Grondboor en Hamer, jrg. 42, no. 1, p. 1-11, 12 fig., februari 1988

IJZER UIT EIGEN BODEM

Cees Laban*, Henk Kars**, en Anthonie Heidinga***

Langs het Noordzeekanaal staan reusachtige hoogovens. Hierin worden dagelijks grote hoeveelheden geïmporteerd ijzererts verwerkt.
Deze industrie is niet nieuw in ons land. Al eeuwen geleden werd er ondermeer op de Veluwe onder de meest primitieve omstandigheden uit een specifieke variant van ijzeroer ijzer gewonnen.

Op het belang van dit bedrijf is in het verleden reeds in diverse publikaties gewezen door de "ontdekker" van het Veluws ijzer, de heer J.D. Moerman (MOERMAN 1928, 1957, 1960, 1968-69, 1970). Recent archeologisch onderzoek te Kootwijk en Hoog Buurlo heeft de wetenschap dat de Veluwe in de vroege middeleeuwen een soort Rührgebied avant le lettre is geweest, nogmaals onderstreept (HEIDINGA 1987).

Op zoek naar sporen van deze industrie hebben we, met behulp van aanwijzingen verkregen uit de literatuur en door bestudering van stafkaarten van de Veluwe, waarop benamingen als "ijzerkuil" staan vermeld, na uren zoeken stukken ijzerslak in handen (fig. 1 en 2).
Deze keer lagen ze verscholen onder een laag dennenaalden in een bos nabij de Woeste Hoeve. Hier is dus eeuwen geleden door de bewoners van dit gebied ijzererts uit de grond gehaald. Met behulp van primitieve, kleine, mogelijk kuil- tot waarschijnlijk kokervormige ovens is dit ijzererts omgezet in ijzer. Gezien de hoeveelheid ijzer die zich nu nog in de slakken bevindt, was deze produktie niet erg efficiënt. In 1856 wees STARING daar reeds op. Deze slakken kunnen op nog veel meer plaatsen op de Veluwe worden gevonden. Algemeen bekend zijn de immens grote slakkenhopen in het Orderbos, bij Apeldoorn. Ook zijn er op verschillende plaatsen wegen mee verhard, zoals bij Ugchelen en in De Imbosch.



Fig. 1: Eén van de ijzerslakken die in de buurt van de Woeste Hoeve onder de dennenaalden vandaan kwamen. Het ijzergehalte in de slak is erg hoog wat wijst op een weinig doelmatige methode van ijzerwinning. Foto Pieter van der Klugt.

"NUTTELOOS IJZEROXYDE"

Tegen het midden van de vorige eeuw schreef de Duitse geoloog GUSTAV BISCHOF in zijn boek "Lehrbuch der chemischer und physikalischer Geologie", deel I (1847): "Hier, als overal, vernietigt de natuur en schept deze tegelijk. Levende wezens vergaan en delfstoffen treden hiervoor in de plaats. Het in stenen en op de aarde verspreide en in die vorm voor de mens geheel nutteloze ijzeroxyde komt bij het verrotten van planten vrij en verzamelt zich in bezinksels, welke nuttige ijzerertsen bezorgen aan streken die van andere en betere ertsen geheel verstoken zijn".

Dit was volledig van toepassing op onze streken. Hier was inderdaad op veel plaatsen, voornamelijk in het oosten, midden en zuiden van ons land het door Bischof beschreven ijzererts aanwezig.

* Rijks Geologische Dienst, Postbus 137, 2000 AD Haarlem
** Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Kleine Haag 2, 3811 HE Amersfoort
*** Albert Egges van Giffen Instituut voor Prae- en Protohistorie, Universiteit van Amsterdam, Singel 453, 1012 WP Amsterdam

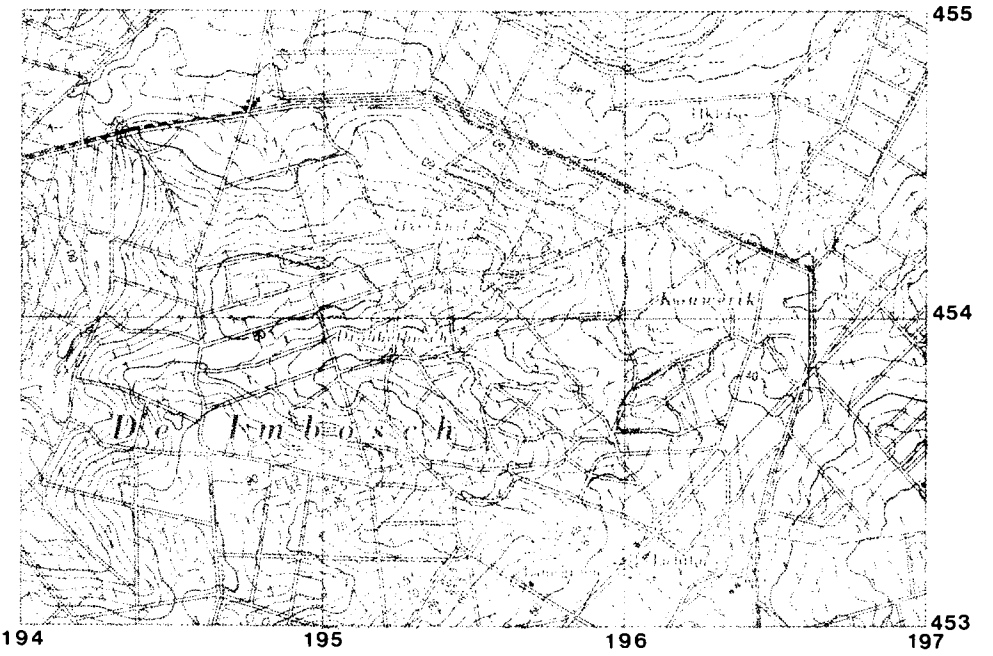


Fig. 2: Kaart van een deel van De Imbosch met de aanduiding ijzerkuil. Even ten noordwesten van deze kuil vonden wij de ijzerslakken onder een dikke laag dennenaalden.

