

De geologie van het Grenspark Maas-Swalm-Nette

Piet van den Munckhof, Jan van Scorelstraat 27, NL-4907 PJ Oosterhout

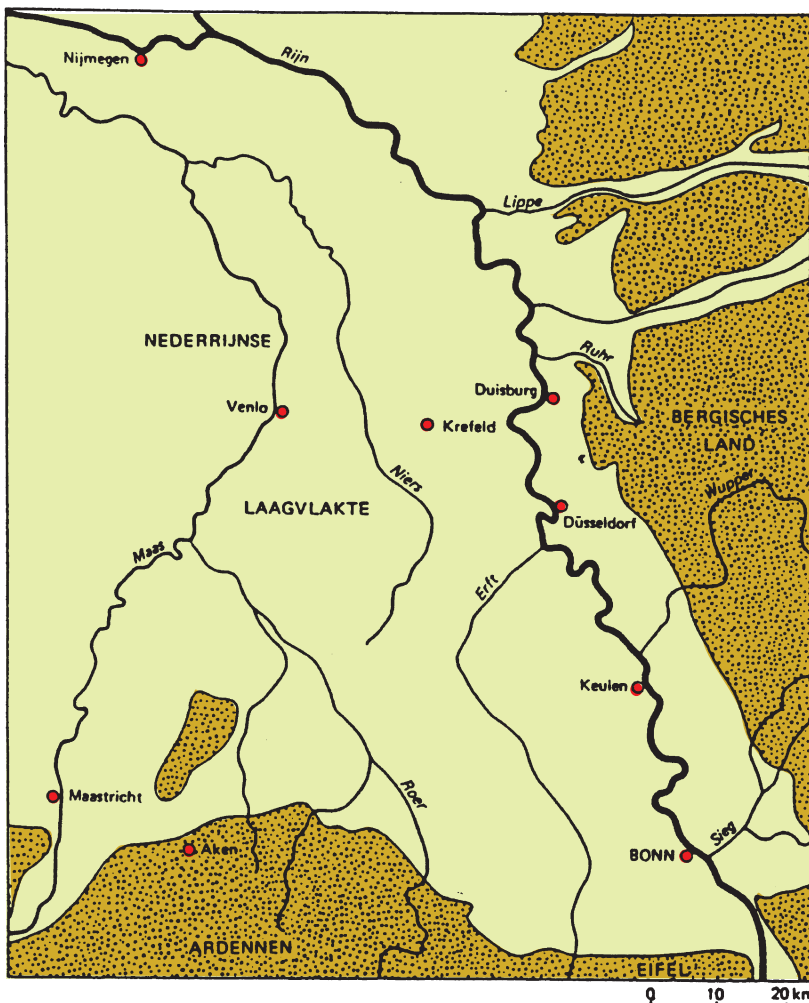
Het Grenspark Maas-Swalm-Nette is in geologisch opzicht een zeer ingewikkeld gebied. Een volledige beschrijving zou de omvang van een dik boek hebben. Daarom wordt hier volstaan met het benoemen van enkele geologische fenomenen, zoals de aanwezigheid van breuken met wijstverschijnselen, rivierterrassen, dichtgestoven rivierlopen en de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen in de ondiepe ondergrond. Door al dit soort zaken komen lokaal bijzondere omstandigheden voor, waaraan veel natuurgebieden in het Grenspark hun hoge natuurwaarde minstens ten dele danken.

TECTONIEK

Het Grenspark Maas-Swalm-Nette maakt deel uit van de Nederrijnse Laagvlakte, die ligt ingeklemd tussen uitlopers van de Ardennen in het zuiden en het Leisteengebergte in het oosten [figuur 1]. Rond de overgang van Oligoceen naar Mioceen, globaal 23 miljoen jaar geleden (ANONIEM, 2009), begonnen de gebergten versneld omhoog te komen, terwijl de laagvlakte door breukvorming verdeeld werd in talrijke afzonderlijke, min of meer zuidoost-noordwest verlopende schollen (VAN DE WEYER *et al.*, 1994). Deze kunnen zowel horizontaal als vertikaal langs elkaar bewegen. De breukvlakken tussen de schollen worden 'storingen' of 'breuken' genoemd. In het Grenspark Maas-Swalm-Nette is de Peelrandbreuk de belangrijkste. Schollen, die ten opzichte van andere schollen stijgen of minder hard dalen, worden 'horsten' genoemd en relatief laag gelegen of harder dalende schollen zijn 'slenken'. De bewegingen van afzonderlijke schollen treden niet alleen continu op, maar af en toe ook schoksgewijs, waarbij aardbevingen optreden. Dat gebeurde bijvoorbeeld op 13 april 1992, toen in de buurt van Roermond op een diepte van ongeveer 20 kilometer een verschuiving van 10 à 18 centimeter plaats

vond, vermoedelijk langs de Peelrandbreuk. Deze ging gepaard met een relatief sterke aardbeving, die in nagenoeg heel Nederland en aangrenzende delen van België en Duitsland en zelfs in noordoostelijk Frankrijk en hier en daar in Engeland gevoeld werd. Uit waterpassingen en seismisch onderzoek is gebleken, dat zich aan weerszijden van de Peelrandbreuk een verplaatsing van gemiddeld een millimeter per jaar voordoet. Sinds het begin van het Kwartair, ongeveer 2,5 miljoen jaar geleden, bedraagt de totale verplaatsing van de schollen aan weerszijden van deze breuk niet minder dan 170 à 180 meter (BONGAERTS, 1993). Ten oosten van de Peelrandbreuk zijn steenkoollagen uit het Carbon, globaal van 359 tot 299 miljoen jaar geleden (ANONIEM, 2009), door tectoniek zodanig omhoog gekomen dat ze winbaar werden. Plaatselijk zijn hier dan ook steenkoolmijnen aangelegd, zowel in Duitsland (de Sophia Jacoba) als in Nederland (de Beatrix, die echter nooit in productie is genomen) (BOSSENBROEK & HERMANS, 1999).

