

Resultaten beleidsmeetnet verdroging Noord-Brabant

Methode en voorlopige resultaten eerste fase inrichting

Provincie Noord-Brabant



Auteurs

Roelof Stuurman

Perry de Louw

Jelle Buma

Aris Lourens

Han Runhaar

Gilbert Maas

Corine Geujen

Ysbrand Graafsma

Bianca Nijhof

Opdrachtgever

Provincie Noord-Brabant

P03-0496

Inhoud

1.	Samenvatting methodiek beleidsmeetnet verdroging	5
1.1	Achtergrond en doelstelling van het meetnet	5
1.2	Inrichting van het meetnet	6
1.3	Hoe wordt een meetpunt ingericht ?	8
1.4	Berekening van de verdroging	10
1.4.1	De referentie	10
1.4.2	Hoe wordt 'Verdroging' gekwantificeerd ?	11
2.	Voorbeelduitwerking voor Beleidsmeetpunt Verdroging 'de Wijstgronden' bij Uden	15
2.1	Gebiedsbeschrijving	15
2.2	Ontstaan van de Wijst(gronden)	16
2.3	Geohydrologie	16
2.4	Ontstaan grondwatersituatie	17
2.5	Actuele vegetatie, gewenste vegetatie en abiotisch hydrologisch streefbeeld	20
2.6	Bodem en historische referentie	21
2.7	Grondwaterstand	22
2.8	Grondwaterkwaliteit en -stroming	22
2.9	Anti-verdrogingsmaatregelen	24
2.10	Inrichting BMV-meetlocatie	26
2.11	Resultaten verdroging Wijstgronden	26
3.	Eerste resultaten Beleidsmeetnet Verdroging	29
4.	Knelpunten	31
	Literatuur	33

1. Samenvatting methodiek beleidsmeetnet verdroging

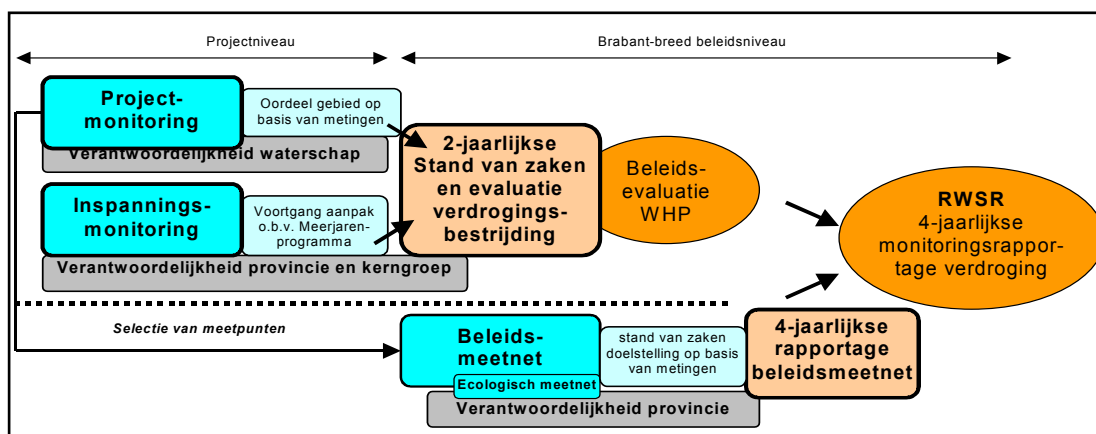
In dit rapport wordt in het kort beschreven hoe het Beleidsmeetnet Verdroging (BMV) in Noord-Brabant wordt ingericht en hoe 'streefbeeldrealisatie' of 'verdroging' wordt gekwantificeerd. Vervolgens wordt deze methode uitgewerkt aan de hand van het voorbeeld de Wijstgronden. Voor een uitgebreide verantwoording van de methodiek wordt verwezen naar het rapport Beleidsmeetnet Verdroging Noord-Brabant.

1.1 Achtergrond en doelstelling van het meetnet

Provincie, waterschappen, terreineigenaren en waterleidingmaatschappijen in Noord-Brabant hebben het afgelopen jaar gezamenlijk gewerkt aan de inrichting van het beleidsmeetnet verdroging. Het doel van dit verdrogingsmeetnet is het in beeld brengen van de mate van verdroging van natuurterreinen en het toetsen van de anti-verdrogingsdoelstelling. Per gebied wordt met een verdrogingsmeetlat de mate van verdroging aangegeven. Het vaststellen van verdroging is zeer complex. In elk gebied manifesteert verdroging zich weer op een andere manier, in het ene gebied zijn fluctuaties van de grondwaterstand bepalend, in het andere de waterkwaliteit. Om de mate van verdroging te analyseren en te kwantificeren is een methode ontwikkeld om de verdrogingstoestand naar eenduidige informatie te vertalen.

Door middel van het beleidsmeetnet verdroging en de 2-jaarlijkse stand van zaken, met daarin meegenomen de resultaten van inspanningsmonitoring en projectmonitoring wordt inzicht verkregen in de voortgang van de verdrogingsbestrijding en de mate van hydrologisch herstel in Noord-Brabant (zie figuur 1).

Het vegetatiemeetnet geeft een beeld van de mate van ecologisch herstel en daarnaast ook inzicht in de mate van verdroging op basis van voorkomende verdrogingsgevoelige soorten. Beide meetnetten kunnen elkaar ondersteunen en aanvullen.



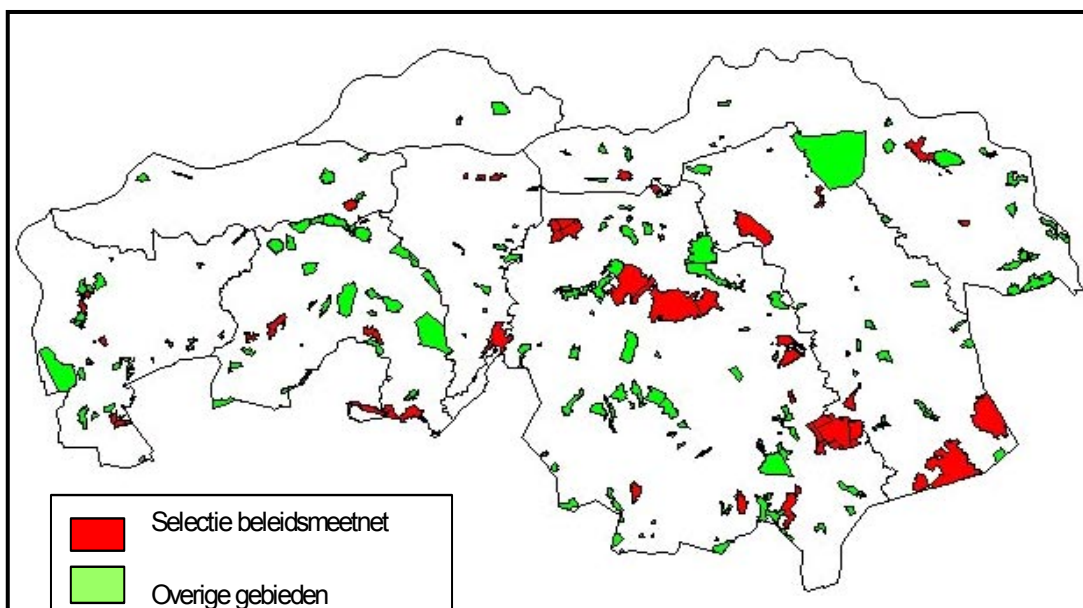
Figuur 1 De verschillende vormen van monitoring

De provincie is verantwoordelijk voor het beleidsmeetnet en de inspanningsmonitoring. De waterschappen en terreinbeheerders nemen de metingen van het beleidsmeetnet op in hun monitoringsprogramma. De provincie maakt 4-jaarlijks een evaluatie van de stand van zaken. De waterschappen zijn verantwoordelijk voor de projectmonitoring.

1.2 Inrichting van het meetnet

Aantal gebieden

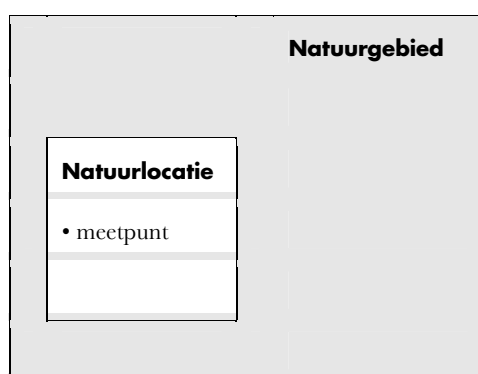
Het meetnet wordt in 2 fases ingericht. De eerste fase is afgerond. Momenteel is het beleidmeetnet ontworpen voor 30 gebieden (zie figuur 2). Hiervan is in ca 20 gebieden het meetnet grotendeels ingericht en in ca 10 gebieden zal dit in het najaar van 2003 gebeuren. Per gebied worden een aantal voor dat gebied bepalende parameters voor de mate van verdroging gemeten. Met deze 30 gebieden kan nog geen compleet beeld worden verkregen van de mate van verdroging in de Provincie Noord-Brabant. Het is de bedoeling het meetnet in de toekomst uit te breiden door middel van het “uitgedund” doorzetten van projectmonitoring.



Figuur 2 Verspreiding 1^e fase beleidsmeetnet over de verdroogde gebieden

Wat is een meetpunt?

Er zijn verschillende schaalniveaus relevant (zie figuur 3).



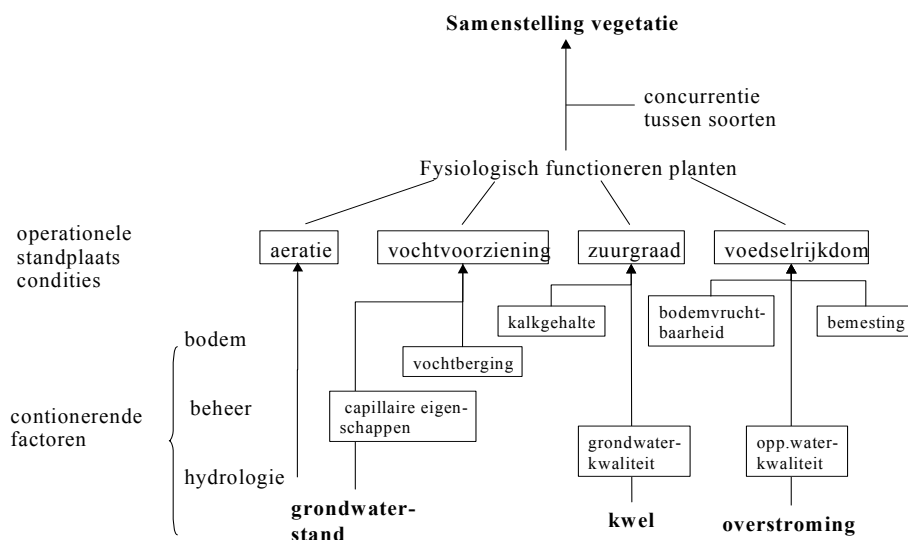
Figuur 3 De schaalafhankelijke begrippen natuurgebied, natuurlocatie en meetpunt

Het *natuurgebied* omvat de begrenzing van het natuurgebied. Dit kan een geheel stroomgebied zijn, maar in de meeste gevallen betreft het geen duidelijke hydrologische eenheid. De *natuurlocatie* omvat een ecologisch waardevol gedeelte en beslaat meestal één of enkele percelen. Binnen een

locatie liggen, naast vegetatiemeetpunten, één of meerdere hydrologische meetpunten, die representatief zijn voor de locatie en gebruikt worden om de mate van verdroging vast te stellen. Er wordt onderscheid gemaakt in toestandsmeetpunten en verklaarmetpunten. In het toestandsmeetpunt wordt de belangrijkste standplaatsfactor van de terrestrische grondwaterafhankelijke natuur gemeten, namelijk de freatische grondwaterstand. Van deze grondwaterstand is de plant direct afhankelijk. Afhankelijk van het gebied worden ook enkele andere toestandsvariabelen gemeten zoals de het pH-profiel in de bodem, de waterkwaliteit van vennen of inundatiebronnen en de grondwatersamenstelling in kwetsbare systemen. De freatische grondwaterstand wordt echter bepaald door een aantal factoren zoals o.a. neerslag en verdamping, de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket (kwel of infiltratie), het oppervlaktewaterpeil van de dichtstbijzijnde sloot, waterloop of beek en afstand tot ontwateringsmiddel. Indien relevant worden deze verklaarvariabelen gemeten in zogenaamde verklaarmetpunten.