Door planten wordt ijzer via hun wortels uit de bodem opgenomen. Na het doodgaan van de plant komt het ijzer, door de werking van koolzuur en humuszuren in een oplosbare vorm weer vrij. De tweewaardige ijzerionen die op die manier zijn ontstaan kunnen door het grondwater worden meegevoerd. Doordat wij in onze streken met een humide klimaat te maken hebben, wat betekent dat de neerslag groter is dan de verdamping, wordt het ijzer door het wegzakkende regenwater dieper de bodem ingebracht. Door oxydatie in de oppervlaktezone vindt vervolgens vorming van driewaardig ijzer plaats. Het onoplosbare ijzerhydroxyde slaat neer en kan sterk aangerijkt worden wanneer het grondwater ergens op een minder doorlatende laag als leem stagneert. Vooral in vochtige gebieden met een lemige bodem vormen zich dan soms dikke, ijzerrijke korsten of oerbanken van limoniet in de bodem. De mineralogische term limoniet is een verzamelnaam voor microkristallijne tot amorfe ijzerhydroxyden, bijv. goethiet en lepidokrokiet (FeOOH) en gehydrateerde ijzeroxyden, zoals hematiet met gebonden water ($Fe_2O_3.nH_2O$).
De oerbanken kunnen vervolgens weer de oorzaak zijn dat het grondwater niet weg kan en er zich plassen gaan vormen op dergelijke plaatsen. Deze plaatsen zijn op veel plaatsen op ondermeer de Veluwe en in Brabant te vinden. Ze worden wel IJzeren Mannen of flessen genoemd.

Hoe goed het waterafsluitend vermogen van deze meerbodems is, vertelt ons het volgende verhaal.

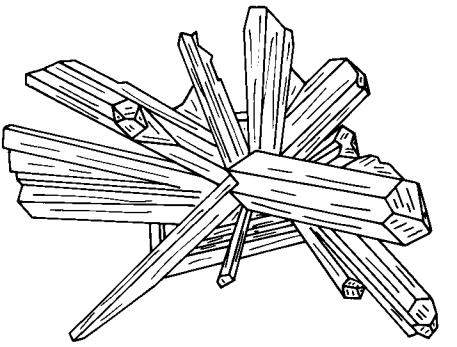


Fig. 3: Een aggregaat van vivianietkristallen (20x vergroot). De kristallen zijn kleurloos en makkelijk splijtbaar. Wanneer zij aan de atmosfeer worden blootgesteld kleuren zij blauw, groen of zelfs zwart. Tekening Ad Walkeuter.

Bij het fraaie, door Berlage ontworpen jachtslot St. Hubertus aan de noordzijde van de Veluwe, ligt namelijk eveneens een dergelijk meer. Het jachtslot is hier door de toenmalige eigenaars van de Hoge Veluwe, het echtpaar Kröller-Müller, gebouwd. Nadat het slot in 1920 gereed kwam, werd opdracht gegeven om het meer te verdiepen. Hierbij is de ijzeroerlaag doorgraven en zakte het water steeds weer weg. Voor veel geld moest daarna een kunstmatige waterafsluitende laag worden aangebracht.

MOERASIJZERERTS

In veen- en moerasgebieden zijn de omstandigheden vaak geschikt voor de vorming van ijzerhoudende afzettingen. In dergelijke gebieden met een stagnerende waterafvoer vormen zich soms dikke leemlagen met een hoog gehalte aan ijzerhydroxyden. Ook in de beekdalen van de hoger gelegen zandgronden vindt plaatselijk afzetting van limoniet plaats. Hier wordt dan meestal van zandoer gesproken. Soms zijn deze, vaak sterk zandige afzettingen dermate door het ijzer verkit dat ze in het verleden wel als bouwsteen zijn gebruikt (zie blz. 10).

In moerasafzettingen worden wel eens zachte witte korrels aangetroffen. Bij het blootstellen aan de lucht kleuren deze korrels vrij snel blauw. De witte korrels bestaan uit fosfaathoudende poedervormige ijzerverbindingen, ook wel vivianiet of blauwijzererts ($Fe_3(PO_4)_2.8H_2O$) genoemd. Soms worden er echter ook kleine kristallen gevonden met een lengte van enkele millimeters (ZWAAN en KORTEBOUT VAN DER SLUIS 1971); zie ook figuur 3.

Valt er over dit moerasijzererts nog aanzienlijk meer te vertellen, in dit artikel willen we ons toch vooral richten op de klappersteenafzettingen en hun economische waarde in het verleden als ijzererts. Voor een archeologisch georiënteerd overzicht van de ijzerproduktie in ons land in de (pre)historie kan worden verwezen naar BRONGERS en WOLTERING (1978).

KLAPPERSTENEN

Tijdens het neerslaan van ijzerhydroxyde kan een tot de verbeelding sprekend produkt ontstaan: de klappersteen.

