



Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T 030 2564750

F 030 2564755

info@nitg.tno.nl

TNO-rapport

OS 95-08B

Nadere analyse van de verlaging van de
grondwaterstand als gevolg van de winning
Terwisscha in de omgeving van het bedrijf van de
heer Weinans, Elsloo.

Datum	februari 1995
Auteur(s)	H.P. Broers A. Lourens
Opdrachtgever	de heer M. Weinans

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2004 TNO

INHOUD

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. DE ONDERZOEKSMETHODEN VAN DE TCGB EN TNO VERGELEKEN	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Eerder verricht onderzoek	3
2.3 De door de TCGB gevolgde methode	5
2.4 De door TNO gevolgde methode	5
2.5 Vergelijking van de TCGB en TNO methoden	9
3. RESULTATEN	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Verlagen per put	11
3.2.1 Put P21	13
3.2.2 Put P19	13
3.2.3 Put P16	15
3.2.4 Vergelijking met de resultaten van de TCGB	15
3.3 Ruimtelijk verlagingbeeld	16
3.4 Consequenties voor de schadeberekening	18
4. CONCLUSIES	20
5. LITERATUUR	21

FIGUREN

- Figuur 1. Locatie van de onderzochte waarnemingsputten
- Figuur 2. De grondwaterstandsreeks van put 11H P21, filter 1, en de perioden waarover de TCGB de gemiddelde grondwaterstand vaststelde
- Figuur 3. Opsplitsing van de grondwaterstandsreeks (A) van put 11H P21 01 in componenten ten gevolge van het neerslagoverschot (B) en de onttrekking (D) zoals bepaald met het transfer-ruismodel
- Figuur 4. Opsplitsing van de grondwaterstandsreeks van put 11H P19 01 in componenten ten gevolge van het neerslagoverschot (B) en de onttrekking (D) zoals bepaald met het transfer-ruismodel
- Figuur 5. Opsplitsing van de grondwaterstandsreeks van put 11H P16 01 in componenten ten gevolge van het neerslagoverschot (B) en de onttrekking (D) zoals bepaald met het transfer-ruismodel
- Figuur 6. Transferverlaging ten gevolge van de winning Terwisscha als functie van de afstand tot het centrum van de winning. Debiet = 6 mln m³/jaar

TABELLEN

- Tabel 1. Vergelijking van de verlaging zoals bepaald door de TCGB en TNO voor de putten P16, P19 en P21 bij een onttrekkingsgrootte van 6,0 miljoen m³/jr
- Tabel 2. Vergelijking van de verlagingen (cm) op de percelen van dhr. Weinans bij een debiet van 7,5 miljoen m³/jr

1. INLEIDING

In 1994 is door de Technische Commissie Grondwaterbeheer verslag uitgebracht over het Schadeonderzoek Wateronttrekking Ooststellingerwerf (Terwisscha). In dat rapport wordt de verlaging van de grondwaterstand ten gevolge van de waterwinning te Terwisscha gekwantificeerd. De TCGB maakte hierbij gebruik van eerder onderzoek dat door diverse instanties, waaronder TNO, was uitgevoerd. Vanwege de verschillen in uitkomsten van de diverse onderzoeken zag de TCGB zich genoodzaakt een nadere analyse uit te voeren van de beschikbare grondwaterstandsreeksen. De TCGB methode is gebaseerd op een vergelijking van de gemiddelde grondwaterstanden over een aantal driejarige perioden met uiteenlopende onttrekkingsgrootte. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat 'de verlaging als gevolg van de onttrekking door het pompstation geringer is dan uit de hydrologische onderzoeken is berekend'. De door de TCGB vastgestelde verlagingen zijn vervolgens gebruikt om de opbrengstdepressie door vochttekort en wateroverlast te berekenen, alsmede de geldelijke waarde van de opbrengstverandering per kadastraal perceel.

De door de TCGB vastgestelde verlagingen zijn kleiner dan door TNO in eerder onderzoek was bepaald op grond van tijdreeksanalyse van beschikbare grondwaterstandsreeksen. Ten aanzien van het TNO onderzoek concludeert de commissie:

'De door TNO uitgevoerde tijdreeksanalyse resulteert in aanzienlijk grotere verlagingen dan thans door de commissie zijn berekend. De verschillen per peilput lopen uiteen van enkele decimeters tot ruim een halve meter' en 'Op grond van het voorgaande moet worden aangenomen dat de door TNO aangetoonde verlagingen ca. 50 cm te groot zijn berekend'.

Naar aanleiding van dit verschil in uitkomsten heeft dhr. Weinans, Canada 1, 8424 SR Elsloo, TNO Grondwater en Geo-Energie in december 1994 verzocht na te gaan of de conclusies die door de TCGB werden getrokken ten aanzien van de verlaging door het pompstation Terwisscha gegrond zijn.

In dit rapport wordt onderzocht waarom de verlagingen zoals bepaald door de TCGB en de tijdreeksanalyse van TNO niet met elkaar stroken. Daartoe is o.a. nogmaals nagegaan of de in 1991 uitgevoerde tijdreeksanalyse van de grondwaterstandsreeksen in de omgeving van het bedrijf ook bij nadere beschouwing voldoet, danwel nog te verbeteren is.

In hoofdstuk 2 wordt de door de TCGB en de door TNO gevolgde onderzoeksmethode beschreven, en worden de voor- en nadelen van de methoden vergeleken. Bovendien wordt kort stilgestaan bij de overige onderzoeken die in het verleden zijn uitgevoerd.

Rapportnr.
OS 95-08B

Februari
1995

Pagina
2

In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe de TCGB en TNO methoden uitwerken op de bepaalde verlagingen van de grondwaterstand in de omgeving van het bedrijf van de heer Weinans. De afsluitende conclusies zijn vermeld in hoofdstuk 4.

2. DE ONDERZOEKSMETHODEN VAN DE TCGB EN TNO VERGELEKEN

2.1 Inleiding

Dit onderzoek spitst zich toe op de verlagingen zoals die kunnen worden afgeleid uit het daartoe ingerichte meetnet rond de winning Terwisscha. In het rapport zal niet worden ingegaan op de berekening van opbrengstdepressies en de daaruit voortvloeiende schadeberekeningen.

Ook op het bodemkundig-hydrologisch onderzoek wordt in dit rapport niet nader ingegaan, aangezien de commissie haar uiteindelijke oordeel terecht baseert op de waar te nemen grondwaterstandsverandering in het daartoe opgerichte meetnet.

De aandacht richt zich op de omgeving van het bedrijf van dhr. Weinans. In de omgeving van het bedrijf zijn drie peilputten gelegen die al sinds geruime tijd worden bemeten. Dit zijn:

- put 11H P21, op ca. 500 m ten oosten van de percelen van dhr. Weinans
- put 11H P16, direct grenzend aan de noordwestzijde van de bewuste percelen
- put 11H P19, ca. 600 m ten zuidwesten van de percelen.

De ligging van de putten is weergegeven op Fig. 1. Van elke put is het meest ondiepe filter en een filter in het watervoerend pakket beschouwd.