De door tectoniek ontstane hoogteverschillen in de ondergrond zijn aan de oppervlakte grotendeels genivelleerd door rivieren, die de Nederrijnse Laagvlakte miljoenen jaren lang hebben opgevuld

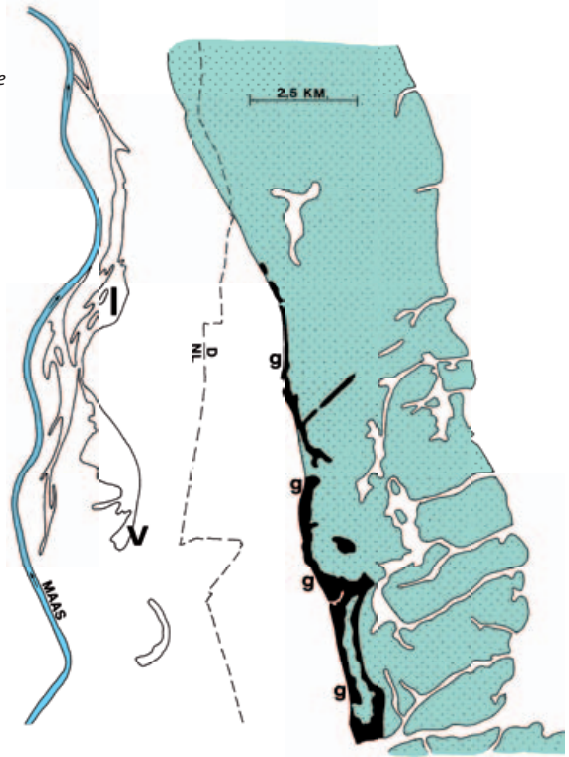


FIGUUR 1

De Nederrijnse Laagvlakte tussen de middelgebergten de Ardennen in het zuiden en het Bergisches Land in het oosten (VAN DE WEYER *et al.*, 1994).

FIGUUR 2

Glauconiethoudende afzettingen (g) aan de rand van de Haupt- en Mittelterrassen uit figuur 5 (GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN, KREFELD, 1984). Links de Maas met enkele oude Maaslopen, (STICHTING VOOR BODEMKARTERING, 1975). v=Vaalkuilen, l=Lommerbroek.



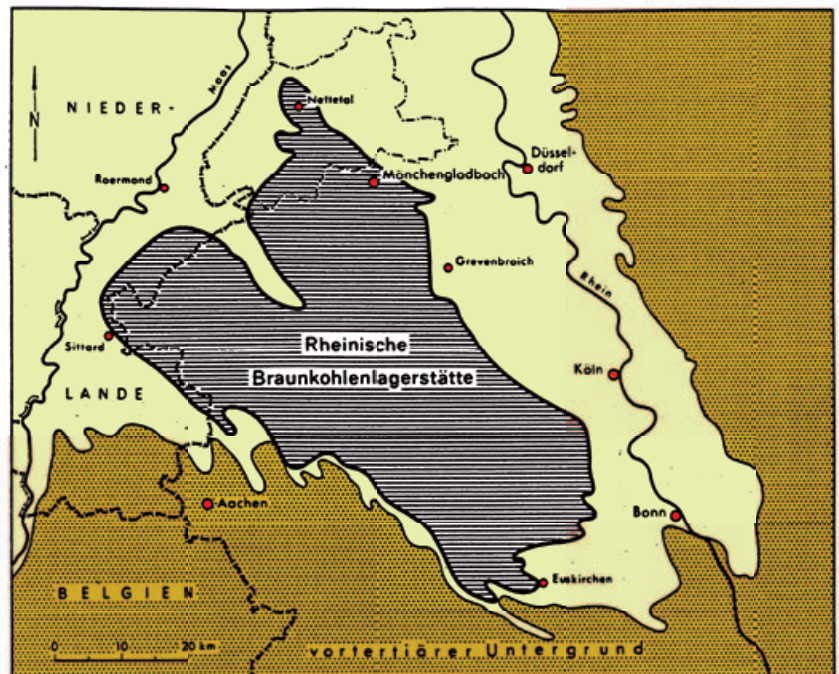
met materiaal dat van de omliggende gebergten af geërodeerd werd (ANONIEM, 1988) en door de wind, die dikke pakketten zand en löss op de oudere bodemlagen afzette. Toch zijn voor Nederlandse begrippen ook nu nog spectaculaire hoogteverschillen aanwezig. Zo ligt het hoogste punt op het 'hoogterras' in de Meinweg op 82 m + NAP., terwijl het 'midenterras' daar op ongeveer 50 m ligt en het 'laagterras' bij Roermond zelfs op slechts 10 à 30 m (SCHAMINÉE, 2009).