Bij het openslaan van zo'n steen vinden we binnenin vaak een leemkern waarin nauwelijks

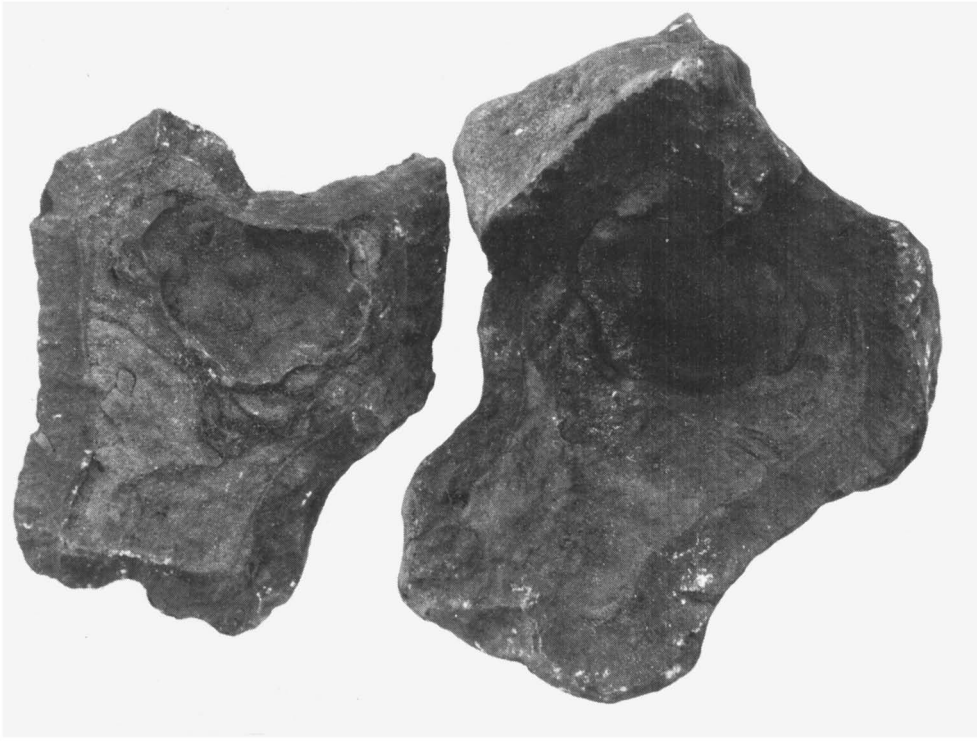


Fig. 4: Een doorgeslagen klappersteen. Duidelijk is de kern te zien waaromheen zich de laagjes limoniet hebben afgezet. Foto Pieter van der Klugt.



Fig. 5: Houtskoolmeilers op de Veluwe. Ook na het verdwijnen van de ijzerindustrie is de Veluwe een leverancier van houtskool gebleven. Foto KLM Aerocarto N.V.

ijzerhydroxyde is binnengedrongen. Rond de kern bevindt zich echter een laagsgewijs opgebouwde korst van bruine tot bruinzwarte limoniet. Deze laagvorming is het gevolg van de wisselende aanvoer van ijzer, waardoor een afwisseling van dunnere en dikkere laagjes ontstaat (fig. 4). De neerslag rond een kern wordt concretievorming genoemd. In grootte variëren de klapperstenen van minder dan een centimeter tot enkele decimeters. De naam klappersteen hebben de stenen gekregen doordat door latere inkrimping van de leem door uitdroging, deze kern vaak los gaat zitten. Hierdoor geven sommige exemplaren bij het schudden een klapperend geluid.

In ons land kunnen we klapperstenen aantreffen in rivierafzettingen die zowel door de Rijn als de Maas zijn aangevoerd. In de voormalige groeve aan de zuidrand van de Loenermark vonden we, in gestuwde Rijnafzettingen, eens een niet uitgedroogd exemplaar waarin water voor een klotsend geluid zorgde. Naast de stenen die door rivieren zijn aangevoerd, zijn er ook veel klapperstenen in onze eigen bodem gevormd. Plaatselijk zelfs zulke grote voorkomens, dat vroeger tot winning is overgegaan om er ijzer uit te vervaardigen.

In kuilen

Aan de hand van allerlei sporen is wel vastgesteld waar de centra van de winning hebben gelegen. De bekendste en de grootste zijn gevonden op de Veluwe, verder kennen we ze uit het Montferland en in Zuid-Limburg. De klapperstenen werden in kuilen gedolven. Sommige kuilen zijn nog steeds in het terrein te zien. Voorbeelden daarvan zijn zowel in Montferland als op de Veluwe te zien, zoals het Asselsche Veld. Wat de Veluwe betreft liggen de kuilen vaak in rijen met een NNW-ZZO strekking. Deze rijen kunnen soms over lengtes van enkele kilometers in het landschap worden vervolgd. Dit doet vermoeden dat de voorkomens min of meer als banden met deze strekking hebben gedagzoomd.

Hoe de vroegere ijzerbereiders de voorkomens precies ontdekten is niet bekend. Soms zijn de klappersteenlagen bedekt door een vele decimeters dikke zandlaag. Daarbij komt dat tussen de evenwijdig aan elkaar verlopende kuilenrijen nauwelijks klapperstenen blijken voor te komen.

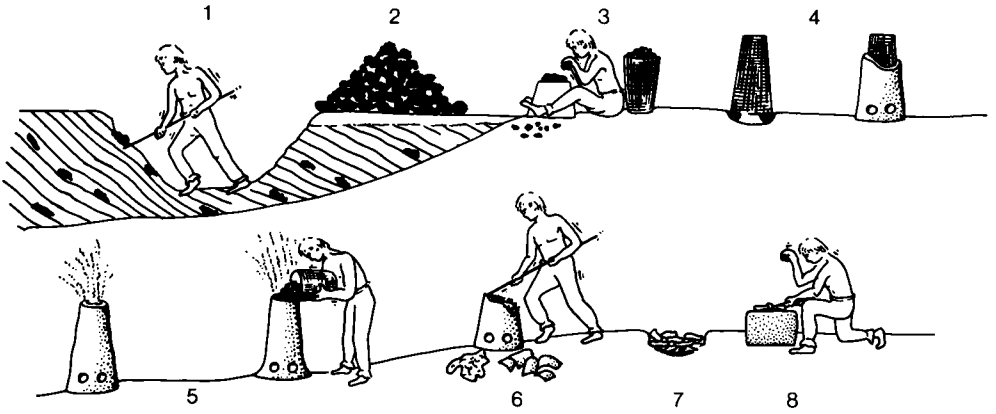


Fig. 6: Sterk geschematiseerde weergave van de verschillende fasen in het ijzerproduktieproces zoals dat in de vroege middeleeuwen op de Veluwe ongeveer plaats gehad zal hebben.
1: winning van de klapperstenen; 2: het drogen van de stenen; 3: het scheiden van de limonietrijke schil en de lemige kern; 4: het bouwen van de oven; 5: het stoken; 6: ontmanteling van de oven; 7: het verzamelen van de "Wolf"; 8: het uithameren van de "Wolf". Enigszins gewijzigd naar CLARKE (ed.) 1979.

