

### 1. Doel en opzet analyse

De Watersysteemverkenningen (WSV) hebben voor de verdrogingsproblematiek tot doel de landelijke beleidsdoelstellingen nog eens tegen het licht te houden. Centraal staat daarbij de vraag naar de haalbaarheid en het haalbaar maken van deze doelstellingen in relatie tot mogelijke maatschappelijke ontwikkelingen. In de uitgevoerde analyses zijn diverse pakketten van maatregelen doorgerekend met een verbeterd modelinstrumentarium. De pakketten verschillen per variant wat



F. A. M. CLAESSEN  
RIZA



A. G. KORS  
RIZA

betreft de aard en de omvang van de daarin opgenomen maatregelen. Het gaat om, op grond van gebiedseigenschappen, gegeneraliseerde standaardpakketten aan maatregelen die tamelijk grofschalig landelijk zijn doorgevoerd. In de WSV gaat het uiteindelijk om een verkenning op landelijke schaal en de pakketten zijn geen blauwdruk voor gebiedsgerichte aanpak. Afbeelding 1 geeft een beeld van de omvang van de in SYSTEEM aangepakte gebieden: dat wil zeggen verdroogde gebieden met de functie natuur inclusief de bufferzones. Tabel I geeft een overzicht van de per variant doorgerekende maatregelen. De maatregelen opgenomen in het HUIDIG BELEID zijn prognoses op basis van lopende en geplande projecten. Een aanpak van ongeveer 10% van het verdroogde areaal in 2000 en 30% in 2015 wordt zeker haalbaar geacht. De variant GEBRUIK komt wat betreft maatregelen nagenoeg overeen met de variant HUIDIG BELEID en is daarom niet apart doorgerekend en wordt verder niet genoemd.

In SYSTEEM zijn maatregelen opgenomen die bijdragen aan het oplossen van knelpunten en 'benutten van potenties van de watersystemen' in een tijdpad naar 2015. De maatregelen zijn in aard en omvang zodanig dat ze in het huidige maatschappelijk bestel uitgevoerd kunnen worden als de prioriteit bij de ontwikkeling van natuur wordt gelegd.

In TRENDBREUK wordt een maatregelenpakket gedefinieerd dat erop gericht is om problemen en potenties van watersystemen

### Samenvatting

De Watersysteemverkenningen (WSV) hebben voor de verdrogingsproblematiek tot doel de landelijke beleidsdoelstellingen nog eens tegen het licht te houden. Centraal staat daarbij de vraag naar de haalbaarheid en het haalbaar maken van deze doelstellingen in relatie tot mogelijke maatschappelijke ontwikkelingen.

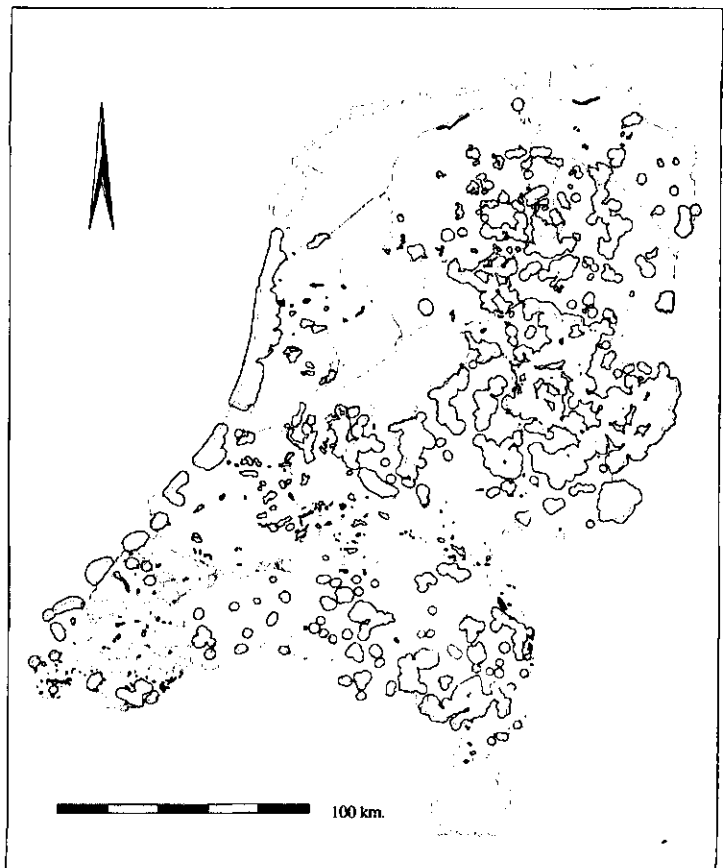
In de uitgevoerde analyses zijn diverse pakketten van maatregelen doorgerekend waarvan de maatregelen in aard en omvang per variant verschillen.

