

Stevens *Stofroersel des Eertcloots* en de aardwetenschappen

W.A. Visser en J.I.S. Zonneveld¹

In 1608 verscheen *Tot Leyden Inde Druckerye van Ian Bouvensz een omvangrijk werk van Simon Stevin (1548-1620), onder de titel Wisconstighe Gedachtenissen, Inhoudende t'ghene daar hem in gheoeffent heeft den Doorlvchtichsten Hoochgheboren Vorst ende Heere, Mavrits, Prince van Oraenghien*. Dit werk bevat o.a. een *Bouck des Eertclootschrifts*, waarvan het tweede deel gewijd is aan het *Stofroersel des Eertcloots*, de studie van de bewegingen van de materie en de materiële processen die op de aardbol plaatsvinden.² Van het uitgebreide oeuvre van Stevin is dit het enige deel dat met geologische zaken te maken heeft.³

Stevens geologische opvattingen zijn tot nu toe bijna niet bestudeerd. Dijksterhuis wijdde er wel enkele bladzijden aan, maar in de meeste historische overzichten van de geologie wordt Stevin zelfs niet vermeld.⁴ Toch is zijn werk niet zonder belang. Stevin bevindt zich op een belangrijk knooppunt, waar praktische ingenieurskennis en bespiegelende theoretische wetenschap elkaar ontmoeten.⁵ De motivatie voor zijn geologische onderzoekingen moet ongetwijfeld gezocht worden in de noodzaak om de praktijk van de vesting- en stedenbouw te verbeteren. In de *Opdracht* van zijn *Stofroersel* wendt Stevin zich tot Prins Maurits van Oranje, die hij als adviseur diende en die als veldheer veel met vestingbouw te maken had. Maurits was bekend met de moeilijkheden die bij die werkzaamheden konden optreden. Stevin refereert eraan dat zowel huizen als versterkingen tengevolge van slechte grond verzakt en ingestort zijn, dat er bij hoog water afslag plaats vindt en dat grachten verzanden. Op vele plaatsen kon men door opwellend zand de grachten niet op behoorlijke diepte uitgraven of heipalen op de gewenste positie krijgen. Men zag havens verzanden of met slijk gevuld worden. Pogingen om de toestand te verbeteren bleken dikwijls tevergeefs, ondanks grote kosten.

Stevin constateert dat *den raedt van d'een en d'ander teghen de bovebeschreven onghewallen, dickwijls seer verscheyden viel*. Daarom ging hij er toe over de oorzaken van dat soort *onghewallen* te onderzoeken. Dat dit stuk niet bij de *Huysbou* werd behandeld, maar in het *Eertclootschrift*, verwoordt Stevin door erop te wijzen dat het hier gaat om processen die *niet deur menschen macht en*

geschied, maer natuerlick int wesen des Eertcloots veroirdent sijn. Daarom alleen al is het traktaat over het *Stofroersel* niet louter als een praktische handleiding te lezen. Wel hoopt hij dat de hier bijeengebrachte kennis *tot voorcomming [van] onghewallen behulpich* is en bovendien kunnen onnutte (want ondeskundige) adviezen terzijde gesteld worden. Maar vooral is het hem erom te doen de oorzaken der verschijnselen (en niet alleen de *onghewallen*) te achterhalen. Zijn doel was wat hij noemde een *oorsaekelicke kennis*. Weliswaar geeft hij daarbij gemakkelijk toe dat de kennis niet volledig is en wil hij door zijn beschouwingen vooral ook anderen *tot seeckerder ondersoucking* vermanen, maar zijn bedoelingen reiken toch verder dan het ter beschikking stellen van een praktische handleiding.

Zijn methode houdt het midden tussen empirisch onderzoek en mathematische opbouw. Stevin steunt zijn betoog op waarnemingen en (soms) experimenten, maar hoofdzakelijk toch op analogie-redeneringen. Een voorbeeld van deze methode zien we in Stevens onderzoek van turf of veen. Stevin deelt mee dat hij bij het scheiden van zand en humus⁶ constateerde dat die zwarte *vettigheyt* op bruikbare inkt leek; maar de met dat aftrekkel geproduceerde letters waren niet zwart doch rossig als de kleur van turf. Na indrogen van de 'inkt' in een glas leek het residu op veen, *ja eyghentlick veen inde natuer*, want als het aan het vuur gehouden werd brandde het als turf. Dus, zo stelt Stevin, mag de *zwarte vettigheyt*, als deze eenmaal van het zand gescheiden is, voor veen of turf gehouden worden.