ZEEAFZETTINGEN

Gedurende het Oligoceen en het Mioceen, globaal 34 tot 5,3 miljoen jaar geleden (ANONIEM, 2009), werd de Nederrijnse Laagvlakte meermaals vanuit het noordwesten door de zee overstroomd, in het Oligoceen zelfs tot in de omgeving van Bonn. Daarbij werd in de laagvlakte marien materiaal afgezet (ANONIEM, 1988), waaronder zand- en kleilagen die 'Groenzanden' worden genoemd vanwege het groene mineraal glauconiet dat er veel in voorkomt. Later, toen de zee zich weer uit het Maas-Swalm-Nette gebied had teruggetrokken, werden de groenzanden in de slenken afgedekt door vaak dikke pakketten anderssoortige afzettingen. Het gaat dan bijvoorbeeld om door Maas en (vooral) Rijn aangevoerd zand en grind of door de wind afgezet zand of löss. Die afdekkende pakketten waren op de horsten in de regel veel dunner of zelfs afwezig. Dat komt enerzijds omdat rivieren vooral door de slenken stroomden en sedimentatie van rivierzand en grind dus vooral daar plaatsvond en anderzijds omdat op de horsten continu sprake was van erosie van de bovenste bodemlagen, die de aangrenzende slenken inspoelden. Aan de randen van horsten zijn de groenzanden door die erosie plaatselijk zelfs weer aan de oppervlakte komen te liggen. In het Maas-Swalm-Nette-gebied dagzomen ze bijvoorbeeld op hellingen tussen Wachtendonk en Viersen, tussen Wassenberg en Hückelhoven (VAN DE WEYER *et al.*, 1994) en ten oosten van Venlo [figuur 2].

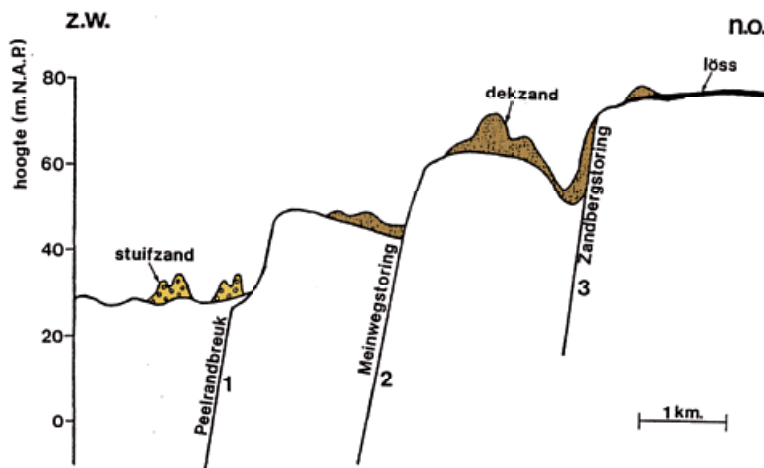
Gedurende het Mioceen, van ongeveer 23 tot 5,3 miljoen jaar geleden (ANONIEM, 2009), was de Nederrijnse Laagvlakte een ondiepe vlakke kustzone, die tectonisch vrij rustig was. De bodemdaling was daardoor gering en gelijkmatig. Het klimaat was warm en vochtig, waardoor weelderige veenmoerassen aanwezig waren in de toenmalige kustvlakte. De Boven-

Rijn waterde toen nog niet op deze vlakte af, omdat er nog een bergketen voor lag. De veenvorming in deze moerassen hield de bodemdaling gedurende vele miljoenen jaren bij, zodat dikke veenpakketten konden ontstaan. In het centrum hadden die een totale dikte van ongeveer 275 meter. Door samenpersing onder invloed van later op het veen afgezette bodemlagen en door inkoling werden ze omgezet in een ruim 100 meter dik pakket bruinkool. Ongeveer 8 miljoen jaar geleden brak de Bovenrijn door het gebergte heen en werden de veenmoerassen bedekt door grote hoeveelheden zand en klei, waardoor een einde kwam aan de veengroei (VAN ROOIJEN, 1989). Figuur 3 geeft een beeld van de globale verspreiding van bruinkool in de Nederrijnse Laagvlakte.



FIGUUR 3

Voorkomen van bruinkool in de ondergrond van de Nederrijnse Laagvlakte (ANONIEM, 1993).



FIGUUR 4

Dwarsdoorsnede van zuidwest (links) naar noordoost (rechts) over de Meinweg (Vereenvoudigd naar HERMANS, 1992).

