

BLÄSTBRUK – FINNS DET EN SYSTEMATIK MELLAN TID, RUM OCH TYP?

Eva Hjärthner-Holdar, Lena Grandin och Svante Forenius

INLEDNING

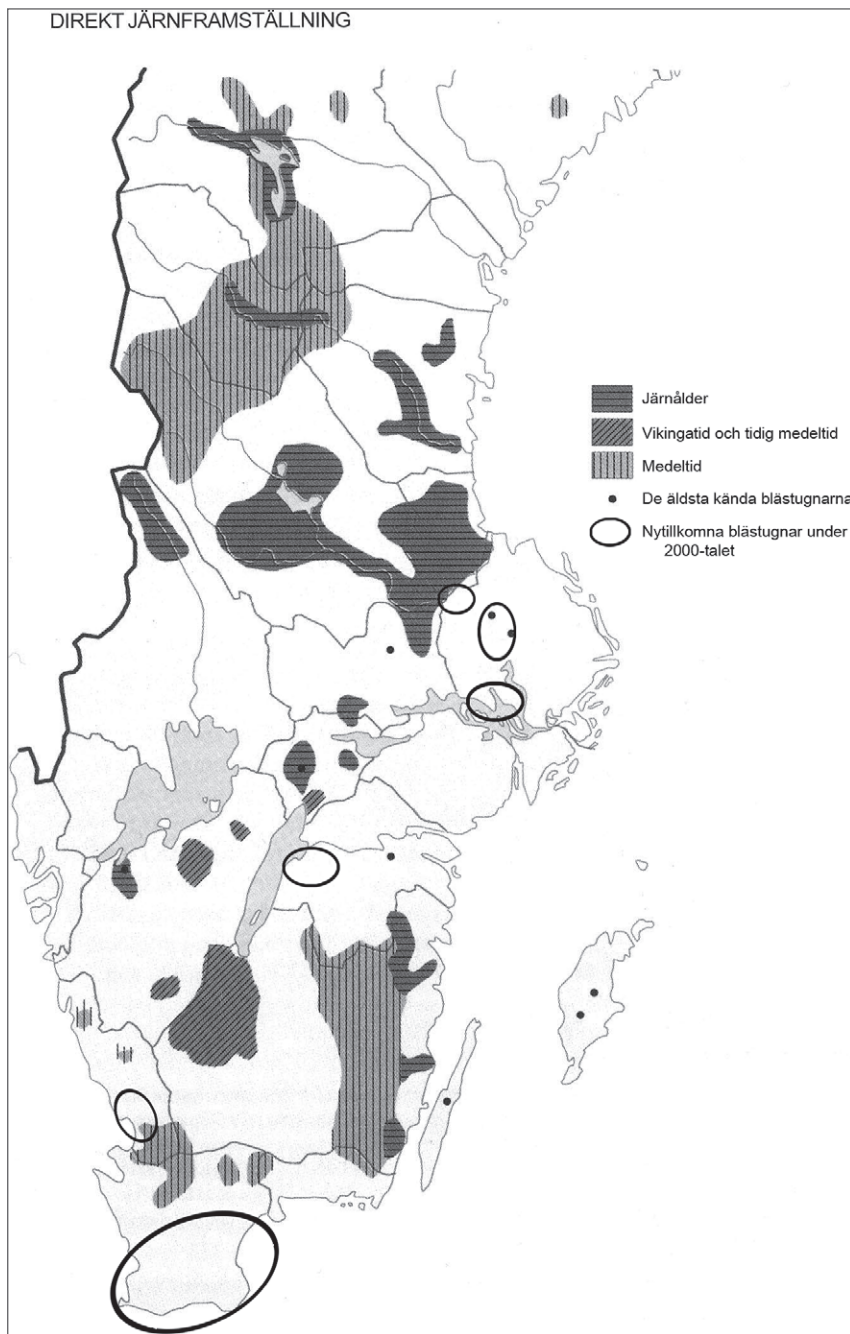
Nya rön sprider nytt ljus även över tidigare undersökta järnframställningsplatser. Men hur får vi en adekvat terminologi/beskrivning av ugnarna? Vad är det som styr ugnstypen? Är det råvarorna t.ex. byggnadsmaterial och malm, funktion och/eller tradition? Hur stor inverkan har valet av malmtyp på hur man separerar slaggen från järnet och därmed också val av ugnstyp? Vilken inverkan har vår oftast ringa kunskap om antalet och storleken på ugnens blästerintag på hur vi tolkar ugnstypstillhörighet? Hur producerades järnet i t.ex. en stor ugn? Sist men inte minst viktigt – är ugnslämningens bevarandegrad tillräcklig för att tolka ugnen? Detta är frågor som vi kommer att diskutera och exemplifiera för att därefter försöka påbörja ett sätt att definiera ugnarna. Detta är ju naturligtvis inget nytt och flera forskare har under årens lopp brottats med dessa frågor. Tyvärr har man ofta hamnat i ett virrvarr av typer, betecknade med ett egennamn eller en lång rad bokstäver och siffror medan andra har sett ugnarna mer som varianter på ett tema med få egentliga typer, där en del även varnar för, för mycket terminologi och ugnstyper (se t.ex. Coghlan 1956; Cleere 1972; Serning 1979; Martens 1983; Björkenstam 1990; Narmo 1996; Englund 2002). Englund går i sin avhandling från 2002 igenom det mesta av svenskt blästbruk både vad gäller arkivalier, inventerat material och utgrävda platser. Han ställer också upp ett schema för blästugnarnas förändring under 3000 år, vilket betyder, för Sveriges del, från mellersta bronsåldern till nutid. Idag är ett mycket stort antal blästor från olika tidsperioder och miljöer undersökta i Sverige och en del är funna i större grupper och för det mesta finns flera ugnar vid ett och samma slagvarp. Slaggtappningsugnar förekommer nästan inte alls i Sverige förrän under medeltid.

Idag är det nog ingen inom nordisk järnforskning som ifrågasätter påståendet att alla våra blästugnar är *schaktugnar*. Idéer om att det skulle finnas ugnar som t.ex. skall betecknas som *gropugnar* i Skandinavien är det nog få eller ingen som håller med om idag. Begreppet *gropugn* har dessutom, även om beteckningen fanns med bland begreppen från början, med all sannolikhet, lite slentrianmässigt, använts av arkeologer som beteckning på

i första hand den grop som finns kvar av ugnen i tron att det var hela ugnen. Istället är det fråga om slagguppsamlingsgropen eller ett, till stora delar nergrävt/ingrävt, ugnsschakt med slagguppsamling nederst. En regel som kan vara användbar när man, åtminstone i Sverige, rekonstruerar ugnar är att höjden bör vara dubbla diametern över blästerhålet. Detta påstående är, som vi ser det, relaterat till malmtyp och malmens kemiska sammansättning (Björkenstam 1990:44 och anförd litt.). Dessutom har försök med bergmalm/magnetit i en blästugn, i vilken järn från myrmalm först framställts experimentellt, visat att ugnen behövde höjas ca. 25 % för att bergmalmen/magnetiten skulle reduceras till järn (Hjärthner-Holdar 1996; Larsson *et al.* 1998).

En faktor som oftast är svår att få ett adekvat svar på i våra arkeologiska undersökningar är hur blästern är tillsatt eller inte tillsatt d.v.s. bläster genom naturligt drag. Det gäller dock inte bara om det är det ena eller andra utan också hur många blästerintag/formor ugnarna har haft. Vi återkommer till detta problem i samband med de stora bottenlaggerna som finns i en del ugnar och de två tunga obearbetade lupporna från Torsåker i Gästrikland (Englund 2002: 304f; Hjærthner-Holdar *et al.* under tryckning).

Många gånger utgör den bevarade delen av ugnen en mycket liten del av ugnens ursprungliga storlek och det är slagguppsamlingsgropen som i första hand är bevarad och direkt mätbar eller också den grop, oftast grund, som finns även i slagg-tappningsugnar. Gropen kan dock vara grund av andra orsaker, t.ex. på grund av plöjning. Detta påvisar klart vikten av att ta tillvara avfallsmaterialet och ju sämre bevarad ugn desto viktigare blir avfallsmaterialet. Slaggformer, byggnadsmaterial, bränsle och slaggavskiljningsmaterial från ugnarna avslöjar en mängd konstruktions- och processdetaljer. Det är både form och innehåll som är centralt. Men det handlar också om att en förståelse finns för vad som är tekniskt möjligt om man skall kunna tolka materialet. Det finns en mängd fantasifulla beskrivningar gjorda av arkeologer där det tydligt framgår att kunskapen om vad som är tekniskt möjligt eller omöjligt inte finns. Om vi är ense om att alla de ugnar vi finner är schaktugnar är det



Figur 1: Karta från 1994 som visar blästbrukets då kända utbredning, uppdelat på olika tidsperioder. Omarbetad efter Magnusson 1994b: 54, Englund 2002.