Behalve dergelijk empirisch onder-

zoek, herinnert ook één en ander aan Stevens typische wiskundige aanpak. De structuur van het traktaat, ingedeeld in zestien stellingen, verradt de invloed van de 'more geometrico'-denkwijze, die bij tijdgenoten sterk gewaardeerd werd.⁷

Het is moeilijk uit te maken welke van de door Stevin gepubliceerde ideeën van hemzelf waren en welke hij aan anderen ontleende. Dijksterhuis stelt dat verschillende van de gedachten die Stevin in zijn werken opperde ook te vinden zijn in Arabische en middeleeuwse werken alsook in o.a. de dagboeken van Leonardo da Vinci (1452-1519). Toch zal een deel van Stevens aardwetenschappelijke beschouwingen wel degelijk als origineel beschouwd mogen worden. In elk geval staan, wat de geologische waarnemingen betreft, veel van zijn conclusies in direct verband met zijn eigen ervaringen in het veld. Dat veld was het lage land van wat nu Nederland heet en daarvan niet in de laatste plaats het vlakke land van Holland en Zeeland, waar in rivieren, zeearmen en havens waterbewegingen plaats vonden die zandtransport teweeg brachten en afzettingen van zand en klei deden ontstaan. Ook in het meer reliëfrijke terrein van de duinen, de Veluwe en oostelijk Nederland is Stevin werkzaam geweest. Dat gebied rekent hij overigens tot de categorie *berghich* terrein, samen met alle bergen van Europa, inclusief de Alpen, een omstandigheid niet zonder belang bij zijn verklaring van de vorming van gebergten. Ondanks het algemene, theoretische karakter van zijn werk, blijkt zijn gedachtenwereld toch voornamelijk gekleurd door de omgeving waar hij woonde en werkte.

Het is hier onze bedoeling, in aanvul-

ling op wat Dijksterhuis hierover schreef, het geologisch denken van Stevin opnieuw onder de aandacht te brengen en een poging te doen de originaliteit van zijn opvattingen te achterhalen.

Beweging en kringloop

Voor Stevin is de aarde geen statisch, onveranderlijk geheel. Alles is voortdurend in beweging: niet alleen de aarde als geheel, maar ook de stoffen, waaruit zij bestaat worden voortdurend gemengd en door elkaar bewogen. Water en wind vervoeren materialen en bewerken aangroei en afslag, bergen slijten af en zee wordt land. Stevin begrijpt goed het aandeel van de zon in deze bewegingen. Door de zon wordt water opgetrokken in damp, die vervolgens, als regen, hagel of sneeuw neerdaalt.⁹

De kringloop - die Stevin weliswaar niet zo noemt maar wel duidelijk aanduidt - is niet enkel als beweging belangrijk, maar speelt ook een rol als oorzaak van de vermenging van materialen. Deze vermenging was dan wel al bekend bij de oude Grieken, maar, zo schrijft Stevin, ze schijnen daarbij geen kennis te hebben gehad aangaande de oorzaken. Stevin wijst nu op de kringloop der materie als het beginsel van de vermenging der stoffen.

Reghen sijpende deur metallighe en solferighe berghen, maeckt vlietich de zelve metallē en solfer, als blijkt deur verwe en roke dese waters, en vervolghens maeckt ook vlietich ander stoffen diemen niet en rieckt noch deur verwe onderkent, als steen, glas en wattet sij: Sulcx dattet rivierwater vermengt is mette verscheyden eertsche stoffen der berghen daer uyt comt. Deze rivieren in zee loopende die zelf oock dergelijckke vermenging krijcht deur t'geduerich roersel teghen haar gront en canten, so heeft het zeewater een vermenging van alle eertsche stoffen. Dit zeewater treckt gheduerlick opwaert, daer makende en onderhoudende den Dampclood, die daerom oock een vermenging is van alle stoffen. Desen damp verandert gheduerlick in dau, reghen, hagel, en snee, die daerom oock vermengt sijn met alle eertsche stoffen: De selve opt eertrijck vallende, laten haer verscheyden stoffen ten grooten deel in d'eerde, tot saming en making van nieuwe, en sijpende deur d'oude ghemaecte stoffen, maken die vlietich, en brengense in zee alsvoren: En alsoo hebben dese verscheyden



Fig. 1:
Portret van Simon Stevin.
Gravure van Ph. Velijn,
ca. 1820-1835,
4 x 5 cm.
Foto:
Museum
Boerhaave
Leiden.

Simon Stevin

Simon Stevin werd in 1548 geboren in Brugge en is in 1620 in Den Haag of Leiden overleden. Stevin was aanvankelijk boekhouder in Antwerpen en ging in 1581 naar Leiden. Hij was onder meer commissaris van openbare werken en kwartiermeester-generaal in het leger van Prins Maurits. Hij ontwierp een systeem van sluizen waardoor bepaalde gebieden onder water gezet konden worden om hiermee de vijand te verdrijven. Hij ontwierp ook een zeilwagen, waarmee 26 passagiers langs de kust konden worden vervoerd.

