DEEL 6

MER VERVANGENDE PRODUCTIE CAPACITEIT, UITWERKING MMA EN VA BASISRAPPORT GEOHYDROLOGIE

N.V. Hydron Midden-Nederland
in samenwerking met
Grontmij Advies & Techniek bv

mei 2004

Auteurs: ir. T. A. Wendt, ir. A. Poelman

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	5
11.1	MER Vervangende Productie Capaciteit	5
1.2	Leeswijzer	7
2	Hydrologische effecten	8
2.1	Hydrologische effecten van VA en MMA	8
2.1.1	Richtlijnen van het MER	8
2.1.2	Vergunningaanvraag voor het VA	8
2.1.3	Aanvullende hydrologische effecten	8
3	Gebiedsbeschrijving	9
4	Grondwatermodellering	10
4.1	Werkwijze en detaillering	10
4.2	Opbouw deelmodellen algemeen	13
4.3	Deelmodel Blokland / Nieuwegein (BL03)	13
4.3.1	Specifieke detaillering	13
4.3.2	Gevoeligheidsanalyse	14
4.3.3	Calibratie	15
4.4	Deelmodel Voskuilerdijk / Woudenberg / Achterveld (VPCS)	17
4.4.1	Specifieke detaillering	17
4.4.2	Calibratie	17
5	Hydrologische effecten	19
5.1	Verandering freatische grondwaterstand	19
5.1.1	Algemeen	19
5.1.2	Gebied Blokland / Nieuwegein	19
5.1.3	Gebied Voskuilerdijk / Woudenberg / Achterveld	19
5.2	Verandering kwel / wegzijgingsflux	20
5.2.1	Algemeen	20
5.2.2	Gebied Blokland / Nieuwegein	20
5.2.3	Gebied Voskuilerdijk / Woudenberg / Achterveld	20
5.3	Verandering waterbalans	20
5.3.1	Algemeen	20
5.3.2	Gebied Blokland / Nieuwegein	21
5.3.3	Gebied Voskuilerdijk / Woudenberg / Achterveld	22
6	Evaluatie	23
7	Leemten in kennis	24
7.1	Algemeen	24
7.2	Leemten in informatie	24
7.3	Leemten in kennis	24
8	Aanzet tot evaluatieprogramma	26
	Literatuur	27
	Begrippenlijst	28

Bijlage 6.1 Model BL03: voorkomen stroomruggen in gebied rond Blokland
Zie Deel 10 MER Vervangende Productie Capaciteit, Kaarten, Bijlage 6.1

Bijlage 6.2 Model BL03 en VPCS: modelnetwerk
Zie Deel 10 MER Vervangende Productie Capaciteit, Kaarten, Bijlage 6.2

Bijlage 6.3 Model BL03: calibratieresultaten en geohydrologische parameters
Zie Deel 10 MER Vervangende Productie Capaciteit, Kaarten, Bijlage 6.3

Bijlage 6.4 Model VPCS: calibratieresultaten en geohydrologische parameters
Zie Deel 10 MER Vervangende Productie Capaciteit, Kaarten, Bijlage 6,4
Bijlage 6.5 Veranderingen freatische grondwaterstand
Zie Deel 10 MER Vervangende Productie Capaciteit, Kaarten, Bijlage 6,5
Bijlage 6.6 Veranderingen totale flux, kwelflux en gebieden met omslag kwel naar infiltratie
Zie Deel 10 MER Vervangende Productie Capaciteit, Kaarten, Bijlage 6.6

1. INLEIDING

1.1 MER VERVANGENDE PRODUCTIE CAPACITEIT

Hydron is verantwoordelijk voor de drinkwatervoorziening in de provincie Utrecht. Het drinkwater dat Hydron levert (circa 80 miljoen m^3 per jaar) is bereid uit grondwater. Het voorzieningsgebied omvat de provincie Utrecht, exclusief de gemeente Doorn en inclusief de gemeenten Hilversum (provincie Noord-Holland) en Scherpenzeel (provincie Gelderland).

Landelijke en provinciale overheden hebben grenzen gesteld aan grondwaterwinning met als doel het areaal verdroogd gebied terug te dringen. Het beleid van de provincie Utrecht is er op gericht om in gebieden waar als gevolg van bestaande grondwaterwinningen verdrogingsproblemen optreden, op termijn winningen te reduceren of te sluiten.

Op 21 april 2001 zijn de provincie Utrecht en Hydron een overeenkomst aangegaan, gericht op een reductie van grondwaterwinning met 9 Mm^3 per jaar. Van deze reductie zal 4 Mm^3 per jaar worden gedekt door Hydron Flevoland in het kader van het project 'Ruwwater naar het Oude Land'. Voor de resterende 5 Mm^3 per jaar wordt vervangende productie capaciteit gezocht in gebieden waar naar verwachting minimale milieueffecten optreden.

Parallel aan deze zoektocht naar nieuwe winmogelijkheden voor diepe grondwaterwinning evalueert de provincie *Utrecht de effecten van de voorgenomen reductie van een aantal winningen op de Utrechtse Heuvelrug. Uiterlijk 2005* zal duidelijk moeten worden of, hoe en waar de benodigde 5 Mm^3 per jaar gerealiseerd kan worden.

Naast deze vervangende productie capaciteit is er vanuit economisch- en grondwaterkwaliteitsoogpunt de wens om de winning Montfoort van 0,5 Mm^3/jaar te verplaatsen. In totaal is dus 5,5 miljoen m^3/jaar vergunningscapaciteit noodzakelijk.

Voor de aanvraag van de vervangende productie capaciteit dient een m.e.r.-procedure te worden doorlopen. Onderdeel van deze m.e.r. is het milieueffect rapport. In het MER worden de relevante effecten op het milieu in beeld gebracht.

Hydron heeft, middels verkennende studies geschikte gebieden voor vervangende capaciteit vastgesteld. Op basis daarvan zijn acht locaties geselecteerd waarmee een elftal m.e.r. alternatieven is samengesteld (zie figuur 1.1). Vervolgens is een multicriteria-analyse (MCA) uitgevoerd voor de elf alternatieven, wat leidt tot een definitie van het MMA en VA (zie tabel 1.1 en 1.2).

Tabel 1.1 Meest Milieuvriendelijk Alternatief

Locaties	Mm^3/jr	WVP	Zuivering
uitbreiding Nieuwegein	2.5	3	Zuivering op Nieuwegein
Nieuw Achterveld	3.0	3	en Achterveld

Tabel 1.2 Voorkeursalternatief

Locaties	Mm^3/jr	WVP	Zuivering
Nieuw Polder Blokland	3.0	3	Zuivering op locaties De Meern
Nieuw Woudenberg	2.5	3	en Woudenberg

Binnen de alternatieven zijn vijf varianten onderscheiden. Deze zijn in tabel 1.3 weergegeven. Het betreft hier varianten voor de leidingtracés en configuratie van de puttenvelden. Omdat er nog geen duidelijkheid is over de plaats van het puttenveld van Woudenberg, is de locatie Woudenberg uit het oorspronkelijke voorkeursalternatief nu vertaald naar een drietal potentiële locaties verspreid over het oorspronkelijke zoekgebied.

Tabel 1.3 Varianten binnen het MMA en VA

Variant	Omschrijving
VA-PV1	Blokland 3 Mm^3/jr, Woudenberg 2.5 Mm^3/jr, puttenveld Voskuilerdijk noordwest
VA-PV2	Onttrekking als VA-PV1, puttenveld Voskuilerdijk noordoost
VA-POV3	Blokland 3 Mm^3/jr, puttenveld Woudenberg zuid 2 Mm^3/jr
VA-LV1	Onttrekking als VA-PV1, leiding naar Linschoten i.p.v De Meern
MMA-OV1	Achterveld 3 Mm^3/jr, Nieuwegein 2.5 Mm^3/jr

Waarin:

VA = voorkeursalternatief

MMA = meest milieuvriendelijk alternatief

PV = puttenvariant

LV = leidingvariant

OV = onttrekkingsvariant

De MMA-varianten en de VA-varianten worden tot op inrichtingsniveau uitgewerkt.

De uitwerking van (geo)hydrologische en ecologische effecten alsmede enkele afgeleide effecten zijn in verschillende deelrapporten opgenomen. Ook zijn de vergelijking van effecten, de keuze voor het MMA en VA en de uitwerking van deze varianten binnen deze alternatieven in aparte deelrapporten opgenomen.

