

**VERDROGING VAN
NATUUR EN LANDSCHAP
IN NEDERLAND
- beschrijving en analyse -**

DEELRAPPORT HYDROLOGIE

A.R. van Amstel
A.C. Garritsen
H.L.M. Rolf

Februari 1989

In opdracht van:

Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Ministerie van Landbouw en Visserij
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en
Milieubeheer

VOORWOORD

Dit rapport vormt een onderdeel van de rapportage van het onderzoek "Verdroging in Nederland, beschrijving en analyse". Zoals aangegeven in het hoofdrapport wordt binnen het onderzoek gebruik gemaakt van zowel ecologische als hydrologische informatie om de aarde en de omvang van het verdrogingsprobleem vast te stellen. In dit deelrapport wordt ingegaan op de wijze waarop hydrologische informatie is verzameld en geïnterpreteerd.

Het hydrologisch onderzoek is uitgevoerd door het IvM/VU (A.R. van Amstel en A.C. Garritsen) en DGV/TNO (H.L.M. Rolf).

De onderzoekers willen bij deze in de eerste plaats de leden van de begeleidingscommissie (de Inter(departementale Werk)groep Verdroging) bedanken en voorts allen die een bijdrage hebben geleverd aan het onderzoek.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord

Inhoudsopgave

1 Inleiding

2 Informatie uit COLN-kaarten en Gt-kaarten

- 2.1 Inleiding
- 2.2 Effecten in slecht gedocumenteerde natuurelementen
- 2.3 Doel van dit onderzoek
- 2.4 Beperkingen
- 2.5 Methode
- 2.6 Uitwerking van de methode
- 2.7 Foutendiscussie
- 2.8 Resultaten
 - 2.8.1 Kaartbladen
 - 2.8.2 Natuurterreinen
- 2.9 Conclusies
- 2.10 Literatuur

Bijlage 2A: Kaartbladen

3 Informatie uit tijdreeksen van grondwaterstanden

- 3.1 Onderbouwing periodekeuze bij de hydrologische analyse van grondwaterstandsdeling
 - 3.1.1 Inleiding
 - 3.1.2 Periodelengte
 - 3.1.3 Periodeligging
 - 3.1.4 Slotopmerkingen
- 3.2 Inventarisatie en evaluatie van stijghoogtegegevens rond 100 natuurterreinen in Nederland
 - 3.2.1 Inleiding
 - 3.2.2 Methode
 - 3.2.3 Resultaten
- 3.3 Daling van de grondwaterstijghoogte in een aantal hooggelegen gebieden in Nederland
 - 3.3.1 Inleiding
 - 3.3.2 Methode
 - 3.3.3 Resultaten
 - 3.3.4 Conclusies
- 3.4 Literatuur

Bijlagen:

- 3A Grafieken met jaarkenmerken van de geselecteerde tijdreeksen.
- 3B Technische gegevens van de geselecteerde buizen.

1 INLEIDING

Het hydrologisch deel van het verdrogingsonderzoek is gericht geweest op de veranderingen in grondwaterstanden en -stijghoogten als een verklarend element in de analyse van verdrogingsverschijnselen van standplaatstypen. Daarmee kan een schakel worden gelegd naar de oorzaken van verdroging, namelijk ingrepen in de (grond)waterhuishouding. Dit wordt toegelicht in figuur 1.1.

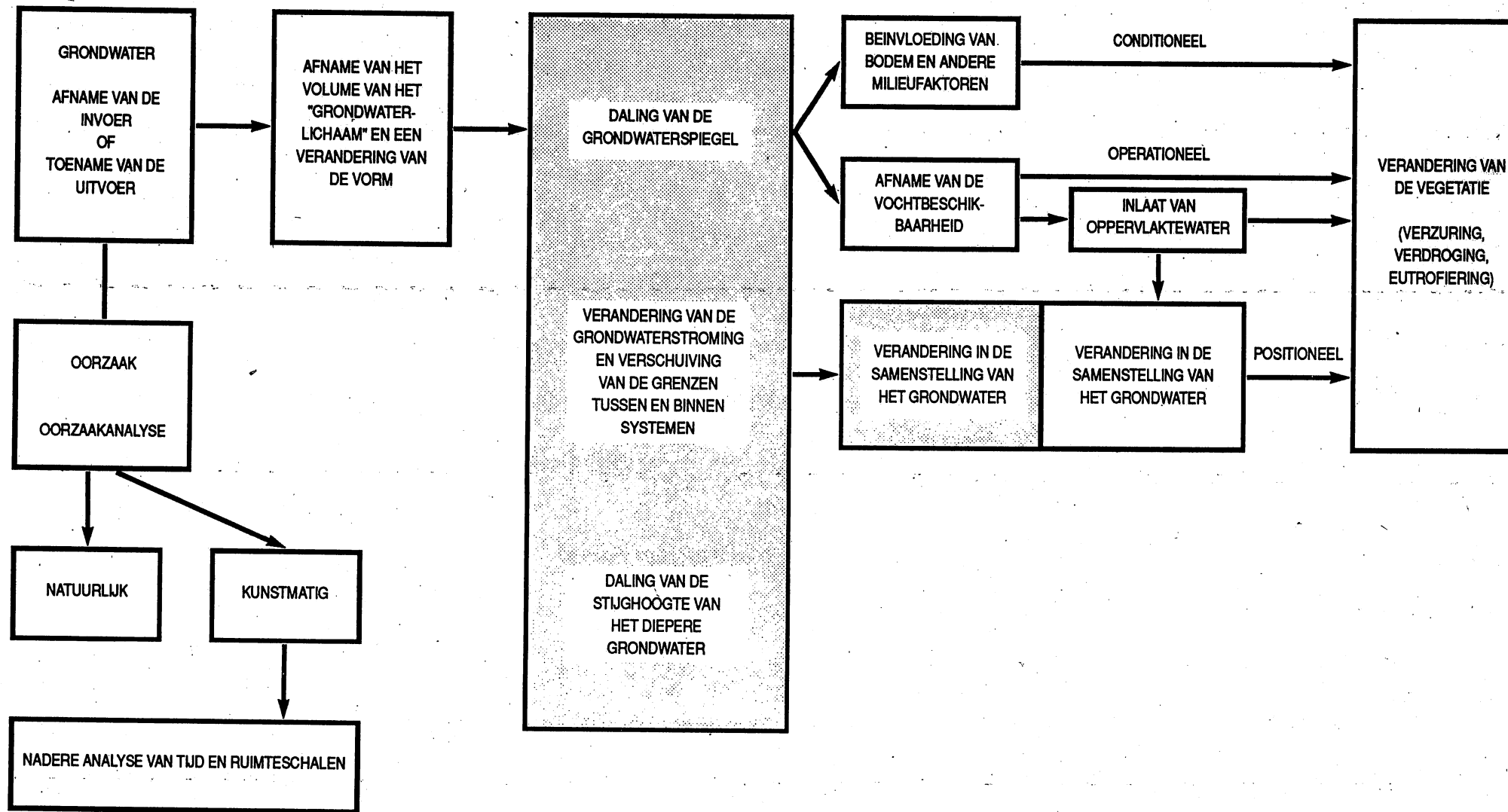
Voor de inschatting van de mate van verdroging is op twee manieren hydrologische informatie verzameld. Ten eerste is informatie uit de literatuur en uit interviews in de protocollen opgenomen (zie technisch rapport deel A: Ecologie). Ten tweede zijn uit het Archief van Grondwaterstanden (Dienst Grondwaterverkenning TNO) peilbuizen geselecteerd voor 63 relatief goed gedocumenteerde "voorbeeld"terreinen. Vervolgens zijn de meetreeksen van deze peilbuizen geïnterpreteerd (paragraaf 3.2).

Voor de verdroging van natuurelementen in het cultuurlandschap is, naast de informatie die in de gebiedsprotocollen is opgenomen, een vergelijking uitgevoerd tussen kaarten van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN, 1958) en recente grondwatertrappenkaarten van de Stiboka (Stichting voor Bodemkartering) (zie hoofdstuk 2).

Daarnaast is een analyse van de veranderingen in de grondwaterstijghoogten in relatief hooggelegen gebieden uitgevoerd. Voor deze "hoge punten analyse" zijn 68 peilbuizen geselecteerd en de meetreeksen daarvan geanalyseerd (paragraaf 3.3).

