 3), t.ex. med förekomst av mangan och barium (se mer utförlig utvärdering i stucket om de totalkemiska analyserna).

Efter etsning av metallen ses perlit (fig. 32) i vissa mindre områden och den totala kolhalten i järnet uppskattas till storleksordningen 0,2 %, dvs. ett undereutektoidiskt stål. Järnet är dock något ojämnt där ytterkanten domineras av ferrit; endast i kärnan finns en något högre kolhalt. Analyser med mikrosond visar att järnet innehåller mangan (ca. 2–3 %; bilaga 4).

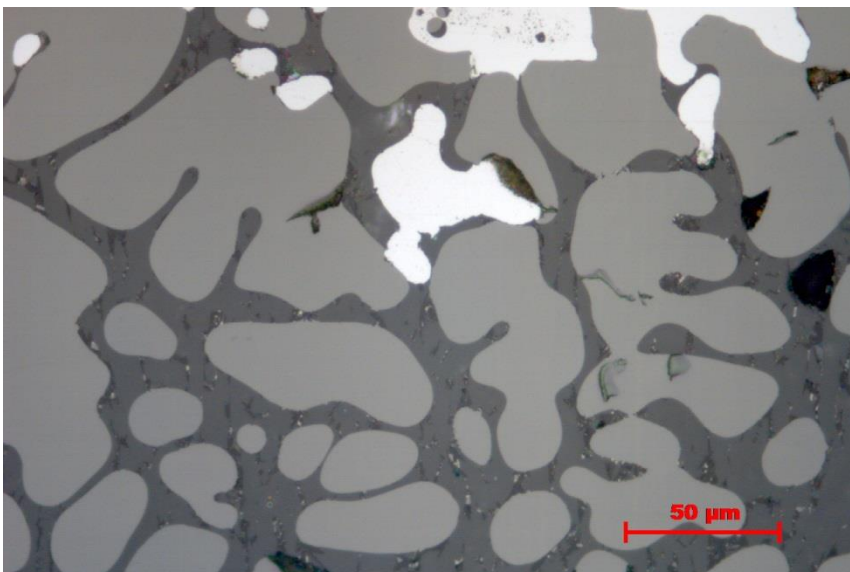
Det svampiga järnet som finns fördelat i slaggen är mestadels ferritiskt, dvs. kolfritt.



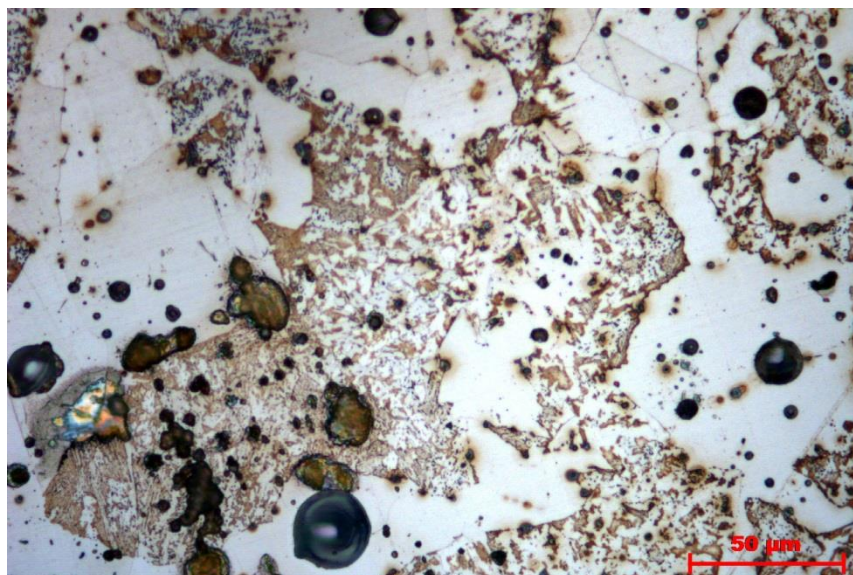
Figur 29. Polerprov RS1J i låg förstoring där det ljusa järnet här ses som en enstaka droppe omgiven av grå slagg som domineras av wüstit.



Figur 30. Polerprov RS1J i låg förstoring där järnet framträder som ett mycket stort antal mycket små droppar, närmast "svampiga" ansamlingar, tillsammans med slaggen.



Figur 31. Polerprov RS1J i mycket hög förstoring där ljusgrå wüstit ses ha rundade former. Grå olivin tillsammans med en mörkare glasfas anas mellan wüstiten. Överst ses vitt järn.



Figur 32. Det etsade järnet ses fläckvis bestå av brun perlit, vilket visar att järnet innehåller kol, men endast i mindre mängd.

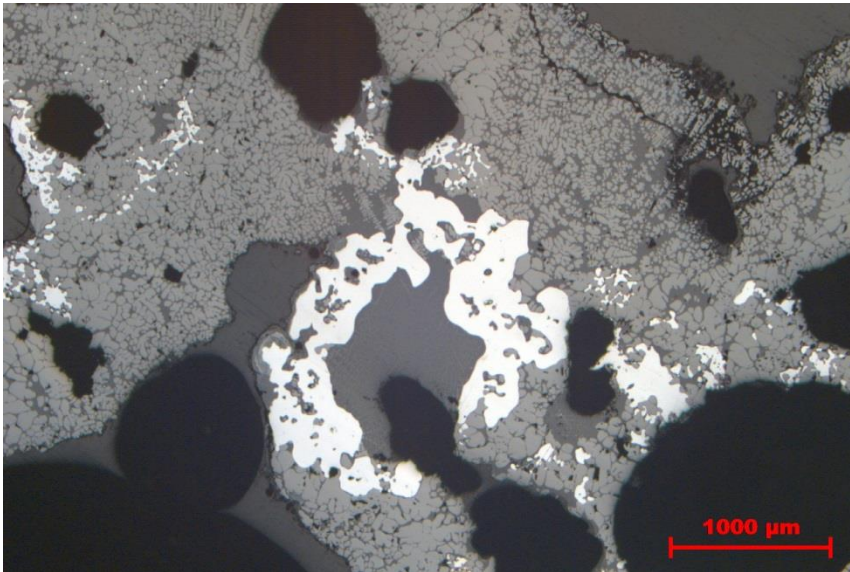
#### RS5J

Järnet i detta slaggsprov (fig. 33) ses som mindre droppar/förtätningar tillsammans med slaggen (jämför RS1J), vilken domineras av wüstit och mindre mängd olivin och glas. Slaggen i anslutning till järnet innehåller mycket finkorniga faser där wüstit ses växa dendritiskt över olivin och glas (fig. 34).

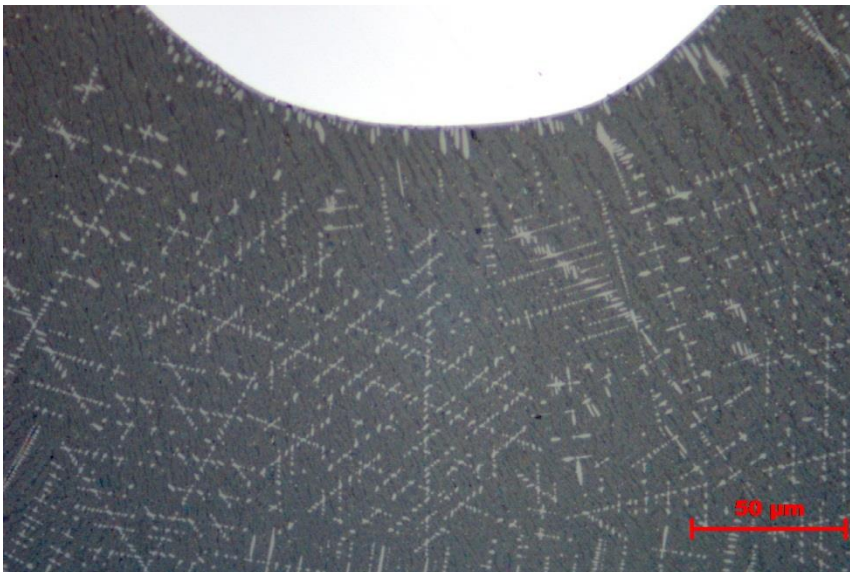
Analysen med mikrosond visar att wüstiten, med teoretisk formel  $\text{FeO}$ , förutom järn också innehåller mangan (10–13 %) liksom RS1J och RS9J vilket också är noterat i de totalkemiska analyserna. Analyser av olika delar av slaggen i provet; finkornigare och grovkornigare områden liksom slaggen inneslutet i järnet visar att dessa också karakteriseras av förekomst av tämligen höga halter av mangan. De olika slaggområdena varierar dock vad gäller proportioner mellan flera ämnen som järn och kisel, respektive järn och mangan. Detta speglar delvis mineralförekomsten, där större mängd wüstit medför en högre järnhalt och manganhalt eftersom dessa ämnen dominerar i wüstit. Andra, som kisel och barium förekommer inte i wüstit och resulterar därför i en lägre halt i wüstitrika områden (jämför analys RS5J ”medel 1” och ”medel 2”).

Etsning av provet visar att järnet är fritt från kol (dvs ferritiskt).

Kemisk analys med mikrosond visar att järnet är rent i sammansättning. Möjligen finns spår av mangan (jämför slaggsammansättningen).



Figur 33. Polerprov RS5J i låg förstoring där järnet uppträder som oregelbundna koncentrationer i slaggen.



Figur 34. Polerprov RS5J i mycket hög förstoring (del av bild ovan) där slaggfasen i ett mindre område är extremt finkorning. Wüstit ses som ljusgrå dendriter, tillsammans med grå olivin och mörkare glas. Överst ses vitt järn.

#### RSJ9

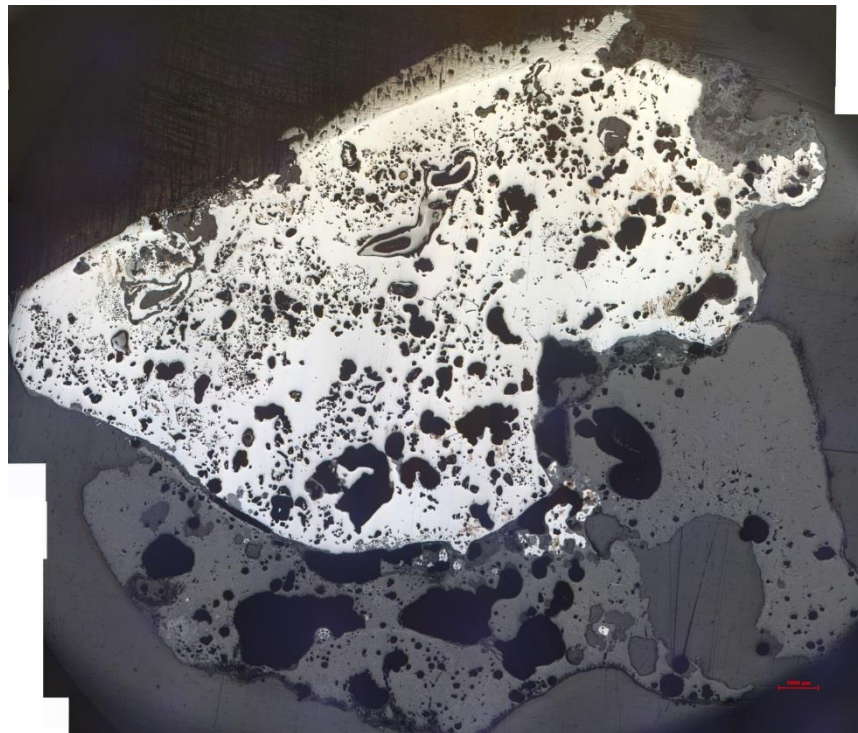
Polerprovet av järn i slagg från forman visar att järnet är mycket porigt (fig. 35) men utan uppenbara slagginneslutningar. Dock ses slagg utanför det metalliska järnet (fig.35). Denna slagg är finkornig med ett typiskt innehåll av dendritisk wüstit, olivinlameller och en mellanliggande restsmälta av glas (fig. 36). Mot slaggens yta ses mindre mängd magnetit istället för wüstit (fig. 37). I släpljus framgår i järnet en tydlig relief (fig. 38) som antyder ett kolinnehåll (jämför etsat prov).

