

KUML

1962

KUML

ÅRBOG FOR JYSK ARKÆOLOGISK SELSKAB

1962

With Summaries in English

UNIVERSITETSFORLAGET I AARHUS

1963

Omslag:

Hestehovedet fra Trundholm solvognen

Forside:

Rekonstrueret jernudvindingsanlæg

Redaktion:

OLE KLINDT-JENSEN OG POUL KJÆRUM

Copyright 1962

by

Jysk Arkæologisk Selskab

Printed in Denmark

by

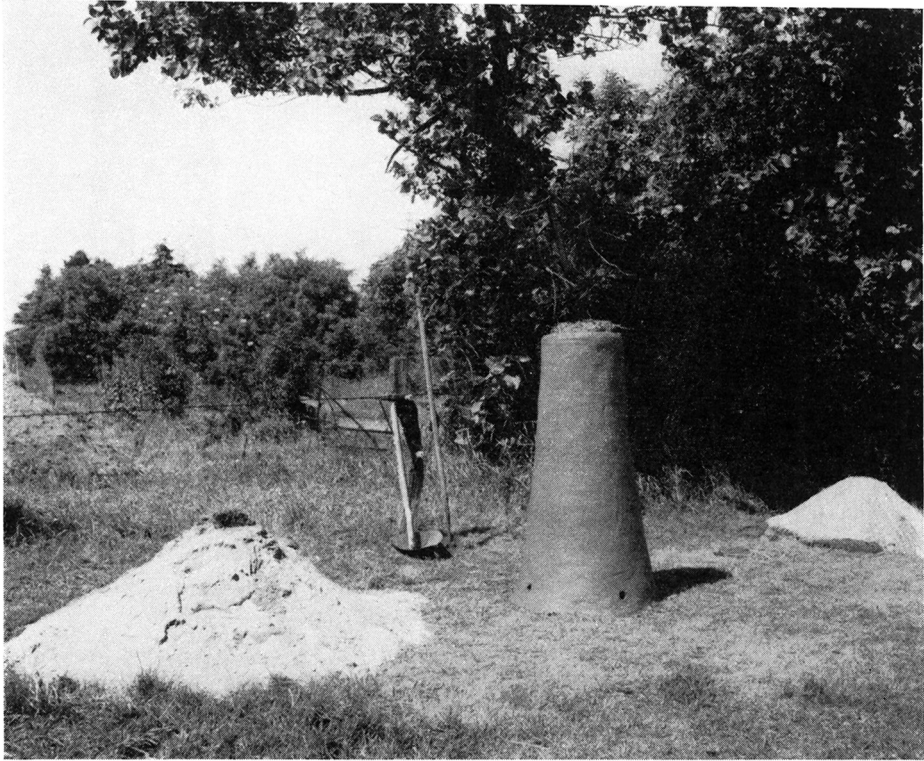
Aarhus Stiftsbogtrykkerie A/S

INDHOLD

<i>Olfert Voss</i> : Jernudvinding i Danmark i forhistorisk Tid	7
<i>Johannes Nicolaisen</i> : Afrikanske Smede	33
<i>Henrik Thrane</i> : Hjulgraven fra Storehøj ved Tobøl i Ribe Amt	80
<i>Henrik Thrane</i> : To Egekistegrave fra Tobølegnen	113
<i>Oscar Marseen</i> : Smedegårde og Livø	123
<i>Clara Håhr Christiansen</i> og <i>Kaj Skelmose</i> : Gudenåkulturen ved Varde Å ...	144
<i>Kristian Jeppesen</i> : En gammelkretisk Gåde	157
<i>Knud Thorvildsen</i> : Gravrøser på Umm en-Nar	190
Jysk Arkæologisk Selskab	220

CONTENTS

<i>Olfert Voss</i> : Prehistoric Iron Smelting in Denmark	28
<i>Johannes Nicolaisen</i> : African Smiths	71
<i>Henrik Thrane</i> : The Wheel-grave from Storehøj near Tobøl, Ribe County ...	106
<i>Henrik Thrane</i> : Two Oak Coffin-graves from Tobøl	121
<i>Oscar Marseen</i> : Smedegaarde and Livø	141
<i>Clara Håhr Christiansen</i> og <i>Kaj Skelmose</i> : Gudenaa Settlements in South Jutland	153
<i>Kristian Jeppesen</i> : Some Remarks on the Archaeological Placing of the Phaistos Disc.	180
<i>Knud Thorvildsen</i> : Burial Cairns on Umm en-Nar	207



Rekonstruktion af jernudvindingsanlæg. Jordbunden tv. stammer fra slaggegruben under skakten.
Skaktens højde er 1,2 m.

Reconstruction of iron furnace. The earth heap to the left is from the slag pit under the shaft.
Height of shaft 1.2 mtr.s.

JERNUDVINDING I DANMARK I FORHISTORISK TID

Af OLFERT VOSS

Til trods for talrige forekomster af jernslagge i Danmark er der her endnu ikke fundet anlæg, der kunne vise, hvorledes selve udvindingen af jernet af myremalm er foregået. For at kunne tolke de bevarede levn, hovedsagelig jernslagge af forskellige former, er man derfor henvist til at foretage rekonstruktioner ud fra de gjorte fund og iagttagelser. Der skal her forelægges et materiale, der begrundet en ny rekonstruktion (fig. 1) af de anlæg, der hører sammen med de store slaggeblokke (fig. 2). De øvrige slaggeformer, plankonvexe slagge og slaggetappe, hører sammen med en anden og yngre jernudvindingsteknik, der ikke vil blive behandlet nærmere her.

Næsten alle ældre rekonstruktionsforsøg bygger på den opfattelse, at de små jerndelev, som dannes ved udvindingen, synker ned gennem den flydende slagge-

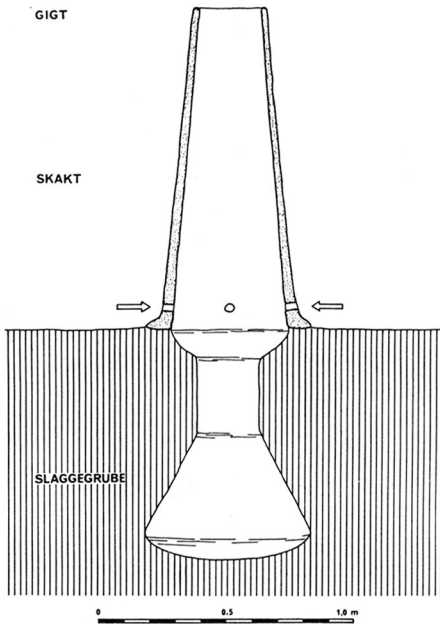


Fig. 1. Jernudvindingsanlæg med slaggegrube, rekonstruktion. Gruben, der graves først, er op til 90 cm dyb, og den har sandsynligvis i det snævrere rør været lukket med en halmprop. Herover anbringes skakten, hvori selve jernudvindingen foregår. Reconstruction of iron-smelting furnace with slag pit. The pit, which is dug first, is up to 90 cm deep and has probably been closed at the narrower cylinder with a straw bung. Over this the shaft is placed, in which the actual extraction takes place.

masse og samler sig på bunden af denne¹), men da der ved undersøgelsen af sådanne slaggeansamlinger »in situ« aldrig er fundet spor efter det udvundne jern, luppen, kan denne opfattelse næppe holde. Såvel ud fra slaggeblokkenes udseende som ud fra tekniske undersøgelser og forsøg samt etnografisk og historisk kildemateriale må det derimod antages, at der over slaggegruben har været opført en overbygning – skakt – af ler, hvor selve udvindingsprocessen har fundet sted, og hvori jernet er blevet holdt tilbage, medens slaggen er løbet ned i gruben i jorden, hvor den ofte er størknet i een stor klump, slaggeblokken.



Fig. 2. Slaggeblok fra Hodde, Vestjylland. Vægt 131 kg. 1:10.
Slag block from Hodde, West Jutland.
Weight 131 kg. 1:10.

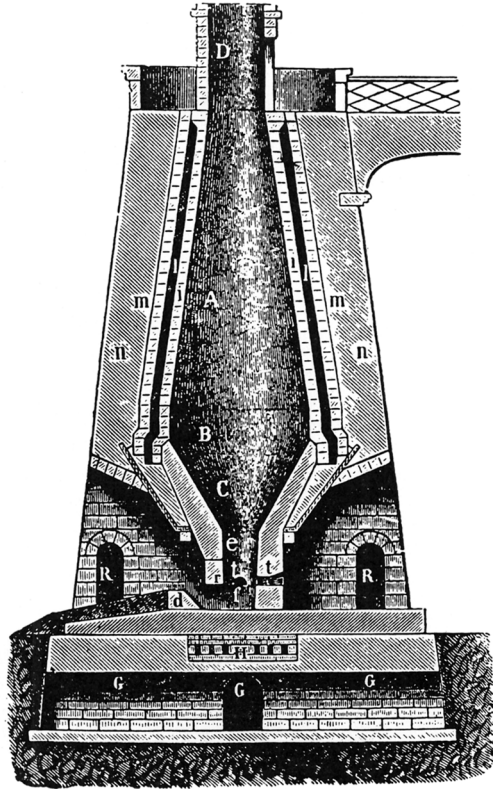


Fig. 3. Trækulshøjovn fra Steiermark.
 D: gigt, A: skakt, B: bugen, C: smeltherummet eller stellet, e: herden.
 Charcoal blast-furnace from Steiermark.
 D: throat, A: shaft, C: bosch, e: hearth.

Overbygningens form gengiver en ovnskakt der i 1950'erne blev fundet ved Scharmbeck i nærheden af Hamborg²). Den nødvendige lufttilførsel er sket gennem de fire huller, og skaktens skorstensvirkning antages at sikre en tilstrækkelig kraftig luftstrøm. Slaggegruben har ved begyndelsen af processen sandsynligvis været helt tom bortset fra en halmprop, der har lukket hullet under overbygningen. Halmproppen har måske fortsat til bunden af gruben som en cylinder, eller den har blot været holdt på plads af nogle tynde grene. Slaggen har først samlet sig på bunden af overbygningen, og efter nogen tids forløb er halmproppen måske forbrændt så meget, at slaggen har kunnet løbe bort, eller også har man ved hjælp af en stang gennem et af lufthullerne kunnet trykke halmproppen ned i gruben og derved lukke op for slaggeafløbet.

Det metalliske jern, der dannes i overbygningen, har et meget ringe kulstofindhold og klæber derfor straks sammen til en svampet masse, som nemt hænger fast på ovnsens side eller evt. falder ned på bunden af denne. Når slaggen er løbet bort, brydes luppen ud af ovnen, som derefter repareres med ler og anbringes over en tom slaggegrube, hvorefter en ny jernudvinding kan begynde.

