

Inhoud

Voorwoord door Ratan N. Tata	7
Over roest en research	9
Voorwoord van de auteurs	11
Staal uit de hemel	12
Meer waard dan goud	22
In de schoot van Moeder Aarde	34
De duistere krachten van de smid	50
Smeed het ijzer als het heet is	58
Nieuw licht over Europa	66
Een industrie wordt geboren	78
Een rijk gebouwd van staal	98
Modern Times	110
Het huwelijk van koolstof en zuurstof	122
Het juiste staal op de juiste plek	142
Roest rust niet	154
Een nieuwe mijn	176
Het heldhaftige blikje	188
Een leven vol ijzer	196
Dankwoord	203
Sponsors	205
Beeldverantwoording	214
Index	232



Voorwoord van de auteurs

Mijn oog valt op iets oranje-groenigs in de sneeuw bij mijn auto. Nieuwsgierig schuif ik het een beetje opzij met mijn laars. Het is een blikje, geplet door talloze auto's en zo verroest dat er haast geen letters meer op te lezen zijn. "Dat gaat u toch niet oprapen?" vraagt een stem naast me. In andermans ogen mag het vuilnis zijn, maar ik vind het prachtig en ik kan het niet laten het mee naar huis te nemen.

Ik had al veel foto's van roest gemaakt voordat ik besepte dat ik niets wist van het metaal waarop roest ontstaat. Wat is het überhaupt? Waarom ziet roest er zo uit? Ontstaat het alleen op ijzer? En wat is het verschil tussen ijzer en staal? Als mensen het hebben over roestvrij staal, is er dan ook zoiets als roestvrij ijzer? En waar gaat het metaal naartoe wanneer we het hebben weggegooid?

Ik begon met andere ogen naar metalen voorwerpen te kijken: gereedschap, een favoriet keukenmesje, een tuinhek, harnassen in een museum. Een vriend kwam op bezoek met een zware plastic zak, "in plaats van bloemen. Het is vroeg zestiende-eeuws, maar mijn vrouw houdt niet zo van oud ijzer." In de zak zat het restant van een vijzel uit het Verdronken Land van Reimerswaal, waar een grote overstroming, bekend als Sint Felix Quade Saterdach, in de zestiende eeuw hele dorpen wegvaagde. Ik zocht urenlang op het internet en prikte een rol schetspapier aan de muur van mijn atelier om mijn vondsten op te noteren. Binnen de kortste keren reikte de lijst tot aan de grond.

Het oorspronkelijke idee voor dit boek was een soort compendium van ijzer en staal te maken. Maar hoe beknopt je een onderwerp dat zo veel aspecten van ons leven raakt? Mijn dochter kwam erbij en zou, zoals gebruikelijk, redigeren wat ik had geschreven, maar kwam terug met zoveel vragen waar ik geen antwoord op had dat zij zelf nog een berg meer onderzoek is gaan doen. Wij bedachten dat we op school beter hadden moeten opletten bij scheikunde en natuurkunde. En onze bewondering groeide met de dag.

Uiteindelijk hebben we het boek geschreven dat we graag hadden willen lezen toen we begonnen. Pauline had verwoed contacten gelegd, informatie verzameld, foto's gemaakt en plaatsen bezocht die zelden voor buitenstaanders worden opengesteld. Vanessa ontrafelde de buit, bouwde het boek uit en smeedde het af. Het was Vanessa's keuze om de tekst in de ik-vorm te houden, omdat de meeste ontmoetingen in het verhaal die van Pauline zijn, maar 'ik' is 'wij', een *quatre-mains* of legering.

Wij hopen dat dit boek zal dienen als een soort kapstok, waar de lezer zelf van dag tot dag van alles aan zal blijven hangen. Waar je ook gaat, zul je onvermijdelijk ijzer en staal tegenkomen in dingen die je nooit waren opgevallen of waarvan de aanwezigheid zo vanzelfsprekend leek. Wij hopen ook dat onze bewondering zal overslaan, voor deze taaie materie die ons zo ver heeft gebracht, voor de mensen die de techniek met grote volharding en vaak gevaar voor eigen leven verder dreven en voor de onvoorstelbare verfijning waarmee mensen tegenwoordig staal weten te ontwerpen, maken, beschermen en recycleren – een wereld vol kracht, vindingrijkheid en onvermoede schoonheid.

Staal uit de hemel

In mijn hand ligt een stukje zilverig metaal – koud, glad en verbazend zwaar voor zo iets kleins. Het moet ijzer zijn, een speciaal soort ijzer, te zien aan het mooie doosje waarin ik het heb gekregen. Op een briefje erbij staat: ‘Roestvast staal uit de hemel!’ Er is inderdaad geen spatje roest op te zien. Onderin het doosje ligt een notitie van een mineralenwinkel: IJzer-nikkel meteoriet Sikhote-Alin-gebergte 600 km Noord-Wladiwostok. Op het internet vind ik al snel meer informatie over deze gevallen ster, die in 1947 zo hard insloeg dat de klap tientallen kilometers verderop te voelen was. Hij is te zien op een Russische postzegel uit die tijd: een enorme vuurball die door de hemel raast boven boerderijen met rieten daken. Hij ontplofte bij het binnendringen van de dampkring en bracht een regen van tonnen brandend metaal, die het bos van Sikhote-Alin in een kraterlandschap veranderde. Overal staken scherven metaal uit verbrijzelde bomen. Uit een van die bomen komt het stukje dat ik heb.