Figuur 1.1 Locaties en zoekgebieden alternatieven MER VPC-2

De volgende rapporten zijn verschenen in het kader van het MER:
Deel 1, MER Vervangende Productie Capaciteit, Hoofdrapport;
Deel 2, MER Vervangende Productie Capaciteit, afweging elf alternatieven, Basisrapport geohydrologie;
Deel 3, MER Vervangende Productie Capaciteit, afweging elf alternatieven, Basisrapport ecologie;
Deel 4, MER Vervangende Productie Capaciteit, afweging elf alternatieven, Deelrapport effecten en duurzaamheid;
Deel 5, MER Vervangende Productie Capaciteit, afweging elf alternatieven, Deelrapport vergelijking van alternatieven;
Deel 6, MER Vervangende Productie Capaciteit, uitwerking MMA en VA, Basisrapport geohydrologie;
Deel 7, MER Vervangende Productie Capaciteit, uitwerking MMA en VA, Basisrapport ecologie;
Deel 8, MER Vervangende Productie Capaciteit, uitwerking MMA en VA, Deelrapport effecten en duurzaamheid;
Deel 9, MER Vervangende Productie Capaciteit, uitwerking MMA en VA, Deelrapport vergelijking van alternatieven;
Deel 10, MER Vervangende Productie Capaciteit, Kaarten.

In de bovenstaande lijst is het onderhavige rapport vetgedrukt aangegeven.

1.2 LEESWIJZER

In dit deelrapport worden de opbouw en resultaten van de grondwatermodellen besproken, die zijn gemaakt ten behoeve van de uitwerking van MMA en VA. Van de resultaten worden in dit rapport alleen de zogenaamde primaire hydrologische effecten toegelicht. De secundaire, afgeleide hydrologische effecten worden toegelicht in de deelrapporten ecologie en overige effecten.

2 HYDROLOGISCHE EFFECTEN

2.1 HYDROLOGISCHE EFFECTEN VAN VA EN MMA

Bij bepaling van de hydrologische effecten van het VA en MMA zijn twee sporen richtinggevend:

- de richtlijnen voor het MER die door het bevoegd gezag zijn opgesteld;
- de eisen omtrent een vergunningsaanvraag in het kader van de grondwaterwet, ten behoeve van het VA.

Aan beide sporen wordt in dit rapport invulling gegeven.

2.1.1 Richtlijnen van het MER

In de richtlijnen van het MER is aangegeven dat, ter ondersteuning van de ecologische effectbeschrijving, de volgende hydrologische aspecten in beeld moeten worden gebracht:

- de ligging van gebieden waar een verlaging van de freatische grondwaterstand van 2 cm of meer optreedt (bij de vergelijking van de elf alternatieven ging het om een verandering van 5 cm of meer);
- de ligging van gebieden waar de verandering van de kwel / wegzijgingsflux vanuit het watervoerend pakket naar de deklaag 0,1 mm/d of meer bedraagt;
- de gebieden met als hoofd- of nevenfunctie natuur, waar een verandering in een van de waterbalansposten van 10 % of meer optreedt.

Verder kan uit de richtlijnen van het MER worden opgemaakt dat de navolgende overige hydrologische effecten inzichtelijk moeten worden gemaakt:

- de huidige landbouwfunctie in het gebied en de mogelijke verandering daarin na ingebruikname van de winning. Met name consequenties die voortkomen uit de inrichting van een grondwaterbeschermingsgebied zijn van belang;
- opbrengstderving voor de landbouw als gevolg van de ingebruikname van de winning, zoals beperkingen met betrekking tot het grondgebruik en het mogelijk optreden van wateroverlast en natschade.

2.1.2 Vergunningaanvraag voor het VA

Voor een vergunningaanvraag in het kader van de grondwaterwet dient bij het bevoegd gezag (in dit geval de provincie Utrecht) een overzicht te worden gegeven van de invloed van de onttrekking op:

- landbouw;
- natuurgebieden;
- verontreinigingen;
- zettingen en het eventuele effect op gebouwen.

Bij het uitwerken van deze aspecten zal voor een belangrijk deel gebruik worden gemaakt van inventarisaties die reeds bij de vergelijking van elf alternatieven zijn uitgevoerd.

2.1.3 Aanvullende hydrologische effecten

Ten behoeve van de ecologische effectbeschrijving zijn aanvullend de navolgende hydrologische effecten in beeld gebracht:

- de ligging van gebieden waar de GVG verandert met > 2 cm, > 5 cm en > 15 cm;
- de ligging van gebieden waar de GLG verandert met > 2 cm, > 5 cm en > 15 cm;
- de ligging van gebieden waar de verandering van de kwelflux vanuit het watervoerend pakket naar de deklaag 0,1 mm/d of meer bedraagt;
- de ligging van gebieden waar kwel omslaat in infiltratie. Het gaat om de gebieden waar een kwelflux in de huidige situatie van 0,05 mm/d of meer omslaat in infiltratie van 0,05 mm/d of meer;
- voor de gebieden met een hoofd- of nevenfunctie natuur waar de waterbalans 10% of meer verandert, wordt de waterbalans uitgeschreven voor de zomerperiode om zodoende de eventuele hoeveelheid benodigde wateraanvoer te bepalen;
- de ligging van gebieden waar kwel voorkomt aan het begin van het groeiseizoen.

Ten behoeve van de zogenaamde "overige effecten" zijn ook de effecten op het zoet-zout grensvlak in beeld gebracht en zijn duurzaamheidsaspecten beschouwd (zie deelrapport 'effecten en duurzaamheid')

3 GEBIEDSBESCHRIJVING

Hiervoor wordt verwezen naar hoofdstuk 3 uit het rapport "MER Vervangende Productie Capaciteit, afweging elf alternatieven, Basisrapport geohydrologie".

4 GRONDWATERMODELLERING

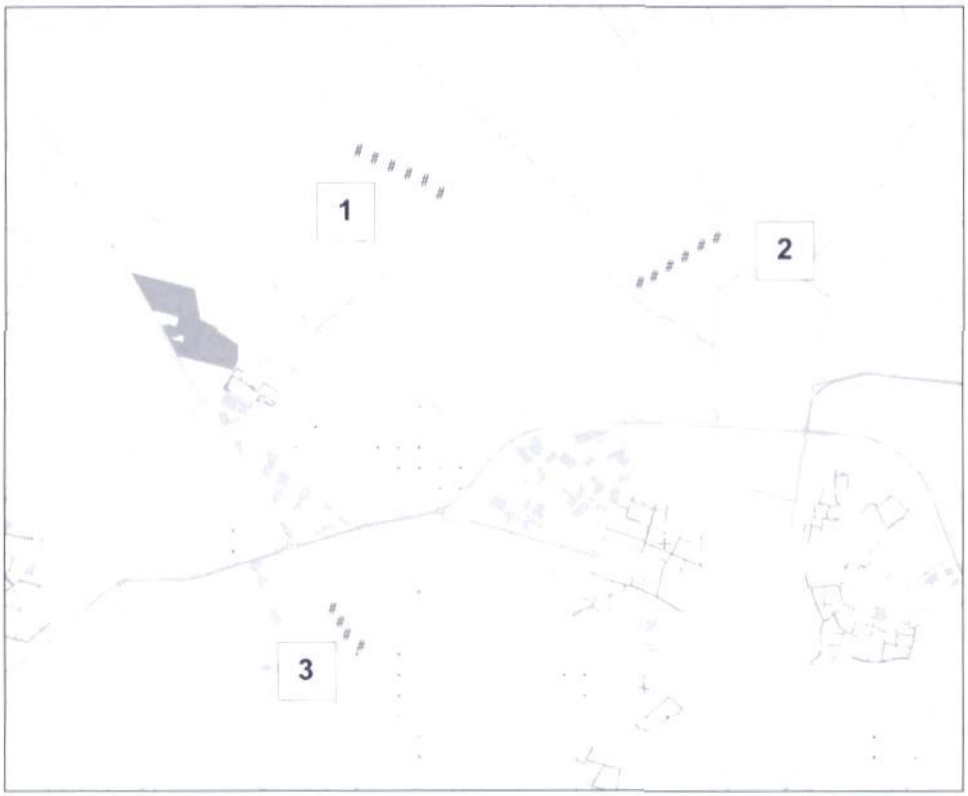
4.1 WERKWIJZE EN DETAILLERING

De voor het MER benodigde hydrologische effecten (zie hoofdstuk 2) worden met behulp van grondwatermodel inzichtelijk gemaakt. Bij de vergelijking van elf alternatieven van het MER is reeds een grondwatermodel opgesteld. Hiervoor zijn drie regionale modellen (Utrecht-West, Utrecht-Oost en Blokland) samengevoegd. Voor uitwerking van het MMA en VA is dit "grote" model, dat de provincie Utrecht en nabije omgeving beslaat, gedetailleerd voor de locaties van het VA en MMA.