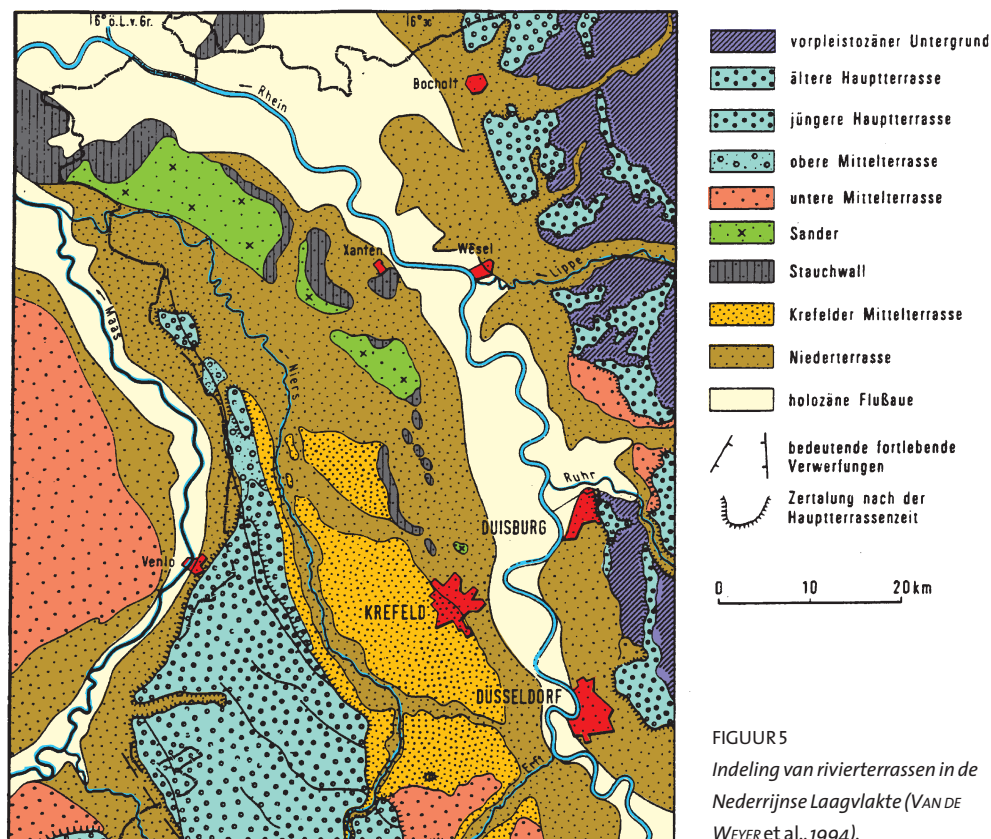
RIVIERERRASSEN

De hierboven besproken afzettingen zijn in een groot deel van het Grenspark Maas-Swalm-Nette en omgeving afgedekt door pakketten materiaal, die door de Maas en de Rijn met hun zijrivieren uit de omliggende gebergten werden aangevoerd (ANONIEM, 1988) en als een soort puinkegel op de laagvlakte werden afgezet (VAN DE WEYER *et al.*, 1994). De erosie in de gebergten en sedimentatie in de laagvlakte trad vooral in koude klimaatperioden op. Het Pleistoceen, van ongeveer 2,6 miljoen jaar tot 10.000 jaar geleden (ANONIEM, 2009), werd gekenmerkt door een aantal koude perioden of ijstijden, die afgewisseld werden door warmere tussenijstijden. Gedurende een ijstijd werden wereldwijd enorme hoeveelheden water vastgelegd in sneeuw en ijs en daalde de zeespiegel daardoor met tientallen meters. In een tussenijstijd steeg het zeeniveau weer door het smelten van het ijs. Over het algemeen daalde het zeeniveau iedere ijs-

tijd dieper dan in de voorafgaande en steeg de zee iedere tussenijstijd minder hoog dan de voorafgaande (DE GANS, 2006). De rivieren volgden de dalingen van de zeespiegel gedurende iedere ijstijd door zich diep in te gaan snijden, om vervolgens het gevormde dal weer op te vullen met zand, grind en klei. Omdat de zeespiegel iedere volgende ijstijd gemiddeld lager zakte en iedere volgende tussenijstijd minder ver omhoog kwam, vond geen volledige opvulling van de rivierdalen plaats en groeven de rivieren iedere

cyclus een nieuw, dieper dal dan het oude. Hierdoor ontstond het ook voor het Maas-Swalm-Nette gebied kenmerkende 'terrassenlandschap'. Doordat horsten hier tijdens het terrasvormingsproces door tectoniek omhoog kwamen, gleden rivieren en beken als het ware van die schollen af de aangrenzende slenken in. Zo stroomde de Roer oorspronkelijk door een dal, dat via het huidige Vlootbeekdal Nederland binnenkwam en vervolgens ongeveer vanaf Aerwinkel naar 'Landgoed Hoosden' liep. De Roer heeft iets verder naar het noordoosten als gevolg van tectonische verzakkingen een dieper in het landschap gelegen tak gevormd. Hierbij stooft het oorspronkelijke dal ongeveer 4.000 jaar geleden deels dicht en werd het verlaten. Slechts een reeks afzonderlijke depressies bleef er van over (DE MARS, 2006).

Veel schollen zijn in het verleden niet alleen horizontaal of verticaal langs elkaar geschoven, maar ze zijn vaak ook scheef gesteld, zoals in de Meinweg goed te zien is [figuur 4]. Daarbij zijn langs breuken vaak langgerekte laagten aanwezig, die in een aantal gevallen de loop van riviertjes en beken bepaald hebben. In figuur 8 is dit te zien voor de Meinweg. Een deel van de benedenloop van de Boschbeek volgt een breuk (Meinwegstoring), de 'Zandbergstoring', een zijtak van de bovenloop, gaat langs een andere breuk (Zandbergstoring) en ook de bovenloop van de Schaagbach volgt een breuk. Figuur 5 geeft een beeld van de belangrijkste terrassen die de Maas en haar zijrivieren stapsgewijs hebben ingesneden in het landschap. De 'Hauptterrassen' zijn het oudst en het hoogst gelegen. De 'Mittelterrassen' zijn jonger en lager gelegen, de 'Niederterrassen' nog jonger en lager gelegen. De recente, Holocene rivierdalen tenslotte liggen het diepst in het



FIGUUR 5

Indeling van rivierterrassen in de Nederrijnse Laagvlakte (VAN DE WEYER *et al.*, 1994).