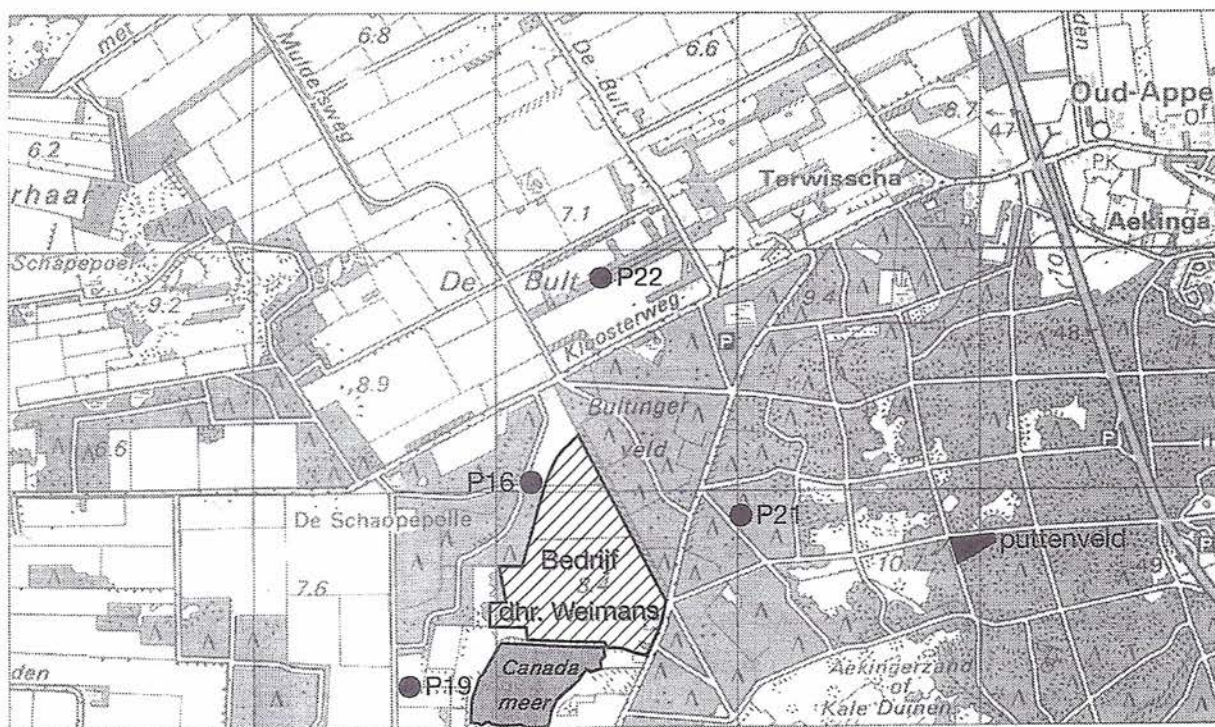
2.2 Eerder verricht onderzoek

Door diverse instanties is de verlagingssituatie rond Terwisscha op enige manier in beeld gebracht. Onderverdeeld naar methode gaat het om:

1. het toepassen van een analytische vergelijking op bijv. de resultaten van een pompproef (RID, 1955)
2. het uitvoeren van correlatie- en regressieberekeningen op een grondwaterstandsreeks en een onttrekkingsreeks (CoWaBO, 1979)
3. het uitvoeren van een stationaire geohydrologische modelstudie die wordt geijkt op de gemeten gemiddelde grondwaterstanden (IWACO, 1980, TCGB, 1988, onderzoek TU Boedapest, 1991)
4. Transfer-ruis modellering op de gemeten grondwaterstandsreeksen (TNO, 1991)
5. een combinatie van 1 en 3.

Van belang is dat alle methoden, behalve 2 en 4, uitgaan van een stationaire benadering. Dat wil zeggen dat ze gebruik maken van gemiddelde grondwaterstanden over een bepaalde periode. Dit geldt ook voor het TU Boedapest onderzoek, dat weliswaar is uitgevoerd met een modelcode die niet-stationair kan rekenen, maar waarmee een stationair model is gemaakt, uitgaande van gemiddelde grondwaterstanden over de periode 1981-1983. Een stationaire benadering houdt impliciet in dat seizoensfluctuaties van de grondwaterstand, als gevolg van de meteorologische oorzaken, maar ook van variaties in de onttrekking, verloren gaan.

In het kader van dit onderzoek is het niet mogelijk in detail op de resultaten van elk van de verschillende onderzoeken in te gaan. Dit is ook niet nodig, omdat de TCGB deze resultaten niet gebruikt bij de uiteindelijke bepaling van de verlagingen en de daaruit voortvloeiende schadeberekeningen. Het is echter van belang dat alle genoemde onderzoeken grotere verlagingen vaststellen dan de TCGB in haar recente onderzoek.



Figuur 1. Locatie van de onderzochte waarnemingsputten.

2.3 De door de TCGB gevolgde methode

Vanwege de verschillen in uitkomsten van de diverse onderzoeken zag de TCGB zich genoodzaakt een nadere analyse uit te voeren van de beschikbare grondwaterstandsreeksen. De TCGB methode is gebaseerd op een vergelijking van de gemiddelde grondwaterstanden over een aantal driejarige perioden met uiteenlopende onttrekkingsgrootte. De methode komt er op neer dat van 4 perioden de gemeten grondwaterstand werd gemiddeld voor elke peilput in de omgeving van Terwisscha.

De perioden en bijbehorende onttrekkingsgrootte zijn:

- | | | |
|----|-----------|--------------------------------|
| 1. | 1953-1955 | 0 miljoen m ³ /jr |
| 2. | 1962-1964 | 0,4 miljoen m ³ /jr |
| 3. | 1981-1983 | 6,0 miljoen m ³ /jr |
| 4. | 1987-1989 | 6,2 miljoen m ³ /jr |

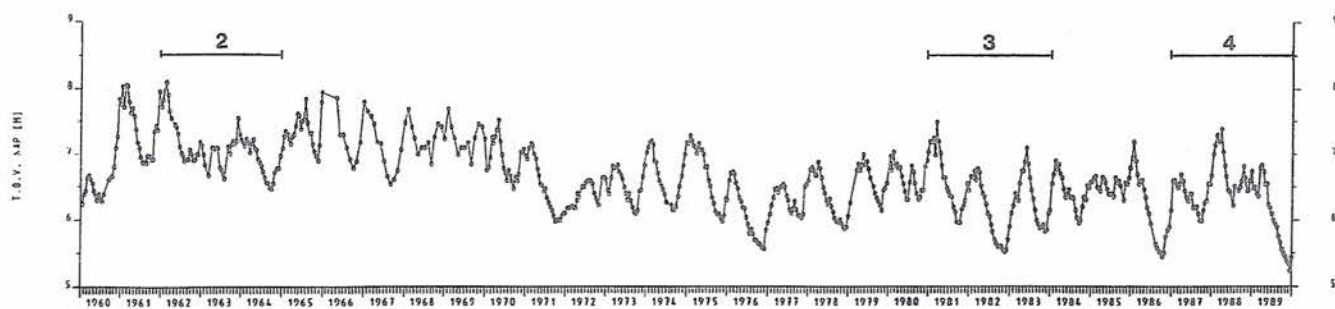
Per put werden de gemiddelde grondwaterstanden vervolgens vergeleken voor de vier perioden. Verschillen tussen de perioden worden gekoppeld aan verschillen in de onttrekkingsgrootte, waarbij soms nuances worden aangebracht i.v.m. meteorologische omstandigheden, ontwateringswerken etc.