Eet af de anlæg af denne type, som skal behandles i det følgende, er C-14 dateret til 210 ± 100 e. Kr. f., men herudover er der ikke i Danmark grundlag for at sige noget sikkert om typens tidsstilling. Disse anlæg er ikke helt identiske



Fig. 4-5. Slaggegrube BV, Drenghsted, set skråt fra oven og fra siden. Slaggen er løbet ned midt i gruben, hvor den er blevet afkølet så hurtigt, at den er størknet, før den nåede bunden.

Slag pit BV, Drenghsted, viewed obliquely from above and from the side. The slag has run down in the middle of the pit, where it has been cooled so quickly that it has solidified before reaching the bottom.

med den af Niels Nielsen³⁾ beskrevne herdgrube, som også findes på Island, og der er således ingen sikkerhed for, at typen holder sig til helt op omkring år 1000.

De jyske slaggeblokke kan udskilles som en speciel type, der ikke findes i det øvrige Skandinavien, men som er knyttet til lignende forekomster i Nordtyskland og Elb-Oderområdet ned gennem Polen til Tjekkoslaviet.

*

Før vi vender os til det materiale, der er begrundelsen for den her fremførte nye rekonstruktion, vil det være nyttigt at stifte bekendtskab med moderne jernudvinding i højovne, idet der her foregår helt de samme kemiske reaktioner som i de gamle jernudvindingsanlæg. Højovnen (fig. 3) ligner nærmest en tyk skorsten; munden kaldes gigten, og gennem denne åbning fyldes ovnen med skiftende lag af jernmalm og kul. Hele stykket fra gigten og ned til ovnens



Fig. 5.

bredeste del kaldes skakten. Selve det bredeste sted hedder bugen, og den indtrukne del lige nedenunder er rasten. Det lange koniske rum kaldes smeltherummet eller stellet, og allernederst har vi endelig herden, hvor det smeltede jern og den flydende slagge findes.

Før malmen kommer i højovnen, bliver den rensat for de værste urenheder og dernæst ristet i en særlig ovn, hvorved alt vand bliver fjernet. Undertiden bliver malmen blandet med andre bjergarter – den får et tilslag – som skal sikre, at slaggen bliver tilstrækkelig tyndtflydende.

Når højovnen skal sættes i gang, fyldes der først en hel del brændsel i den, og når det brænder godt, begynder beskikningen, den skiftevis påfyldning af jernmalm og kul. Beskikningen fortsættes med jævne mellemrum, således at ovnen altid er næsten helt fuld, og højovnen arbejder på den måde kontinuerligt, ofte gennem flere år.

I ovnens øverste del – i forberedelses- eller forvarmningszonen – foregår der en sidste ristning. Længere nede – i reduktions- og kulbindingszonen – omdanner den nedefra kommende kulilte jernilten til jern, idet den tager ilten fra jernilten og danner kultveilte. Temperaturen er her $400\text{--}900^\circ$. Nederst i skakten, hvor temperaturen er over 1000° , brænder kul med kultveilte til kulilte. I smeltherummet er temperaturen op til 1500° , således at jernet her er flydende og kan optage den maksimale mængde kulstof, d. v. s. op til 4,3 %; slaggen er ligeledes

flydende, men da den er lettere end jernet, lejrer den sig øverst, og jern og slagge kan således med mellemrum ledes ud af hver sin åbning.

Det jern, man får ud af højovnen, kaldes råjern og er ikke smedeligt, idet det indeholder for meget kulstof, 3,5–4,3 %. Dette kulstof fjernes i vore dage ved forskellige processer, men en sådan »ferskning« var man ikke i stand til at foretage i oldtiden. Dette er måske en del af forklaringen på det forhold, at jernet, der er det almindeligst forekommende malm i naturen, først på et så sent tidspunkt af oldtiden er blevet udnyttet til våben og redskaber: man har måske nok kunnet udsmelte det ved en simpel metode, som den, der f. eks. anvendtes ved udvindingen af kobber af kobbermalm, men man har ikke kunnet forarbejde det udsmelte produkt til brugsgenstande. Princippet i oldtidens jernudvinding har været ganske det samme som nu, idet man med brændslet har fået høje temperaturer og samtidig den kulilte, som kunne reducere jernilten til jern og kulveilt. Den væsentligste forskel på højovnsteknikken og rendingsprocessen, som den ældre teknik også kaldes, er, at man ved den sidstnævnte anvender en lidt lavere temperatur, 12–1300°, hvor blot slaggen smelter og bliver helt tyndtflydende, medens jernet kun bliver blødt og klæbrigt, og herved undgår man, at det optager så meget kulstof, at det ikke kan smedes. Til gengæld er udnyttelsen af malmen her langt ringere; rendingslaggen indeholder således helt op til 50 % jern, medens højovnsslaggens jernindhold er mindre end 1 %.

Den nye rekonstruktion af jernudvindingsanlæg med slaggegrube, der er vist på fig. 1, er først og fremmest foretaget ud fra de iagttagelser, der i 1961 blev gjort ved undersøgelsen af 5 sådanne slaggegruber ved Drengsted⁴⁾ i den sydvestlige del af Sønderjylland. De lå alle inden for et område på mindre end 1/2 ha på en boplads fra 5. årh. e. Kr. f. En C-14 datering af en af gruberne til 210±100 e. Kr. f.⁵⁾ viser imidlertid, at jernudvindingsanlæggene med meget stor sandsynlighed er ældre end bopladsen. Kun to af disse gruber, BV og EL, var helt urørte; i de øvrige var slaggen helt eller delvis opbrudt, og det var ikke muligt at afgøre, om dette var sket allerede i forhistorisk tid. Undergrundsmaterialet var på hele pladsen smeltevandssand, og der var ikke nogen speciel foring af gruberne.

Slaggegrube BV (fig. 4–6) blev først afdækket ovenfra, men for at få de sikreste oplysninger om slaggeblokkens opbygning blev den endelige undersøgelse foretaget fra siden, idet der først blev fjernet så meget af den løse jord i gruben og ved siden af denne, som det var muligt, uden at noget af slaggen gik løs, og til sidst blev slaggen hugget igennem i et centralt snit, nogenlunde vest-øst (fig. 6). Grubens dybde under nuværende overflade var 90 cm og den største bredde 105 cm. På den afrensede slaggeblok, fig. 4–5, ses det klart, at slaggen er løbet ned i gruben inden for et begrænset område, nemlig der, hvor slaggen er højest, d. v. s. i en ring på ca. 30 cm i diameter nogenlunde i midten. Det er også klart, at slaggen ikke er kommet ned i gruben på een gang, men at processen må have strakt sig over længere tid, og at der samtidig hermed er skredet sand ind i gruben, således at denne er blevet fyldt op med skiftende lag af slagge og sand. Med den struktur og form, som slaggen i gruben har, må der have været en overbygning, hvori selve reduktionen af jernilten og smelt-



Fig. 6. Slaggegrube BV, Drenghsted. Centralt snit gennem slaggemassen. Slaggen danner i midten en sammenhængende cylindrisk blok, hvis øverste halvdel er hul; ud fra denne cylinders yderside har slaggen dannet tynde flager ud i gruben, adskilt af indskredet sand. 1:10.

Slag pit BV, Drenghsted. Median section through the slag mass. In the middle the slag has formed a cylindrical block, the top half of which is hollow; from the outside of this the slag has formed thin cakes in the pit, separated by intruded sand. 1:10.

ningen af slaggen er foregået. Temperaturen i gruben har ikke på noget tidspunkt været så høj, at slaggen kunne smelte her; dette sås bl. a. af, at sandet på grubens yderside ingen steder var rødbrændt. Øverst i gruben lå der ovenpå slaggen en hel del rødbrændt ler med forslagget inderside. Det meste var af ganske løs struktur, men der fandtes dog enkelte større stykker op til 15×20 cm; disse stykker stammer sandsynligvis fra overbygningen.

I slaggegrube EL, der var ca. 80 cm dyb, blev der kun foretaget et centralt snit, og da slaggen her var mindre sammenhængende, fremgår det ikke så tydeligt af fotografiet (fig. 7), at strukturen var ganske den samme som i grube BV,

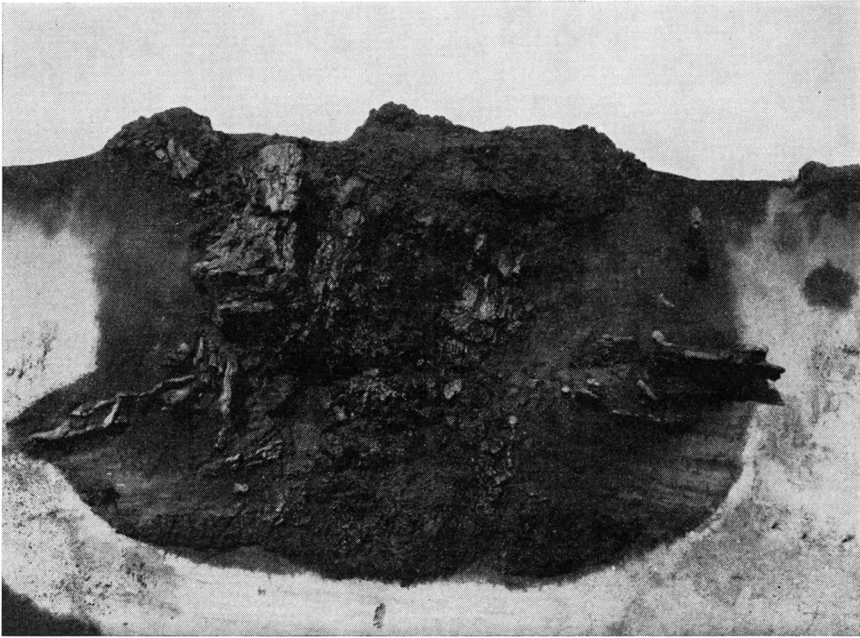


Fig. 7. Slaggegrube EL, Dregsted. Centralt snit gennem slaggemassen. 1:10.
 Slag pit EL, Dregsted. Median section through the slag mass. 1:10.

blot har indskridningen af sand været noget mindre, og slaggeblokken ligner derfor i højere grad normale slaggeblokke (fig. 2). Midt ned gennem slaggemassens centrale parti havde slaggen en afvigende struktur, idet den her tilsyneladende ikke var størknet under hastig nedløben. Ved opbrydningen af slaggen konstateredes på undersiden af den sammenhængende slagge i dennes midterparti en særpræget struktur (fig. 8), der må være aftryk af halm, der vel at mærke ikke har ligget løst, men været samlet i en cylinder på 20 cm i diameter eller mere. På bunden af gruben lå der i midten et tæt lag af forkullet halm, knap 20 cm i diameter og 2-4 cm tykt, som sikkert har forbindelse med halm-aftrykket på undersiden af slaggen. Begge disse fænomener kendes fra andre slaggegruber og kan forklares som rester af et halmlukke i forbindelsesrøret til overbygningen.