FIGUUR 6

Thans grotendeels verdwenen hoogveen ten oosten van Roermond, Swalmen en Beesel volgens een 18^e-eeuwse kaart.

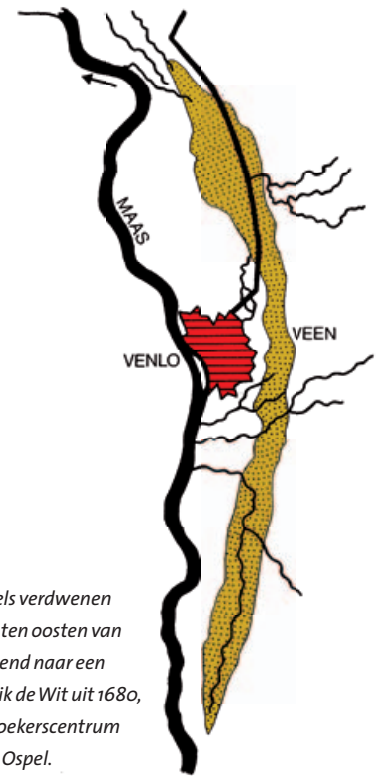


landschap. Aan de westzijde steekt het 'hoogterras' met een steilrand ongeveer 30 meter boven het niveau van de Maas uit (TEEUWEN, 1989).

Op figuur 5 is ook te zien dat de hogere terrassen een soort plateau vormen, waar de Maas in het westen en de Niers in het oosten langs stromen. In dit plateau bevindt zich onder een zandlaag van 3 à 12 meter dikte een kleilaag van 1,5 tot 4 meter. Daaronder volgt een zandpakket van circa 12,5 meter en nog dieper opnieuw een 'zeer dikke' kleilaag. Genoemde kleilagen, met namen als de 'Klei van Tegelen' en de 'Klei van Reuver', zijn afgezet gedurende het Reuverien (meer dan 2,5 miljoen jaar geleden), het Praetiglien en het Tiglien (TEEUWEN, 1989), van meer dan 2,5 tot ongeveer 1,8 miljoen jaar geleden (DE GANS, 2006).

WINDAFZETTINGEN EN VENEN

Tijdens de laatste ijstijd, die ongeveer 10.000 jaar geleden eindigde, was in het Maas-Swalm-Nettegebied en verre omgeving sprake van een toendraklimaat dat gekenmerkt werd door een schaarse begroeiing. In die tijd werden plaatselijk dikke pakketten zand en löss afgezet door de wind. Ze liggen als een deken over de oudere afzettingen heen en camoufleren grotendeels rivierterrassen, breuktreden en dergelijke. De in die tijd overheersende zuidwestenwin-



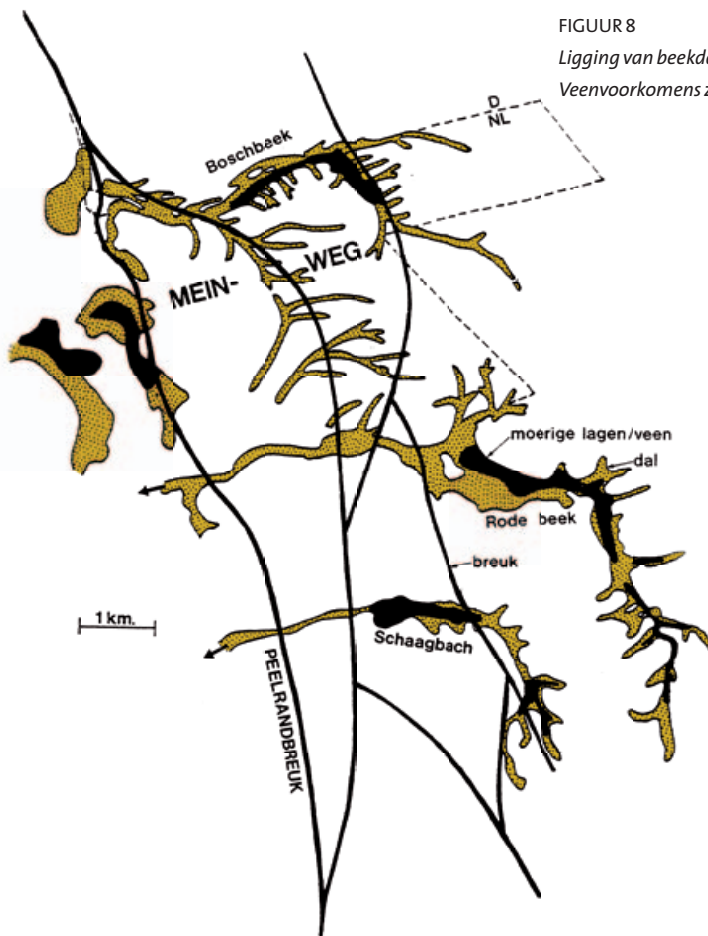
FIGUUR 7

Thans grotendeels verdwenen hoogveen (oker) ten oosten van Venlo, overgetekend naar een kaart van Frederik de Wit uit 1680, aanwezig in bezoekerscentrum 'Mijl op Zeven' in Ospel.