De methode wordt hier geïllustreerd aan de hand van de grondwaterstandsreeks van put 11H P21, filter 1 (Fig. 2). De gemiddelde grondwaterstand in periode 2. is 7.04 m + NAP, in periode 3. 6.31 m en in periode 4. 6.38 m. Op grond van deze analyse wordt een verlaging van 66 cm. vastgesteld bij een onttrekkingsverschil van 5.8 miljoen m³/jr.

Op grond van de aldus bepaalde verlagingen is een isohypsenkaart vervaardigd van de periodes 1962-1964 en 1987-1989. Uit deze isohypsenkaarten is vervolgens een verlagingabeeld afgeleid. Het verlagingabeeld is gebruikt voor het berekenen van de opbrengstdepressie op de individuele percelen.

2.4 De door TNO gevolgde methode

De methode van tijdreeksanalyse, ofwel transfer-ruis modellering, is door TNO ontwikkeld in opdracht van DBW/RIZA ten behoeve van de TCGB (Van Geer, 1987). De methode is ontwikkeld om uit een grondwaterstandsreeks een verlaging ten gevolge van bijvoorbeeld een onttrekking te kunnen afleiden. De verlaging is nl. niet direct afleesbaar, omdat de grondwaterstand niet alleen door de onttrekking wordt beïnvloed. Heel duidelijk is bijvoorbeeld de seizoensfluctuatie in een grondwaterstandsreeks, die vaak voor een groot deel wordt bepaald door variaties in het neerslag en verdamping. Het neerslagoverschot is in de winter positief en in de zomer vaak negatief. Om een eventuele verlaging van de grondwaterstand waar te nemen, moet dus eerst de bijdrage van het neerslagoverschot in



Figuur 2. De grondwaterstandsreeks van put 11H P21, filter 1, en de perioden waarover de TCGB de gemiddelde grondwaterstand vaststelde.

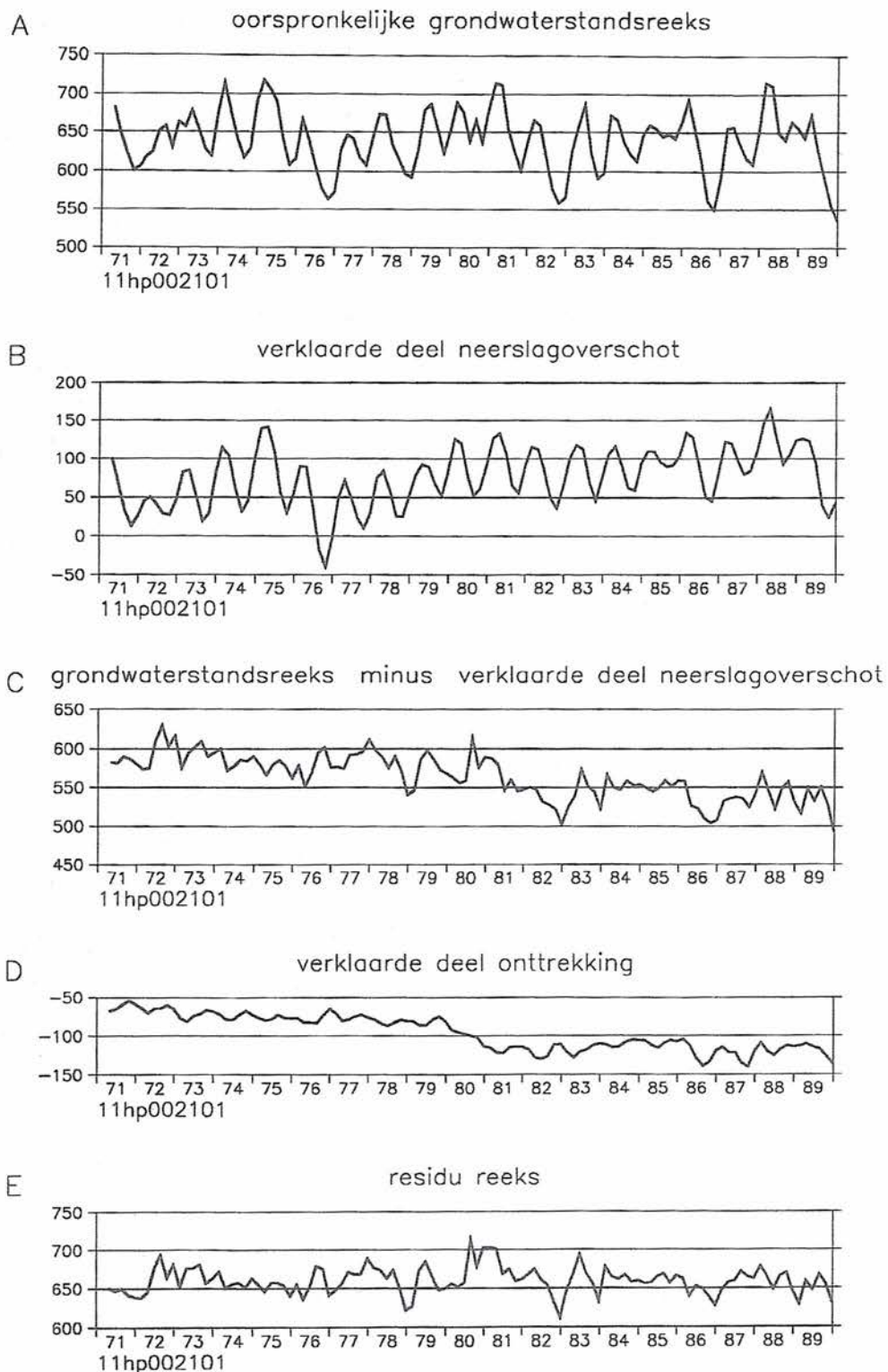
rekening worden gebracht. Voor een uitvoerige beschrijving van de methode wordt verwezen naar het TNO rapport uit 1991 (Broers et al., 1991). Hier wordt volstaan met een summiere uitleg en een illustratie van de methode.

De basisgedachte achter tijdreeksmodellering is dat de optredende grondwaterstand te verdelen is in drie componenten: 1. een component ten gevolge van het neerslagoverschot, 2. een component ten gevolge van de onttrekking en 3. een ruiscomponent, die alle andere oorzaken vertegenwoordigt. De optredende grondwaterstand is de som van deze drie componenten. De invoer van een transfer-ruis model bestaat dus uit de grondwaterstandsreeks, een reeks van het neerslagoverschot en een reeks van het onttrekkingsdebiet.