Slaggens ingående mineral har analyserats med mikrosond. Olivinkristallerna visar sig ha en komplex sammansättning (bilaga 4); förutom det vanligen dominerande järnet (olivin av typen fayalit) förekommer också mangan, kalcium och magnesium i flera viktprocent (se metodtext ovan). Wüstiten, som teoretiskt har formeln  $\text{FeO}$ , innehåller förutom järn också stora mängder mangan (som mest 14 % i en analys), samt lite magnesium.

Bulkanalyser gjordes också av den omgivande slagg, främst finkornigare områden (bilaga 4). Denna slagg är inte analyserad med avseende på totalkemisk sammansättning men mikrosondanalyserna visar en likartad bild som för övriga slaggar, dvs. karaktäriserade av såväl mangan- som barium (se mer utförlig utvärdering i stycket om de totalkemiska analyserna).

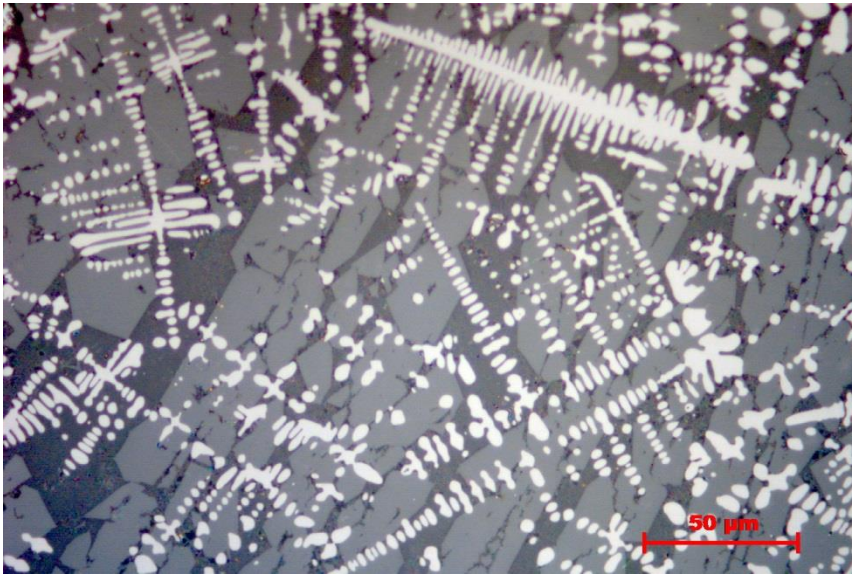
Etsning av järnet visar att det består av nästan ren perlit (fig. 39) där ferrit endast kan ses i vissa enstaka kornkontakter och som en Widmanstättenliknande textur (fig. 40) i ytterkanten av metallen. Detta järn är alltså att betrakta som ett nästan eutektoidiskt stål med ca 0,8 % kol.

Kemisk analys med mikrosond (bilaga 4) visar att järnet är rent i sammansättning. Möjligen finns spår av mangan (jämför slaggsammansättningen).

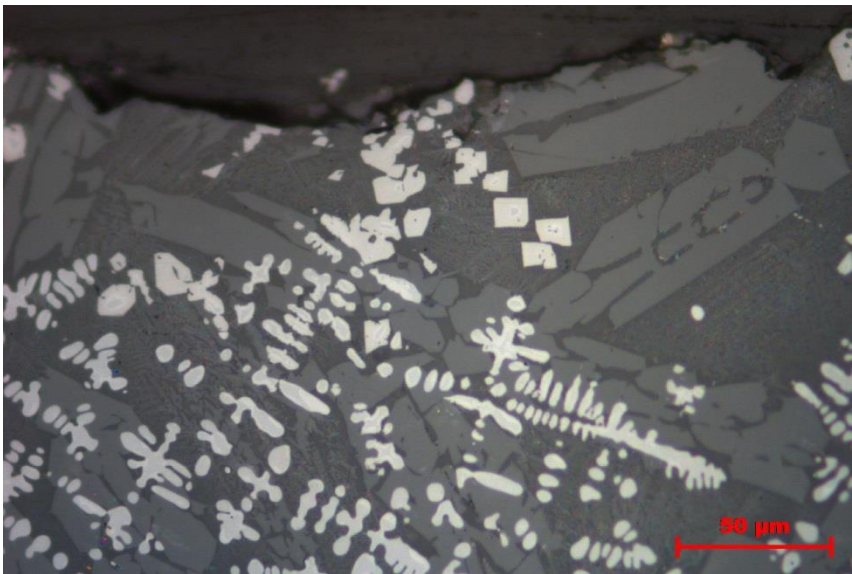


*Figur 35. Hela polerprovet RSJ9 från slagg till formen där järnet i bilden mäter ca 15×20 mm. Slaggen ses i nedre delen av bilden.*

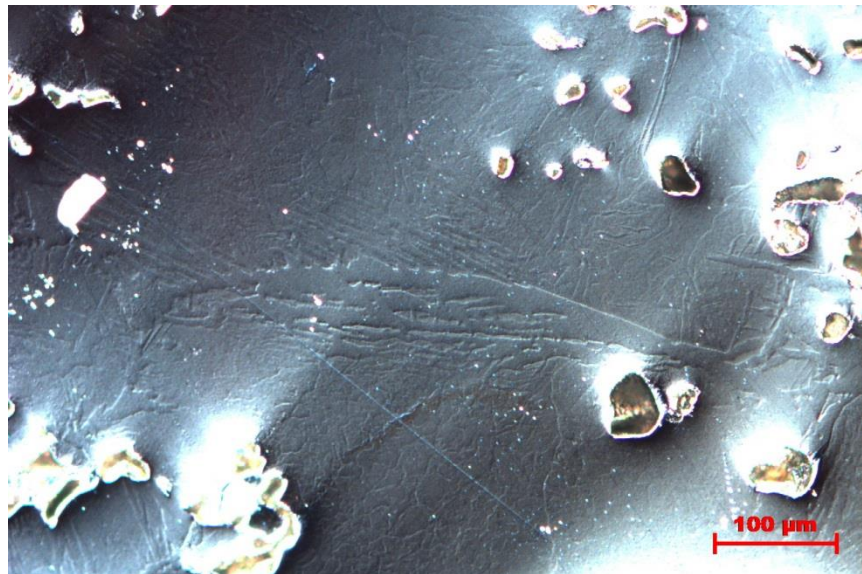




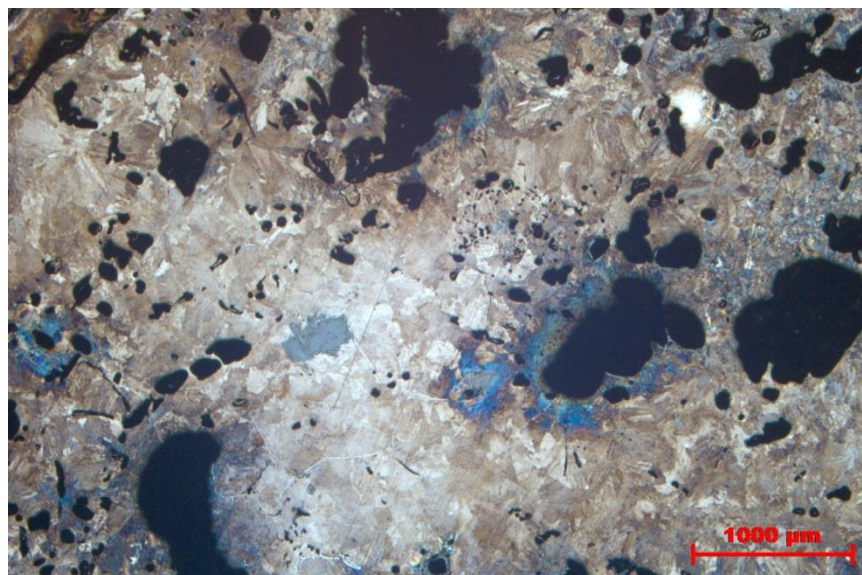
Figur 36. I mycket hög förstoring ses slaggen bestå av ljus dendritisk wüstit, grå olivinlameller samt en mellanliggande mörk glasfas.



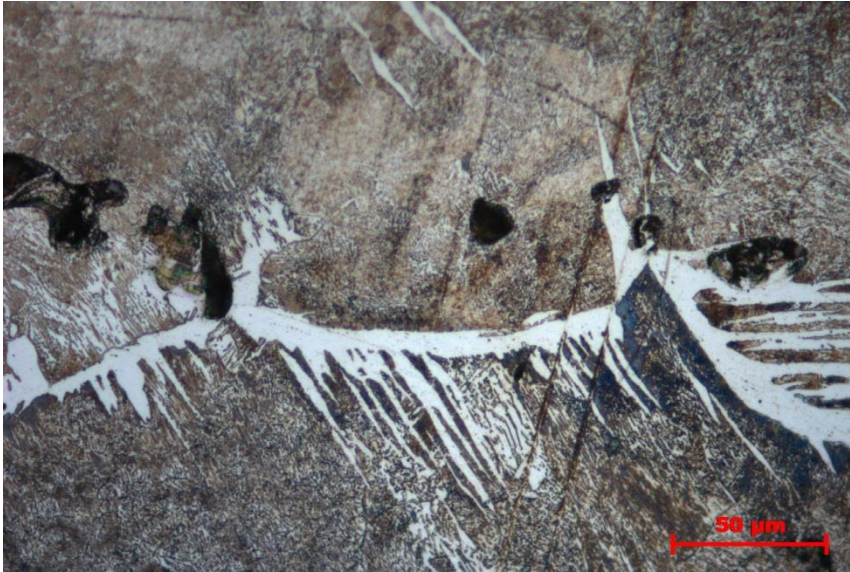
Figur 37. På slaggens yta (uppåt i bild) ses den ljusa wüstiten övergå från rundade dendritiska former till kantiga kristaller av magnetit med en kärna av ytterligare någon järnoxid. I wüstiten finns också områden med magnetit, och i magnetitkristallerna finns fält med wüstit. Olivinlameller är grå och glasfasen mörk.



*Figur 38. Järnet i prov RSJ9 i släpljus där en vågig relief tydligt kan ses. Jämför etsat prov i följande bilder.*



*Figur 39. Det etsade järnprovet RSJ9 i låg förstoring där perlit, som påvisar förekomsten av kol, framträder som bruna flammor.*



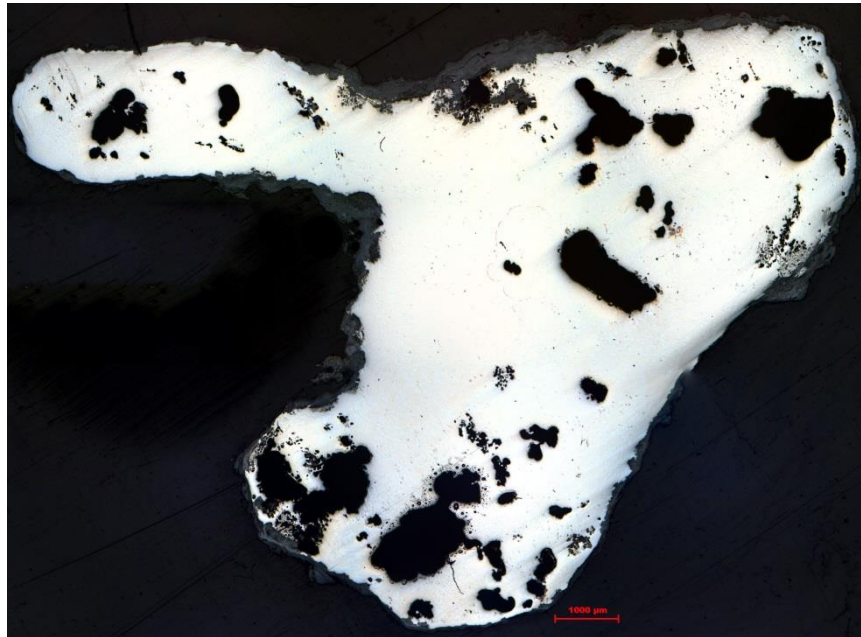
*Figur 40. I mycket hög förstoring ses perlit (brun) på vissa ställen tillsammans med ljus ferrit (rent järn), framför allt i kornkontakter samt som så kallad Widmanstättentextur (ferritnålar i perlit).*