Deze Vlaamse mathematicus werkte voorts mee aan het standaardiseren van het gebruik van decimale breuken. Hij introduceerde de Italiaanse dubbele boekhouding in ons land. Samen met Jan Hugo de Groot toonde hij de onjuistheid aan van de valwet van Aristoteles, volgens welke zwaardere voorwerpen sneller zouden vallen dan lichtere. In 1586 beschreef hij een experiment, waarbij twee loodballen, de ene tienmaal zwaarder dan de andere, na een val van ca. 10 meter tegelijk neerkwamen.

In *De beghinselen der Weeghconst* (1586) publiceerde hij experimenten met betrekking tot de wetten van het hellend vlak en ontwikkelde het parallelogram van krachten. Ook ontdekte hij dat de benedenwaartse druk van een vloeistof onafhankelijk is van de vorm van de kan waarin deze zich bevindt, maar alleen afhankelijk is van de hoogte ervan.

In zijn grote werk *Wisconstighe ghedachtenissen*, verschenen tussen 1605 en 1608, is de leerstof verzameld die hij aan prins Maurits heeft gedoceerd.

Veel Nederlandse vakwetenschappelijke termen zijn door hem bedacht.

Stevin was niet alleen boekhouder, mathematicus, uitvinder, vestingbouwer, ingenieur, waterstaatkundige, natuurkundige en astronoom, maar verdiepte zich tevens in geologische vraagstukken. Op zijn betekenis voor de aardwetenschappen wordt in dit artikel uitgebreid ingegaan.

*eertsche stoffen een gheduerlick vermengt wesen in malcander.*⁹

Het belangrijkste werkzame onderdeel van deze kringloop is het rivierwater, *heel dick ghemengt met sant, cley, eerde, keyen, en sulck stof alser afghespoelt wort*. Stevin merkt op dat wanneer de stroming in een rivier, bij het binnentreden van vlak land, vermindert, eerst de zwaarste delen bezinken, zoals keien en stenen, vervolgens het zand, en tenslotte de klei en de modder. Soortgelijke opmerkingen werden ook reeds gemaakt door Leonardo da Vinci¹⁰, maar Stevins opvattingen, zo ze al door Da Vinci kunnen zijn beïnvloed, berusten toch op eigen waarnemingen aan rivieren en stromen in zijn eigen omgeving.

Onderdeel van deze kringloop is ook het bronwater, dat evenzeer als oorspronkelijk neerslag beschouwd moet worden. Stevin wijkt hier dus af van de in zijn tijd nog algemeen heersende gedachte dat de bronnen in de bergen vooral gevoed zouden worden door condensatie van onderaardse dampen. Hij is ook aanzienlijk moderner dan bijvoorbeeld de veel geciteerde Athanasius Kircher (1601-1680), die nog in 1664 de mening verdedigde dat het bronwater door onderaardse kanalen vanuit de zee wordt aangevoerd.¹¹

Alleen Leonardo da Vinci en de Fransman Bernard Palissy (ca. 1510-1589 of 1590) waren Stevin op dit punt vóór geweest. Eerstgenoemde had, ongeveer een eeuw eerder, al in zijn dagboeken genoteerd dat regen en sneeuwwater via doorlatende lagen tot diep in de aarde kan doordringen en in bronnen weer aan de dag kan komen.¹² Het is niet duidelijk in hoever Stevin werkelijk door Da Vinci beïnvloed kan zijn, aangezien Leonardo's dagboeken pas in de 19de eeuw werden gepubliceerd. Maar men mag niet uitsluiten dat berichten over Da Vinci's waarnemingen langs andere weg bekend waren geworden. Palissy heeft in 1580 uiteengezet dat regenwater in de grond kan wegzakken tot het ondoorlatende lagen ontmoet en dan via bronnen uittreedt, van waaruit rivieren gevoed worden.¹³

Het mengen van stoffen vindt plaats tijdens het oplossen van metalen of andere stoffen in het water. Men kan waarnemen, zo stelt Stevin vast, dat veel bronnen die uit steenklippen te voorschijn komen, enigszins groen of blauw zijn, zoals water dat met (verhit) goud of koper in aanraking is

geweest. Die kleur heeft het regenwater gekregen toen het door de *metallige stoffen der berghen* sijpelde. Ook het zeewater heeft die kleur, *daerom maghmen besluynen dattet die deur ghelijcke oirsaeck krijcht, te weten deur sijn gheduerige strijcking tegen de metallige stoffen dieder in de cluppen en steenighe gronden der zee sijn en oock ande canten*. Datzelfde moet ook gelden voor glas, steen en andere stoffen. *Stofscheiders* (alchemisten) betogen dat men op den duur 'glas' overhoudt wanneer men onder voortdurend aanvullen, vers water lang kookt en verdampt, materiaal, dat *daer niet en soude commen haddet te vooren int water niet gheweest*. Hetzelfde *vlietende glas met steenicheyt ghemengt* ziet men ook als *verstijving* aangegroeid in de houten waterleidingbuizen die lang onder de aarde gelegen hebben en aan stijlen van bruggen.