In paragraaf 3.1 wordt een onderbouwing gegeven van de periodekeuze bij de analyse van tijdreeksen van grondwaterstanden.

Figuur 1.1 Oorzaak-gevolg relaties en hydrologische kenmerken van verdroging.



2 INFORMATIE UIT COLN-KAARTEN EN GT-KAARTEN

2.1 Inleiding

De daling van de grondwaterstand kan op verschillende manieren bestudeerd worden. De daling op een bepaald punt kan berekend worden op basis van een meetreeks van standen in een peilbuis. Daarnaast kan, zoals in de voorliggende studie een daling over een geheel gebied worden geschat op basis van een vergelijking van kaartmateriaal van de grondwaterstandsdiepte. Dit kaartmateriaal is een resultaat van extrapolatie van puntmetingen op basis van extra informatie over bodemopbouw, geomorfologie en topografie.

In de studie naar de omvang en de ernst van verdroging in natuurgebieden, bossen en natuurelementen in het cultuurlandschap in Nederland is naast ecologisch onderzoek, de daling van de grondwaterstand sinds ca. 1950 onderzocht.

De daling is in dit verband van belang geacht voorzover deze effecten heeft gehad op de natuurlijke vegetatie en de soortensamenstelling van oorspronkelijk natte of vochtige standplaatsen binnen natuurterreinen en bossen en natuurelementen in het agrarisch cultuurlandschap.

Een daling van de grondwaterstand in het agrarisch gebied als geheel is geen onderwerp van deze studie. Deze daling is veelal een gevolg van doelbewust ingrijpen van de mens in de landbouwwaterhuishouding. Als echter natuurelementen verloren zijn gegaan als gevolg van de landbouwkundige verbetering van de waterhuishouding, dan zijn deze wel onderwerp van studie.

In een deelonderzoek is een vergelijking gemaakt van kaarten met grondwaterstanden rond 1950 met meer recente kaarten. Van dit deelonderzoek wordt hier verslag gedaan.

2.2 Effecten in slecht gedocumenteerde natuurelementen

Een daling van de grondwaterstand op een bepaalde, van oorsprong natte of vochtige plaats en het effect op de vegetatie is beter gedocumenteerd naarmate deze plaats vroegtijdig een status heeft verworven als natuurterrein. Zo zijn de natuurterreinen van Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer in dit opzicht het best gedocumenteerd, en beter naarmate de aankoopdatum verder teruggaat in de tijd.

Natuurelementen in het agrarisch gebied, evenals bouselementen hebben vaak geen status als natuurreservaat verworven. Dit betekent dat veranderingen in de tijd in de vegetatie en de waterhuishouding daar zeer slecht of in het geheel niet gedocumenteerd zijn. Het is bijvoorbeeld zeer wel denkbaar dat de ondergroei van vele van oorsprong natte en vochtige houtsingels en van vele broekbosjes en rabattenbosjes sinds 1950 drastisch veranderd is als gevolg van een landbouwkundige verbetering van de waterhuishouding. Naast het feit dat de veranderingen in de ondergroei slecht gedocumenteerd zijn, is fberhaupt onbekend welke bij benadering de omvang is van de verdroging van deze elementen in het agrarisch landschap. Aan de ene kant is onvoldoende bekend wat het oppervlak

van deze elementen was rond 1950, aan de andere kant is onbekend welke agrarische landschappen met veel van deze elementen sinds 1950 verdroogd zijn.

2.3 Doel van dit onderzoek

Om nu te kunnen nagaan in welke agrarische gebieden verdroging van natuurelementen en boselementen sinds 1950 kan hebben plaatsgevonden is besloten om ondermeer een vergelijking te maken van de grondwaterdiepte in de periode 1953-1958, zoals deze gekarteerd zijn door de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO (VISSER, 1958. etc.) met de recente grondwatertrappenkaarten van de Stichting voor Bodemkartering.

Deze vergelijking wordt in het vervolg COLN-GT vergelijking genoemd. De daling van het grondwaterpeil die op grond van deze vergelijking wordt geconstateerd is een gemiddelde daling. Lokaal kunnen sterk afwijkende situaties optreden. In en rond zeer vele natte en vochtige natuurterreinen is sinds 1950 een hydrologische buffering tot stand gebracht. Verdroging van natuurterreinen treedt vaak op als deze buffering onvoldoende is, of als het onmogelijk is gebleken om de goede waterkwaliteit in het reservaat te handhaven, doordat kwelwater is afgevangen en oppervlaktewater moet worden ingelaten, welke meestal een andere chemische samenstelling bezit. In het laatste geval is eutrofiëring van het oppervlaktewater in het natuurterrein niet ondenkbaar en een indirect gevolg van verdroging.

2.4 Beperkingen

De COLN-GT vergelijking wordt uitgevoerd om na te gaan op welke plaatsen in Nederland een forse daling van het grondwaterpeil sinds 1950 heeft plaatsgevonden.

Deze vergelijking kan slechts leiden tot een globaal en indicatief resultaat. Ten eerste gezien de schaalverschillen. De COLN kaarten (1958) zijn op een schaal 1:200.000, de grondwatertrappen-kaarten van STIBOKA zijn op een schaal 1:50.000 geïnventariseerd. Een tweede probleem is het verschil in klassenindeling van grondwaterstanden. Een derde probleem is dat beide karteringen langs verschillende methoden tot stand zijn gekomen, waardoor een lichte inconsistentie kan bestaan.

2.5 Methode

Grondwaterstanden vertonen een langjarige fluktuatie afhankelijk van meteorologische omstandigheden en kunnen daarnaast beïnvloed kunnen worden door waterbeheer. Grondwaterstanden vertonen eveneens een seizoensfluktuatie met hogere standen in de winter en het voorjaar en lagere standen in de zomer. Door waterbeheer worden deze fluktuaties vaak afgevlakt.

Bij onderzoek naar de effecten van grondwaterstandsveranderingen op de vegetatie blijkt dat met name een hoge voorjaarsgrondwaterstand van essentieel belang is voor het voorkomen van soorten van natte en vochtige standplaatsen. Een

correlatie van de diepere zomergrondwaterstand met het voorkomen van indicatorsoorten voor vochtige en natte standplaatsen is tot nog toe niet aangetoond (RUNHAAR, 1989).

De voorjaarsgrondwaterstand vertoont een eenvoudig verband met de gemiddeld hoogste grondwaterstand of de wintergrondwaterstand (Van der SLUIJS en de GRUIJTER, 1985). Zowel de COLN-kartering als de GT-kartering biedt de mogelijkheid om de winterdiepte (gemiddeld hoogste grondwaterstand of GHG) en de zomerdiepte (gemiddeld laagste grondwaterstand of GLG) apart te analyseren. Het is daarom besloten om uitsluitend de verlagingen in de GHG sinds ca. 1950 te onderzoeken.

COLN kaarten

De grondwaterstanden op de COLN kaarten zijn gebaseerd op meetgegevens over de jaren 1953 tot 1958 van een meetnet van peilbuizen, verspreid over Nederland. Een selectie van COLN meetpunten vormde mede de start van het Archief van Grondwaterstanden-TNO.

De neerslag over de periode 1953-1958 wordt beschouwd als gemiddeld (zie paragraaf 3.1).

De resultaten van de meetreeksen zijn door de COLN geïnterpreteerd door klassen van grondwaterstanden voor de zomer- en voor de wintersituatie te definiëren. Waarna de klassen van grondwaterstanden door middel van interpolatie tussen meetbuizen op kaart zijn weergegeven. Hulpmiddelen bij de interpolatie waren hoogtekaarten, topografische kaarten, bodemkaarten en een luchtfotointerpretatiekaart van Nederland voor de vochttoestand van de bodem van VON FRYTAG DRABBE (VISSER, 1958).

De totale oppervlakte van de verschillende klassen over Nederland is niet gemeten. Afname van de oppervlakte van natte en vochtige klassen bij vergelijking met de recente oppervlakteverdeling van grondwatertrappen zou op zich een aanwijzing kunnen zijn voor een algehele daling van de grondwaterstand in Nederland.