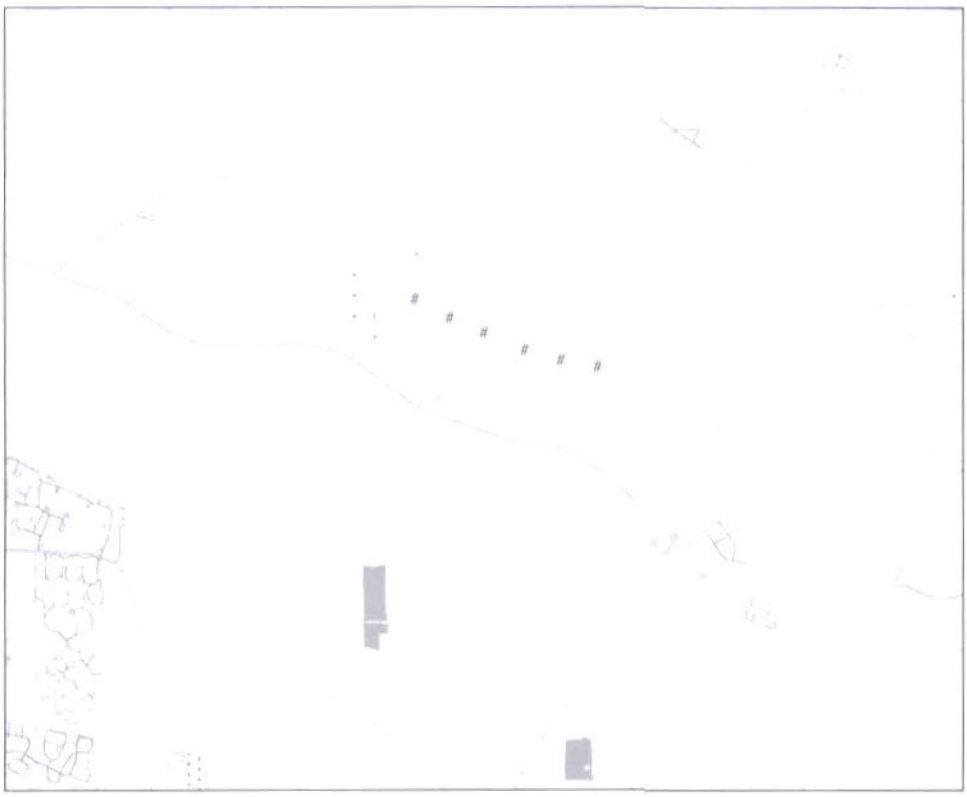
Detaillering is in het algemeen bereikt door de volgende zaken:

- Uitsnede naar deelmodellen. Uit het "grote" uitgangsmodel zijn twee deelmodellen vervaardigd, in het ene model zijn de locaties Nieuwegein en Blokland opgenomen, in het andere model Achterveld en de locaties bij Woudenberg;
- Verfijning van het modelnetwerk. Met name voor bepaling van locale effecten kan meer nauwkeurigheid worden verkregen door een dicht knooppuntsnetwerk rondom de mogelijke onttrekkingen en natuurgebieden. Dit is van belang bijvoorbeeld bij stroombaanberekeningen voor de bepaling van grondwaterbeschermingsgebieden;
- Detaillering van het topsysteem. In het model dat is opgesteld voor de afweging van elf alternatieven is, naar analogie van de uitgangsmodellen Utrecht-West, Utrecht-Oost en Blokland, een topsysteembenadering opgenomen dat wordt beschreven door vijf parameters: polderpeil, grondwateraanvulling, drainage- en infiltratieweerstand en weerstand van de deklaag. Voor invulling van deze parameters is gebruik gemaakt van de meest recente gegevens van Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, Waterschap Vallei & Eem en de provincie Utrecht. In overleg met Hydron is ervoor gekozen om het topsysteem verder te detailleren door de ondiepe drainage te beschrijven door drie drainagesystemen: een primair, secundair en tertiair systeem. Elk systeem heeft daarbij zijn eigen infiltratieweerstand, drainageweerstand en ontwateringsniveau. Dit topsysteem is bekend binnen Triwaco als nummer 4, en heeft in totaal 13 benodigde invoerparameters;
- Het niet-stationair uitvoeren van de berekeningen omtrent GLG en GVG. Hiervoor zijn de twee deelmodellen niet-stationair gemaakt en niet-stationair gecalibreerd.

De locaties van mogelijke putten zijn expliciet ingevoerd in de modellen. In de figuren 4.1 tot en met 4.4 zijn de mogelijke (nieuwe) puttenvelden weergegeven.



Figuur 4.1 Mogelijke nieuwe puttenvelden Voskuilerdijk Noordwest (1), Voskuilerdijk Noordoost (2) en Woudenberg Zuid (3)



Figuur 4.2 Mogelijk nieuw puttenveld Achterveld

Figuur 4.3 Locatie puttenveld Nieuwegein

Figuur 4.4 Mogelijk nieuw puttenveld Blokland

4.2 OPBOUW DEELMODELLEN ALGEMEEN

De twee deelmodellen hebben voor wat betreft de geohydrologische schematisatie en parameters dezelfde uitgangswaarden als het model dat voor de vergelijking van elf alternatieven is opgesteld. Hierbij gaat het onder meer om het doorlaatvermogen van watervoerende pakketten, weerstand van scheidende lagen en anisotropiefactoren. Daarom wordt voor dit onderdeel verwezen naar het rapport "MER Vervangende Productie Capaciteit, afweging elf alternatieven, Basisrapport geohydrologie".

4.3 DEELMODEL BLOKLAND / NIEUWEGEIN (BL03)

4.3.1 Specifieke detaillering

Het BL03-model is (via het model UTR) gebaseerd op het zogenaamde Blokland-model dat in het verleden door Hydron is gebouwd. Dit model heeft ook deels de basis gevormd voor het modelinstrumentarium van de vergelijking van elfalternatieven. Allereerst wordt hieronder kort ingegaan op de detaillering die specifiek is aangebracht in het BL03-model ten opzichte van het Blokland-model:

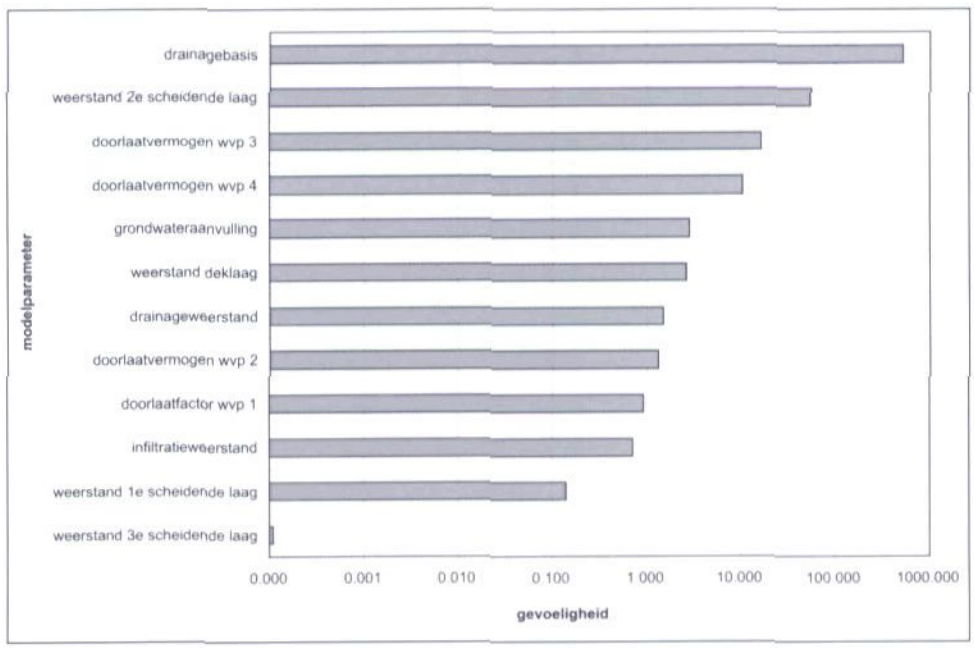
- Voor het gebied in de polder Blokland is de deklaagweerstand verder gedetailleerd door analyse van stroomruggen en oeverwallen zoals opgenomen in het onderzoek van Berendsen & Stouthamer (2001). Op basis van de zanddieptekaart en een lineair veronderstelde relatie tussen hydraulische weerstand en zanddiepte[1], is een kaart vervaardigd met de hydraulische weerstand voor de deklaag. In bijlage 1 is een schematische kaart opgenomen met het voorkomen van stroomruggen in het gebied;
- Het netwerk ter plaatse van de natuurgebieden rondom de locatie Blokland en de locatie Nieuwegein is verdicht. De knooppuntsafstand bedraagt hier 50 m;
- Het netwerk ter plaatse van de Hollandse IJssel en de Lek is verfijnd. Uit de resultaten van de vergelijking van elf alternatieven kwam naar voren dat hier een groot deel van het effect optreedt. De knooppuntsafstand bedraagt daarom 150 m. In bijlage 2 is het modelnetwerk van model BL03 weergegeven;
- Het stelsel van watergangen rondom de locaties Blokland en Nieuwegein is meer gedetailleerd gemodelleerd. Een groter aantal watergangen dan in het eerdere model is expliciet opgenomen in het modelnetwerk (zie figuur 4.5). De overige watergangen zijn diffuus gemodelleerd in drie systemen: (1) greppels en droogvallende watergangen, (2) tertiaire watergangen en (3) secundaire watergangen. Elk van de systemen is met een eigen drainagebasis en drainageweerstand gemodelleerd.