Sinds mensenheugenis vallen er al stenen uit de hemel en hoewel men ze zelden ziet neerkomen, zijn het er iedere dag toch twee of drie. Lange tijd beschouwden wetenschappers het fenomeen meteoriet als puur bijgeloof (de Franse Academie van Wetenschappen in Parijs ging zelfs zo ver om over het bestaan van meteorieten te stemmen) en het was pas toen er een in 1803 op klaarlichte dag boven het Normandische stadje L’Aigle uiteenviel dat de heet opgelaaide discussie door voldoende ooggetuigen tot een einde kon worden gebracht. De studie van meteorieten werd vervolgens een belangrijk onderdeel van astronomie en geologie.

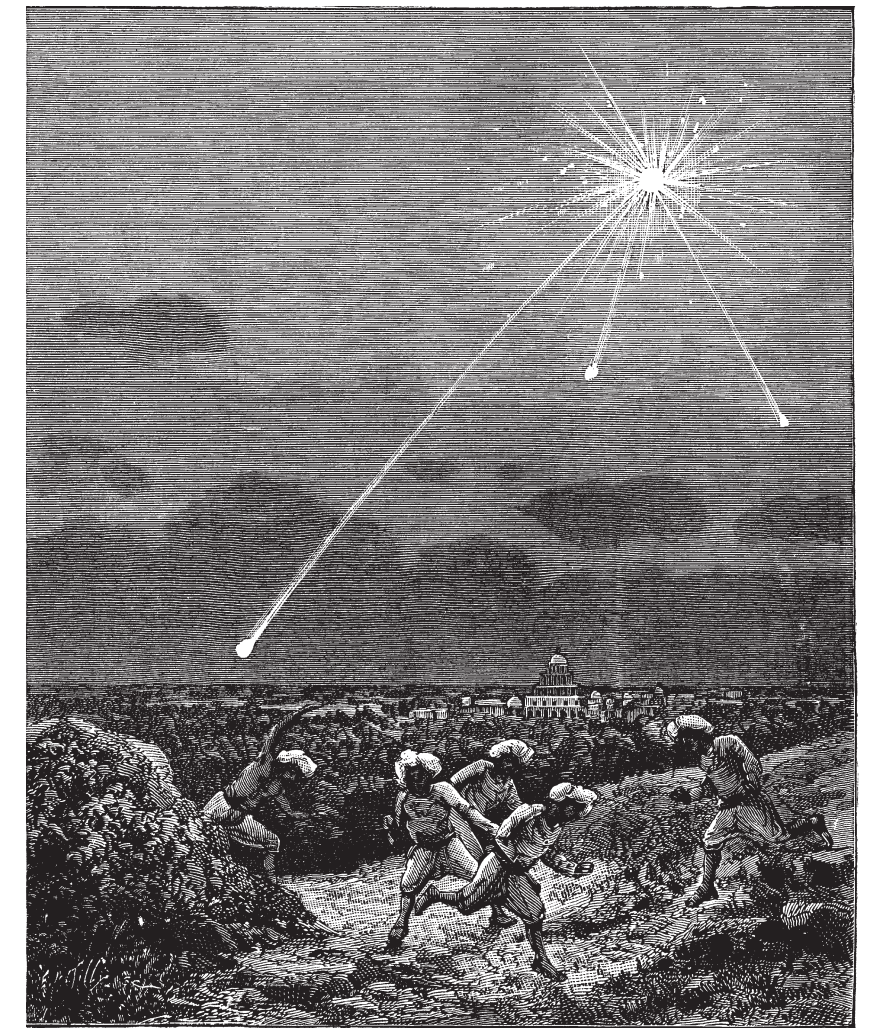


Postzegel uit de Sovjet-Unie



Fragment van de Sikhote-Alinmeteoriet

Meteorieten zijn stukken puin van hemellichamen zoals asteroïden en kometen en ijzermeteorieten komen uit de kernen van zulke hemellichamen. Alle aardse planeten van ons zonnestelsel, zijnde Mercurius, Venus, Aarde en Mars, hebben een metalen kern die voornamelijk uit ijzer bestaat. Mars dankt ook zijn rode oppervlak aan geoxideerd ijzer en er zit ijzer in de ringen rond Saturnus. Het grootste deel van de chemische elementen waaruit onze planeet is opgebouwd, elementen waaruit ook wij zelf bestaan, is hoogstwaarschijnlijk ongeveer dertien miljard jaar geleden ontstaan toen ons zonnestelsel werd geboren na de Oerknal. Uit de deeltjes van ons heelal vormden zich de lichtste elementen, waterstof en helium, het eerst. Toen later de sterren ontstonden, sterren met vele malen de massa van de zon, leidden kernreacties in die sterren tot de zwaardere



Meteorietinslag, Chandpur, 1885

hagen. Waarschijnlijk hadden de Inuit de buitenlanders er sowieso niet van kunnen weerhouden het meteorietijzer mee te nemen, maar tegen het eind van de negentiende eeuw hadden zij zelf al een andere bron van ijzer gevonden. Dit kwam via handelaren en was ijzer van aardse bodem.