Mogelijk heeft de eerste ontdekking plaats gehad in een beekdalinsnijding waarbij klappersteenhoudende lagen werden aangesneden.

De diepte van de kuilen varieert, omdat de dikte vaak sterk wisselde van de ijzerhoudende lagen die werden gedolven. De meeste kuilen hebben een diepte van enkele meters. In de wallen rond de kuilen zijn soms nog wel klapperstenen te vinden. Opmerkelijk is dat we slechts kuilen terug vinden en geen langgerekte depressies. Waren de klapperstenen alleen in deze kuilen aanwezig of was er een dermate overvloed aan materiaal dat men alleen de dikste lagen won en men de rest heeft laten zitten? Ook zou het goed kunnen zijn dat de oorspronkelijk tussenruimtes tussen de kuilen later opgevuld zijn met stort. Onderzoek ter plaatse zal dit moeten leren.

HET PRODUKTIEPROCES

In het proces van het maken van ruw ijzer, zoals dat in de vroege middeleeuwen plaatsgevonden moet hebben, kunnen enkele fasen worden onderscheiden (zie fig. 6).

1. De voorbereiding, zoals het opsporen, het winnen en het voorbewerken van de klapperstenen; het verwerken van hout tot houtskool en het vervaardigen van de oven.
2. Het eigenlijke stookproces met het (bij)vullen van de oven, het op temperatuur brengen en houden van de oven en het aftappen van de silikaatslak.
3. De nabewerking, zoals het wegruimen van de slak, het ontmantelen van en het verzamelen en verder verwerken van de met ijzer aangerijkte fase, de "Wolf" die onder in de oven wordt gevonden.

De voorbereiding

Wanneer voldoende klapperstenen zijn verzameld moet men, om het erts zo ijzerrijk mogelijk te maken, de limonietkorst scheiden van de lemige kern en eventueel aangekit zand. Afvalhopen hiervan zal men redelijkerwijs in het veld terug moeten vinden. Een volgende stap in de voorbereiding is het roosten. Dit is bedoeld om het erts zo reactief mogelijk te maken waarbij het reductieproces van hydroxyde/oxyde tot metallisch ijzer zo doelmatig mogelijk verloopt. Het is echter de vraag of het roosten van klapperstenen nodig was. Het is bijvoorbeeld wel van belang voor sideriet ($FeCO_3$). Tijdens het verhitten aan de lucht wordt het kooldioxyde (CO_2) afgestookt, daarnaast wordt het materiaal poreuzer en dus reactiever. Zo kan moerasijzererts worden geroost om de overmaat gehydrateerd water te verwijderen. Gezien de samenstelling is het dus heel goed mogelijk dat de klapperstenen niet zijn geroost. Het gehydrateerde water kwam dan vrij tijdens de opwarmperiode in de oven. Onderzoek in het veld zal uitwijzen of er roosthaarden worden teruggevonden.

Een tweede essentiële grondstof is houtskool. Dit fungeert niet alleen als brandstof maar ook als reduktiemiddel (zie verderop in dit artikel). De praktijk heeft geleerd dat er voor één volumedeel erts ongeveer 10 volumedelen houtskool nodig zijn. Dit betekent dat er kolossale hoeveelheden hout tot houtskool moeten zijn verwerkt. Wellicht meer dan er door de natuurlijke regene-



Fig. 7: De heer Moerman zelf in actie tijdens het experimenteren met een oven. Uit MOERMAN 1970.

ratie van de bossen kon worden aangevuld (fig. 5). Geen wonder dat de wind vanaf de 10de eeuw vrij spel kreeg en geholpen door de uitzonderlijke droogte in deze periode, grote delen van de Veluwe herschiep in een woestijn.

De ijzerbereiding zelf geschiedde in lemen oventjes. Een derde grondstof die dan ook niet over het hoofd mag worden gezien en wellicht in voldoende mate aanwezig was, was de bouwstof voor de oventjes: leem, klei en misschien veldkeien. De vraag is of we de leemkuilen nog in het veld terug zouden kunnen vinden of komt dit materiaal mogelijk uit dezelfde kuilen als de klapperstenen? We weten het nog niet.

Het ovenproces

Het ingewikkelde proces, dat ondermeer is nagebootst door Moerman zelf (fig. 7), komt hier op neer dat in een reducerend milieu zuurstof wordt onttrokken aan het erts. Bij de verbranding van houtskool ontstaat eerst koolmonoxyde (CO); dit "zoekt" zuurstof om te kunnen reageren tot het veel stabielere kooldioxyde (CO_2). Deze zuurstof wordt gevonden bij de ijzer(hydr)oxyden. Hierbij ontstaat in eerste instantie wüstiet (FeO), dat vervolgens wordt gereduceerd tot partikels metallisch ijzer. Het proces is schematisch weergegeven in fig. 8. Hier stuiten we op een kenmerkend fenomeen van deze vroege ijzerproduktie. Men was namelijk nog niet in staat om de temperatuur zo hoog op te voeren zodat het ijzer vloeibaar werd. Wat wel smolt waren de nog aanwezige zand- en leemresten. Deze smelt werd afgetapt, zodat een ijzerrijke vaste fase in de oven achterbleef. Helaas is het wel zo dat in deze smelt van silikaten veel ijzer is opgelost. Dit vinden we terug in de afgekoelde aftapslak, ondermeer in de vorm van wüstiet en fayaliet (Fe_2SiO_4); zie de figuren 9 en 10.