Figure 1: Map from 1994 showing the known extension of bloomery iron production at that time. Spatial distribution according to the result of the state organized survey of ancient monuments, including the beginning of the second survey (1974–1994). Revised after Magnusson 1994b: 54 and Englund 2002.

då i så fall funktion, design/konstruktion, materialval och tradition som ger skillnaden? Arkeologer ser t.ex. gärna slaggtappning som tillhörande en ugnstyp. Men vad är det som gör att det inom vissa områden utvecklas en ugnstyp eller rättare sagt en processtyp med slaggtappning och inte i andra? Vad styr valet av ugnstyp/processtyp över lag? Vi belyser dessa frågor med några exempel från olika delar av Sverige för att avslutningsvis starta en diskussion om vad som definierar en ugn – vilka är de viktiga komponenterna och faktorerna när vi talar om ugnstyper och deras förhållande till tid?

REGIONALA SÄRARTER – INTERREGIONALA LIKHETER

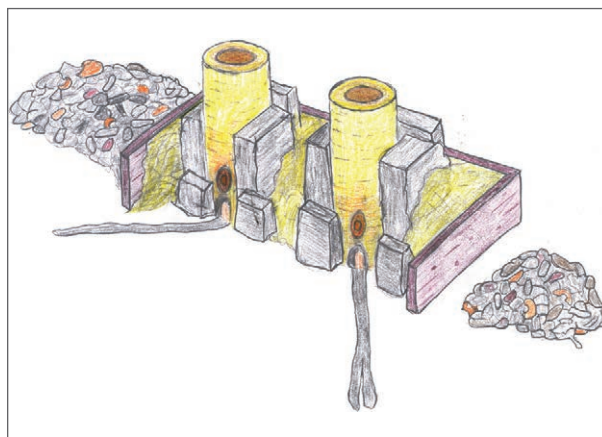
Bakgrund

Regionaliserar vi för mycket för att vi i nutid vill markera särart? Kanske gör vi det omedvetet genom att namnge efter «upphittare», undersökare, beskrivare och genom platsnamn men även genom att finna detaljer som man inte tycker sig se någon annanstans. Är de grundlösningar järnframställaren väljer för ugnskonstruktionen regionala eller finns det ett större, interregionalt samband som vi borde utnyttja mer? Om vi börjar med



Figur 2a: Parugnar i Hedenstorp, Axamo, RAÅ 148, Sandseryds socken, Småland, Jönköpings län. Foto: GAL.

Figure 2a: Paired furnaces during excavation, from Hedenstorp, Axamo, RAÅ 148, Sandseryd's parish, Småland, Jönköping county. Photo: GAL.



Figur 2b: Rekonstruktionsförslag för parugnarna. Teckning: GAL.

Figure 2b: Reconstructed paired furnaces. Drawing: GAL.

att jämföra utbredningen av järnframställningen under olika tidpunkter i Sverige, finner vi att den hela tiden förändras (figur 1). Områden tillkommer och andra tonas ner. Idag vet vi dock att vi har en järnframställning i Sverige som börjar i mitten av bronsåldern, kring ca. 1000 BC, och vars teknik delvis förändras över tid. Men det stora språnget är övergången från blästbruk till masugnsteknik och införandet av vattendrift, även om blästorna var i bruk ända fram mot 1900-talet, dock inte oförändrade. Vattendriften kom t.ex. även att nyttjas i blästbruket (Hjärthner-Holdar 1993; Buchwald 2004; Hjärthner-Holdar och Risberg 2009: 985).

Om vi nu tar några exempel på blästor i Sverige genom tiderna finner vi att det finns skillnader i storlek, form och val av byggnadsmaterial, med medföljande konstruktionsskillnader av t.ex. schaktet, olikheter i hur man gör med slaggen – slagguppsamling nederst i ugnen eller slaggtappning – och val av malmtyp. Men är dessa skillnader tids-, traditions- och/eller råvarurelaterade?

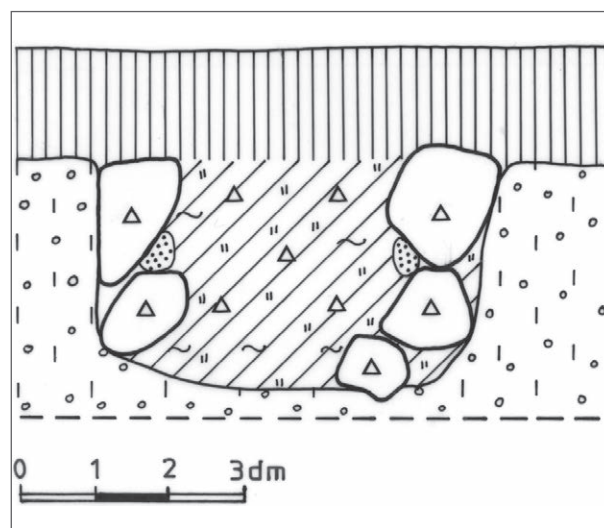
Ugnsform/design

Med ugnsform menas här vilket geometriskt utförande som ugnarna har. Det vi oftast har att utgå ifrån är slagguppsamlingsgroparnas form och lösa bevarade bitar av ugnsväggarna. Stenramsugnarna har en yttre form som i plan är något rektangulär under det att själva schaktet är rundat och byggt av lera innanför ramen. Det flesta schakt är rundade oavsett tid och plats men under sen vikingatid och tidig medeltid dyker det upp ugnar vars slagguppsamlingsgropar är helt kvadratiska till rek-

tangulära t.ex. i Markaryd i sydvästra Småland och Bredabäck i nordvästra Skåne. Schaktens bas är där fyrsidig men övergår i en rundad form högre upp (Forenius och Grandin 2005; Forenius *et al.* 2005). Detta är troligt med tanke på aerodynamiken och dess påverkan på processen och kontrollen av densamma. Sedan finns en osäkerhet om vilken geometrisk form schakten kan ha haft i profil. Är de t.ex. koniska eller cylindriska? Men det finns lokaler där man har kunnat konstatera att schakten är koniska eller svagt koniska och svängda som i fallet med ugnarna från t.ex. Bromölla i nordöstra Skåne och Ledsjö i Västergötland (Englund och Larsson 1997; Forenius *et al.* 2008). Möjligen har också ugnen från Söderåkra i östra Småland haft ett koniskt schakt. I dessa fall har bitar av ugnsväggar funnits i avfallet och möjliggjort en rekonstruktion (Englund *et al.* 1999). Detta visar hur viktigt det är att gå igenom och ta tillvara den information som finns i detta material.

Slaggtappning, en funktion

För Sverige liksom för Danmark kan vi konstatera att slaggtappning är en sen företeelse och i Sverige dessutom i stort sett ett undantag under förhistorisk tid under det att det i t.ex. Norge förekommer ganska frekvent framförallt under yngre järnålder med tydlig fortsättning in i medeltid (se t.ex. Voss 1993: 206; Narmo 1996, Rundberget 2007, för en god sammanfattning Larsen 2009: 67 ff.). Vi kan också slå fast att malmerna som har använts i bl.a. Sverige ger mycket seiga slagger även vid höga temperaturer och blir därmed mycket svåra att tappa. Att slagger-



Figur 3: Blästugn från bronsåldern 1000–700 BC, Hällby Litslena socken, Uppland. Från Hjärthner–Holdar 1993.

Figure 3: Bloomery furnace during the Bronze Age, 1000–700 BC at Hällby, Litslena parish, Uppland. After Hjärthner–Holdar 1993.

na är svåra att tappa har troligen smederna vetat och det gör att innovationen att tappa slagg inte togs upp i någon större utsträckning inom nuvarande svenskt territorium. Detta påstår vi eftersom vi tror att man hade omfattande kontakter utåt och därmed tillgång till kunskapen om andra tekniker och att smederna gjorde ett val och då i huvudsak tekniken med slagguppsamlingsgrop. De parugnar som finns i sydvästra Sverige har dock tappats på slagg men man kan tydligt se att de har varit svårtappade då stora mängder slagg har fått krokas d.v.s. dras ut. Förutom tappslag och krokad slagg bildas även en tunn bottenlagg (Englund 2002: 189 f.; Englund och Grandin 2002; Grandin 2009) (figur 2a och b). I Sverige kan vi se en viss ökning av tekniken med slaggtappning under medeltid och senare i blästugnar men ofta kan man se att slaggen är svår att tappa för att den har hög viskositet och har därför fått dras ut (Forenius *et al.* 2005).