In eerste instantie gebruikten smeden altijd erts uit de buurt. Naarmate zich handelsroutes ontwikkelden, kregen zij toegang tot erts van verder weg en konden zij kiezen uit verschillende soorten en kwaliteiten. Mijnbouw ontwikkelde zich naar gelang de vraag, de hoeveelheid en de kwaliteit van het ijzer in de grond en de beschikbaarheid van gereedschap om dieper gelegen ertslagen mee te kunnen bereiken. Het werk in de mijnen was omgeven door een sfeer van mysterie, zelfs van magie, die nooit helemaal is verdwenen. Lang geleden geloofden mensen dat zij bij het graven in de diepte onder hun voeten de buik van Moeder Aarde betraden – een donker rijk waar mineralen groeiden onder het



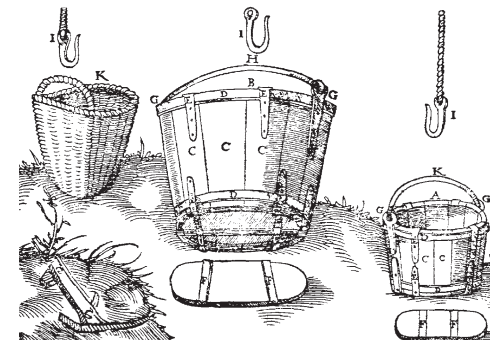
Ingang tot een mijn



Drie mijnschachten



Mijnbouwgereedschap



Mijnbouw-emmers



Pony in een mijn

wakende oog van geesten – en er een natuurlijke orde verstoorden. Om de goden gunstig te stemmen, voerde men rituelen uit en nog steeds gaat het begin van ondergrondse mijnbouw met een zeker ontzag gepaard.

De kern van onze planeet zou misschien een ideale bron voor ijzermijnbouw kunnen lijken, aangezien deze uit bijna puur ijzer bestaat, maar op een diepte van 2.900 kilometer en bij temperaturen als aan het oppervlak van de zon zou het werk daar op zijn zachtst gezegd lastig zijn. De meeste ijzermijnen zijn open groeven die in een steeds smaller wordende spiraal vanaf het aardoppervlak worden afgegraven. Ook in de bergen, zoals in de oude Erzberg in Stiermarken, begint men aan de top. Aanvankelijk groef men niet dieper dan ongeveer twee meter, omdat anders de mijnwerkers in grondwater dreigden te verdrinken en het water ook het afvoeren van erts te moeilijk maakte. Men moest het water met de hand wegscheppen in leren zakken of in emmers gemaakt van hout, brons of met pek dichtgesmeerd gras. Ook het erts werd met zulke emmers afgevoerd. De Romeinen verzonnen manieren om het water mechanisch uit de groeven te hijsen en verbeterden de mijnbouw in het algemeen, al bleef het zwaar werk, vaak een straf voor misdadigers: *damnatio ad metalla*.

Door mensen, dieren of waterkracht aangedreven wielen maakten het geleidelijk mogelijk dieper te graven en bakken met mineralen en grondwater langs lange kettingen omhoog te trekken. Dieper graven geeft echter ook nieuwe problemen. Los van de langere afstand waarover men de zware erts naar boven moet transporteren, krijgt men te maken met gebrek aan zuurstof en met gassen en trillingen, zeker als er explosieven worden gebruikt om de erts los te krijgen. In ondergrondse mijnen dreigde ook permanent gevaar van instorting. Ratten werden er een onverwachte bondgenoot, want als de ratten begonnen te rennen, wisten de mijnwerkers dat er trillingen waren gevoeld of giftige dampen loskwamen en konden ze nog proberen weg te komen. Er waren ook andere dieren ondergronds aan het werk, kleine trekpaardjes, die onder erbarmelijke omstandigheden leefden, want deze *pit ponies* die het gedolven materiaal moesten vervoeren naar de plek waar het naar boven werd gehesen, kwamen nooit boven de grond. Gelukkig zijn daar sindsdien gemotoriseerde oplossingen in plaats van pony's voor gekomen.

Blaasbalgen om frisse lucht in de ondergrondse tunnels te krijgen, werden vervangen door watergedreven pompen, er werden drainage-gangen gegraven, kruiwagens en karretjes werden op den duur over houten rails gereden en kaarsen verving men door allerlei mijnlampen die ook het risico van gasexplosies verkleinden. Maar pas met de stoommachine werd de hele mijnbouw echt gemechaniseerd. Vanaf de jaren 1890 begon elektriciteit vervolgens die stoomkracht te vervangen.

Tegenwoordig zijn ijzermijnen vrijwel allemaal open mijnen, meestal afgegraven tot een diepte van tussen de honderd en vijfhonderd meter. Hun enorme spiraalvormige terrassen zijn prachtig om te zien. De Kirunamijn in het noorden

Om het echtpaar een goede start te geven, maken we de lucht warm voordat hij de hoogoven in gaat. Dan beginnen koolstof en zuurstof, afgekort C en O, hun dans. C en O gaan samen CO vormen (koolmonoxide). De hitte die dit veroorzaakt, zorgt dat er meer C in de cokes en CO in het gas gaan dansen met zuurstof in de ijzererts (want ijzererts is, zoals we weten, altijd ijzeroxide) en met meer O in de blaaslucht. Naast nog meer CO leidt deze wilde dans tot CO₂ (kooldioxide) – een zogeheten naverbranding, die nog meer hitte veroorzaakt dan de verbranding van C tot CO. Dus het feest in de hoogoven produceert CO en CO₂ en natuurlijk ruwijzer en slak.