I halmen fra grube EL fandtes en snes frøkernel, der er bestemt af Hans Helbæk⁶⁾ som overvejende bygkernel og hertil ganske få kernel af vild havre. C-14 dateringen til 210 ± 100 e. Kr. f. er foretaget på halm fra denne grube, og der er således her en ganske sikker samtidighed mellem anlæggets anvendelse og det tidspunkt, som bestemmes ved C-14 dateringen, nemlig høstningen af kornet.

Størstedelen af slaggen i grube EM havde en usædvanlig karakter, idet den var knudret og ujævn i overfladen (fig. 9) i modsætning til slaggen i de foregående gruber, der var tæt og med en glat overflade. Årsagen til denne forskel

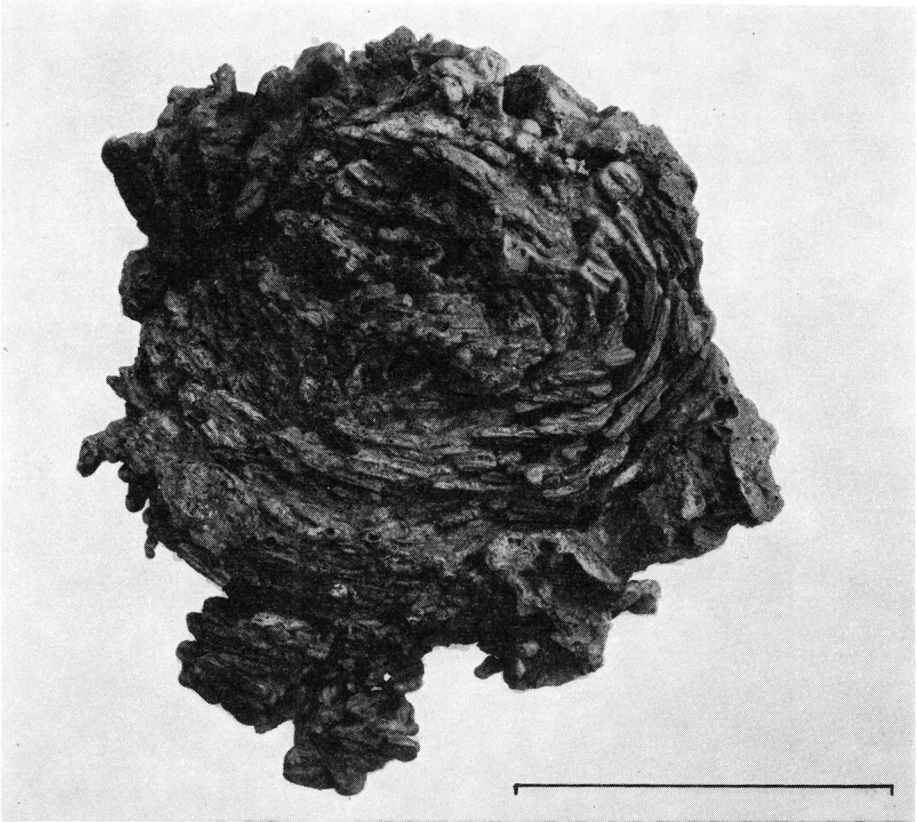


Fig. 8. Slaggegrube EL, Drensted. Undersiden af slaggen ved mærket ← på fig. 7; de koncentriske figurer er aftryk af halm. 1:2.

Slag pit EL, Drensted. The underside of the slag at the mark ← on fig. 7; the concentric markings are the impression of straw. 1:2.

i slaggens karakter kan ikke afgøres uden praktiske forsøg, men det er tænkeligt, at jernudvindingen i dette tilfælde helt er mislykkedes. Vægten af slaggen i denne grube er også meget mindre end i de foregående. Midt på grubens bund fandtes et tæt kullag og nederst i dette et lag sammenpakket halm, 20–25 cm i diameter, der svarer til halmen i grube EL.

I de to sidste gruber, EO og EP, må slaggen være brudt op, og dette kan enten være sket i nyere tid, fordi slaggen generede markarbejdet, eller det kan være gjort i oldtiden, fordi større klumper af jern er faldet ned i slaggen og har måttet hugges fri. I den nederste urørte del af EO lå der et 10–15 cm tykt lag af svære trækulstykker (fig. 10) og nederst i midten en klump forkullet halm. I den forstyrrede del af gruben lå der foruden slaggestykker også en del flager af brændt ler med forslagget inderside. De var op til 4 cm tykke, og af slaggedråbernes stilling på indersiden fremgik det klart, at disse stykker må have været anbragt nogenlunde lodret. I et enkelt af dem, hvis underkant til-

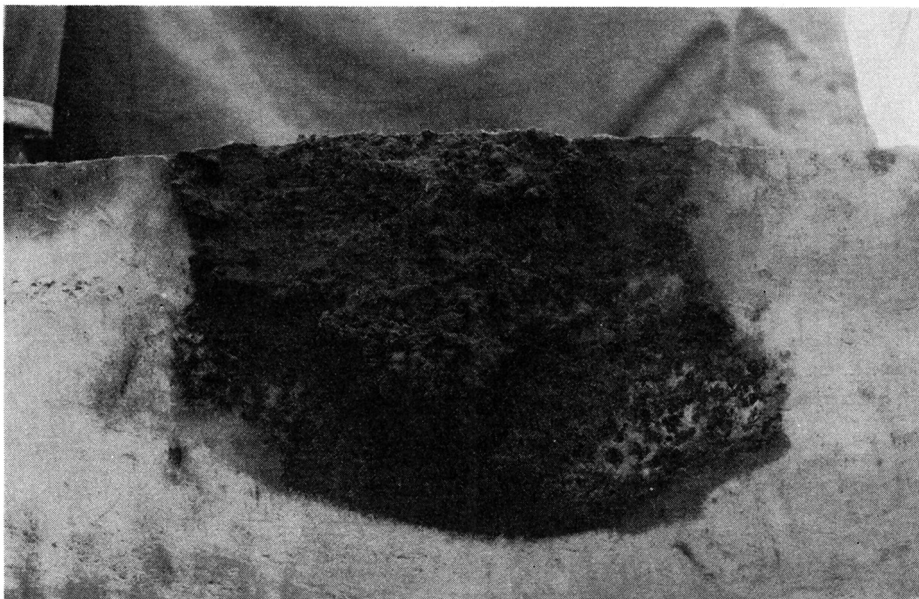


Fig. 9. Slaggegrube EM, Drengsted. 1:10.
Slag pit EM, Drengsted. 1:10.

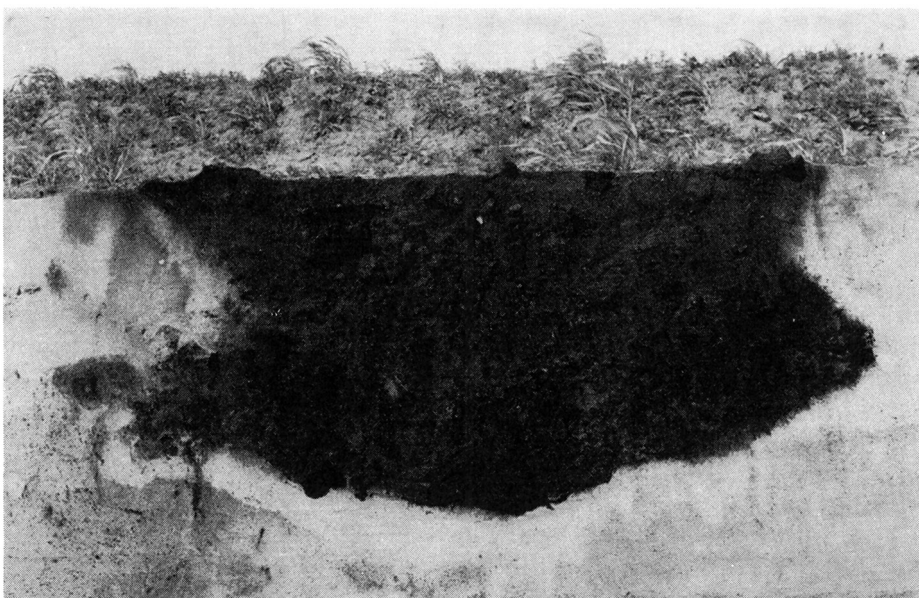


Fig. 10. Slaggegrube EO, Drengsted. Slaggemassen er brudt op, og nederst i gruben ses et tykt lag af svære trækulstykker. 1:10.

Slag pit EO, Drengsted. The slag has been taken up, and at the bottom of the pit is seen a thick layer of charcoal lumps. 1:10.

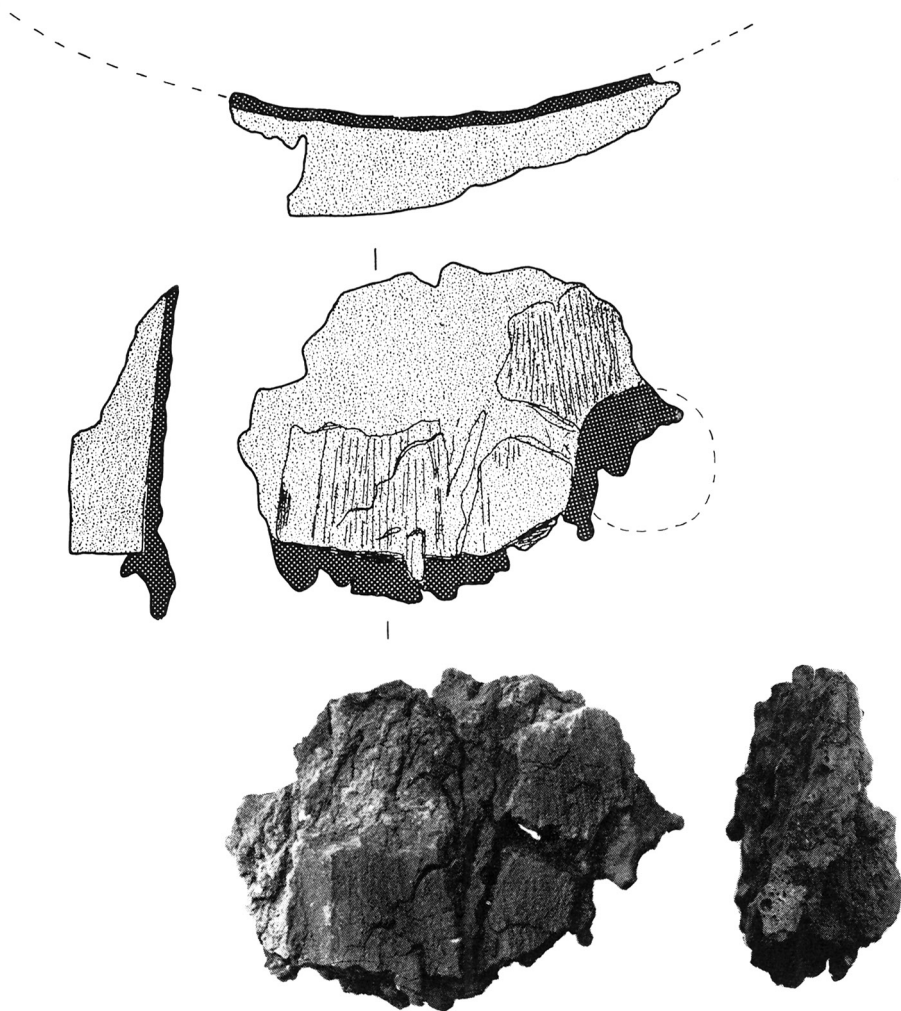


Fig. 11. Slaggegrube EO, Drengsted. Brudstykke af den nederste del af skakten; indersiden er stærkt forslagget, og slaggen er løbet halvejs ned over et af lufthullerne. 1:3.