Naast de huidige toestand die als referentie fungeerde, zijn simulaties gemaakt voor de varianten:

HUIDIGE BELEID in 2000 (doelstelling 10% reductie areaal verdroogde gebieden) en 2015 (30% reductie); SYSTEEM (50% reductie in 2015) en TRENDBREUK (100% reductie in 2045). De resultaten van de diverse varianten worden ook vergeleken met de variant die ook voor de ENW/MV3 is doorgerekend en die in deze studie is herberekend (doel 25% reductie). Naast deze integrale varianten zijn er thema-varianten doorgerekend, waarbij naar de specifieke effecten van enkele maatregelen is gekeken. Belangrijke onderzochte maatregelen zijn waterhuishoudkundige maatregelen in verdroogde gebieden; reductie en verplaatsing grondwateronttrekkingen, vermindering areaal beregening, verlooping van naaldbos, inundatie van diepe polders en veranderingen in het landgebruik zoals voorspeld door het Centraal Plan Bureau.

De hoofdconclusies zoals geformuleerd in de ENW voor de omvang van de benodigde maatregelen en de daarmee gemoeide kosten om de 25%-doelstelling te halen, zijn door deze WSV niet aangetast. De doelstellingen lijken zeker op langere termijn goed haalbaar.

De effecten van de varianten HUIDIG BELEID, SYSTEEM en TRENDBREUK zijn proportioneel met die voor de ENW/MV3-variant. Waterhuishoudkundige maatregelen blijken veel effectiever te zijn, tegen relatief minder kosten, dan maatregelen in de sfeer van reductie en reallocatie van grondwaterwinningen. Deze laatste kunnen vooral op regionale schaal wel iets betekenen. Veranderingen in het grondgebruik van ons land kunnen grote effecten hebben voor de kosten en baten van bij de waterhuishouding betrokken belangen.



Afb. 1 - Gebieden waarin waterhuishoudkundige maatregelen zijn toegepast in de variant SYSTEEM.

TABEL I - Maatregelenpakketten in de integrale analysevarianten.

