



Systeembeschrijving van de stuwwal van Ootmarsum



Systeembeschrijving van de stuwwal van Ootmarsum

Verslag van de deskundigenbijeenkomst op 17 december 2014

T. de Meij¹⁾, C. den Otter²⁾, C.W. Stroet³⁾ en M.A.P Horsthuis⁴⁾

1 Provincie Overijssel

2 voorheen Rijks Geologische Dienst

3 Royal HaskoningDHV

4 Unie van Bosgroepen

Provincie Overijssel,
Zwolle, januari 2015



Referaat

Meij, T de, C. den Otter, C.W. Stroet & M.A.P. Horsthuis (2015). Systeembeschrijving van de stuwwal van Ootmarsum. Verslag van de deskundigenbijeenkomst op 17 december 2014. Provincie Overijssel, Zwolle.

Op woensdag 17 december 2014 heeft een deskundigenbijeenkomst plaatsgevonden over de geologie, de hydrogeologie en de hydro-ecologie van de stuwwal van Ootmarsum. Tijdens deze bijeenkomst zijn bestaande inzichten met elkaar gedeeld en geïntegreerd tot een conceptueel model van de stuwwal van Ootmarsum. Het conceptuele model geeft een basis voor beoordeling van de mogelijke interactie tussen de stijghoogte van het regionale grondwater in de slenk van Reutum (ten westen van de stuwwal) en het freatisch grondwater op de stuwwal, met name in bronnen en grondwaterafhankelijke vegetaties. Dit rapport bevat een verslag van de presentaties met nadere toelichting, een beschrijving van het conceptuele model en de conclusies van de deskundigenbijeenkomst.

Bovenste foto omslag (M.A.P. Horsthuis): Bronnen bij de Strengen, ontstaan na inrichting van een voormalige maïsakker, op het hoogste punt van de stuwwal van Ootmarsum. Het voorkomen van bronnen op deze plek is te verklaren door de hoge weerstand van de stuwwal, die voor een belangrijk deel bestaat uit slecht doorlatende Tertiaire klei.

Onderste foto omslag (T. de Meij): Helling bij de molen van Bels met peilbuizen in een bron op de flank van het dal van de Mosbeek (links). Dit gebied ligt op de overgang van gestuwde sedimenten naar de slenk van Reutum. In de peilbuizen worden stijghoogtes gemeten van minstens enkele decimeters boven maaiveld.

Inhoudsopgave

Inleiding.....	7
1. Geologie van de stuwwal van Ootmarsum	9
1.1 Ontstaan van een stuwwal	9
1.2 Opbouw van de stuwwal van Ootmarsum	12
1.3 Geologie van het dal van de Mosbeek	15
1.4 Samenvatting.....	16
2. Hydrogeologie van de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum	18
2.1 Grondwater in de slenk en op de stuwwal.....	18
2.2 Afvoeren van de Mosbeek.....	20
2.3 Interactie tussen de slenk en de stuwwal	21
2.4 Samenvatting.....	23
3. Hydro-ecologie van bronnen en beken op de stuwwal.....	25
3.1 Grondwaterafhankelijke vegetaties	25
3.2 Bronnen in het landschap.....	25
3.3 Standplaatscondities	26
3.4 Verdroging van bronnen.....	27
3.6 Samenvatting.....	29
4. Conceptueel model	31
Conclusies.....	34
Literatuur	35
Bijlage - Deelnemers deskundigenbijeenkomst	37

Inleiding

De stuwwal van Ootmarsum staat bekend om het voorkomen van bronnen met permanent natte en zwak zure tot basenrijke omstandigheden, waardoor vegetaties voorkomen die op Europees niveau bijzonder zijn. Opvallend is dat deze bronnen ook hoog op de stuwwal voorkomen, anders dan bijvoorbeeld de bronnen en sprengen op de stuwwal van de Veluwe, die lager op de flanken ontspringen. In de afgelopen vijftien jaar zijn op verschillende plekken op de stuwwal lokale herstelmaatregelen uitgevoerd die hebben geleid tot succesvol herstel van de hydrologie van bronnen (Eysink et al. 2012).

In 1961 werd aan de westkant van de stuwwal begonnen met het onttrekken van grondwater ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening. Daarnaast zijn in de loop der jaren vele ingrepen uitgevoerd om de waterhuishouding voor de landbouw te verbeteren, ook op de stuwwal zelf. Vegetatieontwikkelingen in bronnen en grondwaterafhankelijke systemen op de stuwwal geven aan dat op verschillende locaties verdroging is opgetreden.

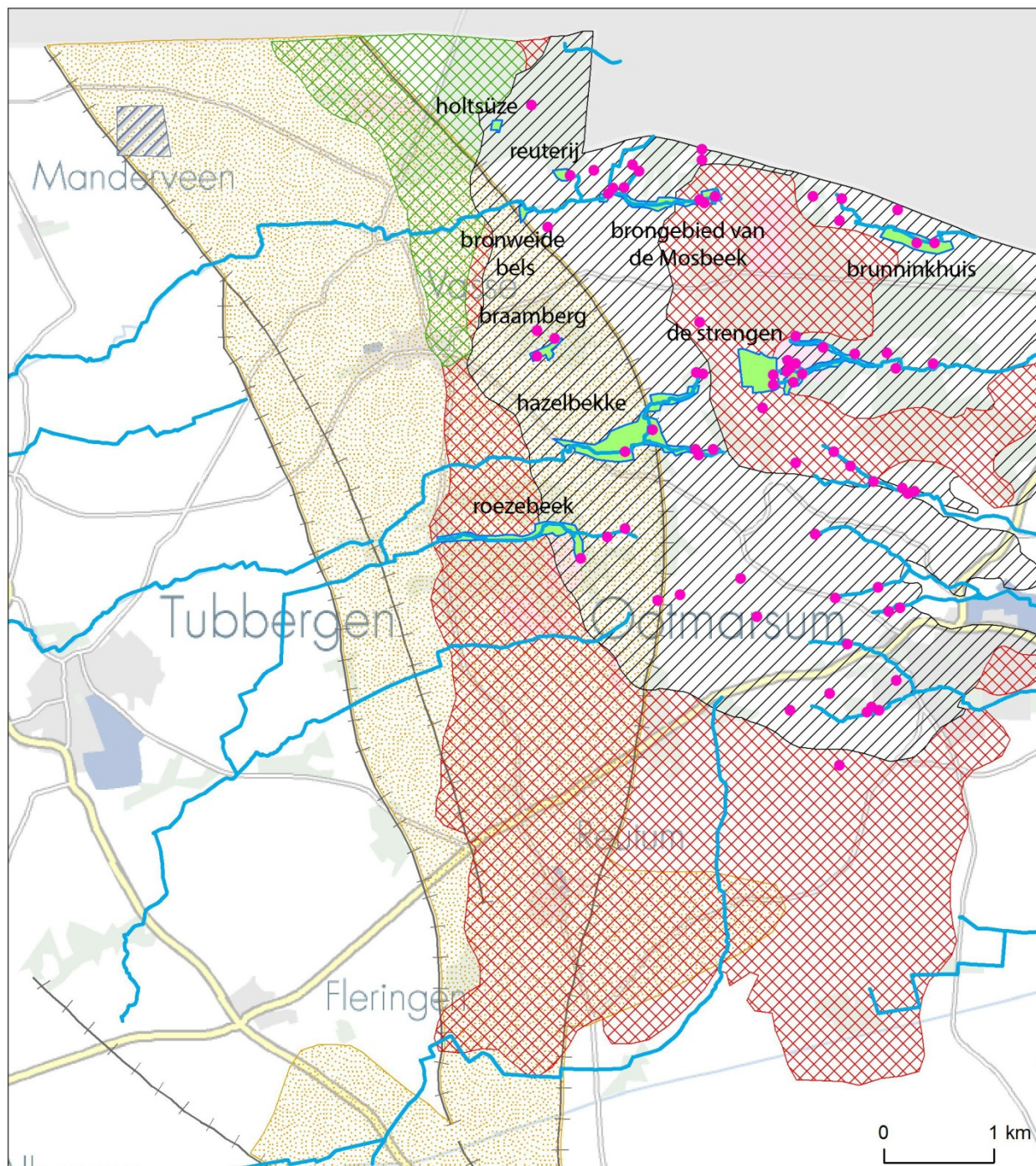
Inmiddels is veel onderzoek gedaan naar de invloed van ingrepen in de waterhuishouding op de bronnen en grondwaterafhankelijke vegetaties op de stuwwal. Met name de mogelijke invloed van de grondwaterwinning bij Mander is uitgebreid onderzocht (Broks, 1991; 1992; Stroet & Grube, 2004).

Op woensdag 17 december 2014 is een deskundigenbijeenkomst georganiseerd om de beschikbare kennis van de geologie, de hydrogeologie en de hydro-ecologie van de stuwwal van Ootmarsum bij elkaar te brengen. Het doel van deze dag was om een gezamenlijk conceptueel beeld te vormen van het hydrologisch systeem van de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum.

Dit rapport geeft een samenvatting van de kennis die is gedeeld tijdens de deskundigenbijeenkomst. De opbouw van de tekst volgt het programma van de dag. De eerste drie hoofdstukken geven een samenvatting van presentaties door onafhankelijke deskundigen over de geologie (Hoofdstuk 1, Cees den Otter), de hydrogeologie (Hoofdstuk 2, Ron Stroet) en de hydro-ecologie (Hoofdstuk 3, Marcel Horsthuis) van de stuwwal van Ootmarsum.

Hoofdstuk 4 beschrijft het conceptuele model van de hydrologie van de stuwwal en de mogelijke interactie met de stijghoogte in de slenk van Reutum. Dit model is het gezamenlijke resultaat van kennisuitwisseling tussen de aanwezigen. Tenslotte worden de conclusies weergegeven die aan het eind van de bijeenkomst door de deelnemers gezamenlijk zijn geformuleerd.

Het verslag is beoordeeld door de deelnemers aan de deskundigenbijeenkomst om na te gaan of de tekst een juiste weergave geeft van de kennis die is gepresenteerd en of kennisleemten goed zijn verwoord. De eindverantwoordelijkheid voor de inhoud en eventuele onvolkomenheden ligt bij de eerste auteur van dit verslag.



Legenda

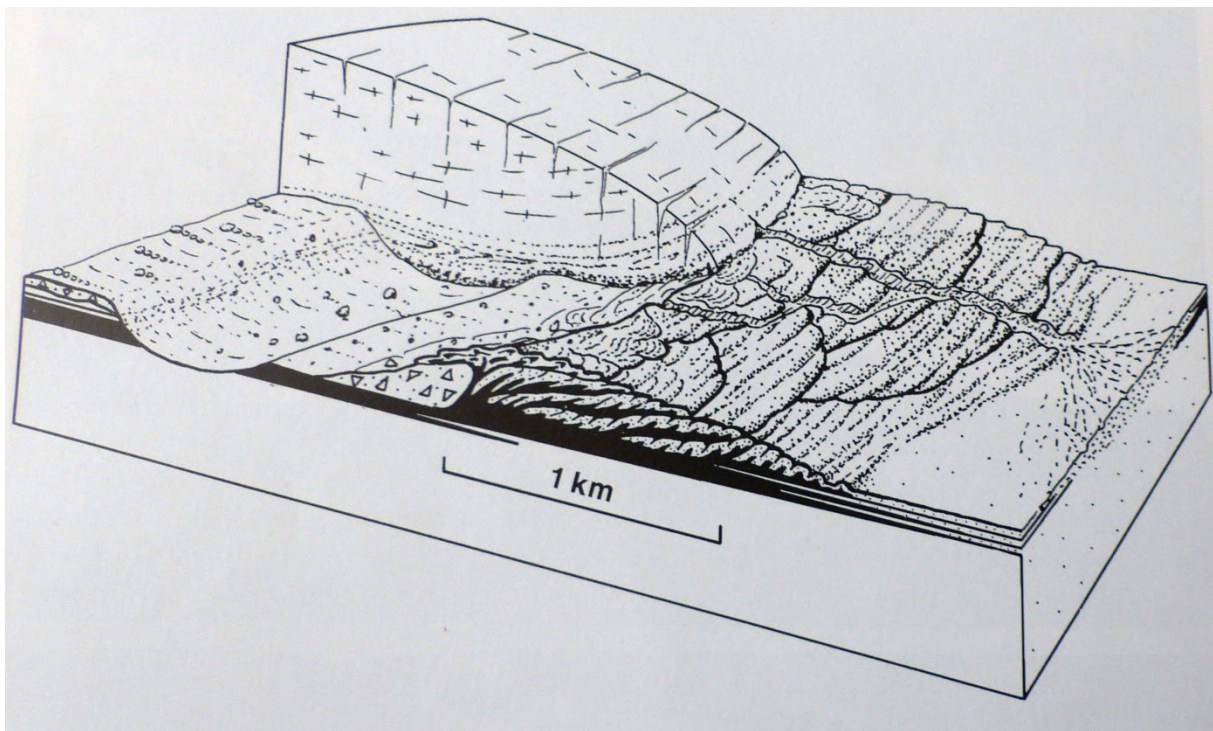
- | | | | |
|---|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| ● bron | gestuwde formaties | formatie van scheemda | puttenveld Manderveen |
| beek | grondmorene | breuklijn | |
| brongebied | smeltwaterzanden | | |

Figuur 1. Ligging van de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum. Geologische informatie overgenomen uit van den Berg en den Otter (1993)

1. Geologie van de stuwwal van Ootmarsum

1.1 Ontstaan van een stuwwal

De stuwwal van Ootmarsum is ontstaan in de voorlaatste ijstijd (het Saalien) toen Nederland voor het laatst werd bedekt met landijs. Vorming van stuwwallen op zachte, vervormbare sedimenten komt in de huidige tijd nauwelijks meer voor, ijsranden trekken zich wereldwijd terug. Een uitzondering is de Holmströmbreen op Spitsbergen die goed is onderzocht door Nederlandse geologen (van der Wateren, 1992). Deze gletsjer kan min of meer als model dienen voor het ontstaan van de Nederlandse stuwwallen (Figuur 2).



Figuur 2. Blokdiagram van de Holströmbreen (Spitsbergen), een actieve aangroeiende gletsjer in zachte sedimenten (overgenomen uit van der Wateren, 1992).

Het ontstaan van een stuwwal wordt geschetst aan de hand van de Holströmbreen, waarbij we ons beperken tot kenmerken die relevant zijn voor de stuwwal van Ootmarsum. De tekst verwijst naar de coderingen op de geologische kaart (Tabel 1). Alle grondsoorten waarvan het ontstaan samenhangt met de Saalien-landijsbedekking worden gerekend tot de Formatie van Drente (code Dr). Op de geologische kaart en in de bijbehorende profielen zijn ze altijd (licht- of donker) roze gekleurd.