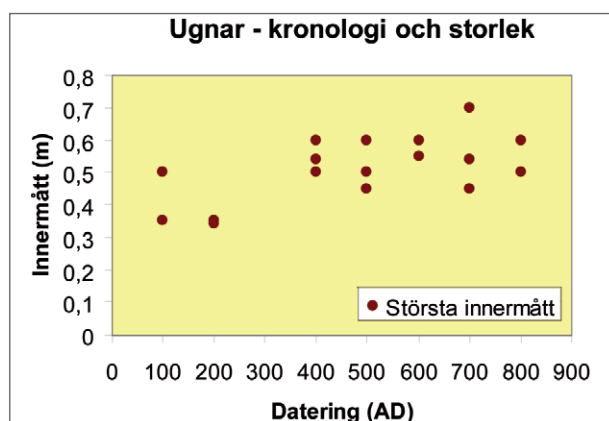
Ugnars och slaggers storlek/design och funktion

Tar vi sedan och studerar ugnarnas inre diameter finner vi att storleksskillnader finns men att de inte är tydligt tidsbundna. För att med viss säkerhet kunna tidsbestämma ugnarna dateras de med ^{14}C vars kol är vedarts- och egenåldersbestämt. De äldsta mätbara ugnarna från yngre bronsålder är de minsta men dessa innermått återkommer även senare, samtidigt som vi har ugnar med stora innermått. Som exempel kan nämnas de små ugnarna från Hällby i Litslena socken i Uppland daterade till yngre bronsålder period IV, där bottenlaggens diameter inte

överstiger 0,2 meter och ugnarnas innermått troligen är ca. 0,3 meter (Hjärthner–Holdar 1993: 80 ff. och 99 f.) (figur 3a och b). Exempel på ugnar med ett litet innermått men daterade till yngre järnålder och tidig medeltid är bl.a. en ugn från Romme i Tuna socken i Dalarna där bottenkällan mätte ca. 0,3 meter i diameter under det att ugnar från Södra Järnvirke, fornl. 85, Sibbarps socken i Skåne har en innerdiameter på endast 0,2 meter (Strömberg 2004: 124). På den förstnämnda platsen, fast daterade till romersk järnålder och folkvandringstid, är ugnarna betydligt större upp mot 0,7 m i innerdiameter (Hjärthner–Holdar *et al.* 1995)

Mycket näraliggande lokaler som visar att det finns en svag koppling mellan tid och storlek är några av järnframställningsplatserna vid södra änden av Vibysjön i Viby socken i Närke. Järnframställningen här är daterad från romersk järnålder till sen vikingatid och som figur 4 visar finns det en liten antydning till att de tidiga ugnarna är något mindre i innermått än de sena och innerdiametern varierar mellan ca. 0,35–0,9 meter. Den vanligaste innerdiametern är dock 0,5–0,6 meter. Samtidigt kan vi också notera att det finns en variation i storlek för samtida ugnar. Inte långt ifrån denna lokal i Lillkyrka socken i Närke undersöktes en ugn vars innerdiameter var ca. 0,7 meter och i slagguppsamlingsgropen fanns en väl sammanhållen bottenlagg som vägde ca. 120 kg. Ugnen dateras till yngre romersk järnålder (Grandin och Hjärthner–Holdar 2003a: 403 ff. och 412 ff.).

De s.k. stenramsugnar, i t.ex. i Hardemo socken i Närke, Röda Jorden i Västmanland, ugnen från



Figur 4: Innerdiametermått hos ugnar från närliggande platser i Viby socken, Närke, över tid.

Figure 4: Graph presenting variations of furnace size (inner diameter) with time. Furnaces from several nearby sites in Viby parish, Närke.

Stalbo i nordvästra Uppland och Essungaugnen i Västergötland har vanligen ett innermått av 0,4×0,5 meter men 0,5×0,6 meter förekommer. Det finns en antydning till att schakten är något ovala (Wedberg 1984: 155 ff.; Magnusson 1985: 49 ff.; Hansson 1989: 86, Forenius 1990).

Ett exempel på en tidig stor ugn är ugnen från Eket i Söderåkra socken i Småland, närmare bestämt i södra Kalmar län daterad till förromersk järnålder (400–200 BC). Ugnens innermått var 0,7×0,6 meter med en slaggröp vars djup var ca. 0,9 meter (Englund *et al.* 1999; Magnusson och Rubensson 2001: 337 ff.) (figur 5a och b).

Stora ugnar som dateras inom tidsspännet från



Figur 5a: Slaggröp till blästugn från förromersk järnålder, Eket, Söderåkra socken i Småland. Foto: GAL.

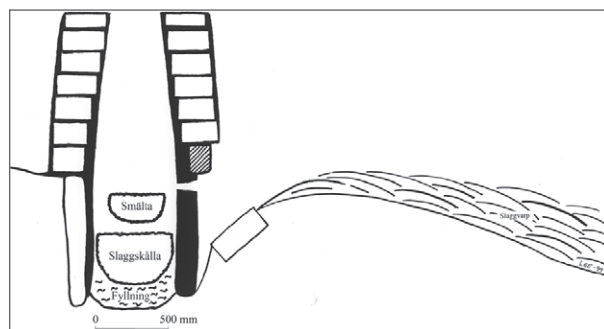
Figure 5a: Slag pit in the bloomery furnace from Pre-Roman Iron Age in Eket, Söderåkra parish in Småland. Photo: GAL.

romersk järnålder till och med vikingatid med en innerdiameter på ca. 0,7–0,8 meter och där slagguppsamlingsgroparna är stenbyggda är t.ex. de från Valbo i Gästrikland, vilka i sin tur har gemensamma drag med Trøndelagugnen och Østlandsugnen där den sistnämnda dock ej är hästskoformad men har en innerdiameter som överstiger 1 meter i diameter (Appelgren och Broberg 1998; Stenvik 2005: 109 ff.; Forenius *et al.* 2007; Larsen 2009: 73 f.) (figur 6a–c).

Både i stenramsugnarna, ugnen från Söderåkra, ugnen från Stomskil och ugnarna i Valbo har stora bottenlagger bildats men också mindre bitar stearinslagg. Skillnaden ligger dock i storleken på bottenlaggerna. Stenramsugnarnas och Söderåkraugns bottenlagger väger runt 50 kg under det att bottenlaggen i Stomskil, som fyllde hela utrymmet, respektive bottenlaggerna i Valbougarna väger 120–350 kg, figur 6a och b. Bottenlaggerna i de förstnämnda var mycket välformade, täta och hållfasta till skillnad från de från Stomskil och Valbo som var lätta att bryta sönder (Englund och Larsson 1999; Englund *et al.* 1999; Grandin och Hjärthner-Holdar 2003a: 412 ff.; Forenius *et al.* 2007).

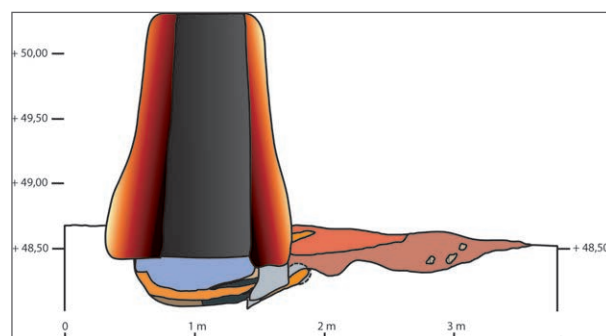
En ugnstyp med liten innerdiameter som mestadels dateras till vikingatid och tidig medeltid är de s.k. parugnarna, påträffade i t.ex. Tranemotrakten i Västergötland och i Axamo i Sanseryds socken i Småland, vars innerdiameter oftast inte överskrider 0,3 meter (Björck 1991, Nordman 1994; Englund 2002: 189 ff., Englund och Grandin 2002; Lorentzon 2008; Grandin 2009).

De ovan omtalade ugnarna är alla flergångsug-



Figur 5b: Rekonstruktionsförslag på ugnen från Söderåkra. Pimpuren är byggd av huggna sandstenar och väggen har sannolikt också varit lerslamrad både på ut- och insidan. Dessutom finns en sten som kan ha använts vid utdragningen av slagblocken. Rekonstruktion och teckning: GAL.

Figure 5b: The bloomery furnace from Söderåkra reconstructed with sandstone slabs, lined with clay. The slag is interpreted to have been removed along a large sloping stone. Reconstruction and drawing: GAL.



Figur 6a-c: Två exempel på större ugnar med stenbyggd slagguppsamlingsgrop med kvarlämnad slagg, från Valbo socken, Gästrikland. Ugnen i A från Åsbyggeby (Appelgren och Broberg 1998), uppvisar en tydlig hästskeform. C) Rekonstruktionsförslag på ugnen i B, från RAÄ 412 i Valbo socken. Foto och teckning: GAL.

Figure 6a-c: Two examples of large bloomery furnaces with slag pits built by stones. In both, large slag blocks were left. The furnace in A, from Åsbyggeby, has a horseshoe shape. In C a reconstruction of the furnace in B, from RAÄ 412 in Valbo parish. Photo and drawing: GAL.

nar d.v.s. ugnar som tömts på slagg genom en öppning i nedre delen innan de återanvänts igen utan att schaktet kommit till skada. Under delvis samma tid som flergångsugnarna finns det andra typer av ugnar som tillhör typen engångsugnar d.v.s. sådana ugnar som inte återanvänts utan endast använts för en körning. Man bygger således en ny ugn för varje körning. De dateras huvudsakligen till romersk järnålder även om senare dateringar till yngre järnålder också finns. Ett bland flera exempel på sådana ugnar finns bl.a. från Ledsjö socken i Västergötland. Här påträffades ett 75-tal ugnar vilka med all sannolikhet kan definieras som engångsugnar av typen gropschaktugnar/schaktugnar med underliggande slagguppsamlingsutrymme. Innerdiametern var i marknivå ca. 0,45 meter vilken minskade uppåt i schaktet för att överst vara ca. 0,2 meter (Forenius *et al.* 2008) (figur 7). Ugnen har drag som starkt påminner om ugnstypen från t.ex. Scharmbeck i nord-

västra Tyskland (Wegevitz 1957: 3 ff.). Ytterligare undersökta ugnar av i stort samma typ har påträffats i Bromölla i nordöstra Skåne. Dessa har en innerdiameter i marknivå på ca. 0,45×0,7 meter med en troligen minskande diameter uppåt i schaktet. Men vad som är frapperande med dessa ugnar är att de inte, som de danska och kontinentala ugnarna, producerar stora sammanhållande bottenslagger utan endast mindre bottenslagger kombinerat med stearinformade mindre slaggstycken (Englund och Larsson 1997; Pleiner 2000: 70 ff.; Englund 2002: 256 f.). Här måste man nog säga att det föreligger en annan ugnsteknologisk tradition vad gäller både konstruktion och produktionsidé i förhållande till flergångsugnarna men här finns även en skillnad gentemot de kontinentala engångsugnarna d.v.s. gropschaktugnarna vad gäller slaggbildningen.