Bij het geheel in de hoogoven voegen we ook toeslag, meestal van kalk of dolomiet, om slakvorming te bevorderen. Een deel van het ganggesteente in de ijzererts oxideert, maar zuurstof alleen is niet voor alle onzuiverheden voldoende. Het ijzer wordt vloeibaar, de slak gaat erop te drijven; dan wordt eerst de slak afgetapt en vervolgens het ijzer. De slak wordt afgevoerd naar een slakkenput, waar er meestal koud water op wordt gespreid. Daarna valt het materiaal uit elkaar in korrels, die gewoonlijk naar een cementfabriek gaan om in beton en mortels te worden verwerkt. Slak kan ook langzamer afgekoeld worden. Dan wordt het een hardere massa die onder andere wordt gebruikt in wegebouw en steenwolisolatie. De behandeling en het gebruik van slak worden mede bepaald door de kwaliteit van de hoogoventoeslag. Vroeger zat er in hoogovenslak nog een aardige hoeveelheid ijzer; aan het begin van de twintigste eeuw werden oude slakkenbergen in Etrurië nog hergebruikt vanwege hun ijzergehalte. Tegenwoordig zijn hoogovens echter zo efficiënt dat er praktisch geen ijzer meer in slak terecht komt.



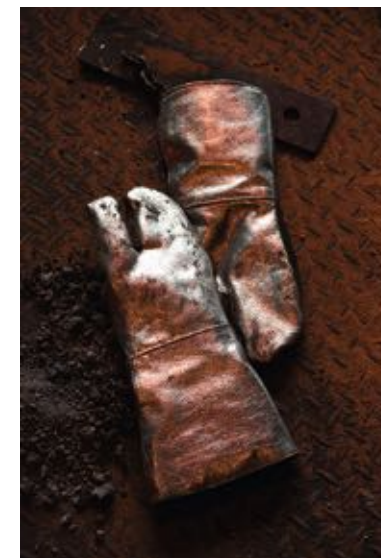
Aftap van een hoogoven



³Producten gemaakt uit cokesgas variëren van autobanden, inkt en vinylplaten tot mest, morfine, lak en (helaas) explosieven.

De gassen die zich in de hoogoven vormen, worden afgevangen. De dagen dat hoogovens vuur spuwden, zijn lang voorbij. Weg zijn ook de zure lucht en de mist die ik mij nog kan herinneren uit het kolen- en staalgebied tussen Luxemburg en Metz, toen een rokende schoorsteen nog een positief teken van activiteit was en ook daadwerkelijk rook uitstootte. Hoogovens zijn inmiddels zodanig geconstrueerd dat ze kunnen worden gevuld met erts en cokes zonder dat de gassen ontsnappen. Hoogovengas heeft zeker niet de calorische waarde van het gas uit cokesbatterijen, dat vol met waardevolle stoffen zit en waaruit in feite onze hele chemische industrie is ontstaan³, maar hoogovengas is een enorme bron van energie. Dat is dan ook waarvoor we het gebruiken: hoogovens leveren de energie voor een hele geïntegreerde staalfabriek en het overschot voorziet via het lokale elektriciteitsnetwerk een aanzienlijke hoeveelheid bedrijven en huishoudens van stroom.

Ruwijzer wordt uit de hoogoven getapt door een gat, dat elke keer met een grote boor wordt geprikt. Het ijzer stroomt dan door een goot die is voorzien van speciaal zand, onder het wakend oog van mannen in zilveren, hittebestendige pakken die er een beetje uitzien als ruimtevaarders. Vanuit de goot komt het ijzer terecht in een 'pan', vaak een torpedovormige wagon, die het met honderden tonnen tegelijk over rails naar het staalgedeelte van de fabriek rijdt. Soms gaat het ruwijzer niet naar een staaloven; we maken namelijk ook nog steeds gietijzer. Daarvoor wordt het ruwijzer verder verfijnd, over het algemeen in inductieovens, waarin de hitte wordt opgewekt door eddy currents. Vaak worden er andere elementen toegevoegd om het gietijzer bijvoorbeeld wat meer treksterkte te geven of andere eigenschappen die gietijzer traditioneel niet heeft. Ook met verschillende afkoelsnelheden worden diverse resultaten bereikt. Het ene gietijzer is dus het andere niet, maar het koolstofgehalte is altijd hoog, op zijn minst twee



Hittebestendige handschoenen



Torpedowagon gevuld met ruwijzer

gepast door hem aan de buitenkant te walsen (de buis wordt dan van binnen ondersteund) of met doorns van andere diktes te doorboren. Het Mannesmannproces is beroemd geworden als het *Pilgerschrittverfahren*, letterlijk het ‘pelgrimsstapproces’, omdat het met stoten gaat – twee stapjes vooruit, een achteruit – wat deed denken aan de bewegingen van pelgrims in de processie van Echternach. Warm ‘pilgerwalsen’ geeft buizen met een vrij grote diameter. Met koud pilgerwalsen zijn kleinere mogelijk en daarmee hebben de Mannesmanns indertijd aan de fietsenrage bijgedragen. Het buigen van naadloze buizen is een vakgebied op zich en technieken hiervoor zijn goed beschermde geheimen. Ik heb ooit zware buizen voor een gaspijpleiding zien buigen, maar mocht het buigproces absoluut niet fotograferen. De buizen werden verhit met inductie en daarna uiterst langzaam in bochten geleid. De algehele weerstand van de buis mag ondanks het buigen natuurlijk nergens aan kracht verliezen.