Maatregel	Huidige situatie 1990	HUIDIG BELEID 2000	HUIDIG BELEID 2015	SYSTEEM 2015	TRENDBREUK 2045
Aanpassing waterhuishouding	-	in 10% verdroogd gebied + bufferzones van 500 à 1500 m	in 30% verdroogd gebied + bufferzone van 500 à 1500 m	in 50% verdroogd gebied + bufferzone van 500 à 1500 m	in 100% verdroogd gebied + bufferzone van 1000 à 3000 m
Inunderen diepe polders	-	-	-	Bethune, Hortsermeer, Mijdrecht, Giethoorn, Wieden, Weerribben	Bethune, Hortsermeer, Mijdrecht, Giethoorn, Wieden, Weerribben
Drinkwater-onttrekkingen	840 Mm <sup>3</sup> /jr	900 Mm <sup>3</sup> /jr	900 Mm <sup>3</sup> /jr	716 Mm <sup>3</sup> /jr	435 Mm <sup>3</sup> /jr
Drinkwater-winningen buiten LHS-gebied <sup>1)</sup> .	-	uit LHSgeb. voorzover overlap met 10% verdroogd gebied	buiten LHSgeb. voorzover overlap met 30% verdroogd gebied	buiten LHSgeb. voorzover overlap met 50% verdroogd gebied	uit LHSgeb. voorzover overlap met 100% verdroogd gebied
Reallocatie drinkwater	-	voorzover binnen LHS winning gesloten	voorzover binnen LHS winning gesloten	voorzover binnen LHS winning gesloten	voorzover binnen LHS winning gesloten
Industriewater-onttrekkingen	254 Mm <sup>3</sup> /jr	220 Mm <sup>3</sup> /jr	165 Mm <sup>3</sup> /jr	100 Mm <sup>3</sup> /jr	0 Mm <sup>3</sup> /jr
Industriewater-winningen buiten LHS-gebieden	-	buiten LHS voorzover overlap met 10% verdroogd gebied	buiten LHS voorzover overlap met 30% verdroogd gebied	buiten LHS voorzover overlap met 50% verdroogd gebied	-
Reallocatie ind.water	-	voorzover binnen LHSgeb. winning gesloten	voorzover binnen LHSgeb. winning gesloten	voorzover binnen LHSgeb. winning gesloten	-
Ind.waterwinning naar diepe pakketten	-	alle onttrekkingen zo mogelijk van 1e naar 2e pakket	alle onttrekkingen zo mogelijk van 1e naar 2e pakket	-	-
Reductie beregening	40% grasland Brabant/Limburg in Brab/Limb/Gld efficiëntie van 0,8	40% grasland Brabant/Limburg in Brab/Limb/Gld efficiëntie van 0,9	40% grasland Brabant/Limburg in Brab/Limb/Gld efficiëntie van 0,9	75% reductie beregening in heel Nederland, efficiëntie van 0,9	er wordt niet meer beregend
Verloofing naaldhout	-	-	-	-	alle naaldbossen worden vervangen door loofbos
In bebouwing afkoppelen van riool	-	-	-	op toekomstige VINEX-locaties	op toekomstige VINEX-locaties en in 50% van bestaand stedelijk gebied

<sup>1)</sup> LHS = Landelijke Hydrologische Systemanalyse [4].

en gebruiksfuncties maximaal en op een structurele wijze aan te pakken. Door een lange tijdshorizon te hanteren (2045) wordt een reële tijdsruimte geboden om structurele en brongerichte maatregelen uit te voeren en om alle effecten van genomen maatregelen waar te nemen. Deze variant vereist een TRENDBREUK in het denken en handelen van de huidige maatschappij. De streefbeeldens uit NW3 vormen de uitgangspunten voor deze variant. De maatregelen behorende bij de zichtjaren van de verschillende varianten zijn doorgevoerd met hydrologische modellen, waarbij de neerslag- en verdampingsgegevens voor het meteorologisch gemiddelde jaar 1985 zijn gebruikt. De representativiteit van 1985 is gecontroleerd door voor een aantal districten een reeks van 10 jaar (1981-1990) door te rekenen.

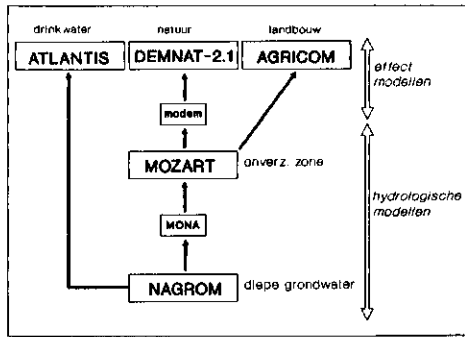
Naast de al genoemde maatregelen is ook het landgebruik in Nederland van groot belang voor de waterhuishouding. Dit landgebruik verschilt in de diverse varianten. De huidige situatie en de variant HUIDIG BELEID 2000 zijn doorgevoerd met het huidige landgebruik van Nederland zoals dit bekend is uit het databestand Landgebruik Nederland (LGN-2) en landbouwstatistieken van het Landbouw Economisch Instituut (LEI) [3a, 3b, 5]. Het landgebruik waarmee de varianten HUIDIG BELEID 2015 en SYSTEEM zijn doorgevoerd, is gebaseerd op ontwikkelingen zoals die voorzien zijn voor 2015 in het CPB-scenario European Renaissance, voor de landbouw nader uitgewerkt door het LEI [3a, 3b, 5]. De variant TRENDBREUK is doorgevoerd met een landgebruik dat is afgeleid van

ruimtelijke ontwikkelingen zoals die zijn voorzien in het CPB-scenario Balanced Growth en voor de landbouw nader zijn uitgewerkt door het LEI [3a, 3b, 5].