Een stuwwal ontstaat doordat gletsjertongen vanuit de rand van een landijsijskap een gebied binnen dringen. Daarbij schuren ze een diep glaciaal bekken uit. De sedimenten uit het bekken worden opgestuwd tot een hoge stuwwal (Gmot). De sedimenten worden daarbij niet alleen verplaatst, maar ook sterk vervormd.

Dichtbij de ijstong vormen zich in de stuwwal dekbladachtige overschuivingen of dakpansgewijs gestapelde schubben. Verder van het ijsfront vandaan is de druk minder groot en worden plooien gevormd die geleidelijk afnemen in grootte (Figuur 2, rechterzijde blokdiagram).

Tabel 1. Betekenis van de codes op de geologische kaart en geologische dwarsprofielen (van den Berg & den Otter, 1993)

Code	Betekenis
Gmot/GMo/Gt	Gestuwde sedimenten. In de profielen: <u>G</u> mot= <u>G</u> estuwde <u>M</u> idden- en <u>O</u> nder Pleistocene en <u>T</u> ertiaire formaties. Op de geologische kaart is een onderscheid gemaakt tussen: <u>G</u> mo = <u>G</u> estuwde <u>M</u> idden- en <u>O</u> nder Pleistocene formaties (zand) en <u>G</u> t= <u>G</u> estuwde <u>T</u> ertiaire formaties (klei). Deze vormen de kern van de stuwwal van Ootmarsum
Dr6	Grondmorene (vaak keileem). Door en onder het landijs gevormde sedimenten die na het afsmelten van het landijs zijn achtergebleven
Dr7	Algemene codering voor smeltwaterzanden. Dit zijn sedimenten die door verspoeling zijn afgezet op en voor de stuwwal
Dr7s	Smeltwaterzanden die voorafgaand aan de komst van het landijs in sandrvlakten zijn afgezet

Een stuwwal is asymmetrisch van opbouw. Dichtbij de voormalige ijsrand langs het bekken is de vervorming het grootst. De schuifvlakken die de schubben begrenzen hellen in de richting van het bekken. De afzonderlijke schubben zijn vaak intern vervormd (Figuur 3).

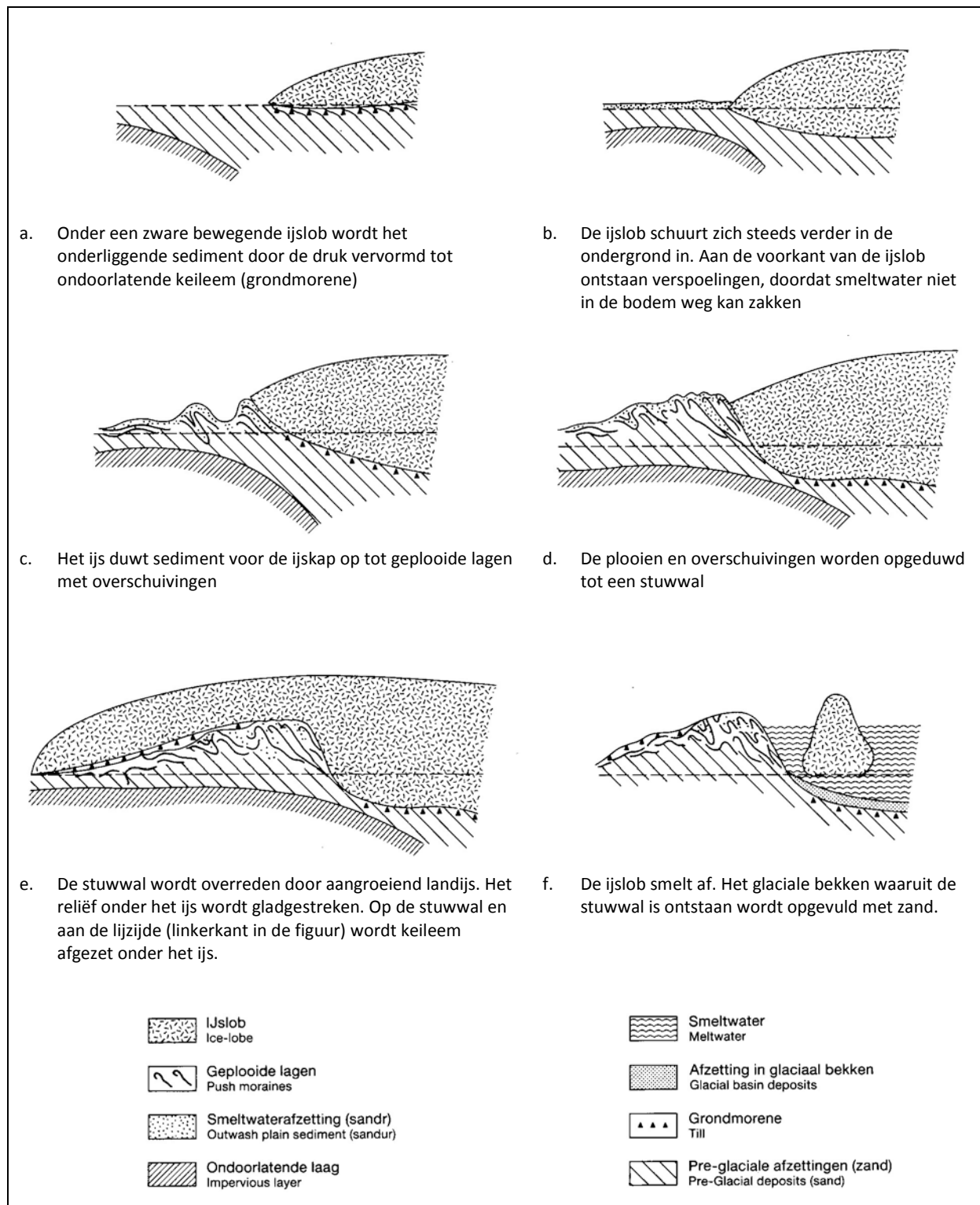
De laaggrenzen en de schubgrenzen lopen min of meer parallel aan de voormalige ijsrand. Op grotere afstand van de ijsrand ontstaan plooien. Deze plooien lopen parallel aan de ijsrand. In een ontsluiting van de ondergrond zijn de plooien herkenbaar doordat de helling van de gestuwde lagen aan beide zijden van de plooi tegengesteld is (Figuur 3 c en d).

In de vlakte voor het landijsfront worden waaiers van smeltwaterzanden afgezet door smeltwaterstromen die zich steeds weer verleggen. Een dergelijke vlakte en de bijbehorende afzettingen worden sandr genoemd. In een latere fase, als de landijskap zich uitbreidt, kunnen deze smeltwaterzanden door het ijs overreden worden en kan er grondmorene op worden afgezet. Soms worden deze zanden meegestuwd (Dr7s).

Ook tijdens de stuwing kunnen zich smeltwaterstromen vormen. Het water stroomt over de gestuwde afzettingen heen naar het laagland buiten de stuwwal. De stuwwal wordt hierbij deels geërodeerd. Het grovere materiaal uit de smeltwaterstromen wordt grotendeels aan de voet van de stuwwal als een waaier afgezet, maar het kan ook al op de stuwwalflank achterblijven (Dr7).

Tijdens en na het afsmelten van het landijs worden opnieuw grote hoeveelheden smeltwaterzanden gevormd. Ze onderscheiden zich van de sandrafzettingen door hun ligging boven het niveau van de grondmorene (Dr7).

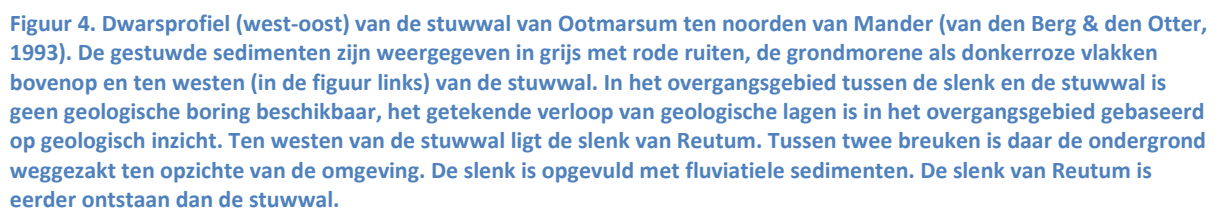
Grondmorene (code Dr6) is de verzamelnaam voor alle door en onder het landijs gevormde sedimenten die na afsmelten van het landijs achterblijven. Vaak bestaan ze uit divers materiaal (leem, zand, stenen) dat door het voortschuivende landijs uit de ondergrond is losgetrokken. De meest voorkomende en meest kenmerkende grondmorene is keileem. Dit is grofzandige leem met grind en stenen. Zeer zandige grondmorene wordt lokaal morene genoemd, deze is vaak goed doorlatend. Plaatselijk bestaat de lokaal morene geheel uit opgenomen tertiair materiaal. Indien de stuwwal na opstuwing door het aangroeiende landijs wordt overreden komt ook bovenop de stuwwal grondmorene voor. Dit is ook gebeurd bij de stuwwal van Ootmarsum.



Figuur 3. Schematische voorstelling van de opeenvolgende stadia van het ontstaan van een stuwwal in Oost-Nederland (overgenomen uit van den Berg & den Otter, 1993). Meer informatie over het ontstaan van stuwwallen is te vinden in Bakker (2004) en van der Wateren (1992).

De stuwwal van Ootmarsum is ontstaan in de voorlaatste ijstijd (het Saalien). In de laatste ijstijd (Weichselien) werd Nederland niet bedekt door gletsjers, maar was de ondergrond wel permanent bevroren (permafrost). Neerslag en sneeuwsmelwater kon daardoor niet in de bodem doordringen en er ontstonden oppervlakkige smeltwaterstromen. Vanaf de stuwwal stroomden enorme hoeveelheden erosiemateriaal als een met water verzadigde brij het laagland in, waardoor ruime en

1.2 Opbouw van de stuwwal van Ootmarsum



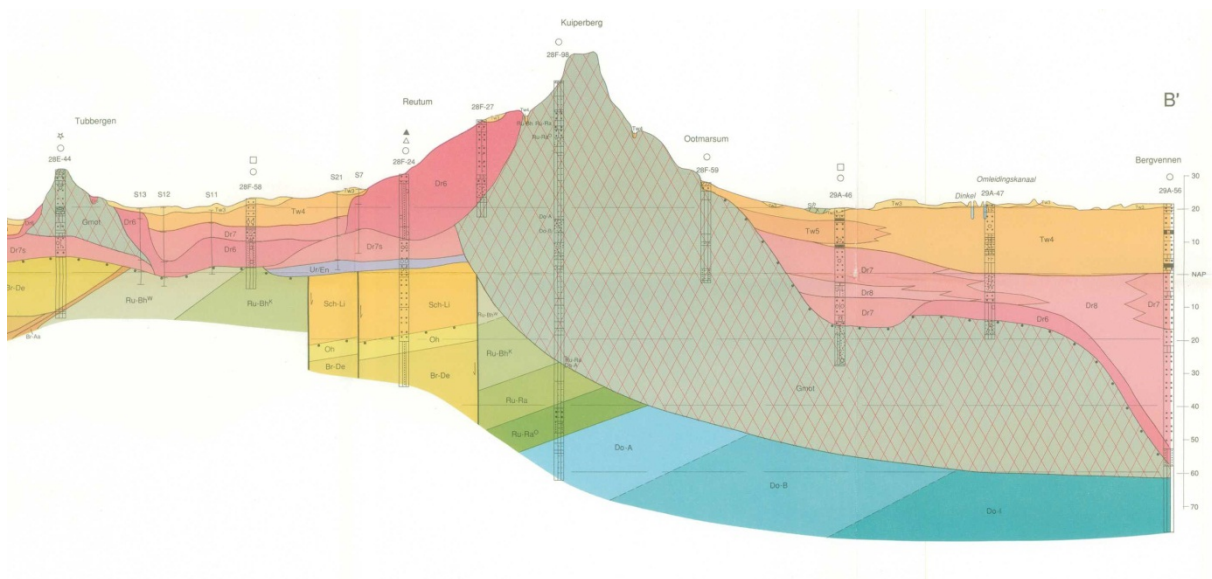
Anders dan bijvoorbeeld de Sallandse heuvelrug en de stuwwal van de Veluwe, die vooral uit rivierzanden zijn opgebouwd, bestaan de beide Twentse stuwwallen voor een groot deel uit zeer ondoorlatende Tertiaire diepzeeklei.

12

Aan de westkant van de stuwwal zijn grove smeltwaterzanden afgezet (Dr7). Meer naar het westen, ten noordwesten van Mander, ligt een laag grondmorene (Dr6, donkerroze) die is ingesloten in de smeltwaterzanden. Door latere erosie door smeltwaterstromen kan deze grondmorene hier en daar onderbroken zijn. Het is waarschijnlijk geen aaneengesloten ondoorlatende laag. De grondmorene is bovendien zeer variabel van samenstelling. Ook aan deze kant van de stuwwal bestaan de bedekkende lagen uit sneeuwsmelwaterafzettingen (Tw4) en dekzand (Tw3) uit de laatste ijstijd.