den zetten eerst grover materiaal af en verder naar het noordoosten fijner materiaal. In het Nederlandse deel van het gebied is dan ook overheersend dekzand en in het Duitse gedeelte over grote oppervlakten löss aanwezig (VAN DE WEYER *et al.*, 1994). Tijdens de vorming van het jongste, Holocene, rivierterras van de Maas en haar zijrivieren stoven grote hoeveelheden zand uit de dalen. Dit werd voor een deel afgezet als duincomplexen, bijvoorbeeld in de omgeving van Montfort (DE MARS, 2006), maar ook bij dorpen als Boukoul en Asenray. Deze duinen blokkeerden in veel gevallen de ontwatering van verder oostwaarts gelegen delen van oudere rivierterrassen, waardoor daar moeras- en plasvorming optrad en venen ontstonden. Aanvankelijk waren dat laagvenen, maar er vormden zich uiteindelijk ook flinke hoogvenen (GIESEN, 1995; 1996; DE MARS, 2006). Daarin werd eeuwenlang veel turf gestoken (GIESEN, 1995; 1996). Door die turfwinning, maar meer nog door ontginning en ontwatering zijn die venen nagenoeg volledig verdwenen (DE MARS, 2006). Figuur 6 geeft een beeld van een van die verdwenen venen, waarvan het tegenwoordige Blankwater bij Boukoul deel heeft uitgemaakt. Figuur 7 laat een veen zien, dat onderlangs de hoogterrasrand bij Tegelen en Venlo lag.

INVLOED VAN DE GEOLOGIE OP DE (GROND)WATERKWALITEIT

De hierboven geschetste geologie bepaalt ook tegenwoordig nog zaken als hoogteligging, geomorfologie, grond- en oppervlaktewaterkwaliteit en vegetatie. Zo bevat het glauconiet uit de beschreven 'groenzanden' veel ijzer. Miljoenen jaren lang werd een deel van dat ijzer door het grondwater van de horsten naar de slenken getransporteerd en daar bijvoorbeeld als ijzeroer afgezet. In figuur 2 is rechts (zeegroen) een horst te zien. In de zuidwestrand van die horst dagzomen ijzerrijke groenzanden. Links van de horst ligt een



FIGUUR 8

Ligging van beekdalen (oker) en breuken in de ondergrond in het gebied van de Meinweg. Veenvoorkomens zijn zwart weergegeven (Bron: VAN DE WEYER et al., 1994).

INVLOED VAN DE GEOLOGIE OP DE (GROND) WATERKWANTITEIT

Van diverse plaatsen is bekend, dat breuken min of meer waterdicht zijn en daardoor opstuwend werken voor grondwaterstromen. Dit komt soms door de aanwezigheid van door tectoniek scheef of zelfs bijna vertikaal gestelde klei- of leemlagen. Het kan ook komen doordat grondwater uit een dikke, goed doorlatende grindlaag aan de ene kant van de breuk zich in een dunne, veel minder goed doorlatende fijnzandige laag aan de andere kant van de breuk moet persen, wat voor opstuwung zorgt. Grondwater, dat als gevolg van de aanwezigheid van een breuk opwelt, wordt 'wijst' genoemd (MEUWISSEN & VAN DEN BRAND, 2003). Beekjes, die breuken en gebieden met wijst loodrecht kruisen, kunnen stroomopwaarts van de breuk drainerend werken en daar dus door kwel gevoed worden, terwijl ze stroomafwaarts daarvan infiltrerend werken en dus juist water naar de ondergrond verliezen. In het gebied van de Maas-Swalm-Nette vormt de Boschbeek hiervan een prachtig voorbeeld. In oktober 1993 waren infiltrerende gedeelten van dit beekje zelfs drooggevallen, terwijl drainerende trajecten verder stroomopwaarts nog waarneembaar stromend water bevatten (MEULEMAN et al., 1994). Het voorkomen van veen komt hier grotendeels mee

slenk, waarin de Maas stroomt en oude Maasmeanders liggen, zoals de Vaalkuilen ('v') en het Lommerbroek ('l'). Van nature bevatten grond- en oppervlaktewater ook op tal van andere plaatsen in het gebied van de Maas-Swalm-Nette veel ijzer. Vanwege het hoge ijzergehalte heten verschillende beken in en rond het gebied 'Rode Beek', zoals bijvoorbeeld de zijbeek van de Roer, die gedeeltelijk de Nederlands-Duitse grens vormt, de Rode Beek bij Nieuwstadt ten zuiden, en de Rode Beek bij Arcen ten noorden van het gebied. Verschillende 'rode beken' dragen die naam al eeuwen. Die bij Arcen werd bijvoorbeeld in 1360 al "Roidebecke" genoemd. In Ponth was in 1413 al sprake van een "Roedebeecke" en in of bij het Swalmmer Bos vóór 1555 van "den Roeden raem" (JANSSEN DE LIMPENS, 1965). Ook beken, die tegenwoordig andere namen hebben, heetten vroeger soms 'Rode beek', zoals de Maasnielder Beek bij Asenray (RENES, 1999). Veel kwelgebieden in en rond het Maas-Swalm-Nettegebied zijn vanwege de ijzerrijke kwel zeer rijk aan ijzeroer. Dit werd in de 19^e en 20^e eeuw op diverse plaatsen op industriële schaal gewonnen, bijvoorbeeld bij Schandelo, net stroomafwaarts van de Vaalkuilen [figuur 2], in het Meerlebroek en bij Boukoul (VAN DEN MUNCKHOF, 2000). Hoge ijzergehalten kunnen in kwelgebieden giftig zijn voor bepaalde plantensoorten. Andere soorten, zoals Gewone dotterbloem (*Caltha palustris*), Holpijp (*Equisetum fluviatile*) en Grote boterbloem (*Ranunculus lingua*) zijn juist ijzertolerant (LUCASSEN et al., 2006) en derhalve goed aangepast aan de ijzerrijke kwel in het gebied van de Maas-Swalm-Nette. IJzer kan fosfaten aan zich binden, waardoor ijzerrijke kwelmilieus vaak fosfaatarm zijn. Veel in deze tijd van zware overbemesting zeldzamer wordende planten- en diersoorten zijn afhankelijk van dergelijke milieus (VAN DEN MUNCKHOF, 2000).