#### RSFJ

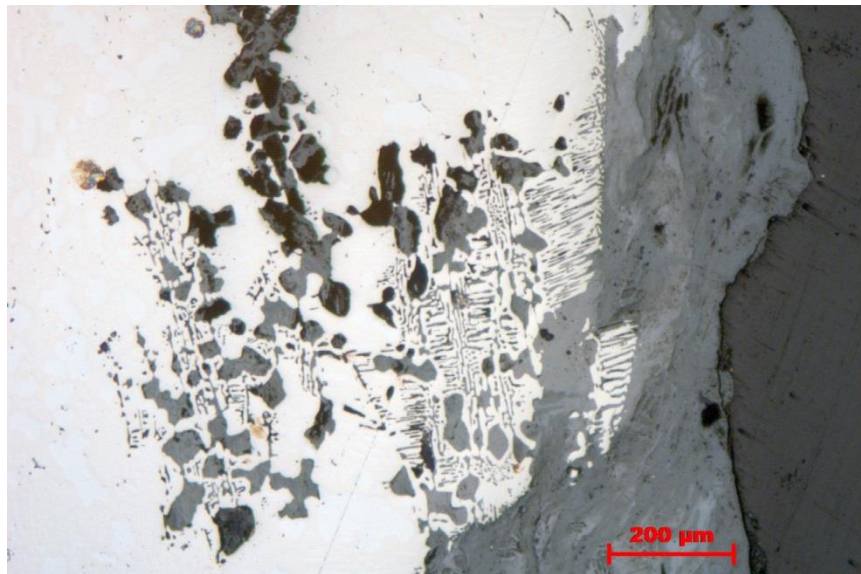
I materialet med fällstensslagg fanns ett mindre antal mycket magnetiska bitar där en bestod av ett droppformat järnstycke i cm-storlek. I mikroskop ses att det polerade järnprovet är porigt men utan slagginneslutningar (fig. 41). Dock ses rost i vissa porer samt i en textur som avslöjar att järnet innehåller kol (fig. 42), en textur som även ses i släpljus (fig. 43).

Etsning av järnet visar på ett mycket högt innehåll av kol och texturen som ses är ledeburit (fig. 44) vilken består av mörka perlitöar i det ljusa rena järnet, samt avlånga masklika former som består av antingen grå cementit eller perlit (fig. 45). Järnet är ett gjutjärn och är inte smidbart utan att först avkolas (färskas). Större delen av järnets yta består dock av en tunn hinna av perlit (stål).

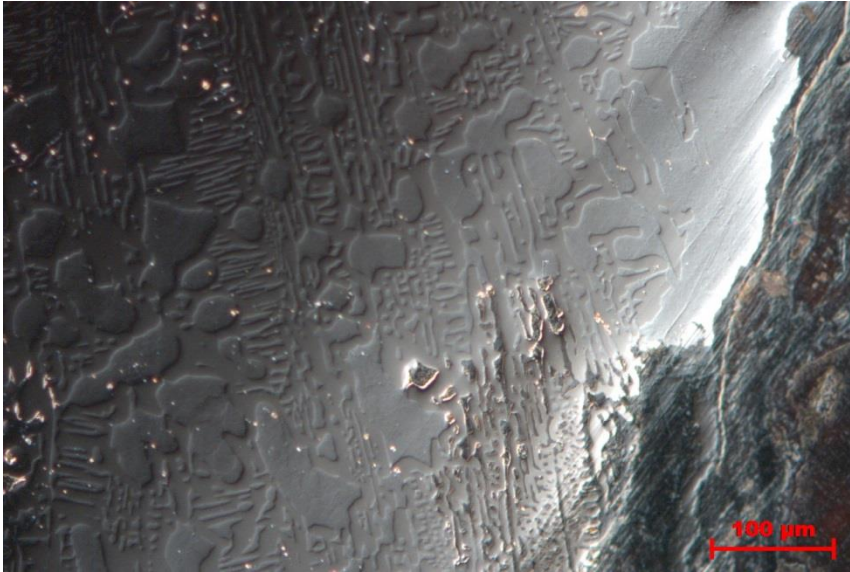
Kemiska analyser med mikrosond visar att metallen är mycket ren i sammansättning; endast i någon enstaka punkt finns nickel på knappt 0,1 %.



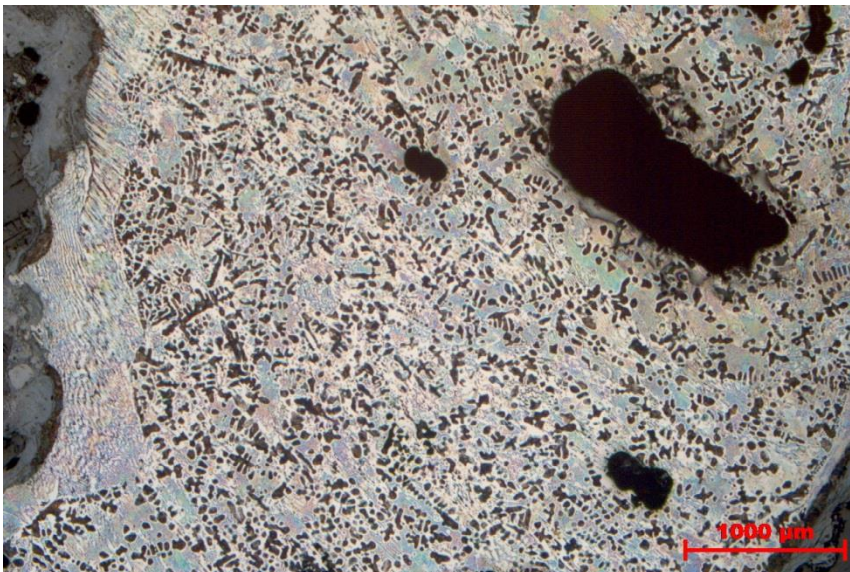
*Figur 41. Hela prov RSFJ. Polerat men inte etsat.*



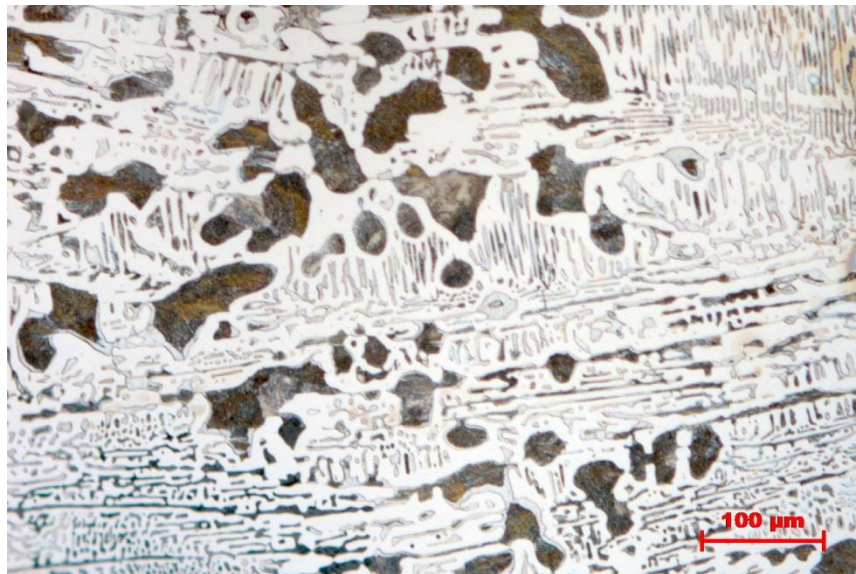
*Figur 42. Den grå rosten på järnets yta ses selektivt ha angripit det ljusa järnet och bildat en textur som även ses i släpljus (nästa bild).*



Figur 43. Det polerade järnet ses i släpljus ha en yttlig textur (relief) som liknar rosten i tidigare figur. Se även följande figurer.



Figur 44. Järnprov RSFJ efter etsning, vilket kraftigt påverkar metallen (jämför fig.42–43).



Figur 45. I hög förstoring ses det etsade järnet innehålla texturen ledeburit, vilken påvisar ett mycket högt kolinnehåll, något som troligen gjort järnet osmidbart. Ledeburit består av mörka perlitöar i ljus järn samt avlånga strukturer som består av grå cementit och/eller mörk perlit.

## Kemiska analyser

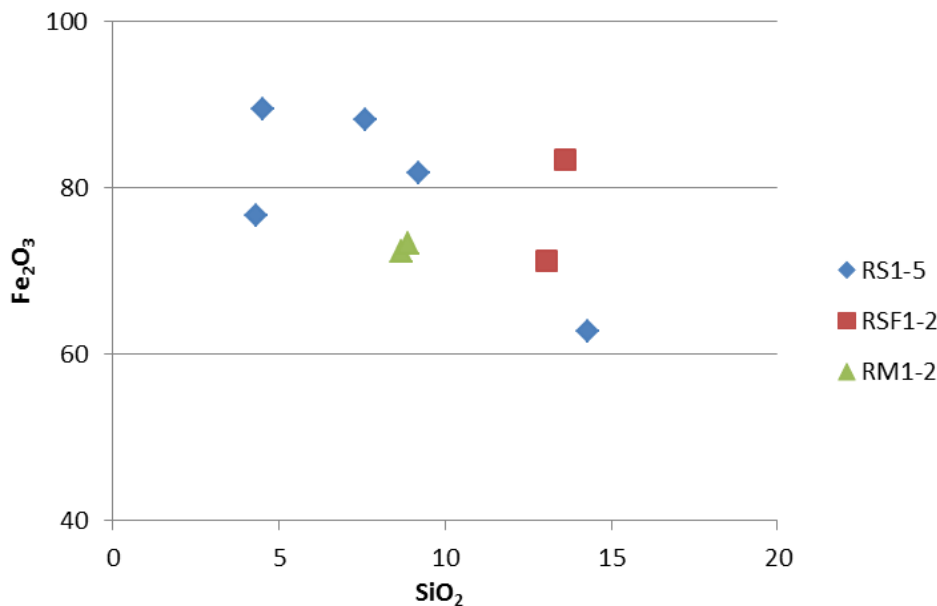
### Slagger och malmer från Rätansböle

Järn och kisel

Resultaten från de totalkemiska analyserna (bilaga 3 och i fig. 46) visar att samtliga slagger, såväl de från slaggsvarpet (RS-prover) som de från fällstenens närhet (RSF-prover) domineras av järn (angivet som järnoxid;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i tabell i bilaga 3). Detta är den totala halten järn som förekommer i olika former; dvs. huvudsakligen som järnoxiden wüstit och olivin precis som har observerats i mikroskop där de flesta slaggerna ses domineras av wüstit. I flera slagger har också metalliskt järn observerats i varierande mängder och detta bidrar också till den totala järnhalten.

Även malmerna domineras av järn. I malmer förekommer järnet huvudsakligen som oxid(er) eller hydroxider. I övrigt förekommer kisel (som mest ca. 14 %  $\text{SiO}_2$ ). Malmerna som valdes för totalkemiska analyser var magnetiska vilket tyder på att de innehåller magnetit, dvs. att det är rostad malm. Några större stycken som undersöktes i mikroskop visade sig också innehålla järnhydroxider; dvs. de är inte helt omvandlade vid rostning. Möjligen ingår en del järnhydroxider även i de malmprov som har analyserats, vilket antyds av glödförlusten (se bilaga 2 och 3) som noterats på provet före och efter upphettning inför analysen. Det innebär att den uppmätta järnhalten möjligen kan justeras uppåt (i samma storleksordning som glödförlusten) men tyder också på att malmen (som analyserats) inte varit fullständigt rostad. En del av glödförlusten beror sannolikt på ett innehåll av organiskt material, t.ex. kolstycken, vilket ses i de betydligt högre halterna av kol (2–3 % C) i malmerna än i slaggerna.

Järn och kisel är de ämnen som vanligen dominerar i slagger från blästjärnstillverkning och generellt är ett mått på utbytet av järn; ju lägre järnhalt i slaggen desto bättre utvinning (se även bilaga 2). För dessa slagger kan därmed utbytet förefalla lågt. Men, i dessa slagger finns metalliskt järn, som därmed egentligen har reducerats fram, men inte fysiskt har separerats från slaggen. I detta fall blir det därmed svårt att konkret beräkna utbytet eftersom den kemiska procesen och separationen ger delvis olika bilder. För att utveckla detta ytterligare bör vi jämföra även med slaggernas morfologi samt hur och var de har bildats i ugnen – något vi återkommer till nedan.