Meetvariabelen

De relatie tussen de waterhuishouding en de vegetatie is complex, en berust op een groot aantal onderliggende processen (Figuur 4, Runhaar e.a., 2002). Voor het project Waternood zijn de relaties en processen per vegetatietype vertaald naar het optimale grondwaterregiem (GVG, GLG, droogtestress), het voorkomen van kwel en overstroming. Uiteraard spelen voedselrijkdom en zuurgraad in en rond de wortelzone een belangrijke rol.



Figuur 4. Invloed van hydrologische condities op operationele standplaatsfactoren en samenstelling van de vegetatie (Runhaar e.a. 2002).

Als stuurvariabelen zijn gekozen:

- de *gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand* (GVG), die vooral bepalend is voor de aeratie aan het begin van het groeiseizoen en daarmee het aandeel hygroyten in de vegetatie;
- de *gemiddeld laagste grondwaterstand* (GLG) die bepalend is voor de aeratie gedurende het groeiseizoen en daarmee de potentiële afbraak van organisch materiaal;

- de potentiële *droogtestress* onder een standaard-grasbegroeiing die een maat vormt voor de vochtleverantie van de standplaats en die een goede voorspeller lijkt te zijn van het aandeel meso- en xerofyten in de vegetatie;
- de aanwezigheid van *kwel*, die in kalkarme gebieden een belangrijke zuurbuffer vormt, en de *overstroming* met oppervlaktewater die niet alleen zorgt voor zuurbuffering maar ook voor de aanvoer van nutriënten.

Afhankelijk van het hydrologisch systeem zijn bepaalde stuurvariabelen relevant. Tabel 1 geeft een korte samenvatting.

Hydrologische stuurvariabele	Van invloed op vegetatie-ontwikkeling via:	Is relevant voor:	Relatie afhankelijk van
GVG	aeratie aan begin van het groeiseizoen	Alle systemen	-
GLG	aeratie gedurende het groeiseizoen, afbraak organisch materiaal	Natte, potentieel veen-vormende systemen	(bodemtype)
Droogtestress	werkt direct in op vegetatie	In overige, niet veen-vormende systemen	Bodemtextuur neerslagoverschot en grondwaterstand
kwel	Zuurbuffering	Natte en vochtige, niet zure systemen	Kalkgehalte bodem, grondwaterkwaliteit
Overstroming	Zuurbuffering, Voedselrijkdom	Niet-zure systemen	Overstromingsduur, slibgehalte, oppervlaktewaterkwaliteit, bemesting

Tabel 1 Overzicht hydrologische stuurvariabelen

1.3 Hoe wordt een meetpunt ingericht?

Om te komen tot keuze van meetlocaties voor het BMV-meetnet worden de volgende stappen genomen.

1. Indeling in ecohydrologische systeemtypen en natuurdoeltypen (bijv vennen, natte heide, beekdalen).
2. Keuze meetpuntlocaties op basis van ecohydrologische systeembeschrijving ('ecohydrologische zonering'; bijv deel van beekdal onder invloed van beekpeil, deel van beekdal voornamelijk gevoed door kwel.), aanwezige natuurwaarden en het oppervlak van het gebied.
3. Inventarisatie bestaande hydrologische meetpunten en kwaliteit meetreeksen.
4. Inventarisatie vegetatiemeetpunten.
5. Inrichting waarbij gestreefd wordt naar een afstemming tussen bestaande meetpunten (hydrologie, vegetatie), een representatieve ligging en de mogelijkheid om de veranderingen in de grondwaterstand te verklaren. De keuze voor de meetvariabelen hangt af van de systeemeigenschappen.

Ecohydrologische zonering; Voorbeeld Beekdal

Inzicht in het ecohydrologische systeem is vereist om de juiste variabelen op de juiste locatie te meten. In een beekdal met kwel zal het meetnet er anders uitzien dan rondom vennen op een heide landschap in een infiltratiegebied (figuur 5). Het gaat hierbij voornamelijk om welke variabelen de freatische grondwaterstand bepalen (stijghoogte, afstand tot ontwateringsmiddel, oppervlaktewaterpeil).

Binnen een ecohydrologisch systeem (bijvoorbeeld beekdal) kunnen verschillende ecohydrologische zones worden aangegeven. Een zone grenzend aan de beek zal door de drainerende werking van de beek andere standplaatseigenschappen bezitten dan op grotere afstand van de beek. Op een dergelijke locatie kan binnen 1 bodemtype (bijvoorbeeld veen) twee ecohydrologische zones voorkomen namelijk (1) het door de beekpeil verlaagde deel en (2) het nauwelijks door het beekpeil beïnvloede deel. Vaak zullen ecohydrologische zones echter samen gaan met de verschillende bodemtypes.

De grondwatersituatie in een benedenloop wordt bepaald door:

1. Beekpeil;
2. Stijghoogte (kwelflux);
3. Inundatiefrequentie;
4. Freatische grondwaterstand op de beekdalrand.

Wat betreft systeemeigenschappen kan een beekdal in vijf zones worden ingedeeld.

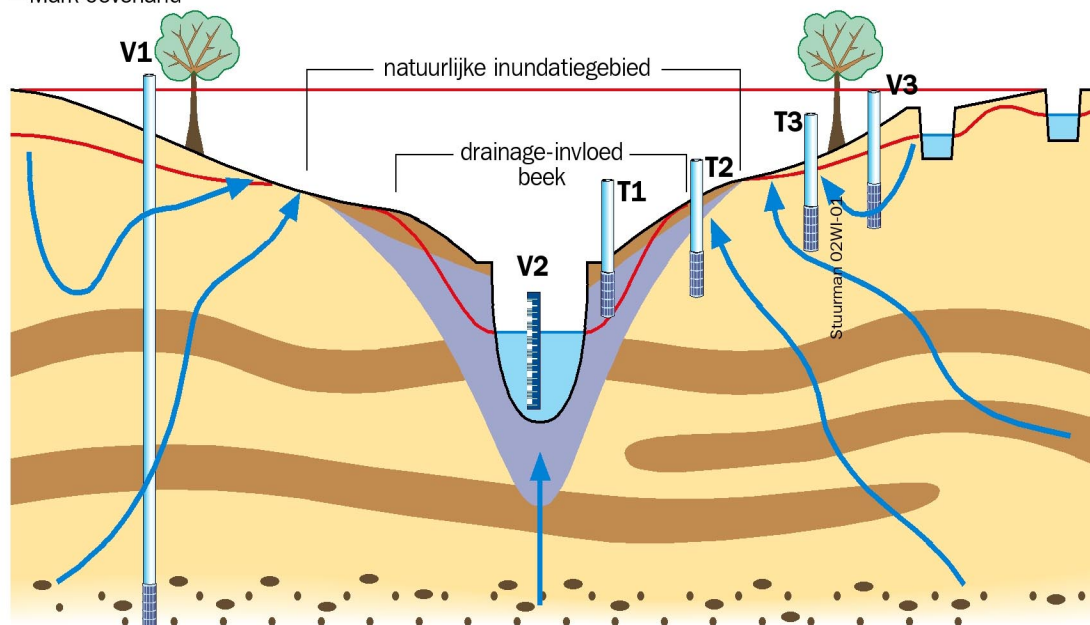
- De beekloop.
- De zone waar de grondwaterstand sterk beïnvloed wordt door het beekpeil. Deze 'drainagezone' neemt in de zomer qua grootte toe. Deze zone raakt in de winter onder natuurlijke omstandigheden langdurig geïnundeerd
- De kwelzone die in geringe mate wordt beïnvloed door het beekpeil en hoofdzakelijk wordt beïnvloed door de kwelflux. In de winter langdurig geïnundeerd.
- De beekdalhelling. De grondwaterstand is afhankelijk van de inundatie van de zone 2 en 3, van de stijghoogte en van de grondwaterstand (ondiepe toestroomflux) aan de beekdalrand. De winterinundatie zorgt ervoor dat de hoogteligging van het primaire drainageniveau langdurig is verhoogd. De grondwaterstand ligt hierdoor structureel hoger waardoor bij neerslagperioden meer regenwater oppervlakkig zal worden afgevoerd. Hierdoor zal de kwelinvloed in deze zone netto toenemen.
- De beekdalrand. De flux van ondiep grondwater richting beekdal is afhankelijk van de zone die grenst aan de beekdalrand.

Kennis van het ecohydrologische systeem en zoneringen dienen te worden verzameld aan de hand van bestaande studies en veldbezoeken.

In het hoofdrapport en het Handboek Verdroging wordt per ecohydrologisch systeem in detail ingegaan op de ecohydrologische zoneringen en de locatie van de meetpunten.

E1 Beekdal (benedenloop)

- kanaalkwel
- Mark oeverland



In het beekdal kunnen vier zones worden onderscheiden: (1) de beek, (2) sterke invloed beekpeil, historisch geïnundeerd, (3) sterke invloed kwel, historisch geïnundeerd, (4) gebied afhankelijk van situatie zone 3 en situatie aangrenzend aan beekdal. Daarom 3 toestandsmeetpunten en 3 verklaarmetpunten (stijghoogte, beekpeil, grondwaterstand op beekdalrand).

Figuur 5 Inrichting van het meetnet in relatie tot de grondwatersituatie in een beekdal

Inrichting

De meetlocatie zal hier minimaal bestaan uit 6 meetpunten, 3 toestands- en 3 verklaarmetpunten. Een oppervlaktewaterpeil-meetpunt, een ondiepe grondwaterbuis in de zone's 2 t/m 4 en op de beekdalrand en een stijghoogtemeetpunt. Voor de exacte locatie van het stijghoogtemeetpunt bestaat een zekere vrijheid. Er kan gebruik gemaakt van stijghoogtemeetpunten in de naaste omgeving. Alleen in het geval dat deze niet aanwezig zijn zal een extra meetpunt moeten worden ingericht.

Wat betreft kwaliteit moet het beekwater (=inundatiewater) maandelijks worden waargenomen, jaarlijks de bodem-pH bij meetpunten T1, T2 en T3 in de bovenste 120 cm worden bepaald en tweejaarlijks de grondwaterkwaliteit in de meetpunten T1 t/m T3 (pH, EGV, Cl, Ca, NO₃, SO₄).

1.4 Berekening van de verdroging

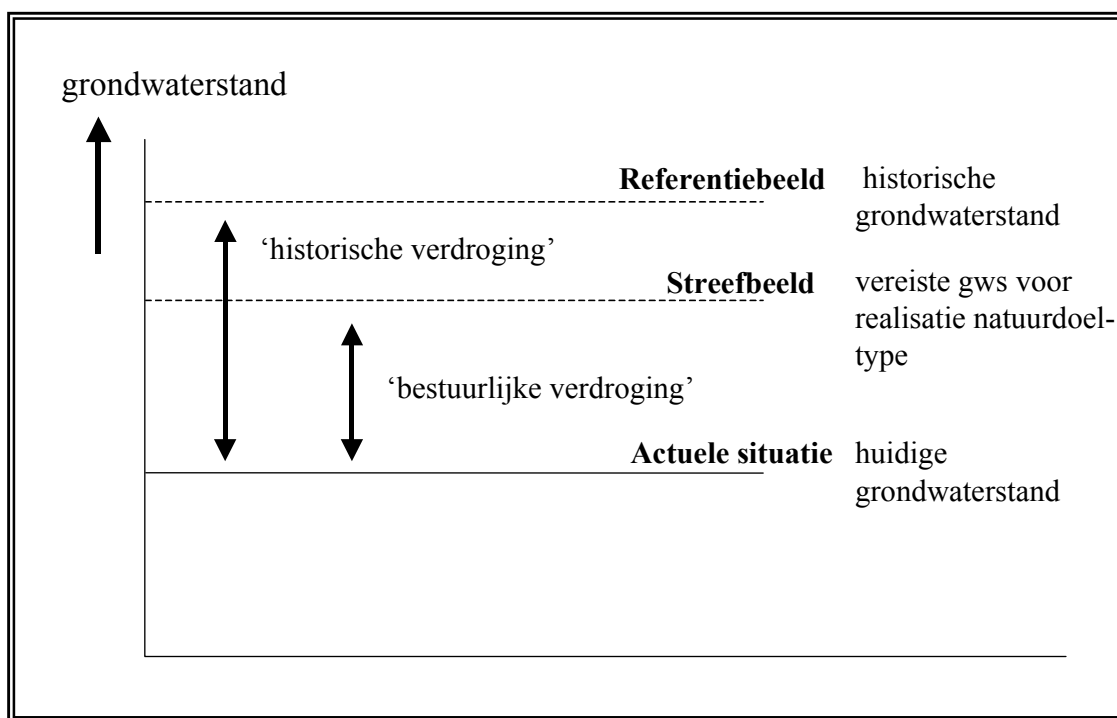
1.4.1 De referentie

Om de verdroging te kwantificeren wordt de actuele grondwatersituatie vergeleken met het streefbeeld van het huidige of in de toekomst gewenste vegetatietype ('**streefbeeldrealisatie**'). Aanvullend wordt de actuele situatie vergeleken met natuurlijke abiotische eigenschappen van de locatie (ca 1940-1950) ('**referentiebeeldrealisatie**'). In figuur 6 worden deze begrippen grafisch getoond.