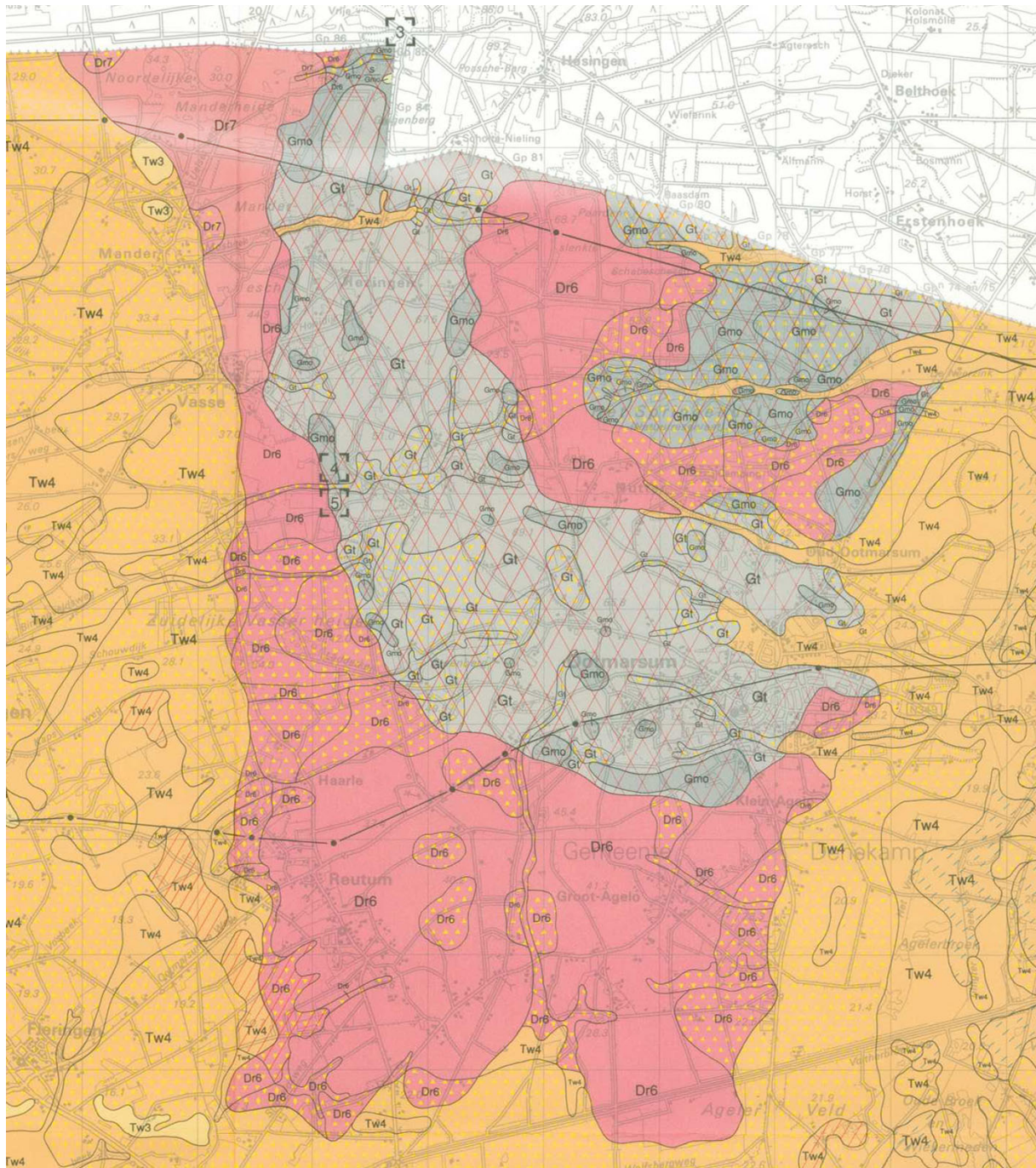
Het dwarsprofiel toont aan de westzijde van de stuwwal in de ondergrond een slenk tussen twee breuklijnen. Dit is de slenk van Reutum. In de slenk is de ondergrond tussen beide geologische breuklijnen gedaald ten opzichte van de omgeving. Onderin de slenk liggen kwartzanden uit de Formatie van Scheemda (Sch, geel) die in een kustnabije zee zijn gevormd. Door de diepe ligging zijn deze zanden niet geërodeerd. Uit de dikte van het pakket grove, fluviaatiele zanden van de Formaties van Urk en Enschede (Ur/En, paars) blijkt dat de bodemdaling in de slenk nog doorging tijdens een deel van de vorming van dit pakket. De sedimentpakketten in de slenk van Reutum zijn zeer goed doorlatend, het grondwater dat bij Mander wordt onttrokken is afkomstig uit deze goed doorlatende zanden.

Op grond van de beschikbare geologische kennis is er geen reden om aan te nemen dat de slenk in de ondergrond invloed heeft gehad op de vorming van de stuwwal. Het voorkomen van de slenk van Reutum naast de stuwwal van Ootmarsum is naar alle waarschijnlijkheid toeval. Voor zover bekend is de stuwwal van Ootmarsum de enige stuwwal ter wereld die naast een slenk ligt.



Figuur 5. Dwarsprofiel stuwwal van Ootmarsum ter hoogte van Reutum-Ootmarsum (Van den Berg & den Otter, 1993).

Het tweede dwarsprofiel over de stuwwal (figuur 5) laat een dik pakket grondmorene (Dr6, donker roze) zien aan de westkant van de stuwwal. Ook hier is de grondmorene zeer variabel van samenstelling. De grondmorene ligt op een vrij dun pakket smeltwaterzanden (Dr7s, roze). Daaronder ligt een nog dunner pakket grove zanden van de Formaties van Urk en Enschede (Ur/En, paars). In de slenk ligt een pakket zanden van de Formatie van Scheemda (Sch, geel).

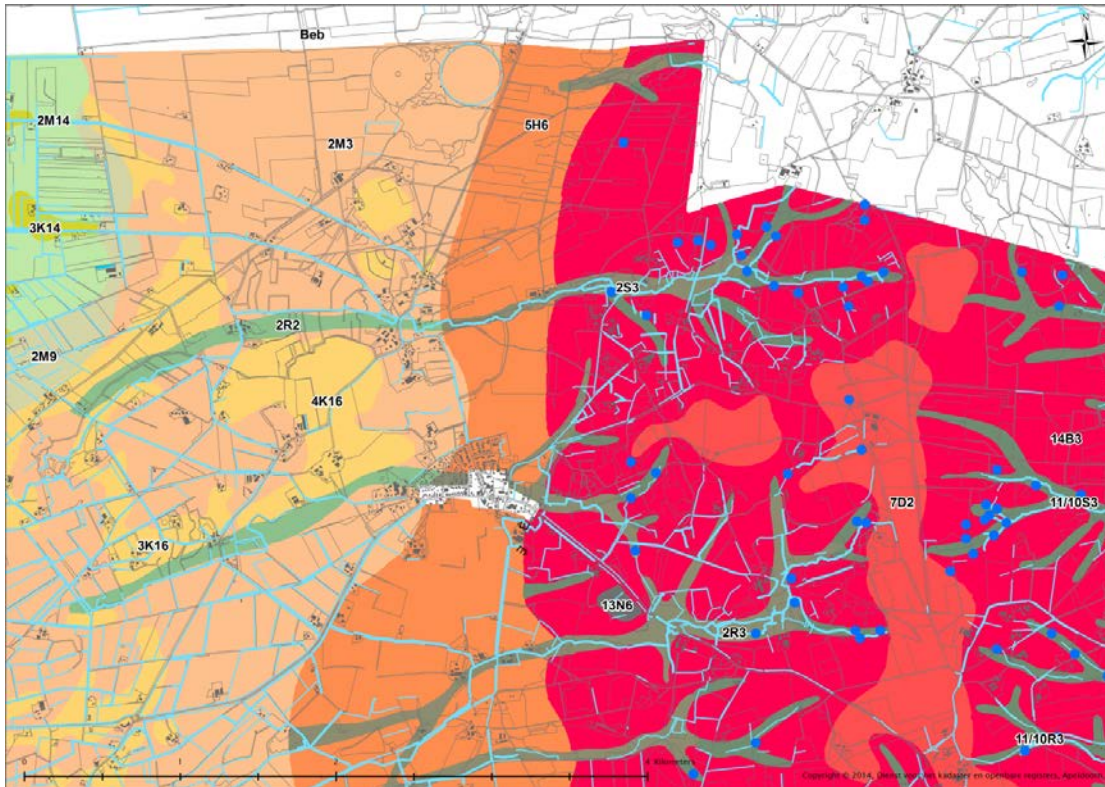


Figuur 6. Geologische kaart van de stuwwal van Ootmarsum met dagzomende afzettingen (van den Berg & den Otter, 1993). De bovenste zwarte lijn geeft de ligging van het eerste dwarsprofiel, de onderste zwarte lijn de ligging van het tweede dwarsprofiel.

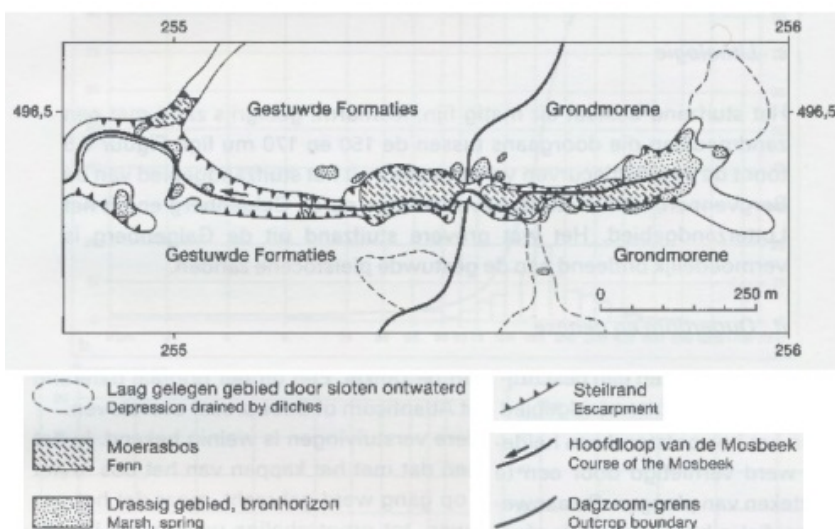
De geologische kaart van de stuwwal van Ootmarsum (Figuur 6) laat zien dat aan de westkant van stuwwal (gestuwde sedimenten) een band van keileem (Dr6) aan het oppervlak ligt. Tussen Vasse en Mander is de zone met grondmorene vrij smal en in het noorden, ter hoogte van Mander, ontbreekt de grondmorene en liggen grove smeltwaterzanden (Dr7) aan maaiveld. Bovenop de stuwwal van Ootmarsum ligt keileem (Dr6) die is afgezet nadat de stuwwal is overreden door de gletsjer. Ook de gehele zuidpunt van de heuvelrug bestaat uit dergelijke keileem.

1.3 Geologie van het dal van de Mosbeek

De geologische kaart (Figuur 6) laat zien dat het brongebied van de Mosbeek in het gebied met grondmorene (Dr6) ligt en de middenloop in dagzomende gestuwde formaties (Gt). Benedenstrooms is het dal na de laatste ijstijd opgevuld met dekzanden (Tw4). Het beekdal zelf is gevormd als droogdal (Figuur 7). In de toelichting op de geologische kaart is een detailkartering opgenomen van het beekdal (Figuur 8).



Figuur 7. Ligging van de droge dalen op de stuwwal van Ootmarsum, weergegeven op de geomorfologische kaart (Kleinsman, 1978). De bronnen zijn aangegeven met blauw stippen (afbeelding uit de presentatie van Marcel Horsthuis).

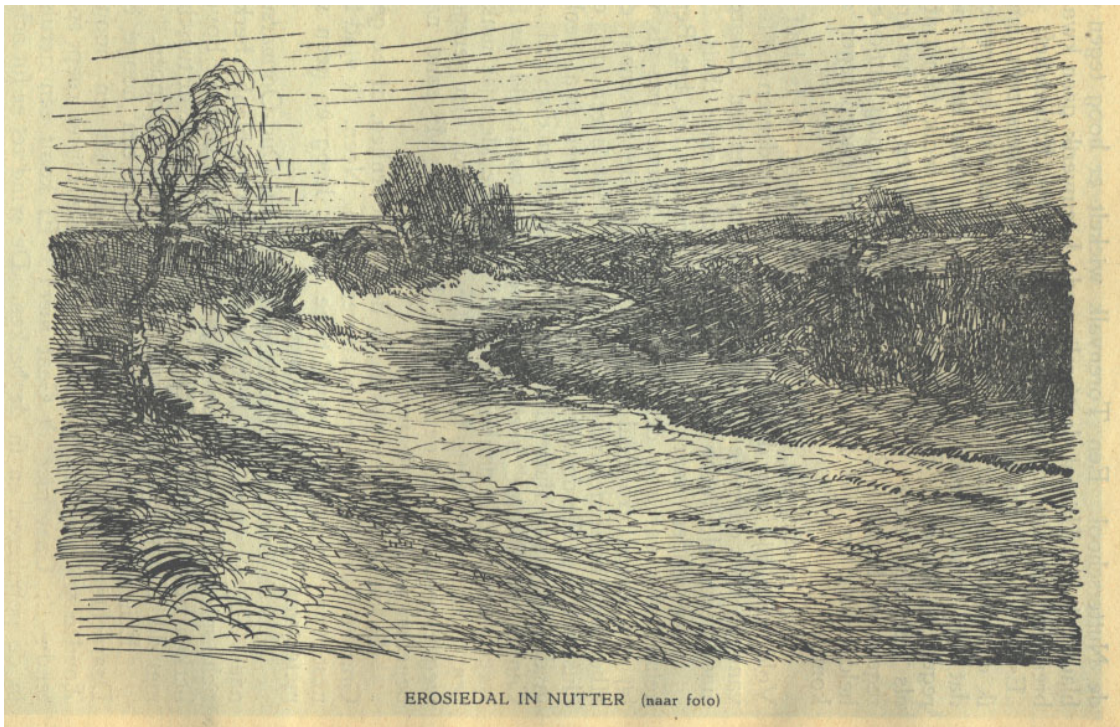


Figuur 8. Geologische detailkartering van het brongebied van de Mosbeek (overgenomen uit van den Berg & den Otter, 1993). Het brongebied ligt rechts op de kaart, gekarteerd als "Drassig gebied, bronhorizon" in grondmorene.

1.4 Samenvatting

- Het materiaal waaruit de stuwwal van Ootmarsum is ontstaan komt uit het bekken van Nordhorn ten oosten van de stuwwal. Het gestuwde materiaal bestaat voor een belangrijk deel uit slecht doorlatende Tertiaire kleien en uit Pleistocene rivierzanden. De kern van de stuwwal bestaat voor het overgrote deel uit zeer ondoorlatend materiaal. Nabij het maaiveld liggen geïsoleerde voorkomens van goed doorlatende afzettingen (meestal gestuwde en voor latere erosie gespaard gebleven zanden van de Formatie van Enschede/Urk) die op niet doorlatende klei liggen. Dit verklaart het voorkomen van bronnen hoog op de stuwwal.
- Bovenop de stuwwal ligt plaatselijk keileem (in de omgeving van de Paardenslenkte en aan de zuidflank) doordat de stuwwal na het ontstaan is overreden door het aangroeiende landijs. De grondmorene bij de Paardenslenkte bestaat uit keileem en zand. Elders op de stuwwal is geen keileem afgezet of is deze door latere erosie verdwenen.
- Op de westflank van de stuwwal en in het aangrenzende laagland ligt een zone met min of meer slecht doorlatende keileem. Onder deze keileem ligt een pakket goed doorlatende zanden waaruit het grondwater voor de waterwinning bij Mander wordt onttrokken. Ten noorden van Mander ontbreekt de keileem en dagzomen smeltwaterzanden.
- De stuwwal van Ootmarsum ligt als enige stuwwal direct naast een opgevulde geologische slenk in de ondergrond. Er is op grond van de beschikbare geologische kennis geen reden om aan te nemen dat er een oorzakelijk verband is tussen de ligging van slenk en de vorming van de stuwwal.