[1] Een voorbeeld: indien de weerstand zonder stroomrug 1000 d zou bedragen bij een dikte van 10 m, dan bedraagt de weerstand 100 d / m. Bij voorkomen van een stroomrug vanaf 4 m diepte en gefundeerd op het Pleistoceen, dan bedraagt de weerstand van de deklaag nog maar (1000-600 =) 400 d, omdat de stroomrug in verwaarloosbare mate zal bijdragen aan de weerstand.

Figuur 4.5 Overzicht van watergangen expliciet opgenomen in model BL03. Tevens zijn de mogelijke putten van de locatie Blokland aangegeven.

4.3.2 Gevoeligheidsanalyse

Het is praktisch onmogelijk om voor elke locatie een exacte waarde te bepalen voor elke geohydrologische parameter. Dit brengt met zich mee dat de modeluitkomsten worden gekenmerkt door een zekere mate van onnauwkeurigheid. Om de gevoeligheid van de modeluitkomsten te toetsten voor onnauwkeurigheden in de geohydrologische parameters is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daarbij geldt: hoe hoger de gevoeligheid van een modelparameter, des te gevoeliger zijn de berekende grondwaterstanden voor variatie van de betreffende modelparameter.
In figuur 4.6 zijn de resultaten van deze analyse weergegeven.



Figuur 4.6 Gevoeligheidsanalyse model BL03

Uit figuur 4.6 blijkt dat het model het meest gevoelig is voor veranderingen van de drainagebasis[2]. Daarnaast blijkt het model gevoelig te zijn voor veranderingen van de weerstand van de tweede scheidende laag (hoewel de gevoeligheid van het model voor veranderingen van deze weerstand tien keer minder is dan voor veranderingen van de drainagebasis, zie figuur 4.6). In mindere mate is het model gevoelig voor veranderingen in het doorlaatvermogen van het derde en vierde watervoerend pakket. De minst gevoelige parameter is de weerstand van de derde scheidende laag.

Het model is slechts in beperkte mate gevoelig voor veranderingen van de parameters die relevant zijn voor het ondiepe grondwatersysteem (en waarvoor in deze MER een effectbeschrijving wordt uitgevoerd). Het gaat bijvoorbeeld om de weerstand van de deklaag, de grondwateraanvulling en het doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket.

4.3.3 Calibratie

Voorafgaand aan de calibratie van het niet-stationaire model is eerst een stationair versie van het model opgezet en gecalibreerd. Dit heeft als voordeel dat de parameters, die per definitie geen of slechts in geringe mate een tijdsafhankelijke invloed hebben, beter geanalyseerd en geoptimaliseerd kunnen worden. Hierbij valt te denken aan parameters als weerstanden en doorlaatvermogens van scheidende lagen en watervoerende pakketten.

Het model is stationair gecalibreerd aan de hand van gemiddelde gemeten stijghoogtes over de periode 1990 tot 1998. Voor de calibratie is gebruik gemaakt van het programma TriCalCon voor automatische parameter optimalisatie. Daarbij zijn de volgende parameters (binnen te verwachten grenzen) geoptimaliseerd:

- weerstand van de tweede scheidende laag;
- doorlaatvermogen van de derde modellaag (WVP 3);
- doorlaatvermogen van de vierde modellaag (WVP 4).

In tabel 4.1 is het aantal filters per modellaag weergegeven. Tevens is de gemiddelde en de gemiddeld absolute fout per modellaag weergegeven. De gemiddeld absolute fout is van deze twee parameters het meest indicatief voor het calibratieresultaat.

Tabel 4.1 Calibratieresultaat model

Modellaag	Aantal filters	Gemiddelde fout (m)	Gemiddeld absolute fout (m)
laag 0 (deklaag)	21	0,03	0,14
laag 1 (WVP 1)	64	0,04	0,15
laag 2 (WVP 2)	34	0,09	0,16
laag 3 (WVP 3)	34	0,00	0,20
laag 4 (WVP 4)	20	0,14	0,17
totaal	**173**	**0,05**	**0,16**

Uit tabel 4.1 kan worden opgemaakt dat een gemiddeld absolute fout van 0,16 m is bereikt. Voor modellering van een beheerst poldersysteem is dit een bevredigend resultaat. In bijlage 3 is per modellaag de calibratiefout weergegeven op kaart. Hieruit blijkt dat zeker in de aandachtsgebieden Blokland en Nieuwegein goede calibratieresultaten worden bereikt.

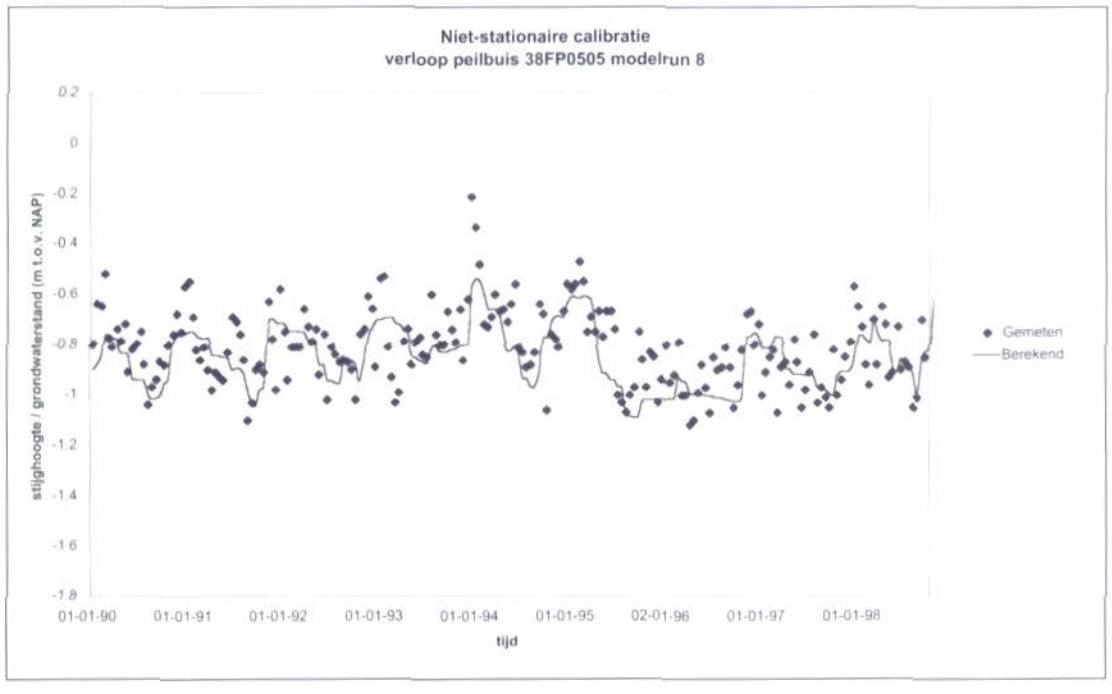
Vervolgens is het model niet-stationair gecalibreerd. De gemodelleerde periode is de periode 1990 tot 1998. Vanzelfsprekend zijn voor het niet-stationaire model waarden opgegeven voor de beginrandvoorwaarde en de elasti-

[2] Hoewel het model het gevoeligst is voor de drainagebasis, is deze parameter niet geoptimaliseerd. De drainagebasis wordt gevormd door de polderpeilen en deze liggen vast. Uitgangspunt is dat de polderpeilen, aangeleverd door HDSR, correct zijn.

sche berging van de watervoerende lagen en een porositeit voor de freatische berging van de bovenste watervoerende laag. Verder zijn de volgende parameters voor deze periode tijdsafhankelijk ingevoerd:

- grondwateraanvulling: deze parameter is per decade berekend met het aan Triwaco gekoppelde programma FLUZO (onverzadigde zone model);
- waterpeilen: in de periode oktober tot en met maart is gerekend met het winterpeil en in de periode april tot en met september met het zomerpeil;
- grondwateronttrekkingen: aan elk begin van een nieuw jaar is als onttrekkingsdebiet het jaargemiddelde van het betreffende jaar opgegeven;
- randvoorwaarde (vaste stijghoogte op modelrand): op de rand van het model is voor oktober tot en met maart een winterrandvoorwaarde opgegeven en voor april tot en met september een zomerrandvoorwaarde.