Om te bepalen of een gebied verdroogd is of niet moet het duidelijk zijn waarmee de (actuele) grondwaterstand kan worden vergeleken. Er is gekozen om bij de bepaling van de verdroging de grondwatersituatie te vergelijken met het streefbeeld én het referentiebeeld. Met het streefbeeld wordt het hydrologische regime bedoeld dat nodig om het gewenste natuurdoeltype te realiseren. Het verschil tussen de grondwaterstanden in de huidige situatie en die in het streefbeeld geeft de *bestuurlijke verdroging* weer: hoever moeten de grondwaterstanden stijgen om het streefbeeld te realiseren?

De referentie geeft aan wat de vroegere waterhuishoudkundige situatie was. Het verschil tussen de grondwaterstanden in de huidige situatie en die in de referentie geeft informatie over de *historische verdroging*: hoe ver zijn de grondwaterstanden sinds het verleden gedaald?

Beide typen informatie zijn noodzakelijk voor de beoordeling van de huidige situatie. Door de provincie wordt voor de mate van verdroging primair uitgegaan van het verschil tussen de grondwaterstanden in de huidige situatie en die in het streefbeeld, ofwel van de *bestuurlijke verdroging*. Informatie over de referentiesituatie en de historische verdroging is echter nodig om te kunnen beoordelen of de gekozen streefbeelden wel voldoende gebiedspecifiek zijn en leiden tot een voldoende natuurlijke waterhuishouding.



Figuur 6 Een grafische weergave van de begrippen referentie en streefbeeld

1.4.2 Hoe wordt 'Verdroging' gekwantificeerd ?

Na de inrichting van een meetlocatie kan de streefbeeldrealisatie (verdroging) bepaald worden. Hiervoor worden de volgende stappen uitgevoerd.

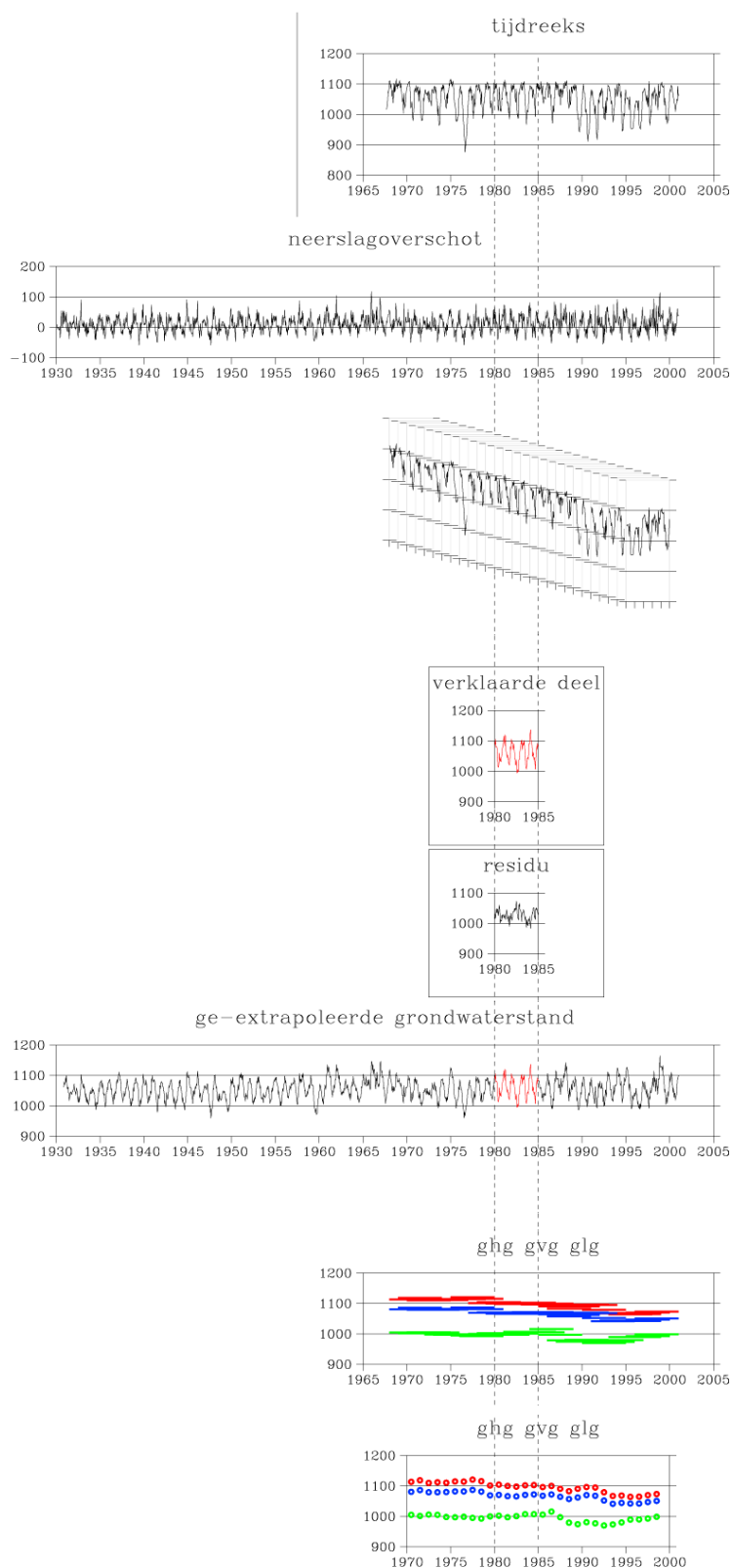
1. Voor elk meetpunt wordt het abiotisch streefbeeld bepaald op basis van de standplaatseigenschappen van de gewenste natuurdoeltypen met behulp van de Waternood database. Hierbij wordt voor de GVG en de GLG de grondwaterstand bepaald waarbij 100 % streefbeeldrealisatie (onverdroogd) verwacht wordt en de grondwaterstand waarbij 0 %

realisatie (maximale verdroging) wordt bereikt. De (historische) referentie wordt bepaald op basis van bodemeigenschappen ('de bodem als geheugen').

2. De grondwaterstandreeks wordt gecorrigeerd voor klimaatschommelingen. Deze correctie vindt plaats met behulp van tijdreeksmodellering. Heel simpel uitgelegd betekent dit dat de (per jaar steeds variabele) klimaatinvloeden eerst voor elke meetperiode van 5 jaar uit een grondwaterstandsreeks worden gefilterd. Vervolgens wordt het grondwaterstandsverloop opnieuw berekend met behulp van de 70-jaar lange klimaatreeks. Uit deze reeks kan vervolgens de GHG, GVG en de GLG worden berekend en toegekend aan het middelste jaar van de 5-jaars reeks. Deze bewerking vindt eerst plaats voor de jaren 1 t/m jaar 5, vervolgens voor de jaren 2 t/m 6 etc. De grondwaterregiem eigenschappen zijn nu per jaar vergelijkbaar (zie figuur..).
3. De gecorrigeerde GVG en GLG worden vergeleken met de streefbeeldrealisatie-waarden (figuur 8). Als toetsingsmomenten gelden; (a) het begin van de meetperiode, (b) 1985 (het landelijk toetsmoment), (c) 1994 (het provinciaal toetsmoment) en (d) de actuele situatie.
4. 4-jaarlijks wordt een evaluatie gedaan naar de stand van zaken. Hierbij worden de metingen per gebied tot een verdrogingscore verwerkt. Naast een berekening van de mate van verdroging op basis van terreincondities wordt de mate van verdroging op basis van het voorkomen van plantensoorten bepaald.

De score wordt per eis (de stuurparameters GVG, GLG, kwel, overstroming) vastgesteld. Uit deze verschillende scores wordt 1 streefbeeldrealisatiescore bepaald, namelijk de laagste. De laagste score is leidend en zal per toestandsmeetpunt worden bepaald.

Als er meerdere toestandsmeetpunten in een gebied voorkomen dan is de uiteindelijke score van het gebied het gemiddelde van alle toestandsmeetpunten.



Stap 1

Selectie grondwaterreeks en representatieve klimaatreeks.

Met een voortschrijdend interval van 5 jaar worden 38 perioden geselecteerd ten behoeve van transfermodellen.

Stap 2

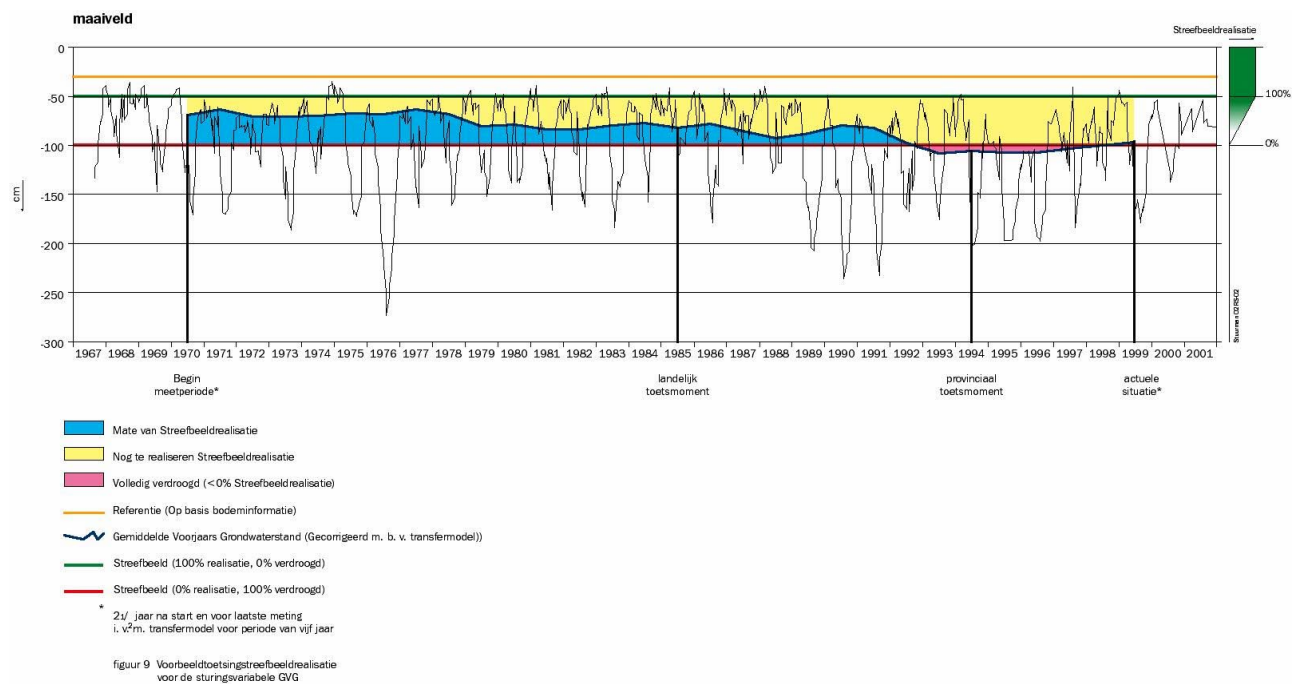
Genereren van langjarige grondwaterstandsreeks op basis van het 5-jaars transfermodel.
(Voorbeeld voor 1 periode)

Stap 3

Bepalen GHG, GVG en GLG voor alle 5-jaars periodes.