Naast deze zogenaamde integrale varianten, zijn er ook een aantal themavarianten doorgevoerd. Elke themavariant bestaat uit een afzonderlijke maatregel uit tabel I [5].

## 2. Model simulaties

Er is een aantal modellen ingezet voor de simulaties (zie ook afb. 2). De modellen NAGROM, MOZART en MONA veranderen de bepaling van de hydrologische veranderingen door alle doorgevoerde maatregelen [5]. Het model AGRICOM berekent de effecten voor de landbouwopbrengsten en de kosten van beregening, ATLANTIS



Afb. 2 - Samenhang tussen de gebruikte modellen.

bepaalt de kosten voor de drinkwatervoorziening en DEMNAT-2.1 bepaalt de veranderingen in de natuurwaarde van de verdrogingsgevoelige vegetaties [5].

### 3. Resultaten

Tabel II vat de karakteristieke uitkomsten voor de verschillende varianten samen.

TABEL II - Berekende effecten en meerkosten van verdrogingsbestrijding.

Variant	Beleidsdoel [% verdr. areaal]	Aangepakt model areaal [% verdr. areaal]	Hydrol. herstel <sup>1)</sup> [% verdr. areaal]	Overbruggings- percentage ecol. herstel	Kosten whhk <sup>2)</sup> maatregelen [Mfl/jr]	Kosten drinkwater [Mfl/jr]	Kosten industrie- water [Mfl/jr]	Kosten landbouw [Mfl/jr]	Kosten landbouw [fl/ha]
HUIDIG BELEID 2000	10%	13%	10%	7 à 8%	24	26	40	+ 7	+ 3
ENW	25%	28%	18%	15 à 18%	52	85	0	+ 23	+ 3
HUIDIG BELEID 2015	30%	37%	26%	16 à 19%	70	130	130	-106	- 4
SYSTEEM	50%	66%	45%	33 à 39%	158	213	172	- 89	- 3
TRENBREUK	100%	100%	66%	76 à 90%	91 <sup>3)</sup>	275	270	- 86	+24

<sup>1)</sup> Gebieden met verandering gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) > 5 cm.

<sup>2)</sup> Whhk = waterhuishoudkundig.

<sup>3)</sup> De investeringen zijn in trendbreuk relatief laag in verband met de veel langere looptijd van deze variant.