Naar 't Hezinger bronnenland



Het was in den vroegen morgen, toen paarlemoeren glansen schitterden aan den Oostelijken hemel. Daags te voren was het een mooie herfstdag geweest en het liet zich aanzien, dat we nu de tweede zouden krijgen [...] Ootmarsum door, de molen voorbij, nog hooger, tot we weer bij de Nutter school waren, waar het klimmen eindigde. Dan gaat het vrijwel horizontaal voort in Noordelijke richting over heiwegen met een smal uitgeschuurd fietspaadje naar de Braakhuizen.

Hier rollen wij over een oude hoogvlakte, kenbaar aan het vele grint, dat er in den bodem zit. Het is grint van Vecht en Ems, doorspekt met bonte granieten en gneisen, pikzwarte hoornblendes en roode kwartsieten uit noordelijke landen: Finland, Zweden.

Hier ligt het bergpuin nog, eens van verre landen door het ijs meegebracht. Het ligt hier maagdelijk, niet door den mensch omgewoeld. De bodem is schraal, begroeid met Heide en Jeneverbes, met Berk en Buntgras. De herder hoedt er al eeuwen zijn witgewolde kudde en om de zoveel jaren steekt er de boer zijn pluggen voor de koestallen.

Het smalle en uitgesleten paadje staat hier en daar onder water. Er zal een leemlaag onder zitten. 't Kan keileem zijn, maar ik vermoed, dat de oude zeekleilaag hier heel hoog zit en dat die het wegzakken van het regenwater belet. Daar is alle reden voor dit te veronderstellen, want een tien minuten verder liggen de bronnen van de Hazelbeek, aan den rand der heide. Aan een geelbruinen afgebrokkelden zandwal leggen we onze fietsen neer. Wij staan aan het begin van een slingerend dal, dat vrij steil afloopt naar het Zuid-Westen.

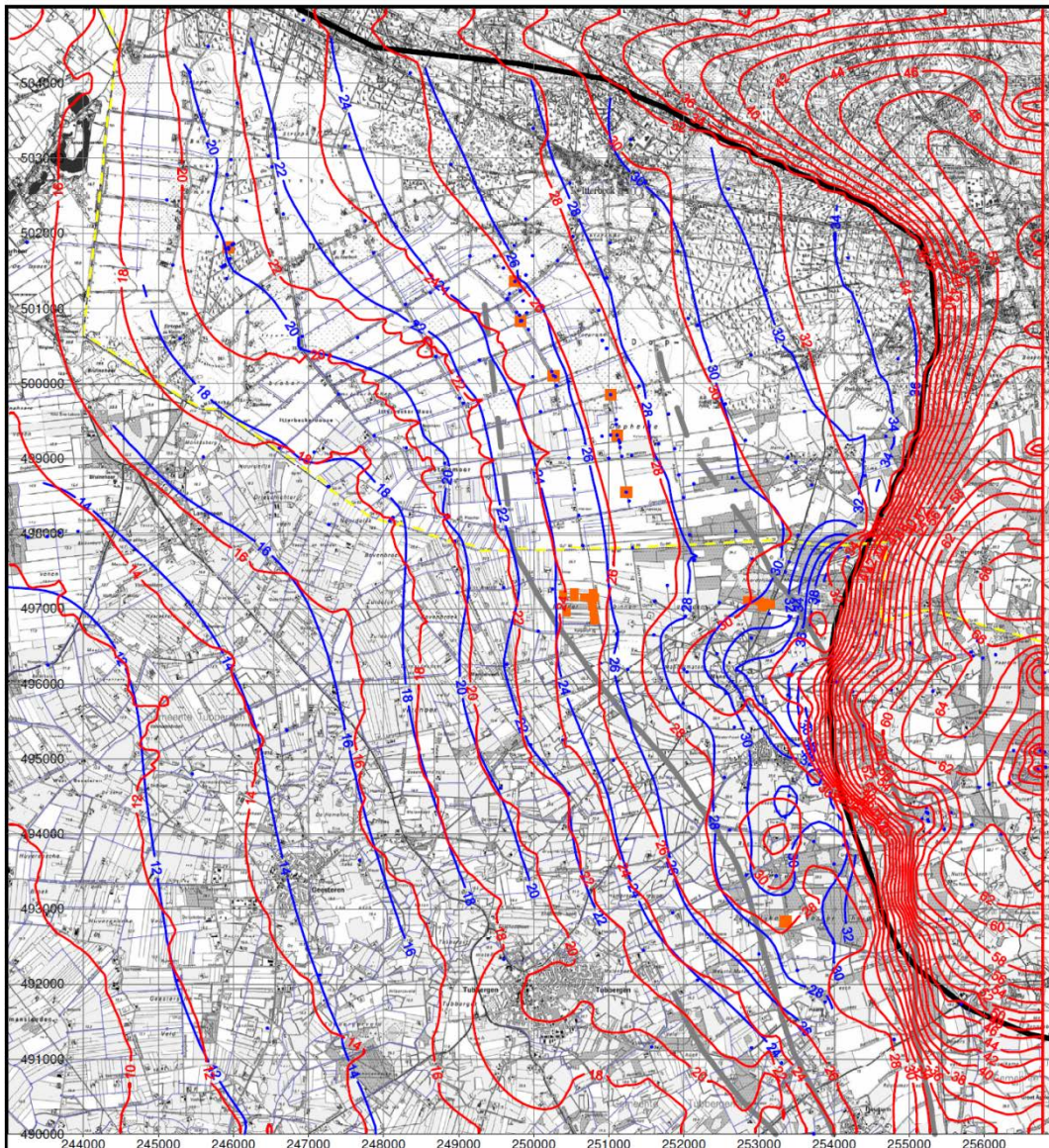
Het is een grasstrook, wel vijftien meter breed, waarlangs elzen, eiken en berken in wilde wanorde gegroepeerd staan. Wij dalen af in het dal, waar het vochtig is en de bodem trilt als een spiraalveren matras. Een watertje van een handbreed slingert zich erdoorheen. Onze vriend H. trotseert moedig het gevaar van natte voeten en een modderbad, want hij wil ons wijzen, waar het water overal uit den drassigen grond komt.

J.B. Bernink, Ons Dinkelland., 3^e druk (1927).

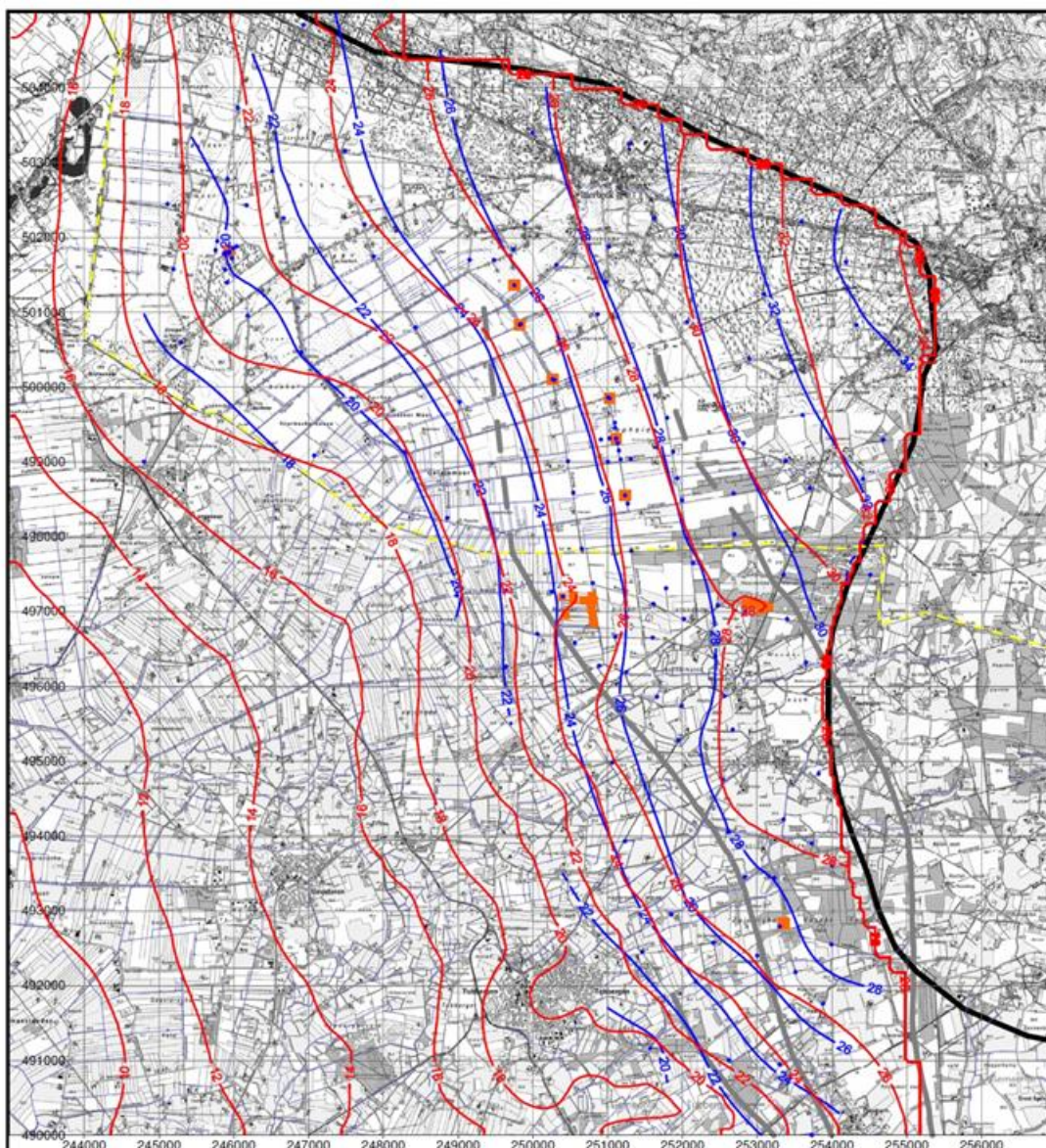
2. Hydrogeologie van de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum

2.1 Grondwater in de slenk en op de stuwwal

In 2004 werd een uitgebreid hydrogeologisch onderzoek naar de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum afgerond (Stroet & Grube, 2004). Dit onderzoek had als doel om een gezamenlijk beeld te vormen van de relatie tussen de stuwwal en de slenk (notitie “Workshop Slenk van Reutum en Stuwwal van Ootmarsum”, 2000).



Figuur 9. Isohyetskaart van de freatische grondwaterstand in de slenk van Reutum en de stuwwal van Ootmarsum. In blauw isohyetsen op basis van interpolatie van gemeten grondwaterstanden, in rood isohyetsen uit een grondwatermodel. De zwarte lijn geeft de begrenzing van gestuwde formaties, de donkergrijze lijnen geven de breuklijnen weer die de slenk van Reutum begrenzen.

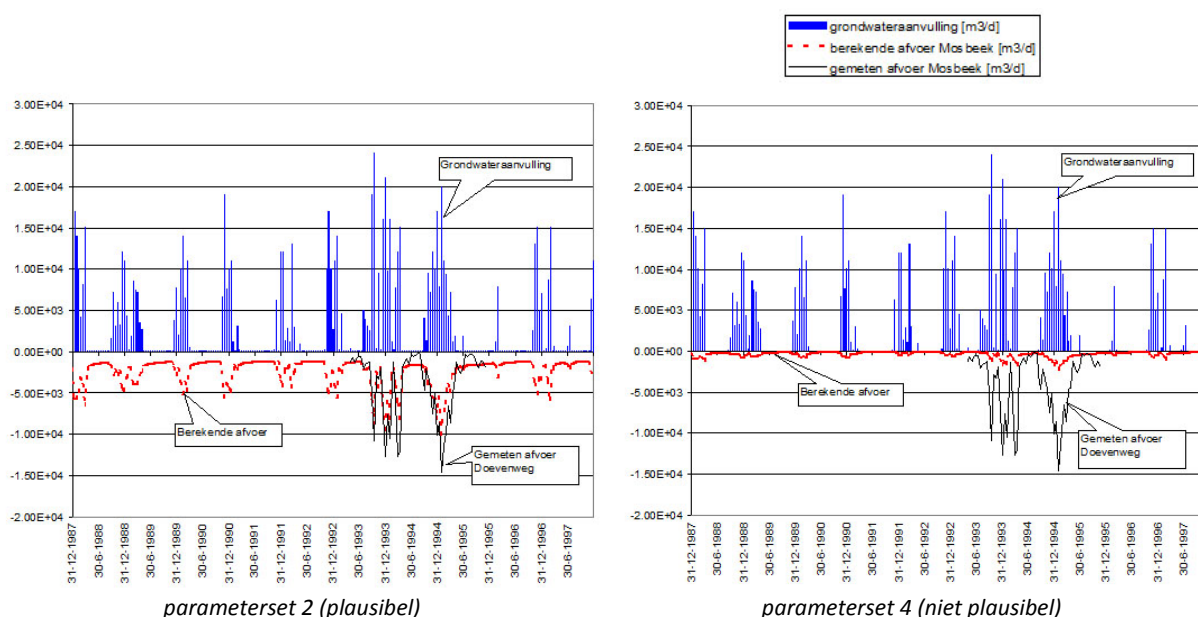


Figuur 10. Isohypsenaart van de stijghoogte in de slenk van Reutum. In blauw isohypsen op basis van interpolatie van gemeten stijghoogten, in rood isohypsen uit een grondwatermodel. De zwarte lijn geeft de begrenzing van gestuwde formaties, de donkergrijze lijnen geven de breuklijnen weer die de slenk van Reutum begrenzen.

Het isohypsenbeeld laat zien dat de stijghoogte in de slenk van Reutum gelijkmatig verloopt met een flauw gradiënt (Figuur 10). Met een grondwatermodel is dit stijghoogteverloop en het effect van een grondwateronttrekking in de slenk goed te voorspellen. Op plaatsen waar geen of weinig keileem voorkomt is de grondwaterstand vrijwel gelijk aan de stijghoogte en kan deze ook goed worden voorspeld door het grondwatermodel. Op plaatsen met dikke keileempakketten (in het oostelijke deel van de slenk in Nederland) is de grondwaterstand hoger dan de stijghoogte (soms enkele meters) en is het isohypsenpatroon zeer grillig (Figuur 9). In dit gebied en op de stuwwal zijn de verschillen tussen berekende en gemeten grondwaterstand relatief groot.