Visualisering door de punten in het midden van de 5-jaars periodes te tonen.

Figuur 7 De verschillende stappen waarmee een bestaande grondwaterreeks wordt gecorrigeerd voor klimaatsverschillen en wijze waarop de GLG, GVG en GHG wordt bepaald.

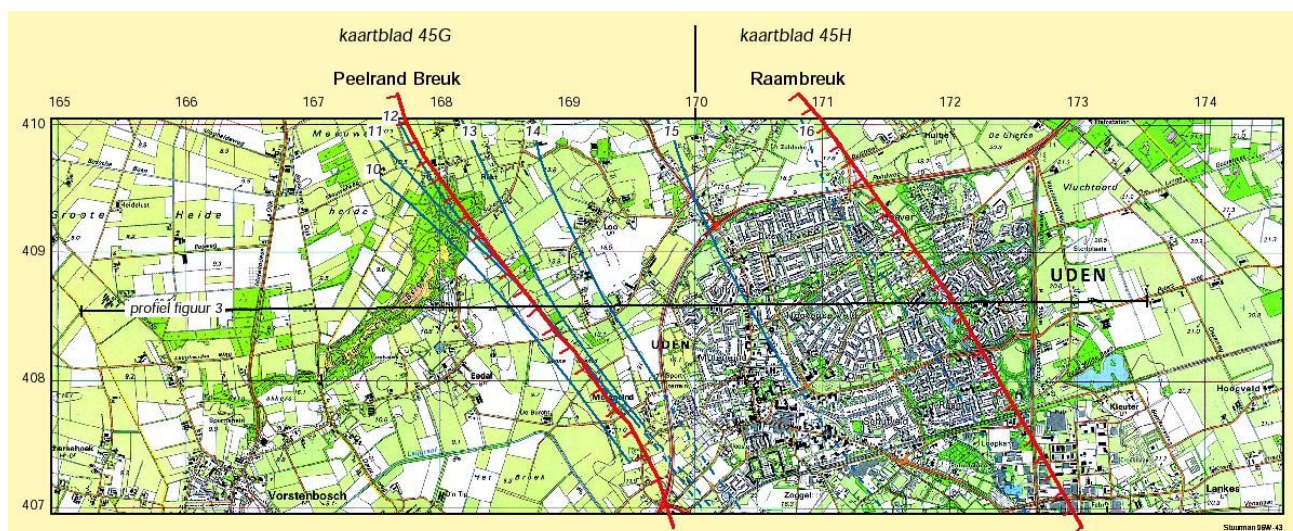


Figuur 8 Een voorbeeld waarin de gemeten grondwaterreeks en de gecorrigeerde GVG wordt getoond. De GVG wordt vergeleken met het streefbeeld. De toetsingsmomenten zijn als verticale strepen aangegeven.

2. Voorbeelduitwerking voor Beleidsmeetpunt Verdroging 'de Wijstgronden' bij Uden

2.1 Gebiedsbeschrijving

De Wijstgronden is een natuurreservaat in beheer van Staatsbosbeheer. Het gebied ligt ten westen van het Brabantse plaatsje Uden en oostelijk van de Bedafsche bergen. Aan de westrand van de Wijstgronden is een opvallende sprong in het maaiveld zichtbaar. Uden ligt gemiddeld op een hoogte van 18 m+NAP. Richting de Wijstgronden daalt het maaiveld naar 10,5 m+NAP. Direct westelijk van de Wijstgronden neemt het maaiveld toe tot 11,5 m+NAP waarna de maaiveldvaling zich weer voortzet. De snelle daling van het maaiveld bij de Wijstgronden wordt veroorzaakt door de Peelrandbreuk. In figuur 9 is de ligging van de Wijstgronden langs de Peelrandbreuk aangegeven. Een tweede breuk in de omgeving, de Raambreuk, loopt door het noordoostelijke deel van Uden. In de bijlage worden de volgende kaarten getoond; de historische (ca 1900) en actuele topografische kaart, de bodem- en grondwatertrappenkaart, een kaart met de provinciale natuurdoeltypen en een kwelkaart. De kwelkaart is gebaseerd op het verschil tussen maaiveldhoogte en de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket welke is berekend met het Waterdoelen-model.



Figuur 9. De Wijstgronden vormen, een ca 50-100 meter brede, smalle zone die aan de westzijde wordt begrensd door de Peelrandbreuk. De grondwaterstroming is in westelijke richting (zie blauwe isohypsen)

De toponiem 'Wijst' en 'Eeuwsels' dragen de betekenis in zich van voor agrarisch gebruik slechte grond, drassige veenbodem en langdurige wateroverlast van beperkte en scherp begrensde omvang (Verwijst, 1982).

De term 'wijst' hoeft niet direct aan breukinvloed worden gerelateerd. Enkele laag gelegen gebieden ten westen van de Peelrandbreuk, in de Centrale Slenk, heten 'Lage Wijst' en 'Wijstbunders'.

Wijstgronden zijn door Verwijst (1982) gedefinieerd als; 'natte, meestal venige bodems, gelegen op een topografisch hoog deel aan de rand van een storingszone die gekenmerkt wordt door een tektonische breuk'.

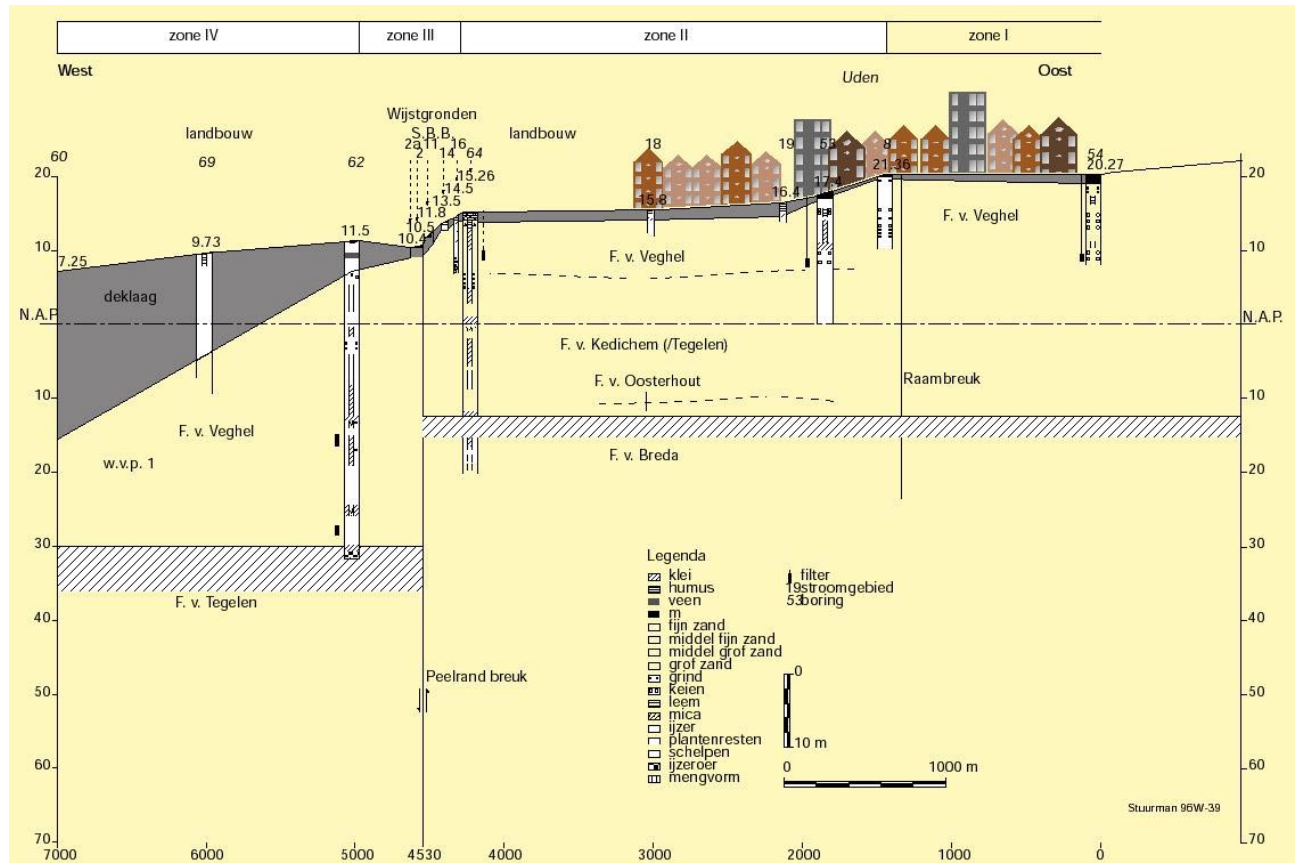
2.2 Ontstaan van de Wijst(gronden)

De Peelrandbreuk is meer dan 100 miljoen jaar geleden ontstaan. De Wijstgronden zelf zijn veel recenter ontstaan (laatste tienduizend jaar). Als gevolg van verschuiving langs de Peelrandbreuk gaat het zeer grove materiaal van de Formatie van Veghel ter hoogte van de breuk in westelijke richting over in de minder goed doorlatende zanden van de Nuenen groep (de deklaag). Slechts een relatief gering contact tussen de Formatie van Veghel aan de beide kanten blijft over (zie figuur 10). Als gevolg van de verschuiving langs deze breuk zijn leem- en kleilagen verbogen (figuur 11) waardoor in horizontale richting de hydraulische weerstand is ontstaan.

Pas in het natte Holocene ontstaat het moment dat de afvoercapaciteit voor grondwater naar de Slenk door deze contactzone te gering wordt. Als gevolg hiervan ontstaat opstuwing waarbij zuurstofloos, ijzerrijk grondwater in de brede zone langs de breuk in contact komt met zuurstof. Hierbij ontstaat een zone waarbij het zand verkit raakt door ijzeroxiden. Als gevolg van de weerstand van deze verkitte laag verbreedt de Wijstzone geleidelijk in oostelijke richting. In deze natte zone vormt zich een veendek. Het uittreedpunt voor grondwater verplaatst zich hierdoor naar de hellingknik. Dit heeft weer tot gevolg dat een min of meer verticale wand van ijzeroer ontstaat die geleidelijk in hoogte toeneemt. De verticale veenontwikkeling neemt met dezelfde snelheid toe.

2.3 Geohydrologie

Door de Peelrandbreuk is de geologische opbouw van de bodem ten oosten van de Wijstgronden wezenlijk anders dan de Centrale Slenk, ten westen van de breuk. Ten oosten van de breuk bevinden zich de volgende relevante hydrogeologische eenheden. Aan maaiveld bevinden zich de formatie van Griendsveen (veen langs de breuk) en de formatie van Twente. Onder deze matig weerstand biedende deklaag bevindt zich de zeer goed doorlatende formatie van Veghel. Deze formatie wordt gekarakteriseerd door de aanwezigheid van grove zanden en grinden. Samen met de onder deze formatie gelegen zanden van de formaties van Kedichem, Tegelen en Oosterhout vormen zij het eerste watervoerende pakket. Dit zogenaamde eerste watervoerende pakket rust op de kleien en/of zeer kleirijke, fijne zanden van de mariene formatie van Breda. Tussen Uden en de Peelrandbreuk ligt de top van de formatie van Breda op circa 30 meter onder maaiveld. Door verschillende onderzoekers wordt deze formatie als de zogenaamde ondoorlatende hydrogeologische basis van het hydrologische systeem beschouwt. Deze aanname lijkt echter niet in alle gevallen betrouwbaar, omdat deze mariene formatie op veel plaatsen tot op ongeveer 100 meter diepte verzoet is.