De methode wordt hieronder geïllustreerd aan de grondwaterstandsreeks van put 11H P21, filter 1, die ook in de vorige paragraaf werd getoond. De modellering is uitgevoerd voor de periode 1971-1989, in welke periode de onttrekking toenam van 3,1 tot 6,2 miljoen m³/jr. Van voor die tijd was het onttrekkingsdebiet niet op maandelijkse basis aanwezig. De reeks van het neerslagoverschot is gebaseerd op metingen van neerslag en verdamping van het vliegveld Leeuwarden.

In Fig. 3A is de oorspronkelijke grondwaterstandsreeks afgebeeld (in tegenstelling tot Fig. 2 op maandelijkse basis). De reeks bevat een seizoensfluctuatie die voor een groot deel te wijten is aan variaties in het neerslagoverschot tussen zomer en winter, maar ook over verschillende jaren. In Fig. 3B is het deel van de reeks afgebeeld dat verklaard kan worden vanuit variaties in het neerslagoverschot. Het transfermodel van het neerslagoverschot heeft een vertraging ingebouwd gekregen: het blijkt dat de grondwaterstanden in de omgeving van Terwisscha vertraagd reageren op neerslag. De grondwaterstand loopt gemiddeld 4 maanden achter op het neerslagoverschot.

Trekken we nu Fig. 3B af van de oorspronkelijke reeks (Fig. 3A) dan houden we de componenten van de grondwaterstandsreeks over die niet worden bepaald door het neerslagoverschot. Dit is afgebeeld in Fig. 3C (in feite $C = A - B$). In deze reeks zien we een duidelijke neerwaartse trend. Met name in de jaren 1980 tot 1982 duikt de grondwaterstand naar beneden. Deze trend blijkt voor een groot deel te wijten aan de toename van de onttrekking te Terwisscha, zoals blijkt uit Fig. 3D. Fig. 3D toont het deel van de grondwaterstandsreeks dat wordt verklaard door de onttrekking. De schaal op de Y-as verdient nog enige verklaring: op die schaal staat de totale verlaging (in cm.) als gevolg van de winning, behorend bij het debiet dat op dat moment op de X-as wordt onttrokken. Dat de reeks in 1971 begint met een verlaging van ca. 60 cm komt doordat de onttrekking toen al $\pm 3,2$ miljoen m³/jr bedroeg. In de gemodelleerde periode 1971-1989 neemt de verlaging dus toe van 60 cm. naar gemiddeld 1.20 m.



Figuur 3. Opsplitsing van de grondwaterstandsreeks (A) van put 11H P21 01 in componenten ten gevolge van het neerslagoverschot (B) en de onttrekking (D) zoals bepaald met het transfer-ruismodel.

Indien we nu Fig. 3D aftrekken van Fig. 3C dan houden we de zogenaamde residu reeks over, ook wel de ruis component genoemd. Deze reeks vertoont geen trend meer en geen seizoensfluctuatie, maar wel allerlei kleinere en grotere hobbels, die niet zijn te verklaren vanuit het neerslagoverschot en de onttrekking.

Op grond van het transfer-ruis model wordt voor een debiet van 6,0 miljoen m³/jaar een verlaging bepaald ter plaatse van put 11H P21 van 1.2 m $\pm$ 0.4 m. Het getal 0.4 m wordt het betrouwbaarheidsinterval genoemd en kan als volgt worden geïnterpreteerd: de kans dat de verlaging kleiner is dan 120 - 40 = 80 cm bedraagt 2,5%, de kans dat de verlaging groter is dan 1.6 m bedraagt eveneens 2,5 %.

2.5 Vergelijking tussen de TCGB en TNO methoden

In tegenstelling tot de methode die de TCGB heeft gevolgd wordt bij tijdreeksanalyse het neerslagoverschot expliciet als een van de verklarende factoren voor de grondwaterstand meegenomen. Bovendien worden ook fluctuaties van de onttrekkingsdebiet met een periode kleiner dan een jaar meegewogen in het bepalen van de verlaging. De consequenties hiervan zullen hier worden besproken aan de hand van het gebruikte voorbeeld.

Uit Fig. 3A is niet op het eerste gezicht te zien dat er een aanzienlijke verlaging plaats vindt in de getoonde periode 1971-1989. Dit komt omdat het neerslagoverschot duidelijke trends en fluctuaties blijkt te vertonen die de component van de onttrekking versluieren (reeks B). In het neerslagoverschot is na het extreem droge jaar 1976 bijvoorbeeld een opwaartse trend zichtbaar tot ca. 1981. Deze trend versluiert de onttrekkingssprong van 1979-1982. Corrigeren we reeks A voor het neerslagoverschot dan blijkt de onttrekkingssprong weer duidelijk (reeks C).

Ook kortdurende variaties in de onttrekking zelf worden gebruikt als informatiebron: in 1986 bijvoorbeeld werd in de zomer meer onttrokken, hetgeen een extra dip gaf in de grondwaterstandsreeks, zoals in reeks C zichtbaar is.

Kijken we nu met andere ogen naar reeks A dan valt op dat het ver wegzakken van de grondwaterstand in de zomer na 1976 nog 3 keer wordt herhaald (1982, 1986 en 1989). Dit wegzakken kan niet worden geweten aan meteorologische oorzaken (reeks B), maar is een rechtstreeks gevolg van de toegenomen winning.

In tegenstelling tot TNO meent de TCGB uit de grondwaterstandsreeks direct de verlaging te kunnen bepalen door de gemiddelde grondwaterstand over vier driejarige perioden met elkaar te vergelijken.

Een eerste blik op Fig. 2 leert echter dat periode 2. (1962-1964) ongelukkig gekozen is. De grondwaterstand is in deze periode gemiddeld lager dan in de omliggende jaren, en dat terwijl tussen 1961 en 1966 geen significante verandering van de onttrekking heeft plaatsgevonden. Het is duidelijk dat de weersgesteldheid hier een niet te onderschatten invloed heeft.

Over de invloed van de weersgesteldheid wordt in het TCGB rapport het volgende opgemerkt (blz. 29):

'Door een opeenvolging van een aantal relatief natte of droge jaren kan de grondwaterstand gedurende een langere periode op een hoger respectievelijk lager niveau dan gemiddeld fluctueren. De grootte van deze afwijking is afhankelijk van de bodemgesteldheid, de gemiddelde grondwaterstandsdiepte en de waterhuishoudkundige situatie en kan dientengevolge van plaats tot plaats verschillen. Om praktische redenen is bij het onderhavige onderzoek geen rekening gehouden met deze meteorologische verlagingen en/of stijgingen van de gemiddelde grondwaterstand.'

De consequentie van deze werkwijze is dat de verlaging van 66 cm. die in put 11H P21 werd 'waargenomen' de werkelijke verlaging schromelijk onderschat.

3. RESULTATEN

3.1 Inleiding

De tijdreeksanalyse zoals die in 1991 is uitgevoerd, is in het kader van dit onderzoek opnieuw tegen het licht gehouden. Nagegaan is of de tijdreeksmodellen nog te verbeteren viel, of dat er onnauwkeurigheden in geslopen zijn.