Het grondwaterstandverloop op de stuwwal is grillig en laat steile gradiënten zien. Het is praktisch onmogelijk om op basis van gemeten grondwaterstanden een isohypsenaart te maken, omdat er veel te weinig meetpunten beschikbaar zijn om de kleinschalige variatie goed weer te geven.

Ook in peilbuizen dichtbij de slenk worden hoge grondwaterstanden gemeten van ongeveer 60 m NAP (de grondwaterstand in de slenk is ongeveer 30 m NAP). Het verval is dus 30 meter over twee kilometer, wat alleen verklaard kan worden uit een zeer hoge systeemweerstand van de stuwwal.



Figuur 12. Vergelijking van gemeten en berekende afvoeren van de Mosbeek voor twee systeemmodellen (Stroet & Grube, 2004)

De afvoer van de Mosbeek wordt gekenmerkt door een lange afvoerperiode met snelle pieken na neerslag. Met de systeemmodellen is geprobeerd afvoeren van de Mosbeek te simuleren. Figuur 12 geeft links het verloop van een plausibel model met permanente basisafvoer en duidelijke pieken en rechts een minder plausibel model. In dit model verdwijnt teveel water naar de ondergrond, waardoor de afvoerperiode te kort is en het model afvoerpieken niet goed berekent.

2.3 Interactie tussen de slenk en de stuwwal

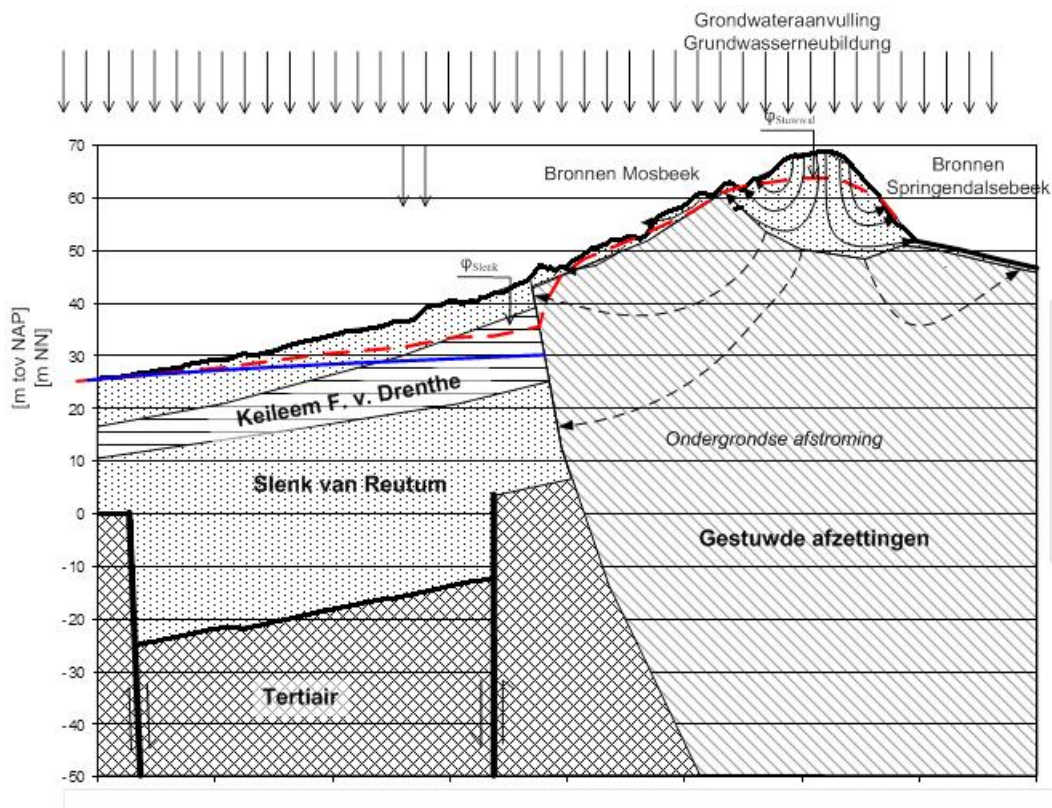
Uit de systeemmodellen van de stuwwal van Ootmarsum blijkt dat er geen relatie is tussen verandering van de stijghoogte in de slenk van Reutum en bronnen op de stuwwal. De conclusie uit het onderzoek was dat er een grote weerstand (systeemweerstand) moet bestaan tussen de bronnen op de stuwwal (brongebied van de Mosbeek, Hazelbekke, Geteloërbach) en het regionale grondwater in de slenk van Reutum. Anders kunnen de hoge grondwaterstanden op de stuwwal en de gemeten afvoeren niet worden verklaard.

De bronnen en beekjes op de stuwwal voeren vrijwel al het grondwater af dat in de directe omgeving op de stuwwal infiltreert. Ingrepen in de directe omgeving van bronnen zijn daardoor veel bepalender voor de grondwaterstand en de afvoer van bronnen dan ingrepen in het regionale grondwater in de slenk van Reutum.

In de bronzones staat de grondwaterstand vrijwel het hele jaar aan maaiveld en ook in de omgeving van de bronnen ligt de grondwaterstand dicht onder maaiveld. Daardoor treden er in natte perioden sterke afvoerpieken op. Dit wordt waarschijnlijk versterkt door oppervlakkige afstroming over hellende en kleiige oppervlakken in de omgeving.

In het overgangsgebied van de slenk van Reutum naar de gestuwde formaties is niet uit te sluiten dat een verlaging van de stijghoogte in de slenk doorwerkt op de freatische grondwaterstand. In dit

gebied wordt het zandpakket afgedekt door grondmorene met een sterk wisselende samenstelling. Wanneer de morene bestaat uit zware klei is geen doorwerking te verwachten, maar bij goed doorlatende grove zanden kan een verlaging van de stijghoogte leiden tot een toename van de wegzijging en daling van de freatische grondwaterstand.



Figuur 13. Conceptueel model van de hydrologische interactie tussen de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum (naar Stroet & Grube, 2004; aangepast in 2014). De blauwe lijn geeft het verloop van de regionale stijghoogte in de slenk, de rode lijn de freatische grondwaterstand.

Figuur 13 geeft een conceptueel beeld van de interactie tussen de slenk en de stuwwal. In de slenk verloopt de stijghoogte (blauw) vlak en de freatische grondwaterstand (rood) volgt de gradiënt. De grondwaterstand is hoger dan de stijghoogte. Op plaatsen waar de grondmorene ontbreekt is het verschil tussen grondwaterstand en stijghoogte klein. Op plaatsen waar de grondmorene dik is en een hoge weerstand heeft, is het verschil tussen grondwaterstand en stijghoogte groter. Op de stuwwal volgt de grondwaterstand min of meer het maaiveld door de grote weerstand van de gestuwde formaties.

Doordat er geen interactie is tussen de gestuwde formaties en de slenk heeft een stijghoogteverlaging door grondwateronttrekking in de slenk geen invloed op de freatische grondwaterstand in de gestuwde formaties. Mogelijk zijn er effecten op grondwaterafhankelijke vegetaties op de overgang van de slenk naar de stuwwal, in het gebied waar het watervoerende pakket wordt afgedekt door grondmorene. In het hydrologisch onderzoek van Stroet & Grube (2004) zijn zulke effecten niet aangetoond.

2.4 Samenvatting

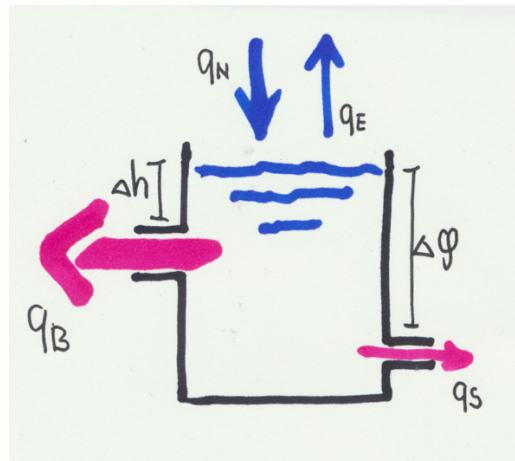
- De aanwezigheid van permanent afvoerende bronzones op niveaus van 10 tot 25 meter boven de grondwaterstand en de stijghoogte in de slenk kan alleen worden verklaard door zeer lage doorlatendheden van de gestuwde formaties in de stuwwal.
- De afvoeren van bronnen en (grond)waterstanden in de brongebieden en beekdalen op de stuwwal zijn vrijwel onafhankelijk van de grondwaterstanden en stijghoogten in de slenk
- Grondwaterwinningen in de slenk hebben effecten in de slenk; op stijghoogten en grondwaterstanden, landbouwopbrengsten, infiltratie uit beken naar het grondwater in de slenk, afvoeren van beken in de slenk, aquatische beek-natuur en terrestrische natuur in de slenk
- Grondwaterwinningen in de slenk hebben vrijwel geen effect op de stuwwal; niet op grondwaterstanden, niet op afvoeren van beken op de stuwwal, niet op terrestrische en aquatische natuur op de stuwwal
- In een randzone van de stuwwal met een breedte van maximaal 500 tot 1000 meter kunnen effecten van een winning in de slenk op het freatisch grondwater niet volledig worden uitgesloten. Het verdient aanbeveling om nieuwe metingen, met name afvoeren van bronnen en beken en grondwaterstanden in de randzone van de stuwwal, te analyseren om de breedte van deze zone vast te stellen.

De bronnen op de stuwwal van Ootmarsum als lineair reservoir

Stroet & Grube (2004) stellen de bronsystemen op de stuwwal van Ootmarsum voor als een lineair reservoir met twee afvoercomponenten;

- afvoer naar de Mosbeek (q_B) en
- ondergrondse systeemafvoer naar de Slenk (q_S).

Het reservoir wordt gevoed door neerslag (q_N) en verliest water door verdamping (q_E).



Waterbalans van stroomgebieden bronnen

De waterbalans van het stroomgebied van een bron kan worden geschreven als:

$$q_N - q_E = q_B + q_S$$

De grootte van de afvoer naar de beek (q_B) en de systeemafvoer (q_S) wordt bepaald door de stijghoogteverschillen en de weerstanden W_b en W_s van beide systemen:

$$q_B = (\varphi_{\text{stuwwal}} - H_{\text{bronnen}}) / W_{\text{beekdrainage}}$$

$$q_S = (\varphi_{\text{stuwwal}} - \varphi_{\text{slenk}}) / W_{\text{systeem}}$$

Kleine drainageweerstand

Het verschil tussen de stijghoogte op de stuwwal en de grondwaterstand in de bronnen (Δh) bedraagt hooguit 20 cm bij de bronnen en de bijbehorende weerstand $W_{\text{beekdrainage}}$ is laag, want de bronnen voeren het hele jaar door water af en afvoerpieken worden snel doorgegeven.

De grondwaterstand op de hogere delen van de stuwwal (bijvoorbeeld Paardenslenkte) is niet overal bekend, maar bedraagt orde van grootte één tot hooguit enkele meters onder maaiveld.

Grote systeemweerstand

Het verschil tussen de freatische grondwaterstand in de bronnen op stuwwal en de stijghoogte in de slenk van Reutum ($\Delta \varphi$) bedraagt ongeveer 30 meter. Aangezien de grondwaterstand in de bronnen nauwelijks wegzakt moet de bijbehorende systeemweerstand W_{systeem} heel erg groot zijn, anders zouden de bronnen niet kunnen bestaan.

Uit de beschouwing van de stuwwal als lineair reservoir volgt dat lokale ingrepen in het drainagesysteem rondom de bronnen veel meer invloed zullen hebben op de bronnen dan ingrepen in de slenk, omdat de drainageweerstand vele malen kleiner is dan de systeemweerstand.

Aan het verloop van de grondwaterstanden op de hoge delen van de stuwwal kan worden afgeleid dat het systeem traag reageert op veranderingen van de grondwateraanvulling. De basisafvoer naar de bronnen is daardoor gevoelig voor langjarige trends (orde 10 jaar) van de gemiddelde grondwateraanvulling. Met het systeemmodel kan het effect van de overgang van de natte periode (1998-2002) naar de droge periode (2003-2010) goed worden aangetoond.

3. Hydro-ecologie van bronnen en beken op de stuwwal

3.1 Grondwaterafhankelijke vegetaties

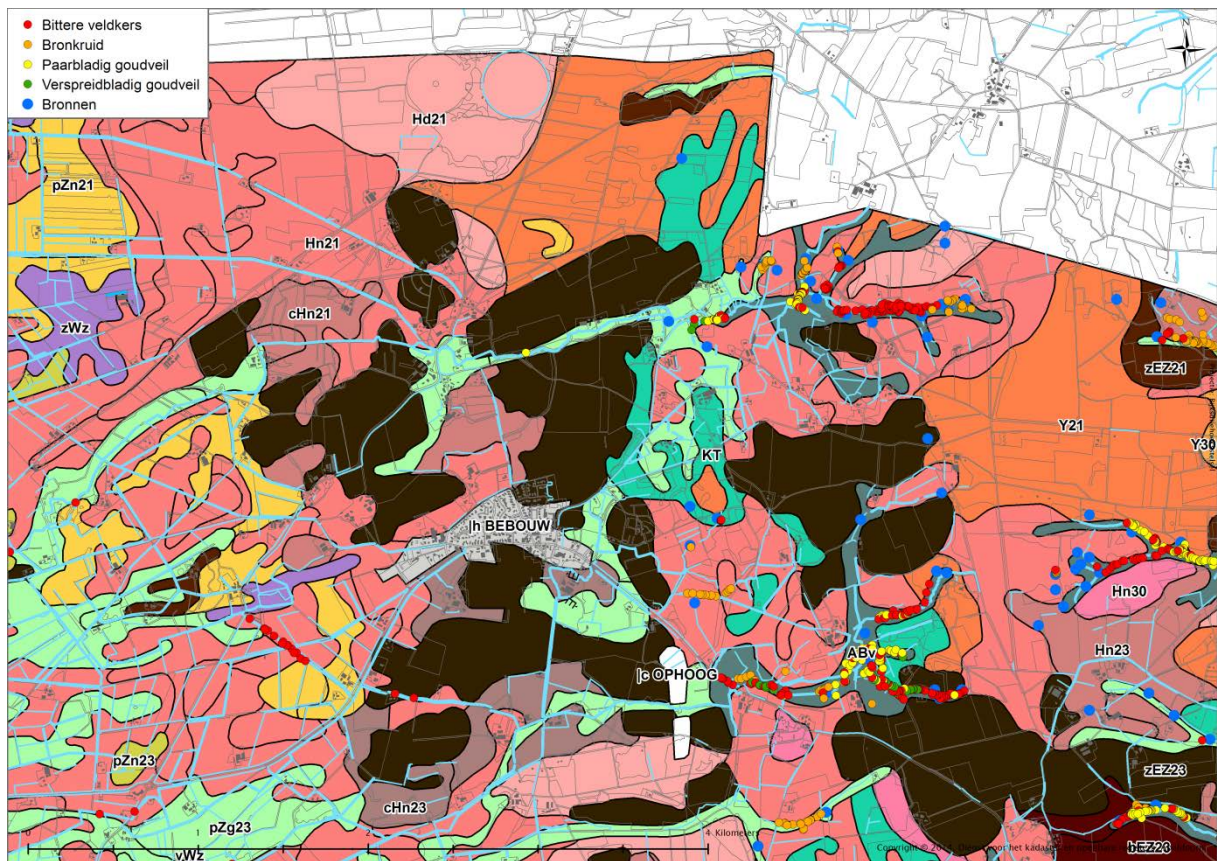
Op de stuwwal van Ootmarsum komen grondwaterafhankelijke vegetaties voor in bronnen en langs beken (Beringen et al., 1994). Beschaduwde bronnen duiden we aan als bosbronnen, onbeschaduwde bronnen noemen we weidebronnen (Horsthuis, 2006). Beschaduwde vegetaties langs de beken zijn vegetatiekundig verwant aan de bosbronnen. In het systeem van habitattypen worden beiden gerekend tot het beekbegeleidend alluviaal bos (Tabel 2). Het uittredend grondwater kan matig zuur tot zwak zuur van karakter zijn (H6410 Blauwgraslanden) en soms basisch (H7230 Kalkmoerassen).