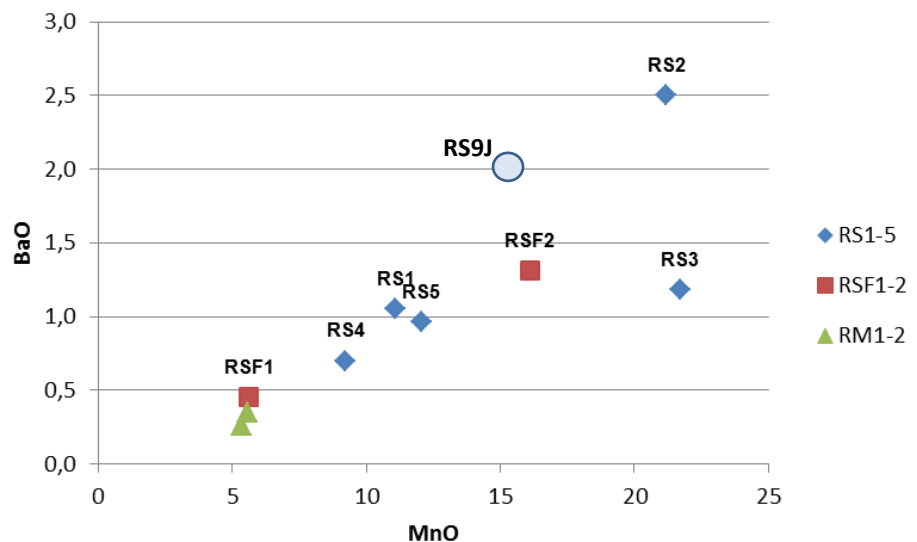
Figur 46. Innehållet av kisel (som SiO<sub>2</sub>) och järn (som Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) i reduktionsslagger (RS-prover), slagger från fällstenen (RSF-prover) och malmer (RM-prover).

#### Användning av malm med varierande manganhalter

Ett ämne som i de flesta slagger förekommer i högre halter än kisel är mangan. Manganhalten varierar från knappt 6 % MnO till som mest knappt 22 % (fig. 47). Även den lägsta halten är tämligen hög jämfört med många andra järnframställningsplatser, men inte alls ovanligt (se nedan). Mangan förekommer också i de båda analyserade malmerna (ca 5,5 % MnO). Mangan är kemiskt besläktat med järn och förekommer ofta i myr- och sjömalmer och halten kan variera även på korta avstånd i en malmtäkt (se även bilaga 2). Manganhalten i en slagg kan därmed vara till hjälp för att se vilken eller vilka malmer som har använts. Mangan kan också vara en tillgång när järnutbytet ska uppskattas. Medan järn under processens gång i ugnen fördelar sig mellan den bildade metallen och slaggen går mangan (nästan) uteslutande till slaggen.

De båda malmerna har en mycket likartad manganhalt (fig. 47) som visar att manganhaltig malm funnits tillgänglig och att sådan också kommit till användning syns tydligt i slaggerna. Eftersom det bland dessa dessutom finns ännu högre manganinnehåll finns tecken på att ännu manganrikare malm har använts. Därmed visar variationen i manganhalt i slaggerna på upprepade körningar i (en) blästugn. Även de båda slaggerna från fällstenen visar manganinnehåll på två olika nivåer som antyder denna malmvariation (prov RSF2 utgörs av flera slaggbitar varför analysen för denna är ett bulkprov och eventuellt kan ännu högre halter finnas).

Att det finns stora likheter, eller snarare variation inom samma ramar, för slaggerna från varpet respektive fällstenen som representerar två olika processled, är i linje med vad man kan förvänta sig. Eftersom primärsmidet vid fällstenen närmast handlar om att rensa bort och pressa ut slagg från järnluppen, sker inga större kemiska processer med denna slagg utan den representerar den slagg som bildats samtidigt som slaggen som samlats i ugnens nedre slagguppsamlingsutrymme, men blivit inkapslad i järnluppen i stället. Möjligen kan en oxidation ha ägt rum eftersom primärsmidet sker med tillgång på syre. Denna oxidation bör dock mest vara yttlig, vilket bl.a. ses i slaggernas ytterkanter (se detaljbilder från RSF1 och RSF2 med magnetitförekomst; fig. och 27), men inte ha någon större effekt på slaggens totalsammansättning. Eftersom en av slaggerna från fällstenen har den lägsta manganhalten, understryker den snarare att malmer med varierad manganhalt har använts i järnframställningen på platsen.



Figur 47. Innehållet av mangan (som MnO) och barium (som BaO) i reduktionsslagger (RS-prover), slaggar från fällstenen (RSF-prover) och malmer (RM-prover). Spridningen är stor inom det analyserade slaggmaterialet men de båda ämnena samvarierar dvs. högre Mn innebär också högre Ba. Resultat från mikrosondanalysen av slaggen RS9J (bilaga 4) som inte analyserats totalkemiskt visas schematiskt i digrammet.



Manganhalt kan också vara avgörande för vilken kvalitet det bildade järn får eftersom högre manganhalt underlättar kolupptaget i järnet och därmed främjar bildning av stål. Stål har också observerats i flera av de analyserade järnproven.

Bland övriga ämnen som kan förekomma i myr- och sjömalmer finns fosfor (se även bilaga 2 och metodtexten). Under reduktionsprocessen i blästugnen fördelar sig fosfor mellan järn och slagg. Höga fosforhalter i en slagg antyder därmed inte enbart att den använda malmen varit fosforförande utan även att det tillverkade järnet kan ha fått ett fosforinnehåll. Fosfor påverkar järnets kvalitet och ger ett hårdare och segare järn än det rena järnet. I de nu analyserade slaggerna (bilaga 3) varierar fosforinnehållet marginellt, och är genomgående tämligen lågt, i de flesta <0,5 %; en slagg når upp till knappt 0,8 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dvs. halter som inte tyder på att fosforjärn har tillverkats – något som inte heller har observerats i de metallografiska analyserna.

Andra ämnen som också kan förekomma i malmer, men som här noterats i mindre mängder i slaggerna är magnesium (några tiondels viktprocent) och kalcium (några få viktprocent). I malmerna är dock halterna betydligt lägre varför inblandning av annat är troligt. Kalciuminnehållet kan t.ex. komma från det använda träkolet.

Till de ämnen som också är vanligt förekommande i limonitmalmer hör också barium (Ba) som ofta är korrelerat med manganinnehållet (Mn). Det gäller även i de nu analyserade slaggerna och malmerna där en tydlig samvariation framträder; dvs. bariumhalten ökar med manganhalten (fig. 47). Proportionerna mellan barium och mangan kan dock vara olika i olika malmbildningar, något vi återkommer till nedan i jämförelsen med andra lokaler.

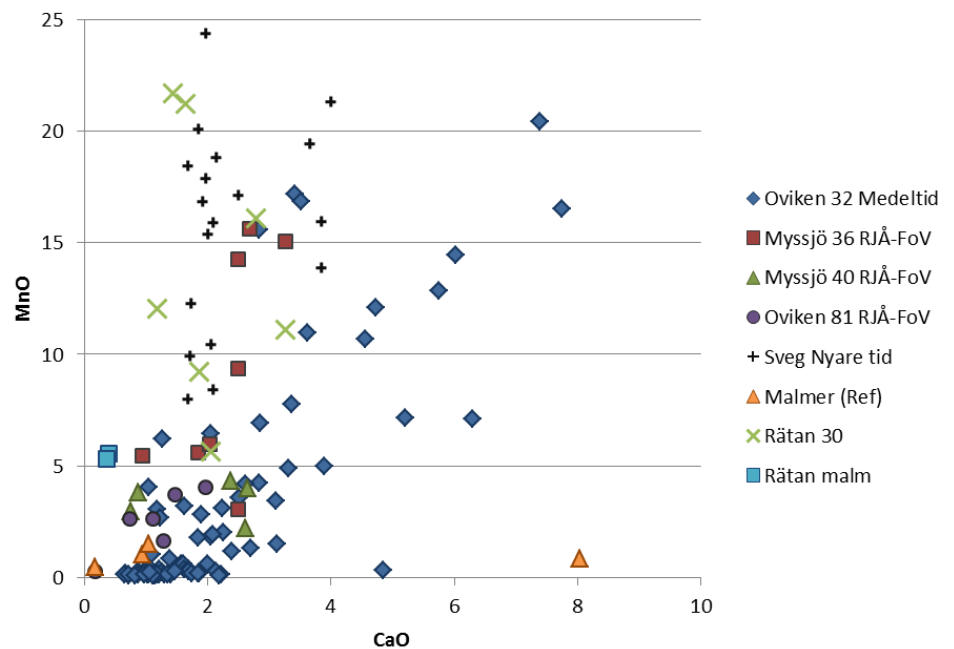
### **Jämförelse med andra järnframställningsplatser i närområdet**

Som nämnts i bakgrunden ovan finns flera undersökta järnframställningsplatser i Ovikens och Myssjö socknar där slagger har analyserats (Magnusson 1986, s. 428 ff). Från Oviken 32, finns flera slaggsvarp från en järnframställningsplats från medeltid (med tyngdpunkt i 1300-tal). Tre äldre lokaler är; Oviken 81, Myssjö 36 och Myssjö 40 alla med dateringar från romersk järnålder till folkvandringstid, men inte helt överlappande (och annan ugnstyp än den medeltida Oviken 32). I samma avhandling finns också analyser från järnframställning daterad till 1500-1600-tal (Sveg 128).

Det framgår inte konkret av analyserna (Magnusson 1986, s. 428 ff) vad som är slagger och annat. Ett fåtal malmer har lyfts fram i texten, liksom att några av proverna sannolikt är ugnsväggar (eller åtminstone har inslag av ugnsväggar). Innan dessa referensdata har använts för jämförelse med de nu aktuella slaggerna från Rätan har de därför granskats och utvärderats. Slagger som har ovanligt högt innehåll av kisel i kombination med högt innehåll av aluminium och lågt innehåll av järn har bedömts ha mer eller mindre inslag av ugnsvägg och har därför uteslutits. Kalium, som också kan användas för att bedöma inslag av ugnsvägg ingår inte i dessa äldre analyser. Det finns inte heller några beskrivningar av slaggernas morfologi eller några publicerade

undersökningar från mikroskop som kan vara till hjälp i att utvärdera proverna, varför detta urval enbart med kemins hjälp kan vara något för grovt instrument och ytterligare några enstaka slagger bör möjligen uteslutas i jämförelsen – resultaten som bulk kan dock vara intressant att relatera till. De kvarvarande analyserna har jämförts med de nu analyserade slaggerna från Rätan 30.