Stevin past dit inzicht ook toe op wat hij noemt het *ghevvas*, het aangroei en van klei, glas, steen en metaal. Op verschillende punten heeft Stevin waargenomen dat, betrekkelijk dicht onder het maaiveld, niet meer dan een paar voet diep, bij het graven meermaals een harde laag gevonden wordt. De harde laag, die soms aan de voet van de Hollandse duinen aanwezig is, bestaat uit klei en veen, stammend uit de tijd dat de Rijn hier bezig was het platte kleiige land van Holland te vormen, waarop zich naderhand duinen vestigden. Maar in één adem doorgaande spreekt Stevin over *steenige vloeren* die bij het graven bij Hulst aan de oppervlakte kwamen. De vloeren moeten na de vorming van de grond zelf zijn ontstaan.

De verklaring van deze verstening of *verstijving* - naar alle waarschijnlijkheid had hij met oerbanken uit podsolprofielen te maken - moet ook nu weer uit het water komen. Met het oog op de tevoren genoemde waarnemingen aangaande het *glazige residu* bij indampen en de *verclontering en verstijving* in de houten waterleidingbuizen acht Stevin het *niet vreemt maar natuerlick dattet selve water ghedueriglick deur t'sant der duynen en landen sijpende, daer an set of in laet blijven sijn glasicheyt, steenicheut, en cleyighe stof*. Dat is, zo stelt hij, temeer waarschijnlijk omdat *sout seewater dickwijls deur sant sijpende versch wort en sijn sout int sant laet*.

Na een korte beschouwing aangaande gelaagdheid en oplosbaarheid van metalen schrijft Stevin dan: *In somme*

het blyckt dat niet alleen het water inden eertcloatsche scheydoven uyt de zee opwaerts treckt, vandaer opt lant valt, en weer in de zee comt, maer dat sulcx oock doen metal, steen en alle ander stoffen diemen in duynen en sichteynderse landen vint. Even glijden Stevins gedachten naar het aangroeien van zowel bezielde als onbezielde stoffen, en brengt hij het mogelijke bestaan van een wereldziel ter sprake. Maar onmiddellijk stelt hij vast dat die verschijnselen van de *eertstoffen*, het ondergrondse concentreren van materialen als goud, alsook het bovengrondse zich bijeenvoegen van materie (in de vorm van levende planten en dieren) voor hem een nog niet opgelost raadsel is en dat er nog veel onderzoek moet plaatsvinden op het terrein van de *stofscheiders*, de scheikunde dus. Het is interessant dat in dit kader van het chemisch neerslaan ook het magnetisme aan de orde komt in de zin van het zich hechten van ijzer aan magnetisch materiaal.

Stevins voorzichtige beschouwingen moeten bekeken worden in het licht van bepaalde theorieën die in zijn tijd ingang vonden en waarmee hij ongetwijfeld vertrouwd was. Zo werd het bestaan aangenomen van een 'spiritus lapidificus', die in de aarde werkzaam was. Voor sommigen was het versteningsproces een soort groeiprocess, plaats vindend onder invloed van de zon, maan en sterren. Er werd ook gedacht aan een 'succus lapidescens', een (vloei)stof, eventueel een damp, die het vermogen heeft onder bepaalde omstandigheden los materiaal in steen om te zetten. Deze geheimzinnige stof die door de aarde circuleert zou volgens sommigen niets anders zijn dan water waarin gesteente-materiaal in suspensie verkeert; anderen dachten meer aan oplossingen. Het door de aardkorst trekken van de 'succus' is, in navolging van Aristoteles, wel vergeleken met de bloedsomloop door het menselijk lichaam. Als de 'succus lapidescens' door klei gaat verandert deze in steen, zo stelde bijvoorbeeld de Italiaanse auteur Fallopius in 1564.¹⁴ En Georg Agricola (1494-1555) was van mening dat de 'succus lapidescens' in feite water is, waarin mineralen in opgeloste toestand aanwezig zijn. Die vloeistof kon door los materiaal trekken en in de poriën ervan verkittende stoffen achterlaten.¹⁵ Maar waar dat materiaal vandaan kwam, was voor de meeste schrijvers niet duidelijk.

Zonder twijfel hebben deze gedachten

ook Stevin door het hoofd gespeeld. Maar Stevin denkt toch vooral aan stoffen, die ergens anders uit (andere) gesteenten worden opgenomen, vervolgens (via het rivier-, zee- en regenwater) verplaatst worden en in de oorspronkelijk zandige grond terecht komen. Stevin sluit daardoor aan op hetgeen Agricola stelde, maar hij gaat een kleine stap verder doordat hij aanduidt waar de opgeloste stoffen vandaan komen.