Detta är endast ett axplock av ugnar men det framstår som om likheter i storlekar finns över större

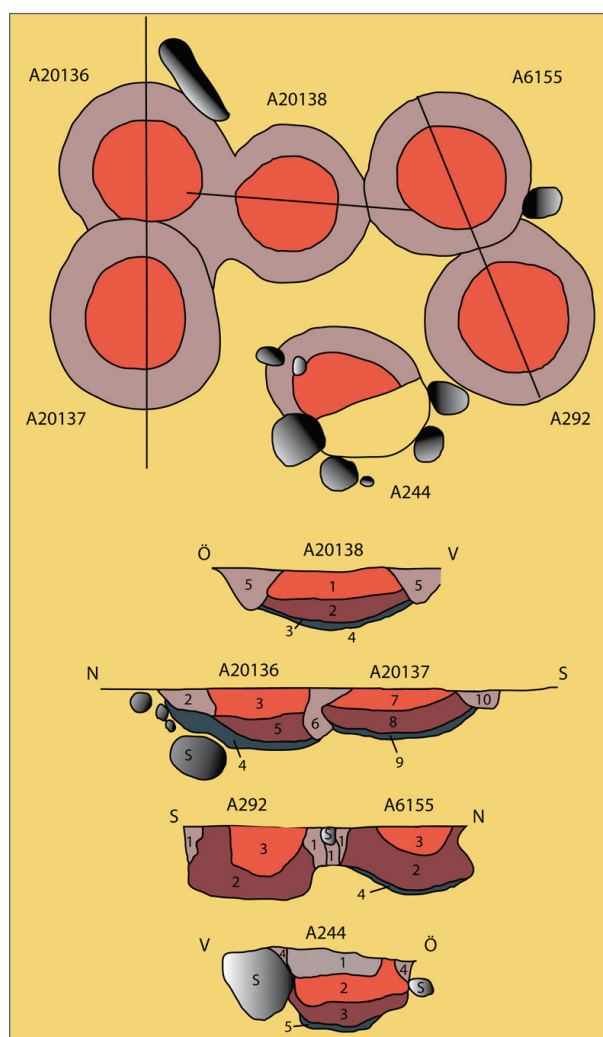
områden men samtidigt finns tydliga regionala skillnader och eventuellt även tidsskillnader bl.a. vad gäller bottenlaggernas storlek och form trots likhet i innerdiameter. Ligger således skillnaden i hur mycket man producerar per körning och eller i slaggbildningen där somliga ugnar också bildar mindre slaggstycken av mestadels steartyp?

Byggnadsmaterial

Om vi sedan ser till byggnadsmaterial och konstruktion finner vi också skillnader, men av vilken orsak? Det finns en mängd kombinationer av tekniker och byggnadsmaterial. Om vi undersöker de ugnar som nämnts ovan där så är möjligt d.v.s. där det går att finna ut både vad schakten och slagguppsamlingsgroparna tillverkats av finner vi att översiktligt är det lera, sten och vidjor i en rad olika kombinationer som förekommer och dessutom finns vissa skillnader i hur leran, i vissa fall den grovkornigare silten, har behandlats. I norra Sverige syns avsaknaden av lera tydligt då sådan inte är vanligt förekommande i dessa trakter. Det kan också nämnas att «ugnsleran» i ugnarna från Röda Jorden definitionsmässigt sett är silt.

Men vi börjar med de äldsta ugnarna, de från Hällby i Uppland. Dessa har en slagguppsamlingsgrop som är byggd av sten, upp till ca. 0,1–0,15 meter stora, som fogats samman med lera. Schakten är uppbyggda av en grov eller osorterad siltig lera innehållande bl.a. kvarts, som hämtats alldeles intill järnframställningsplatsen. Materialet har lämpliga termiska egenskaper för de temperaturer som erfordras för järnframställning.

Går man sedan framåt i tiden finner vi de tidigaste stenramsugnar, som dateras till ca. 700-talet BC, i Röda Jorden. Ugnarna är ingrävda/nergrävda och omges ibland av en isolerande kulle. De är uppbyggda av en något, ibland helt, rektangulär stenram av hällar med en öppning mot en arbetsgrop/bälggrop vilken flankeras av två portalstenar med överliggare. Innanför ramen är schaktet uppbyggt av ett tämligen grovt material bestående av silt som tagits från bäckkanter vilken sedan blandats både med organiskt material och med småsten av bl.a. värmetålig glimmerskiffer. Från en del schakt finns dessutom avtryck av vidjor som visar att vidjorna *ej* varit täckta med lera mot ugnsschaktet. Leruppbyggnaden av schakten gör dem rundade. Mellan portalstenarna sätts en kraftig lerplatta/forma in med ett blästerhål ca. 0,3 meter över markytan vilket ger ett slaggutrymme på ca. 0,3 meter i höjddled. Under tiden 700 BC till AD 200 sker i princip inte någon föränd-



Figur 7: Grupp av slagguppsamlingsgropar till blästugnar i Ledsjö socken, RAÅ 150, Västergötland. Teckning: GAL.

Figure 7: Cluster of slag pits in Ledsjö parish, RAÅ 150, Västergötland. Drawing: GAL.

ring av konstruktionen (Wedberg 1984: 155 ff.; Grandin och Hjärthner-Holdar 2000; Grandin och Hjärthner-Holdar 2003b: 34) (figur 8).

Ugnen från Stalbo i Uppland har i princip samma typ av konstruktion (Forenius 1990).

Jämför vi sedan med Söderåkraugns konstruktion är den ingrävd/nedgrävd med ett något ovalt, hästskeformat slagguppsamlingsutrymme som är byggt av valda klumpstenar med en flat sida som vänts inåt i ugnen och som slammats med ett tunt lager lera. Här finns portalstenar för infästning av ett lerblock i vilket blästerhålet möjligen satt. Dessutom finns en sten med 45° lutning som kan ha använts vid utdragningen av slagblocken. Schaktet är byggt av liggande huggna sandstenar och väggen har sannolikt också varit lerslammad både på ut- och insidan. Detta sätt att konstruera schaktet



Figur 8: Utgrävd blästugn med till stor del kvarstående schakt av lera, Röda jorden, Ridderhyttan, Skinnskattebergs socken, Västmanland. Efter Wedberg 1988.

Figur 8: Excavated bloomery furnace with partially remaining shaft of clay. Röda Jorden, Skinnskatteberg's parish. Västmanland. After Wedberg 1988.

på är hittills ensamt i sitt slag i Sverige (Englund *et al.* 1999), figur 5a och b. Dock är också pipmuren i Stomskil byggd av större kantig sten med en fodring av lera. Möjligen har den sistnämnda även haft en timmerkonstruktion ytterst med mull mellan pipmur och timmerkonstruktionen (Englund och Larsson 1999).