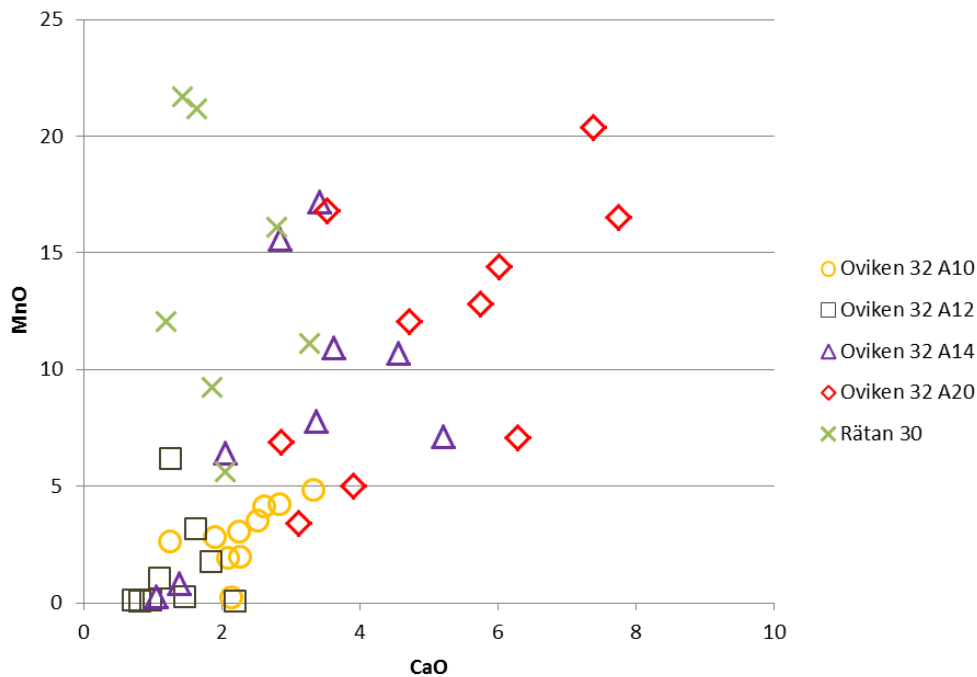
Generellt kan man notera att det finns en stor variation inom den medeltida lokalen Oviken 32; betydligt större än vad som har observerats för slaggerna från Rätansböle (fig. 48–50). Slagg från några slaggarvarp förefaller dock ha tämligen homogen sammansättning, med lågt manganinnehåll (<1 %). Några slaggarvarp uppvisar en variation i manganinnehåll, t.ex. A10 från någon viktprocent upp till 5 %. Andra har en betydligt större variation, men mestadels på ännu högre manganhalter; t.ex. slagger från varpet A14 där de flesta har en manganhalt mellan 6 och 17 % och från varpet A20 där de flesta slagger har en manganhalt mellan 7 och 20 %, även om ett fåtal med lägre halt också noterats.



Figur 48. Innehållet av mangan (som MnO) och kalcium (som CaO). Slaggerna och malmerna från denna undersökning jämfört med andra järnframställningsplatser i regionen (se text). Slaggerna från Rätan varierar i manganhalt, men slagger från den stora järnframställningsplatsen Oviken 32 uppvisar ännu större spridning (jämför nästa figur).

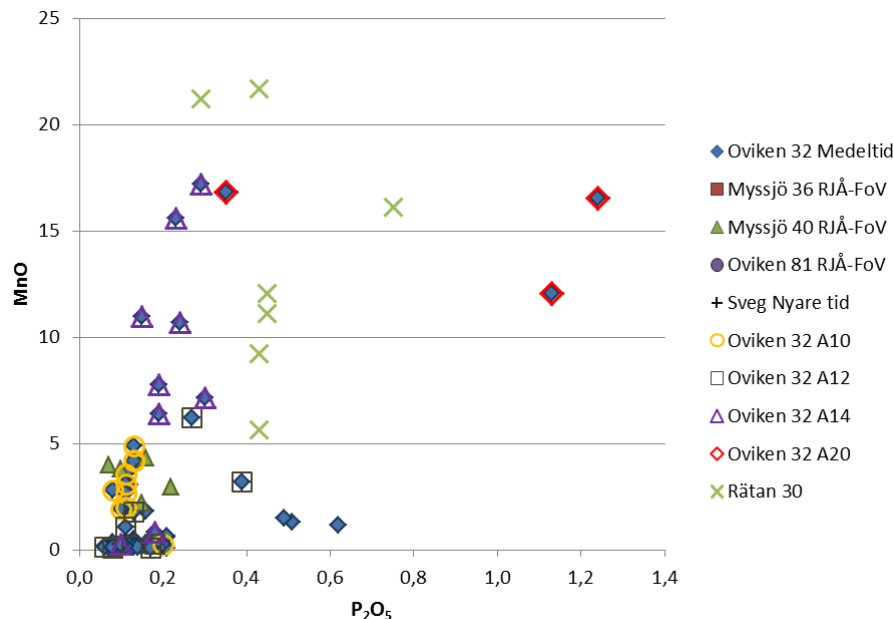
Det framgår inte tydligt i referensen om varje slaggarvarp kan relateras till separata ugnar eller om de byggts upp mer slumpartat med slaggar från flera ugnar och/eller om en körning i en ugn möjligen fått sin slagg dumpad i flera varp. Oavsett vilket speglar det tydligt att det funnits tillgång på malm med varierad sammansättning. En möjlig tolkning är

att de varp som endast innehåller slagg med låg manganhalt trots allt speglar en fas i järnframställningsplatsen livstid, medan andra varp med andra nivåer av mangan speglar att andra malmtäkter har varit i bruk. Som nämnts ovan kan dock malmtäkterna ha varit tämligen närliggande. Variationen som syns tydligt i slaggvarpen från denna medeltida plats, Oviken 32, är av betydelse för förståelsen av järnframställningen i Rätansböle som med betydligt färre analyserade slagger speglar en motsvarande, om än något mer begränsad variation – trots avsaknaden av ugnar och delvis förstörd lokal.



Figur 49. Innehållet av mangan (som MnO) och kalcium (som CaO). Slaggerna från denna undersökning jämfört med slagger från några av slaggvarpen (A10-A20) från Oviken 32 (se föregående figur) vilka också visar spridning i sammansättning, men i olika omfattning.

I detta sammanhang kan vi också notera att även slagger från det enda analyserade slaggvarpet från Myssjö 36 (Fig. 48–49) har varierande manganhalt och ytterligare visar principiella likheter med Rätansböle trots att de inte är samtida. Motsvarande gäller för den yngre järnframställningsplatsen Sveg 128. Slagger från de båda andra lokalerna från romersk järnålder-folkvandringstid (Oviken 81 och Myssjö 36) har dock mer enhetligt manganinnehåll (såväl inom som mellan platserna). Intressant att notera är också att de få malmerna i referensmaterialet (från Myssjö 36 och 40 samt Oviken 81) samtliga har lägre manganinnehåll (<1,5 % MnO) än de som nu har analyserats från Rätansböle. För Myssjö 36 är det intressant med tanke på att några av slaggerna därifrån har manganhalter på betydligt högre nivå, och likt materialet från Rätansböle visar slaggerna att ytterligare malmer än de analyserade har använts i järntillverkningen.

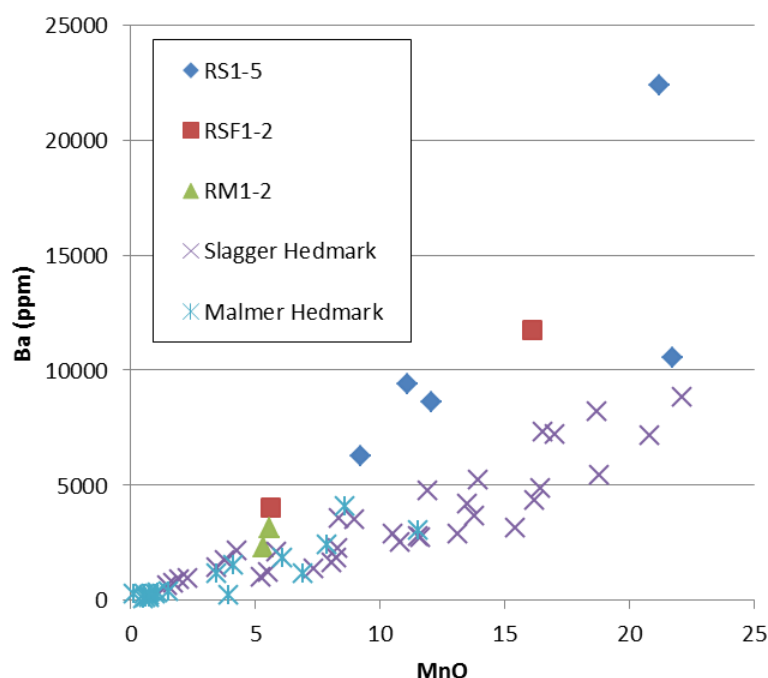


Figur 50. Innehållet av mangan (som MnO) och fosfor (som  $P_2O_5$ ). Slaggena från denna undersökning jämfört med andra järnframställningsplatser i regionen (se text) där några slaggvarp från Oviken 32 har markerats specifikt. För några lokaler har fosfor antingen inte ingått i analysen eller är inte noterad i halter över detektionsnivån. Slaggena från Rätan har dock generellt högre fosforhalt än andra slagger.

### Jämförelse med andra järnframställningsplatser

Med tanke på den variation i manganinnehåll som noterats för slaggena från järnframställningsplatsen i Rätansböle, liksom den medeltida järnframställningsplatsen Oviken 32 längre norrut, kan ytterligare utblickar vara av intresse. I Jämtland har järnproduktionen tidvis varit omfattande. Samma gäller för järnframställningen i Gråfjellsområdet i Hedmark i Norge, också den med tyngdpunkt i medeltid (Rundberget 2007). Ett stort område med malmförekomster, rostningsplatser för malm, anläggningar för kolning och stort antal järnframställningsplatser med likartad struktur är dokumenterade och undersökta. Till skillnad mot ugnstypen i Rätansböle och Oviken 32 karaktäriseras ugnarna i Gråfjellsområdet av att de har haft slaggtappning, och format stora slaggekäglor utanför ugnarna. Oavsett denna skillnad finns en stor likhet med de jämtländska slaggena vad gäller variationen i manganinnehåll (t.ex. Andersson m.fl. 2006). Samma myrmarker har sannolikt använts som råvarukälla i hela området, men uppvisar en variation i mangan som följaktligen också återspeglas i slaggen. Inom Gråfjellsområdet finns också en variation i fosforinnehåll som dock inte noterats i de jämtländska slaggen (se ovan). Denna utblick har inte som avsikt att på något sätt sammanföra de båda områden med gemensamt råvaruursprung utan är snarare för att påvisa de principiella likheterna, både vad gäller variationen i den

tillgängliga malmen och att dessa olika malmer också har använts inom respektive lokal. Att det rör sig om skilda malmer i Gråfjellsområdet och Rätan-Oviken kan ses om man jämför mangan med spårämnet barium. Dessa ämnen samvarierar, dvs. högre manganinnehåll är kopplat till högre bariuminnehåll (fig 51). Proportionerna mellan dem har dock visat sig vara olika i olika områden (t.ex. Heimann m.fl. 2001, Grandin 2017), men kvoten är likartad inom en och samma malmregion. Om vi jämför de jämtländska slaggerna och malmerna med de från Gråfjell ser vi att bariuminnehållet ökar kraftigare med manganhalten i de jämtländska slaggerna än i de från Gråfjell. Malmerna med olika manganhalt har också fungerat i olika typer av ugnar så i vilken omfattning järnframställarna har behövt justera processen är oklart. Om de också valt malmtyp för att styra tillverkningen av järn respektive stål (kolhaltigt) kan också diskuteras.



Figur 51. Innehållet av mangan (som MnO) och barium (här som ppm Ba) i slagger och malmer jämfört med slagger och malmer från Hedmark i Norge. Även för dessa ses en positiv korrelation mellan MnO och Ba, men med andra proportioner där Ba ökar mindre än i slaggerna från Rätan för ökande MnO.

### Produktionsmängd och utbyte

En intressant fråga ur många perspektiv är hur mycket järn som har tillverkats i en ugn, eller på en järnframställningsplats. Frågan är intressant ur en teknologisk synvinkel för att se hur mycket av malmens järn som har kunnat tillvaratas samtidigt som man har fått en smidbar produkt i en väl samlad järnlupp. Den är av betydelse också för att se på omfattningen av järnframställningen, hur storskalig den kan ha varit.

Det senare har man försökt beräkna med hjälp av mängden slag på en plats. Genom att få ett mått på hur mycket järn som kan ha tillverkats för varje kilo slag har uppskattningar gjorts även om en total produktion. I allt detta finns många felkällor och en liten förändring i början av en beräkning kan få stora effekter på slutresultatet, vilket har diskuterats mer ingående av Forenius m.fl. (2014a, s. 45 ff).