Slag pit EO, Drengsted. Piece of the lowest part of the shaft; the inner surface is slag-covered and the slag has run halfway down over one of the air holes. 1:3.

syneladende var hel, fig. 11, var der spor efter et cirkulært hul, ca. 5 cm i diameter, som var delvis udfyldt med slagge. Det antages, at dette stykke er den nederste del af skakten, og af stykkets krumning kunne diameteren nogenlunde beregnes til ca. 50 cm.

De jyske slaggeblokke har en karakteristisk form, fig. 2, der hænger sammen med den gravede grubes facon. En enkelt slaggeblok (fig. 12) på 171 kg fra Snorup, Tistrup sogn, Ribe amt, giver os en næsten fuldstændig afstøbning af sådan en grube, idet slaggen her har været varm nok til at nå helt ned på



Fig. 12. Slaggeblok fra Snorup, Tistrup sogn, Vestjylland. Vægt 171 kg. Set skråt fra oven og fra siden. I blokkens overflade ses tydelige spor efter det redskab, der har været brugt til gravningen af gruben. Ca. 1:5.

Slag block from Snorup, Tistrup parish, West Jutland. Weight 171 kg. Viewed obliquely from above and from the side. Clear marks from the tool used to dig the pit can be seen on the block surface. Ca. 1:5.

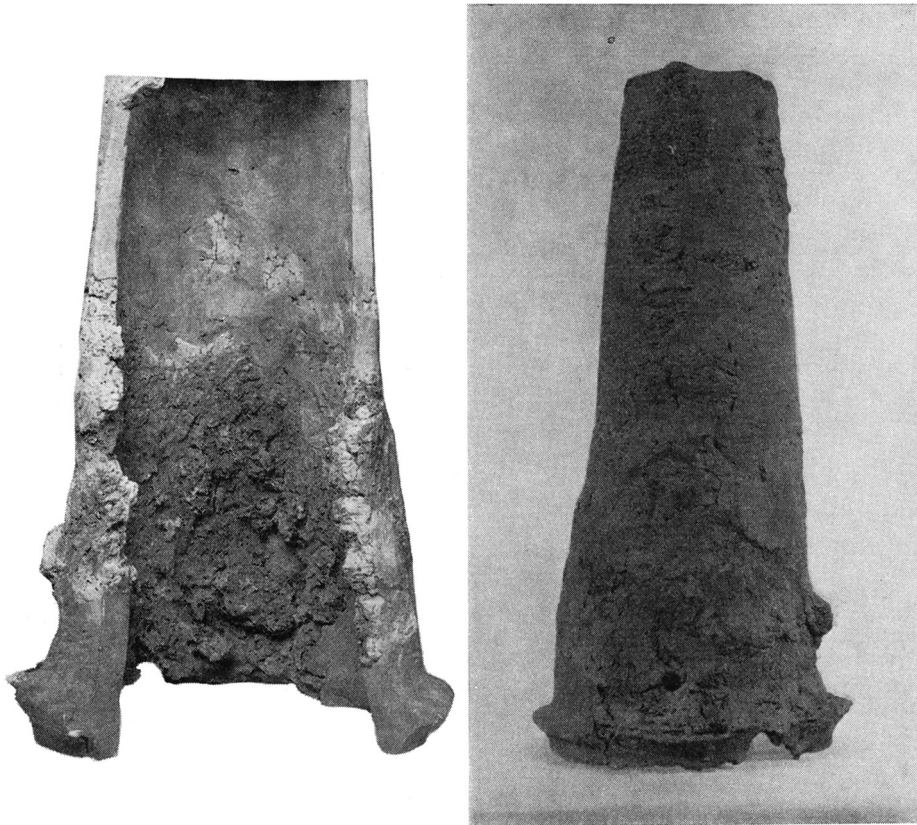


Fig. 13. Skakten til et jernudvindingsanlæg fra Scharmbeck ved Hamborg. Skakten er ca. 1 m høj og den indvendige diameter forneden ca. 35 cm. (Efter Wegewitz 1957).

The shaft of an iron-smelting furnace from Scharmbeck, near Hamburg. It is about 1 m high and the inside diameter below about 35 cm. (After Wegewitz 1957).

grubens bund, således at der er sket en næsten fuldstændig udfyldning. Kun den midterste del af undersiden mangler, og her ses i slaggen aftryk af halm, der må henføres til den midlertidige lukning i bunden af overbygningen. Rekonstruktionens slaggegrube, fig. 1, har form efter slaggeblokken fra Snorup. De fleste jyske slaggeblokke har en lidt anden form, men det hænger sammen med, at slaggen som oftest ikke er nået ned på bunden af gruben, før den er størknet. På den måde mangler den nederste del, og slaggen er til gengæld gået højere op i grubens cylindriske del.

Ingen af de i Drengsted udgravede slaggegruber indeholdt en sammenhængende slaggeblok som fig. 2, men det er alligevel rimeligt at opfatte dem som særtilfælde af denne type, idet forskellene kan forklares ved, at slaggen i Drengsted-gruberne ikke har haft tilstrækkelig høj temperatur til at kunne holde sig flydende i gruben blot i ganske kort tid, og for grube BVs vedkom-

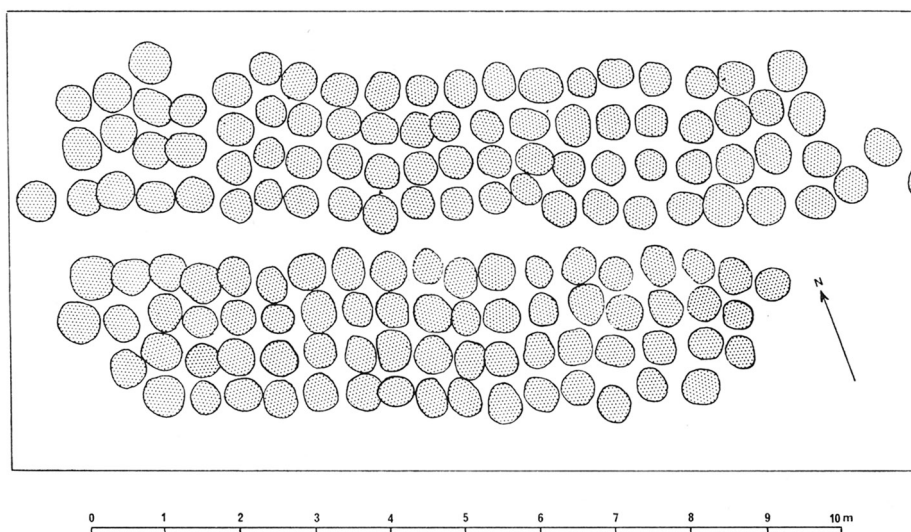


Fig. 14. Stara Stupia, Swietokrzyski bjergene i den sydlige del af Polen. Slaggegrubernes symmetriske anbringelse i to bånd, hver bestående af 3-4 rækker, er karakteristisk for jernudvindingspladserne i dette område. (Efter Bielenin 1962).

Stara Stupia, Swietokrzyski Mountains in the southern part of Poland. The symmetrical placing of the slag pits in two bands, each consisting of 3-4 rows, is characteristic of iron-smelting sites in that area. (After Bielenin 1962).

mende er der hertil sket en indskridning af sand, samtidig med at slaggen er løbet ned i gruben.

Af anlæggets overdel – skakten – er der bevaret så karakteristiske stykker, fig. 11, at man må antage, at den har været af samme art som de i Scharmbeck ved Hamborg fundne skakter, fig. 13, der kan dateres til 2. årh. e. Kr. f.²). Af disses forslaggede inderside ses det, at temperaturen i op til 30 cm's højde over dysehullerne har været højere end slaggens smeltepunkt.

Såvel slaggeblokkene som de undersøgte slaggegruber ved Drenghsted viser tydeligt, at hver grube kun har været brugt een gang. Dette hindrer dog ikke, at overbygningen, skakten, kan have været anvendt flere gange, idet den, når een slaggegrube var fyldt, kunne flyttes til en ny grube. Flere skaktbrudstykker og også den næsten fuldstændige skakt fra Scharmbeck har således spor efter udbedringer, som bedst kan forklares ved, at skakten har været benyttet flere gange. Den meget tætte anbringelse af sådanne slaggegruber, som er påvist ved nyere polske udgravninger⁷), fig. 14, tyder også på, at skakterne har været flyttet fra grube til grube. Hver skakt har dog nok kun kunnet benyttes nogle få gange, idet sliddet indvendig har været temmelig kraftigt.

Slaggeblokke forekommer i stort tal i Vest- og Midtjylland; de kommer frem ved markarbejdet og bliver som regel slået i stykker ligesom de større sten, som ploven også fra tid til anden river op af undergrunden. Det sker dog også, at

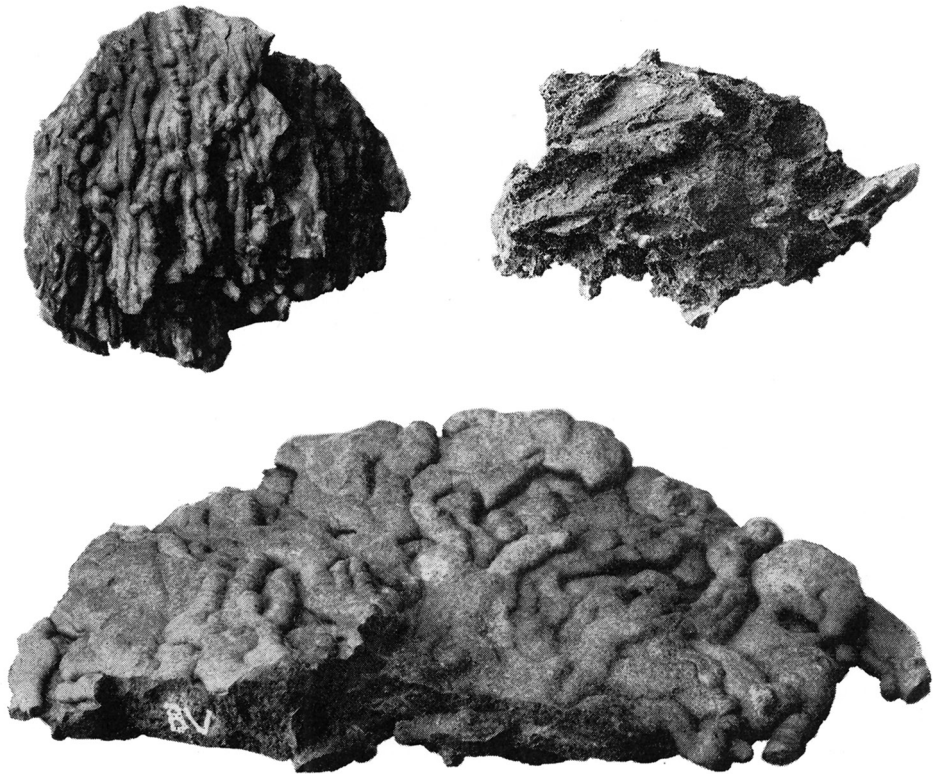


Fig. 15. Drenghsted. Forskellige slaggeformer fra slaggegruber. 1. Lodret slaggestrøm, grube EO, 2. Slagge- masse med aftryk af store trækulstykker, grube EO, 3. Næsten vandret slaggestrøm, grube BV. 1:3.