Bij de calibratie van het niet-stationaire model is de fluctuatie van de grondwaterstand in de tijd geoptimaliseerd. Dit is gedaan door grafieken te maken van een aantal peilbuizen, waarin de gemeten en berekende tijdstijghoogtelijn tegen elkaar zijn uitgezet (zie voorbeeld in figuur 4.7). Op die manier is een visuele beoordeling van 33 tijdstijghoogtegrafieken van random over het modelgebied verspreide peilbuizen uitgevoerd.



Figuur 4.7 Voorbeeld van een gemeten en berekende stijghoogtelijn, bij niet-stationaire calibratie model BL03

Bij de calibratie zijn de parameters aangepast die het meest van invloed zijn op een goede benadering van de fluctuatie. Het gaat hierbij om onder meer de drainage- en infiltratieweerstand, in- en uittreeweerstand watergangen en de elastische en freatische berging. De gemiddeld absolute fout voor de 33 peilbuisfilters van de niet-stationaire calibratie is vergelijkbaar aan de gemiddeld absolute fout bij de 173 peilbuisfilters weergegeven in tabel 4.1.

In bijlage 3 zijn enkele grafieken opgenomen met de berekende en gemeten tijdstijghoogtelijn van een aantal peilbuisfilters rondom de onttrekkingslocaties. Ook zijn de gecalibreerde geohydrologische parameters weergegeven in bijlage 3.

4.4 DEELMODEL VOSKUILERDIJK / WOUDENBERG / ACHTERVELD (VPCS)

4.4.1 Specifieke detaillering

Het VPCS-model is (via het model UTR) gebaseerd op het model Utrecht-Oost. Er is voor gezorgd dat de Utrechtse Heuvelrug, als mogelijk westelijk deel van het intrekgebied van de beoogde winningen, in het model is opgenomen. De volgende detaillering is aangebracht:

- In oostelijke richting is het VPCS model, ten opzichte van het model UTR, uitgebreid met het infiltratiegebied ten noorden van Ede. Voor de oostelijke uitbreiding zijn gegevens afgeleid uit het GMN model;
- In het deel van het modelgebied waar kwel voorkomt is, ten opzichte van het oorspronkelijke model, voor de toplaag een extra weerstand van 100 dagen ingevoerd. In dat deel van het modelgebied komt namelijk vrijwel overal een weerstandbiedende laag voor van circa 0,1 m dikte op minder dan 1 m –mv. Op de geomorfologische kaart is deze laag aangegeven als een ten dele verspoelde dekzandlaag. De verspoelde dekzanden zijn in het gebied nogal eens de oorzaak van stedelijke wateroverlast. Door invoer van deze laag wordt het hydrologisch functioneren van het topsysteem beter benaderd.

4.4.2 Calibratie

De calibratie van model VPCS is qua werkwijze gelijk aan die van het model BL03. Eerst is een stationaire versie van het model opgezet en gecalibreerd. De stationaire versie is gecalibreerd aan de hand van gemiddelde gemeten stijghoogtes over de periode 1990 tot 1998.

In eerste instantie is gecalibreerd op c en kD –waarden. Deze zijn in zeer beperkte mate bijgesteld. Verder is gecalibreerd op de drainageweerstanden. Een goede inschatting van deze parameter is van groot belang voor een juiste bepaling van kwel- en infiltratiegebieden. Door de drainageweerstanden te koppelen aan grondwatertrappen is een goede ijking van deze parameter te verkrijgen. In tabel 4.2 is het calibratieresultaat weergegeven. In bijlage 4 is per modellaag de calibratiefout weergegeven op kaart.

Tabel 4.2 Calibratieresultaat stationair model VPCS

Modellaag	Aantal filters	Gemiddelde fout (m)	Gemiddeld absolute fout (m)
laag 1 (WVP 1)	77	0,11	0,36
laag 2 (WVP 2)	73	0,10	0,32
laag 3 (WVP 3)	17	0,02	0,34
laag 4 (WVP 4)	10	-0,04	0,34
totaal	**177**	**0,09**	**0,34**

Uit tabel 4.2 kan worden opgemaakt dat een gemiddeld absolute fout van 0,34 m is bereikt. Voor modellering van een vrij afwaterend systeem met relatief grote fluctuaties in de grondwaterstanden, is dit een bevredigend resultaat. In bijlage 3 is per modellaag de calibratiefout weergegeven op kaart.

Na calibratie van het stationaire model is het model niet-stationair gemaakt. De gemodelleerde periode is de periode 1990 tot 1998. Vanzelfsprekend zijn voor het niet-stationaire model waarden opgegeven voor de beginrandvoorwaarde en de elastische berging van de watervoerende lagen en een porositeit voor de freatische berging van de bovenste watervoerende laag. De volgende parameters zijn tijdsafhankelijk ingevoerd:

- grondwateraanvulling: deze parameter is per decade berekend met het aan Triwaco gekoppelde programma FLUZO (onverzadigde zone model);
- waterpeilen: waar dit van belang was is in de periode oktober tot en met maart is gerekend met het winterpeil en in de periode april tot en met september met het zomerpeil. Het grootste deel van het gebied is echter een vrij afwaterend systeem;

- randvoorwaarde (vaste stijghoogte op modelrand): op de rand van het model is voor oktober tot en met maart een winterrandvoorwaarde opgegeven en voor april tot en met september een zomerrandvoorwaarde.

Bij de calibratie van het niet-stationaire model is de fluctuatie van de grondwaterstand in de tijd geoptimaliseerd. Dit is gedaan door grafieken te maken van een aantal peilbuizen, waarin de gemeten en berekende tijdstijghoogtelijn tegen elkaar zijn uitgezet. Op basis van deze grafieken zijn nog in beperkte mate de waarden van drainageweerstanden van het primaire, secundaire en tertiaire drainagesysteem aangepast.

In bijlage 4 zijn enkele grafieken opgenomen met de berekende en gemeten tijdstijghoogtelijn van een aantal peilbuisfilters rondom de onttrekkingslocaties. Ook zijn de gecalibreerde geohydrologische parameters weergegeven in bijlage 4.

5 HYDROLOGISCHE EFFECTEN

5.1 VERANDERING FREATISCHE GRONDWATERSTAND

5.1.1 Algemeen

Met de modellen BL03 en VPCS zijn berekeningen gedaan omtrent verlaging van de freatische grondwaterstand voor situaties met gemiddelde grondwaterstanden, GVG en GLG. De berekeningsresultaten zijn weergegeven in bijlage 5. De resultaten voor VA-LV1 zijn daarbij gelijk aan de resultaten van VA-PV1.

5.1.2 Gebied Blokland / Nieuwegein

Uit bijlage 5 kan worden opgemaakt dat verlagingen van de freatische grondwaterstand zich met name voordoen ter plaatse van oeverwallen en stroomruggen. Op deze plaatsen is de weerstand van de deklaag relatief laag. De ligging van stroomruggen is, zoals eerder beschreven, ingevoerd volgens de laatste gegevens van Berendsen (2001).

Tevens is zichtbaar dat voor de varianten met Blokland en Nieuwegein geen verlagingen van de GVG van meer dan 0,05 m worden berekend.

5.1.3 Gebied Voskuilerdijk / Woudenberg / Achterveld

Het meest opvallende uit de resultaten van dit gebied is het optreden van verlagingen groter dan 0,02 m in het gebied van de Heuvelrug. Dit kan worden verklaard door het afwezig zijn van scheidende lagen (Eem en Harderwijk) onder de Heuvelrug, waardoor een "freatisch" functionerend hydrologisch systeem voorkomt.