Grondwatertrappenkaarten

Grondwatertrappenkaarten worden door STIBOKA sinds ca. 1964 uitgegeven op schaal 1 : 50.000. Oorspronkelijk werden de grondwatertrappen bepaald op basis van profielkenmerken van de bodem. Naarmate de profielkenmerken meer af gingen wijken van de actuele grondwaterdiepte als gevolg van ingrepen door de mens ging men nauwkeuriger methoden toepassen voor de bepaling van de actuele grondwatertrappen. Vanaf ca. 1976 worden per kaartblad de meetgegevens van landbouwpeilbuizen gebruikt bij de interpolatie van de grondwaterstanden. Daarbij worden gewone landbouwpeilbuizen en zogenaamde kroonbuizen gebruikt. De laatsten zijn buizen waar tenminste acht jaar achtereen gemeten is op tenminste 24 momenten in het jaar. Bij het karteren worden vervolgens ten tijde van de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand gerichte waarnemingen in boorgaten verricht.

De totale oppervlakte per Gt klasse over Nederland is recent geschat door VAN HOLST (Mond. med. 1988), en is weergegeven in bijgaande tabel:

Tabel 1: Totale oppervlakte in ha. per grondwatertrap voor geheel Nederland.

GT	Oppervlak in ha. in 1988.	%
-	812.686	28.1
I	18.106	0.6
II	239.486	8.3
II*	19.601	0.7
III	257.604	8.9
III*	95.362	3.3
IV	77.736	2.7
V	270.261	9.4
V*	180.355	6.2
VI	478.847	16.6
VII	335.270	11.6
VII*	103.898	3.6
Totaal	2.889.212	100
Nog niet gekarteerd	ca. 700.000	
Nog niet verwerkt	ca. 240.000	

Vergelijking

Als startpunt voor de vergelijking wordt het moment gekozen dat bij de GT karteringen een GT* werd geïntroduceerd als een drogere variant van een GT klasse (bij GT II, III, V en VII). Dit was vanaf ca. 1976. Dit moment is allereerst gekozen om een zekere tijdsspanne te hebben tussen de COLN kaarten en de STIBOKA kaarten. Een tweede argument is dat sinds 1976 grondwatertrappen behalve op grond van profielkenmerken ook bepaald worden op basis van gemiddelde grondwaterstanden van landbouwpeilbuizen.

In tabel 2 is weergegeven om welke kaartbladen van de bodemkaart 1:50.000 het hier gaat. In deze tabel is de opnamedatum en de uitgiftedatum van kaarten aangegeven. Tevens is aangegeven welke kaartbladen herzien zijn ten opzichte van de periode vóór 1976. Voor methodeontwikkeling in verband met herzieningen van grondwatertrappen wordt verwezen naar Van der Sluijs (1982) en Hamming (1983).

Tabel 2: Kaartbladen van de bodem- en grondwatertrappenkaart met uitgiftedatum na 1976.

KAARTBLAD	OPNAME	AFGESLOTEN	UITGIFTE
	Terschelling	1981	1986
	Ameland	1981	1986
	Schiermonnikoog	1981	1986
	Vlieland	1981	1986
	Texel	1982	1986
20/60	Leeuwarden	1978	1981 *
2W/6W	Leeuwarden	1978	1981 *
3Oost	Uithuizen	1984	1987 *
3West	Uithuizen	1984	1987 *
7Oost	Groningen	1979	1985 *
8	Nieuweschans	1980	1985 *
12Oost	Assen	1972	1977
13	Winschoten	1972	1980
18/23	Ter Apel/Nw Schooneb.	1972	1980
17Oost	Emmen	1975	1978
17West	Emmen	1975	1978
190/20W	Alkmaar/Enkhuizen	1983	1987
26Oost	Harderwijk	1978	1982
27Oost	Heerde Herzien	1982	1983
27West	Heerde	1978	1982
28West	Almelo	1980	1983
30	's Gravenhage	1975	1982
34West	Enschede	1978	1979
340/35	Enschede/Glanerbrug	1978	1979
37West	Rotterdam	1981	1983 *
38Oost	Gorinchem	1976	1981
38West	Gorinchem	1981	1984
39Oost	Rhenen	1964	1972/1981
39West	Rhenen	1964	1972/1981
41Oost	Aalten	1981	1982
41West	Aalten	1981	1982
44West	Oosterhout	1983	1987
45Oost	's Hertogenbosch	1972	1976
45West	's Hertogenbosch Herz.	1984	1984
460/W	Vierlingsbeek	1972	1976
48Oost	Middelburg	1982	1987 *
480/540	Middelburg/Terneuzen	1976	1980 *
49Oost	Bergen op Zoom	1977	1982
49West	Bergen op Zoom	1982	1987 *
49W/55	Bergen op Zoom/Hulst	1976	1980 *
50West	Tilburg Herzien	1983	1983
51Oost	Eindhoven	1978	1981
51West	Eindhoven	1981	1984

* Deze kaartbladen zijn niet betrokken in de COLN-GT vergelijking, alle overige wel.

2.6 Uitwerking van de methode

In figuur 1 wordt een samenvatting van de methode weergegeven.

COLN-KAARTEN

GT-KAARTEN

1. GT-klassen samennemen op grond van overeenkomst in GHG.
2. GT-kaarten generaliseren.
3. GT-kaarten verkleinen naar schaal 1:200.000.
4. COLN-kaarten met winterstanden in klassen op schaal 1:200.000.
5. Vergelijking door middel van overlays van 3. op 4.
6. Resultaatkaart met vijf klassen van verlaging van de GHG over de periode 1953-1987, nl.
 - 1= -10 tot 30 cm.
 - 2= -30 cm.
 - 3= -50 cm.
 - 4= >-80 cm.
 - 5= >-100 cm.

Figuur 1: Stroomschema van de COLN - Gt vergelijking

Uitgegaan wordt van de kaartbladen van de grondwatertrappen van STIBOKA. Met behulp van een overlay zijn deze bladen gegeneraliseerd. Voor dit doel zijn de grondwatertrappen op de volgende wijze samengenomen:

	GHG	
1 = GT I	0-20	cm
2 = GT II+II*+III+III*+V+V*	0-40	cm
3 = GT IV+VI	40-80	cm
4 = GT VII+VII*	>80	cm

Het zou denkbaar zijn om de GT* klassen in aparte klassen onder te brengen. Vooral bij analyse van de veranderingen in de GHG kan dit interessant zijn, omdat de GT II*+III*+V* allen een GHG hebben tussen 25 en 40 cm en een verlaging van ca. 20 cm ten opzichte van de COLN klasse 0-20 in de definitie besloten ligt. GT* klassen worden als de landbouwkundig verbeterde variant van de respectievelijke GT klassen beschouwd, met uitzondering van GT VII*. Toch is besloten de GT* klassen niet apart te onderscheiden om de generalisatie van de 1 : 50.000 kaarten niet te bemoeilijken.

De overlays zijn verkleind tot een schaal 1:200.000. Waarna vergelijking plaatsvond met de winterstandenkaart van COLN. Deze vergelijking leverde een kaart op met veranderingen in de winterstanden ten opzichte van de periode 1953-1958. Het resultaat

is niet landsdekkend (Zie figuur 2). Bijlage 2A geeft vijf klassen van verlaging voor de beschouwde kaartbladen.

Ecologisch significante verlagingen treden op als oorspronkelijk natte of vochtige gebieden verdrogen. Verdroging van waardevolle natuur- en bouselementen verwachten we immers alleen in van oorsprong natte of vochtige gebieden. Daarom is in de kaartvergelijking alleen gekeken naar verlagingen in van oorsprong natte en vochtige gebieden. Verhoging van de grondwaterstand treedt plaatselijk ook op, maar is niet in kaart gebracht.

De volgende klassen van verlaging zijn onderscheiden:

1 = Van nat in	1953-1958 naar vochtig in	1976-1987.
2 = Van vochtig in	1953-1958 naar droog in	1976-1987.
3 = Van nat in	1953-1958 naar droog in	1976-1987.
4 = Van vochtig in	1953-1958 naar zeer droog in	1976-1987.
5 = Van nat in	1953-1958 naar zeer droog in	1976-1987.