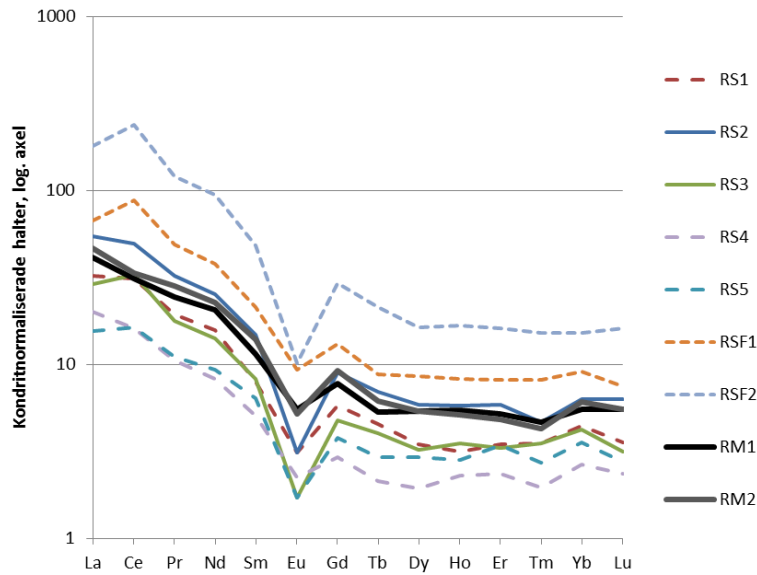
Grundförutsättningen för beräkningarna är att känna till såväl den använda malmens som den resulterande slaggens sammansättning – eftersom järnet sällan finns kvar – och göra en teoretisk beräkning utifrån detta. Denna beräkningsmetod har tidigare beskrivits utförligt av Arne Espelund, bland annat för undersökningar i Gråfjellsområdet i Hedmark (Espelund 2003). Metoden bygger på att följa de ämnen som finns i malmen och slaggen och jämföra deras halter. Under reduktionsprocessen går en del av malmens järn till metalliskt järn, alltså den tillverkade smältan. Resten av järnet återfinns i slaggen tillsammans med övriga ämnen från malmen t.ex. mangan, kisel och aluminium. Av dessa kan mangan härledas i princip uteslutande till malmen, medan kisel och aluminium kan ha flera olika ursprung och kan i åtminstone några av fallen knytas till inblandning av annat material. För dessa slagger och malmer är det därför rimligt att genomföra beräkningarna för mangan och järn (korrigerat för glödförlust).

För att en beräkning ska vara befogad krävs också att malm och slag kan relateras kemiskt och att andra tillsättningar inte gjorts som tillfört mer av det aktuella ämnet (i det här fallet mangan). Eftersom vi från analysresultaten känner till manganinnehållet i såväl slag som malm (t.ex. fig. 47) kan vi alltså anta en slaggvikt och beräkna hur mycket malm som behövs för att bilda denna slag. Manganhalten förväntas vara lägre i malmen än i slaggen och har följaktligen anrikats i slaggen. Efter att ha räknat ut hur mycket malm som behövs per vikt bildad slag kan vi jämföra vikten järn i malm med vikten järn i slag. Skillnaden mellan dessa utgörs av det producerade järnet. Dessa beräkningar är teoretiska och visar hur mycket järn som kan ha bildats. Vi får dock komma ihåg att smältan som bildas i ugnen vanligen innehåller en del innesluten slag och inte direkt representerar den mängd järn som kan användas för vidareförädling. Den förlust av järn som kan ske under efterföljande processer har avhandlats utförligt av Englund (2002).

De båda malmerna är så lika varandra att de får anses som en och samma malm och därmed kan samma uppskattning göras för båda. Förekomst av spårämnen som t.ex. de sällsynta jordartsmetallerna (REE) gör dock att de är mer troliga som råvaror för några av slaggerna (se ovan) än för andra (fig. 52). Dessutom är manganhalten möjligen orimligt hög i några slagger för att denna malm ska ha kunnat användas. Om man schablonmässigt genomför beräkningen enligt den allmänna beskrivningen ovan, resulterar det i ett utbyte från 0,4 kilo järn per kilo slag för slaggen med lägst manganhalt till ca. 1,8 kilo järn för varje kilo slag för slaggerna med högst manganhalt, dvs. knappt dubbelt så mycket järn som slag. Principiellt är det senare möjligen inte orimligt men eftersom malmen och slaggen inte kan relateras vad avser

spårämnessammansättningen kan vi inte dra den slutsatsen i detta specifika fall.

Som ytterligare jämförelse kan vi dock nämna att man på platser där man mer direkt har kunnat koppla malm och slag (Espelund 2003) har beräkningar visat ett utbyte som varierade från järn i samma mängd som slag till drygt dubbelt så mycket järn som slag. Motsvarande variation är möjligen en ungefärlig uppskattning som kan tillämpas generellt även på järnframställningen i Rätansböle.



Figur 52. Kondritnormaliserade halter av REE (rare earth elements – sällsynta jordartsmetaller) för samtliga prover; malmer fet linje, fällstensslaggar kortstreckade linjer. Reduktionsslaggar med manganhalter >20 % är heldragna linjer.

## Diskussion & tolkning

Med utgångspunkt i det arkeometallurgiska materialet från Rätansböle som har granskats och analyserats är det möjligt att dra flera generella slutsatser om järnframställningen på platsen, trots att lokalen var delvis förstörd och konstruktioner saknades.

Slaggerna från slagghögarna är reduktionsslagger som har stelnat inne i en ugn. Deras form och uppbyggnad, också med stöd i detaljer i mikroskala, visar att järnframställningen ägt rum i en schaktugn med slagguppsamling i ugnens nedre del. I materialet finns ugnsväggrester som visar att lera ingått i väggarnas konstruktion. Leran innehåller naturligt en hög andel finsand och har möjligen valts just därför för att stå emot hög temperatur. Slaggerna uppvisar ingen påtaglig tjocklek och i de flesta slagger som har delats och analyserats förekommer tämligen stora mängder metalliskt järn; även i de slagger där botten tydligt framträder. Sammantaget innebär det att reduktionen från malm till metall har skett även på den nivå där slaggen har samlats, vilket antyder att det inte rör sig om någon djupare grop, utan snarare en grund nedre del av ugnen där blästeringången inte legat alltför högt över botten.

I det arkeometallurgiska materialet finns också bitar som avslöjar mer detaljer kring lufttillförseln till ugnen (fig. c och d). Slagg, delvis med stora mängder metalliskt järn (fig. 8, 35, 38–40), har ansamlats i en oregelbunden bågform, i ett fall med mer tydligt avtryck som antyder att slaggen (och järnet) har stelnat mot ett rör, där formen av ena halvan och röravslutet kan ses. Detta är sannolikt avtrycket efter forman. Den tämligen släta ytan i kanten antyder att denna varit delvis instucken i ugnsväggen och slaggen fastnat mot kanten. Avtryck efter forma, eller blästerrör, antyder i sin tur att lufttillförseln skett med hjälp av bälg(ar). Liknande former, också med rester av ugnsväggens lera, påträffades i flera exemplar på två järnframställningsplatser på ömse sidor om Småland-Skåne gränsen som båda undersöktes 2002. Båda lokalerna; i Markaryds socken i Småland och Skånes Fagerhults socken i Skåne, har medeltida dateringar (Forenius & Grandin 2005 s. 11f, 59; Forenius m.fl. 2005 s. 25ff; Forenius m.fl. 2014b s.16f). Även några medeltida järnframställningsplatser i Danmark har motsvarande förekomst (Voss 1995). I det omfattande järnframställningsområdet vid Gråfjell i Hedmark i Norge påträffades i en slagghög på en av järnframställningsplatserna ett rör av järn som är munstycke till en blåsbälg (Rundberget 2007, s. 239 f). Även i Gråfjellsområdet rör det sig om medeltida järnframställning.

Samtliga analyserade reduktionsslagger kommer från ett slagghög där det enligt uppdragsgivaren inte har gått att särskilja olika faser. Med utgångspunkt i analysresultaten är det dock möjligt att se att slaggerna representerar flera körningar. Det är visserligen inte möjligt att avgöra om det rör sig om en eller flera ugnar, men järnframställningen har ägt rum i samma ugnstyp, och med likartad processteknik. Men, malmer med flera olika sammansättningar har använts. Det senare ses indirekt i slaggernas varierande kemiska innehåll, liksom i de analyserade malmerna.



Även om det finns variationer i slaggernas och malmernas sammansättning så karakteriseras de genomgående av höga eller mycket höga manganhalter. Detta är teoretiskt användbart för att kunna uppskatta utbytet i processen, dvs. hur mycket av malmens järn har blivit metalliskt järn. Malmens järn fördelar sig mellan metall och slagg medan manganet nästan uteslutande går till slaggen. Skillnaden däremellan är en fingervisning om hur mycket järn som har bildats. Försök till beräkningar från de analyserade slaggerna och malmerna visar dock att den del slagger tyder på orimligt högt utbyte; vilket sannolikt beror på att det måste vara fler malmer än de som har analyserats som har använts i processen. En detalj till som försvårar utbytesberäkningen är förekomsten av metalliskt järn i slaggen. Vanligen är det endast små mängder metall i slaggerna; här en ovanligt stor mängd. Det innebär att mer metall har bildats (kemiskt) än vad som har tagits tillvara. Det är också möjligt att diskutera kring om sådana slagger också har återanvänts i processen. Även i fällstensslaggen kunde tämligen stora mängder metall noteras. Ett försök till produktionsberäkning får därmed flera stora felkällor och är inte rimligt att göra.

Förekomsten av metall i slaggen bidrar också med kunskap om ugnens utformning där slagguppsamlingsutrymmet under blästeringången sannolikt varit tämligen grunt.

I det arkeometallurgiska materialet från platsen finns såväl råvaror som avfall, men produkten saknas. Vad som har tillverkats kan dock anas i metallavfallet där såväl mjukt järn som kolstål och gjutjärn finns representerat. Det senare, som observerades i avfallet från fällstenen, är dock inte smidbart och därför möjligen kasserat. De andra järnkvalitéerna som är noterade är dock från metall i slagg, bl.a. i nivå med blästeringången, där också järnluppen bör ha bildats. I ett sådant järn har vi noterat en hög kolhalt. De höga manganhalterna som är typiska i detta material underlättar också för järnet att ta upp kol under processen, varför det finns ytterligare tecken på att stål har varit åtminstone en av produkterna i framställningen.

## Referenser

- Andersson, D., Grandin, L., Stilborg, O. och Willim, A. 2006. Järnframställning i Gråfjellområdet. Arkeometallurgiska analyser av 2005 års undersökningar. Gråfjellområdet, Åmot kommune, Hedmark Norge. Uppsala: Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 7-2006.
- Englund, L-E. 2002. Blästbruk. Myrjärnshanteringens förändringar i ett långtidsperspektiv. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 40. Stockholm.
- Espelund, A. 2003. Jernvinna i Gråfjell, Åmot kommune, Hedmark. En metallurgisk analyse av funnmaterialet fra jernframstillingsanlegg ID 1023047, utgravd i 2001. Norges teknisk-naturvetenskaplige universitet. Fakultet for naturvitenskap og teknologi. Institutt for materialteknologi. Trondheim.
- Forenius, S. & Grandin, L. 2005. Medeltida järnframställning på en gård i skogen. RAÄ 75, Markaryds sn, Småland. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 10-2005 Uppsala
- Forenius, S., Willim, A. & Grandin, L. 2005. Järnframställning vid Bredabäck. E4-projektet i Skåne, område E4:31. RAÄ 125, Vårsjö 3:10, Skånes Fagerhults sn, Skåne. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 12-2005. Uppsala.
- Forenius, S., Willim, A. & Grandin, L. 2014a. Processtekniska frågor och analyser. I: Ödman, A. (red.) Skånskt järn från Arilds tid till Frans Suells dagar – tre traditioner av järnforskning. Norra Skåndes medeltid 6. University of Lund, Institute of archaeology and ancient history Report Series No. 100. 40–48.
- Forenius, S., Willim, A. & Grandin, L. 2014b. Medeltida bläsbruk vid Bredabäck. I: Ödman, A. (red.) Skånskt järn från Arilds tid till Frans Suells dagar – tre traditioner av järnforskning. Norra Skåndes medeltid 6. University of Lund, Institute of archaeology and ancient history Report Series No. 100. 12–25.
- Heimann, R.B, U. Kreher, I. Spazier and G. Wetzel 2001. «Mineralogical and chemical investigations of bloomery slags from prehistoric (8th century BC to 4th century AD) iron production sites in Upper and Lower Lusatia, Germany». *Archaeometry* 43/2: 227–252.
- Magnusson, G. 1986. Lågteknisk järnhantering i Jämtlands län. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie N:r 22. Stockholm.
- Rundberget, B. (red.) 2007. Jernvinna i Gråfjellområdet. Gråfjellsprojektet 1. Oslo: Kulturhistorisk museum (Varia, 63).
- Sahlén, D. 2017 (opubl.). Arbetsrapport. Teknisk keramik från Rätan, Bergs Kommun, Jämtland.
- Voss, O. 1995. Arkæologiske spor efter middelalderens jernudvinding i det nuværende Danmark. I: Medeltida danskt järn. Framställning av och handel med järn i Skåneland och Småland under medeltiden. Red. S-O Olsson. Forskning i Halmstad 1. Halmstad.