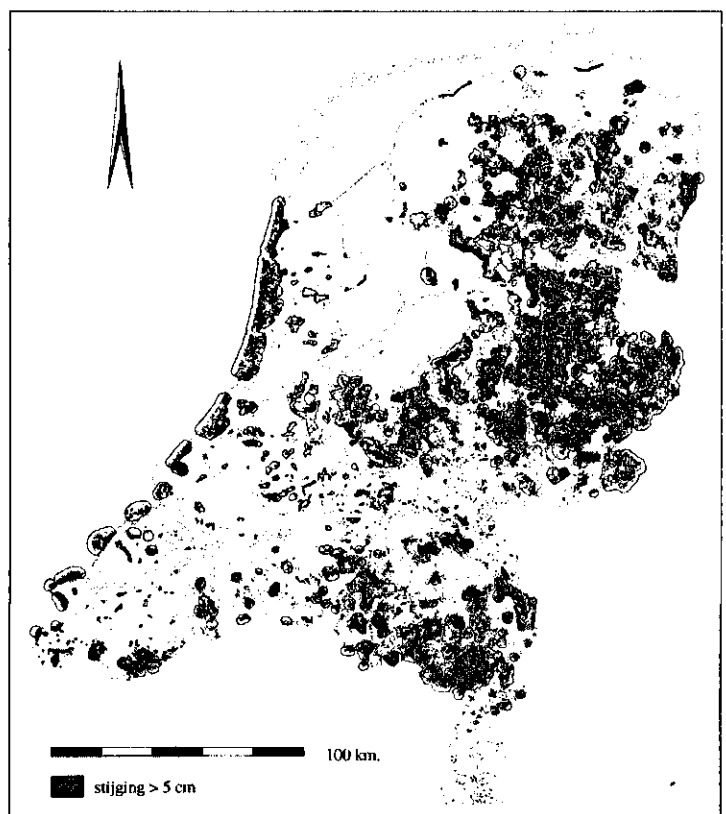
De hydrologische effecten van de waterhuishoudkundige maatregelen zien er goed uit, zowel wat betreft ruimtelijk beeld als ook wat betreft de effectiviteit, zij het dat ze enigszins mager uitvallen ten opzichte van het aangepakte areaal. De effectiviteit van de waterhuishoudkundige maatregelen kan verhoogd worden door gebiedsgericht onderzoek (regionaal en lokaal maatwerk). Het relatief herstel t.o.v. de actuele natuurwaarde van verdroogde natuur valt ook lager uit dan in eerdere DEMNAT berekeningen (25% in ENW/MV3 [6]), maar dat hangt slechts ten dele samen met de wat magere hydrologische herstelresultaten in WSV. Het verschil is vooral te wijten aan andere, nu meer realistische, dosis-effect relaties voor ecologisch herstel in DEMNAT. De mate van ecologische herstel is uitgedrukt als het overbruggingspercentage tussen de actuele natuurwaarde en de natuurwaarde van een referentiebeeld (situatie met hydrologische overdoses). Er blijkt een duidelijk verband tussen het aangepakte verdroogde areaal en het overbruggingspercentage.

Dit overbruggingspercentage kan echter niet worden gebruikt om de effecten van de integrale analysevarianten te toetsen aan

de geformuleerde beleidsdoelstellingen. De geformuleerde beleidsdoelstellingen zijn namelijk uitgedrukt in herstelde arealen. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat de arealen verdroogd areaal waar een stijging van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) met meer dan 5 cm wordt gerealiseerd opgevat kunnen worden als hersteld verdroogd areaal. Deze arealen zijn dan te toetsen aan de beleidsdoelstellingen.

Het blijkt dat in HUIDIG BELEID 2000 de doelstelling van 25% reductie van verdroogd areaal niet wordt gehaald. Deze doelstelling wordt wel gehaald met de maatregelen opgenomen in HUIDIG BELEID 2015. De doelstelling om in 2010 een reductie van 40% in verdroogd areaal te realiseren wordt gehaald met de maatregelen opgenomen in de variant SYSTEEM. Afbeelding 3 toont het gebied met substantieel hydrologisch herstel (GVG >

5 cm) en de omtrek van aangepakte gebieden in de variant SYSTEEM. De kosten en baten van de waterhuishoudkundige maatregelen in de doorgerekende analysevarianten blijken van dezelfde orde van grootte als in de ENW/MV3. Wanneer smallere bufferzones worden aangehouden dan waarmee in de integrale varianten is gerekend, wijken de kosten nog minder af. De (ecologische) baten zijn ook vergelijkbaar met ENW. De kosten voor de landbouw door vernattingsschade nemen meer toe dan de afname van de droogteschade, over het geheel neemt de landbouwschade door de waterhuishoudkundige maatregelen toe (ook weer in relatieve zin vergelijkbaar met wat in ENW becijferd is). De kosten voor veranderingen in de onttrokken hoeveelheden grondwater voor drink- en industriewatervoorziening lijken nu realistischer berekend dan voor de ENW. Omdat in de doorgerekende



Afb. 3 - Aangepakte gebieden en gebieden met een substantieel hydrologisch herstel in de variant SYSTEEM.

*Reactie op 'Variatie in permeabiliteit van een pleistocene rivierafzetting en de invloed op grondwaterstroming' van R. E. Lapperre, H<sub>2</sub>O (29) 1996, nr. 18, pag. 520 e.v.*

integrale analysevarianten uitgebreidere maatregelen zijn opgenomen dan in de ENW, vallen de kosten nu hoger uit dan in de ENW/MV3. De baten van deze maatregelen zijn gering in vergelijking tot de waterhuishoudkundige maatregelen. De themavarianten hebben extra inzicht gegeven in de effectiviteit en kosten van de meeste maatregelen afzonderlijk.