Lange knuppels staal, opgewarmd als stokbroden in een oven, kunnen tot staaldraad worden getrokken. Bij een bevriende draadfabriek zag ik ze van tien meter lang groeien tot tien kilometer terwijl hun oorspronkelijk diameter van vijftien centimeter tot vijf millimeter werd gereduceerd. Racend door een vierhonderd meter lange walsstraat kwam het draad tenslotte met driehonderdvijftig kilometer per uur uit de laatste wals schieten; aan het eind van de productielijn werd het, rinkelend als armbanden, opgedraaid tot klossen. Mijn handen smolten zowat terwijl ik het fotografeerde en mijn camera ook. Na het warmtrekken kan draad in koude toestand nog dunner worden gemaakt op een manier die verrassend artisaan doet: het wordt koud door gaten getrokken met zeep als smeermiddel, zoals ook goud- en zilversmeden met edelmetaal doen.



Windturbine in opbouw



Lasser in een windturbinemast

Het juiste staal op de juiste plek

⁴ Sinds de negentiende eeuw maken we spijkers van staaldraad (draadnagels) en smeden we ze niet meer met de hand uit smeedijzer.

Staaldraad wordt gevlochten tot kabels, gewoven tot kippengaas, gevormd tot naalden, spijkers⁴, paperclips... Staaldraad is zelfs het beginmateriaal voor kogel- en rollagers, waarop in feite de wereld draait: lagers zitten in vanalles, van de tandartsboor tot reusachtige graafmachines, waarvan ze de beweging versoepelen en het energieverbruik verlagen. Veel van ‘s wereld staaldraad is onzichtbaar, in de vorm van wapeningsstaal voor betonnen bouwwerken. Beton is een geliefd constructiemateriaal en het kan veel druk aan, maar het heeft een beperkte treksterkte. Om onder spanning niet te breken, heeft het staal nodig, dus wapenen we het met stalen matten of kabels, speciaal gemaakt om voor of na het betongieten op spanning te worden getrokken. Bijna honderd procent van alle ‘betonstaal’, zoals we wapeningsstaal vaak noemen, is gemaakt van gerecycled staal en verbaasd veel ervan wordt op maat gemaakt. Goed mengen en gieten van het beton is essentieel. Beton dat goed gegoten is, maakt een sterke verbinding met staal en zorgt dat het geheel daarna uitzet en krimpt als een bijna perfecte eenheid. Het beton zal in dat geval ook roest op het staal passiveren. Als het niet goed gegoten is of in de verkeerde verhouding tot het staal is aangebracht, zal het beton op den duur barsten en komen er vocht en zuurstof in de buurt van het staal. Dan wordt de structuur gevaarlijk en kan hij, ogenschijnlijk uit het niets, instorten.



Betonijzere fundering voor een windturbine

Een nieuwe mijn

Recycling mag klinken als een moderne, 'groene' activiteit, maar ijzer hergebruiken we al vanaf onze vroegste geschiedenis. Lange tijd was ijzer en staal produceren zo veel werk dat we de dingen die we ervan maakten, eindeloos benutten en van bestemming veranderden; pas wanneer er niets meer mee te doen viel, ging het terug in het smidsvuur. In negentiende-eeuws Amerika waren spijkers nog zo kostbaar dat mensen verlaten huizen expres in brand staken om de spijkers eruit te halen. Romeinse dokters bewaarden ijzerschroot als bron van roest, dat ze medicinaal gebruikten. Textielmakers verwerkten schroot tot een soort soep om donkere kleuren mee te fixeren, zoals bij de Indiase *reta* nog steeds wordt gedaan.



Typemachine op een schroothoop

Over ijzerrecycling zijn fantastische verhalen te vinden. Een verhaal dat de geschiedenisboeken niet heeft gehaald, is dat van een 'hoefijzeroorlog', mij verteld door de kleinzoon van een van de betrokken partijen. In 1895 kwam een ambitieuze Hollandse schroothandelaar op het idee, versleten hoefijzers te verkopen als ballast voor lege schepen die in China porselein voor de Europese markt gingen halen. In Nederland werkten toen nog veel zware paarden op het land en op de weg. Soms moesten de hoefijzers elke week worden vervangen. Friese bierbrouwerspaarden waren het zwaarst en hun hoefijzers waren minstens twee keer zo groot als die van een gemiddeld paard. De ijzers waren mooi compact geworden op de keien en bleken buitengewoon populair bij Chinese smeden, zo populair dat zich een Duitse concurrent aandiende, die beweerde dat Duitse trekpaarden nog zwaarder waren en Duitse hoefijzers dus nog meer waard zouden moeten zijn. Uiteindelijk wonnen de Hollanders de slag door de Chinese inkopers een foto van enorme paarden op het Friese land te laten zien en dat kon de Duitse concurrent niet overtreffen. Dit zal de Chinezen er niet van hebben weerhouden Duitse hoefijzers te kopen, maar ze zullen daar minder voor hebben betaald.