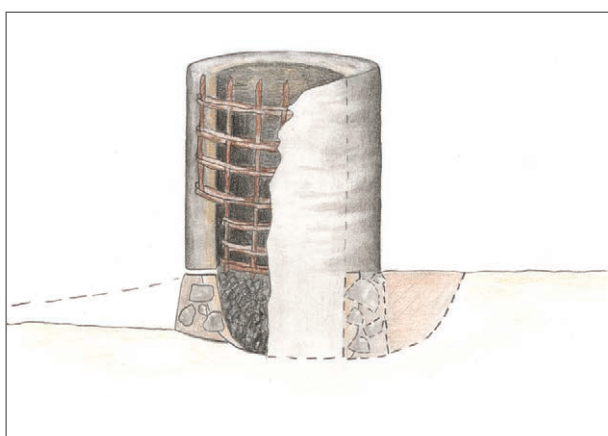
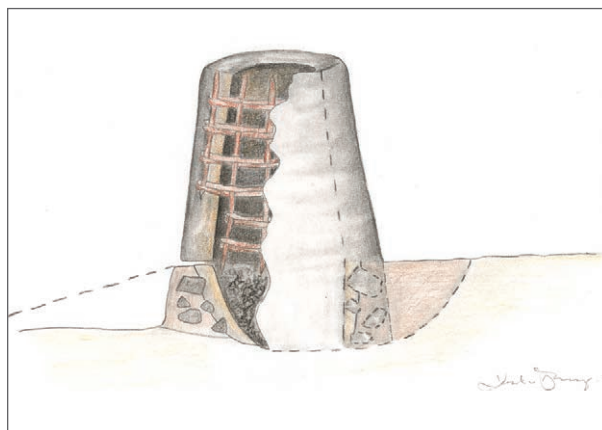
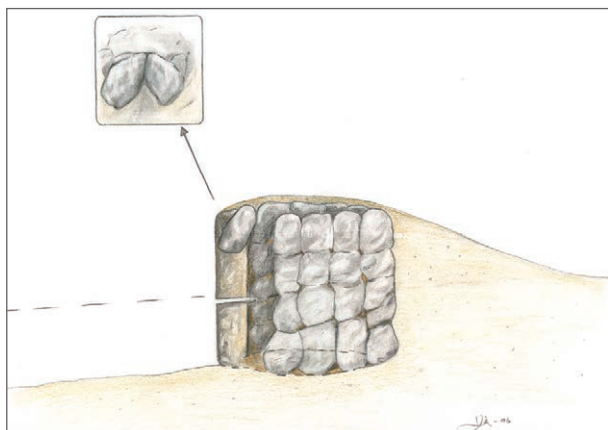
Från förromersk järnålder och framåt finns det många exempel på flergångsugnar som är byggda av lera med en armering av vidjeflätning både där vidjeflätningen är förankrad i marknivå och nere i den grävda gropen för slagguppsamlingen. Ett exempel på denna konstruktionstyp från Mellansverige är de 20-tal ugnar som undersöktes i Viby i Närke där en del har en sten- och leruppbbyggd slagguppsamlingsgrop med ett lerschakt i marknivå som armerats med vidjor och som lerkläts på båda sidor. I den andra typen börjar den vidjearmerade konstruktionen redan i den grävda gropen och omgärdar således även slagguppsamlingsgropen. Det finns ingen tydlig kronologisk skillnad mellan de båda konstruktionssätten utan under hela den tid som ugnar byggs i området d.v.s. från förromersk järnålder till och med vikingatid, har sätten växlat. Leran till schakten uppvisar olikheter som t.ex. att ugnarna på ena sidan bäcken är hår-/tagelmagrade men inte de på den andra sidan trots att de är samtida. Under sen bronsålder och förromersk järnålder fanns det också ugnar som huvudsakligen har varit stenbyggda,

möjligen med en fodring av lera och som troligen helt saknar vidjeflätning. Detta kunde konstateras utifrån ugnsväggsbitar och andra byggnadsdetaljer som påträffades i avfallet. Det som fanns bevarat i de plöjda åkrarna var endast slagguppsamlingsgroparna, pinnhålen och de förkolnade resterna efter de tillspetsade lodräta vidjorna. De sistnämnda påträffades i den kolbemängda fyllningen i slagguppsamlingsgroparna (Grandin och Hjärthner-Holdar 2003a: 401 ff.) (figur 9a–f).

Ugnarna i Valbo har i sin tur, utifrån bevarade delar, kunnat konstateras ha en i stort sett likartad konstruktion från romersk järnålder till och med vikingatid och som förut påtalats uppvisar de konstruktionsmässiga likheter med Trøndelagsugnar (Stenvik 2003: 77 f.). Möjligen är det dock så att bottenlaggerna i Valbougarna tenderar att bli något tyngre med tiden. Däremot ser inte innerdiametern ut att ha förändras särskilt mycket över tid. De är som stenramsugnar hästskoformade. Skillnaden mellan stenramsugnar och ugnarna i Valbo är att slagguppsamlingsgropen i de senare är byggda av mindre stenar, tätt sammanfogade, men med i vissa fall också tydliga portalstenar precis som hos stenramsugnar. Schakten är med stor sannolikhet cylindriska eller koniska och byggda av en lokal naturligt mellangrov till grov lera med goda termiska egenskaper. Schaktet har haft en armering av vidjeflätning. Väggens tjocklek vid basen har varierat något från 0,3 meter på sidorna till som mest 0,6 meter på motstående väggen mot arbetsgropen alternativt blåsväggen (Forenius *et al.* 2007).

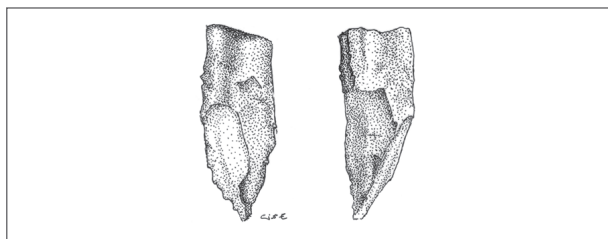
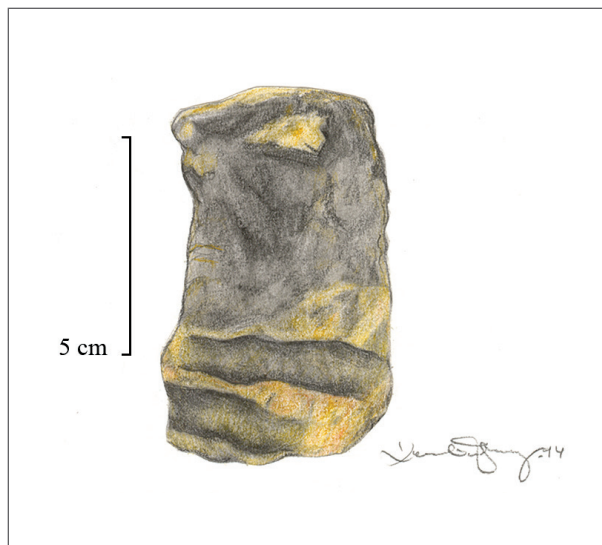
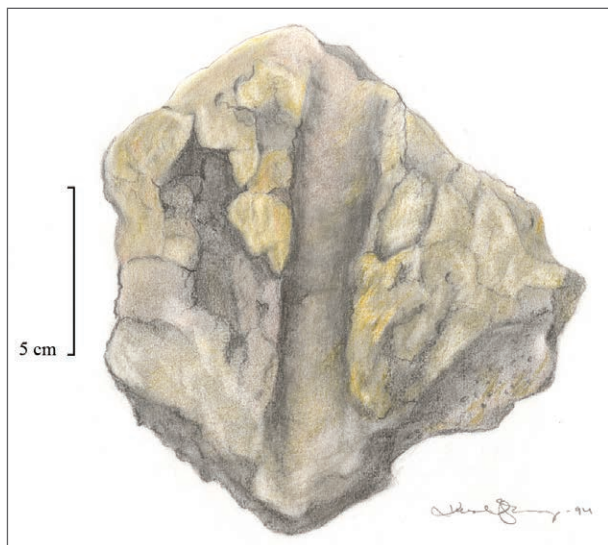
Ytterligare ugnstyp som är viktig att diskutera omfattar de s.k. parugnar. Dessa består av två cylindriska eller svagt omvänt koniska schakt i en stenkista. Schakten är lerfodrade med plan något lutande botten mot formvägg och slaggränna, figur 2a och b. Man skulle kunna säga att dessa ugnar inte uppvisar något egentligt släktskap med andra ugnstyper i Sverige (Englund 2002: 189 f.; Englund och Grandin 2002).

De ovan beskrivna ugnarna är alla flergångsugnar. De har alla en tämligen rustik konstruktion och är inte svåra att reparera. Men, vi avslutar med att granska hur de s.k. engångsugnar som påträffats i Sverige är konstruerade med hjälp av exemplet Ledsjö i Västergötland. De 75 ugnarna som fanns inom exploateringsytan var i princip av samma konstruktion. De hade tunna väggar av växtmagrad lera med ett invändigt flätverk som ej täckts av lera förutom vid basen. Schakten var fristående i marknivå där även en del pinnhål efter vidjeflätningen kunde skönjas på ett inbördes avstånd av 40 millimeter.



Figur 9 a-c: Några av de rekonstruerade blästugnarna från Viby socken, Närke. A) stenbyggd från förromersk järnålder, B) och C) ler- och stenbyggd från vikingatid med cylindriskt respektive koniskt schakt.

Figure 9 a-c: Three of the furnace types excavated in Viby parish, Närke. A) a reconstructed furnace dated to Pre-Roman Iron Age, B) and C) reconstructed furnace dated to the Viking Age.



Figur 9 d-f: Konstruktionsmaterial till ugnsväggarna. D) lera från väggen med avtryck efter lodräta vidjor, E) efter horisontella vidjor, F) nedre delen av tillspetsad vidja. Rekonstruktion GAL. Teckning K. Åberg A-E, L. Engblom F.

Figure 9 d-f: Furnace construction material. D) Fragment of furnace wall with imprints of the vertical wooden rods in the wattle, E) with horizontal imprints F) the pointed lower parts of wooden rods. Drawing K. Åberg A-E, L. Engblom F.

Flätverket brändes av vid körningen och tillsammans med den tunna pipväggen medförde det att den eventuella rivningen av schaktet underlättades (figur 10). Konstruktionen minimerar också åtgången på byggnadsmaterial (Forenius *et al.* 2008).