De belangrijkste conclusies, die op grond van zowel de integrale varianten als de themavarianten getrokken kunnen worden, zijn:

1. De waterhuishoudkundige maatregelen hebben duidelijk het grootste effect en dragen voor meer dan 90% bij aan het bestrijden van de verdroging;
2. De in grote omvang doorgevoerde reductie en reallocatie van grondwateronttrekkingen blijken slechts een geringe bijdrage te leveren aan het ecologisch herstel (minder dan 10% in SYSTEEM). De maatregelen blijken wel vooral een gunstig effect te hebben op ecotoopgroepen die voorkeur hebben voor pH-gebufferde stand-plaatsen (vaak kwelsituaties). De kosten van deze maatregelen zijn relatief erg hoog. Lokaal/regionaal kunnen dergelijke maatregelen wel rendement opleveren, doch niet op landelijke schaal;
3. De effecten van autonome ontwikkelingen in het agrarisch grondgebruik (verandering/vermindering) op de waterhuishouding, op de overall landbouwopbrengsten (niet per ha) en op de verdroogde ecosystemen is niet verwaarloosbaar. Dit effect heeft de interpretatie van de rekenresultaten danig bemoeilijkt. De grondgebruikscenario's voor 2015 (European Renaissance) en 2045 (TRENDBREUK, afgeleid van Balanced Growth) hebben positieve effecten op de landbouwopbrengsten doch negatieve, zij het beperkte (ongeveer 8% in HUIDIG BELEID 2015), op het ecologisch herstel;
4. De in de simulaties van de integrale, analysevarianten aangehouden brede bufferzones (vooral in vrij afwaterend Nederland) blijken niet nodig te zijn. Smallere bufferzones (500 m), zoals aangehouden in de ENW, blijken even effectief;
5. Het ecologisch herstel door een verminderde aanvoer van systeemvreemd water is in modellen gebrekkig meegenomen. Harde conclusies zijn daar over dan ook niet te trekken. De resultaten laten enkel lokale effecten zien;
6. De landelijk doorgevoerde verloofing van (alle) naaldhout en een verlaging van de verdampingsfactor van teeltgewassen, van het huidige niveau tot het niveau van de jaren '50, hebben een effect op de natuurwaarden dat in omvang vergelijkbaar

is met het maatregelenpakket van HUIDIG BELEID 2015;

7. Maatregelen als het inunderen van diepe droogmakerijen evenals landelijke beperkingsmaatregelen voor de beregening van grasland blijken op landelijke schaal marginale effecten van herstel op te leveren. Regionaal zal dit uiteraard anders kunnen liggen.

#### 4. Conclusies

De overall conclusies zoals geformuleerd in de ENW over de benodigde omvang van maatregelen en de daarmee gemoeide kosten om de 25%-doelstelling te halen, zijn door deze WSV niet aangetast.

De doelstellingen voor de verdrogingsbestrijding lijken zeker op langere termijn goed haalbaar. Nadruk zal eerder op waterhuishoudkundige inrichting moeten liggen dan op wijziging van de grondwateronttrekkingen. In die branches zouden dus ook minder verstrekkende maatregelen acceptabel zijn. De schade (vooral verdragsingsschade) aan de landbouw rijst niet de pan uit.

Wijzigingen in de nationale ruimtelijke ordening kunnen de verdrogingsbestrijding zeker beïnvloeden en verdienen nadere aandacht. Maatregelen die veelbelovend lijken, zijn verder verloofing en reductie van gewasverdamming.

De resultaten van de studie geven in de eerste plaats een landelijk beeld van wat met anti-verdrogingsmaatregelen kan worden bereikt. Op grond van de resultaten kan ook worden aangegeven in welke mate op regionale schaal herstel mogelijk is. De doorgerekende maatregelenpakketten vormen echter geen blauwdruk voor in de praktijk op lokale schaal uit te voeren anti-verdrogingsprojecten.