## **Administrativa uppgifter**

*SHMM:s dnr:* 5.1.5-2016-01044.

*Länsstyrelsens dnr:* 431-3539-2016.

*SHMM:s projektnr:* A13531.

*Undersökningstid:* jan-juni 2017.

*Projektgrupp:* Erik Ogenhall och Lena Grandin.

*Underkonsulter:* Axinit Bratislava (tunnslip), ALS minerals (kemi),  
Geocentrum Uppsala (mikrosond).

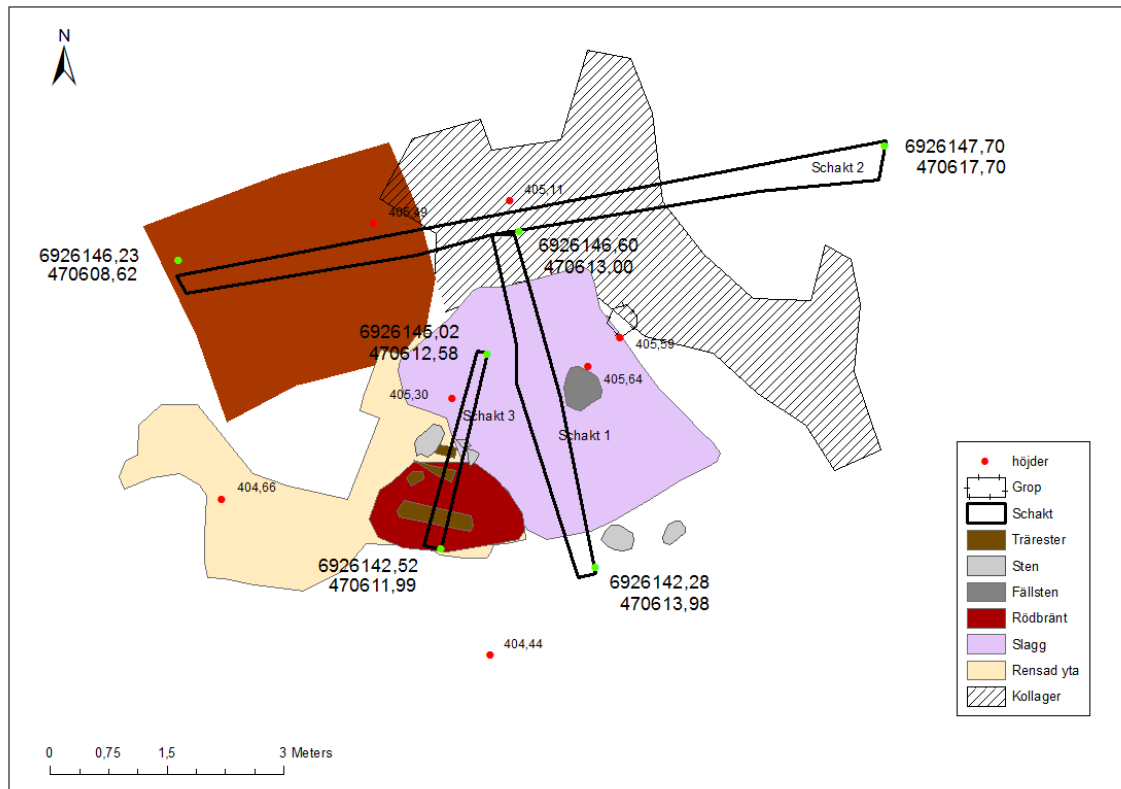
*Foto:* Erik Ogenhall (makrofoton) samt Erik Ogenhall och Lena Grandin  
(mikrofoton) om inget annat anges.

## Bilagor

### Bilaga 1. Plan över undersökningsområdet

Planritning över undersökningsområdet i Rätansböle (Rätan 30:1).

Utbredningen av slagg, kol och rödbränt material framgår, liksom placeringen av fälltenen. Arkeometallurgiskt material från dessa ytor har ingått i analysen. Plan tillhandahållen av uppdragsgivaren.



## Bilaga 2. Allmänt om slagg- och malmkemi

Bland huvudämnena är det vanligen järn och kisel som förekommer i högst halter (bilaga 3) i slagger från järnframställning i blästugn (reduktion) samt i smidesslagg. Dessa ämnen utgör i stora 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 hyttslagger (från masugn) är dock generellt järnhalten lägre och kiselhalten högre, detta på grund av högre utbyte och annan malm m.m. Det rapporterade järninnehållet (som  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) omfattar allt järn. Malmer, speciellt orostade, innehåller järn(oxid)hydroxider. Andelen kan indirekt uppskattas med hjälp av den uppmätta glödförlusten (LOI). Försök med rostning av färsk, orostad limonitmalm som har gjorts och den uppmätta glödförlusten (viktskillnaden före och efter rostning) var ca 11 %, vilket är något mer än den teoretiska för övergång från järnhydroxiden götit till järnoxid (Andersson m.fl. 2006). Motsvarande kan förväntas även vid den upphettning som görs av proverna inför den totalkemiska analysen. Malmernas järnhalt kan följaktligen vara högre; i samma storleksordning som provets glödförlust (LOI i bilaga 3).

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 ska inte underskattas. Andra ämnen som dock kan vara betydligt intressantare att knyta till malmen är t.ex. mangan, fosfor, titan och magnesium. De kan förekomma från någon tiondels viktprocent upp till några procent, eller som för mangan till och med tiotals viktprocent (som  $\text{MnO}$ ). Fosfor är också ett ämne som är vanligt förekommande i malmer och ett hjälpmedel för att särskilja olika malmområden. Fosfor har också en effekt, mestadels positiv, på det tillverkade (bläst-) järnet genom att vid låga halter bidra till ett hårdare, men fortfarande segt, järn jämfört med det fosforfria järnet. Fosfor fördelar sig under framställningsprocessen mellan metall och slagg varför en förhöjd fosforhalt i slaggen delvis signalerar att fosforjärn kan ha tillverkats. Höga halter fosfor, framför allt i hyttjärn, är däremot något negativt.

Ämnen som förekommer i betydligt lägre halter, s.k. spårämnen (nedre delen av analysstabellen) kan vara av betydelse för att jämföra slagger med varandra och malmer för att se om det finns ett gemensamt ursprung, och om detta kan kopplas till någon specifik geologisk/geografisk miljö. Bland dessa finns t.ex. barium (Ba) som ofta är korrelerat med manganinnehållet (Mn). Andra ämnen som kan vara viktiga att jämföra är nickel (Ni), vanadin (V), kobolt (Co) och krom (Cr), liksom gruppen sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements – REE\*).

\*Normaliserade enligt Evensen N.M., Hamilton P.J., and O'Nions R.K. 1978. Rare-earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42, 1199-1212.

Bilaga 3. Rådata kemisk analys av slagg (RS) och malm (RM)

		RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RSF1	RSF2	RM1	RM2
SiO <sub>2</sub>	%	9,22	14,3	4,32	7,60	4,50	13,6	13,05	8,68	8,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	1,24	2,12	1,20	1,05	1,05	3,34	3,26	1,48	1,48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	81,7	62,8	76,6	88,1	89,4	83,3	71,2	72,3	73,2
CaO	%	3,27	1,64	1,43	1,86	1,19	2,05	2,79	0,39	0,37
MgO	%	0,51	0,40	0,33	0,35	0,27	0,35	0,43	0,08	0,07
Na <sub>2</sub> O	%	0,13	0,32	0,07	0,15	0,04	0,33	0,19	0,19	0,20
K <sub>2</sub> O	%	0,41	0,56	0,29	0,35	0,18	0,82	0,69	0,24	0,23
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01
TiO <sub>2</sub>	%	0,06	0,10	0,03	0,05	0,02	0,07	0,09	0,09	0,08
MnO	%	11,1	21,2	21,7	9,22	12,05	5,62	16,1	5,55	5,33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,45	0,29	0,43	0,43	0,45	0,43	0,75	0,33	0,34
SrO	%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
BaO	%	1,05	2,50	1,18	0,70	0,96	0,45	1,31	0,35	0,26
C	%	0,02	0,02	0,02	0,06	0,05	0,03	0,08	2,54	2,10
S	%	0,09	0,06	0,05	0,06	0,04	0,06	0,09	0,02	0,02
LOI	%	-8,94	-6,92	-8,87	-8,00	-9,26	-9,59	-8,32	9,34	8,50
<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>100,21</b>	<b>99,32</b>	<b>98,72</b>	<b>101,87</b>	<b>100,86</b>	<b>100,78</b>	<b>101,55</b>	<b>99,02</b>	<b>98,97</b>
Ba	ppm	9240	>10000	>10000	6180	8370	3940	>10000	2930	2220
Ce	ppm	19,9	31,6	20,8	10,3	10,4	56	151	19,9	21,5
Cr	ppm	20	10	20	10	20	20	20	10	20
Cs	ppm	0,17	0,39	0,09	0,16	0,06	0,25	0,31	0,51	0,63
Dy	ppm	0,88	1,5	0,82	0,49	0,75	2,17	4,16	1,37	1,37
Er	ppm	0,58	0,98	0,55	0,39	0,57	1,35	2,69	0,86	0,8
Eu	ppm	0,18	0,18	0,1	0,13	0,1	0,54	0,59	0,32	0,3
Ga	ppm	5,7	10,2	10,5	5,8	6,7	5,8	8,8	5	5,4
Gd	ppm	1,18	1,84	0,97	0,6	0,77	2,67	5,98	1,59	1,88
Hf	ppm	0,9	1,6	0,5	0,7	0,3	1,2	1,6	1,5	1,5
Ho	ppm	0,18	0,33	0,2	0,13	0,16	0,47	0,95	0,31	0,29
La	ppm	7,9	13,4	7,1	4,9	3,8	16,5	44,2	10,1	11,4
Lu	ppm	0,09	0,16	0,08	0,06	0,07	0,19	0,41	0,14	0,14
Nb	ppm	1,6	2,2	0,8	1,1	0,6	2,2	2,3	1,6	1,7
Nd	ppm	7,5	12	6,7	3,9	4,4	18	44,7	9,8	10,7
Pr	ppm	1,87	3,12	1,72	1,01	1,06	4,7	11,65	2,35	2,73
Rb	ppm	9,4	12,7	7,7	7,9	3,5	20,1	15,8	7,2	7,2
Sm	ppm	1,23	2,29	1,27	0,78	0,98	3,3	7,47	1,77	2,14
Sn	ppm	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	115
Sr	ppm	131,5	99,7	68,3	70,4	48,2	79,6	110	25,9	25,7
Ta	ppm	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
Tb	ppm	0,17	0,26	0,15	0,08	0,11	0,33	0,8	0,2	0,23
Th	ppm	1,17	1,63	1,22	0,79	0,81	4,53	3,78	1,23	1,2
Tm	ppm	0,09	0,12	0,09	0,05	0,07	0,21	0,39	0,12	0,11
U	ppm	0,43	0,57	0,57	0,33	0,19	1,98	1,41	0,7	0,66
V	ppm	20	24	26	14	21	32	34	23	21
W	ppm	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Y	ppm	6,4	9,7	4,6	3,6	4,7	11,1	24,5	8,5	9,5
Yb	ppm	0,73	1,04	0,7	0,44	0,59	1,5	2,5	0,91	1
Zr	ppm	29	49	13	27	12	40	51	49	51
As	ppm	4,1	17,9	1,7	14,7	7,3	2,1	4,9	17,4	19,9
Bi	ppm	0,16	0,89	0,06	0,66	0,29	0,24	0,18	0,02	0,2
Hg	ppm	0,036	0,129	0,006	0,116	0,048	<0,005	0,019	0,017	0,072
Sb	ppm	0,08	0,37	<0,05	0,38	0,16	<0,05	0,08	0,07	0,19
Se	ppm	0,9	0,8	0,6	0,7	0,5	0,7	1,6	0,6	0,7
Te	ppm	0,07	0,17	0,08	0,07	0,08	0,33	0,08	0,03	0,02
Tl	ppm	<0,02	0,05	<0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,33	0,35
Ag	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cd	ppm	<0,5	1,3	<0,5	0,6	0,9	<0,5	1,2	<0,5	<0,5
Co	ppm	15	29	27	<1	5	3	7	74	68
Cu	ppm	1	25	<1	16	3	<1	3	<1	5
Li	ppm	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Mo	ppm	9	4	15	2	8	5	3	27	27
Ni	ppm	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	6
Pb	ppm	7	47	18	52	25	9	22	2	64
Sc	ppm	1	2	1	1	1	2	3	2	2
Zn	ppm	<2	10	17	<2	<2	<2	5	324	355
Ge	ppm	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
In	ppm	0,008	0,028	<0,005	0,024	0,011	<0,005	0,007	0,005	<0,005
Re	ppm	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001

## Bilaga 4. Rådata från mikrosond

Mikrokemiska analyser med elektronmikrosond (JEOL JXA-8530F). Analyser är gjorda på flera olika punkter i respektive prov. Nedan redovisas analyser av metallen (element i viktprocent) i den övre tabellen och slagg (med oxider i viktprocent) i den nedre.