Deze klassen zijn als volgt gedefiniëerd:

GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND EN GESCHATTE DALING

1953-1958 COLN		1976-1987 GT gegeneraliseerd	
1 =	0-20 cm	0-40 cm	1 = 10-30 cm
2 =	20-40	40-80	2 = 30
3 =	0-20	40-80	3 = 50
4 =	20-40	>110	4 = >80
5 =	0-20	>110	5 = >100

Bij de inschatting van de verlaging is uitgegaan van de klassemiddens van de samengenomen GT's en van de klassemiddens van de COLN klassen. In tabel 3 en 4 wordt weergegeven hoe deze klassemiddens zijn afgeleid uit de klassenverdelingen. In tabel 5 wordt weergegeven hoe de klassemiddens zijn vastgesteld van de samengenomen grondwatertrappen.

Tabel 3: Klassebreedte van de grondwatertrappen volgens definities van STIBOKA en klassemiddens volgens het rekenkundig gemiddelde.

KLASSEBREEDTE		KLASSEMIDDENS			
GT	GHG	GLG	GHG	GLG	(cm)
I	0-20	0-50	10	25	
II	0-40	50-80	20	65	
II*	25-40	50-80	32.5	65	
III	0-40	80-120	20	100	
III*	25-40	80-120	32.5	100	
IV	40-80	80-120	60	100	
V	0-40	>120	20	>140	
V*	25-40	>120	32.5	>140	
VI	40-80	>120	60	>140	
VII	80-140	>160	110	>180	
VII*	>140	>160	>170	>180	

GT = grondwatertrap

GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand

GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand

Tabel 4: Grondwaterklassen volgens definitie van de COLN en klassemiddens volgens het rekenkundig gemiddelde.

COLN klassen	Klassemidden (cm)
1 0- 20	10
2 20- 40	30
3 40- 70	55
4 70-100	85
5 100-140	120
6 140-200	170
7 >200	>230

Tabel 5: Klassebreedte en klassemidden van de samengenomen grondwatertrappen.

GT's samengenomen	KLASSEBREEDTE		KLASSEMIDDENS			
	GHG	GLG	GHG	GLG		
1 = GT I		0-20	0-50	10		25
2 = GT II+II*+III+III*	0-40	50-120	20		85	
3 = GT V+V*		0-40	>120	20		>140
4 = GT IV+VI	40-80	80->120	60		>100	
5 = GT VII+VII*	80->140	>160	>110		>200	

2.7 Foutendiscussie

Fout die ontstaat door gebruik van klassemiddens

Klassemiddens mogen alleen worden gebruikt als de frequentieverdeling van de grondwaterstanden binnen een bepaalde klasse geen scheve verdeling vertoont. In een laat stadium van het onderzoek kwamen gegevens beschikbaar over de werkelijke gemiddelden van de GHG.

Voor Pleistocene zandgebieden, zeekleigebieden en duinen zijn de werkelijke gemiddelden berekend door Van der Sluijs (1985). Deze wijken bij GT I en bij GT II aanzienlijk af van het rekenkundig gemiddelde, bij de overige GT klassen is de afwijking gering, zoals is te zien in tabel 6.

Tabel 6: Vergelijking van het rekenkundig gemiddelde van de GHG met het werkelijke gemiddelde, zoals berekend door Van der Sluijs, 1985.

GT	REKENKUNDIG GEMIDD. GHG	WERKELIJK GEMIDD. GHG
I	10 cm min maaiveld	5 cm boven maaiveld.
II	20	7 cm minus maaiveld.
II*	32.5	32
III	20	17
III*	32.5	32
IV	60	56
V	20	17
V*	32.5	32
VI	60	61
VII	110	101
VII*	>170	185

Dit betekent dat de resultaten met voorzichtigheid beschouwd moeten worden. Binnen de verlagingsklasse 1 kan de werkelijke verlaging meevallen als recentelijk GT II is aangetroffen. In dat geval is uitgaande van de werkelijke gemiddelden, en onder de aanname dat COLN 0-20 een werkelijk gemiddelde heeft van 5 cm boven maaiveld, slechts een verlaging van +5 naar -7 cm (is 12 cm) aan de orde. In de overige gevallen maakt het niet veel uit of rekenkundige of werkelijke gemiddelden worden gebruikt bij de inschatting van de verlaging.

Bovendien is bij de inschatting van de verlaging gebruik gemaakt van elkaar niet overlappende klassen. Daarmee is het probleem van elkaar naderende gemiddelden van elkaar overlappende ranges van grondwaterstanden in voldoende mate ondervangen.

Fout samenhangend met verschillen in schaal

Aangezien de COLN-kaarten op schaal 1:200.000 een verkennend karakter hebben, vertonen deze een sterker generaliseerd beeld dan de GT-kaarten op schaal 1:50.000. Het kan voorkomen dat een

onderdeel van een kaartvlak op de COLN-kaart in 1953-1958 in werkelijkheid natter of droger was dan aangegeven. Als deze details in de generalisatie van de GT-kaarten overeind blijven dan is het mogelijk dat verschillen worden aangetoond die er in werkelijkheid niet waren. Dit is de generalisatiefout binnen overeenkomende kaartvlakken.

Fout uit generalisatie

De keuze van begrenzing van kaartvlakken bij generalisatie van de GT-kaarten van 1:50.000 naar 1:200.000 kan leiden tot onder- of overschatting van de veranderingen in de grondwaterdiepte. Dit is de generalisatiefout door andere grenslegging van overeenkomstige kaartvlakken.

Fout in complexe gebieden

In gebieden met een door STIBOKA zeer variabel gekarteerde grondwaterstand zijn in de generalisatiestap van GT-kaarten complexe eenheden gemaakt van reeds bijeengenomen GT-klassen. Dit is met name het geval in de omgeving van Winterswijk en Enschede. In dergelijke complexe gebieden moeten veranderingen op de gekozen schaal met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Fout door het niet beschouwen van stijgingen

Stijgingen in de GHG ten opzichte van de periode 1953-1958 komen wel voor, zij het zeer plaatselijk, maar zijn in het kader van deze studie niet onderzocht. Dergelijke stijgingen komen zeker niet zo omvangrijk voor als dalingen in de GHG.

Fout die ontstaat door ongelijke lengte van de vergelijkingsperiode

De resulterende kaart is opgebouwd uit kaartbladvergelijkingen. Voor elk STIBOKA kaartblad geldt een andere opnamedatum. De periode van vergelijking is daardoor variabel geworden. Deze periode varieert van 18 tot 29 jaar, nl. 1958-1976 en 1958-1987. In de resulterende kaart moet daarom rekening gehouden worden met een variatie in de daling afhankelijk van de lengte van de periode waarover de vergelijking gedaan is.

2.8 Resultaten

In het kort zullen de resultaten per kaartblad besproken worden (zie ook bijlage 2A). Daarbij zullen oppervlakteschattingen gemaakt worden van het areaal per kaartblad met een bepaalde verlaging van de GHG.

In het verdrogingsonderzoek zijn 100 natuurgebieden geselecteerd voor nader onderzoek naar de daling van de grondwaterstand. Door de ligging van de terreinen te projecteren op de resulterende kaarten van de COLN-GT vergelijking kon worden nagegaan of een daling van de grondwaterstand in het cultuurland in de onmiddellijke omgeving van de betreffende terreinen via de COLN-GT vergelijking

aannemelijk kon worden gemaakt.

2.8.1 Kaartbladen

TERSCHELLING

Ongeveer 20% van het eiland vertoont dalingen van de GHG met 10 tot 30 cm. Dalingen treden vooral op in het poldergebied van het eiland, alsmede in enkele duinvalleien.

AMELAND

Ook op Ameland is een daling opgetreden van 10 tot 30 cm van de GHG in het lage polderdeel. Ca. 50% van het eiland is getroffen.

SCHIERMONNIKOOG EN VLIELAND.

Van deze eilanden is geen COLN kaart gemaakt. Vergelijking was daarom niet mogelijk.

TEXEL

Op Texel is voor ca. 30% van het eiland en ca. 40% van het polderoppervlak een daling aangetoond van 30 cm. Plaatselijk is deze daling zelfs 50 tot meer dan 80 cm.