#### Literatuur

1. Milieu Balans (1995). *Ministerie van VROM*, 1995.
2. Evaluatie Beleid Stedelijk Grondwater (1995). *TAUW*, Februari 1996.
- 3a. WSV\*Ruimte: Ruimtelijke toedeling gebruiksfuncties, deel 1; *Kaartbeelden van Nederland in 2015 voor verschillende ontwikkelingsrichtingen in het landgebruik*. RIZA, 1996.
- 3b. WSV\*Ruimte: Ruimtelijke toedeling gebruiksfuncties, deel 2; *Opbrengstvervalskaarten voor landbouwgewassen in Nederland*. RIZA, 1996.
4. Kloosterman, F. H. et al., (1993). *De Landelijke Hydrologische Systemanalyse*. Deelrapport 2: *De regionale grondwaterstromingsstelsels rond de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug*. TN-IAG Rapport OS 93-41, 1993.4 Verdroging en Grondwater, WSV thema rapport, RIZA, 1996.
5. *Verdroging en Grondwater*. WSV thema rapport, RIZA, 1996.
6. *Operationalisatie van de 25%-doelstelling Verdroging; maatregelen*. Kosten en effecten RIVM rapport 715001001, RIZA nota 95.029, mei 1995.



Ik zou willen beginnen met de opmerking dat ik veel waardering heb voor de opzet van het onderzoek. De auteurs onderkennen dat kleinschalige sedimentaire structuren een groot effect kunnen hebben op de representatieve doorlatendheden op grotere schaal. Kasap and Lake [1990] en Bierkens and Weerts [1994] tonen dit eveneens aan voor respectievelijk eolische en fluviaatle formaties. De onderzoeksopzet van de auteurs – de opschaling vanuit sedimentaire structuren via lagen naar formaties – lijkt mij daarom de enige juiste. Mijn kritiek betreft echter de manier van opschaling.

Om vanuit horizontale en verticale doorlatendheden op de schaal van de sedimentaire structuren te komen tot representatieve doorlatendheden voor de lagen, wordt een harmonisch gemiddelde berekend waarbij rekening gehouden wordt met het bedekkingspercentage van de verschillende sedimentaire typen. Het is jammer dat er geen tekenvoorbeeld wordt gegeven of een formule, zodat het moeilijk is te achterhalen welke methode van middelen de auteurs precies hebben gebruikt. Wat echter wel duidelijk is, is dat de gebruikte opschalingstechniek onjuist is. Hiervoor zijn twee aanwijzingen te vinden in de resultaten:

1. Afbeeldingen 2 en 5 laten zien dat er sprake is van een zekere horizontale gelaagdheid binnen de formatie. Het is te verwachten dat dit op formatieniveau resulteert in een grotere horizontale doorlatendheid dan verticale doorlatendheid. Nu kan het zo zijn dat  $k_h$  en  $k_v$  in afbeelding 4 zijn verwisseld, maar zelfs dan is er een grotere anisotropie-ratio te verwachten dan 11:8.

2. De specifieke afvoer van de formatie die wordt berekend met het model neemt sterk af wanneer met grotere schaaleneenheden wordt gerekend, terwijl de gemiddelde verblijftijd toeneemt. Dit betekent dat de gebruikte opschalingsmethode onjuist is. De representatieve doorlatendheid voor een blok is namelijk gedefinieerd als volgt: die doorlatendheid die de specifieke afvoer door het blok koppelt aan het gemiddelde stijghoogteverval over het blok [Rubin and Gómez-Hernández, 1990; Bierkens, 1994, verg. 1]. Bij een juiste opschaling moet de specifieke afvoer van de formatie dus voor alle drie de schaalniveaus ongeveer gelijk blijven. Dit geldt bij benadering ook voor de gemiddelde verblijftijd. Het toenemen van de gemiddelde verblijftijd is dan ook bijna volledig toe te schrijven aan het (onterecht) afnemen van de specifieke afvoer. Dit wordt meteen duidelijk als men deze in een grafiek tegen elkaar uitzet. De incorrecte opschaling moet een gevolg zijn van de gebruikte methode van midde-