De nabewerking

Na beëindiging van het stookproces hebben we dus een vast ijzerconcentraat, met daarin opgenomen resten van silikaten die niet zijn uitgevloeid. Om dit materiaal, ook wel "Wolf" genoemd, voor verdere bewerking te kunnen bereiken moet de oven dus worden ontmanteld. Deze "Wolf", vermengd met restanten slak moet opnieuw worden verhit en worden uitgehamerd om een bruikbaar stuk ijzer zonder verontreinigingen op te leveren (fig. 6).

De vondsten in de nederzetting Hoog Buurlo wijzen er op dat dit niet bij de ovenplaats, maar vaak in de nederzetting gebeurde (HEIDINGA 1987).

PRODUKTIEOMVANG

Het rendement van het vroeg-middeleeuwse produktieproces was bijzonder laag. Vaak bevat

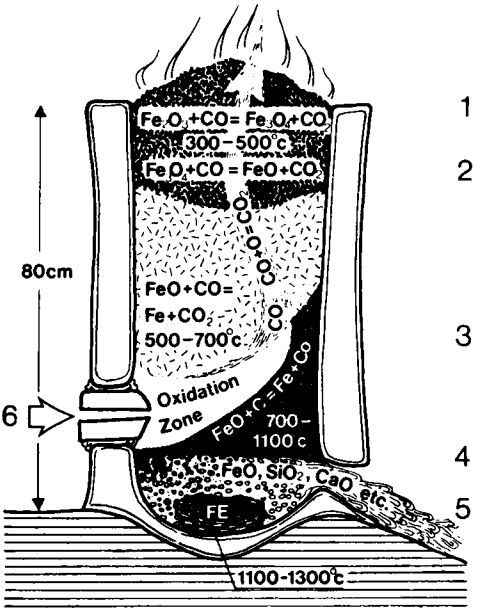


Fig. 8: Schematische weergave van het ovenproces waarbij uitgegaan wordt van hematiet (Fe_2O_3). 1: roostzone, waarbij vooral bij gebruik van limonieterts het gehydrateerde water werd afgestookt; 2 en 4: reduktiezones; 3: oxydatiezone, vooral bij luchtinlaat; 5: aftappen van silikaatslak, waarbij de vaste, in ijzer aangerijkte fase in oven achterblijft; 6: luchtinlaat; onduidelijk is of er ook van een blaasbalg gebruik werd gemaakt. Naar CLARKE (ed.) 1979.

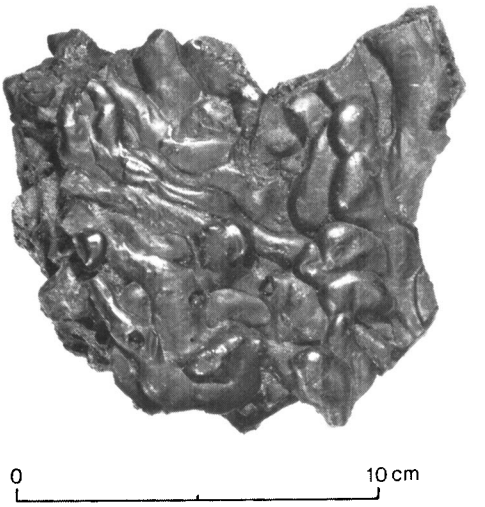


Fig. 9: Slakfragment uit het Orderbos bij Apeldoorn. Merk op de touwachtige vloeistructuren die zichtbaar zijn in het slakoppervlak. Foto ROB, Amersfoort.

de silikaatslak nog meer dan 50% ijzer. Dit verklaart ook de grote hoeveelheid slakken die we thans op de Veluwe en in het Montferland kunnen vinden. Zo is bekend uit Zweeds onderzoek (CLARKE 1979) dat 0,3 tot 0,5 kg ijzer overeenkomt met 1 kg aftapslak. Omgekeerd kunnen we een indruk krijgen van de totale hoeveelheid geproduceerd ijzer wanneer we de omvang van de slakkenhopen kennen. Dit moet enorm zijn geweest. MOERMAN (1970) heeft namelijk berekend hoeveel zuiver smeedijzer moet hebben gestaan tegenover de hoeveelheid slakafval van slechts één van deze hopen, welke gelegen is in het Orderbos bij Apeldoorn. Dat moet ongeveer 20m³ ijzer zijn geweest, voldoende voor 50.000 bijlen en 120.000 hoefijzers!

RESTANTEN NU

Wat er nu nog rest van de oude Veluwse ijzerindustrie zijn de afvalhopen van slakken, brokken ovenwand, en dergelijke. De ruim 30 vindplaatsen die MOERMAN (1970) in kaart heeft gebracht vormen slechts een klein gedeelte van wat er ooit is geweest, want talloze slakkenhopen moeten zijn opgeruimd omdat ze in de weg stonden en de slakken voor wegverharding werden gebruikt. Ze zijn, zoals verwacht, aangetroffen in hetzelfde gebied waar het erts werd gewonnen, zeg maar tussen Apeldoorn en De Imbosch. In de naaste omgeving van Apeldoorn moeten in het Orderbos, het Spelderholt, bij Assel en bij Hoog Buurlo belangrijke produktiecentra zijn geweest.

Een probleem waar Moerman mee te kampen had is dat die slakkenhopen zo moeilijk te dateren zijn. De in de nabijheid gevonden potscherven wijzen er op dat hier en daar misschien al voor het begin van de jaartelling ijzer werd gewonnen, maar dat het hoogtepunt van deze industrie toch in de vroege middeleeuwen gezocht moet worden. In de 12de eeuw is het echter afgelopen. Echter, we hebben reeds gezien dat ook elders in Nederland ijzer is gewonnen, bijvoorbeeld in Montferland, waar vooral tussen ca 1000 en 1200 ijzer is geproduceerd (VAN HEEK 1952).