overeen. Stroomopwaarts van breuken, waar grondwatertoevoer is, zijn de condities voor veenvorming immers het best. Figuur 8 geeft het voorkomen van veen- en moerige lagen weer in onder andere de dalen van Bosch- en Rode Beek en de Schaagbach. Uit het voorkomen van veen blijkt hier dat het in de middenloop van de Boschbeek doorgaans natter is dan in de bovenloop en in de benedenloop. Wijst speelt niet alleen in de duidelijke dalen zoals dat van de Boschbeek een rol, maar ook in de kleinere dalvormige laagten zonder veen uit figuur 8. Beenbreuk (*Narthecium ossifragum*) lijkt in de Meinweg een wijstindicator te zijn. Ze komt of kwam er alleen vlakbij breuken voor, namelijk in het Paardengat, het Gagelveld en langs het Nartheciumbeekje ter hoogte van de Meinwegstoring en in de Zandbergslenk bij de Zandbergstoring (eigen waarnemingen 1989, 1987, 2008-2010 respectievelijk 1983; HERMANS, 2007).

CONCLUSIE

Vanwege de eigenschappen van het grondwater en de aanwezigheid van ondoordringbare bodemlagen, breuken en dekzandruggen, die de waterafvoer geheel of gedeeltelijk blokkeren, worden op veel plaatsen in het Grenspark Maas-Swalm-Nette natte en min of meer voedselarme omstandigheden aangetroffen, vaak met veenvorming. Veel in dit themanummer besproken natuurgebieden danken hun hoge natuurwaarde hieraan, zoals bijvoorbeeld Luzekamp, Boschbeekdal, Elmpeter Bruch, Roerdal, Herkenbosscherbroek, Vlootbeekdal, Blankwater, Heidemoore, Krickenbecker Seen, Rode Beek en het Kitschbach-systeem. In veel opzichten vormt grondwater het 'bloed' dat deze gebieden in leven houdt. Helaas wordt dit

onmisbare vocht op steeds grotere schaal door de mens onttrokken aan het Maas-Swalm-Nettegebied, waardoor natuurgebieden plaatselijk dood dreigen te bloeden. Zo worden enorme massa's grondwater permanent, al decennialang, weggepompt uit de gigantische bruinkoolgroeven, die in Duitsland op relatief geringe afstand van het Grenspark liggen. Om te voorkomen dat bijvoorbeeld

de bronnen van de Swalm daardoor droogvallen, wordt tussen de dichtstbijzijnde groeve (Garzweiler) en het oorspronggebied van dit riviertje weliswaar water geïnfilterd (ANONIEM, 1993), maar dat heeft een heel andere samenstelling dan het weggepompte water. Er vindt als het ware bloedtransfusie plaats met de verkeerde bloedgroep, met 'bloedvergiftiging' (eutrofiëring) tot gevolg.

Summary

THE GEOLOGY OF THE MAAS-SWALM-NETTE NATURE PARK

The subsoil of the 'Grenspark Maas-Swalm-Nette' nature park is divided into a number of blocks, separated from each other by faults. The most important fault is the Peel Boundary Fault, which separates the relatively low-lying Roer Valley Graben from the higher Peel Block. Different movements of blocks on both sides of faults can cause clay smearing in the subsurface. Such faults form major barriers to groundwater flow. On high blocks, elongated seepage zones can be found along these faults.

Millions of years ago, thick layers of marine sediments, lignite and clay were deposited in the area. Because of large differences in the tectonic uplift of the blocks, these sediments are found nowadays at different depths on both sides of faults. At places where clay is present near the surface, these layers can make infiltration of rainwater impossible or almost impossible.

Rivers like the Meuse, Roer, Swalm and Nette have created several river terraces in the area under study. Different movements of blocks on both sides of faults, in combination with the formation of cover sand ridges, have altered the course of some of these rivers, for example the Roer between Aerwinkel and Hoosden. There we find an old river bed of the Roer, divided into a number of depressions by cover sand ridges. East of the River Meuse, many river dunes are present on an old river terrace, blocking the natural drainage of the river terrace in several places. Over millions of years, the rivers caused erosion of the higher blocks and sedimentation in the lower ones. The highest river terrace in the 'Meinweg' area lies at about 82 m above sea level, while a lower terrace is situated at about 50 m and the lowest terrace at about 10 to 30 m above sea level.