De genoemde verlagingen komen voornamelijk voor in het hoge, en droge gedeelte van de Utrechtse Heuvelrug. Daar bevindt de grondwaterstand zich gemiddeld gesproken enkele meters tot tientallen meters beneden maaiveld. Een verlaging van enkele centimeters heeft dan geen negatieve effecten voor de daar voorkomende natuurwaarden. In het basisrapport ecologie wordt hier op teruggekomen.

Voor een paar specifieke gebieden kunnen deze verlagingen echter potentieel wél een negatief effect hebben. Te denken valt aan de overgangsgebieden op de Heuvelrug waar de verlaging groter is dan 0,02 m en de afstand tussen maaiveld en grondwaterspiegel kleiner dan 1 m. Hier ligt bijvoorbeeld het natuurgebied Leersumseveld (tussen Maarsbergen en Leersum). Ter plaatse van dit natuurgebied wordt een verlaging van de GLG van 0,05 m en een verlaging van de GVG van 0,03 m berekend.

In 1994 is een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden voor restauratie van de Leersumse plassen (Grontmij, 1994). De Leersumse plassen bestaan uit een aantal vennen in een lokale depressie op de Utrechtse Heuvelrug. Uit het bodemkundig en hydrologisch onderzoek bleek dat het venpeil circa 1 m hoger ligt dan de ondiepe grondwaterstand in de omgeving.
Door een verkitte laag kan het ven goed regenwater vasthouden en ontstaan er zogenaamde schijngrondwaterspiegels. De vennen hebben vrijwel geen directe interactie met het ondiepe grondwater, hetgeen bevestigd wordt door de grote verschillen tussen het peil in de vennen en het ondiepe grondwater. De plassen gedragen zich derhalve als een geïsoleerd hydrologisch systeem.

De verlagingen zoals die met het niet-stationaire grondwatermodel zijn berekend zijn de verlagingen voor het ondiepe grondwater en niet de schijnspiegels rondom de Leersumse plassen. Daarom mag geconcludeerd worden dat de berekende verlagingen van de GLG geen invloed hebben op het geïsoleerde hydrologische gedrag van het Leersumse plassen.

5.2 VERANDERING KWEL / WEGZIJGINGSFLUX

5.2.1 Algemeen

Met de niet-stationaire modellen is omtrent verandering in kwel en wegzijging het volgende berekend:

- de totale fluxverandering (kwel + infiltratie) > 0,1 mm/d;
- de verandering van alleen kwelflux > 0,1 mm/d;
- de ligging van gebieden waar kwel omslaat in infiltratie. Het gaat om de gebieden waar een kwelflux in de huidige situatie van 0,05 mm/d of meer omslaat in infiltratie van 0,05 mm/d of meer.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in bijlage 6. De resultaten voor VA-LV1 zijn daarbij gelijk aan de resultaten van VA-PV1.

5.2.2 Gebied Blokland / Nieuwegein

Voor zowel Blokland als Nieuwegein blijkt dat de toekomstige puttenvelden min of meer gelegen zijn in het midden van de gebieden waar zich fluxveranderingen voordoen. Dit in tegenstelling tot de freatische grondwaterstandsveranderingen, die zich ook voordoen in verder weg gelegen stroomruggen en oeverwallen.

Bij de varianten met Blokland is een omslag van kwel naar infiltratie zichtbaar voor een klein gedeelte van het gebied. Opgemerkt moet worden dat dit zich ook voordoet in een deel van het natuurgebied ten noordoosten van de mogelijke winning Blokland.

Bij de locatie Nieuwegein (MMA-OV1) wordt geen omslag van kwel naar infiltratie berekend.

5.2.3 Gebied Voskuilerdijk / Woudenberg / Achterveld

Voor de locaties in dit gebied worden fluxveranderingen berekend voor relatief veel kleine, afzonderlijke gebiedjes. Met name voor de varianten VA-PV1, VA-PV2 en MMA-OV1 worden ook fluxveranderingen berekend in de UNAT gebieden. Overigens wordt opgemerkt dat het over het algemeen gaat om zeer beperkte veranderingen van maximaal 0,2 mm/d.

Kwelomslag wordt slechts berekend in zeer kleine gebieden. De gebieden waar omslag voorkomt, liggen buiten UNAT gebieden.

5.3 VERANDERING WATERBALANS

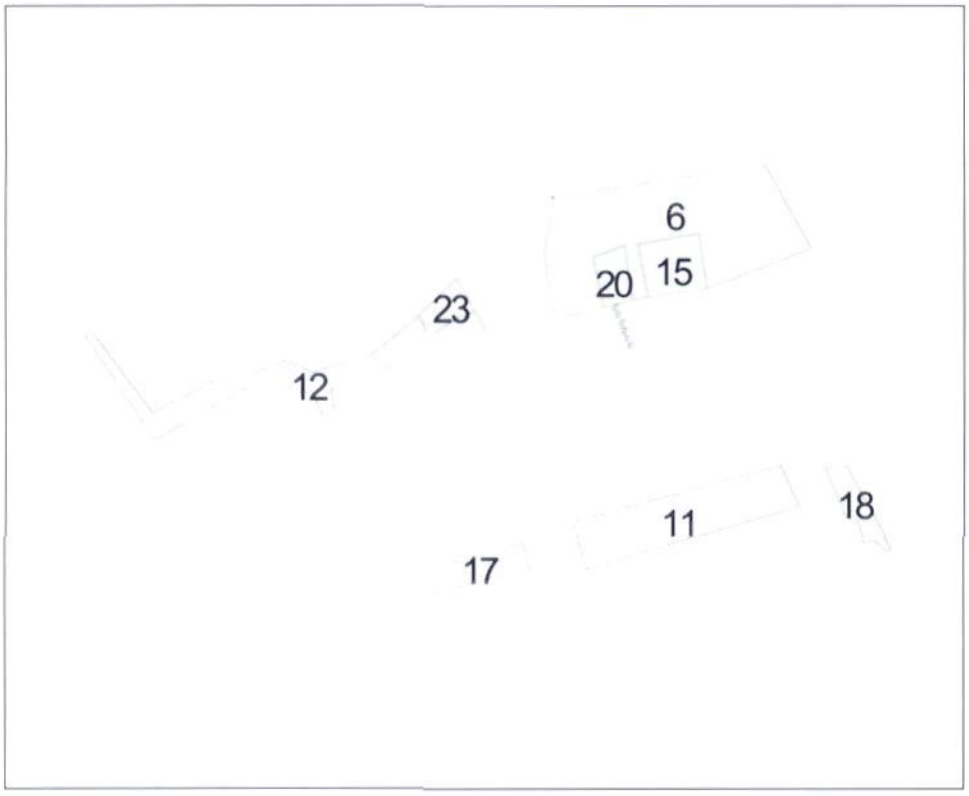
5.3.1 Algemeen

In de Richtlijnen van het MER is beschreven dat voor de effectbeschrijving op aquatische vegetaties aangegeven moet worden bij welke gebieden, die een hoofd- of nevenfunctie natuur hebben, een verandering in één van de waterbalansposten van 10 % of meer optreedt. De waterbalans is opgebouwd uit drie waterbalansposten: grondwateraanvulling, kwel / wegzijging en drainage naar / infiltratie vanuit het oppervlaktewater. Bij de vergelijking van elf alternatieven is voor een aantal natuurgebieden een verandering van meer dan 10% in de waterbalanspost kwel / wegzijging berekend, terwijl deze post slechts een gering aandeel in de totale waterbalans had én de totale water - balans vrijwel niet veranderde. Om alleen voor relevante gebieden een ecologische effectbeschrijving uit te voeren, is er daarom nu voor gekozen om eerst van de natuurgebieden vast te stellen of de bijdrage van kwel / wegzijging aan de totale waterbalans in de huidige situatie 10% of meer bedraagt. Indien dit het geval is én een van de waterbalansposten 10% of meer verandert, dan wordt vervolgens voor de betreffende gebieden een eventuele hoeveelheid benodigde wateraanvoer gegeven.

5.3.2 Gebied Blokland / Nieuwegein

Voor het gebied bij Blokland en Nieuwegein zijn, op basis van het Waterhuishoudingsplan van de provincie Utrecht, 24 gebieden onderscheiden waaraan een hoofd- of nevenfunctie natuur is toegekend. Van deze 24 gebieden zijn er voor de varianten met de locatie Blokland (VA-PV1, VA-PV2, VA-POV3 en VA-LV1) acht gebieden naar voren gekomen waar een waterbalanspostverandering van 10% of meer optreedt. Het gaat hier om alle natuurgebieden in de directe omgeving van de mogelijke winning Blokland. In figuur 5.1 is aangegeven welke gebieden het zijn. In het basisrapport ecologie is een effectbeschrijving gegeven voor deze gebieden. Het gaat om een totaal oppervlak aan natuurgebieden van 856 ha. Bij de variant met Nieuwegein (MMA-OV1) zijn er geen gebieden berekend waar een van de waterbalansposten meer dan 10% verandert.