Genese van het landschap

Stevin onderscheidt twee soorten landschap, het ene horizontaal en vlak, het andere bergachtig. Binnen het eerstgenoemde type onderscheidt hij verder nog de kleigebieden, de zandige heideterreinen en de veengebieden. Alle drie ontstaan zij door accumulatie van materiaal dat door water wordt aangevoerd, daarbij steeds op de laagste plaatsen wordt neergelegd en vervolgens door vocht en vegetatie dusdanig wordt vastgehouden dat de wind er geen duinen kan van maken. Ook veen is, zoals hierboven reeds besproken, een aangevoerd sediment.

Stevin heeft in verschillende hoge, aangesneden oevers van rivieren een gelaagdheid waargenomen, waarin, in zijn eigen woorden uitgedrukt, *verscheyden anwassen op malcandere legghen*, die een paar duim dik zijn. De laag-eenheden kunnen van elkaar worden onderscheiden doordat zich op de oudere eenheid een vegetatie vestigde vóórdat er een nieuwe laag werd gevormd. Het lijkt erop dat Stevin daarmee wil zeggen dat er zonder een dergelijke tussengeschiedelde vegetatieperiode geen afzonderlijke lagen zouden ontstaan, maar een homogeen pakket zou gevormd worden.

Voor Stevin is alles *bergich* wat niet horizontaal en vlak is. Vandaar dat de duinen langs de Nederlandse kust, de heuvels van de Veluwe en het land van Kleef alsook de Alpen samen in één categorie vallen en in zijn verklaring van de gebergtevorming over één kam worden geschoren.¹⁶

Het begin van het proces zoekt hij in de duinvorming, die zowel langs rivieren als langs het zeestrand kan plaatsvinden. Als een zandbank bij laag water boven water blijft, droogt het zand en de wind kan er, met behulp van vegetatie, een reliëf doen ontstaan. Volgens Stevin hebben dus alle bergen eerst uit duinzand bestaan.

Naderhand, wanneer eenmaal het reliëf tot stand is gekomen, verandert het losse zand in *steencluppen* en rotspartijen, als gevolg van *verclontering en versteening*. Daarbij staat hem blijkbaar vooral zandsteen voor de geest, maar ook klei kan volgens hem de oorsprong van rotsen zijn.

De opvatting dat alle bergen eerst uit duinzand hebben bestaan doet in onze ogen mogelijk wat naïef aan. Dijksterhuis wijst er in dit verband echter terecht op dat Stevins ideeën omtrent gebergtevorming geheel in de gedachtenwereld van Stevins tijd passen.¹⁷ De Duitse geograaf Bernhardus Varenius (1622-1650), wiens *Geographia generalis* een goede veertig jaar na Stevins *Stofroersel* verscheen, spreekt trouwens ook van eolische accumulatie als één van de oorzaken van de vorming van bergen en heuvels.¹⁸ Het is niet uitgesloten dat Varenius van Stevins kennis gebruik maakte. In elk geval is duidelijk dat Stevins theorievorming onder invloed stond van het feit dat hij in Nederland woonde en in het Nederlandse kustgebied zijn waarneming deed.

Al ziet Stevin de vorming van bergen vooral in het kader van de duinvorming, toch heeft hij opmerkingen gemaakt, die verband lijken te houden met de gedachte dat bergland tot stand kan komen door de insnijdende en daardoor reliëf opleverende werking van rivieren. Bijvoorbeeld waar hij spreekt over de herkomst van kleiig sediment, dat uit de bergen komt, vermeldt hij bergstortingen die ervoor zorgen dat in de bergen de rivieren sedimentrijk water te vervoeren krijgen. Vervolgens constateert hij dat bij die bergstortingen hoog liggende vlakten tot *sulcke diepte kunnen weg-schuyren, dattet blijvende als hooghe berghen sijn*.

De denudatie komt bij Stevin dus in de eerste plaats neer op het verwijderen van het losse materiaal, waardoor op den duur alleen het vaste gesteente overblijft. Er kan dan ook niet veel méér sediment uit het desbetreffende gebergte betrokken worden. Zo leveren de *stenighe Alpen (die tevooren vette vruchtbare bergen, en over nog langher tijd santduynen waren)* thans geen materiaal meer en ook uit de andere gebergten (die nu nog wél als sediment-leveranciers voor de Rijn fungeren) zal op den duur steeds minder kunnen worden aangevoerd. Stevin komt tot het besluit dat het land *soo veel beneen mach vermeer-*

deren, als boven verminderen.

Toch is dat niet het einde van de ontwikkeling want als het *vet en sandich sant* door neerslag en rivieren weggespoeld is, zal de zee tegen de overgebleven rotsen slaan, zoals in het kustgebied van Noorwegen, waar zichtbaar is hoe van een bergland na verloop van tijd alleen verspreide eilanden overblijven. Al is Stevin van mening dat daardoor geen zand en dus geen zandstranden kunnen ontstaan, hij gaat er wel van uit dat door het *gheduerich slaan der baren* ten slotte ook de eilanden zullen verdwijnen. Immers als vallende druppels op den duur ook de hardste steen uithollen, moeten de slaande golven van de zee dat ook kunnen.