Tabel 2. Kenmerken de soorten en vegetaties van bronnen en beken op de stuwwal van Ootmarsum

Brontype	Vegetatietype	Soorten	Habitattypen
Weidebron	– Bronkruid-associatie	• Bronkruid	H6410 Schraalland
Begeleidende vegetaties	– Veldrus-associatie – Bosbies-associatie – Kleine zeggenmoeras – Kalkmoeras	• Bosbies • Gewone dotterbloem • Holpijp • Veldrus • <i>Armbloemige waterbies</i> • <i>Veenmosorchis</i> • <i>Parnassia</i> • <i>Waterdrieblad</i>	H6410 Schraalland H91E0C Beekbegeleidend bos H7230 Basenrijk veen
Bosbron	– Associatie van Paarbladig goudveil – Goudveil-Essenbos – Elzenzegge-Elzenbroek	• Paarbladig goudveil • Verspreidbladig goudveil • Bittere veldkers	H91E0C Beekbegeleidend bos
Begeleidende vegetaties	– Elzenzegge-Elzenbroek – Wilgenbroekstruweel	• Bosbies • Gewone dotterbloem • Holpijp	H91E0C Beekbegeleidend bos

3.2 Bronnen in het landschap

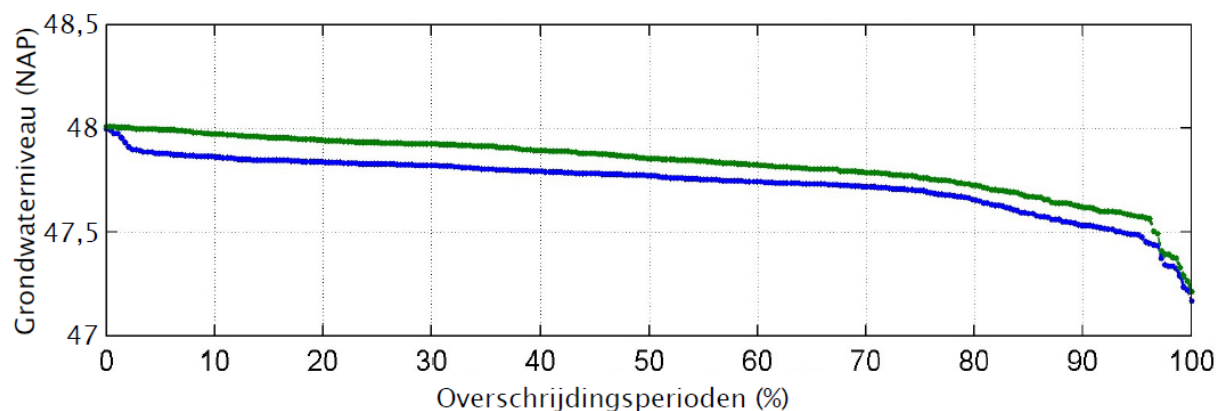
De bronnen op de stuwwal van Ootmarsum ontspringen op het hoogste gedeelte en op de flanken van de stuwwal. Ze liggen vrijwel altijd in erosiedalen, op de flanken of in de laagste delen. De bodemkaart laat zien dat kritische bronsoorten voorkomen op venige gronden (ABv), gronden met dagzomende tertiaire klei (TK) en in beperkte mate ook op beekeerdgronden (pZg). Op de geomorfologische kaart liggen bronnen op de eenheden hoge stuwwal (B3) en droge dalen (S3), altijd hoger dan de glooiende hellingafspoelingen (H3) die de overgang van gestuwde formaties naar de slenk van Reutum vormen.



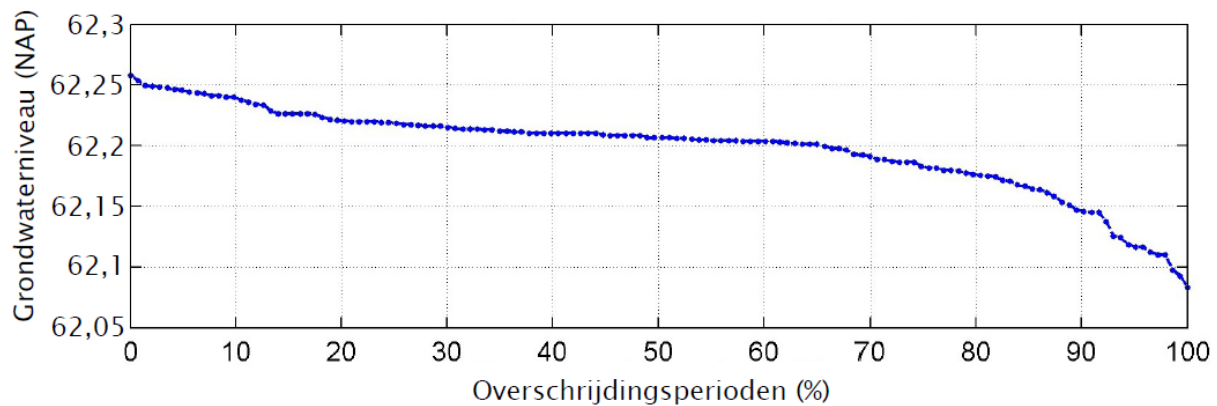
Figuur 14. Verspreiding van bronnen en kenmerkende bronsoorten in relatie tot bodemtypen op de stuwwal van Ootmarsum. Bronsoorten zijn grotendeels gebonden aan veengronden (ABv) en dagzomende tertiaire klei (KT).

3.3 Standplaatscondities

De vegetaties van bronnen vereisen een permanent hoge grondwaterstand. De meest kritische plantengemeenschappen vereisen een fluctuatie van maximaal 10 cm. De begeleidende, iets minder kritische gemeenschappen verdragen fluctuaties tot maximaal 50 cm. Figuur 15 en Figuur 16 geven een beeld van de duurlijnen van bronvegetaties op de stuwwal van Ootmarsum (Eysink et al. 2012).



Figuur 15. Overschrijdingsduurlijn van gemeten grondwaterstanden in een bronbos in het Hazelbekke (Eysink et al., 2012)



Figuur 16. Overschrijdingsduurlijn van gemeten grondwaterstanden in een weidebron in het Springendal (Eysink et al., 2012)

Er is weinig onderzoek gedaan naar de chemische samenstelling van het grondwater in grondwaterafhankelijke vegetaties op de stuwwal. Uit de soortensamenstelling van de vegetatie blijkt dat zowel basenrijke als matig tot zwak zure bronnen aanwezig zijn (Horsthuis, 2007). Plantengemeenschappen van basenrijke omstandigheden komen voor in de brongebieden van de Mosbeek en Hazelbekke. In de overige bronnen duidt de vegetatie op een matig tot zwak zuur of zuur milieu (de Springendalse beek, de Holtsüze, de bronnen bij de molens van Bels en Frans, de Braamberg, de Strengen, de Reuterij, het dal van de Brunninkhuizerbeek en de Roezenberg). Er is geen duidelijke relatie tussen het landschap en het voorkomen van basenrijke bronnen. Binnen de brongebieden met basenrijk water komen ook vegetaties voor van zwak zure omstandigheden en alle gradiënten daartussen. Die rijkdom aan gradiënten maakt deze bronnen extra waardevol. Op basis van kwaliteitsgegevens van het grondwater in het brongebied van de Mosbeek constateert Kieskamp (2014) dat de basenrijkdom van het water in het kalkmoeras van het brongebied relatief laag is en ook in het verleden al laag was. Kalkmoerassen bij Nijmegen en in Zuid-Limburg hebben een veel hogere basenrijkdom. Mogelijk zijn de bronnen op de stuwwal van Ootmarsum relatief gevoelig voor verzuring.

De oorsprong van het basenrijke water in bronnen is onbekend. Het kan oud grondwater zijn uit diepere lagen in de stuwwal of jong grondwater uit ondiepe lagen. Er lijkt geen direct verband te zijn tussen de basenrijkdom en de mogelijke herkomst van het grondwater.

3.4 Verdroging van bronnen

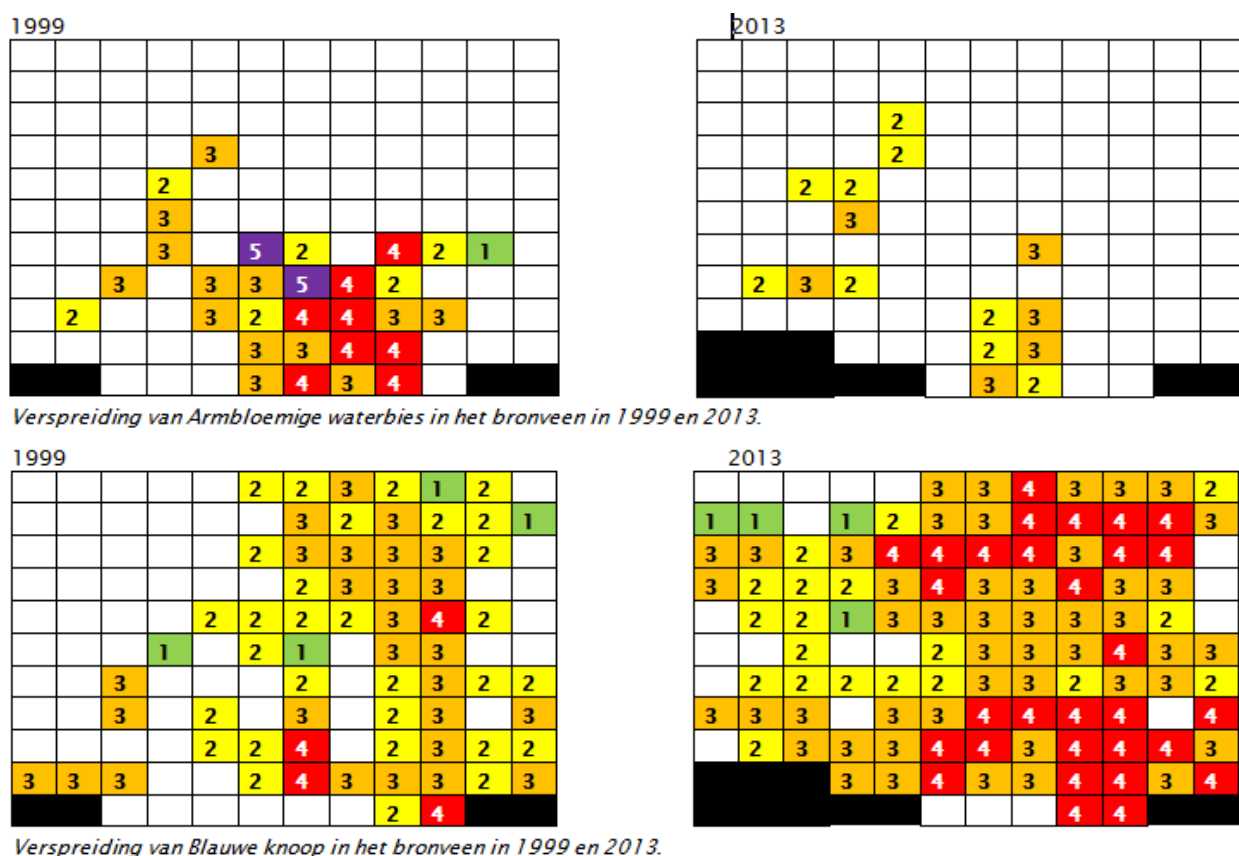
Een systematische inventarisatie van de mate van verdroging van bronnen en grondwaterafhankelijke vegetaties op de stuwwal van Ootmarsum is niet beschikbaar. Veldwaarnemingen over de afgelopen veertig jaar geven echter sterke aanwijzingen dat verschillende bronnen zijn verdroogd. Mogelijke oorzaken die worden genoemd zijn: toename van ontwatering in de directe omgeving van de bronnen, een daling van de stijghoogte van het diepe grondwater en langjarige schommelingen in de grondwateraanvulling. De ontwikkelingen in verschillende bronnen op de stuwwal worden sinds 2007 intensief gemonitord door Vitens en de terreinbeheerders. In 2012 is een tussentijdse evaluatie verschenen van de monitoringgegevens (van Vugt et al. 2012). Deze evaluatie beperkt zich tot de effecten van de verplaatsing van de winning Manderheide naar de locatie Manderveen en doet geen uitspraken over het mogelijke verdroging in algemene zin.

Voor een aantal bronnen op de stuwwal is zeer aannemelijk dat verdroging is opgetreden door intensivering van landbouwkundige ontwatering in de directe omgeving (Eysink et al., 2012). De resultaten van het project Terug naar de Bron laten zien dat met relatief eenvoudige lokale maatregelen hydrologisch herstel mogelijk is (Horsthuis, 2007).

Brongebied van de Mosbeek

Veldwaarnemingen in het brongebied van de Mosbeek doen vermoeden dat het gebied de laatste jaren veel droger is geworden. Afgelopen zomers was het gebied zonder laarzen goed begaanbaar, tien jaar geleden was dat niet zo (pers. obs. A.J.M. Jansen). Gemeten grondwaterstanden uit het brongebied lijken te bevestigen dat de zomergrondwaterstand de laatste jaren dieper wegzakt dan in de jaren negentig (afbeeldingen in Kieskamp, 2014).