'Junkman'



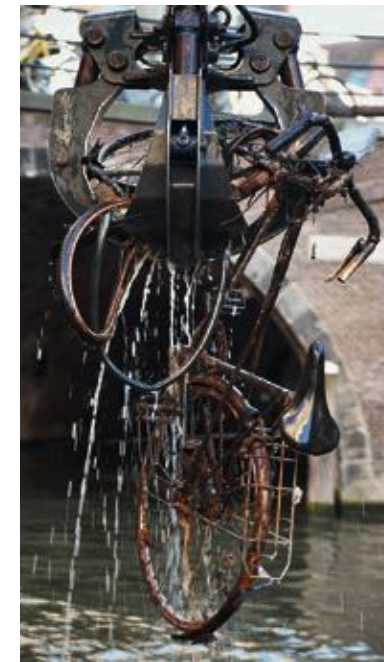
De schrootmarkt

Mijn allereerste associatie bij ijzerschroot is de kreet "*Máárchand d' ferraille!*" van de schroothandelaar die met een handkar door onze straat in Brussel liep. In de jaren zestig gingen in de stad veel gebouwen op de schop om ruimte te maken voor de kantoren van de snel groeiende Europese Gemeenschap, maar de stem van die man maakte op mij veel meer indruk dan alle sloopkogels en hamers. Helaas werd zijn plaats al gauw ingenomen door een man in een auto die langzaam de vuilnisbakken af ging en alles van metaal, van oude koekenpannen tot kapotte grasmaaiers, in zijn open achterbak kieperde.

Dankzij Martinovens en later EAFs kunnen er sinds de laatste decennia van de negentiende eeuw industriële hoeveelheden staalschroot tot nieuw staal worden verwerkt. Zo werd schroot een gewild handelsproduct en werd de inzameling en het sorteren ervan een industrie op zich. Sommige landen hadden de capaciteit nog niet om voldoende staal uit eigen ijzer te produceren en importeerden daarom schroot uit het buitenland. Zo steeg de schrootexport van Europa naar de Verenigde Staten in de jaren 1880 in drie jaar tijd van 38.500 ton naar meer dan 380.000 ton toen de Amerikaanse spoorwegen explosief aan het groeien waren. Hij stopte pas toen de VS rond 1900 genoeg staal maakten om in de eigen behoefte te voorzien.¹ Er is een bekende uitdrukking in de schrootwereld, die ik leerde van de voorzitter van een internationale recyclers-organisatie: *My wife irons and I steal*, 'mijn vrouw strijk(ijzer)t en ik steel (staal)'. Goed schroot is namelijk goud waard.

De schroothandel heeft van oudsher een wat schimmige reputatie, niet geholpen door de louche praktijken van metaaldieven, maar vanuit 'oud' ijzer en staal

'Spoorwegelementen zelf zijn een zeer gewilde vorm van schroot. Zoals zware paarden hoefijzers ineen stampen, geeft ook de druk van talloze treinen op een treinrail mooi compact staal.



Fietsen baggeren



De sloopkogel

Een leven vol ijzer

“Maar mevrouw, dat is niet hetzelfde ijzer!” Aldus sprak een geschokte man bij een straalbedrijf toen ik hem vertelde over dit boek. Het is misschien moeilijk voor te stellen, maar het ijzer dat wij uit de aarde halen en transformeren tot steeds mooier staal, dit metaal waarvan wij de geheimen steeds beter doorgronden, hebben wij ook in ons bloed.

Zonder ijzer kunnen wij niet leven. Alle gewervelde en sommige ongewervelde dieren hebben ijzer nodig om zuurstof te binden en van de longen naar de cellen te transporteren en om daar koolstofdioxide op te halen en die naar de longen te brengen, die het weer uitademen. Het grootste deel van het ijzer in ons lichaam zit in rode bloedcellen, verpakt in hemoglobine, het transporteiwit dat ongeveer een derde van onze rode bloedcellen beslaat. Wie niet genoeg ijzer in zijn lichaam heeft, kan niet genoeg hemoglobine maken, waardoor zijn cellen onvoldoende zuurstof krijgen en hij zich slap en moe gaat voelen. IJzer (en zuurstof) worden ook verpakt in myoglobine in onze spiercellen. Zowel hemoglobine als myoglobine danken hun kleur aan ijzer. Sommige ongewervelden zoals krabben en inktvissen doen met koper wat wij met ijzer doen en hun bloed is daardoor blauw-groen, de kleur van geoxideerd koper.