Drenghsted. Different slag formations from slag pits. 1. Vertical slag flow, pit EO. 2. Slag mass with impression of large pieces of charcoal, pit EO. 3. Nearly horizontal slag flow, pit BV. 1:3.

disse mærkeligt udseende blokke bliver sparet og i stedet slæbt ud i markskel og diger eller brugt til havedekoration som erstatning for større sten, der jo ikke forekommer helt så rigeligt vest for israndslinien som i det øvrige land. Mangelen på sten er sikkert også årsagen til, at slaggeblokkene her flere steder er anvendt i kirkegårdsdiger; i et dige ved Tistrup kirke i Ribe amt har Rasmus Mortensen således kunnet tælle 311 slaggeblokke og brudstykker af sådanne. Antallet af optagne blokke må løbe op til flere tusinde, men alligevel kan et detaillert udbredelseskort ikke gives, idet der ved de ældre optegnelser ikke er foretaget nogen sondring mellem slaggeblokkene og de andre slaggeformer: plankonvexe slaggekager og slaggetappe, ligesom man heller ikke var klar over de forskellige slaggeformer (fig. 15), der kunne optræde i slaggegruberne, når slaggen, som i de omtalte gruber fra Drenghsted, størknede så hurtigt, at den ikke kunne nå at smelte sammen til een blok.

De plankonvexe slaggekager og slaggetappene, fig. 16, vil ikke blive behandlet nærmere her, idet de hører sammen med anlæg uden slaggegrube. Slaggen



Fig. 16. Hummelore, Sjælland. Plankonvex slagge set skråt nedefra, middelalder. – Jelsskov, Sydjylland. Slaggetappe, udaterede. 1:2.

Hummelore, Zealand. Planoconvex slag, viewed obliquely from below, Middle Ages. – Jelsskov, South Jutland. Slagrunners, undated. 1:2.

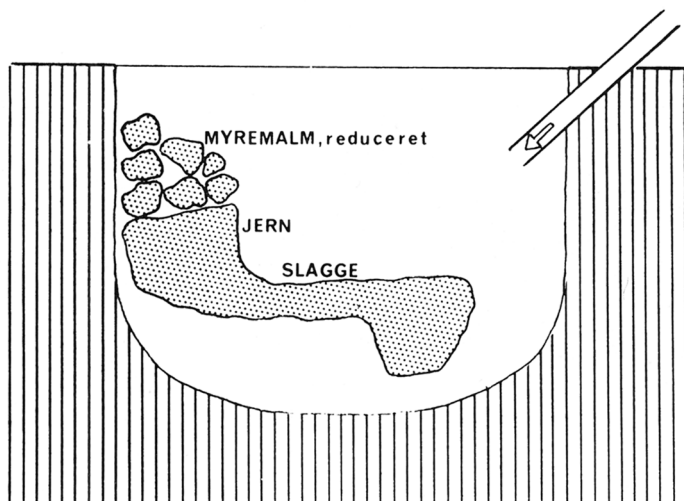
lukkes her ud af siden og løber ad render ud i små lave gruber, hvorved man opnår at kunne bruge anlægget i en længere periode uden at skulle flytte det. Denne teknik er i Danmark yngre end anlæggene med slaggegrube og kendes her væsentlig fra de slaggedynger med plankonvexe slagger og slaggetappe, som findes i uopdyrkede områder og skove i Midtjylland og på Fyn, men også fra Sjælland og Bornholm kendes fund af plankonvexe slaggekager. Tilsvarende slaggedynger kendes fra Norge⁸) og fra Sverige⁹), hvorfra der endnu ikke kendes fund af slaggeblokke.

Ikke alle slagger stammer imidlertid fra jernudvinding. Også ved bearbejdningen af det færdige jern får man slagger, smedeslagger, og det er sandsynligt, at en hel del af de slagger, der er fundet i forbindelse med grave, ikke er jernudvindingsslagger, men smedeslagger. Ved analyser vil det sandsynligvis være muligt at skelne mellem de to arter, og en undersøgelse af dette forhold er planlagt.

I forbindelse med de igangværende undersøgelser over jernudvindingen i Danmark er der endnu ikke foretaget nye analyser af jernudvindingsslagger, og det er kun lidt, der foreligger fra ældre tid¹⁰). Analyserne er dog tilstrækkelige til at vise, at slaggerne fra Danmark ligesom de øvrige rendingsslagge har en sammensætning, der giver et lavt smeltepunkt, 1100–1200°. De består af jern- og manganoxydul samt jernoxyd ($\text{FeO} + \text{MnO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$) i en mængde på 55–70 % samt 20–35 % kiselsyre, SiO_2 , og hertil noget ler, kalk, magnesia og fosforsyre. Forudsætningen for, at slaggen får denne sammensætning, er, at temperaturen holdes på 1100–1200°, og at der er det rette forhold mellem brændselsmængden og lufttilførslen, der atter er afhængig af bl. a. ovnens konstruktion. Den mængde jern, der går tabt med slaggen, er således betydelig, men dette har altså været nødvendigt, for at den kunne få tilstrækkeligt lavt smeltepunkt, hvilket atter er en forudsætning for, at det tilbageblevne jern kunne blive rent og frit for slagge.

Fig. 17.
Jernudvindingsforsøg i grube med lufttilførsel ovenfra. (Efter Wynne og Tylecote 1958).

Experimental iron smelting in a pit with air supplied from above. (After Wynne and Tylecote, 1958).



Som anført er det en forudsætning for den foreslåede rekonstruktion, at slaggen løber bort, og at jernet bliver holdt tilbage i skakten, og som vist ovenfor giver rekonstruktionen en rimelig forklaring på de undersøgte gruber, og den støttes yderligere af jernudvindingsforsøg og tekniske undersøgelser af produkterne samt af en beskrivelse af jernudvinding i Afrika. Med henblik på klarlæggelsen af den primitive rendingsproces har der været udført flere praktiske forsøg¹¹⁾ med rekonstruktioner af forskellige jernudvindingsanlæg. Her skal særlig nævnes Wynne og Tylecotes forsøg 1958¹²⁾, hvoraf det klart fremgår, at de ved reduktionen dannede jernkorn klæber sammen til en svampet jernmasse, som har tilbøjelighed til at sætte sig fast på ovnens sider, samtidig med at slaggen løber bort fra denne jernmasse og lejrer sig på bunden af gruben. Forsøget blev udført i en grube, der var knap 25 cm i diameter og 17 cm dyb. Grubens nederste del blev fyldt med trækul, og op ad den ene side anbragtes jernmalmen, medens luften blev blæst ned i gruben i den modsatte side gennem et rør, der var stukket ned i gruben under en vinkel på 45°. Resultatet, fig. 17, var, at noget af jernmalmen blev afiltet, og da den resterende del samtidig smeltede og løb bort, klæbede de små jernkorn sammen til en svampet jernmasse. Dette svarer helt til den beskrivelse, som Fr. Hupfeld giver af jernudvindingen i Togo i Vestafrika¹³⁾: »Ovnene her er 3 til 3,5 m høje og næsten helt cylindriske, (fig. 18) og man kommer op til dem ad den skråtstillede træstamme. Før ovnen sættes i gang, bliver bunden beklædt med sand af en mand, der er steget ned gennem skakten ovenfra, og dette gøres for at beskytte selve ovnen mod at blive ødelagt af den flydende slagge. Derefter bliver dysehullerne, som der oftest er 7–9 af, delvis tilstoppet med ler, og så beskikkes ovnen ovenfra med 5 kurve trækul, en del træknippler af 35–40 cm's længde og 3 cm's tykkelse, 2 kurve trækul, 7 kalebasser malm (à ca. 10 kg), 1 kurv trækul, 5 kalebasser jernmalm, noget glødende trækul og endelig 1 til 2 kurve trækul. Dette giver alt i alt

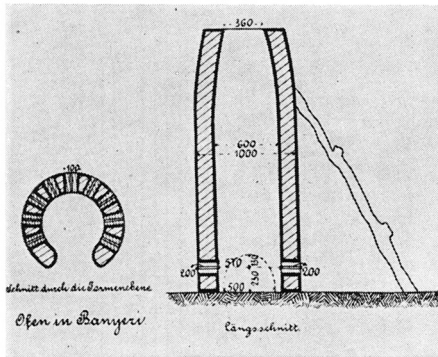


Fig. 18. Jernudvindingsanlæg i Banyeri, Togo, Vestafrika. (Efter v. Luschan, 1909).
Iron-smelting furnaces at Banyeri, Togo, West Africa. (After v. Luschan, 1909).

1,4 m³ trækul (= 300 kg) og næsten 120 kg jernmalm. Ovnens antændes ved det glødende trækul ovenfra og brænder uden anvendelse af blæsebælge i ca. 2 dage, medens processen kun reguleres ved, at luftåbningerne åbnes eller lukkes. På den tredje dag falder den glødende, færdige jernluppe ned på bunden af ovnen, og den trækkes straks ud, hvorefter man igen kaster sand ind i ovnen for at beskytte bunden. Resultatet af jernudvindingsprocessen er en luppe, en uregelmæssig jernklump, der indeholder en hel del slagge og flere trækulstykker; vægten er 25 til 30 kg.

Udbyttet af hele processen er ca. 24 % af det totale jernindhold, idet der af de 120 kg jernmalm med et indhold på ca. 84 kg jern fås en luppe på ca. 30 kg, der imidlertid kun giver ca. 20 kg brugbart jern.