Fens developed under very wet conditions in many remnants of old river beds, blocked river terraces and seepage zones along faults. The groundwater in these zones is

often rusty brown, caused by the presence of iron-rich marine sediments in the high blocks. The iron caused the water to become nutrient-poor by binding phosphate, allowing some bogs to develop. Human activities, like lignite mining, caused water tables to drop in many places, but in a number of nature reserves one can still find fens and bogs, while between the rivers, there are large areas with drier ecosystems.

Literatuur

- ANONIEM, 1988. Hydrogeologie des Kreises Heinsberg. Erftverband, Bergheim.
- ANONIEM, 1993. Braunkohlentagebau Garzweiler II. Technisch beherrschbar? Ökologisch verträglich? Amt für Planung und Umwelt, Abteilung für Raum- und Strukturplanung, Viersen.
- ANONIEM, 2009. De Bosatlas van ondergronds Nederland. Noordhoff Uitgevers B.V., Groningen.
- BONGAERTS, H., 1993. Seismologisch onderzoek van de aardbeving van 13 april 1992. Heemkundevereniging Roerstreek, Sint-Odiliënberg, Jaarboek Roerstreek '93: 25-38.
- BOSSENROEK, PH. & J.T. HERMANS, 1999. Nationaal Park De Meinweg. Natuurhistorisch Maandblad 88 (12): 282-288.
- GANS, W. DE, 2006. Geologieboek Nederland. ANWB B.V., Den Haag.
- GEOLOGISCHES LANDESAMT NORDRHEIN-WESTFALEN, 1984. Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:100 000, Blatt C 4702 Krefeld, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- GIESEN, L., 1995. De strijd om de gemene gronden in het Gelders-Gulikse grensgebied 1455-1552. Heemkunde Vereniging Maas- en Swalmdal, Beesel. Jaarboek 15: 100-129.
- GIESEN, L., 1996. De strijd om de gemene gronden in het Gelders-Gulikse grensgebied 1550-1585. Heemkunde Vereniging Maas- en Swalmdal, Beesel. Jaarboek 16: 121-1142.
- HERMANS, J.T., 1992. De libellen van de Nederlandse en Duitse Meinweg (Odonata). Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, Maastricht.
- HERMANS, J.T., 2007. Voorkomen en standplaats van Beenbreek in de Meinweg. Natuurhistorisch Maandblad 96 (6): 153-157.
- JANSSEN DE LIMPENS, K.J.TH., 1965. Rechtsbronnen

van het Gelders Overkwartier van Roermond. Kemink en Zoon N.V., Utrecht.

- LUCASSEN, E., A. SMOLDERS, G. BOEDELTIJE, P. VAN DEN MUNCKHOF & J. ROELOFS, 2006. Groundwater input affecting plant distribution by controlling ammonium and iron availability. *Journal of Vegetation Science* 17: 425-434.
- MARS, H. DE, 2006. De vorming van het natuurlijk landschap. In: Montfort. Een kasteel en zijn landschap. Stichting Kasteel Montfort, Montfort & Stichting het Limburgs Landschap, Lomm: 18-35.
- MEULEMAN, A.F.M., J.W. KOOIMAN, C.M.L. MESTERS, P.J. STUYFZAND & F. LÜERS, 1994. Verdrogingsproject Meinweg. Systeemanalyse en plan van aanpak. KIWA N.V., Onderzoek en Advies, Nieuwegein.
- MEUWISSEN, I.J.M. & L. VAN DEN BRAND, 2003. Brabantse Wijstgronden in beeld. Inventarisatie en verkenning van de aanpak. Waterschap de Aa, Boxtel.
- MUNCKHOF, P. VAN DEN, 2000. Glauconiethoudende afzettingen in de Peelregio. Een ijzersterke basis voor behoud en ontwikkeling van voedselarme, natte milieus! *Natuurhistorisch Maandblad* 89 (3): 43-52.
- RENES, J., 1999. Landschappen van Maas en Peel. Een toegepast historisch-geografisch onderzoek in het streekplangebied Noord- en Midden-Limburg. Uitgeverij Eisma B.V., Leeuwarden / Stichting Maaslandse Monografieën, Maastricht.
- ROOIJEN, P. VAN, 1989. Bruinkool; ontstaan en voorkomen. *Grondboor en Hamer* 43: 339-341.
- SCHAMINÉE, J.H.J., 2009. Meinweg. In: J.H.J. Schaminée & J.A.M. Janssen (red.), 2009. Europese natuur in Nederland. Hoog Nederland. *Natura 2000-gebieden*. KNNV Uitgeverij Zeist: 180-183.
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING, 1975. Bodemkaart van Nederland 1: 50 000, blad 52 Oost Venlo. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- TEEUWEN, P.J.M., 1989. De klei-afzettingen in Tegelen en de regio en hun betekenis voor de grofke-ramische industrie in Noord- en Midden-Limburg. *Grondboor en Hamer* 43: 269-285.
- WEYER, K. VAN DE, G. HECKMANN, L. REYRINK, L. RUIJNIA, P. VAN DEN MUNCKHOF & J. CARIS, 1994. Grensoverschrijdend ecologisch basisplan Maas-Swalm-Nette / Grenzüberschreitender ökologischer Basisplan Maas-Schwalm-Nette. Lana.plan, Nettetal / Ingenieursbureau Oranjewoud BV, Oosterhout & Biologische Station Krickenbecker Seen eV, Nettetal.