Figuur 10. De hydrogeologische opbouw in een oost-west profiel

Zoals reeds gezegd, verschilt de hydrogeologische schematisatie van de Centrale Slenk sterk van de ten westen van de Peelrandbreuk gelegen gebieden als gevolg van de relatieve daling. In de Slenk bevinden de mariene zanden en kleien van de formatie van Breda zich pas op ca 250 meter diepte. Ook in de Slenk bevinden zich aan de top fijne eolische zanden en fluvioperiglaciaire leemlagen van de formatie van Twente. Hieronder bevindt zich het eerste watervoerende pakket. Deze bestaat uit grinden en grove zanden van de formatie van Veghel (boven) en Sterksel (onder). Daaronder bevinden zich de zeer slecht doorlatende kleien van de formatie van Kedichem die de scheiding vormt met het goed doorlatende tweede watervoerend pakket.

De deklaag bestaat uit zanden en leemlagen van de Nuenen groep en is op de Peelhorst zeer dun ontwikkeld (0-5 meter). In de Centrale Slenk neemt de dikte in westelijke richting toe tot ongeveer 30 meter.

2.4 Ontstaan grondwatersituatie

De invloed van de (Peelrand-)breuk op de grondwaterstroming is reeds decennia lang bron voor discussie. Harde feiten of metingen die de verschillende hypothesen kunnen onderbouwen ontbreken echter in de meeste gevallen. De zienswijze van Stuurman en Atari (1997) staat beschreven in paragraaf 2.2. Er bestaan echter ook andere of vergelijkbare hypothesen;

De ijzeroer-damwand volkslegende

Volgens de lokale bevolking zou de wateroverlast langs de breuk veroorzaakt worden door het optreden van wellen of door een als damwand werkende verticale ijzeroerbank in het breukvlak.

De omgebogen kleilagen theorie vgl. Ernst en De Ridder (1960)

Ernst en De Ridder vonden aan de oostzijde van de Peelhorst op relatieve korte afstand grote stijghoogtevallen. Onderzoek wees uit dat deze samenvielen met breuken. De stijghoogtesprong wordt toegeschreven aan een horizontale weerstand langs de breuk. Deze zou veroorzaakt zijn door het verbuigen en versleuren van kleilagen. Tijdens een boring door de Wanssumbreuk vonden zich op enkele plaatsen een bijna verticale positie van dunne klei- en zandlaagjes. Hierdoor wordt een laterale weerstand van 150-500 dagen (breukbreedte ca. 50 m) berekend.

De erosietheorie vgl. Kortooms en Schothorst (1946)

Als verklaring voor de natte gronden binnen de ruilverkaveling Raktsche Beemden gingen de auteurs uit van de aanwezigheid van een kleilaag en stelt men ook nog dat er een gedeelte van de horst is afgespoeld op de Centrale Slenk. Hierdoor kan de waterspiegel van de horst aan het oppervlak raken.



Tijdens werkzaamheden in Uden moesten Wijst-ijzeroerbanken met drillboren worden verwijderd.

De grondwaterval vgl. Visser (1948)

Op basis van enkele boringen aan beide kanten van de Peelbreuk bij Uden constateerde Visser dat zich op de Peelhorst al op enkele meters diepte een kleilaag voorkomt. In de Slenk komt pas op tientallen meters diepte voor het eerst een kleilaag voor. Visser verklaart aldus de stijghoogtesprong aan een grote transmissiviteitstoename in stroomafwaartse richting.

Visser meent de ijzeroerbank-theorie te weerleggen. Deze heeft immers slechts een beperkt diepte bereik.

De versmeringstheorie vgl. Weiland (1949)

Weiland stelt dat bij hoge druk kleilagen zich plastischer kunnen gedragen. Volgens hem neemt de plasticiteit van kleilagen toe met toenemende diepte. Als gevolg hiervan kunnen breuken tijdens verschuiving versmeerd raken.

De permeabiliteitssprong theorie (Stiboka)

Hierbij wordt het van de hoge uit grove zanden bestaande Peelhorst afstromende grondwater bij de Peelrand Breuk opgestuwd door de horizontale overgang naar veel minder doorlatende fijne dekzanden in de Centrale Slenk.

De waterhard-hypothese vgl. Hailu e.a. (1992)

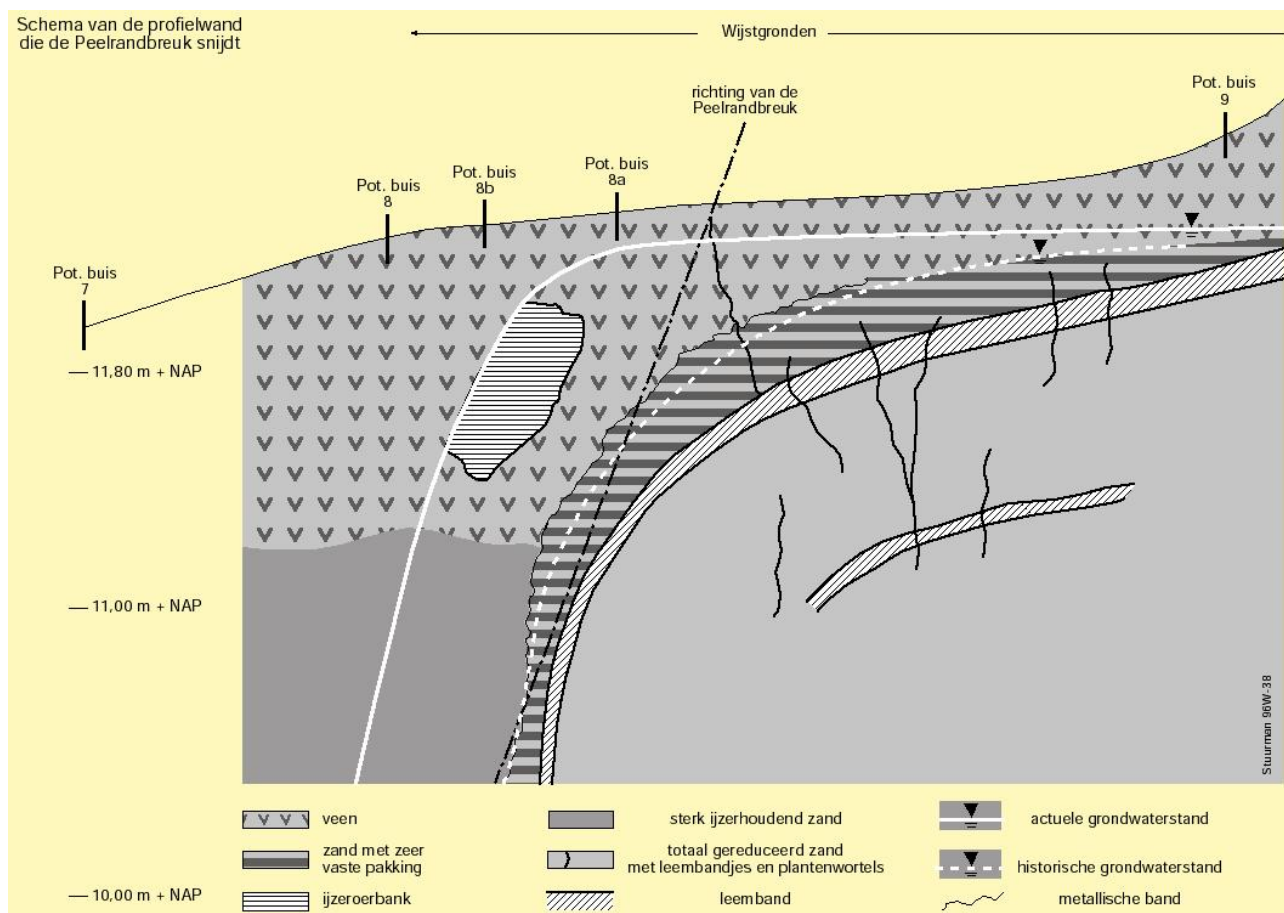
Waterhardlagen zijn bruine, jonge humeuze inspoelingslagen in de zandondergrond van (voormalig) veen. Volgens de auteurs kan tijdens de permafrostperiode in het begin van het Holoceen inspoeling van waterhard tot wellicht honderden meters diepte hebben plaatsgevonden. Zij beroepen zich ondermeer op aangetoonde waterhardinspoelingen bij de Raambreuk bij Hoeven (Uden).

De leembandjes-hypothese vgl. Van het Hof e.a. (1967)

Na veldwerk op de Wijstgronden bij Uden toonden de auteurs aan dat het vanaf de Peelhorst in westelijke richting afstromende grondwater ten hoogte van de Peelbreuk opgesloten werd door verbogen leembandjes en de storende verticale breukwand. Daar waar de ondiepe leembandjes zijn doorbroken komt het water aan de oppervlakte en veroorzaakt drassigheid (zie figuur 11).

De inspoel-hypothese

Breukvlakken zijn zeer scherp begrensd. De ruimte die na een verstoring tussen de twee schollen is ontstaan, is in de loop van de tijd volgespoeld met klei en leem. Ook kunnen door het grondwater mineralen aangevoerd worden die door oxidatie zullen neerslaan.

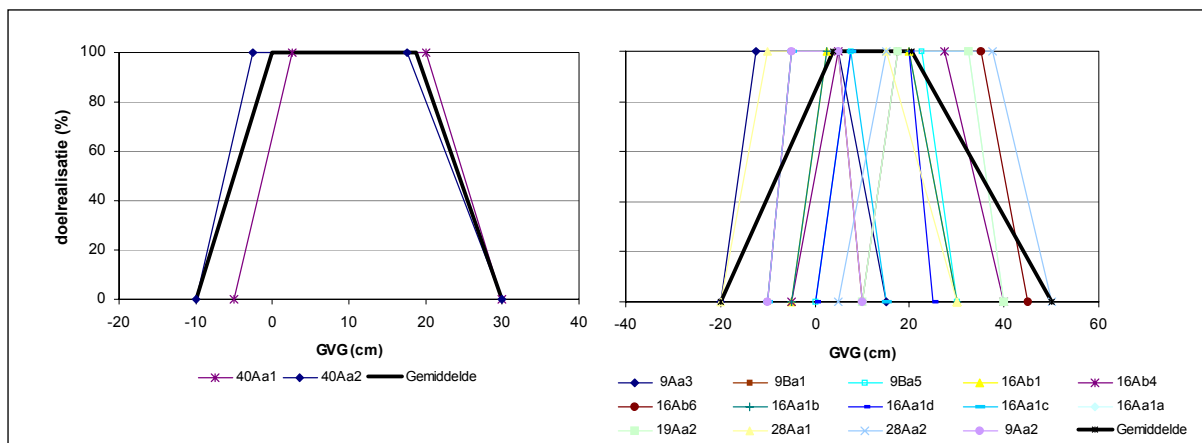


Figuur 11 De verbogen leembandjes ten hoogte van de verticale breukwand.

2.5 Actuele vegetatie, gewenste vegetatie en abiotisch hydrologisch streefbeeld

De Wijstgronden kennen een begroeiing van natuurbosjes, moerasjes en soortenrijke (hooi-) graslanden. In de natte hooilanden, bosjes en moerasjes groeien onder andere Adderwortel, Bittere veldkers, Brede Orchis, Moerasstrepzaad, Slanke sleutelbloem.

De natuurdoelstelling bestaat uit een uitbreiding van het areaal vochtig tot soortenrijk grasland (**natuurdoeltype vochtig schraalland**). Tevens zal de kleinschaligheid van het landschap versterkt worden door de aanleg van singels en knotbomenrijen. In figuur 12 worden de abiotische doelrealisatiecurven voor de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand getoond. De vegetatie in de Wijstgronden is kwelafhankelijk.



Figuur 12; De doelrealisatiecurven (bron database Waternood) voor Elzenbreekbos(links) en vochtig schraal grasland (links). De (zwarte) curven zijn samengesteld uit de curven van de vegetatietypen die voor dit natuurdoeltype kenmerkend zijn.