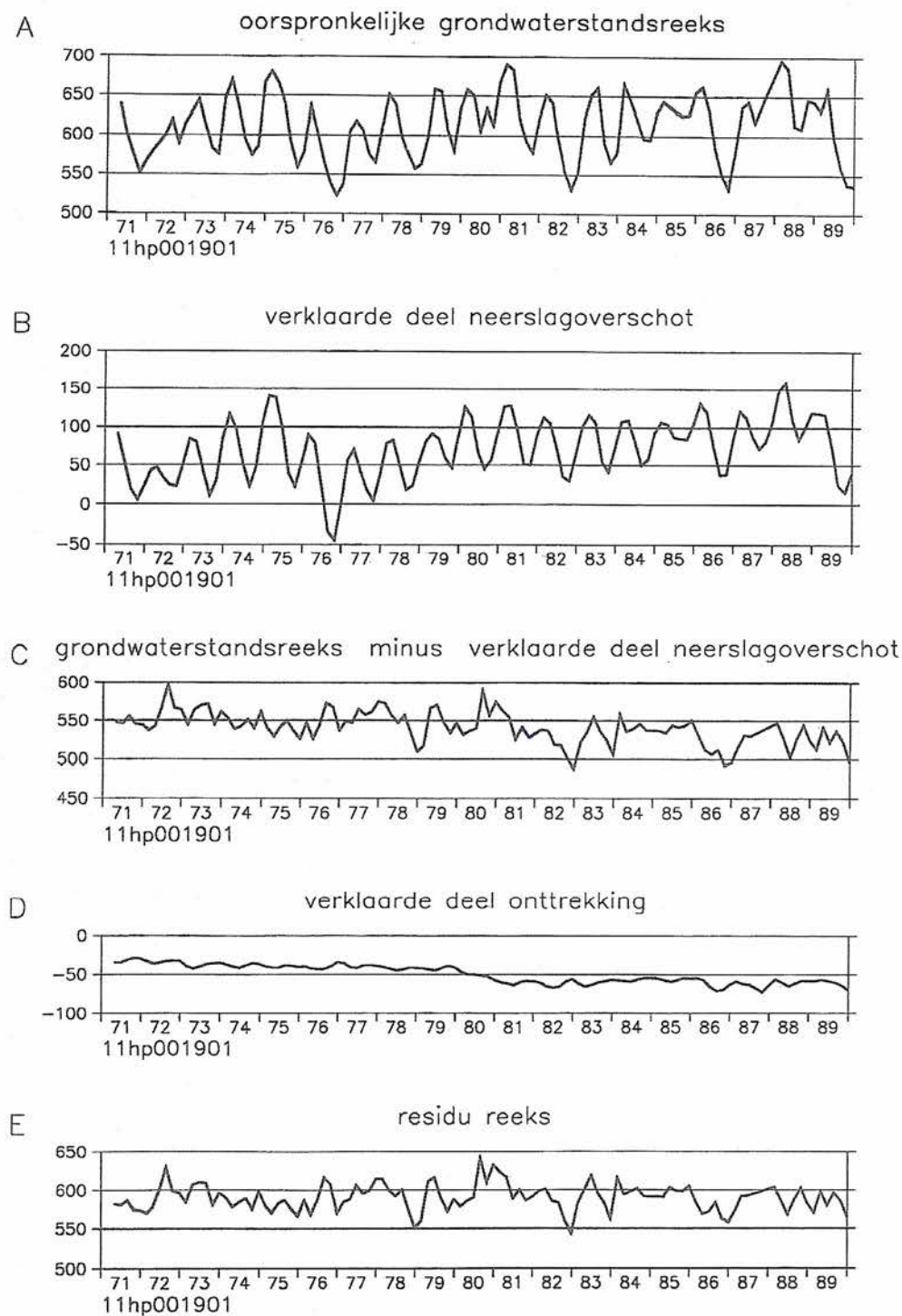
In dit hoofdstuk is de aandacht gericht op het vaststellen van de verlaging in de putten 11H P16, P19 en P21. In paragraaf 3.2 wordt getoond hoe de tijdreeksen zijn ontleed in een neerslagcomponent, een onttrekkingscomponent en een ruiscomponent. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de wijze hoe vanuit deze puntverlagingen een ruimtelijk coherent beeld valt te vervaardigen. Per paragraaf worden de resultaten van de TCGB en TNO vergeleken.

3.2 Verlagingen per put

Van elk van de drie putten zijn reeksen van twee filters geanalyseerd. Bij de putten P21 en P19 gaat het om een filter op ± 5 m diepte (filter 01) en een filter op 88 resp. 84 m diepte (filter 04). De grondwaterstandsreeksen uit het ondiepe filter en het diepe filter zijn voor beide putten vrijwel op elkaar te leggen. De amplitude, vorm en hoogte van de grondwaterstandsreeks is nagenoeg identiek. Dit houdt verband met de homogene opbouw van de ondergrond, waardoor grondwaterstandsfluctuaties op geringe diepte direct doorwerken naar grotere diepten en andersom. Een verlaging van de grondwaterstand in het winningspakket als gevolg van de onttrekking werkt derhalve direct door naar de ondiepe grondwaterstand. Dit feit wordt door alle voorgaande onderzoeken bevestigd.

Van put P16 is een filter op 16 m diepte (filter 01) en een filter op 188 m diepte geanalyseerd. De grondwaterstand in het ondiepe filter beweegt zich op een 10-20 cm hoger niveau dan de grondwaterstand in het diepe filter. De vorm en amplitude van beide reeksen is echter nagenoeg identiek. Aangenomen wordt derhalve dat ook ter plaatse van put P16 een eventuele verlaging in het winningspakket direct doorwerkt naar de ondiepe grondwaterstand. Uit de resultaten van het onderzoek uit 1991 was al gebleken dat de transfer-ruis modellen van de diepe en ondiepe reeksen vrijwel gelijk waren. Vanwege de grote overeenkomst tussen de reeksen van het ondiepe en diepe filter wordt in het vervolg alleen de tijdreeksanalyse van het ondiepe filter besproken.

In het algemeen hebben de tijdreeksmodellen van Terwisscha een vrij ruim betrouwbaarheidsinterval. Een nauwere betrouwbaarheidsband is naar verwachting alleen te bereiken door met langere reeksen te werken. Van de onttrekkingsreeksen waren bij TNO echter geen maandelijkse data aanwezig van de perioden 1960-1971 en 1990-1994.



Figuur 4. Opsplitsing van de grondwaterstandsreeks van put 11H P19 01 in componenten ten gevolge van het neerslagoverschot (B) en de onttrekking (D) zoals bepaald met het transfer-ruismodel.

3.2.1 Put P21

De ontleding van de grondwaterstandsreeks in componenten is reeds in het vorige hoofdstuk besproken. Voor put P21 werd een verlaging gevonden van $1,2 \pm 0,4$ m bij een stationaire onttrekking van 6,0 miljoen m^3/jr .