12 Oost. ASSEN

Plaatselijk is in het Hunzedal een daling opgetreden van 10 tot 30 cm. In het dal van de Drentse Aa is een daling over het gehele oppervlak binnen dit kaartblad aangetoond van 50 cm. 5% van het kaartblad is getroffen door dalingen.

13. WINSCHOTEN

Op zeer veel plaatsen in Oost-Groningen blijkt de wintergrondwaterstand met 30 cm gedaald, 50% van het Nederlandse deel van het kaartblad vertoont dalingen.

18/23. TER APEL/NIEUW SCHOONEBEEK.

5% van het Nederlandse deel van dit gecombineerde kaartblad vertoont dalingen in de GHG. Alleen op enkele kleine plekjes bij Ter Apel is een daling opgetreden met 10 tot 30 cm. Daarnaast is in het gehele veengebied tussen Klazinaveen en Nieuw Schoonebeek een daling aangetoond van 10 tot 30 cm.

17 Oost. EMMEN.

5% van het kaartblad vertoont dalingen in de GHG. Alleen in het beekdal van de Aalderstroom/Drostendiep tussen Orvelte en Nieuw Amsterdam en in het dal van de Sleenerstroom is een daling opgetreden van 10 tot 30 cm.

17 West. EMMEN.

Op ca. 50% van dit kaartblad is een daling opgetreden van 10 tot 30 cm. Dit is met name in de beekdalcomplexen gebeurd.

19 Oost/20 West. ALKMAAR/ENKHUIZEN.

Voor ca. 80% van het landoppervlak op dit kaartblad is een daling aangetroffen. Tussen Hoorn en EnkhuiZEN is een daling aangetroffen van 30 cm. Tussen Opmeer en Purmerend is de daling vooral tussen 10 en 30 cm. Opvallend is de daling met 30 cm voor de helft van het oppervlak van de Beemster.

26 Oost. HARDERWIJK.

Alleen op de overgang van de Veluwe naar het IJsselmeer zijn dalingen aangetroffen met 10 tot 30 cm. Daarnaast zijn in het dal van de Hierdense Beek dalingen met meer dan 80 cm aangetoond. Dalingen treden op voor ca. 5% van het kaartoppervlak.

27 West. HEERDE.

Op de overgang met de Veluwe zijn op enkele plaatsen dalingen van 30 tot 50 cm aangetroffen. Daarnaast zijn dalingen tot 30 cm

gevonden in de polders aan de rand van het Veluwemeer. Dalingen treden op over ca. 10% van het kaartoppervlak.

27 Oost. HEERDE. Herzien.

Dalingen treden op over ca. 50% van dit kaartblad. Er zijn vooral veel grote aaneengesloten vlakken met dalingen van 30 cm. van de GHG. Op enkele plaatsen in het IJsseldal en tussen Raalte, Mariënheem en Lemelerveld treden dalingen op van 50 tot 80 cm.

28 West. ALMELO.

Dalingen treden verspreid op over ca. 20% van het kaartblad. Concentraties van dalingen zijn te vinden op en rond de Holterberg, de Hellendoornseberg, rond Nieuw Heten en Lemelerveld, en langs de lijn Wierden-Vroomshoop-Kloosterdijk. Op de Holterberg en de Hellendoornseberg zijn dalingen opgetreden met meer dan 80 cm. Rond Nieuw Heten en Lemelerveld en bij Wierden-Kloosterdijk zijn de dalingen overwegend 30 cm, plaatselijk echter ook meer dan 80 cm.

30. DEN HAAG.

Dalingen treden op over ca. 30% van het landoppervlak van dit kaartblad. De dalingen treden niet op in het duingebied. De daling is overwegend tussen 10 en 30 cm, en treedt vooral op in het veengebied.

34 West. ENSCHEDE.

Dalingen treden verspreid op over 5% van het oppervlak van het kaartblad. In de zuidhelft van dit blad zijn de dalingen tussen 10 en 30 cm. In de noordhelft zijn de dalingen tot meer dan 80 cm. Een concentratie van dalingen treedt op tussen Goor, Diepenheim en Wegdam.

34 Oost/35. ENSCHEDE/GLANERBRUG.

Dalingen treden op over 5% van dit gecombineerde kaartblad. Dalingen zijn geconcentreerd tussen Losser en Haaksbergen, langs de grens met Duitsland. Dalingen zijn overwegend tussen 10 en 30 cm. Tussen Haaksbergen en Buurse is echter een daling met 50 cm aangetroffen. Op twee plaatsen wordt een daling met meer dan 100 cm vermoed, namelijk in het dal van de Dinkel bij Overdinkel en in het dal van de Buurserbeek op de grens met Duitsland.

38 West. GORINCHEM.

Dalingen treden op over praktisch het gehele kaartblad. Praktisch de gehele Alblasserwaard en Krimpenerwaard vertonen dalingen tot 30 cm.

38 Oost. GORINCHEM.

Dalingen treden op over 80% van het oppervlak. Dalingen zijn geconcentreerd in de Tielerwaard, de Lopikerwaard, Vijfheerenlanden en de Nederbetuwe. Dalingen tot 30 cm worden aangetroffen.

39 West. RHENEN.

Dalingen treden op over 30% van het kaartblad, ze zijn geconcentreerd in de Nederbetuwe, de Tielerwaard en het Kromme Rijn gebied. Het zijn voornamelijk dalingen tot 30 cm.

39 Oost. RHENEN.

Dalingen treden op over 20% van het oppervlak, geconcentreerd te vinden in het Land van Maas en Waal en langs de Grift tussen Wageningen en Veenendaal. In het Land van Maas en Waal worden dalingen gevonden tussen 50 en 80 cm., langs de Grift zijn de dalingen rond 30 cm.

41 West. AALTEN.

80% van het oppervlak voorzover gelegen binnen Nederland vertoont een daling van 30 cm. Op een aantal plaatsen is de daling meer dan 80 cm. Deze plaatsen zijn: De Oude IJssel tussen Ulft en

Mechelen, Ruurlose Beek boven Lichtenvoorde, Groenlo/Lieveelde, Heurne en Oost van Zelhem.

41 Oost. AALTEN.

30% van het Nederlandse oppervlak van dit kaartblad vertoont een daling met 50 cm. De plaatsen waar deze daling optreedt zijn voornamelijk langs de grens met Duitsland gelegen. Op AAN plaats is een daling met meer dan 80 cm gevonden, dit is tussen het Wooldse veen en de Slinge. De omgeving van het Wooldse veen zelf vertoont een daling met 30 cm.

44 West. OOSTERHOUT.

10% van het oppervlak van dit kaartblad vertoont een daling van de GHG met 30 tot 50 cm. Dalingen treden vooral op in de driehoek Moerdijk, Drimmelen, Zevenbergschen Hoek en langs de Mark tussen Zevenbergen en Terheijden.

45 West. 's HERTOGENBOSCH. Herzien

15% van dit kaartblad vertoont dalingen in de GHG. De GHG in de beekdalen ten zuiden van Den Bosch is met 10 tot 30 cm afgetopt. In het gebied tussen Oss en de Maas vertoont de GHG een daling met 30 tot 50 cm. In het gebied tussen Geffen en de Leigraaf, en ten NW van Den Bosch is de daling 30 cm!

45 Oost. 's HERTOGENBOSCH.

10% van dit kaartblad vertoont dalingen in de GHG met overwegend 30 tot 50 cm. Concentratiegebieden zijn: de polders langs de Maas, NO van Zeeland, NW van Loosbroek en de Peelrandbreuk ten Z van Uden.

46 Oost/West. VIERLINGSBEEK.

5% van 46 W vertoont dalingen van de GHG met 50 tot meer dan 80 cm. De dalingen zijn vooral te vinden op de lijn Vierlingsbeek/Mill, en tussen de Maas en het Maas-Waalkanaal.

49 Oost. BERGEN OP ZOOM.

5% van het Nederlandse deel vertoont dalingen van de GHG met 30 tot 50 cm. Vooral het gebied tussen Wouw en de Roozendaalse Vliet is getroffen.

50 West. TILBURG. Herzien.

5% van het Nederlandse deel vertoont dalingen van de GHG met 30 tot meer dan 80 cm. Vooral de beekdalen van de Mark en de Weerijs zijn getroffen. Ook ten O. van Breda komen dalingen voor.