Slaggavskiljare/funktion

Slaggavskiljare har vi konstaterat i de flesta ugnarna av helt olika slag. I ugnarna från Viby i Närke precis som i ugnarna från Valbo har man använt sig av vedkluvor av tämligen stora dimensioner (Forenius *et al.* 2007) (figur 11). De har endera ställts relativt tätt packade på högkant eller travats horisontellt. Prover på andra material som använts som slaggavskiljare är t.ex. vass i en ugn från Stomskil i Närke och i Ledsjö har halm och kvistar eller ris använts (Forenius *et al.* 2008). Avtryck i slaggen avslöjar oftast vilket avskiljningsmaterial som använts, t.ex. i Stomskil, i andra fall har vi funnit rester av materialet både i botten av ugnen och som avtryck i slaggen (Grandin och Hjärthner-Holdar 2003b: 415f) (figur 12). I många fall är det just slaggen som avslöjar viken typ av avskiljare man använt. I andra fall kan det finnas rester av det organiska materialet som utgjort slaggavskiljaren, t.ex. kvistar av hassel i ugnarna från Stafsinge socken, Halland (Danielsson 2001). Återigen är det avfallsmaterialet som är viktigt för inhämtning av kunskap.

Lufttillförsel/funktion

Det svåraste att bedöma i järnframställningen är lufttillförseln. De flesta ugnslämningar är inte tillräckligt välbevarade för att vi ska kunna avgöra hur lufttillförseln har skett, eller framförallt hur många blästeringångar som en ugn har haft. Här är det återigen i avfallsmaterialet som vi finner några svar bl.a. blästeringångarnas diameter, vilken kan avslöja om det rör sig om naturligt drag eller tillförd bläster. Vanligen överstiger inte blästeringången för tillförd bläster 35 mm. Undantag finns naturligtvis om man t.ex. haft två bälgar i samma blästeringång. Troligt är, vad gäller svenska ugnar, att de flesta har drivits med bälgar. Dessutom är det troligt att en del av schaktugnarna, med ett innermått som inte överskrider 0,5 meter och eller så länge slaggsällan inte väger mer än 50 kg, mycket väl kan ha drivits med en bälg. Detta är naturligtvis hypotetiskt men inte helt orealistiskt. Frågan är hur ugnarna med 150–350 kg stora bottenslagger har drivits. Som utgångspunkt kan vi ta de två obearbetade lupporna från Torsåker i Gästrikland som väger 25 respektive 33 kg (Englund 2001; Englund *et al.* 2001; Englund 2002: 304f; Hjärthner-Holdar 2009). Längdmåtten



Figur 10: Ett fragment av en tunn ugnsvägg av växtmagrad lera med avtryck av ett invändigt flätverk, från en av ugnarna i Ledsjö socken, RAÄ 150, Västergötland. Foto: GAL.

Figure 10: A fragment of a furnace wall from one of the furnaces in Ledsjö parish Västergötland. The clay is tempered with organic material and has imprints of wattle. Photo: GAL.

på dessa är ungefär hälften av Valbougarnas diameter. Om man menar att bottenslagger på 150–350 kg härrör från ett körningstillfälle och förhållandet mellan slagg och järn är 1:1, betyder det att det borde bildas en lupp av i stort sett samma vikt. Men hur kan man hantera det? Kan det inte vara så att det istället bildas ett antal lupporna vid körningen t.ex. sex lupporna gånger 25 kg. Det skulle kunna betyda att vi kan ha att göra med sex blästerintag om vi antar att det bildas en lupp vid varje intag. Detta skulle i så fall, enligt Englund (2002: 246), vara en sexima ugn. Men det gäller att vara försiktig. Mängden slagg som anges för en slagguppsamlingsgrop är ibland den totala mängden slagg. Här kan finnas fallor som t.ex. den totala slaggmängden från en av Valbougarna. Här kunde vi konstatera att en slaggsälla från en äldre ugn delvis fått utgöra fundamentet till den nya ugnen, vilket får till följd att om vi hade räknat all slagg i uppsamlingsgropen som tillhörande *en* körning hade det blivit fel mått på möjlig mängd producerat järn per körning (Forenius *et al.* 2007).

HUR KAN VI DEFINIERA UGNAR?

Med all tydlighet visar den ovan gjorda exposén, av ugnar från olika tider, att det finns röda trådar som man kan följa för att finna ett sätt att definie-



Figur 11: En del av ett av de stora slaggblocken från en av ugnarna i Valbo socken, Gästrikland, med tydliga horisontella parallella vedavtryck. Foto: GAL.

Figure 11: A part of a slag block from Valbo parish Gästrikland. A slag block with parallel horizontal wooden imprints in its lower part. Photo: GAL.

ra ugnarna/typerna. Men tidsbundna detaljer ser ut att vara svåra att belägga. Ugnars storlek verkar t.ex. inte vara en linjär funktion av tiden utan styrs möjligen av helt andra faktorer. Andra detaljer som byggnadsmaterial styrs säkert av tillgången på typer av material och möjligen tradition. Vad som uppenbarligen ger en tämligen stor skillnad i byggnadssätt är om ugnen är en flergångsugn eller en engångsugn. Engångsugnarna tycks i alla avseenden ha en lättare konstruktion än de ofta mycket stabilt byggda flergångsugnarna. En annan skillnad som är väsentlig när det gäller processen är om vi har att göra med slaggtappning eller slagguppsamling i en underliggande grop. Men vad denna skillnad beror på kan



Figur 12: Slagg med tydliga horisontella avtryck efter vass. Stora delar av bottenlaggen i blästugnen i Stomskil socken, Närke, var hålig till följd av att slaggruppen var mer eller mindre fylld med vass. Foto: GAL.

Figure 12: Slag with horizontal reed imprints. Most of the slag block in the bloomery furnaces in Stomskil parish, Närke, was porous due to this filling material in the slag pit. Photo: GAL.

inte sägas vara löst. Möjligen har det att göra med malmens kemiska sammansättning och därmed inte direkt med en ovilja mot att införa ny teknik utan snarare ett val som beror på råvarans art.

Med detta i bagaget kan vi börja med att diskutera vad det är som definierar en ugn/ugnstyp. Det finns forskare i det här sammanhanget som tydligt hävdar att ugnens design är en funktion av den malmtyp man valt, vilket man också enligt vår mening måste ta hänsyn till, som framgår av reso-

Funktion (utifrån slaggens separation)			
Horisontell slaggs separation, dvs. slaggtappning		Vertikal slaggs separation, dvs. uppsamling i grop under ugn eller i nedre del av schakt	
Platta tunna slaggar i ränna	Större kägelformade slaggar	Stora slaggblock	Mindre slaggvolymer (t.ex. stearinslaggar)
Design			
Rund/oval i plan		Fyrkantig i plan	
Koniskt schakt	Cylindriskt schakt	Koniskt schakt	Cylindriskt schakt
Byggnadsmaterial			
Lera	Lera runt flätverk	Lera och sten	Sten (och lera)

Tabell 1: Exempel på varianter av funktion, design och byggnadsmaterial som kan tänkas förekomma bland blästugnar.

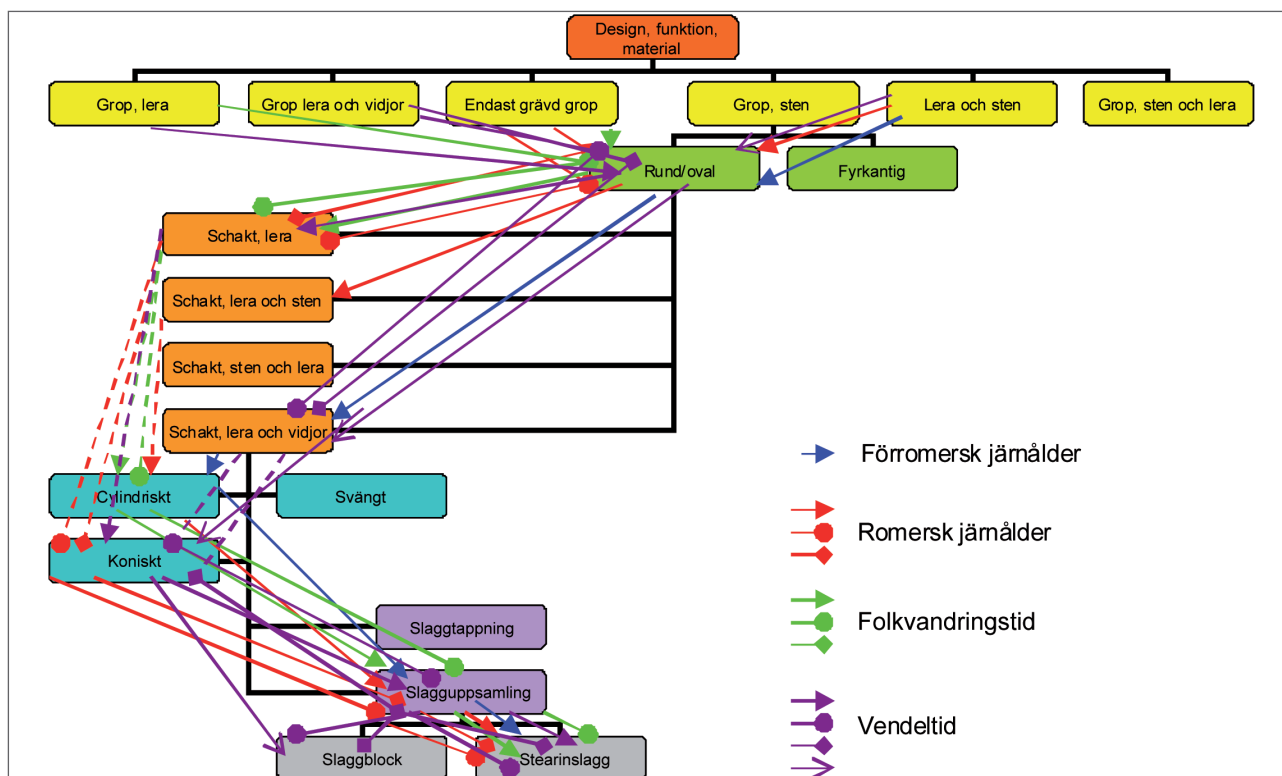
Table 1: Examples of function, design and construction material that might occur in bloomery furnaces.

nemang kring magnetit och myrsmalm ovan (Forbes 1950: 407; Clough 1987: 27; Björkenstam 1990: 44 f.; Crew 1990: 150). Ett sådant resonemang skulle medföra att malmtypen och dess kemiska sammansättning i ett område, som skiljer sig från ett annat område, skulle ge skillnader i ugnars design och även påverka huruvida ugnen konstruerats för slaggtappning eller ej.