3.2.2 Put P19

De ontleding in componenten van put P19, filter 01, is weergegeven in Fig. 4. Op het eerste gezicht is uit de oorspronkelijke reeks geen duidelijke verlaging af te leiden voor de periode 1971-1989. Wel valt direct op dat de grondwaterstand in de jaren 1982, 1986 en 1989 even ver wegzakt als in het extreem droge jaar 1976. Het extreem droge jaar 1976 is wel direct uit de neerslagoverschotreks af te leiden. Wordt de neerslagoverschotcomponent van de oorspronkelijke reeks afgetrokken dan wordt duidelijk dat de grondwaterstand zich in de periode 1971-1978 op een hoger niveau bevond dan in de jaren 1982-1989. Over de gemodelleerde periode wordt een verlaging van 32 ± 21 cm vastgesteld. Vertaald naar een onttrekkingsgrootte van 6,0 miljoen m^3/jr bedraagt de verlaging 60 ± 40 cm.

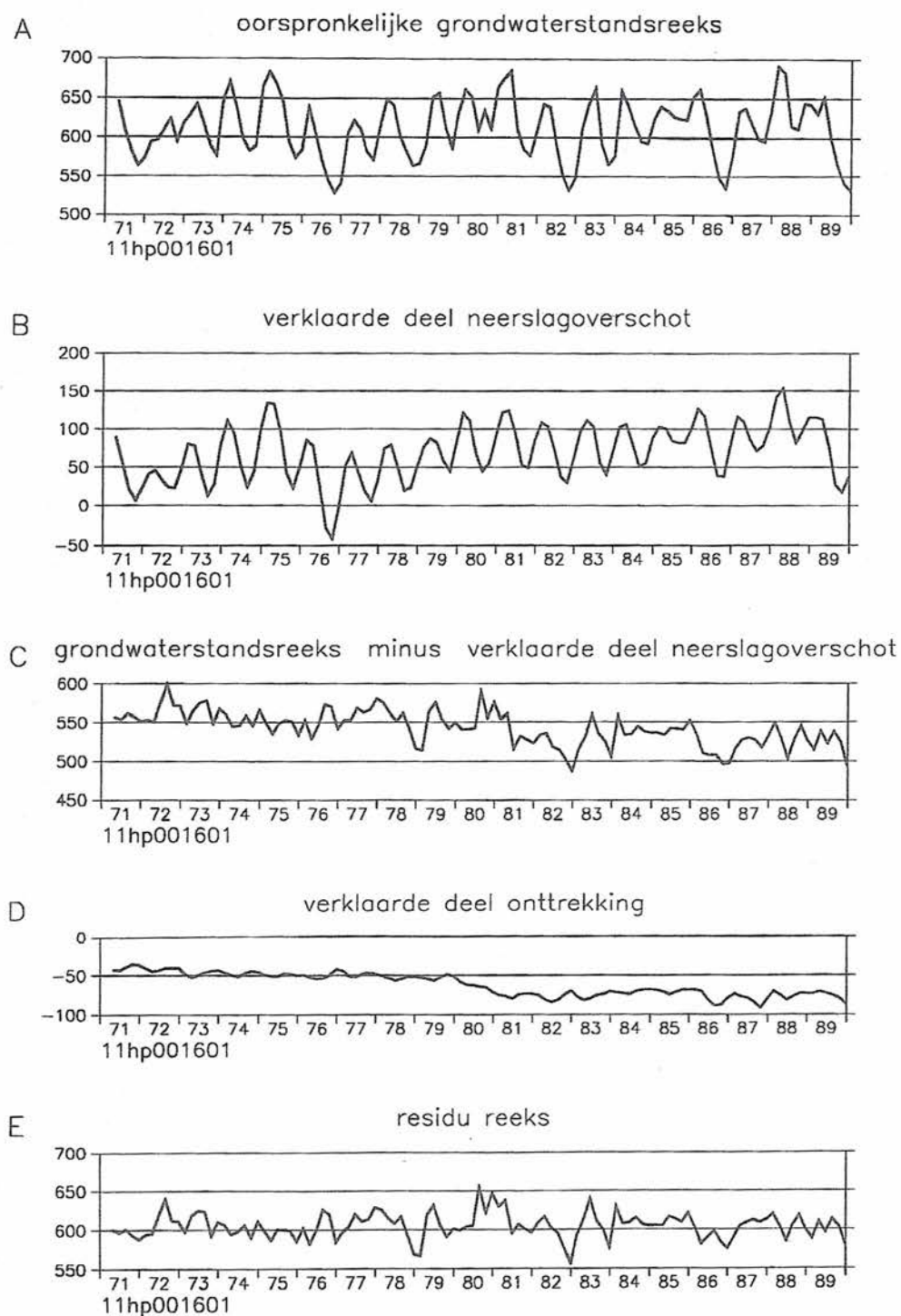
In de residureeks is geen trend of seizoensmatige fluctuatie meer te herkennen. Ook een eventueel effect van de aanleg van de zandwinplas is hieruit niet af te leiden.

Bij nadere bestudering van de tijdreeksmodellen bleek dat in het rapport uit 1991 ten onrechte is vermeld dat in het diepe filter van P19 geen verlaging kon worden vastgesteld. De verlaging in het diepe filter bedraagt evenals in het ondiepe filter 60 ± 40 cm.

In het TCGB rapport wordt over put P19 het volgende opgemerkt (blz. 26):

' Wordt echter het verloop van de daling in beschouwing genomen dan blijkt dat de daling aanvankelijk weliswaar enig verband vertoont met de grootte van de onttrekking, doch vanaf het midden van de zeventiger jaren ontbreekt dit verband nagenoeg volledig. Ondanks het feit dat de onttrekking thans bijna twee keer zo groot is, is de daling in vergelijking met op afstand gelegen onbeïnvloede peilbuizen sindsdien niet of nauwelijks toegenomen. Op grond hiervan moet thans worden geconcludeerd dat de verlaging in deze peilbuis niet of slechts in beperkte mate veroorzaakt is door de wateronttrekking op de winplaats Terwisscha.'

Uit de ontleding in componenten is inmiddels gebleken dat het moeilijk is om de verlaging sinds het midden der jaren zeventig waar te nemen, omdat de geleidelijke toename van het neerslagoverschot in diezelfde periode een sterk versluierende invloed heeft. Verdisconteren we dit effect dan blijkt dus wel degelijk een verlaging te constateren. Die verlaging heeft o.a. tot gevolg dat de grondwaterstand in een droge zomer verder wegzakt dan gebruikelijk, hetgeen ongetwijfeld tot toename van schade aan gewassen leidt.



Figuur 5. Opsplitsing van de grondwaterstandsreeks van put 11H P16 01 in componenten ten gevolge van het neerslagoverschot (B) en de onttrekking (D) zoals bepaald met het transfer-ruismodel.

3.2.3 Put P16

Fig. 5 toont de ontleding in componenten van reeks 11H P16 filter 01. Ook in deze put is na correctie voor het neerslagoverschot een duidelijke daling afleesbaar (reeks C). Deze daling kan voor geheel worden verklaard uit een toename in de onttrekking te Terwisscha. In de residureeks is immers geen trend meer zichtbaar. Voor de gemodelleerde periode is een verlaging van 40 ± 21 cm vast te stellen. Vertaald naar een onttrekkingsgrootte van 6,0 miljoen m³/jr bedraagt de verlaging 75 ± 40 cm. Ook bij put P16 is het diep wegzakken van de grondwaterstand in droge zomers zichtbaar.