In 1999 is een gedetailleerde rasterkartering uitgevoerd van indicatorsoorten in het brongebied van de Mosbeek (Horsthuis & van Tweel-Groot, 2002). Deze kartering is in 2013 herhaald (Kieskamp, 2014). Vergelijking van de karteringen uit 1999 en 2013 toont aan dat in het brongebied een verschuiving is opgetreden van basenrijke omstandigheden naar zwak zure milieu's (Figuur 17).



Figuur 17. Verandering in het voorkomen van twee kenmerkende soorten in het brongebied van de Mosbeek tussen 1999 en 2014. Armbloemige Waterbies is een zeer kritische soort van basenrijke bronnen (kalkmoeras), Blauwe knoop is een soort die kenmerkend is voor zwak zure milieu (blauwgrasland). De kaartjes laten een duidelijke verschuiving zien van basenrijk naar zwak zure in het brongebied (overgenomen uit Kieskamp, 2014).

Holtsüze

In de Holtsüze is in de afgelopen decennia aantoonbaar verdroging opgetreden. Zo vertelt Louis Lansink, bodemkundige bij Dienst Landelijk Gebied, dat hij het gebied nog kent uit zijn jeugd, begin jaren zeventig. Het terrein was toen veel natter, er was sprake van een min of meer drijvende bronvegetatie. De plaatselijke jeugd maakte er een sport van om met droge voeten het hoger

gelegen zandkopje midden in het gebied te bereiken (pers. obs. L. Lansink).

Dit soort bronnen komt op andere plekken op de stuwwal nog steeds voor, op plaatsen waar uittredend grondwater in de flanken van beekdalen zoveel druk geeft dat een min of meer drijvende vegetatie van Veldrus (voedselarm) of Liesgras en Mannagras (voedselrijk) voorkomt waarover nauwelijks gelopen kan worden. De Holtsüze daarentegen is in de huidige situatie goed begaanbaar zonder laarzen (pers. obs. M.A.P. Horsthuis).

Loekie van Tweel-Groot, vegetatiekundige bij Landschap Overijssel, kent het gebied sinds eind jaren negentig en heeft in die periode de Holtsüze zien veranderen van een permanent natte bronvegetatie met veel Holpijp naar vochtig schraalland waarin Holpijp veel minder voorkomt.

Gevlekte orchis kwam eind jaren negentig nog met tientallen exemplaren voor en is nu helemaal verdwenen (pers. obs. L. van Tweel-Groot). Begin jaren negentig waren nog vele honderden exemplaren van Gevlekte orchis aanwezig in de Holtsüze (pers. obs. A.J.M. Jansen).

De veldwaarnemingen van verdroging in de Holtsüze worden ondersteund door analyse van herhaalde vegetatieopnamen in de afgelopen vijftien jaar (van Vugt, 2013).

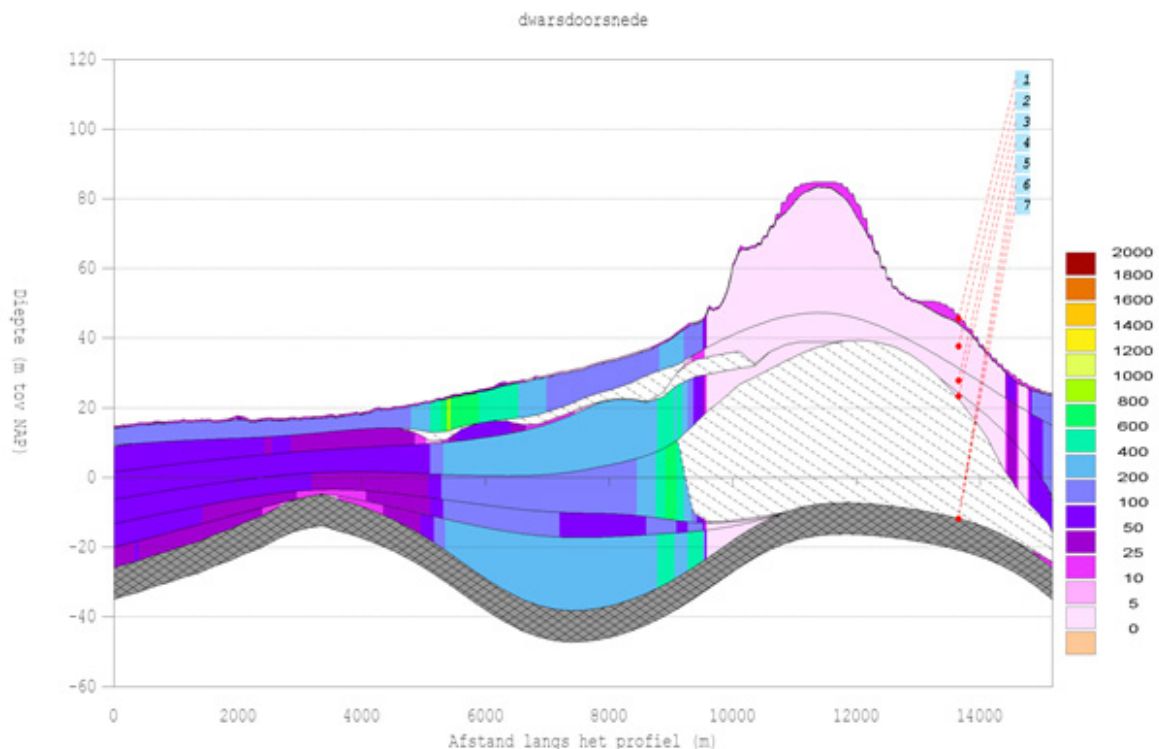
Springendal

Ontwatering op de stuwwal heeft ook geleid tot een toename van piekafvoeren in beken. In de Springendalse beek is toename van piekafvoeren de oorzaak van terug schrijdende erosie van de beekdalbodem, waardoor de beekbodem dieper is komen te liggen en vegetaties langs de beek zijn verdroogd (de Hullu et al., 2000). Midden jaren negentig zijn maatregelen genomen om de beek te verondiepen. Al na enkele jaren waren de meeste beekbodems zoveel aangezand, dat de beekbodem weer op de oorspronkelijke diepte lag. De beek en zijbeekjes draineerden minder grondwater wat leidde tot herstel van verdroogde plantengemeenschappen over grote oppervlakten, zowel in de beekbegeleidende bossen als in hooilanden (pers. obs. A.J.M. Jansen & A.T.W. Eysink).

3.6 Samenvatting

- De bronnen en de kenmerkende plantensoorten van bronnen, kwelsystemen en beekbegeleidende bossen op de stuwwal zijn gebonden aan bepaalde bodemtypen, geomorfologische eenheden en grondwatertrappen. Er is een duidelijke relatie tussen landschappelijke kenmerken en het voorkomen van bronsoorten op de stuwwal.
- Bronsoorten en plantengemeenschappen van bronnen, kwelgevoede vegetaties en beekbegeleidende bossen zijn zeer kritisch ten aanzien van de diepte van de grondwaterstand en kweldruk. Goed ontwikkelde bronnen vereisen een permanente kweldruk en een fluctuatie van de grondwaterstand van hooguit 10 cm. Begeleidende vegetaties zijn iets minder kritisch en komen voor bij fluctuaties tot maximaal 50 cm. Een geringe daling van de freatische grondwaterstand kan al tot achteruitgang van kenmerkende gemeenschappen leiden.
- Het grondwater van de meeste bronnen en beekdalen is zwak zuur. Plaatselijk komen basische of matige zure omstandigheden voor. Een lijkt geen duidelijke relatie te zijn tussen landschapsecologische ligging en basenrijkdom van het uittredende grondwater. Binnen basenrijke bronnen komen gradiëntrijke overgangen voor naar zwak zure milieu's.

Modellering van de slenk en de stuwwal



Dwarsdoorsnede van de modellagen van een recent grondwatermodel van de slenk van Reutum en de stuwwal van Ootmarsum (Bor, 2014). De kleuren geven het doorlaatvermogen kD in m^2/dag van de zeven modellagen.

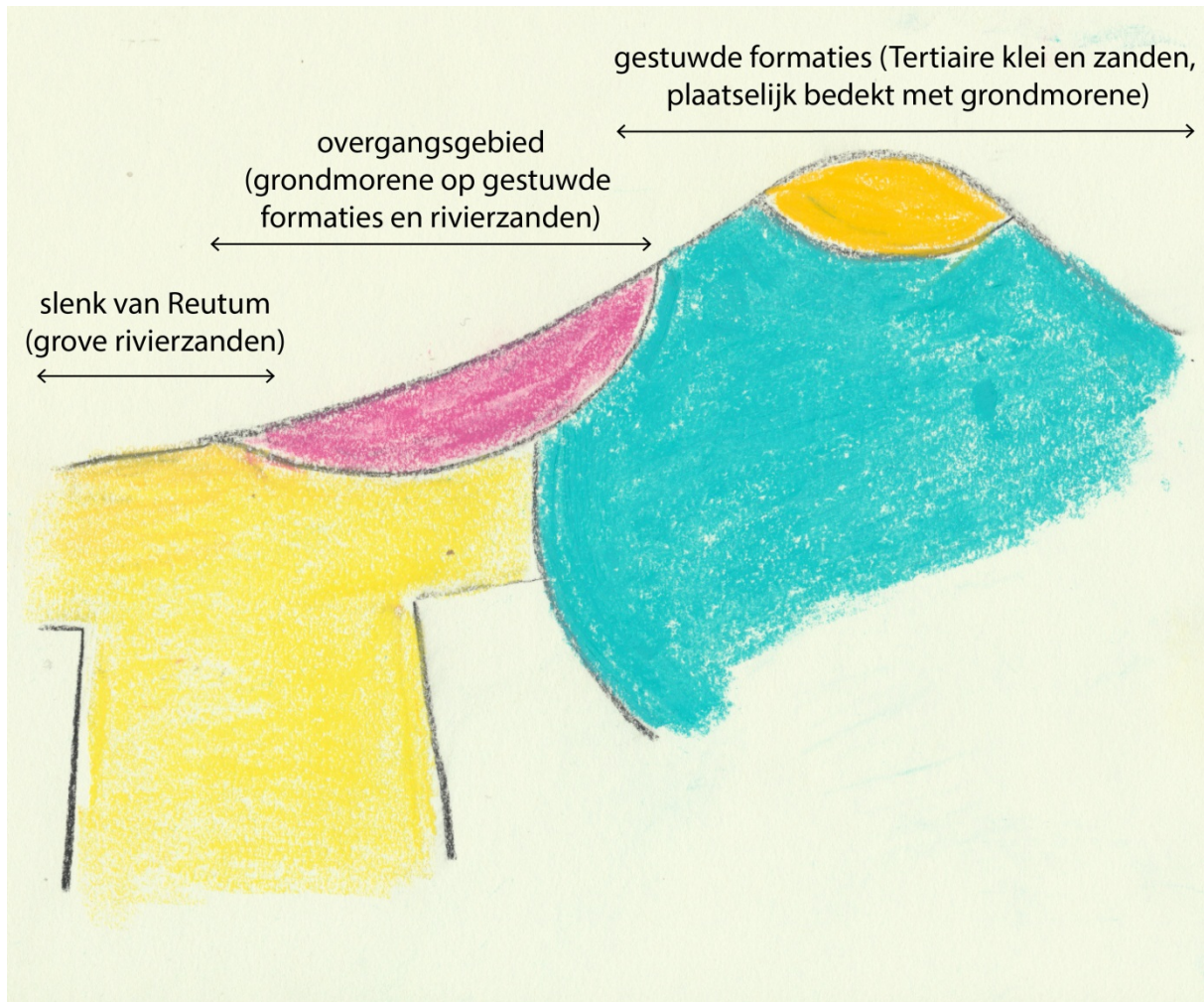
Voor het beoordelen van effecten van grondwateronttrekking in de slenk van Reutum op de stuwwal is recent een bestaand regionaal grondwatermodel aangepast (Bor, 2014). De begrenzing en het doorlaatvermogen van de slenk van Reutum zijn overgenomen uit het model van Stroet & Grube (2004). De laagdikten in de hierboven weergegeven dwarsdoorsnede zijn gebaseerd op REGIS-I, waarin de breuken niet waren opgenomen. Omdat de doorlaatvermogens zijn overgenomen uit een model waarin de breuken wél waren opgenomen, zijn de berekende potentialen (stijghoogten) in principe wel correct. De gestuwde formaties van de stuwwal van Ootmarsum hebben voor de ijking een laag initieel doorlaatvermogen gekregen. Vervolgens zijn het doorlaatvermogen en weerstanden van decheidende lagen in de ondergrond met automatische parameteroptimalisatie aangepast. In de optimalisatie zakt het doorlaatvermogen van de gestuwde formaties naar zeer lage waarden, wat overeenkomt met het beeld dat de stuwwal zeer ondoorlatend is.

Tussen de slenk en de stuwwal ligt in het model een overgangszone met een geleidelijk afnemend doorlaatvermogen. Dit is een noodzakelijk gevolg van de gekozen schematisatie; er moet een min of meer geleidelijke overgang zijn tussen de slenk en de stuwwal om een numeriek stabiel model te krijgen. De overgang tussen de slenk en de stuwwal kan in een grondwatermodel ook worden geschematiseerd als een ondoorlatende rand, zodat per definitie geen effecten optreden van ingrepen in de slenk op de stuwwal.

Vergelijking van modeluitkomsten met gemeten grondwaterstanden laat zien dat de regionale stijghoogte in de slenk goed wordt gemodelleerd, maar dat de berekende grondwaterstanden in de gestuwde formaties sterk afwijken van de gemeten grondwaterstanden. Het model berekent verlagingen in de gestuwde formaties, maar het is niet mogelijk om vast te stellen of de berekende effecten juist zijn omdat verlagingen niet direct kunnen worden gemeten.

4. Conceptueel model

Na drie presentaties over de geologie, de hydrogeologie en hydro-ecologie van de stuwwal van Ootmarsum zijn de deelnemers van de deskundigenbijeenkomst uiteen gegaan in twee groepen. Beide groepen hebben een conceptueel model opgesteld van de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum. Vervolgens zijn beide modellen plenair gepresenteerd en geïntegreerd tot een gezamenlijk conceptueel model van het gebied.