51 West. EINDHOVEN.

5% van het kaartblad vertoont dalingen van de GHG met 30 tot meer dan 80 cm. Vooral de beekdalen van de Beerze en de Dommel zijn getroffen, evenals het gebied van de Oisterwijkse vennen.

51 Oost. EINDHOVEN.

10% van dit kaartblad vertoont dalingen van de GHG met 10 tot 30 cm. Deze dalingen treden op in de beekdalen van de Dommel en de Aa, en in de omgeving van de Zuid-Willemsvaart en het Eindhovense kanaal.

2.8.2 Natuurterreinen

Als met de COLN-GT vergelijking een daling van de GHG in het cultuurland wordt aangetoond, dan is een daling van de GHG in een bijliggend natuurterrein nog niet bewezen. Verdroging van het betreffende natuurterrein treedt alleen op onder specifieke abiotische omstandigheden en als compenserende maatregelen niet zijn genomen of onvoldoende effectief zijn. In het verdrogingsonderzoek zijn in totaal 475 natuurterreinen en

59 regio's bestudeerd. Het was niet mogelijk om voor al deze terreinen en regio's na te gaan of dalingen van de GHG in de omgeving zijn opgetreden. Voor een keuze van 100 natuurterreinen is daarom gekeken of een daling van de GHG in de onmiddellijke nabijheid optrad volgens de COLN-GT kaart. Als verdroging ook is opgetreden middels veranderingen in de vegetatie volgens ecologische gegevens uit het verdrogingsonderzoek dan is dit aangegeven in de nu volgende resultaten.

DALING 10 - 30 cm

DRENTHE	VERDROGINGSTOESTAND
Dwingelose Heide	Sterk verdroogd.
Kraloërheide	Sterk
Mantingerzand/bos	Matig
Elperstroom	Matig
Hunze	Sterk
OVERIJSEL	
Haaksbergerveen	Niet
GELDERLAND	
Bruuk	Matig
Wooldse veen	Matig
Bennekomse Meent	Matig
UTRECHT	
De Hel en de Blauwe Hel	Niet
ZUID-HOLLAND	
Blokboezemlanden (Veerstalblok)	Matig

DALING 30 cm

GRONINGEN	
Vlagtwedder (Liefdinghsbroek)	Matig verdroogd.
GELDERLAND	
Overasseltse en Hatertse vennen	Matig
Bekendelle	Niet
Buskersbos (Stemerdink)	Niet
Vildersveen	Matig
NOORD-BRABANT	
Oisterwijkse vennen	Matig
't Merkske	Matig

DALING 50 cm

DRENTHE	
Drentse Aa	Matig verdroogd.
Gees boswachterij	Niet
OVERIJSEL	
Buurserzand	Sterk
Entervenen	Matig
NOORD-BRABANT	
Haagse Beemden	Matig

DALING meer dan 80 cm

GELDERLAND

Staverden (Leuvenumse beek)	Matig verdroogd.
Koolmansdijk en Nijkampsheide	Matig
Lievelderveld	Niet
NOORD-BRABANT	
Kampina	Matig

2.9 Conclusies

1. De daling van de GHG strekt zich uit over grote delen van het onderzochte gebied (ca. 30% van Nederland).
2. De GHG klasse 0-20 cm. kwam in Nederland in de vijftiger jaren nog over grote gebieden voor, vooral in de veenweiden. Deze grondwaterstand wordt in het onderzochte gebied niet meer aangetroffen, met uitzondering van een klein areaal beperkt tot natuurreservaten.
3. De daling van de GHG is in het Holocene deel van Nederland geringer dan in het Pleistocene deel, maar strekt zich uit over grotere aaneengesloten gebieden.
4. In het Pleistocene deel van Nederland is de daling over het algemeen groter, maar meer gebonden aan plaatselijke omstandigheden als reliëf en moedermateriaal.
5. In het Pleistocene deel van Nederland zijn met name de beekdal-complexen het meest getroffen door verdroging.
6. De natuurelementen in het agrarisch gebied welke nooit enige status als natuurreservaat hebben verworven zijn waarschijnlijk deels matig verdroogd in de gebieden op de COLN-GT kaart met een aangetoonde daling van de grondwaterstand.
7. Voor een aantal natuurterreinen is een daling van de GHG in het landbouwgebied in de onmiddellijke omgeving aangetoond met de COLN-GT vergelijking. Verdroging treedt in deze terreinen alleen op onder specifieke abiotische omstandigheden en als compenserende maatregelen achterwege zijn gebleven of niet effectief zijn.

2.10 Literatuur

- BON, J en B. VRIJHOF, 1958
De landbouwwaterhuishouding in de provincie Groningen. Rapport nr. 2. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.
- BOS, H., 1958
De landbouwwaterhuishouding in de provincie Drente. Rapport nr. 4. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.
- FREEVE, J., 1958
De landbouwwaterhuishouding in de provincie Overijssel. Rapport nr. 5. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.
- HAMMING, C, 1983
Een proef voor revisie van grondwatertrappen op kaartblad 27 Oost (Heerde). Interne Mededeling nr. 63. STIBOKA. Wageningen.

HELLINGS, A.J., 1958

De landbouwwaterhuishouding in de provincie Limburg. Rapport nr. 12. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

KOOLHAAS, J.F. en B. VRIJHOF, 1958

De landbouwwaterhuishouding in de provincie Friesland. Rapport nr. 3. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

KOUWE, J.J. en B. VRIJHOF, 1958

De landbouwwaterhuishouding in de provincie Noord-Brabant. Rapport nr. 11. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

KUILENBURG, J VAN, J.J. DE GRUIJTER, B.A. MARSMAN AND J. BOUMA, 1982

Accuracy of spatial interpolation between point data on soil moisture supply capacity, compared with estimates from mapping units. IN: GEODERMA 27(1982): 311-325.

LEVEN, J.A. van't, B. van de WEERD en J.J. LINDBERG, 1958

De landbouwwaterhuishouding in de provincie Zeeland. Rapport nr. 10. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

REUTER, K.N. EN J.J. KOUWE, 1958

De landbouwwaterhuishouding in de provincie Gelderland. Rapport nr. 6. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

RUNHAAR, J., 1989

Toetsing van het ecotopensysteem. CML mededeling 48a en 48b, Leiden.

SLUIJS, P VAN DER, 1982

De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop. IN: H2O 15(3):42-46.

SLUIJS, P. VAN DER, 1985

Vochtlevering door de grond. Bodemnatuurkunde. Voorpublicatie uit Bodemkunde van Nederland.

SLUIJS, P VAN DER AND J.J. DE GRUIJTER, 1985

Water table classes: a method to describe seasonal fluctuation and duration of water tables on dutch soil maps. IN: AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT 10(1985): 109-125.

STIBOKA, 1983

Bodemkaart van Nederland Schaal 1:50 000. Algemene begrippen en indelingen. 2e uitgebreide uitgave. Wageningen.

STOL, Ph.Th. en B. VRIJHOF, 1958

De landbouwwaterhuishouding in de provincie Zuid-Holland. Rapport nr. 9. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

VISSER, W.C., 1958

De landbouwwaterhuishouding van Nederland. Rapport nr. 1. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

VOORT, M VAN DER en B. VRIJHOF, 1958

De landbouwwaterhuishouding in de provincie Utrecht. Rapport nr. 7. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

VRIES, H de en B. VRIJHOF, 1958

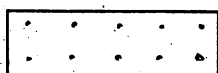
De landbouwwaterhuishouding in de provincie Noord-Holland. Rapport nr. 8. Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland. COLN-TNO.

BIJLAGE 2A KAARTBLADEN

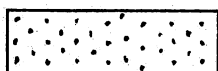
Legenda
Overzichtskaart
Detailkaarten (9 pp.)