Den ved smeltningen fremkomne jernluppe renses af smeden. Han slår den helt i stykker mellem to sten, og af stumperne udsøges omhyggeligt de enkelte jernstykker. Disse samles i en knytnevstor kugle, der pakkes ind i en blanding af ler og græs, og den indpakkede kugle anbringes i smedeessen i flere timer. Herefter kan jernet smedes til redskaber.«

Denne beskrivelse giver ikke blot et eksempel på en teknik, hvor jernet holdes tilbage, medens slaggen løber bort, men også et anlæg, som arbejder helt uden anvendelse af blæsebælge, alene ved den naturlige træk, som den skorstenslignende overbygning giver.

I det Kongelige Landhuusholdningsselskabs Skrifter udgaves i 1790 den af Ole Evenstad forfattede »Afhandling om Jernmalm som findes i myrer og morader i Norge og omgangsmåde med at forvandle den til jern og stål«. Heri gives der tegninger af et jernudvindingsanlæg (blæster), fig. 19, og hertil en detaljeret beskrivelse af arbejdsgangen samt et overslag over materialeforbrug og udbytte. Blæstergruben er cirkulær, forneden 60–65 cm i diameter, foroven ca. 150 cm i diameter, og højden er ca. 100 cm. Lufttilførslen sker gennem et konisk rør, formen, der er anbragt ca. 10 cm over bunden, og to kraftige blæsebælge sørger for den nødvendige lufttilstrømning. Anlægget er helt uden slaggeafløb, så efter hver brænding, der blot tager et par timer, må slaggen skovles

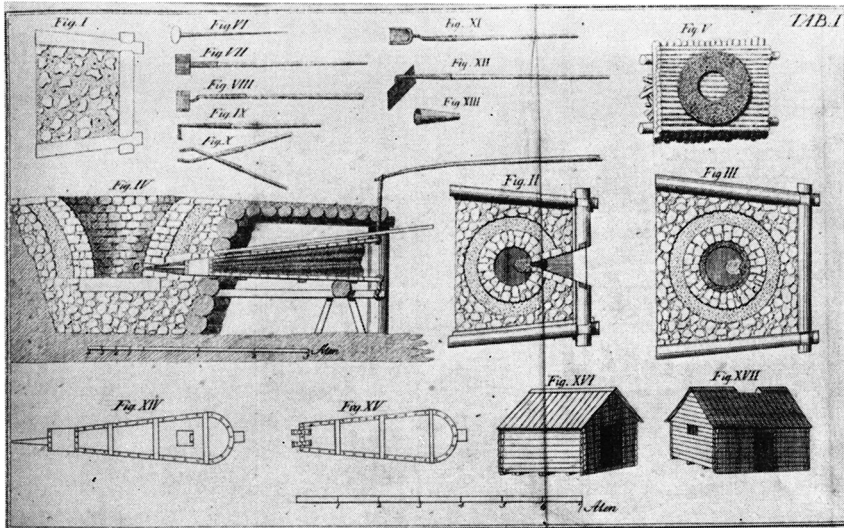


Fig. 19. Arbejdsstegninger til jernudvindingsanlæg, udført af Ole Evenstad 1782.
Working drawings of iron furnaces, by Ole Evenstad, 1782.

op af blæstergruben, og der fremkommer på denne måde endnu en slaggetype, der har et andet udseende end de allerede omtalte slaggeformer: slaggeblokke, plankonvexe slagger og slaggetappe.

Udbytte- og forbrugsberegninger

Udbyttet ved den beskrevne jernudvinding i Afrika angives ovenfor til 24 % af malmens jernindhold, og dette svarer godt til udbyttet ved et forsøg, som J. W. Gilles gennemførte i 1957¹¹). Udvindingen foregik her i en rekonstruktion af en lidt anden anlægstype, hvor slaggen ikke løber ned i en grube under ovnen, men derimod ud af siden ganske som på den afrikanske ovn, der er beskrevet ovenfor. Ved dette forsøg, hvor man også anvendte naturlig træk, brugtes 152 kg malm med et jernindhold på ca. 50 % og 208 kg trækul, der gav 128 kg slagge og 17,3 kg jern, svarende til 22 % af malmens jernindhold. På baggrund af disse udbyttetal tør man antage, at udbyttet i anlæggene med slaggegrube vel har ligget mellem $\frac{1}{4}$ og $\frac{1}{3}$ af malmens jernindhold, og såfremt den anvendte malms indhold af jernoxyd, Fe_2O_3 , og slaggens indhold af jernoxydul, FeO , var kendt, ville det herefter være muligt ud fra slaggens vægt at beregne ikke blot, hvor stort udbyttet har været af hver slaggegrube, men også hvor meget malm og hvor meget trækul, der har været brugt.

Den anvendte malms indhold af Fe_2O_3 kan ikke bestemmes, da det jo er indgået i processen, men ud fra den myremalm, der findes i Vestjylland i dag, tør man sætte den ristede myremalms indhold af Fe_2O_3 til 70 %. Slaggens indhold af FeO kan måles, men da slaggen er meget lidt homogen, må man vælge



Fig. 20. Randbøl, Vejle amt. Spidsbarre. 1:3.
Randbøl, Vejle county. Pointed bar. 1:3.

et middeltal, der her sættes til 60 %, d. v. s. at 100 kg slagge skulle indeholde 46,5 kg jern.

Med et udbytte på 25 % er 75 % af den ristede malms jernindhold gået over i slaggen, og da de 75 % svarer til 46,5 kg jern, må den ristede malm svarende til 100 kg slagge have indeholdt ca. 62 kg jern og have givet en luppe på 15,5 kg.

Med et udbytte på 33 % svarer 67 % til 46,5 kg, og malmen svarende til 100 kg slagge må således have indeholdt 70 kg jern og have givet et udbytte på 23 kg.

Den til disse udbytter svarende *malmmængde* med 70 % $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 49\%$ Fe pr. 100 kg slagge er henholdsvis 127 og 143 kg, idet der med et større udbytte skal desto større mængde malm til for at give 100 kg slagge. Slaggeblokken fra Snorup, fig. 12, vejede 171 kg, og såfremt den indeholder 60 % FeO, skulle udbyttet her have været 26,5–40 kg jern. Den tilsvarende mængde ristet malm bliver 215–245 kg med et Fe_2O_3 -indhold på 70 %; vægtfylden er ca. 3, og denne mængde vil således fylde 73–83 liter.

Forbruget af træ ved jernudvindingen har været stort. Ved den beskrevne jernudvinding i Togo, Vestafrika, brugtes 10–15 kg trækul pr. kg jern, ved J. W. Gilles forsøg 1957 var det tilsvarende tal 12 kg. Da udnyttelsen af brændselet i anlæggene med slaggegrube næppe har været meget bedre, kan man sikkert ikke regne med, at forbruget her har været mindre end 10 kg pr. kg jern, og til slaggeblokken på 171 kg skulle således svare et forbrug på 250–400 kg trækul, d. v. s. 1,14–1,82 m³ svarende til 1,7–2,8 m³ træ. Det materiale, der ialt er medgået til en slagge på 171 kg, er således 73–83 liter jernmalm, 1140–1820 liter trækul, ialt 1200–1900 liter. Rekonstruktionens overbygning har et rumindhold på godt 100 liter, og det er således ganske klart, at processen i et sådant anlæg må have været ret længe, et døgn eller måske mere, og at ovnen må have været beskikket flere gange.

Evenstads ovenfor beskrevne jernudvindingsanlæg var betydeligt mere effektivt, idet udbyttet efter hans opgivelser har været ca. 40 % af malms jernindhold, men forbruget af trækul ligger dog også her på 8,5–11,5 kg pr. kg jern.

Træet har man fået fra skovene, og det er ikke umuligt, at der er en vis sammenhæng mellem lyngens voldsomme spredning i Vestjylland i jernalderen og det store træforbrug ved jernudvindingen. Myremalmen fandtes også dengang i rigelig mængde og let tilgængelig i eng- og mosedrag i Vest-, Midt- og Sønderjylland.

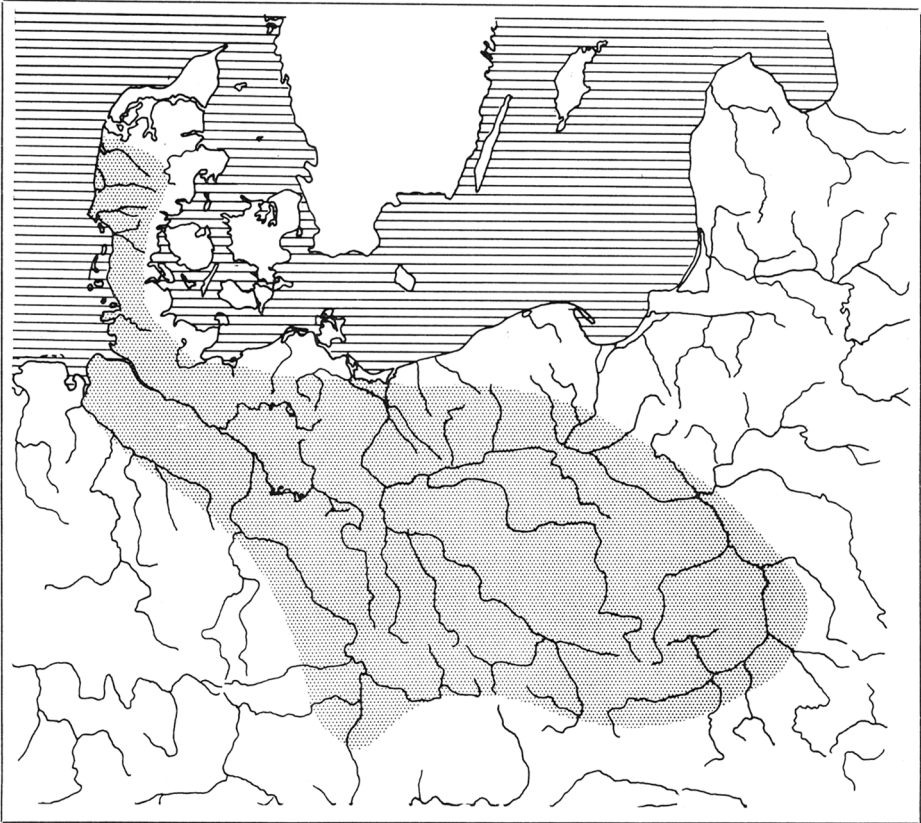


Fig. 21. Slaggeblokkenes udbredelsesområde sådan som det tegner sig på grundlag af den foreliggende litteratur.

Distribution of slag blocks as far as can be gathered from extant literature.