Figuur 18. Conceptueel model van de stuwwal van Ootmarsum en de slenk van Reutum.

blauw: gestuwde formaties bestaande uit Tertiaire klei en zanden

geel: goed doorlatende Pleistocene rivierzanden in de slenk van Reutum, roze: grondmorene op de westflank van de stuwwal, overwegend keileem (Dr6) maar ten noorden van Mander vooral smeltwaterzanden (Dr7),

okergeel: grondmorene bovenop de stuwwal, bestaande uit zanden en leemlenzen

Toelichting op het model

- De stuwwal van Ootmarsum bestaat voor een belangrijk deel uit gestuwde Tertiaire kleien afkomstig uit het bekken van Nordhorn ten oosten van de stuwwal. Het doorlaatvermogen van de gestuwde formaties is klein, waardoor neerslag vrijwel niet weg zijgt naar de diepe ondergrond en naar de slenk van Reutum, maar uitstroomt in bronnen en beken op de stuwwal.

- De grondmorene bovenop de stuwwal bestaat overwegend uit grove zanden en leem. De bronnen in dit gebied (Mosbeek, Springendal) voeren permanent water af, wat erop duidt dat een aanzienlijk grondwaterreservoir bijdraagt aan de afvoer.
- De slenk van Reutum ligt ten westen van de stuwwal in de ondergrond en is opgevuld met grove, goed doorlatende rivierzanden. Door het hoge doorlaatvermogen van afzettingen leidt een grondwateronttrekking in de slenk tot een daling van de stijghoogte in een groot deel van de slenk. Binnen de grenzen van de slenk vertaalt een verlaging van de stijghoogte zich naar een verlaging van de freatische grondwaterstand. In gebieden zonder oppervlaktewater werkt een verlaging van de stijghoogte vrijwel volledig door in het freatisch grondwater.
- De slenk en de stuwwal vormen twee gescheiden geohydrologische systemen en de uitwisseling van grondwater tussen beide systemen is waarschijnlijk klein. Het is niet te verwachten dat een verlaging van de stijghoogte in de slenk van Reutum leidt tot een verlaging van de freatische grondwaterstand in de gestuwde formaties.
- Tussen de oostelijke breuklijn van de slenk van Reutum en de gestuwde formaties ligt een overgangsgebied met een gelaagd profiel. In de ondergrond liggen goed doorlatende grove rivierzanden. Daarboven ligt grondmorene (Dr6) met een zeer variabele samenstelling; van sterk zandige leem tot min of meer ondoorlatende keileem. Het is niet uit te sluiten dat er in dit gebied interactie is tussen de stijghoogte in de slenk en de freatische grondwaterstand in de grondmorene.

Kennislacunes

Eventuele effecten van een verlaging van de stijghoogte in de slenk op het geohydrologisch systeem van de stuwwal moeten gezocht worden in de overgangszone tussen de slenk van Reutum en de gestuwde formaties, in het gebied waar goed doorlatende formaties in de slenk worden afgedekt door grondmorene met een variabele samenstelling. In deze zone is niet uit te sluiten dat een verandering van de stijghoogte in de slenk doorwerkt op de freatische grondwaterstand of op de afvoer van beken.

Invloed van een verandering in de stijghoogte in de slenk op de grondwaterstand treedt mogelijk op in bronnen en grondwaterafhankelijke vegetaties, waar de freatische grondwaterstand niet veel hoger ligt (in de orde van meters) dan de stijghoogte in de slenk. In deze bronnen kan sprake zijn van een lage weerstand tussen het freatisch grondwater en het grondwater in de slenk, waardoor interactie mogelijk is.

In bronnen met een freatische grondwaterstand die meters hoger ligt dan de stijghoogte in de slenk is de weerstand van de ondergrond blijkbaar zo groot, dat geen interactie optreedt. Het bestaan van deze bronnen is op zichzelf een aanwijzing voor een hoge systeemweerstand.

De hoge weerstand van de gestuwde formaties kan fysisch verklaard worden op systeemniveau met een bakjesmodel. Wanneer we echter proberen de ondergrond op basis van boorgegevens ruimtelijk te beschrijven, bijvoorbeeld in een gelaagd grondwatermodel, blijkt de systeemweerstand een moeilijk te beschrijven fenomeen. De stuwwal bestaat voor een groot deel uit ondoorlatende klei, maar er zijn ook boringen die vooral veel zand laten zien. Het gangbare geohydrologische concept van doorlopende watervoerende lagen past niet goed op de stuwwal van Ootmarsum. Dit verklaart waarom ruimtelijke grondwatermodellen van de stuwwal aanleiding geven tot voortgaande discussies.

Aanbevelingen

Op grond van de gedeelde inzichten en de benoemde kennislacunes is besproken op welke wijze meer duidelijkheid is te krijgen over de hydrologische interactie tussen de slenk van Reutum en de stuwwal van Ootmarsum:

1. Om te bepalen of bronnen gevoelig zijn voor verlaging van de stijghoogte in de slenk moet de ligging van het overgangsgebied tussen de slenk en gestuwde formaties nauwkeuriger op kaart worden gezet. Hiervoor dient de ligging van de breuklijnen, de verspreiding van de grove rivierzanden in de slenk, de verspreiding van grondmorene en de westgrens van de gestuwde formaties zo goed mogelijk te worden bepaald, met een eventuele onzekerheidsmarge. Voor het maken van deze kaart is veel uitgangsmateriaal beschikbaar (Stroet & Grube, 2004; den Otter, 2000).
Vervolgens moet worden vastgesteld welke bronnen en gebieden met grondwaterafhankelijke plantengemeenschappen in het overgangsgebied voorkomen, bijvoorbeeld op basis van de gebiedsdekkende vegetatiekartering van de stuwwal (Beringen et al., 1994), eventueel aangevuld met actuele gegevens.
2. Wanneer de ligging van mogelijk gevoelige bronnen in kaart is gebracht dienen hydro-ecologische systeemanalyses te worden opgesteld van bronsystemen waar de freatische grondwaterstand min of meer overeenkomt met de stijghoogte in de slenk. Dit zijn bronnen die gevoelig kunnen zijn voor een verlaging van de regionale stijghoogte in de slenk.
3. Een belangrijk hulpmiddel voor het bepalen van de globale grootte van de weerstand tussen het freatisch grondwater en de diepe ondergrond is het opstellen van een waterbalans van bronnen en beken. Hiervoor zijn betrouwbare afvoermetingen onontbeerlijk. Het is aan te bevelen om de afvoermetingen die na het onderzoek van Stroet & Grube in 2004 zijn verzameld te betrekken in de hydro-ecologische systeemanalyses.
4. Het uitvoeren van een pompproef in het watervoerende pakket in de slenk van Reutum kan wellicht meer inzicht geven in het eventuele doorwerken van een stijghoogteverlaging in de slenk naar freatische grondwaterstanden in de grondmorene en op de stuwwal. Het verdient aanbeveling om deze mogelijkheid nader te onderzoeken.

Conclusies

Aan het eind van de expertsessie op woensdag 17 december 2014 zijn gezamenlijke conclusies geformuleerd. Deze worden hier ongewijzigd weergegeven:

1. De slenk van Reutum s.l. en de stuwwal van Ootmarsum zijn twee gescheiden systemen. Op de smalle (500 - 1000 m) overgang tussen deze systemen is enige interactie niet uit te sluiten.
2. Significante effecten van ingrepen op grondwaterafhankelijke natuur zijn daar te verwachten waar grondmorene (Dr6) op een watervoerend pakket ligt.
3. Effecten op de kwelflux en de grondwaterstand treden alleen op bij geringe kwelintensiteit en een maaiveldligging niet ver boven de stijghoogte van de slenk van Reutum.
Aandachtspunt: Wat is het effect van afname van de kwelintensiteit op de vegetatie bij een hoge kwelintensiteit?
4. Effecten van veranderingen in de slenk van Reutum vertalen zich hoogstwaarschijnlijk niet in effecten op de stuwwal vanwege het voorkomen van oppervlaktewater op de stuwwal en doordat de stuwwal zeer ondoorlatend is.
5. Alleen de berekende effecten op de stijghoogte (niet de grondwaterstand) in de slenk van Reutum s.l. zijn voldoende betrouwbaar als uitgangspunt voor ecologische effectvoorspelling.
6. Op de stuwwal hebben lokale hydrologische maatregelen grote positieve effecten op herstel van grondwaterafhankelijke systemen.

Toelichting op gebruikte termen:

- Slenk van Reutum s.l.: slenk van Reutum in geologische zin (s.s) plus het direct ten oosten daarvan gelegen watervoerende pakket.
- Stijghoogte in de slenk van Reutum: de stijghoogte van het grondwater onder de grondmorene (Dr6), in tegenstelling tot de freatische grondwaterstand die wordt gemeten in een boorgat vanaf maaiveld.

Literatuur

- Bakker, M.A.J. (2004). **The internal structure of Pleistocene push moraines. A multidisciplinary approach with emphasis on ground-penetrating radar.** Proefschrift Universiteit London.
- Berg, M.W. van den & C. den Otter (1993). **Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50.000. Blad Almelo Oost/Denekamp (280/29).** Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Beringen, R., N. Kwint, H. Hazelhorst & P. Bremer (1994). **Flora en Fauna van de Ootmarsumse stuwwal.** Basisrapport Milieu-inventarisatie Provincie Overijssel.
- Bor, M. (2014). **Aanpassing instationair WRD2012-grondwatermodel (concept).** Tauw, Deventer.
- Broks, J. (1991). **Geohydrologisch onderzoek winplaatsen Manderveen en Manderheide.** Bron2, Den Bosch.
- Broks, J. (1992). **Intrekgebieden winplaatsen Manderveen en Manderheide.** Broks Onderzoek & Ontwerp, Den Bosch.
- Eysink, A.T.W., M.A.P. Horsthuis, R.J.J. van Dongen & J.H.J. Thielemans (2012). **Terug naar de Bron. Evaluatie van herstelprojecten.** Waterschap Regge en Dinkel
- Horsthuis, M. A. P. & van Tweel-Groot, L. (2002) **Een rasterkartering in het brongebied van de Mosbeek.** Stratiotes 24: 13-26.
- Horsthuis, M.A.P (2006). **De Bron van de Burger - een weidebron in Noordoost-Twente.** Stratiotes, nummer 32: 3-9.
- Horsthuis, M.A.P. (2007). **Twentse bronnen aan de basis van natuurkwaliteit. Handleiding voor bescherming en beheer van bronnen in Twente.** Brochure uitgegeven in het kader van het project Terug naar de Bron.
- Hullu, P.C. de, Eysink, A.Th.W. & A.J.M. Jansen (2000). **Terug naar de bronnen van het Springendal.** Aarde en Mens 4(3): 43-47.
- Kieskamp, A.A.M. (2014). **Hydro-ecologische systeemanalyse van het brongebied van de Mosbeek.** Radboud Universiteit Nijmegen/Unie van Bosgroepen.
- Kleinsman, W.B. (1978). **Geomorfologische kaart van Nederland : schaal 1:50.000 Blad 28 en blad 29 Almelo/Denekamp.** Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.
- Otter, C. den (2000). **Geologisch onderzoek Waterwingebied Mander.** TNO-rapport NITG 00-119-B NITG-TNO, Zwolle.
- Stroet, C.W. & A. Grube (2004). **Geohydrologisch onderzoek Slenk van Reutum, Fase 1c. De hydrologie van de Slenk van Reutum / Beschrijving van het grondwatermodel.** DHV Water BV / Rogge & Co.
- Vugt, A. van, P. Baggelaar, C. Aggenbach & N. Jaarsma (2012). **Evaluatie reallocatie grondwaterwinning Mander 2012.** Deventer, Witteveen en Bos/Icastat/KWR/Nico Jaarsma.

Wateren, F.M. van der (1992). **Structural Geology and Sedimentology of Push Moraines. Processes of soft sediment deformation in a glacial environment and the distribution of glaciotectionic styles.** Amsterdam, Academisch Proefschrift Universiteit van Amsterdam. Tevens uitgegeven als Mededelingen Rijks Geologische Dienst Nr 54 (1995).

Bijlage - Deelnemers deskundigenbijeenkomst

De deelnemers aan de deskundigenbijeenkomst over de stuwwal Ootmarsum waren:

André Jansen (Unie van Bosgroepen, dagvoorzitter), Cees den Otter (voorheen Rijks Geologische Dienst, expert geologie), Ron Stroet (RoyalHaskoningDHV, expert hydrogeologie), Marcel Horsthuis (Unie van Bosgroepen, expert hydro-ecologie), Luc Bruinsma (Tauw), Mariska Overbeek-te Vaarwerk (Tauw), Rob van Dongen (waterschap Vechtstromen), Jan Hoogendoorn (Vitens), Henk Hunneman (Vitens), Martine Verheijen-ten Kate (provincie Overijssel), Thomas de Meij (provincie Overijssel)

In het ochtendgedeelte hebben drie van de deelnemers een presentatie gegeven vanuit hun eigen vakgebied:

Cees den Otter

In 1961 kwam Cees den Otter in dienst van de Rijks Geologische Dienst en hij heeft er tot zijn pensionering in 2004 gewerkt. Tijdens zijn loopbaan heeft hij onderzoek gedaan naar verschillende stuwwallen in Nederland en het buitenland. In Groenland heeft Cees den Otter glaciale en periglaciale processen langs de huidige ijsrand bestudeerd. Hij karteerde de stuwwal van Ootmarsum door middel van boringen en het opnemen van ontsluitingen. Hij is medeauteur van de Toelichting op de Geologische Kaart, kaartblad Almelo/Denekamp (28O/29) (Van den Berg & den Otter, 1993).

Ron Stroet

In 1987 kwam Ron Stroet in dienst bij hydrologisch adviesbureau Ad Broks, waar hij heeft meegewerkt aan het eerst modelonderzoek naar de grondwateronttrekking Mander (Broks, 1991; 1992). In de periode 2002 – 2004 heeft hij opnieuw uitgebreid hydrogeologisch onderzoek gedaan naar de slenk van Reutum en de stuwwal van Ootmarsum (Stroet & Grube, 2004). Kenmerkend voor de expertise van Ron Stroet is de combinatie van veldkennis, conceptueel hydrogeologisch denken en het implementeren van die kennis in grondwatermodellen. Ron Stroet werkt als adviseur bij Royal Haskoning DHV.

Marcel Horsthuis

Marcel Horsthuis heeft als vegetatiekundige jarenlang veldwerk gedaan voor de provinciale florakarteringen in Overijssel. Sinds enkele jaren is hij werkzaam bij de Unie van Bosgroepen als hydro-ecoloog. Marcel Horsthuis is nauw betrokken geweest bij advisering van de herstelprojecten Terug naar de Bron (Horsthuis 2006; 2007) en het opstellen van de projectevaluatie (Eysink et al., 2014).