Wij absorberen en elimineren ijzer via onze spijsvertering, maar hoe we het opnemen, hangt af van wat we eten. IJzer uit vlees is bijvoorbeeld makkelijker te absorberen dan ijzer uit groenten en vruchten, omdat ijzer uit dierlijk voedsel ‘heem’ is, dat wil zeggen afgeleid van hemoglobine. Heemijzer is tweewaardig ijzer, Fe²⁺. IJzer uit planten is driewaardig ijzer, Fe³⁺, en moet eerst worden omgezet in Fe²⁺ voordat ons lichaam het kan opnemen. Sommige planten bevatten meer ijzer dan andere. Popeye slokte al die blikken spinazie naar binnen, maar hij was nog sterker geworden als hij tofu of bonen had gegeten. Zuren als vitamine C



Roestig beertje uit Carlsbad



Kuuroord Carlsbad

helpen ons ijzer goed te absorberen. Een eiwit met de naam ferroportine transporteert het ijzer van onze darmcellen naar onze bloedbaan en een ander eiwit, hepcidine – van het Griekse *hepar* voor de lever, die het aanmaakt, en *caedere*, Latijn voor doden – reguleert de hoeveelheid ijzer in omloop door ferroportine zo nodig van ijzerexport te weerhouden. Onze lichaamscellen gebruiken het ijzer dat we uit voedsel absorberen meerdere keren. Rode bloedcellen hebben een beperkte levensduur en wanneer ze afsterven, komen andere cellen, macrofagen – van het Grieks voor ‘grote eters’ – deze cellen elimineren, maar niet voordat de macrofagen het ijzer hebben gered, wat ze vervolgens doorgeven aan nieuwe rode bloedcellen wanneer die zich in het beenmerg ontwikkelen. Onze vriend ferroportine is weer degene die het ijzer van de macrofagen naar de rode bloedcellen brengt. Zo gebeuren er elke dag kleine wonderen.

Mensen die lijden aan ijzergebrek, de meest voorkomende vorm van anemie, krijgen vaak ijzersupplementen. Mijn zusjes en ik moesten vroeger ijzerpillen slikken en ik herinner mij nog wat een vreemd inktachtig effect dit op onze ontlasting had. Leuker was de sketch van de acteur Bourvil, die lallend het drinken van ijzerhoudend water tegen alcoholisme probeerde aan te prijzen. Zijn advies is duidelijk niet tot Zuid-Europa doorgedrongen. Daar geniet wijn nog altijd de voorkeur omdat, zoals de Toscaners zeggen, *bere acqua fa la ruggine*, ‘van water drinken ga je roesten’. Hun vroege voorouders waren minder bang. De Romeinen gebruikten roest als geneesmiddel tegen allerlei kwalen. In zijn *Naturalis Historia*, gepubliceerd rond 78 v.C., geeft Plinius de Oudere gedetailleerde recepten voor het mengen van roest (geschraapt van een oude spijker of afgedankte



IJzerrijk water in Mariënbad



p. 30
Gevouwen schede van een Keltische *spatha*, 3e-2e eeuw v.C., gevonden Gournay-sur-Aronde. © Musée Antoine Vivenel, Frankrijk. Inv. GSA 2625. Foto Benoît Roland.



p. 31
Spijkers uit de IJzertijd, 27-30 cm, 1e eeuw n.C., gevonden in het Murcens oppidum in Cras, Lot. Musée d'Archéologie Nationale, Frankrijk. Inv. 8298.01. Foto Pauline van Lynden.



p. 31
Keltische helm van brons, ijzer, goud en emaille, mid-4de eeuw n.C., uit Amfreville-sous-les-Monts, Normandy. Musée d'Archéologie Nationale, Frankrijk. Foto Pauline van Lynden.



p. 31
Romeins militair-ceremonieel masker, ijzer, ca. 40 n.C., gevonden in Chassenard, Allier. Musée d'Archéologie Nationale, Frankrijk. Foto Pauline van Lynden.



p. 31
Romeinse stimuli, ijzeren punten voor militaire verdediging. Gevonden bij Alise-Ste-Reine, Côte d'Or. Musée d'Archéologie Nationale, Frankrijk. Inv. 24367. Foto Pauline van Lynden.



p. 32
Romeinse infanteriesandaal, leer en ijzer. Musée d'Archéologie Nationale, Frankrijk. Foto Jean Philibert.



p. 32
Kopspijkertjes van Romeinse sandalen. Gevonden bij Alise-Ste-Reine, Côte d'Or. Musée d'Archéologie Nationale, Frankrijk. Inv. 89496. Foto Pauline van Lynden.



p. 33
Zool van een Romeinse militaire sandaal. Nationaal Militair Museum. Foto Carl Koppeschaar.



p. 33
Keltische ijzeren hipposandaal, 1e à 3e eeuw n.C. Rijksmuseum van Oudheden. Inv. e1952/2.1.



p. 34
Moerasijzer. HAPSproject, Apeldoorn. Foto Pauline van Lynden.



p. 34
Door ijzer gekleurde beek, Landgoed Tongeren, Epe. Met dank aan de fotograaf, Nico Scheurkogel.



p. 34
Zwart zand op het strand van Reynisfjara, IJsland. Foto © Andrey Bayda/Shutterstock.com.



p. 35
De meteoriet 'Tent', ook wel 'Ahnighito'. Peary, Robert E., Northward over the "Great Ice", New York, Frederick A. Stokes Company, 1898. Via Wikimedia Commons.



p. 35
Ahnighito wordt uit het scheepsruim getild, New York, 1897. Peary, Robert E., Northward over the "Great Ice", New York, Frederick A. Stokes Company, 1898. Via sarahabeebooks.com.



p. 35
Dr Clyde Fisher bij Ahnighito, New York, 1938. Met dank aan de American Museum of Natural History Library. Image #314786.