LEGENDA

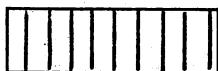
Verlaging van de gemiddelde wintergrondwaterstand



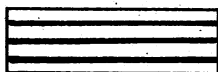
10 - 30 cm



ca 30 cm



ca 50 cm



> 80 cm



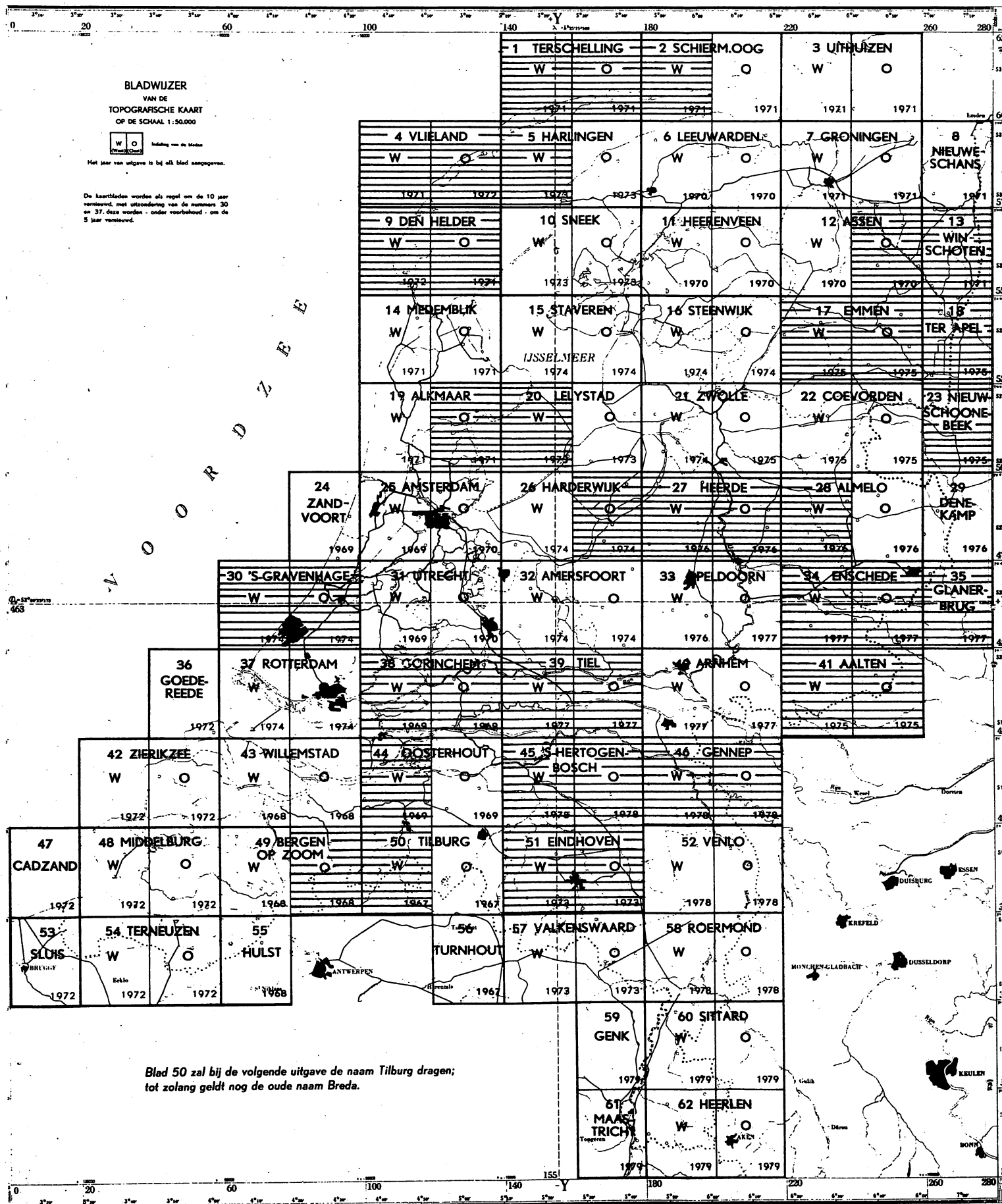
> 100 cm

BLADWIJZER
VAN DE
TOPOGRAFISCHE KAART
OP DE SCHAAL 1:50.000



Het jaar van uitgave is bij elk blad aangegeven.

De kaartbladen worden als regel om de 10 jaar vernieuwd, met uitzondering van de nummers 30 en 37, deze worden - onder voorbehoud - om de 5 jaar vernieuwd.



Blad 50 zal bij de volgende uitgave de naam Tilburg dragen;
tot zolang geldt nog de oude naam Breda.