HOUTSKOOL HOOGOVENS IN NEDERLAND *

Na 1200 zijn op veel plaatsen de in de bodem aanwezige ijzerhoudende afzettingen voor ver-

* We danken de heer J.M. Bos (Enschede) voor zijn aanvullende opmerkingen voor dit onderdeel.

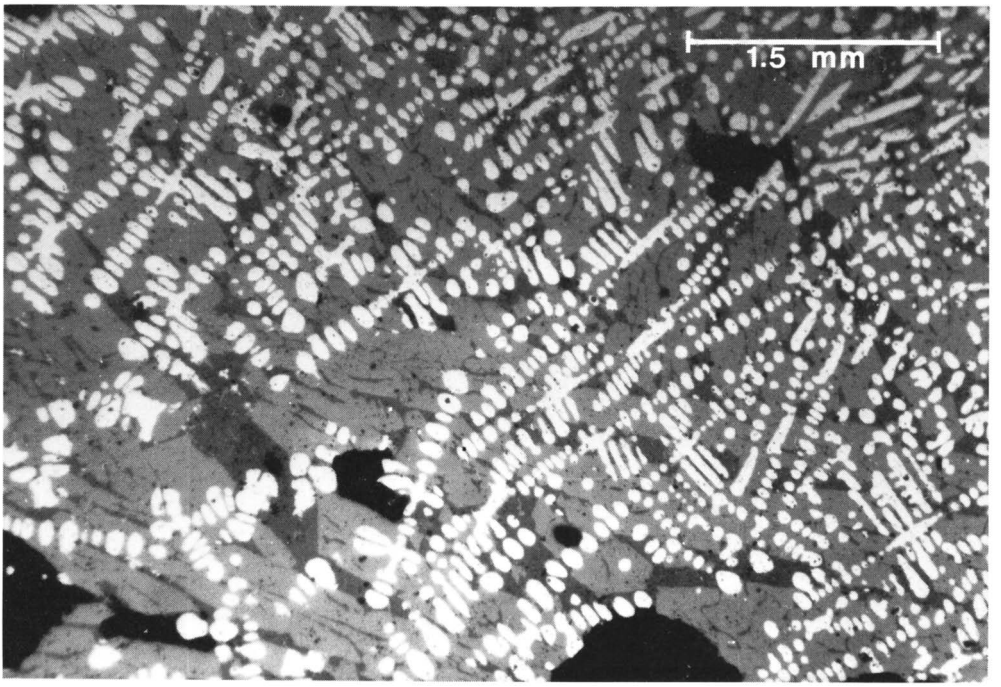


Fig. 10: Zelfde slakfragement als in figuur 9; echter nu als opname van het polijstvlakje in een opvallend lichtmicroscoop. De lijn- en druppelvormige lichtere delen zijn wüstiet (FeO); de rest bestaat grotendeel uit fayaliet (Fe_2SiO_4; lichtgrijs) en glas (donkergrijs). Foto ROB, Amersfoort.

schillende doeleinden ontgonnen. De belangrijkste voorkomens lagen in de groengronden langs de beken in Drenthe, bijvoorbeeld het Schoonebekerdiep; in Overijssel en de Achterhoek, waar vooral de Oude IJssel bekend staat als produktiecentrum. Minder grote voorkomens lagen in Noord-Brabant en Limburg.

Pas in de late middeleeuwen ontstonden "echte" hoogovens waarin ertsen van dit type tot ijzer gereduceerd konden worden. Maar pas sinds ongeveer 300 jaar geleden neemt deze industrie wat grotere vormen aan. In 1755 haalde de Deventer "IJzermolen" bijvoorbeeld 1800 karrevrachten ijzeroer uit de omgeving van Raalte en Gorssel. Voor het reduceren van het erts was zeer veel houtskool nodig. De hoogoven in Deventer werkte 30 weken van het jaar en zorgde voor een produktie van gemiddeld twee ton ijzer per dag.

De blaasbalgen van een dergelijke hoogoven werden aangedreven door een watermolen die zijn energie uit het water van een beek of riviertje haalde.

Andere winplaatsen van ijzeroer lagen ondermeer bij Bathmen, in het dal van de Schipbeek, bij Hengelo, Zelhem, Varsseveld, Laag-Keppel, Ulft, Terborg en Dinxperlo. Zie voorts het artikel van ANDERSON dat reeds in 1962 in dit tijdschrift verscheen.

Het ijzergehalte van het oer bedroeg over het algemeen 30 tot 40%, terwijl percentages van meer dan 50% ook gevonden zijn.

Tijdens het reduceren werd 3 tot 4% kalk ($CaCO_3$) toegevoegd om verontreinigingen te binden in silikaten tot de zogenaamde slak. De kalk die in Overijssel en de Achterhoek werd gebruikt was afkomstig uit het gebied bij het Duitse plaatsje Ahaus, net over de grens met Duitsland. Hier liggen kalksteenafzettingen uit het Krijt op slechts enkele meters onder het oppervlak.