Datering af jernudvindingsanlæg

En arkæologisk datering af jernudvindingsanlæggene er som regel umulig, idet der i disse aldrig indgår daterbare oldsager. Der er ganske vist fundet lerkarskår i forbindelse med enkelte anlæg, men det er ikke bevist, at disse stammer fra kar, der har været brugt ved jernudvindingen, og de må derfor snarest anses for sekundære. Den eneste dateringsmulighed, der kan anvendes her, er C-14 metoden, idet der i de fleste slaggegruber vil være tilstrækkeligt med forkullet halm eller trækul til en sådan datering. Foreløbig er kun en enkelt slaggegrube, EL fra Drengsted, blevet dateret ad den vej, og resultatet var 210 ± 100 e. Kr. f.⁵). Dateringen svarede ikke helt til den forventede alder, idet det var antaget, at slaggegruberne hørte sammen med den på stedet undersøgte boplads fra 5. årh., og vi har således straks her et klart eksempel på, at slaggegruberne ikke kan dateres efter den keramik, man finder på stedet, hvilket umiddelbart medfører, at flere af de dateringer, der er anført i den ældre litteratur, ikke uden videre kan godtages.

Før der er blevet foretaget en lang række C-14 dateringer af forskellige jernudvindingspladser, er det således ikke muligt at afgøre, hvornår disse anlæg først toges i brug her i landet, og hvor længe teknikken har holdt sig, og det er således foreløbig ganske uklart, om brugen af jernet her i landet ved jernalderens begyndelse er betinget af en lokal jernproduktion eller af import af færdigt jern. Fundet af en enkelt spidsbarre af mellemeuropæisk type, fig. 20, fra Randbøl i Vejle amt tyder på, at der foruden den hjemlige produktion også har fundet en vis import sted i ældre jernalder.

*

Slaggeblokkene af den her omtalte type findes i stort tal i Vest- og Midtjylland¹⁴), men kendes foreløbig ikke fra det øvrige Danmark eller fra Skandinavien. Derimod kan typen følges ned i Mellemeuropa langs floderne Elben, Oder og Weichsel i Tyskland, Polen og Tjekkoslavakiet (fig. 21). Udbredelsesområdet danner et bredt bælte uden for det romerske imperiums grænse og falder delvis sammen med de romerske importvarers udbredelsesområde, men jernudvindingsanlæggenes tilstedeværelse kan vanskeligt være et direkte resultat af romersk påvirkning, idet de romerske anlæg var af en ganske anden art uden slaggegrube¹⁵). Sålænge dateringerne endnu er så få og usikre, er det vanskeligt at have nogen begrundet mening om, hvor anlægget med slaggegrube har sin oprindelse, men mest sandsynligt er det, at denne teknik har udbredt sig fra sydøst mod nordvest.

*

Det er vel det mest nærliggende at tænke sig, at produktionen har tjent til at dække hjemmeforbruget, men det er dog også muligt, som antaget af Wielowiejski¹⁶), at jernet i stor udstrækning er blevet eksporteret til det romerske rige. For at de danske fund skulle kunne støtte en sådan antagelse, burde man vel i det jyske jernområde have haft en større tæthed af romerske importvarer i forhold til tætheden i det øvrige Danmark, hvor en tilsvarende jernproduktion endnu ikke er påvist. Snarere ser det ud, som om slaggeblokkenes udbredelsesområde understreger de forbindelser, der tidligere er påvist mellem Oder-Weichselområdet og Jylland i århundrederne omkring Kristi fødsel¹⁷), men før disse interessante kulturhistoriske problemer kan belyses nærmere, er det nødvendigt at foretage fuldstændige undersøgelser af et antal jernudvindingspladser forskellige steder i Jylland samt at få gennemført så mange C-14 dateringer, at denne tekniks tidsmæssige placering er nogenlunde sikret. Fortsatte udgravninger af jernudvindingsanlæg vil forhåbentlig også kunne bidrage til at sandsynliggøre den her fremførte rekonstruktion, hvis effektivitet det i øvrigt er hensigten at prøve ved praktiske forsøg.

Prehistoric Iron Smelting in Denmark

Of the various arrangements for iron smelting which have been employed in Denmark up to c. 1600, only those with slag pits will be discussed here. Usually, only the slag from these is preserved, most often fused into one large lump, which reproduces a portion of the pit shape, fig. 2.

Nearly all earlier attempts at reconstruction are based on the assumption that the iron particles which are formed during extraction sink down through the fluid slag mass and collect at its base¹), but as examination of such accumulations "in situ" has never yielded traces of the extracted iron (bloom), this supposition is hardly acceptable. Both from the appearance of the slag block and from technical probing and experiment, as well as from ethnographical and historical sources, it can be assumed that a superstructure of clay has been erected over the slag pit. In this shaft the actual extraction has taken place, the iron being retained whilst the slag has run into a pit in the ground, where it has often solidified into one large lump, the slag block. The construction of the superstructure is reproduced in a furnace shaft which was found at Scharmbeck near Hamburg in the 1950s²). The necessary air supply was maintained through four holes and the chimney effect of the shaft presumably ensured a sufficiently powerful draught. The slag pit was probably quite empty apart from a plug of straw which closed the hole under the superstructure. This plug perhaps continued to the bottom of the pit as a cylinder, or was merely held in place by thin twigs. The slag first collected at the bottom of the superstructure and after a certain length of time the straw plug was perhaps sufficiently burned to allow the slag to run out, or was pushed down into the pit by means of a stick through one of the air holes.

The metallic iron formed in the superstructure had a very low carbon content and consequently aggregated into a spongy mass which easily stuck to the sides of the furnace or perhaps fell to the bottom. When the slag had run away, the bloom was broken out of the furnace, which was subsequently repaired with clay and placed over an empty slag pit and a new smelting commenced.

The new reconstruction of an iron smelting furnace with a slag pit, shown in fig. 1, is primarily based on observations made in 1961 during the investigation of 5 slag pits at Drengsted⁴) in the south-western part of Sønderjylland. They were all confined to an area of less than 1 acre on a settlement site from the 5th century A. D. A radio-carbon dating of one of the pits to 210 ± 100 A. D.⁵) indicates, however, that the smelting in all probability antedates the settlement. Only two of these pits, BV and EL, were entirely undisturbed; in the remainder the slag was entirely or partially taken up and it was not possible to ascertain whether this had happened in prehistoric times. The subsoil all over the site was glacial fluvial sand, and there was no special lining of the pits.

Slag pit BV (figs. 4-6) was first exposed from above, but in order to obtain the clearest information on the structure of the slag block, the ultimate examination was made from the side, as much of the loose soil in and near the pit being removed as possible without dislodging any of the slag, which was finally sectioned through the middle, roughly east-west, fig. 6. The depth of the pit under the present surface was 90 cm and the greatest width 105 cm. It can clearly be seen on the cleaned slag block, figs. 4-6, that the slag has run into the pit over a limited area, corresponding to a ring 30 cm in diameter roughly in the middle where the slag is highest. It is also clear that the slag has not filled the pit in one go, but that the process has been prolonged, sand slipping into the pit so that it has become filled with alternating layers of slag and sand. For the slag in the pit to have the structure and shape it has, there must have been a superstructure where the actual reduction of the iron oxide and melting of the slag has taken place. The temperature in the pit has at no stage been so high that the slag could melt there; this could be seen, for instance, by the fact that the sand on the inside of the pit was nowhere burned red. On top of the slag lay a quantity of red-burned clay with a slag-covered inner surface. Most of it had a loose structure but a few pieces up to 15×20 cm were found, probably deriving from the superstructure.

In slag pit EL, which was c. 80 cm deep, only a median section was made, and as the slag was less coherent there, the photograph (fig. 7) does not so clearly demonstrate that the structure is identical with that of the block from pit BV; the amount of intruded sand has merely been somewhat less, so that the slag block resembles more closely a normal slag block (fig. 2). A different structure was observed down the middle of the central portion of the slag mass, where solidification had apparently not taken place in a rapid descent. On removing the slag a distinctive structure was observed in the middle (fig. 8), which must be the impression of straw, not loosely packed but compressed into a cylinder with a diameter of

20 cm or more. Centrally, at the bottom of the pit, was a thick layer of carbonised straw, just under 20 cm in diameter and 2–4 cm thick, which is no doubt connected with the straw impression on the underside of the slag. Both these phenomena are known from other slag pits and can be explained as evidence of a straw plug in the connecting pipe from the superstructure.

In the straw from pit EL a score of seeds were found, identified by Hans Helbæk⁶) as predominantly barley with a few seeds of wild oats. The radio-carbon dating of 210 ± 100 A.D. was made on straw from this pit, and there is thus an established agreement in time between the use of the furnace and the basis of the radio-carbon dating, namely the harvesting of the corn.

Most of the slag in pit EM had an unusual structure, the surface being lumpy and uneven (fig. 9), in contrast to the slag in the pits mentioned before, which was dense with a smooth surface. The cause of difference cannot be determined without practical experiment, but it is conceivable that the extraction in this case has completely failed. The weight of slag in this pit is also much less. In the middle of the pit bottom a thick layer of carbon was found and at the bottom of that, a layer of compressed straw, 20–25 cm in diameter, corresponding to the straw in pit EL.

In the last two pits, EO and EP, the slag must have been taken up, and this may have happened either recently, because ploughing was hampered, or in antiquity, because large lumps of iron had fallen into the slag and had to be hacked free. In the lowest, undisturbed part of EO lay a 10–15 cm layer of thick pieces of charcoal (fig. 10), and in the middle, at the bottom of the pit, a lump of carbonised straw. In the disturbed part of the pit, apart from pieces of slag, lay a number of cakes of burned clay, with a slag-covered inner surface. They were up to 4 cm thick, and from the position of the slag drops on the inside, it was obvious that the pieces must have stood vertically. In one of them, the underside of which was apparently undisturbed, fig. 11, there were traces of a circular hole c. 5 cm in diameter, which was partially filled by slag. This was presumably the lowest portion of the shaft, and the curvature suggests a diameter of roughly 50 cm.

The slag blocks of Jutland have a characteristic shape, fig. 2, which is connected with that of the pit. One slag block (fig. 12) of 171 kg, from Snorup, Tistrup parish, Ribe county, gives us an almost perfect cast of such a pit, as the slag has been hot enough to reach the bottom of the pit. Only the middle of the underside is missing, and here straw impressions can be seen, which can be related to the temporary bung. The slag pit in the reconstruction, fig. 1, has the shape of the slag block from Snorup. The majority of slag blocks from Jutland have a slightly different shape, but this is because the slag has rarely reached the bottom of the pit, before solidifying. The lower portion is thus lacking, the slag reaching correspondingly higher up in the cylindrical portion of the pit.

None of the Dregsted pits contained a complete block as in fig. 2, but it is nevertheless reasonable to consider them as special variants of this type. The differences can be explained by the slag in the Dregsted pits not having had a sufficiently high temperature to remain fluid in the pits for even a short period, and in the case of pit BV there has moreover been an intrusion of sand as the slag has run in.