In tabel 5.1 is voor elk gebied aangegeven hoe groot de wateraanvoer in de zomerperiode globaal zou moeten zijn. De nummering van de gebieden correspondeert met de nummering in figuur 5.1. Helaas is een eventuele benaming van deze gebieden niet af te leiden uit de ter beschikking gestelde kaart.



Figuur 5.1 Gebieden met hoofd- of nevenfunctie natuur waar de kwel /wegzijging meer dan 10% verandert

Tabel 5.1 Indicatieve hoeveelheid benodigde wateraanvoer tijdens zomerperiode

Gebied	Functie volgens waterhuishoudingsplan	Grootte (ha)	Hoeveelheid benodigde wateraanvoer (m^3/d)
6	landbouw met waternatuur	369	151
11	landbouw met waternatuur	173	88
12	natuur	132	49
15	natuur	55	15
17	landbouw met waternatuur	44	21
18	natuur	31	15
20	natuur	28	34
23	landbouw met waternatuur	24	12
totaal		**856**	**385**

5.3.3 Gebied Voskuilerdijk / Woudenberg / Achterveld

Voor het gebied bij Voskuilerdijk, Woudenberg en Achterveld zijn, op basis van de Waterhuishoudingsplannen van de provincies Utrecht en Gelderland, eveneens 24 gebieden onderscheiden waaraan een hoofd- of nevenfunctie natuur is toegekend. Uit de berekeningen is naar voren gekomen dat de verandering in de waterbalansposten in deze natuurgebieden nergens meer dan 8% bedraagt. Er worden dus verder geen afgeleide ecologische effecten bepaald voor deze gebieden (zie basisrapport ecologie).

6 EVALUATIE

Bij de vergelijking van elf alternatieven zijn de hydrologische effecten bepaald aan de hand stationaire modelberekeningen. In het onderhavige rapport is gerekend met niet-stationaire, en meer gedetailleerde modellen. In dit hoofdstuk wordt kort geëvalueerd wat de eventuele verschillen en overeenkomsten zijn met de resultaten uit de vergelijking van elf alternatieven.

Net als bij de berekeningen bij de vergelijking van elf alternatieven blijkt dat verlagingen van de freatische grondwaterstanden zich met name voordoen in de gebieden waar zandige stroomruggen en oeverwallen voorkomen (vergelijk bijvoorbeeld alternatief 1 met MMA-OV1). Zoals gezegd zijn de stroomruggen volgens gegevens van Berendsen & Stouthamer (2001) verwerkt in het grondwatermodel, waardoor ten opzichte van de vergelijking van elf alternatieven een grotere nauwkeurigheid van de berekeningsresultaten mag worden verwacht.

Het optreden van verlagingen in het Heuvelruggebied was ook al bekend vanuit de vergelijking van elf alternatieven. Omdat het verlagingscriterium bij de vergelijking van elf alternatieven gesteld was op 0,05 m, is het Heuvelruggebied bij die vergelijking niet als hydrologisch beïnvloed onderscheiden. Bij het criterium van 0,02 m is zichtbaar dat relatief grote oppervlakken onder de Heuvelrug als hydrologisch beïnvloed worden onderscheiden. Overigens komen bij de variant met Woudenberg (VA-POV3) wel verlagingen groter dan 0,05 m voor in een deel van het Heuvelruggebied, maar dit is dan ook een locatie die dichter bij de bij de uitwigging van scheidende lagen ligt dan de zoekgebiedlocatie Woudenberg uit de vergelijking van elf alternatieven.

Net als bij de resultaten van de vergelijking van elf alternatieven blijkt dat veranderingen van de totale flux en de kwelflux niet zo zeer gebonden zijn aan het voorkomen van stroomruggen en oeverwallen. Fluxveranderingen doen zich vaker voor in min of meer concentrische gebieden rondom de winningen.

Hoewel de criteria waarop gewogen is bij de uitwerking van het VA en MMA afwijken van de criteria bij de vergelijking van elf alternatieven, kan in het algemeen gesteld worden dat de berekende effecten voor het gebied bij Woudenberg / Achterveld / Voskuilerdijk en Nieuwegein niet al te veel van elkaar afwijken. Voor het gebied bij Blokland worden verschillen waargenomen, bijvoorbeeld wanneer gekeken wordt naar berekende fluxveranderingen. Door de nadere detaillering van het topsysteem worden voor dit onderdeel iets andere gebieden berekend. Dit betekent in vergelijking tot de vergelijking van tien alternatieven dat een groter aantal natuurgebieden rondom Blokland nu zijn berekend als zijnde hydrologisch beïnvloed, wat voor het VA een meer gedetailleerde effectbeschrijving voor het onderdeel ecologie heeft opgeleverd. In het basisrapport ecologie wordt hier op teruggekomen.

7 LEEMTEN IN KENNIS

7.1 ALGEMEEN

Bij het opstellen van een MER is altijd sprake van onzekerheden. Deze leemten kunnen gevolgen hebben voor de besluitvorming. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen leemten in kennis en leemten in informatie. Een leemte in kennis ontstaat wanneer weinig bekend is over de relatie tussen een bepaalde ingreep en het daardoor veroorzaakte effect, of wanneer de methode om een goede voorspelling van de ingreep te maken (gedeeltelijk) ontbreekt. Van een leemte in informatie wordt gesproken wanneer er niet voldoende basisgegevens beschikbaar zijn om betrouwbare voorspellingen te kunnen doen.

Hier worden de belangrijkste leemten voor het onderdeel geohydrologie weergegeven. Daarbij wordt eerst ingegaan op de leemten die na het beoordelen van de alternatieven waren vastgesteld en wordt aangegeven wat ondernomen is om de leemten bij de uitwerking van het MMA en VA te vullen. Hierbij zal worden aangegeven tot welke 'categorie' betreffende leemte kan worden gerekend. Tenslotte wordt aangegeven wat een betreffende leemte voor gevolg heeft voor de besluitvorming. In het hoofdstuk Aanzet tot een evaluatieprogramma wordt aangegeven in hoeverre er op korte termijn kan worden voorzien in de eventuele leemten.

7.2 LEEMTEN IN INFORMATIE

In de grondwatermodellen die zijn gebruikt bij de berekeningen is een grote hoeveelheid informatie verwerkt met betrekking tot de geohydrologische parameters en variabelen in het gebied. Voor alle parameters en variabelen zijn de meest recente gegevens opgevraagd bij de instanties die deze informatie verzamelen en verwerken. Als voorbeeld kan genoemd worden het opvragen van onttrekkingsgegevens bij de vijfprovincies die in het modelgebied zijn opgenomen, het verkrijgen van de meest recente polderpeilenkaarten van de drie waterschappen in het modelgebied en het analyseren van het wetenschappelijke onderzoek naar het voorkomen van stroomruggen in het gebied van polder Blokland. Dit laatste punt is als leemte vastgesteld na de vergelijking van elf alternatieven, en is vervolgens bij de uitwerking van het VA en MMA nader gedetailleerd.

Wel zijn er nog een aantal geohydrologische gegevens waarvan een informatie-leemte bestaat. Zo is er gebrek aan een gedegen onderzoek naar het voorkomen van anisotropie en de verhouding tussen stuwings- en strekkingsdoorlatendheid. Indien deze informatie wel beschikbaar was, zou een verdere verbetering van het model VPCS kunnen worden bereikt. Voor de hydrologische effectvoorspelling is de relevantie hiervan echter gering.

Het belang van de aanwezige leemten in informatie voor de besluitvorming is gering, omdat met de aanwezige informatie voldoende betrouwbare hydrologische effecten berekend kunnen worden.

7.3 LEEMTEN IN KENNIS

De grondwatermodellen die voor berekeningen in het MER zijn gebruikt, zijn (per definitie) een vereenvoudiging van de werkelijkheid. De berekende effecten in grondwaterstanden, kwel / infiltratiefluxen en waterbalansen kunnen daarom afwijken van de daadwerkelijk optredende effecten.