Stevin schetst hier, een paar eeuwen vóór William Morris Davis (1850-1934) het deed, een beeld van de mariene erosiecyclus, waarin een gebergte als gevolg van mariene abrasie zou kunnen worden afgebroken. Tevens maakt hij zijn lezers duidelijk dat het aardoppervlak voortdurend verandert en dat door accumulatie en erosie land en zee elkaar voortdurend afwisselen. Hij besluit *dattet zee sal worden en gheweest heeft daert nu lant is en lant sal worden en gheweest heeft daert nu zee is*. Het is waar dat ook in de aan Stevin voorafgaande eeuw geschreven was over het feit dat ter plaatse van het land vroeger zich een zee kon hebben uitgestrekt, bijvoorbeeld op grond van het voorkomen van (fossiele) zeeschelpen in de bergen van Italië. Maar het originele van Stevin ligt hierin dat zijn gedachten-gang gebaseerd was op waarnemingen en *spieghelingen* inzake de vorming van het laagland en het daarbij behorende kustgebied en dat hij zich van daaruit een idee vormde over wat er in en met de verre bergen gebeurde.

Geoloog en ingenieur

Stevins *Stofroersel* mag ten dele opgevat worden als het begin van de hydrologie (de studie van de kringloop van het water) en van de ingenieursgeologie (de studie van de geologische factoren die voorbereiding, ontwerp, bouw, gebruik en ondergrond van bouw- en kunstwerken beïnvloeden). Daarbij dient te worden opgemerkt dat deze geologische factoren die voor de ingenieur van belang zijn nog door Stevin moesten worden gedefinieerd en verklaard. Zijn beschouwingen, die we in het voorgaande beknopt hebben weer-



Fig. 2: Gezicht op Dantzig (fragment). Uit 'Civitates Orbis Terrarum' van G. Braun en F. Hogenberg, 1618.

gegeven, leidden hem dan ook tot praktische overwegingen die vooral verband houden met zijn waterbouwkundige ervaringen.

Een voorbeeld daarvan is de beschrijving en verklaring van drempels en zandbanken in en voor riviermondingen. Stevin heeft twee verklaringen voor het verschijnsel. Soms gaat het om accumulatie van sediment dat, in zee aangekomen, niet verder kan worden meegevoerd, maar daarnaast houdt hij ook rekening met de mogelijkheid dat de drempel een restant is van de oorspronkelijke buitengaatse onderwaterhelling. In de rivier zelf houdt de sterke stroom de bodem op diepte; in en voor de monding is de stroom *cranck* geworden en daardoor niet meer in staat de *dorpel* op te ruimen. Een en ander wordt in een figuur met een lengteprofiel van een riviermonding duidelijk gemaakt.

Ook het verschijnsel dat op den duur een rivier hoger dan het doorstroomde land komt te liggen wordt met behulp van een lengteprofiel verklaard. Maar het is opmerkelijk dat Stevin bij het zoeken van de oorzaak van het verschijnsel alleen aan de rivier denkt en niet rept over een mogelijke daling van het land aan weerszijden. Het begrip inklinking lijkt hij niet te kennen.

In één van Stevins postume werken is nog een beschouwing opgenomen aangaande het te verwachten gedrag van rivieren in de omgeving van Dantzig (Gdansk). Het ging om een soort waterbouwkundig rapport, waarin werd voorgesteld een kanaal te verdiepen en de loop van twee zijri-

viertjes van de Weichsel zo te reguleren, dat de waterwegen zich zelf op diepte zouden houden. Dit zou de toegankelijkheid van de haven van Dantzig moeten verbeteren.

Stevins opmerkingen over overslaggronden, die ontstaan bij het doorbreken van dijken, zijn ondergebracht in een stelling die voor het overige is gewijd aan het ontstaan van bergen. Het doet wat vreemd aan dat de in het algemeen toch weinig reliëfrijke overslaggronden als *bergighe anwas* worden beschouwd. Stevin zal daartoe gekomen zijn omdat het hier gaat om accumulaties die op het normale vlakke terrein van het rivierenlandschap zijn neergelegd en dus in zekere zin een verhoging van dat terrein vormen. Maar de beschrijving en verklaring van de vorming van kolkaten (wielen) en de afwisseling van zanden en kleilagen in de grond, is als zodanig zeer ter zake. Bovendien blijkt hier even Stevins mededogen met de slachtoffers van de overstromingsrampen, die met het ontstaan van deze verschijnselen gepaard gaan. Misschien, zo schrijft Stevin, zullen mensen die met deze zaken geen ervaring hebben dit alles als *verdochte spiegelhelingen* opvatten, maar het is degenen die er wel schade door hebben opgelopen *soo sekerlick bekend dattet weten en ghedenken van dies hun gheen cleen droefhyt en veroirsaeckt*.