Vochtig schraal grasland op de Wijstgronden

2.6 Bodem en historische referentie

De Wijstgronden zijn door Stiboka gekarteerd als Moerige Eerdgronden (vWz). De veenlaag aan het oppervlak is te dun (< 40 cm) om als veenbodem geklassificeerd te worden. Het veen rust op (dek-)zand. Het hoger gelegen oostelijke deel van de Wijstgronden bestaat uit Gooreerdgronden. Volgens de GGOR-NoordBrabant-tabel kent de bodemtype de volgende referentiewaarden;

	GHG	GVG	GLG	Kwelkans
Moerige Eerdbodem	2 cm +mv	7 cm -mv	40 cm -mv	3

Tabel 2 De referentie volgens de GGOR-NoordBrabant tabellen.

2.7 Grondwaterstand

In de winter ligt binnen het studiegebied de grondwaterstand enkele centimeters onder maaiveld of staat het maaiveld onder water. Dit water bestaat voor een groot deel uit kwelwater gezien de roestvorming en ijzerbacteriënvliezen. Dit kwelwater wordt vanuit het oosten aangevoerd (zie figuur 9). De grondwaterstand daalt in het algemeen in westelijke richting. Langs de loodrecht op de breuk gelegen afwateringssloten is de grondwaterstand echter duidelijk verlaagd (Verwijst, 1982).

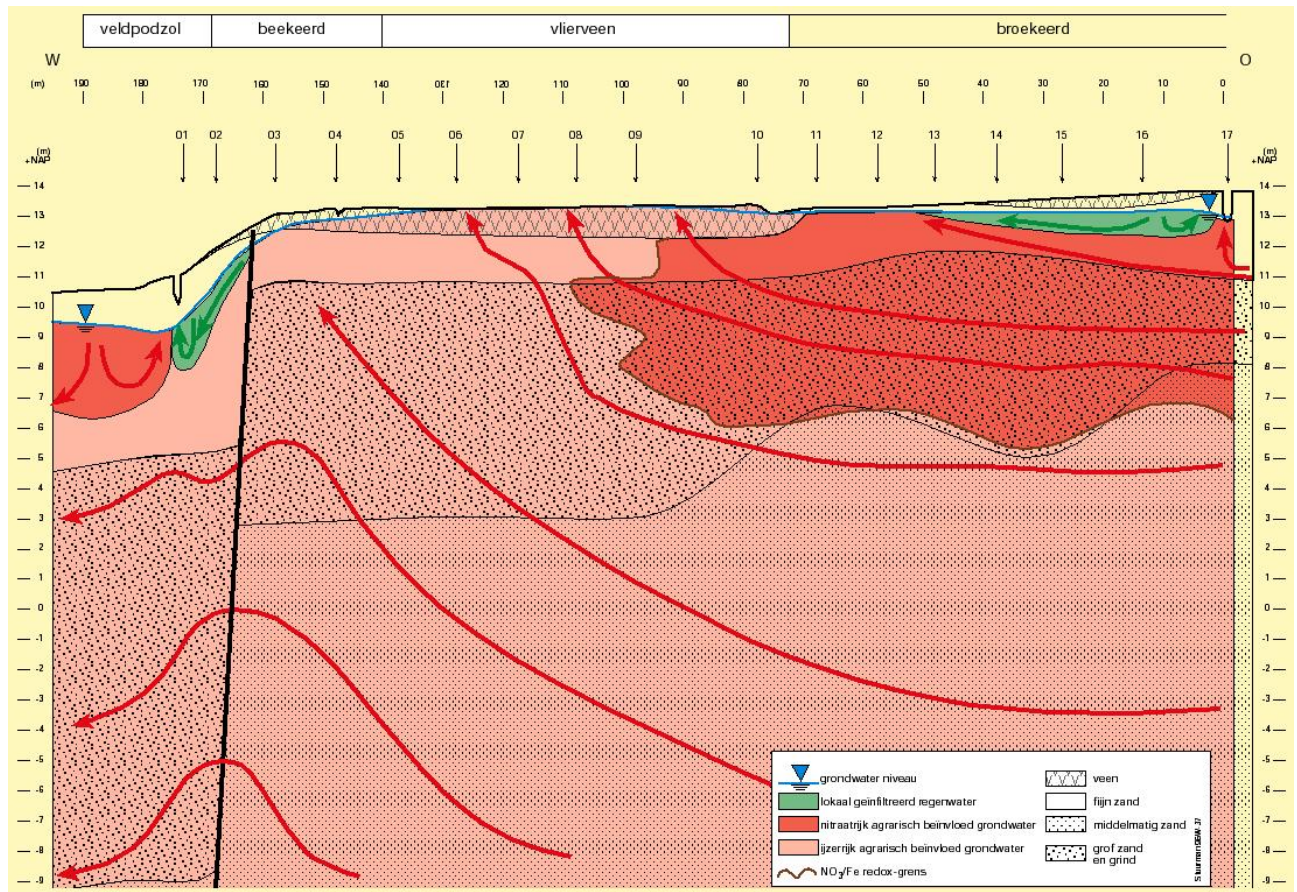
Uit archiefgegevens over het grondwaterstandsverloop blijkt dat het grondwaterregiem aan beide zijden van de breuk sterk verschilt. Aan de oostzijde ligt de grondwaterstand aan of vlak onder maaiveld en kent een geringe fluctuatie. Aan de westzijde ligt de grondwaterstand veel dieper en heeft een veel grotere fluctuatie. Ten hoogte van de breuk kan de grondwaterstand binnen 1 meter meer dan 1 meter verschillen. Binnen enkele meters kan dit verval meer dan 3 meter bedragen.

2.8 Grondwaterkwaliteit en -stroming

Het grondwater in de Wijstgronden is afkomstig uit het oosten en stroomt in westelijke richting. Door de afwezigheid van een goed ontwikkelde deklaag op de Peelhorst is het grondwater erg kwetsbaar voor verontreinigingen. Daarnaast bestaat het freatisch pakket grotendeels uit zeer grove kalkloze zanden. Hierdoor is grondwaterstroomsnelheid relatief groot (15 tot 50 m per jaar) en zelfreinigend (reactief) vermogen laag. Eventuele kwalitatieve of kwantitatieve veranderingen op de Peelhorst kunnen vrij snel invloed hebben op de Wijstgronden (figuur 13).



Vanaf de hoger gelegen Wijstgronden afstromend ijzerrijk oppervlaktewater (kvel)



Figuur 13 De grondwaterstroming en de grondwatersamenstelling in een oost-west profiel over de Wijstgronden

Er bestaan sterke aanwijzingen (o.a. door de aanwezigheid van calciumrijke, zure regenwaterlenzen) dat als gevolg van de hydrogeologische situatie in het verleden, via de formatie van Oosterhout of Breda, calciumrijk grondwater opsteeg. Het actuele kwelwater is nu ook calciumrijk veroorzaakt door agrarische beïnvloeding. Tevens bevat het onnatuurlijke hoge chloridengehalten en hoge sulfaatconcentraties. De hydrochemische karakteristieken van het kwelwater verschillen afhankelijk van de doorstroomde formaties binnen het watervoerend pakket. Binnen de formatie van Veghel vindt geen denitrificatie plaats. De ijzerrijke kwel heeft aldus de diepere lagen doorstroomd en lijkt voor wat betreft nitraatproblemen op lange termijn geen gevaar te vormen.

Het lokale nitraatrijke water dat in het oostelijke deel van het reservaat opkwelt, heeft alleen de ondiepe grove gronden en zanden van de formatie van Veghel doorstroomd. Als gevolg van de organisch rijke gronden binnen de Wijstgronden bestaat niet direct gevaar voor nitraateutrofiëring. Wel bevat dit nitraatrijke water vanwege de lage pH een hoog gehalte aan zware metalen. Ook is theoretisch mogelijk dat de hoge sulfaatconcentraties tot zogenaamde interne eutrofiëring kunnen leiden. Het toestromende grondwater in het westelijke deel van het reservaat wordt nu nog grotendeels gedenitrificeerd dankzij het voorkomen van pyriet in de Formaties van Kedichem en Tegelen. Deze diepere kwelcomponent is duidelijk agrarisch beïnvloed.

De grondwaterstand binnen de Wijstgronden is grotendeels afhankelijk van de kwelintensiteit. De kwelintensiteit wordt in grote bepaald door de grondwaterstanden in het stroomopwaartse gebied. De invloed van de ontwaterende sloten beperkt zich in de winter tot een smalle zone (meters) langs de watergangen. In de zomer, bij afname van de kwelintensiteit en toename van de verdamping, neemt het invloedsgebied echter toe. Hoewel het niet daadwerkelijk kon worden aangetoond, lijkt het aannemelijk dat een afname van de kwelflux optreedt. Dit wordt geconcludeerd op basis van het onevenwichtige bodemtype - actuele grondwaterstandrelatie en het voorkomen van een calciumrijke regenwaterlens.

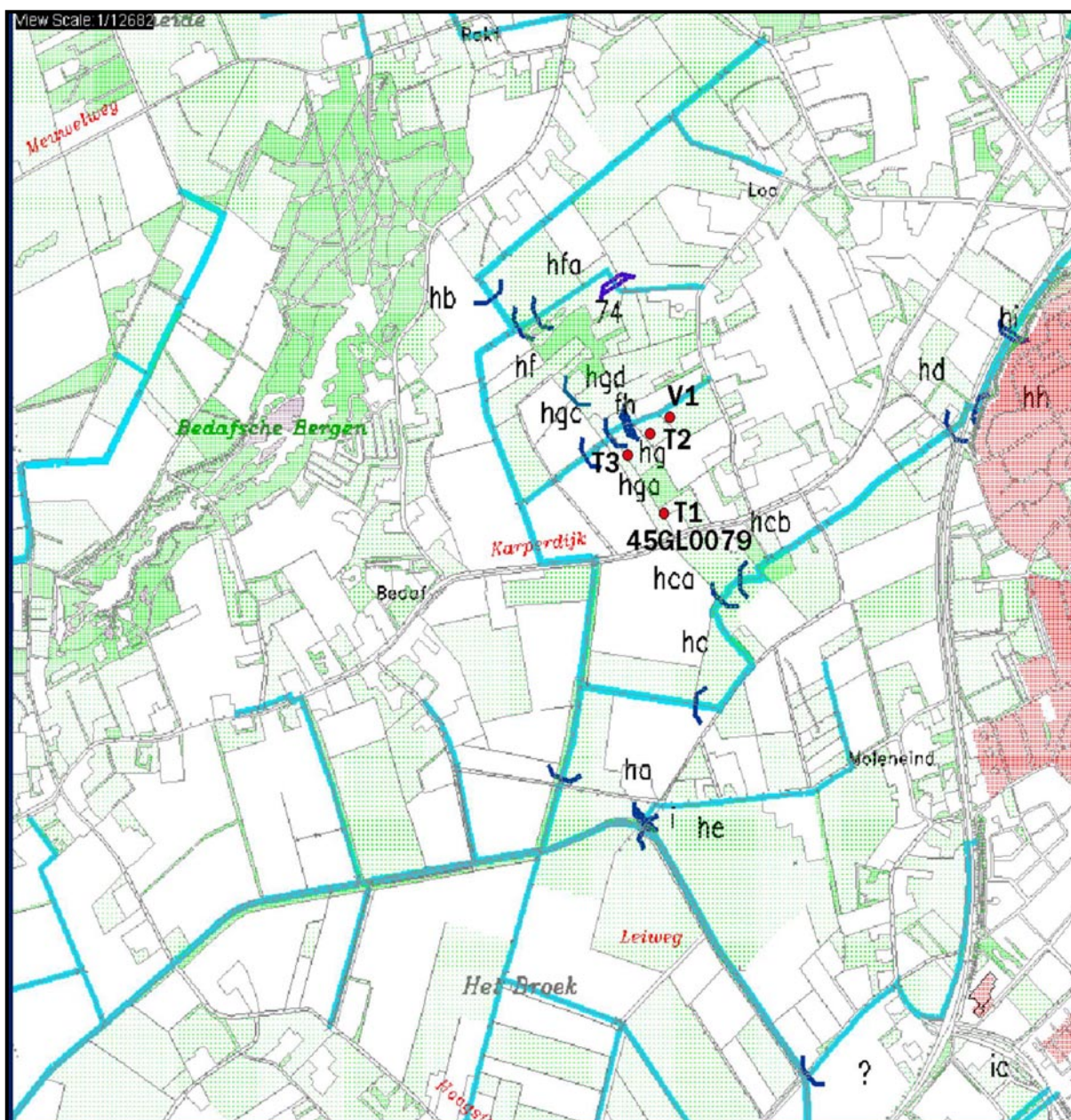
Geconcludeerd kan worden dat de Wijstgronden naast kwalitatieve beïnvloeding ook kwantitatief nadelig beïnvloed wordt. Deze verdroging uit zich in een versmalling van de kwel-aan-maaiveldzone in westelijke richting en verlaging van de zomergrondwaterstanden t.o.v. de bodemkarakteristieke natuurlijke referentie grondwaterstanden.