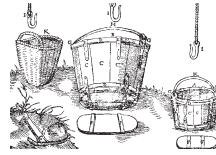
p. 36
Ingang tot een mijn. Kalbe, Ulrich Rulein von, Bergbüchlein, Erhard Radolt, 1505, p. 1. Met dank aan de Bibliothèque de l'École des mines de Paris, MINES ParisTech, Frankrijk.



p. 36
Drie mijnschachten. Agricola, Georgius, De Re Metallica, Emanuelis König, 1657. Met dank aan het Spoorwegmuseum. Foto Pauline van Lynden.



p. 37
Mijnbouwgereedschap uit de IJzertijd. Musée d'Archéologie Nationale, Frankrijk. Foto Pauline van Lynden.



p. 37
Mijnbouw-emmers. Agricola, Georgius, De Re Metallica, Emanuelis König, 1657. Met dank aan het Spoorwegmuseum. Foto Pauline van Lynden.



p. 37
Pony in de Gewerkschaft Deutscher Kaiser mijn, Duitsland, ca. 1900. Met dank aan ThyssenKrupp Konzernarchiv, Duisburg.



p. 38
Ferteco Mineração mijn, Minas Gerais, Brazilië, ca. 1995. Foto via T. Heyer.



p. 39
Wiellader. Foto © Pon Caterpillar.



p. 39
De nemaX® grijper, inhoud 15m3. Nemag, Zierikzee. Foto Ludwig van Hooren.



p. 39
Ondergrondse ijzermijn, Kiruna. Foto Fredric Alm. Met dank aan LK AB.



p. 40
Bulkschip Faustina en ijzererts in de haven van Rotterdam. Foto Pauline van Lynden.



p. 41
Altaartje voor de Heilige Barbara in de Konradmijn te Salzgitter. Foto Wuseloo7 via Wikimedia Commons.



p. 42
Fijnkorrelig ijzererts. Foto Pauline van Lynden.



p. 43
Hematiet fijnerts. Foto Pauline van Lynden.



p. 44
Limonieterts. Foto Pauline van Lynden.



p. 45
Wielsporen in natte limonieterts. Foto Pauline van Lynden.



p. 46-47
Gestolde hoogovenslak en hoogovenzand. Foto Pauline van Lynden.



p. 48
Zeemeuwenveren tussen hematietpellets. Foto Pauline van Lynden.



p. 49
Ilmenieterts. Foto Pauline van Lynden.



p. 50
Trofee van het instrumentarium van een smid. Op de wolk smeedt Vulcanus vleugels voor Amor. René Boyvin, 1551 à 1580. Rijksmuseum, Amsterdam. Inv. RP-P-OB-8338.



p. 51
De Dweren aan het Werk. George Pearson naar W.J. Wiegand, 1871. Goddard, Julia, Wonderful Stories from Northern Lands, London, Longmans, Green, and Co., 1871. Via Wikimedia Commons.



p. 51
Wieland vliegt weg in zijn gevleugelde jas met veren. Wilhelm von Kaulbach, 1848. The Heroic Life and Exploits of Siegfried the Dragon Slayer, London, Joseph Cundall and David Bogue. Via Wikimedia Commons.



p. 51
Wieland toetst zijn zwaard Minnung op Amilias. Wilhelm von Kaulbach, 1848. The Heroic Life and Exploits of Siegfried the Dragon Slayer, London, Joseph Cundall and David Bogue. Via Wikimedia Commons.



p. 52
Den Grooten Tamerlaan. Adrianus Canter Visscher, 1750-5. Rijksmuseum, Amsterdam. Inv. NG-2008-60-1.



p. 52
Polyphemus. J.H.W. Tischbein, 1802. Met dank aan het Landesmuseum für Kunst und Kulturgeschichte Oldenburg. Inv. LMO 15.011.



p. 52
Ilmarinen smeedt zijn nieuwe vrouw. Nikolai Kochergin. Illustratie uit de Kalevala. Voor 1974. Via Pinterest.

Eerste druk november 2018

Tweede druk mei 2019

Visual Legacy
Middenlaan 9
3941 CC Doorn
www.visual-legacy.com

Dit boek verscheen gelijktijdig in de oorspronkelijke, Engelstalige versie onder de titel *LIVING IRON*, als een speciale hardcover-uitgave voor de sponsors van het boek en een publiekseditie met ISBN 978-90-811850-5-9

Copyright © Vanessa Everts en Pauline van Lynden, 2018
Foto's Pauline van Lynden © Pauline van Lynden en Vanessa Everts, 2018

www.vanessaeverts.com
www.paulinevanlynden.com

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteurs of de Stichting Visual Legacy.

Voor zover de wet dit verlangt en voor zover de beperkingen van het auteursrecht niet van toepassing zijn, hebben de auteurs en de uitgever zich naar beste vermogen ingespannen om de toestemming te verkrijgen van de rechthebbenden van de in dit boek gebruikte illustraties. Mogelijke nalatigheden of fouten kunnen aan de auteurs en de uitgever worden gemeld en zullen gerectificeerd worden in de volgende druk.

Grafisch ontwerp: studio frederik de wal, Vanessa Everts, Pauline van Lynden
Lithografie: Marc Gijzen
Druk: NPN Drukkers, Breda
Bindwerk: Patist, Den Dolder
Papier: Magno Volume, Igepa
Lettertype: DTL Documenta

ISBN sponsoreditie 978-90-811850-7-3

ISBN publiekseditie 978-90-811850-6-6