Een ander praktisch probleem betreft het kwelwater. Stevin geeft aan dat in een gegraven put het *quelmwater* (grondwater) wel met kracht omhoog kan komen, maar daarbij niet hoger komt dan het grondwater buiten de

put. De verklaring is gelegen in het feit dat de grond *doordroncken is vant water als een spongie, dattet oock gaten ofte hollicheden heeft loopende deur het eertrijck als buyzen, welcke mede vol waters ligghen*. Graaft men een put, dan stroomt het omstaende water *t'welck in de eerde hangt* naar de laagte in de put, tot het even hoog staat als dat buiten de put. Hoger komen zou tegen de natuur en tegen de ervaring zijn *want het soude even zoo veel sijn als oft water van een gracht, hoogher liepe in een put nevens de gracht ligghende, dan het water in de gracht self hooghe is*.

Stevin verklaart ook het drijfzand, dat bij het graven van een put de wanden kan doen inzakken, door middel van de bewegingen van het grondwater. Naar Stevins oordeel is het *opspringen des sants* niet een bijzondere eigenschap van het zand, maar het zand ligt op een diepte waar het kwelwater *machtiger is ende sterck stroom heeft die het sant mede can dragen*. Als men dus *eyghentlick wilde beschrijven wat welsant is, men soude meugen seggen alleenelick dat te wesen, t'welck dadelick met water opcomt, niet langher gheduerende dan de selve dadelick opcomt, en dattet stil ligghende, gheen welsant meer en is*.

In verband met oeverbescherming en bedijking, met stedenbouw en de aanleg van versterkingen is het nuttig te weten waar in de toekomst *anwas* en waar *afbraeck* te verwachten is. In wat Stevin de *inwendighe bocht* noemt (maar tegenwoordig als de buitenbocht wordt beschouwd), loopt het water met een sterke stroom tegen de oever op en *maeckt aldaer groote diepte en inscheuring, sulcx dat alst daer eerdich land is het wort jaerlicx mette hooghe vlooden afghespoelt, alsoo dat de cant daer met groote diepte steyl afgaet en schoor wort*. In de *uytwendighe bocht* daarentegen komt *anwas* en *strant* voor. De *anwas* en de *afbraeck* gaan steeds door, zodat de rivier steeds krommer wordt. Het kan ook gebeuren dat een kromme rivier recht of althans minder krom wordt, namelijk wanneer twee schoorkanten elkaar naderen en de oever op die plaats doorbreekt. De afgesneden bocht verzandt op den duur.

Stevin noemt een aantal havensteden (Antwerpen, Londen, Keulen, Nijmegen en Rotterdam), die alle aan de schoorzijde van een rivier liggen en waar de voortdurende afbraak

door de rivier wordt weerstaan door de aanleg en het onderhoud van kaden en hoofden. Op de regel van buiten- en binnenbocht zijn overigens wel uitzonderingen te noemen, bijvoorbeeld wanneer een rivier in een smalle bedding tussen steenklippen stroomt of wanneer, in het lage land, in het midden een zandbank of een eiland ligt; dan kan aan beide tegenover elkaar liggende oevers een klif gevormd worden en in het laagland kan een brede rivier aan beide oevers een zandstrand hebben.

Het is Stevin in zijn *Stofroersel* er vooral om te doen, verklaringen te vinden van bepaalde geologische verschijnselen. Is zijn keuze van de behandelde verschijnselen wellicht bepaald door de concrete noodzaak om aan welbepaalde moeilijkheden het hoofd te bieden, toch zijn het de theoretische bespiegelingen die hier de bovenhand hebben. Met Dijksterhuis mag wel worden besloten dat aan Stevin niet de verdienste toekomt de eerste geweest te zijn die een samenhangende verhandeling schreef over de gedaanteveranderingen van het aardoppervlak. Bovendien is de aandacht van Stevin te veel gericht op de rol van het water en is zijn indeling van de materie nog erg rudimentair. Stevin doet wel een poging om de geologische geschiedenis van Nederland te reconstrueren, maar zijn aanpak staat nog ver af van de gedetailleerde studie die Nicolaus Steno (1638-1686) in 1669 wijdde aan Toscane en waarmee voor het eerst een begin werd gemaakt van de wetenschappelijke studie van de geomorfologie. Niettemin verdient Stevin, omwille van de zeer zorgvuldige structuur van zijn argumenten, gebaseerd op persoonlijke waarnemingen en experimenten en aaneengesmeed door overtuigende analogieën, een plaats tussen de grondleggers van de moderne geologie.

Dit artikel werd aangeboden door de Commissie voor de geschiedenis van de geologische wetenschappen van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen.