För att föra denna diskussion vidare har vi gjort några förenklade scheman som skulle kunna vara till hjälp. Det finns naturligtvis flera sätt att göra detta på men här har vi valt att använda oss av tre olika komponenter som alla är beroende av varandra nämligen, *funktion, design och material*. Om vi ställer upp scheman över de olika komponenterna och definierar blästugnarna efter *funktion, design och byggnadsmaterial* synliggörs de i komponenterna ingående storheterna (tabell 1). Uppställningen är inte komplett utan innehåller några exempel på alternativ som kan förväntas i blästugnar. Med hjälp av dessa är det dock möjligt att beskriva hur ugnen är konstruerad utan att specifikt hänvisa till någon tidigare karakteriserad ugn. Om man sedan lägger

sammans komponenterna i ett schema (figur 13), kan man också lätt se olika sätt att lösa helheten. För att t.ex. se om det finns en tidsfaktor när det gäller dessa komponenter lägger vi in några av de ugnar från Viby i Närke som vi hade i diagrammet över diameter och tid. Vi finner då att det faktiskt sker något väldigt spännande eller skall vi säga «ospännande». Den enda storhet som möjligen har med tid att göra är bildandet av slaggblock, vilket dessutom sker mycket sent just i detta kluster av ugnar. Ugnar i övrigt i landskapet bildar slaggblock redan under romersk järnålder även så i Röda Jorden (Hansson 1989: 83 f.; Grandin och Hjärthner-Holdar 2000). Det är svårt att verkligen slå fast skillnader som är beroende av tid. Samma förhållande tycks finnas om vi ser till de andra ugnarna som beskrivits ovan. Det finns dock sådana som i dagsläget är unikum som t.ex. den sandstensbyggda ugnen från Söderåkra i Kalmar län. För övrigt kan man sluta sig till att många av ugnarna i grunden är byggda efter samma tekniska idé och att materialval och storlek inte med någon säkerhet kan ha med tid att göra.

Återstår att fråga om inte vissa mindre detaljer



Figur 13: Schema som illustrerar den variation av ugnstyper som har förekommit vad gäller form, funktion och materialuppbyggnad. Exempel från ugnar från Viby socken, Närke, där linjer visar de varianter som förekommer under olika tidsperioder.

Figure 13: Schematic illustration of the variety of bloomery furnace types that have occurred, in terms of morphology, function and construction material. An example from Viby parish in Närke, where the lines represent various chronologies, demonstrates many possible combinations.

tillhör områdets tradition och att storleken hör samman med behov/efterfrågan och organisation mer än de hör samman med vad processen kräver. Således finns här en humanistisk-samhällsvetenskaplig sida av problemet som kemiskt tekniska analyser endast delvis kan hjälpa oss med. Men naturligtvis finns det, som vi ovan diskuterade, just tekniska lösningar som vi ännu inte vet svaret på. Vi kan som exempel ta blästerproblematiken och slaggtappning kontra slagguppsamling. Hur många blästergångar har ugnarna och framförallt de stora ugnarna haft? Hur blästertillförseln har skett är ibland en fråga som inte heller är helt enkel att lösa. Vi har inte heller lufttillförseln inlagd i schemat över funktion. Delvis beror det på, att vi anser att här borde kanske lite krut läggas för att om möjligt lösa denna fråga, kanske t.o.m. på ett annat sätt än att finna lösningen i fält. Slaggtappning kontra slagguppsamling i grop är också en fråga som kanske bör belysas mer än enbart som ett konstaterande och en underton av att slaggtappning skulle vara mer avancerat än slagguppsamling. Som vi tidigare påstod är slaggtappning en sällsynthet under förhistorisk tid i Sverige. Under medeltid och senare finner vi en viss ökning av användningen av tekniken med slaggtappning i blästugnar men ofta visar slaggen att den har varit svår att tappa – troligen för att den har hög viskositet. Är det således en kemisk skillnad mellan t.ex. norska och svenska malmer? Eller finns skillnaden i förbehandlingen av malmen (Espelund 2004: 133 ff.). Detta borde studeras närmare. Resultatet av en dylik studie skulle kunna visa om det fanns ett medvetet val av teknik hos smederna och hur det tog sig ut och vilken roll traditionen hade. Om vi till slut återgår till titeln på denna artikel kan man säga att systematiken inte är helt lättfångad och att tid inte verkar vara den avgörande faktorn.

SUMMARY

Since the birth of archaeometallurgy, scholars have described and defined various bloomery furnaces. Terminology is in truth an important tool in our understanding of the bloomery process and why furnaces were constructed as they were. However, too detailed definitions have unfortunately also created complex systematic furnace categories, with labels combined from letters and numbers, geographical designations or named after the scholar who found the furnace. In some cases the furnace types are so rare that they occur only at one site – the one that was initially described. Other scholars have suggested a more restricted terminology, in which only a few

types should be defined. Currently, we discuss the latter and try to focus on the functional aspect of the furnace, in combination with access to construction material for the walls and the available iron ore and its characteristics. Our suggestions are based on a number of Swedish examples distributed in time and space. By means of process-related parameters such as slag separation technique, and size as well as shape of the furnace, a fundamental description can be made. Supplementary details can be found in furnace construction material such as stone, clay and wicker, and in what way optimal air supply was achieved. The results indicate that there are variations as well as similarities in many of these parameters at one site and between sites from various time periods. One aim is to raise the question of terminology for discussion, and in the future reach a more general approach.

LITTERATUR

- Appelgren K. och A. Broberg 1998. «Gravar och ugnar vid Gavleån. Arkeologisk förundersökning och undersökning. Gästrikland Valbo socken, Sveden 1:107, Åsbyggeby 8:2 och Tolvforsskogen 2:1, RAÄ 13, 29, 35–37, 97–98». *RAÄ UV Stockholm, Rapport 1996:130*. Stockholm.
- Björck, N. 1991. *Den lågtekniska järnhanteringen i södra Vätterbygden. En studie av en regions vikingatida och tidig medeltida järnhantering*. Uppsats för C1: Umeå.
- Björkenstam, N. 1990. «Västeuropeisk järnframställning under medeltiden». *Stockholm Archaeological Reports 25; Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 26*. Stockholm: Jernkontoret.
- Buchwald, V.F. 2004. Om jernfremstillingspladsene nær Tvååker, Halland. I Vellev, J. (red.). *Järnmøllen i Halland. Arkæologiske undersøgelser 1993–1995. Hikuin 31: 175–204*. Højberg: Forlaget Hikuin.
- Cleere, H. 1972. «The classification of early iron-smelting furnaces». *Bulletin of Historical metallurgi Group*, 5-2: 74–75.
- Clough, R. E. 1987: «The Bloomery Process – Observations on the use of rich ores and the production of natural steel». I Scott B. G. och H. Cleere (red.). *The Crafts of the Blacksmith*. Belfast: UISPP with the Ulster Museum.
- Coghlan, H. H. 1956. «Notes on prehistoric and Early Iron in the old World». *Occasional Papers on technology*, 8. Oxford: Pitt Rivers Museum
- Crew, P. 1990. «Late Iron-Age and Roman Iron production in North Wales». I Burnham och Davies (red.). *Conquest, Co-Existence and Change. Trivium 25*.
- Danielsson, E. 2001. «Rapport över vedartsanalyser på material från RAÄ 195, Skrea socken, och RAÄ