Verregaande vereenvoudigingen in een modelstudie zouden kunnen worden gezien als een leemte in voorspellingsmethode. Bij de onderhavige studie is het detailniveau echter zodanig gekozen, dat niet meer kan worden gesproken over de aanwezigheid van leemten in voorspellingsmethode.

In relatie tot de eerdere berekeningen zijn bijvoorbeeld ook nog enkele vereenvoudigingen in het model nader gedetailleerd. Zo is het oppervlaktewater in het topsysteem verder gedetailleerd en is voor het gebied van de Polder Blokland het voorkomen van stroomruggen volgens het meest recente geologische onderzoek ingebouwd.

De enige leemte in voorspellingsmethode die nog van belang zou kunnen zijn, is de berekeningsmethode die is aangehouden voor bepaling van de verplaatsing van het zoet-zout grensvlak. De methode die gebruikt is, maakt gebruik van een vuistregel op basis van expertkennis in combinatie met stroombaanberekeningen (zie deelrapport overige effecten). Wellicht is er voor dit punt een leemte, omdat een expliciete zoet-zout modellering tot andere resultaten zou kunnen leiden. De verwachting is echter dat de verschillen tussen de gebruikte methode en een expliciete zoet-zout modellering, gering zijn.

Er zijn geen relevante leemten in kennis die van belang zijn voor de besluitvorming.

8 AANZET TOT EVALUATIEPROGRAMMA

Door middel van een evaluatieprogramma kunnen kennisleemten mogelijk worden gedicht en kunnen de voorspellingen die in het MER worden gedaan, worden getoetst.

De primaire gevolgen van dit initiatief zijn veranderende ondiepe grondwaterstanden en kwel / infiltratiefluxen. Als resultante van dit primaire effect zijn er afgeleide effecten bepaald op natuur, zettingen en landbouw. Het ligt dan ook voor de hand met name het primaire effect te evalueren nadat het initiatief is ontplooid. Immers, als de gemeten primaire effecten overeenkomen of afwijken van de voorspelde effecten is daarmee direct een uitspraak te doen over de afgeleide effecten. De aanzet voor het evaluatieprogramma betreft hier dan ook met name de primaire hydrologische effecten.

Doelstelling

De doelstelling van het evalueren / monitoren van het primaire effect is dan ook het nagaan van de waarde van de voorspelde effecten. Concreet betekent dit: komen de voorspelde hydrologische effecten overeen met de daadwerkelijke, te meten effecten.

Methode

Veranderende grondwaterstanden zijn, mits een voldoende lange referentieperiode voorhanden is, goed vast te stellen. Veranderingen van kwel- of infiltratieflux daarentegen zijn moeilijker vast te stellen op een directe manier, maar kunnen wel afgeleid worden van veranderingen van grondwaterstanden.

Derhalve wordt aanbevolen om grondwaterstanden te monitoren op dié plekken waar significante veranderingen worden verwacht. Dit is met name rondom de winningen, maar in een aantal gevallen kan dit ook op grotere afstand zijn. Dit is bijvoorbeeld van belang bij de mogelijke locaties Nieuwegein en Blokland. Hier kunnen verlagingen van de grondwaterstand zich voordoen ter plaatse van stroomruggen en oeverwallen die op grotere afstand van de winningen liggen. Overigens wordt opgemerkt dat verlagingen die zijn berekend in uiterwaarden (bijvoorbeeld bij MMA-OV1), alleen te monitoren zijn in samenhang met de dynamiek die in de rivierstand aanwezig is. Waarschijnlijk zijn eventuele verlagingen in deze gebieden dusdanig klein in verhouding tot de natuurlijke dynamiek, dat ze niet meetbaar zijn.

Het is aanbevelenswaardig de locaties van monitoring te combineren met locaties waar zich bijvoorbeeld kwetsbare cultuurhistorische objecten bevinden of waar natuurgebieden gelegen zijn. Op een aantal van deze locaties kan de (veranderende) ondiepe grondwaterstand met behulp van peilbuizen worden gemeten.

Moment van evaluatie

Zoals bij de methode voor evaluatie is aangegeven wordt aanbevolen het aanbevolen zowel voor als na de realisatie van de onttrekking te meten, teneinde eventuele veranderingen vast te kunnen stellen.

Functie van evaluatie

De evaluatie van dit aspect is een lerende, correctieve en communicatieve. Op basis van de gemeten waarden kan worden vastgesteld of voorspellingen juist zijn. Verder kunnen de gemeten waarden worden gebruikt bij de evaluatie van de verleende vergunning en aan het bevoegd gezag worden overlegd.

Als resultante van het primaire effect zijn er afgeleide effecten op natuur, zettingen en landbouw. In de deelrapporten ecologie en overige effecten wordt, waar dat relevant is, ingegaan op evaluatie van deze afgeleide effecten.

LITERATUUR

Berendsen, H. J. A. & E. Stouthamer (2001). *Palaeogeographic development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands.* Koninklijke Van Gorcum, Assen, 268 pp.

Grontmij (1994). *Onderzoek restauratie mogelijkheden Leersumse Plassen.*

Grontmij (2003). *MER Vervangende Productie Capaciteit, afweging elf alternatieven, basisrapport geohydrologie.* Houten, *23 april 2003.*

BEGRIPPENLIJST

Calibratie
Proces waarbij de hydroloog het model aanpast zodat het de werkelijkheid zo goed mogelijk beschrijft, zodat vertrouwen kan worden gesteld in de uitkomsten ervan. Bij calibratie wordt onder andere gekeken naar de grootte en structuur van de afwijkingen tussen de gemeten en berekende waarden van relevante grootheden als stijghoogten, volumestromen, debieten en concentraties.

Drainage
De afvoer van water over en door de grond en via het waterlopenstelsel.

Drainageweerstand
De weerstand tegen de grondwaterstroming naar open of gesloten leidingen, te berekenen als quotiënt van de opbolling en de specifieke (grondwater)afvoer bij stationaire stroming.

Doorlaatvermogen
Maat voor het vermogen van een watervoerend pakket om water door te laten, gelijk te stellen aan de volumestroom die per breedte-eenheid van het watervoerend pakket en per eenheid van stijghoogtegradiënt door een watervoerende laag stroomt.

Doorlatendheid
Een maat voor het vermogen van de grond om vloeistof of gas door te laten, gelijk te stellen aan de volumestroom per eenheid van oppervlakte als de stijghoogtegradiënt in een isotroop medium loodrecht op het oppervlak gelijk is aan één.

Evapotranspiratie
De totale verdamping van een begroeid oppervlak (ook wel totale verdamping genoemd)

Fluviatiele sedimenten
Sedimenten die samenhangen met afzetting door rivieren. Afzettingsvormen zoals stroomruggen en komafzettingen zijn van fluviatiele oorsprong.

Fluvioglaciale sedimenten
Sedimenten die samenhangen met afzetting aan de rand van een gletsjer, met name in de vorm van puinwaaiers en smeltwaterdalen. Het sediment bestaat uit verspoeld materiaal uit de stuwwal.

GHG
Gemiddeld hoogste grondwaterstand (het gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden per jaar, over een periode van acht jaar)

GLG
Gemiddeld laagste grondwaterstand (het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden per jaar, over een periode van acht jaar)

GVG
Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand

Infiltratie
Het intreden van water aan het grondoppervlak, of de aanvulling van water onder het grondoppervlak d.m.v. een slotenstelsel of buizenstelsel.

Inklinken
Daling van het grondoppervlak veroorzaakt door een daling van de grondwaterstand en/of de stijghoogte.

Kwel
In het algemeen: het diffuus uittreden van grondwater. In het bijzonder: het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogten elders in het hydrologische systeem. Het uittreden kan onder meer geschieden direct aan het grondoppervlak, in sloten of drains.

Mariene sedimenten
Sedimenten die samenhangen met afzetting door de zee. Onder meer wadafzettingen zijn opgebouwd uit marien sediment.

Ontwatering
De afvoer van water uit percelen over en door de grond en eventueel door drainbuizen en greppels naar een stelsel van grotere waterlopen.

Parameter
Een coëfficiënt die de grootte van een systeemkenmerk aangeeft die niet varieert in de tijd (bijvoorbeeld de weerstand van een scheidende laag)

Topsysteem
Systeem dat de interactie beschrijft tussen het grondwatersysteem en een drainagesysteem dat bestaat uit kleinere waterlopen (zoals sloten) en eventueel drains. De interactie wordt beschreven door ruimtelijke parameters, zoals weerstanden en polderpeilen.

Variabele
Een grootheid die is of kan worden gemeten en die varieert in de tijd (bijvoorbeeld neerslag en verdamping)

WVP
Watervoerend pakket