Analys	Si	Ti	Fe	Mn	Mg	Ca	P	Cr	Ni	V	Co	Cu	Total
RSFJ_1	0,05	0,01	101,79	0	0	0	0,00	0,01	0	0	0	0,03	101,90
RSFJ_2	0,01	0	101,66	0,06	0,02	0	0	0	0,03	0,01	0,00	0	101,80
RSFJ_3	0,00	0,01	101,51	0,02	0	0,01	0,02	0,01	0	0	0,02	0	101,60
RSFJ_4	0,00	0	101,96	0,02	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0,01	0	102,02
RSFJ_5	0,02	0	100,61	0	0,02	0	0	0,03	0,08	0	0	0	100,75
RSFJ_6	0	0	92,03	0	0,02	0	0	0,03	0,02	0,00	0,03	0,03	92,16
RSFJ_7	0,03	0	100,27	0,05	0	0,01	0,02	0	0	0	0,02	0,03	100,43
RSFJ_8	0,01	0	93,05	0,05	0,03	0,00	0	0	0,00	0	0	0,10	93,24
RS1J_101	0,04	0,01	100,39	2,77	0	0	0,07	0,01	0	0	0,02	0,01	103,33
RS1J_102	0,02	0,00	101,18	2,70	0,02	0	0,06	0	0,04	0	0,01	0	104,03
RS1J_103	0,02	0	100,61	2,50	0,01	0,01	0,09	0	0,01	0,03	0	0,04	103,30
RS1J_104	0,04	0	101,67	2,14	0	0	0,06	0	0	0	0,07	0,02	104,00
RS1J_106	0,01	0,03	103,34	0,08	0	0	0,04	0,01	0	0	0,04	0	103,54
RS1J_105	1,12	0,01	81,54	12,76	0	0,00	0,08	0	0,00	0	0	0	95,51
RS1J_106	0,01	0	103,24	0,11	0	0	0,02	0,01	0,05	0,01	0,03	0,04	103,51
RS5J_5	0,03	0,01	102,74	0,03	0,03	0,01	0,01	0,05	0,02	0	0	0	102,92
RS5J_6	0	0	103,52	0,08	0	0	0	0	0	0	0,02	0	103,62
RS9J_1	0,03	0,02	102,15	0,02	0	0	0,05	0	0,02	0	0,06	0,03	102,38
RS9J_2	0	0	101,87	0,14	0	0,01	0,05	0	0	0	0,05	0,04	102,17

Totalsumman är över 100% beroende på att den redovisade järnhalten är för hög vilket sannolikt är en effekt av kalibreringen av järn har gjorts på järnmineral och inte metalliskt järn. Det viktigaste i tabellen är dock eventuell förekomst av andra ämnen, vilket i de flesta fall är under detektionsnivån eller saknas helt. Den lägre totalsumman på drygt 90 % för t.ex. analys RSFJ\_6 och \_7 beror på att det är kolhaltigt järn som är analyserat och kol kan inte analyseras med det använda instrumentet.

An.nr	Fas	Not	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	NiO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CoO	Total
RS1J_medel 1	bulk	ol-rikt område	28,25	0,20	5,15	35,53	12,06	0,57	10,24	0,44	1,44	1,32	0,02	4,64	0,02	0,00	0,03	99,91
RS1J_medel 1	bulk	wu-rikt område	10,45	0,06	1,81	70,30	12,80	0,70	3,82	0,16	0,58	0,43	0,02	1,15	0,03	0,01	0,01	102,33
RS1J_1	ol	stor xx	31,21	0	0,10	37,22	19,16	1,29	11,37	0,10	0,01	0,29	0,00	0,05	0	0,03	0	100,82
RS1J_2	wu	stor dendrit	0,15	0,18	0,23	92,01	9,73	0,22	0,07	0,01	0,01	0,01	0,02	0,11	0,03	0	0,02	102,79
RS1J_6	wu	stor xx	0,35	0,40	0,15	91,87	7,04	0,09	0,34	0	0,05	0	0	0,17	0,05	0	0,10	100,59
RS1J_7	bulk	lättare fas, K-rik	38,10	0,02	29,81	2,26	0,49	0,03	1,21	5,94	17,00	1,77	0	0,99	0	0,04	0,01	97,67
RS1J_8	bulk	nålliknande	33,29	0,74	24,82	4,09	0,87	0,01	3,04	0,44	3,33	1,82	0,01	30,34	0	0	0	102,81
RS1J_9	nål		35,18	0,81	26,62	2,45	0,23	0,02	1,46	0,21	3,12	1,29	0	32,72	0	0	0	104,10
RS5J_medel 1	bulk	finkornig slagg	26,22	0,17	5,23	36,11	13,61	0,30	7,76	0,23	0,84	3,02	0,01	6,30	0,03	0,01	0,02	99,87
RS5J_medel 3	bulk	finkornig slagg	26,42	0,16	5,25	35,48	13,72	0,33	7,73	0,23	0,85	3,06	0,01	6,22	0,02	0	0,01	99,50
RS5J_medel 2	bulk	grovkornig wu-dom.	11,20	0,07	2,65	66,68	13,18	0,27	3,00	0,13	0,36	1,10	0,01	2,61	0,01	0,01	0,03	101,30
RS5J_medel 4	bulk	grovkornig wu-dom.	10,63	0,07	2,57	67,70	13,24	0,28	2,69	0,10	0,35	1,00	0,01	2,39	0,03	0,01	0,03	101,09
RS5J_2	bulk	slagginslutning	29,81	0,13	3,51	35,60	16,74	0,35	7,75	0,27	0,71	3,16	0	3,75	0,03	0,04	0	101,83
RS5J_7	bulk	slagginslutning	22,97	0,13	4,62	46,32	12,84	0,21	6,58	0,24	0,69	2,70	0	5,13	0	0	0	102,42
RS5J_4a	bulk	utanför fe	29,12	0,15	4,29	35,33	16,86	0,34	7,11	0,21	0,42	2,52	0	5,39	0,01	0	0	101,76
RS5J_4b	bulk	utanför fe	29,27	0,15	3,97	35,65	17,30	0,41	6,91	0,25	0,45	2,54	0,01	5,12	0,05	0,03	0	102,08
RS5J_1	wu	slagginslutning	1,16	0,09	0,68	88,25	9,66	0,15	0,45	0,02	0,04	0,09	0,01	0,65	0,08	0,03	0,01	101,36
RS5J_3a	wu	utanför fe	0,17	0,05	0,35	87,63	12,34	0,15	0,07	0	0,01	0	0	0,13	0,03	0	0,01	100,94
RS5J_3b	wu	utanför fe	0,22	0,01	0,39	87,91	12,74	0,20	0,05	0	0	0	0,05	0,09	0,04	0	0,03	101,72
RS19_medel 1	bulk	finkornig slagg	24,07	0,20	5,35	44,90	15,03	0,93	5,51	0,90	1,60	0,81	0,01	2,32	0,01	0,02	0,02	101,68
RS19_medel 2	bulk	finkornig slagg	23,83	0,18	4,80	44,78	15,67	1,00	5,24	0,80	1,45	0,72	0,01	2,05	0,02	0,01	0,02	100,58
RS9J_3a	ol	i grovkornig	30,60	0,05	0,24	39,18	23,43	2,26	4,49	0,08	0,01	0,37	0	0,06	0	0,00	0	100,77
RS9J_4a	wu	i grovkornig	0,35	0,05	0,41	84,92	14,40	0,75	0,13	0,00	0,03	0	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	101,15

Analyser är gjorda i ett fåtal mineral som olivin (ol) och wüstit (wu) för att se fördelning av några ämnen. Främst redovisas dock medelvärden (bulk) av flera ytor (20–50 mikrometer stora) som har gjorts i slagg respektive slagginslutning för att kunna jämföras med totalkemiska analyser.

# RAPPORTSERIE – JAMTLI, 2017

ISSN 1654-2045

- 2017:1 Förbifart Brunflo – Arkeologisk utredning etapp 2  
*Anna Engman*
- 2017:2 Fångstgropar vid väg 315 – Arkeologisk undersökning av  
RAÅ Klövsjö 72:1 och Klövsjö 75:1  
*Anna Engman*
- 2017:3 Arkeologisk förundersökning av Rätan 30:1 – Schaktövervakning i samband  
med omdragning av vatten- och avloppsledningar längst väg 315  
*Anna Engman*
- 2017:4 Östersunds gamla kyrka – Ny toalett för personer med  
funktionsnedsättning 2014–2015  
*Sara Höglund*
- 2017:5 Åre gamla kyrka – Tillgänglighetsanpassning av entré 2013–2015  
*Sara Höglund*
- 2017:6 2016 års fornminnesinventering i Jämtlands län  
*Karl-Johan Olofsson*
- 2017:7 Liggmilan på Bäckedal – Arkeologisk undersökning av fornlämning RAÅ Sveg 914  
*Lars Inge Lööv och Annabell Rahm*
- 2017:8 Fyndet från Lillbörtnan – Arkeologisk undersökning av  
RAÅ Åsarne 172, depåfynd, 2012  
*Amanda Jönsson*
- 2017:9 Duveds kyrka – Rekonstruktion av vattenutkastare  
*Sara Höglund*
- 2017:10 Duveds kyrka – Utbyggnad för värmepump  
*Sara Höglund*
- 2017:11 Hotagens kyrka – Nytt staket  
*Sara Höglund*
- 2017:12 Tullingsåsfyndet – Arkeologisk undersökning av en redskapsdepå  
*Annabell Rahm*
- 2017:13 Slandromsån – Utredning i samband med byggandet av  
gång- och cykelväg i anslutning till Frösö 166:1  
*Anna Engman*
- 2017:14 Kallbadhuset i Stavre – Grundläggningsarbeten och ny brygga  
*Sara Höglund*
- 2017:15 Skadedokumentation, arkeologisk förundersökning, av  
Älvros 749, kolningsanläggning, Älvros 750, blästplats,  
Älvros 755, fångstgropssystem, Älvros 756, fångstgrop,  
Älvros 757, fångstgrop, Älvros 758, fångstgrop,  
Älvros 760, fångstgropssystem  
*Karl-Johan Olofsson*



- 2017:16 Östra Arådalen – Restaurering av källare och ladugård, 2010  
*Henrik Ylikoski*
- 2017:17 Arkeologisk utredning inför planerad bebyggelse på fastigheten Valla 4:2  
*Karl-Johan Olofsson*
- 2017:18 Efter 25 år – en utvärdering av restaureringsarbeten 1990–2004  
*Björn Olofsson*
- 2017:19 Byggnadsinventering Åredalen, 2017  
*Henrik Ylikoski*
- 2017:20 Järnframställningsplats i Böle – Arkeologisk undersökning av RAÄ Rätan 30:1  
*Anna Engman*