2.9 Anti-verdrogingsmaatregelen

Op basis van een onderzoek in het kader van de verdrogingsbestrijding (Stuurman en Atari, 1997) werden de volgende aanbevelingen gedaan.

Verbetering en bescherming van de Wijstgronden kunnen bereikt worden middels de volgende ingrepen:

1. ecohydrologisch optimaliseren van de lokale ontwateringssituatie door onder meer de aanleg van extra stuwen. Deze zijn inmiddels geïmplementeerd (figuur 14);
2. het optimaliseren van de bovenlokale ontwateringsituatie waardoor de grondwaterstand minder snel wegzakt en beregening minder noodzakelijk kan worden;
3. de aanleg van een bufferzone direct ten oosten van het reservaat;
4. het inrichten van lokaal waarschuwingsmeetnet voor wat betreft het toestromende verontreinigingsfront;
5. het gebruik maken van lokaal, ook tijdens droge perioden, in grote hoeveelheden afstromend water dat in feite verder verloren gaat. Het profiteren van deze situatie kan gebeuren door verdeling in het natuurreservaat of middels natuurbouw in de zone langs de voet van de Peelrandbreuk.



Figuur 14 De locaties van de stuwtjes en de BMV-meetpunten

Deze bufferzone dient ter bescherming van de lokale kwelcomponent. Over de breedte van de bufferzone kan op basis van het onderzoek geen exacte uitspraken worden gedaan. Deze zal op basis van de gradiënt voor het freatische vlak circa 500 - 1000 meter moeten bedragen.

Het optimaliseren van de bovenlokale grondwatersituatie dient ter bescherming of herstel van de bovenlokale kwelcomponent. Wordt deze kwel flux minder, dan zal de ijzer/nitraat grens binnen het reservaat in westelijke richting verschuiven.

Tenslotte; de belangrijkste beschermingsmaatregel voor de Wijstgronden bestaat uit het behouden en/of herstellen van de weerstand in de breukzone.

2.10 Inrichting BMV-meetlocatie

In het midden van het natuurgebied lag een raai van 7 peilbuizen. Van deze raai bevonden zich een aantal aan de westkant en een aantal aan de oostkant van de breuk bevinden. Het grondwaterpeil wordt van midden 1979 opgenomen. Aan deze meetreeks komt begin 1990 voor 5 peilbuizen een einde. Bij 2 van de 7 peilbuizen (45GL0078 en 45GL0079) wordt de waterstand doorgemeten. Alle zeven peilbuizen bevinden zich in het freatische pakket.

Op basis van zijn, hydrogeologisch gezien, representatieve ligging en de beschikking van een meetreeks is meetpunt 45GL0079 gekozen als een (toestands) BMV-meetpunt voor deze meetlocatie. Het meetpunt ligt wat betreft de aanwezige vegetatiewaarden echter niet gunstig. Naast dit toestandsmeetpunt dienen nog 2 toestandsmeetpunten worden geplaatst, meer centraal in het gebied. Hierbij wordt 1 meetpunt geplaatst in de hoger gelegen overgangszone naar het landbouw gebied en 2 meetpunten in percelen stroomopwaarts van de breuk (zie figuur 14). De keuzen zijn gebaseerd op in het veld geconstateerde verschillen in grondwaterstand. Als 'verklaarmetpunt' wordt aanbevolen een grondwaterkwaliteitsmeetpunt in ter richten op de grens van de Wijstgronden en de landbouwgronden.

Peilbuisnr.	Filternr.	Maaiveld (m+NAP)	Bovenkant filter (m+NAP)	Onderkant filter (m+NAP)	Startdatum
45GL0079	1	12,65	11.10	10.60	14/09/1979

Tabel 3 De peilbuiskenmerken van het meetpunt

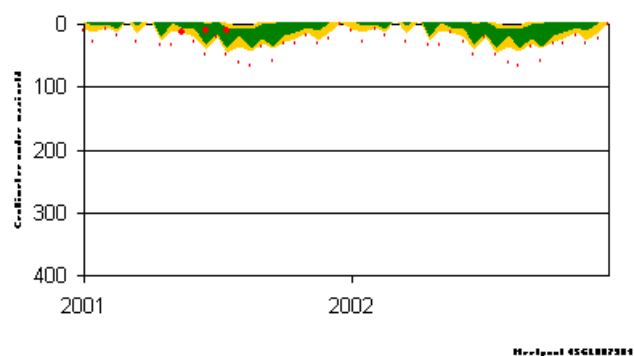
2.11 Resultaten verdroging Wijstgronden

Per evaluatieperiode wordt in eerste instantie bestudeerd hoe het grondwaterstandsverloop zich heeft bewogen ten opzichte van het gemiddelde grondwaterstandsverloop. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde regiemcurve. Bij een regiemcurve wordt voor elke 14-daagse meetdatum van de gehele langjarige grondwaterreeks de volgende waarden bepaald (figuur 15).

1. Bijzonder hoog (bovenste niet gekleurde gebied, > 90-percentiel; treedt gemiddeld minder dan eens in de tien jaar op).
2. Hoog, (bovenste rode zone, 75-90-percentiel; komt gemiddeld minder dan eens in de 4 jaar voor doch vaker dan eens in de 10 jaar).
3. Normaal (middelste groene zone, 25-75-percentiel).
4. Laag (onderste rode zone, 10-25 -percentiel; komt gemiddeld minder dan eens in de 4 jaar voor doch vaker dan eens in de 10 jaar).
5. Bijzonder laag (onderste niet gekleurde gebied, < 10-percentiel; treedt gemiddeld minder dan eens in de tien jaar op).
6. De extreme waarden die ooit zijn opgetreden.

In figuur 16 wordt het resultaat van de tijdreeksanalyse getoond. De resultaten zijn in tabel 4 gecombineerd met de informatie over streefbeeld en referentiebeeld. Uit deze analyse kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

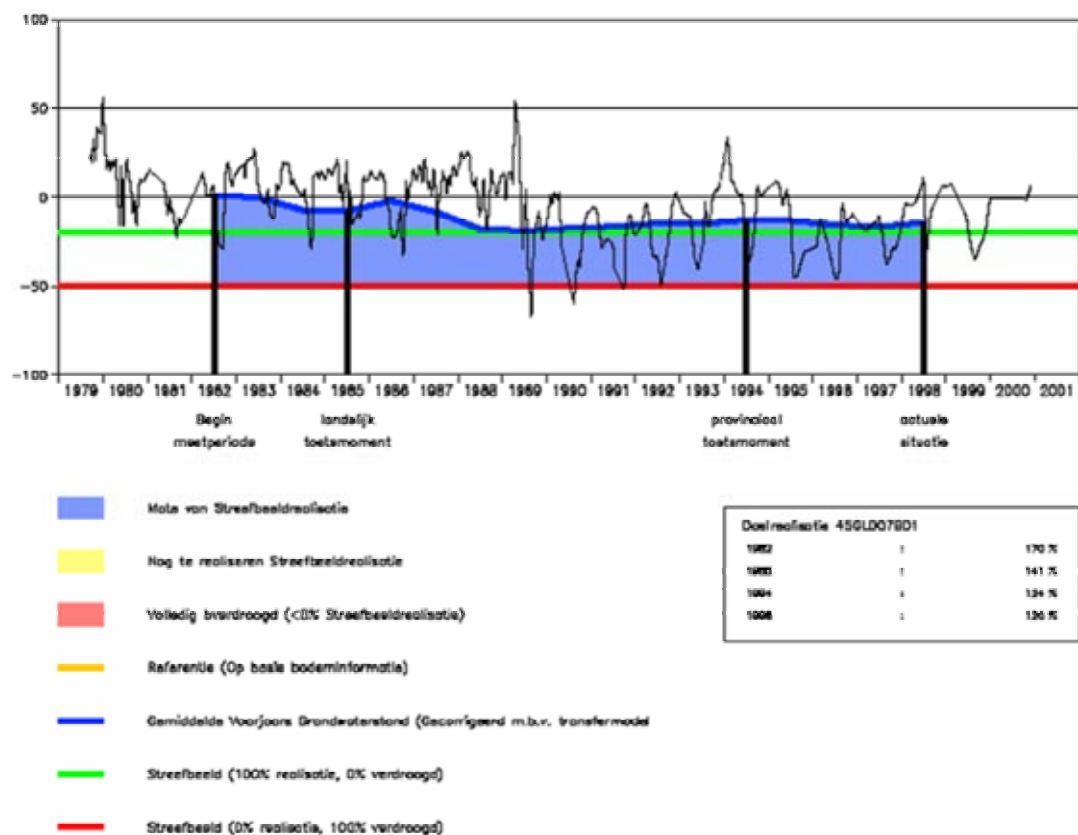
1. In dit meetpunt is volgens de methode sprake van 100 % streefbeeldrealisatie.
2. In relatie tot de (historische) referentie zou de GVG ca 20 cm verlaagd zijn.
3. Sinds het begin van de meting is zowel de GVG als de GLG verlaagd.



Figuur 15. De regimcurve voor meetpunt 45GL0079

	GVG	GLG
Referentiebeeld	7 cm +mv	40 cm -mv
Streefbeeld (vochtig schraal.)	22 cm -mv (0 % streefbeeldrealisatie bij 50 cm -mv)	
Begin reeks (1983)	1 cm +mv	24 cm -mv
1995	13 cm -mv	42 cm -mv
1999	14 cm -mv	36 cm -mv

Tabel 4. De referenties en resultaten



Figuur 16 De grondwatertijdreeks, de gecorrigeerde GVG, het voorjaarsstreefbeeld en de doelrealisatie voor het BMV-meetpunt in de Wijstgronden

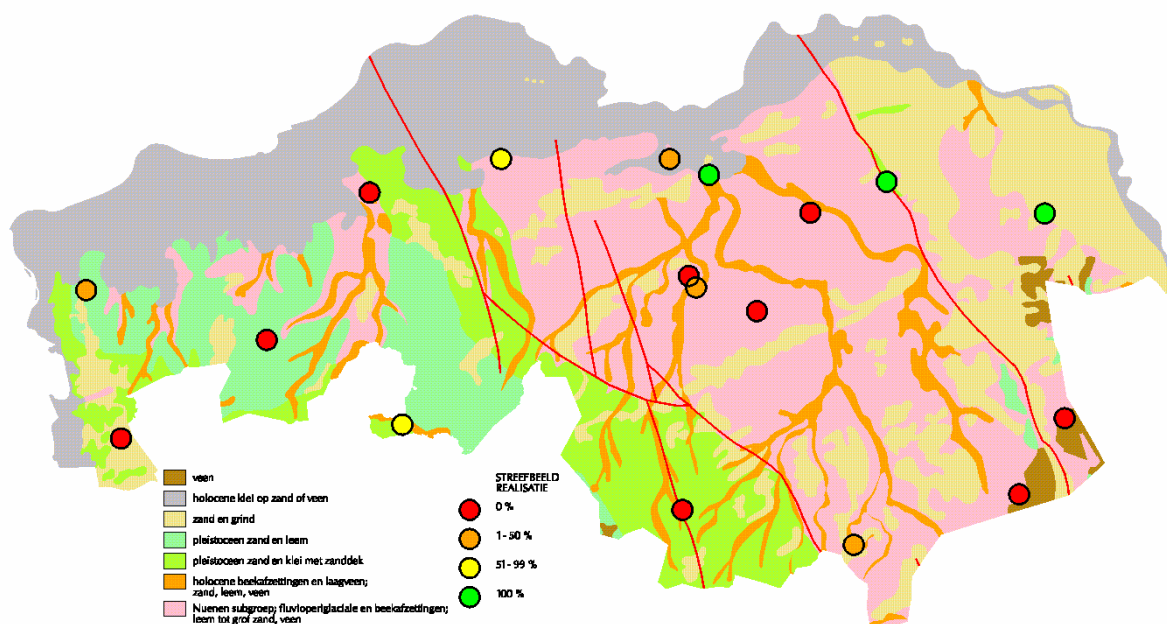
3. Eerste resultaten Beleidsmeetnet Verdroging

Voor 28 van de 30 gebieden is een gebiedsbeschrijving met een toekenning van meetpunten gemaakt. De gebieden Lange Gooren en Malpiebeemden zijn in deze eerste fase van het beleidsmeetnet niet meegenomen. Voor 18 van de 28 gebieden kon gebruik worden gemaakt van geschikte tijdreeksen. Na bewerking van deze reeksen kon een toetsing aan het streefbeeld worden uitgevoerd. In een aantal gebieden zijn meerdere toestandsmeetpunten gebruikt. De toetsing heeft in deze fase alleen voor de GVG en GLG plaatsgevonden. De resultaten worden beschreven in het bijlagenrapport. Ook de modelparameters worden beschreven in het bijlagenrapport.