3.2.4 Vergelijking met de resultaten van de TCGB

In tabel 1 zijn de resultaten van de tijdreeksanalyse en het TCGB onderzoek naast elkaar gezet. De door de TCGB bepaalde verlagingen bevinden zich in de buurt van de ondergrens van de betrouwbaarheidsrange uit de tijdreeksmodellen. Volgens TNO is de kans dat de verlaging werkelijk zo gering is slechts 2,5 % of minder.

Tabel 1: Vergelijking van de verlaging zoals bepaald door de TCGB en TNO voor de putten P16, P19 en P21 bij een onttrekkingsgrootte van 6,0 miljoen m³/jr

	TCGB (cm)	TNO (cm)
Put 11H P16 01	39	75 ± 40
Put 11H P19 01	22	60 ± 40
Put 11H P21 01	68	120 ± 40

Het verschil in uitkomsten tussen de TCGB en TNO methoden moet voor een groot deel worden toegeschreven aan de correctie die TNO uitvoert voor het effect van het neerslagoverschot. Wij menen in het voorafgaande afdoende te hebben aangetoond dat zulks essentieel is.

De TCGB meent dat de door TNO bepaalde verlagingen te groot zijn omdat:

'Worden de door TNO berekende verlagingen geplaatst boven de gemeten grondwaterstand in de tachtiger jaren, dan blijkt dit te resulteren in "onbeïnvloede" grondwaterstanden en stijghoogten die gemiddeld 40 cm hoger liggen dan de grondwaterstanden in de tweede helft van de extreem natte zestiger jaren. Dit is zeer onwaarschijnlijk'

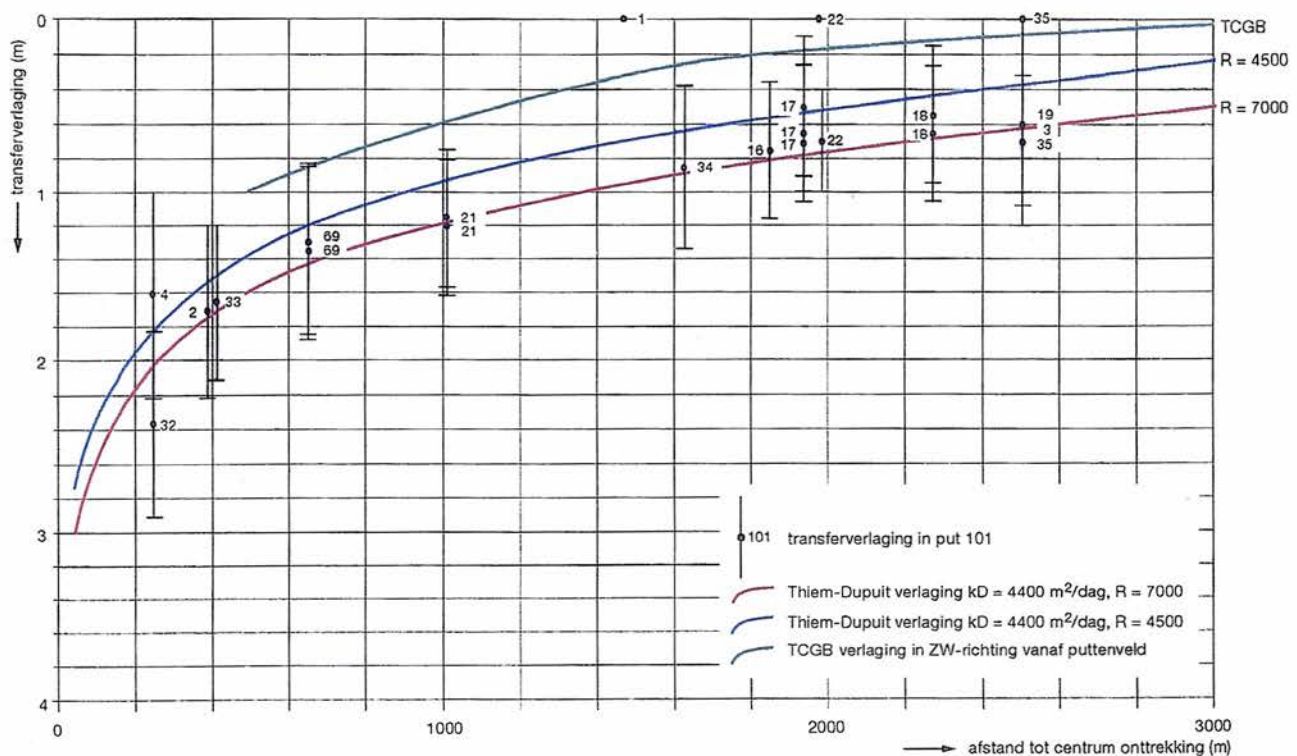
Deze bevinding wordt niet gedeeld door TNO. Ten eerste denken wij niet dat het mogelijk is om met gemiddelde grondwaterstanden de zestiger en tachtiger jaren te karakteriseren. Ten tweede hebben wij de indruk dat de TCGB bij bovenstaande berekening ten onrechte gerekend heeft met de totale verlaging bij een winning van 6,0 miljoen m³/jr, terwijl ook aan het eind van de zestiger jaren reeds het nodige werd onttrokken. In die periode nam de onttrekking namelijk toe van 400.000 naar 2.600.000 m³/jr.

3.3 Ruimtelijk verlaging beeld

In het TNO rapport uit 1991 is de gevonden verlaging in de verschillende waarnemingsputten uitgezet tegen de afstand tot de winning. Hieruit blijkt een duidelijk verband tussen de verlaging en de afstand tot de winning.

Naar aanleiding van de huidige studie moeten in deze grafiek 2 wijzigingen worden doorgevoerd. Ten onrechte was voor put P19, filter 4 aangegeven dat geen verlaging kon worden aangetoond; in werkelijkheid is de verlaging gelijk aan die in het ondiepe filter. De tweede verandering is dat bij nadere bestudering van de tijdreeksmodellen bleek dat ook in put P22 verlagingen konden worden aangetoond. Deze put ligt 1,3 km ten noorden van de percelen van dhr. Weinans in het gebied waar volgens de RGD potklei voorkomt (Fig. 1). In het filter onder de potklei wordt een verlaging van 70 ± 30 cm gevonden, in het filter boven de potklei een verlaging van 35 ± 35 cm. Deze laatste verlaging is dus niet significant. Dat de verlaging in het watervoerend pakket onder de potklei doorzet is niet verwonderlijk. Evenmin is het verwonderlijk dat deze verlaging onder de potklei niet of nauwelijks naar boven wordt doorgegeven. De observaties passen derhalve in het beeld van de verlaging zoals dat reeds bestond.