Het hoogovenproces begon met het vullen van de hoogoven met houtskool. Vervolgens werd de houtskool aangestoken. Zodra de houtskool tot een bepaalde diepte was gezakt werd begonnen met het toevoegen van het ijzererts vermengd met kalk. Af en toe werd er weer een laag houtskool opgegooid. Met blaasbalgen werd zuurstof toegevoerd waardoor de temperatuur zo hoog kon worden opgevoerd zodat het ijzeroer begon te reduceren. Van de kroes waarin het vloeibare materiaal werd afgetapt werden de slakken van het vloeibare ijzer afgehaald en kon het ijzer in zandvormen worden gegoten. Ze leverden ruwgietijzer voor smelterijen elders, bijv. in West-Nederland, of ze goten zelf voorwerpen zoals potten, pannen, kanonnen, enz. Deze houtskoolhoogovens bestaan nu niet meer. De ijzergieterijen, die er na 1870 nog over zijn, zoals die van Laag-Keppel, verwerkten geimporteerd ruwijzer. Het zijn dan alleen nog maar "smeltbedrijven". Echter, ook deze laatste vorm van ijzerverwerking is inmiddels bijna verdwenen. Momenteel zijn er in Vaassen, Doetinchem, Does-

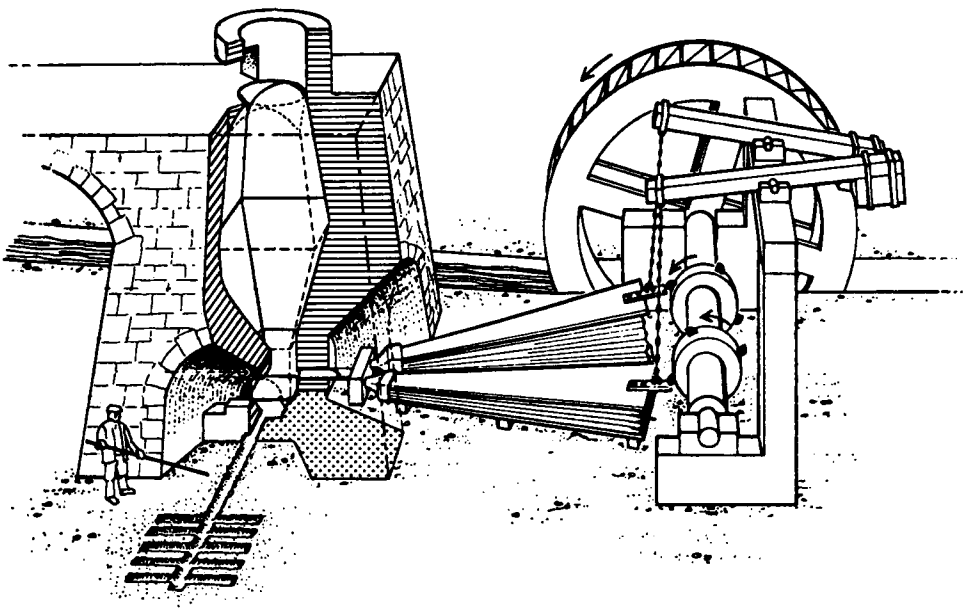


Fig. 11: Schematische weergave van een houtskoolhoogoven (links), waarvan de blaasbalgen (midden) worden aangedreven door een watermolen (rechts). Voor de oven zien we het zandbed voor de gietelingen. Uit COSSONS 1975.

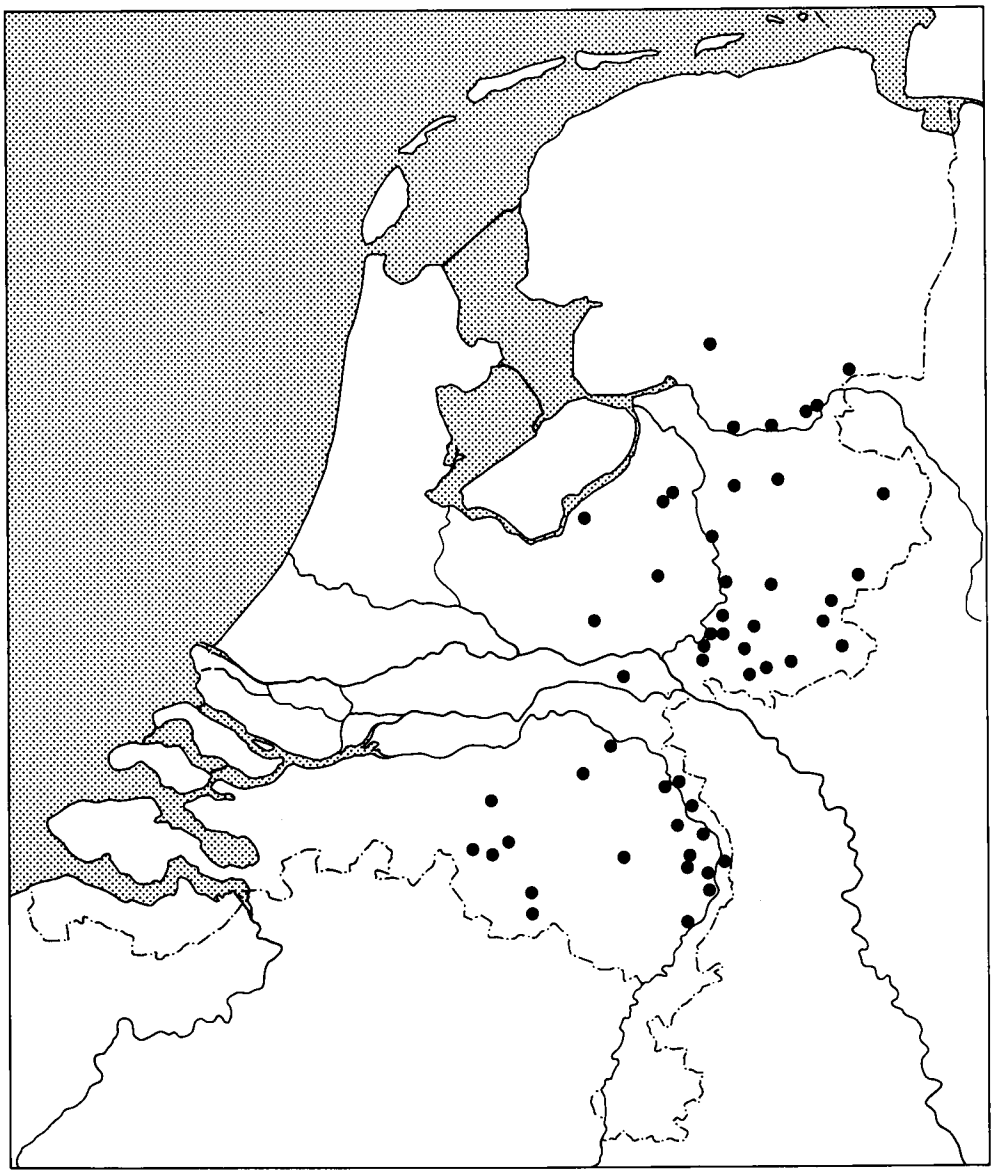


Fig. 12: Plaatsen in Nederland waar door ijzeroer verkitte zandsteen als bouwsteen is toegepast. Uit SLINGER *et. al.* 1980.