In figuur 17 is voor de huidige situatie de streefbeeldrealisatie voor de GVG in kaart gebracht. In de helft van de (18) meetpunten is de streefbeeldrealisatie 0 %; Groote Meer, Binnenpolder Terheijden, Ketelmeren, Mortelen, Kampina, Cartierheide, Wijboschbroek, Deurnse peel, Groote Peel. In vier meetpunten ligt de realisatie rond 100 %; De Wijstgronden, De Moerputten, Het Bossche Broek en Het Merkske. Hierbij moet worden aangetekend dat deze hoge realisatie alleen is gebaseerd op grondwaterstandsmetingen. Mogelijk kan verzuring van de wortelzone, als gevolg regenwaterlenzen, in deze kwelafhankelijke natuurgebieden een verdrogende werking hebben. Deze aspecten worden in de toekomst meegewogen.

In De Strijper Aa kon gebruik worden gemaakt van twee meetpunten met een groot verschil in doelrealisatie, namelijk 0 % (Elzenbroekbos) en 100 % (Natte heide). In Den Dulver werden voor Vochtig schraalland in twee meetpunten respectievelijk doelrealisaties van 100 % en 31 % bepaald. Het meetpunt met de geringere realisatie ligt in de invloedssfeer van het Zuidelijk Afwateringskanaal.

Figuur 17. De streefbeeldrealisatie voor de verschillende meetgebieden



4. Knelpunten

Knelpunten en aanbevelingen

Tijdens de uitwerking van het project zijn de volgende knelpunten gesignaleerd. Deze zijn van boven naar beneden geordend naar belangrijkheid.

- Aanwezigheid meetpunten, lengte en betrouwbaarheid reeksen

Veel meetpunten van die in eerste instantie waren geselecteerd op database-criteria als lengte van de meetperiode en op meetfrequentie bleken in tweede instantie niet te voldoen. Vaak bleek er een lange periode te bestaan (jaren) tussen de installatie van een meetpunt en de start van de metingen. De opgegeven frequentie blijkt in de praktijk ook vaak sterk te verschillen met soms maandenlange onderbrekingen. Deze knelpunten kunnen worden voorkomen door de volledige tijdreeks op te vragen.

Veel meetpunten bleken in slechte toestand of op niet-representatieve locaties te liggen.

Veranderingen aan het meetpunt die in het verleden hadden plaatsgevonden waren meerdere malen niet of slecht gedocumenteerd.

- Beperking tijdreeksanalyse

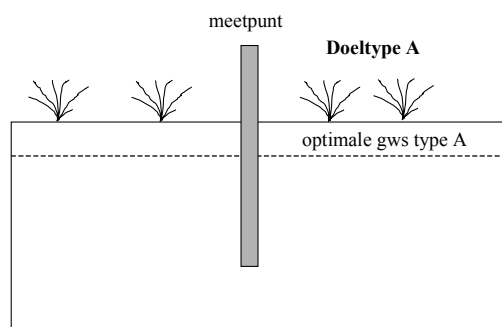
Niet alle grondwaterstandsreeksen lenen zich voor correctie van klimatologische verschillen. Alternatieven dienen worden uitgewerkt.

- Afleiding hydrologische streefbeeld uit natuurdoeltype

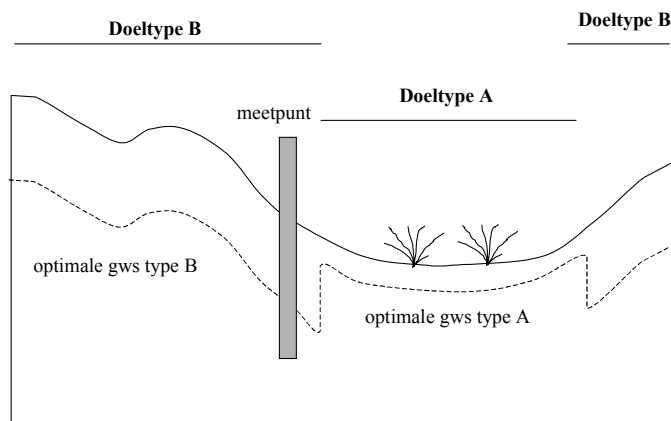
In principe wordt het hydrologische streefbeeld afgeleid uit het natuurdoeltype dat geldt voor de locatie waar de meetbuis staat. Dat is eenvoudig wanneer overal rond de buis hetzelfde doeltype gepland is en het maaiveld vlak is (figuur 1, boven). In dat geval kunnen de streefwaarden voor de grondwaterstand direct worden afgeleid uit de hydrologische randvoorwaarden van het natuurdoeltype zoals vastgelegd in de Waternooddatabase. In werkelijkheid komen echter vaak meerder doeltypen rond de buis voor en is er vrijwel altijd sprake van reliëf. In dergelijke gevallen is het zonder meer uitgaan van de streefwaarden uit de database niet zinnig, omdat dat een grondwaterstandsverloop vereist dat fysiek onmogelijk is. Er is dus vaak een interpretatie nodig om te bepalen welke grondwaterstand in de omgeving van de buis het meest tegemoet komt aan de eisen van de voorkomende doeltypen.

Daarnaast is het natuurdoeltype niet altijd optimaal afgestemd op de lokale terreinomstandigheden en waterhuishouding.

Het verschil tussen model.....



.....en werkelijkheid.



Soms zal een bijstelling van de natuurdoelen nodig zijn op basis van de kennis over de lokale omstandigheden en de vroegere en huidige waterhuishouding. In de meetlocaties kan daarbij gebruik worden gemaakt van de kennis opgedaan bij de inrichting van het meetnet.

- **Bepaling referentiestijghoogte**

Kwel is een van de hydrologische variabelen die zeer bepalend is voor standplaatscondities en vegetatiesamenstelling. Omdat kwel zelf nauwelijks te meten is, wordt in plaats daarvan gebruik gemaakt van gegevens over de stijghoogte in het watervoerende pakket waaruit het grondwater afkomstig is. Afgezien van het probleem dat diepe buizen niet altijd aanwezig zijn, is het lastig om te bepalen welke druk in het watervoerende pakket nodig is om de volgens het streefbeeld vereiste (of volgens het referentiebeeld vroeger aanwezige) kwel te veroorzaken. Daarvoor is gedetailleerde kennis nodig over het geohydrologisch systeem, die niet altijd voorhanden is.

- **Inundatie**

Het lijkt erop dat de grondwaterstand in de hoger gelegen delen van de beekdalhelling in midden- of benedenlopen beïnvloed werd door de (vaak langdurige) inundatie van het lager gelegen deel van het beekdal. Daarnaast had deze inundatie ook een directe invloed op het overstroomde gebied. Over zowel de kwantitatieve als de kwalitatieve aspecten van deze inundaties is nog weinig bekend.

- **Totale streefbeeldrealisatie**

Voor de relevante hydrologische sturingsvariabelen (GVG, GLG, kwel, overstroming) worden de afzonderlijke streefbeeldrealisaties per toestandsmeetpunt bepaald. Om te komen tot 1 totaal score is binnen de eerste evaluatie van het Beleidsmeetnet Verdroging de laagste score leidend. Na de discussie die volgt na deze eerste evaluatie kan besloten worden een andere methodiek te volgen. Bijvoorbeeld in Waterlood wordt niet de laagste score genomen maar het product van de afzonderlijke doelrealisaties.

Hierop aansluitend geldt dat de in dit rapport beschreven methodiek Beleidsmeetnet Verdroging van de provincie Noord-Brabant een eerste aanzet is. De methodiek zal worden geëvalueerd en bediscussieerd tijdens het symposium van 14 juni en in de Kerngroep Verdroging en werkgroep Monitoring, waarna aanpassingen en aanvullingen van de methodiek mogelijk zijn.

Literatuur

- Broers, H.P.; 1991. Evaluatie van de analyseresultaten van het grondwaterkwaliteitsmeetnet in de provincie Noord-Brabant (concept). Deelrapport I: Evaluatie van de analyseresultaten van de Brabantse meetpunten van het LMGK. TNO Grondwater en Geo-Energie, OS-92-39A, Herdruk oktober 1995.
- Broers, H.P. en J. Griffioen; 1992. Evaluatie van het grondwaterkwaliteitsmeetnet in de provincie Noord-Brabant. Deelrapport II: Evaluatie van de eerste analyseresultaten van de nieuwe provinciale meetpunten. TNO Grondwater en Geo-Energie, OS 92-40A.
- Raed H. Atari and Roelof J. Stuurman; 1995. Urbanization impact assessment for the Wijstgronden natural reserve and the city of Uden using MODFLOW groundwater modeling code. TNO-GG, in prep.
- Csonka, J.; 1968. Rapport inzake een onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van de geothermische methode in Nederland. TNO Dienst Grondwaterverkenning, OS 68-01
- Ernst, L.E. en N.A. de Ridder; 1960. High resistance to horizontal groundwater flow in coarse sediments due to faulting. *Geologie en Mijnbouw*, 39e jaargang, maart 1960
- Griffioen, J., E.A. Buijs en H.P. Broers; 1994. Voorkomen en gedrag van enkele spoormetalen in ondiepe grondwater-sediment systemen. Een case-study aan de hand van vijf putten in Noord-Brabant. TNO Grondwater en Geo-Energie, OS 94-39A.
- Hailu, G., M.O.B. Jacobs, B.W. Zuurdeeg; 1992. Natuurlijke verhoogde arseenconcentraties te Uden. *Geochemie*, Rijksuniversiteit Utrecht.
- Kouwe, J.J.; 1982. De mogelijke gevolgen van de aanleg van Rijksweg 75 (A50) voor het natuurreservaat 'De Wijstgronden' bij Uden. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.
- Ridder, N.A. de, P. Hondius en A.J. Hellings; 1967. Hydrogeological investigations of the Peel region and its environs. Institute for land and water management research. Tech. bulletin 48, Wageningen
- Verwijst, T.; 1982. De Ecologie van de Wijstgronden. Staatsbosbeheer, rapportnr. 20-827-7. Tilburg
- Verwijst, T.; 1982. Wijstgronden. Stichting Uitgeverij Distel.
- Visser, W.C.; 1948. Het probleem van de Wijstgronden. *Tijdschrift Kon. Ned. Aardr. Gen.* 2, LXV, pp. 798-823.
- Weiland, H.; 1949. Hydrologische Probleme bei künftigen Entwicklung des rheinischen Braunkohlenbergbaues. *Braunkohle, Wärme und Energie*, Heft 1, 2, pp. 14-20.
- Zuurdeeg, B.W., en S.P. Vriend; 1994. Onderzoek naar de eventuele aanwezigheid van mobiliseerbaar arseen op de locatie 'Rondweg Noord' te Uden. *Geochem*, Vianen.