- 120, Stafsing socken, Halland». I: Johansson, N., P.Nicklasson, Ch. Rosén, J. Streiffert och P. Wranning: *Landskap i förändring. Teknisk rapport från de arkeologiska undersökningarna av RAÄ 116, 118, 120 och 122 i Stafsing socken, Halland. Volym 3. Arkeologiska rapporter från Hallands läns museer 2001-5: 206–207. Hallands läns museer och Riksantikvarieämbetet.*
- Englund, L-E. 2001. Smältor och spadformade ämnesjärn. Kråknäset, RAÄ 406, Torsäkers sn, Gästrikland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 19-2001. Uppsala.*
- Englund, L-E. 2002. Blästbruk. Myrjärnshanteringens förändringar i ett långtidsperspektiv. *Jernkontorets bergshistoriska Skriftserie nr 40. Stockholm: Jernkontoret.*
- Englund, L-E. och L. Grandin 2002. Järnframställning i parblästa. Hedenstorp, RAÄ 186, Sandseryds sn, Småland, Kronobergs län. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 1-2002. Uppsala.*
- Englund, L-E. och L. Larsson 1997. Järnframställning i Bromölla. Skåne. Ivetofta socken. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 20-1997. Uppsala.*
- Englund, L-E. och L. Larsson 1999. Romartida järnframställning i Stomskil – en arkeologisk och analytisk studie. Lillkyrka sn, Raä 219, Närke. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 1-1999. Uppsala.*
- Englund, L-E., L. Grandin, E. Hjärthner-Holdar, P. Kresten och O. Stilborg 1999. Föromersk järnframställning i Söderåkra – en arkeometallurgisk undersökning. Söderåkra sn, RAÄ 342, Småland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 12-1999. Uppsala.*
- Englund, L-E., L. Grandin, och E. Hjärthner-Holdar 2001. Datering av spadformat ämnesjärn och smälta. Kråknäset, Fors 27:3, Torsäkers sn, Gästrikland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 13-2001. Uppsala.*
- Espelund, A. 2004. *Jernet i Vest-Telemark – der tussane råde grunnen. Trondheim: Arketype.*
- Forbes, R. 1950. *Metallurgy in Antiquity. Leiden.*
- Forenius, S. 1990. «Stalbo – en tidig järnframställningsplats i Uppland». I G. Magnusson (red.): *Förhistorisk och medeltida metallutvinning. Föredrag vid Jernkontorets Bergshistoriska utskott 24 november 1987, H 46, Forskningskommitté 9005/72. Stockholm.*
- Forenius, S. och L. Grandin 2005. Medeltida järnframställning på en gård i skogen. Arkeometallurgiska analyser. RAÄ 75, Markaryds sn, Småland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 10-2005. Uppsala.*
- Forenius, S., A. Willim och L. Grandin 2005. Medeltida blästbruk 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., A. Willim, D. Andersson och L. Grandin med bidrag av Stilborg, O. 2007. Romartida Blästbruk och sentida bebyggelse i Valbo. RAÄ 412 och 413, Valbo sn, Gästrikland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 11-2007. Uppsala.*
- Forenius, S., L. Grandin och O. Stilborg 2008. Sjuettiofem blästugnar i Ledsjö. Romartida järnframställning i boplatsumiljö. Västergötland, Ledsjö socken, Kyrkebo 1:7, fornlämning 150. *UV Uppsala Rapport 2008:16. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium. Uppsala.*
- Grandin, L. med bidrag av Stilborg, O. & Jonsson, E. 2009. Järn för avsalu. En järnframställningsplats bland många andra i en omfattande organiserad produktion i området kring Axamo och Dumme mosse – arkeometallurgiska analyser. Småland, Jönköpings län, Sandseryds socken, Hedenstorp 1:3, fornlämning 338. *UV Uppsala Rapport 2009:16. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium. Uppsala.*
- Grandin, L. och E. Hjärthner-Holdar 2000. Bronsålderns järnproducenter. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Forskningsrapport R11-2000. Uppsala.*
- Grandin, L. och E. Hjärthner-Holdar 2003a. «Högteknologisk järnframställning». I L. Karlenby (red.): *Mittens Rike. Arkeologiska berättelser från Närke. Riksantikvarieämbetet Arkeologiska undersökningar Skrifter No 50: 391–424. Stockholm.*
- Grandin, L. och E. Hjärthner-Holdar 2003b. «Early Iron Production in the Red Earth Area, South Central Sweden». I L. Ch. Nørbach (red.): *Prehistoric and Medieval Direct Iron Smelting in Scandinavia and Europe. Aspect of Technology and Science: 33–36. Aarhus: Aarhus University Press.*
- Hansson, P. 1989. *Sambälle och järn i Sverige under järnålder och äldre medeltid – exemplet Närke. Aun 13. Uppsala.*
- Hjärthner-Holdar, E. 1993. *Järnets och järnmetallurgins introduktion i Sverige. Med bidrag av Peter kresten och Anders Lindahl. Aun 16. Uppsala.*
- Hjärthner-Holdar, E. 1996. «Användning av bergmalm för framställning av järn i blästugnar». *Sagt och schakt, Nr 1996:3. Stockholm.*
- Hjärthner-Holdar, E. 2009. «The Earliest Production of Iron and Steel in Sweden». I T. Brattli (red.): *The 58th International Sachsensymposium 1–5 september 2007. VITARK 7: 26–36. Trondheim: Tapir.*
- Hjärthner-Holdar, E., P. Kresten och L. Larsson 1995. Slagger från Dala Airport. Dalarna, St. Tuna sn., RAÄ 382. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 7-1995. Uppsala.*

- Hjärthner-Holdar, E. och Ch. Risberg 2009: Technology of Iron: Choices and Innovation. I *Materials and Manufacturing Processes* 24: 981–986. Taylor & Francis Group, LLC.
- Hjärthner-Holdar, E., S. Forenius och A. Willim *in press*. «A Roman Iron Age bloomery site in Gästrikland, Sweden. Evidence of a widespread trade?» I Th. Rehren och B. Cech (red.). *Early Iron in Europe – Prehistoric, Roman and Medieval Iron production. Symposium in Hüttenberg 8th to 12th september 2008*. Under tryckning.
- Larsen, J. H. 2009. *Jernvinneundersøkelser. Faglig program Bind II*. Varia 78. Oslo: Kulturhistorisk museum.
- Larsson, L., P. Kresten och E. Hjärthner-Holdar 1998. Application of experimental data in archaeometallurgy. Examples from smelted siderite and magnetite ores. *Geoarchaeological Laboratory, Research Report R2-1998*. Uppsala.
- Lorentzon, M. 2008. Järn, slagg och snö vid fornlämning 186. Undersökning av fornlämning 186, järnframställningsplats, inför byggnation inom Hedenstorp 1:3 *et al.* Sandseryds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län. *Jönköpings läns museum. Arkeologisk rapport 2008:23*.
- Magnusson, G. 1985. *Essunga kommuns förhistoria*. Skara.
- Magnusson, G. och L. Rubensson 2001. »Järnhanteringen etablering i Sverige». I G. Magnusson (red.). *Möre historien om ett småland*: 331–366. Kalmar.
- Martens, I. 1983. «The Norwegian Bloomery Furnaces and their Relation to European Finds». *Offa Band* 40: 119–124.
- Narmo, L-E. 1996. *Jernvinna i Valdres og Gausdal – et fragment av middelalderens økonomi*. Varia 38. Oslo: Universitetets Oldsaksamling.
- Nordman, A-M. 1994. «Dubbelugnar i Axamo». *Jernkontorets Bergshistoriska Utskott, H* 55: 69–77. Stockholm.
- Pleiner, R. 2000. *Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters*. Praha: Archeologický Ústav Avčr.
- Rundberget, B. 2007. «Jernframstillingsplasser i Gråfjellområdet». I Rundberget, B. (red.). *Jernvinna i Gråfjellområdet* I. Varia 63: 39–246. Oslo: Kulturhistorisk museum.
- Serning, I. 1979. «Prehistoric Iron Production». I H. Clarke (red.). *Iron and Man in Prehistoric Sweden*: 50–98. Stockholm: Jernkontoret, LTs förlag.
- Stenvik, L. 2003. «Recent Results from Investigations of Iron Production in Northern Europe. Some Reflections on the Variation». I L.Ch. Nørbach (red.). *Prehistoric and Medieval Direct Iron Smelting in Scandinavia and Europe*. Aspect of Technology and Society. Proceedings of the Sandbjerg Conference 16th to 20th September 1999. Acta Jutlandica LXXVI:2. Humanities Series 75: 77–82. Aarhus: Aarhus University Press.
- Stenvik, L. 2005. «Jernaldren. Et nytt metall – en ny epok». I I. Bull (red.). *Trøndelags historie del 1. Landskap blir landsdel fram til 1350*: 107–118. Trondheim: Tapir.
- Strömberg, B. 2004. «Arkeologiska undersökningar av järnframställningsplatser i Tvååkersområdet». I J. Vellev (red.). *Järnmöllan i Halland. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 43 och bikuin* 31: 105–174. Højbjerg: Hikuin, Moesgård.
- Voss, O. 1993. «Jernudvinding». I S. Hvass och Storgaard B. (red.). *Da klinger i muld... 25 års arkæologi i Danmark*: 206–209. Aarhus.
- Wedberg, V. 1984. «Röda Jordan – rapport från ett arkeologiskt forskningsprojekt». *Västmanlands Fornminnesförening och Västmanlands Museum Årsskrift 1984*: 155–162. Västerås.
- Wedberg, V. 1988. «Det tidigaste järnet». I Backlund, A.-C. (red.). *Boken om Bergslagen – resa i levande historia*: 50–61. Stockholm.
- Wegevitz, W. 1957. «Ein Rennfeuerofen aus einer Siedlung der älteren römischen Kaiserzeit in Scharmbeck (Kreis Harburg)». *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 26: 3–25.