burg en Neede nog van dit type gieterijen in bedrijf. Die van Laag-Keppel is enkele jaren geleden gesloten.

Eerst in het begin van deze eeuw krijgen we met de Hoogovens bij IJmuiden weer echte ertsverwerking in Nederland, maar dan met buitenlandse ertsen en uiteraard niet meer met houtskool maar met cokes. Deze geavanceerde hoogovens lijken alléén nog maar in principe op de kleine 17e tot 19e eeuwse houtskoolhoogovens.

IJZERMENIE, BOUWSTEEN

Naast verwerking tot ijzer zijn de ijzerhoudende afzettingen ook voor andere doeleinden ontgonnen. Het in de omgeving van het Limburgse Maasniel gewonnen ijzererts is ondermeer gebruikt voor de fabrikage van verf (oker) en ijzermenie.

Ook is het in de 19e eeuw aan gasfabrieken verkocht als middel voor de zuivering van lichtgas. Met dit erts kunnen namelijk de stinkende

zwavelwaterstof en de in het gas aanwezige giftige cyaanverbindingen worden gebonden.

Voorts werd het in de aardewerkindustrie gebruikt. Het werd in klei verwerkt die van nature weinig ijzer bevatte. Tijdens het bakken krijgt de ijzerhoudende klei een mooie rode kleur.

In het begin is reeds genoemd dat door ijzeroer verkitte zandsteen als bouwsteen is gebruikt. In feite is dit materiaal één van de vroegst op grote schaal in de bouw toegepaste inheemse gesteenten. Het is tot omstreeks 1200 toegepast bij de bouw van kerken, meestal tezamen met andere steensoorten. Het is bijvoorbeeld in fundamenten gebruikt met veldkeien en in het opgaande werk, tezamen met tufsteen geïmporteerd uit het Eifelgebergte (SLINGER *et al.* 1980). Dit gebeurde vooral in Overijssel, Limburg en Noord-Brabant, zie fig. 12. Tenslotte vond het erts toepassing als kleurstof bij de fabricage van rubber. Hiermee kon aan het rubber de gewenste rode kleur worden gegeven. Zelfs heeft in de jaren 1924 en 1925 nog export van het erts plaatsgevonden. Vanuit Delfzijl is het naar Finland en Engeland verscheept. Het ijzererts was afkomstig uit de venen bij Weerdinge en Compascuum.

Nu vindt alleen nog import van ijzererts plaats. Toch heeft dit erts ons aan delfstoffen niet zo rijk bedeelde land, honderden jaren lang aan niet geringe hoeveelheden ijzer geholpen. Vooral door het werk van de heer Moerman weten wij nu het een en ander van deze industrie. Toch is veel meer archeologisch en geologisch-mineralogisch onderzoek nodig om ons meer inzicht te geven in de produktiemethoden en de werkelijke omvang van deze vroege industrie.

LITERATUUR

ANDERSON, W.F., 1962: IJzeroer, Grondb. en Ham. 16, 56-63.

BRONGERS, J.A. en WOLTERING, P.J., 1978: De prehistorie van Nederland. Economisch technologisch, Haarlem.

CLARKE, H. (ed.) 1979: Iron and Man in Prehistoric Sweden, Jernkontoret, Stockholm.

COSSONS, N., 1975: The BP book of Industrial Archaeology Newton Abbot/London.

HEIDINGA, H.A., 1987: Medieval Settlement and Economy North of the Lower Rhine. Archaeology and history of Kootwijk and the Veluwe (the Netherlands). Assen/Maastricht.

HEEK, J.H.A. van 1952: De ijzerkuilen van Montferland. Publicatie XII NGV, 230-234.

MOERMAN, J.D., 1928: IJzerkuilen op de Veluwe, Tijdschr. Aardrijksk. Genootsch. 1928, 744-758.

MOERMAN, J.D., 1957: Oude Smeedijzerindustrie I, IJzerkuilen en Klapperstenen. Bijdr. Meded. Ver. "Gelre" 56, 3-32.

MOERMAN, J.D., 1960: Oude Smeedijzerindustrie II, De Techniek. Bijdr. Meded. Ver. "Gelre" 59, 1-37.

MOERMAN, J.D., 1968-69: Oude Smeedijzerindustrie III, Beschrijving der Overblijfselen. Bijdr. Meded. Ver. "Gelre" 63, 1-30.

MOERMAN, J.D., 1970: Oude Smeedijzerindustrie III, Beschrijving der Overblijfselen (vervolg en slot). Bijdr. Meded. Ver. "Gelre" 64, 1-41.

SLINGER, A., JANSE H. en BERENDS P. 1980: Natuursteen in Monumenten, Baarn/Zeist.

STARING, W.C.H., 1856: Natuurlijke Historie van Nederland, Deel I: De bodem van Nederland, 412-424, Haarlem.

ZWAAN, P. en KORTENBOUT VAN DER SLUIS, G., 1971: Vivianitie crystals from Haren, Noord-Brabant Provincie, The Netherlands, Scripta Geologica 6, 1-7.