Figuur 6 toont de bewuste figuur nogmaals, waarin de veranderingen zijn aangebracht. In de figuur zijn 2 lijnen weergegeven die de verlaging weergegeven zoals die is gebaseerd op een analytische berekening met behulp van de vergelijking van Thiem-Dupuit. De aannamen achter het gebruik van deze vergelijkingen zijn in het eerdere TNO rapport beschreven. De blauwe lijn beschrijft de verlaging als een voedende rand op 4500 m afstand van de winning wordt aangenomen. Dit is de benadering die IWACO in 1980 als beste benadering aangaf. Deze benadering komt vrijwel overeen met de benadering van de RID in 1955, voor het geval met een voedende rand op 4000 m. Op basis van de gevonden transferverlagingen en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen is in 1991 geconstateerd dat deze benadering de werkelijke verlagingen waarschijnlijk onderschat. De benadering die de gegevens het beste fit wordt verkregen bij een voedende rand op 7000 m (rode lijn). Vanwege de breedte van de



Figuur 6. Transferverging ten gevolge van de winning Terwisscha als functie van de afstand tot het centrum van de winning. Debiet = 6 mln m³/jaar

betrouwbaarheidsintervallen kan het model met $R=4500$ in echter niet worden afgewezen. De blauwe lijn loopt immers nog binnen de betrouwbaarheidsband van de meeste waarnemingen.

Als derde lijn (groen) zijn ook de verlagingen aangegeven die de TCGB heeft berekend. Deze lijn geeft de vorm van de verlagingkegel weer, gezien in zuidwestelijke richting vanuit het puttenveld. Duidelijk is dat deze lijn de waarnemingen in de observatieputten niet ondersteunt. Aan de verlagingkegel die de TCGB ligt, in tegenstelling tot alle andere onderzoeken, geen andere informatie ten grondslag dan de berekende verlagingen in de putten. De verlagingkegel heeft naar de mening van de auteur derhalve een speculatief karakter, aangezien onduidelijk is welke geohydrologische parameters en constanten de vorm en grootte van de kegel bepalen.

Opvallend is dat de door de TCGB gevonden verlagingen in de putten in de omgeving van het bedrijf van dhr. Weinans niet zijn terug te vinden in de contouren van de verlagingkegel. Zo bevindt put P16 zich op de 10 cm verlaging contour, terwijl een verlaging van 38 cm in de put was vastgesteld door de TCGB bij een debiet van 5,8 miljoen m³/jr. Put 19 ligt op dezelfde contour. Aldaar was 21 cm verlaging vastgesteld.

3.4 Consequenties voor de schadeberekening

Voor zover uit het TCGB rapport kan worden nagegaan is de verlagingkegel uit figuur 6 van het TCGB rapport als basis gebruikt voor de schadeberekeningen. De indruk bestaat dat daarvoor alleen de informatie uit het contourenpatroon is gebruikt uit de bewuste figuur. Dit leidt tot een grote onderschatting van de verlaging van de grondwaterstand op de percelen van dhr. Weinans, aangezien het contourenpatroon en de door de TCGB vastgestelde verlagingen in de waarnemingsputten in de omgeving van het bedrijf niet met elkaar stroken.

De percelen van dhr. Weinans zijn gelegen tussen 1300 en 2000 meter afstand van het puttenveld. Volgens de door TNO uitgevoerde tijdreeksanalyse treden in dit gebied verlagingen van de grondwaterstand op tussen 105 ± 40 en 70 ± 40 cm bij een onttrekkingsdebiet van 6,0 miljoen m^3/jr . In put P16 die direct grenst aan de noordwestzijde van de percelen is een verlaging van 75 ± 40 cm aangetoond.

Deze gegevens zijn ons inziens in onvoldoende mate betrokken in de schadeberekeningen.

De berekening van opbrengstdepressie en de schadeberekening zijn gebaseerd op de door de TCGB vastgestelde verlagingen op de afzonderlijke percelen.

In tabel 2 wordt voor elk van de onderscheiden percelen de verlaging vergeleken, zoals die is bepaald door de TCGB, IWACO en TNO. De verlagingen gelden voor een stationaire onttrekking van 7,5 miljoen m^3/jr . De TCGB verlagingen zijn gebaseerd op het geschetste contourenpatroon (Fig. 6 van het TCGB rapport) en ook vermeld in bijlage 5 van dat rapport. De verlagingen in kolommen II en III zijn gebaseerd op Figuur 6 uit het onderhavige rapport, omgerekend naar het debiet van 7,5 miljoen m^3/jr . Kolom II bevat de verlagingen zoals die horen bij de analytische berekening van IWACO, met een voedende rand op 4500 m afstand van het puttenveld, de blauwe lijn in Figuur 6. Kolom III bevat de meest waarschijnlijke verlaging zoals die kan worden afgeleid uit de tijdreeksanalyse die TNO heeft uitgevoerd, de rode lijn in Figuur 6.

Tabel 2: Vergelijking van de verlagingen (cm) op de percelen van dhr. Weinans bij een debiet van 7,5 miljoen m³/jr

Perceelnr	afstand tot puttenveld (m)	TCGB (1994)	IWACO (1980)	TNO (1991,1995)
105 A	1700	13	75	108
105 B	1650	26	81	111
105 C	1550	39	85	115
105 D	1500	46	88	119
106	1825	26	71	101
107 A	1825	26	71	101
107 B	1650	39	81	111
108	1400	52	90	124

4. CONCLUSIES

In tegenstelling tot de methode die de TCGB heeft gevolgd wordt bij tijdreeksanalyse het neerslagoverschot expliciet als één van de verklarende factoren voor de grondwaterstand meegenomen. De TCGB meent daarentegen uit de grondwaterstandsreeks direct de verlaging te kunnen bepalen door de gemiddelde grondwaterstand over vier driejarige perioden met elkaar te vergelijken. Vanwege dit verschil in benadering onderschat de TCGB de verlaging van de grondwaterstand ter plaatse van het bedrijf van de heer Weinans.

Bovendien bestaat de indruk dat bij de schadeberekeningen ten onrechte is uitgegaan van een geschetst contourenpatroon van de verlagingskegel dat de verlaging in waarnemingsputten in de omgeving van het bedrijf in onvoldoende mate representeert.

5. LITERATUUR

Broers, H.P., Lourens, A. en Geer, F.C. van, (1991).

Optimalisatie van de grondwaterstandsmetnetten rond de pompstations in Friesland.

Instituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO, rapportnr. OS 91-22-A.

Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven, TCGB (1994)

Schadeonderzoek Wateronttrekking Ooststellingwerf (Terwisscha).

Rapport GW 307S / GW 2032 / GTT, juli 1994.

Geer, F.C. van, (1987)

Inrichting van grondwaterstandsmetnetten rond pompstations. fase I: Evaluatie van bestaande meetnetten.

Dienst Grondwaterverkenning TNO, rapport OS 87-39

IWACO (1980)

Geohydrologisch onderzoek naar de invloed van de grondwaterwinning op de grondwaterstanden ten gevolge van de huidige en uit te breiden winning van het pompstation Terwisscha. Rapport 547.