Of the superstructure—the shaft—such characteristic parts are preserved, fig. 11, that one may assume that it has been of the same type as the shafts found at Scharmbeck near Hamburg, fig 13, which can be assigned to the 2nd century A.D.²). From the slag-covered interior of these it is seen that the temperature up to 30 cm above the tuyeres has been higher than the melting point of slag.

An estimation of consumption and yield in iron extraction has been based on Fr. Hupfeld's description of iron extraction in Togo in West Africa¹³), J. W. Gilles' 1957 experiments¹¹) and Wynne and Tylecote's experiments¹²) of the same year, and on this information the yield in furnaces with slag pits is fixed at 1/4 to 1/3 of the iron content of the ore. With 70 % Fe_2O_3 in the ore and 60 % FeO in the slag the yield of iron will be 15.5–23 kg per 100 kg ore, with an ore consumption of 127–143 kg. Charcoal consumption is put at at least 10 kg per kg iron.

An archaeological dating of iron smelting sites is as a rule impossible, dateable artefacts

lacking completely. True, potsherds have been found in connection with a few sites, but it is not established that these derive from pottery used in the smelting and they must therefore be regarded as secondary. The only dating method which can be employed here is the radio-carbon method, as sufficient carbonised straw or charcoal for such a procedure is present in most pits. At present, only one slag pit, EL from Drensted, has been dated in this way, and the result was 210 ± 100 A.D.⁵⁾. This did not correspond with the age expected, as it was supposed that the slag pits belonged to the 5th century settlement investigated at the same place. This is a clear indication that slag pits cannot be dated by the pottery found on the site, consequently throwing doubt on many of the dates arrived at in the early literature. Before a comprehensive series of radio-carbon datings of different iron smelting sites has been undertaken, it is impossible to establish when these furnaces were first used in this country, and how long the technique survived.

Slag blocks of the type described here are found in a large quantity in West and Central Jutland¹⁴⁾, but are at present not recorded from the rest of Denmark or from Scandinavia. This type can, however, be traced down into Central Europe along the rivers Elbe, Oder and Weichsel, in Germany, Poland and Czechoslovakia (fig. 20). The distribution area covers a broad belt outside the frontiers of the Roman empire and partially corresponds with the distribution of Roman imports, but the presence of iron-smelting furnaces can hardly be a direct result of Roman influence, as the Roman furnaces were of a quite different nature, without slag pits¹⁵⁾. As long as datings are so few and uncertain, it is difficult to have any well-founded views on the origin of the furnace with slag pit, but it is most probable that the technique has spread from the south-east towards the north-west.

It is most likely that production has covered home consumption, but it is also possible, as suggested by Wielowiejski¹⁶⁾, that iron was to a large extent exported to the Roman empire. For the Danish finds to support such a hypothesis, a greater density of Roman import articles ought to be expected in the iron area of Jutland than in the rest of Denmark, where an equivalent iron production has yet to be discovered. If anything, it looks as if the distribution of slag blocks emphasises the connections demonstrated earlier between the Oder-Weichsel region and Jutland, in the centuries around the birth of Christ¹⁷⁾, but before these interesting cultural-historical problems can be illuminated further, it will be necessary to undertake complete investigations into a number of iron-smelting sites in Jutland and to carry out so many radio-carbon datings that the technique can be accurately placed in time. Further excavation of iron-smelting furnaces will, it is hoped, also contribute to a verification of the reconstruction offered here, the efficiency of which it is intended to prove by practical experiment.

Olfert Voss,

Aarhus Universitet.

TERMINOLOGI

I forbindelse med den forhistoriske jernudvinding anvendes bl. a. følgende betegnelser, der for størstedpartens vedkommende er overtaget fra den moderne jernudvindingsteknik:

Gigten die Gicht (ty.) the top, throat (eng.) le guelard (fr.)	ovnens munding, hvorigennem beskikningen foretages.
Skakten der Schacht (ty.) the shaft, inwall (eng.) la cuve (fr.)	den skorstenslignende overbygning, som har udgjort det egentlige jernudvindingsanlæg, ovnen. Den eneste velbevarede forhistoriske skakt stammer fra Scharmbeck ved Hamborg, 2. årh. e. Kr. f. ²⁾
Herden der Herd (ty.) the hearth, crucible (eng.) le creuset (fr.)	betegnelsen bruges ofte om den nederste del af de anlæg, der har været brugt til rendingsprocessen, således herdgrube om den grube, som indeholder slaggeblokken. Denne grube kan imidlertid ikke direkte parallelliseres med højovnens herd, der er det sted, hvor temperaturen er højest og hvor både slagge og jern er flydende. I stedet foreslås det at betegnelsen slaggegrube anvendes.
Slaggegrube	

Rending Rennverfahren (ty.) the direct method of smelting (eng).	direkte fremstilling af smedeligt jern. Ved rendingen fås en svampet jernluppe bestående af sammensvejsede jernpartikler og en flydende slagge.
Luppe die Luppe (ty.) the bloom (eng.)	jern, der er blevet dannet direkte i fast form ved reduktion (afiltning) af jernmalm med kulilte og afsmeltning af slaggen. Rent jern smelter ved 1535°, men luppen har som regel aldrig været opvarmet over 1250° (slaggens smeltepunkt). Kulstofindholdet i luppen er mindre end 1.8 % og sædvanligvis under 0.5 %.
Råjern, støbejern Roheisen (ty.) cast iron (eng.)	er et højovnsprodukt. Jern med kulstofindhold, der er over 1.8 %, max. 4.3 %. I modsætning til rendingsjernet, luppen, har dette gennemgået en flydende tilstand.
Ferskning eller friskning Frischverfahren (ty.)	er den delvise fjernelse, bortiltning, af kulstoffet fra råjernet. Ikke smedeligt jern bliver derved smedeligt.
Jernso Ofensau (ty.)	er en klump råjern, der er størknet i højovnen, men i tysk litteratur bruges betegnelsen ofte om den sammenhængende slagge, der efter en afsluttet jernudvindingsproces bliver tilbage i gruben, idet man en overgang mente, at disse slaggeblokke stammede fra en mislykket proces. Betegnelsen bør ikke bruges i forbindelse med primitiv jernudvinding.

NOTER

1) Niels Nielsen: Studier over Jærproduktionen i Jylland, 1924, 128-132. - Rasmus Mortensen: Jysk Jærn, 1940, 88. - Hans Hingst: Vor- und frühgeschichtliche Eisenverhüttung in Schleswig-Holstein. Neue Ausgrabungen in Deutschland, 1958, 259. - E. Schürmann: Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. Stahl und Eisen 78 (1958), 1299. - R. Pleiner: Die Ergebnisse neuer Ausgrabungen an vor- und frühgeschichtlichen Eisenhüttenplätzen usw. Stahl und Eisen 78 (1958), 1749. - R. Pleiner: Zákklady Slovanského Zelezárského Hutnictví v Českých Zemích. Monumenta Archaeologica, Tomus VI, Praha 1958, 300 og 127, fig. 26. 2) Willi Wegewitz: Ein Rennfeuerofen aus einer Siedlung der älteren Römerzeit in Scharmbeck (Kreis Harburg). Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte nr. 26, 1957. 3) Blandt de anlæg som Niels Nielsen 1924, 126 ff sammenfatter under betegnelsen herdgrube, er der dog ganske sikkert flere anlæg med slaggegrube; dette gælder således slaggeblokken fra Egtved, p. 127, og slaggeblokken fra Grindsted, p. 132, samt muligvis flere andre, men en fornyet gennemgang af det af Niels Nielsen indsamlede materiale har desværre ikke været mulig, da dette nu er gået tabt. 4) Slaggegruberne og bopladsen ved Drenghed, Døstrup sogn, Lø herred, Tønder amt, er undersøgt af forfatteren for Nationalmuseet. Assistent ved undersøgelsen var Johannes Bruun, Drenghed. 5) Dateringen er foretaget på C-14-laboratoriet i København, der ledes af civilingeniør Henrik Tauber. Prøven har nr. K-784. 6) Bestemmelsen er foretaget 1963 og arterne er seksradet, avneklædt byg (Hordeum vulgare) og havre (Avena sativa). 7) Kazimiers Bielenin: Ancient centre of iron metallurgy in the region of Góry Świątokrzyskie. Archaeologia Polona IV, 1962, 221-234. 8) T. Dannevig Hauge: Blesterbruk og myrjern. Universitetets Oldsaksamlings Skrifter, bind III, Oslo 1946. T. Dannevig Hauge: Jærframstilling i Land i gamle dager. Boka om Land, B. II 1952. 9) John Nihlén: Studier rörande äldre svensk järntillverkning med särskild hensyn till Småland. Jærnkontorets Bergshistoriska Skriftserie. Nr. 2 Stockholm 1932. - John Nihlén: Äldre järntillverkning i Sydsvrige (Halland och Skåne). Jærnkontorets Bergshistoriska Skriftserie. Nr. 9. Stockholm 1939. 10) 2 analyser af slagger fra Søgård, Hejnsvig sogn, Ribe amt, og hertil mikrofotografier hos Rasmus Mortensen: Jysk Jærn 1940, 80. 3 slaggeanalyser af materiale fra Fogstrup. Them sogn i Skanderborg amt og 3 analyser af slagger fra Bækmoien, Flade sogn, Hjørring amt, foretaget af Paul Bergsøe samt mikroskopiske undersøgelser af samme materiale foretaget af E. Høeg er publiceret i Årbøger for nordisk Oldkyndighed 1936. 11) J. W. Gilles: Versuchsmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen. Stahl und Eisen 78 (1958), 1690-1695. - J. W. Gilles: Rennversuch im Gebläseofen und Ausschmieden der Luppen. Stahl und Eisen 80 (1960), 943-948. - M. Radwan & R. Pleiner: Polnisch-Tschechoslowakische Schmelzversuche in den Rennöfen der römischen Bauarten. Archeologické rozhledy XV, 1963, 47-71. 12) E. J. Wynne & R. F. Tylecote: An experimental investigation into primitive iron-smelting technique. Journal of the Iron and Steel Institute, december 1958. 13) Zeitschrift für Ethnologie 41, 1909, 40-42. 14) Niels Nielsen: Studier over Jærproduktionen i Jylland, 1924, 68-97. Af de i fundlisten givne beskrivelser fremgår det, at flere af forekomsterne omfatter fund af slaggeblokke. - Rasmus Mortensen: Jysk Jærn, 1940, 23-74. Langt størsteparten af de her omtalte slaggeblokke og smelteovne er af samme art som de her behandlede slaggeblokke. 15) R. F. Tylecote: Metallurgy in Archaeology. London 1962, 217 ff. - P. Weiershausen: Vorgeschichtliche Eisenhütten Deutschlands. Mannus Bücherei 65, 1939. 16) Jerzy Wielowiejski: The social and economic development of southern Poland in the Late La Tene and the Roman period. Materiały Starożytne VI, 1960. 17) Ole Klindt-Jensen: Foreign Influences in Denmark's Early Iron Age. 1950.