Noten

1 Dr. Willem Visser was tot zijn dood in 1992 een toegewijd lid van de Commissie voor de geschiedenis van de geologische wetenschappen van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen. Hij werkte aan een overzicht van de geschiedenis van het geologisch onderzoek in Nederland,

maar het was hem niet gegeven dit in publiceerbare vorm af te maken. Een onderdeel van het nagelaten manuscript omvatte een weergave van de bijdrage, die in het begin van de zeventiende eeuw door Simon Stevin aan de geologische inzichten werd geleverd. Vissers voorlopige tekst werd eerst bijgewerkt en aangevuld door prof. dr. J.I.S. Zonneveld. De beide teksten werden als één geheel persklaar gemaakt door prof. dr. G.H.W. Vanpaemel.

2 Deze tekst werd niet opgenomen in *The principal works of Simon Stevin* (6 vols., Amsterdam 1955-1966).

3 Stevin behandelt wel enkele aanverwante thema's in de *Stercktenbouwing*, in *Van de Waterschuring* en in de *Nieuwe maniere van Sterctebou*.

4 E.J. Dijksterhuis, *Simon Stevin* ('s-Gravenhage, 1943), blz. 168-174. Stevin wordt niet genoemd in Lyell's historische inleiding tot zijn *Principles of Geology* (Londen, 1830). evenmin in G. Gohau, *Histoire de la géologie* (Parijs, 1987) of H. Hölder, *Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie* (Berlijn, 1989). Wel is Stevin aanwezig in het standaardwerk van K.A. von Zittel, *Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts* (Leipzig, 1899) en meer recent in S. Kelly, 'Theories of the Earth in Renaissance cosmologies' in C.J. Schneer (ed.), *Toward a history of geology* (Cambridge, Mass., 1969), blz. 214-225. J.J. de Vries, *Anderhalve eeuw hydrologisch onderzoek in Nederland* (Amsterdam, 1982) vermeldt wel Stevin als een belangrijke pionier, maar verwijst enkel naar diens *Beghinselen des Waterwichts* (1586).

5 Zie hierover o.a. K. van Berkel, 'Spiegeling en Daet bij Beeckman en Stevin', *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 2 (1979), blz. 89-100.

6 Het begrip 'humus' was in Stevins tijd nog niet bekend. Stevin spreekt van 'vet-tigheyt'.

7 L. Mok, 'Hugo de Groot en Simon Stevin. Op een keerpunt in de Westerse beschaving. Een cultuur-historische beschouwing', *Mededelingen van het juridisch instituut van de Erasmusuniversiteit Rotterdam* 46 (Rotterdam, 1988).

8 In een afzonderlijk boek, gewijd aan de 'Dampclood', de atmosfeer, wordt nader ingegaan op de verdamping.

9 Stevin, 'Stofroersel', voorstel 10.

10 R. Weyl, 'Die geologische Studien Leonardo da Vincis und ihre Stellung in der Geschichte der Geologie', *Philosophia Naturalis (Archiv für Naturphilosophie und die philosophische Grenzgebiete der exacten Wissenschaften und Wissenschaftsgeschichte)*, I (1950/52) blz. 243-284.

11 F.D. Adams, *The birth and development of the geological sciences*, Baltimore (1938), repr. New York: Dover Publications (1954), blz. 433.

12 Adams, *op. cit.*, blz. 91.

13 Overigens was hij van mening dat het element vuur in de zin van warmte hierin een rol speelde: 'zoals in het menselijk lichaam de natuurlijke warmte het bloed in de aderen omhoog stuwt [...] wordt het water in de aderen van de bergen tot in de hoogste toppen gebracht' (Weyl, *op. cit.*, blz. 91)

14 Adams, *op. cit.*, blz. 93.

15 Adams, *op. cit.*, blz. 446; Hölder, *op. cit.*, blz. 98.

16 Stevin vermeldt wel terloops dat bergen eventueel ook 'door menschen handen ghemaect zijn, en altemet van eertbeving en dierghelijk gheval meugen comen' ('Stofroersel', voorstel 5).

17 E.J. Dijksterhuis, *Simon Stevin. Science in the Netherlands around 1600* (Den Haag, 1970), blz. 103.

18 K. Oestreich, *Grepn uit de geschiedenis der physische aardrijkskunde* (Den Haag, 1947), blz. 18. Oestreich maakt bij Varenius' theorie, waarbij de gebergten oprijzen uit de vlakke, de bedenking (die ook op Stevin van toepassing is): 'Hoe anders zou het inzicht omtrent de gebergten zich ontwikkeld hebben, zo de wetenschap van de geographie in een bergachtig centrum ontstaan was !'

Adres van de bewerker

Prof. dr. G.H.W. Vanpaemel
Katholieke Universiteit Nijmegen
Vakgroep Filosofie van de
Natuurwetenschappen
Postbus 9010
6500 GL Nijmegen