AMELAND

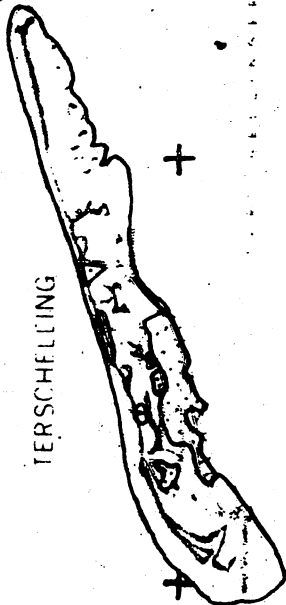
Bomdier

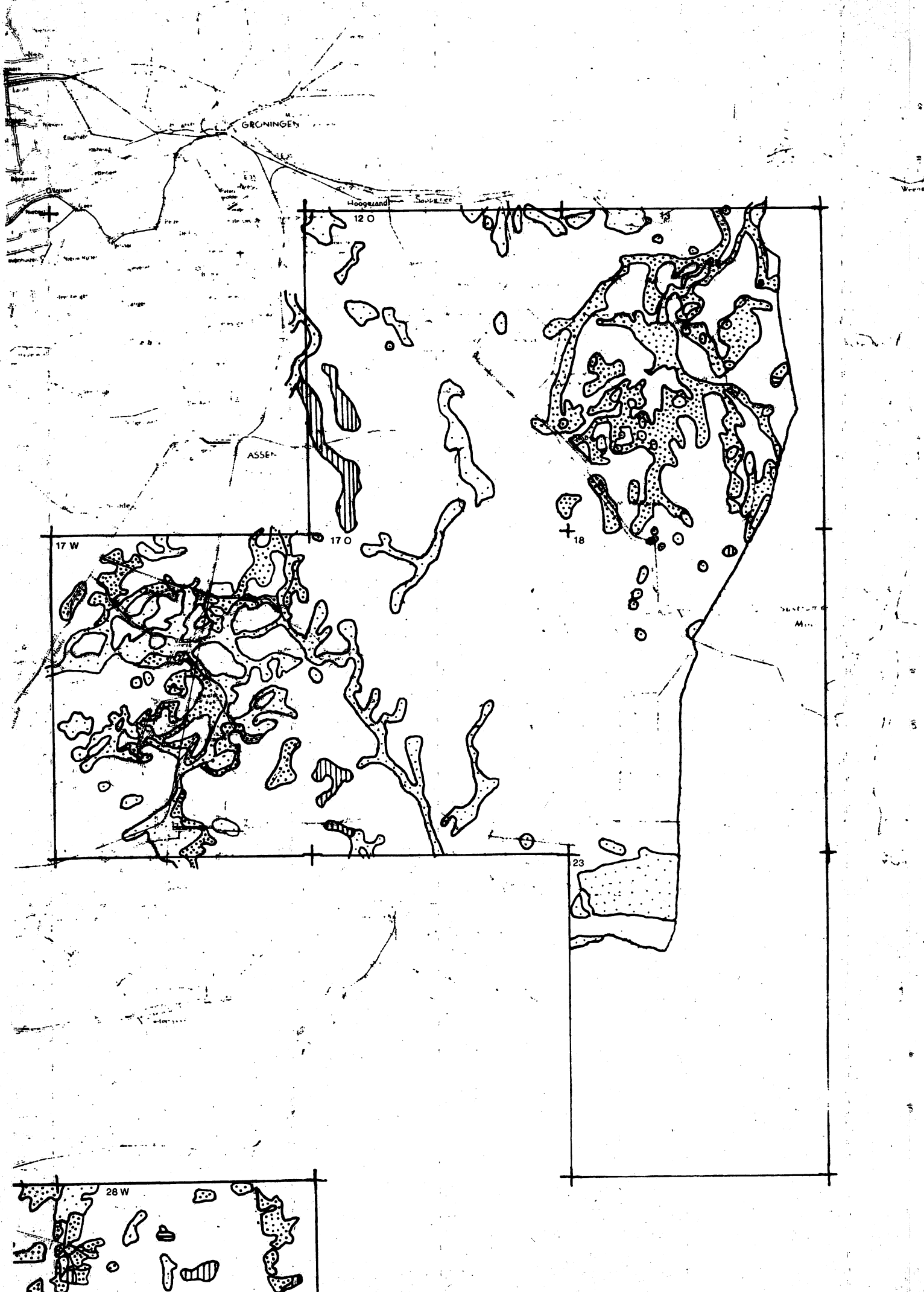
TERSCHELLING

FLANU

W A T E R N Z E E

IJSEI MEER





R M 3
DEN WELDER

Wie lange mit

U S E L M E R

reides

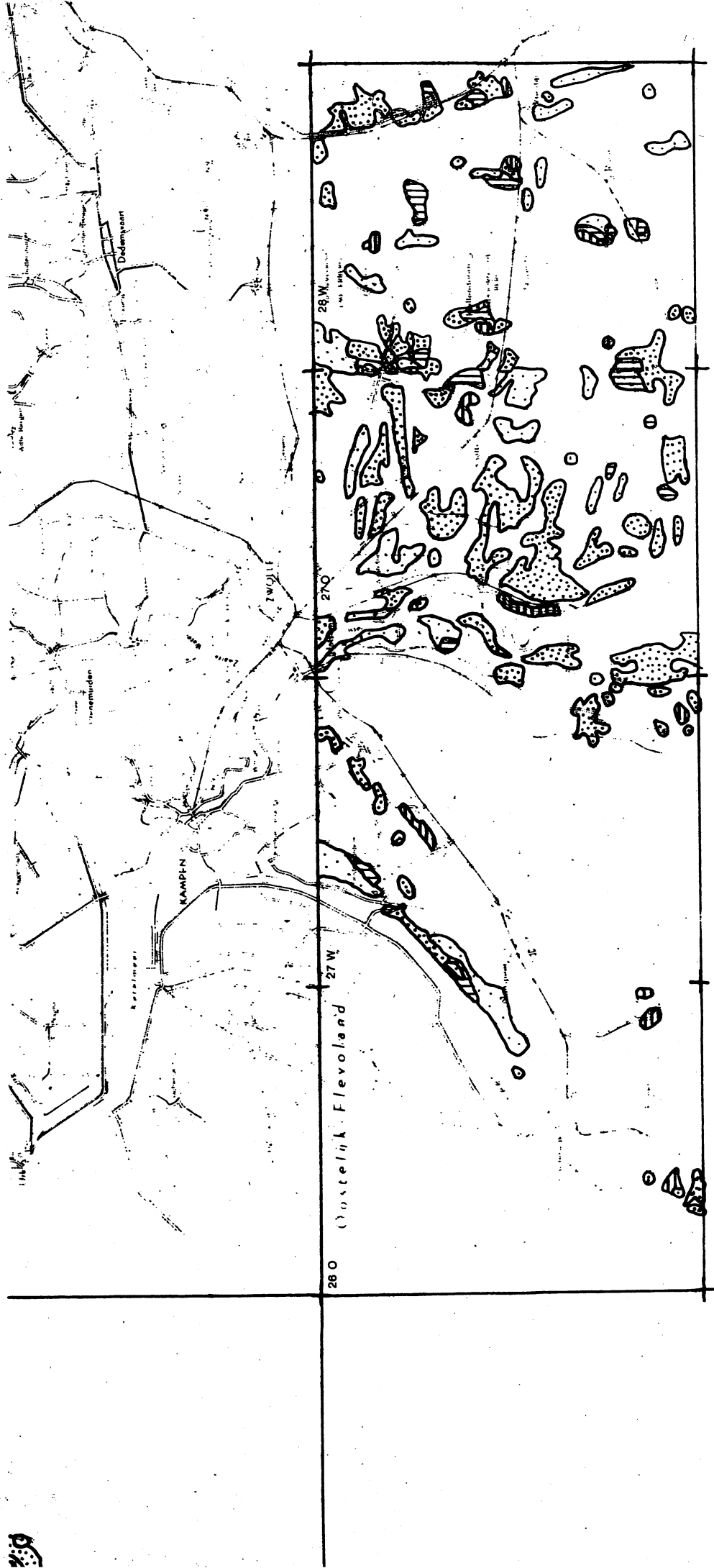
190

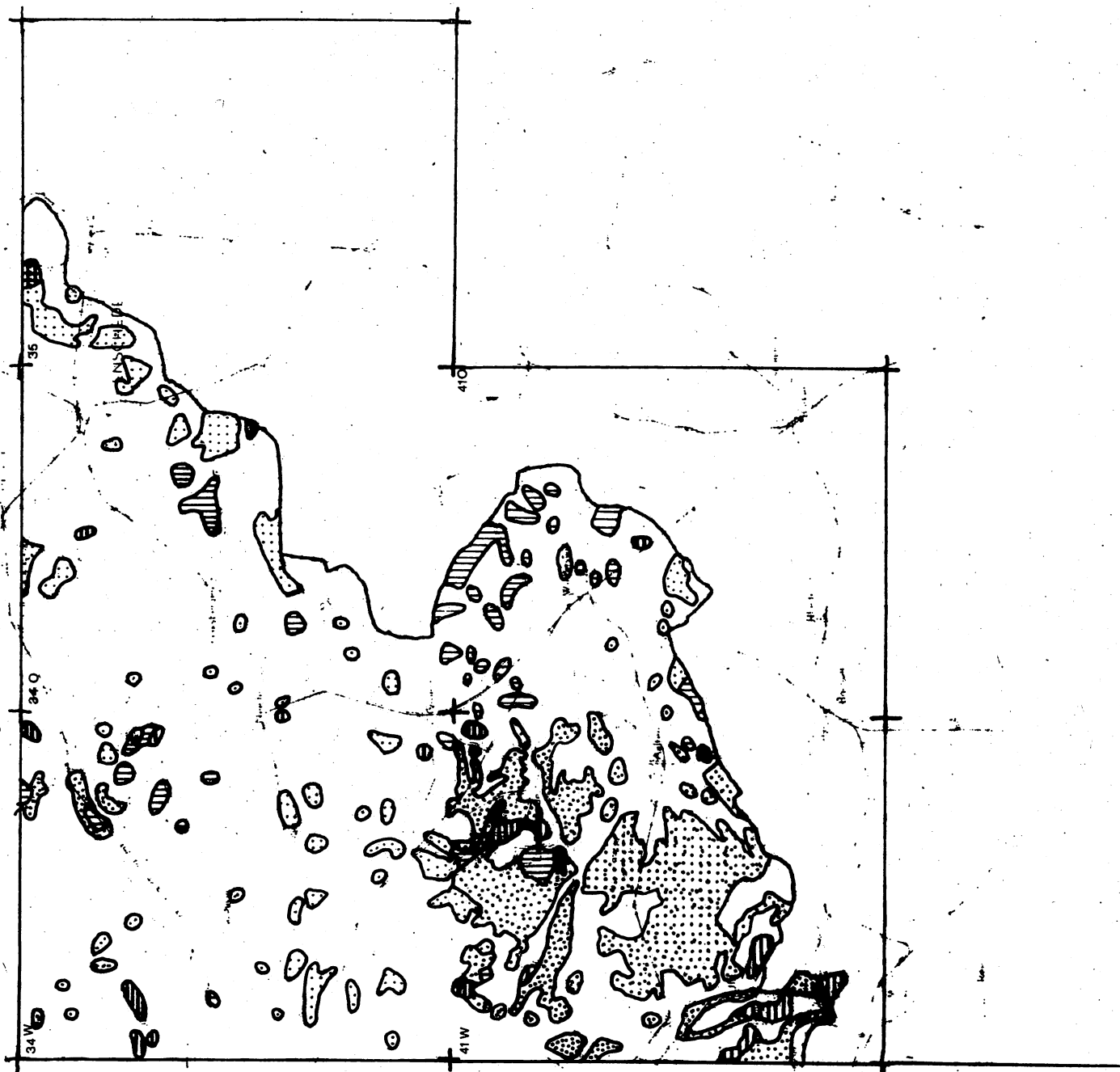
20 W

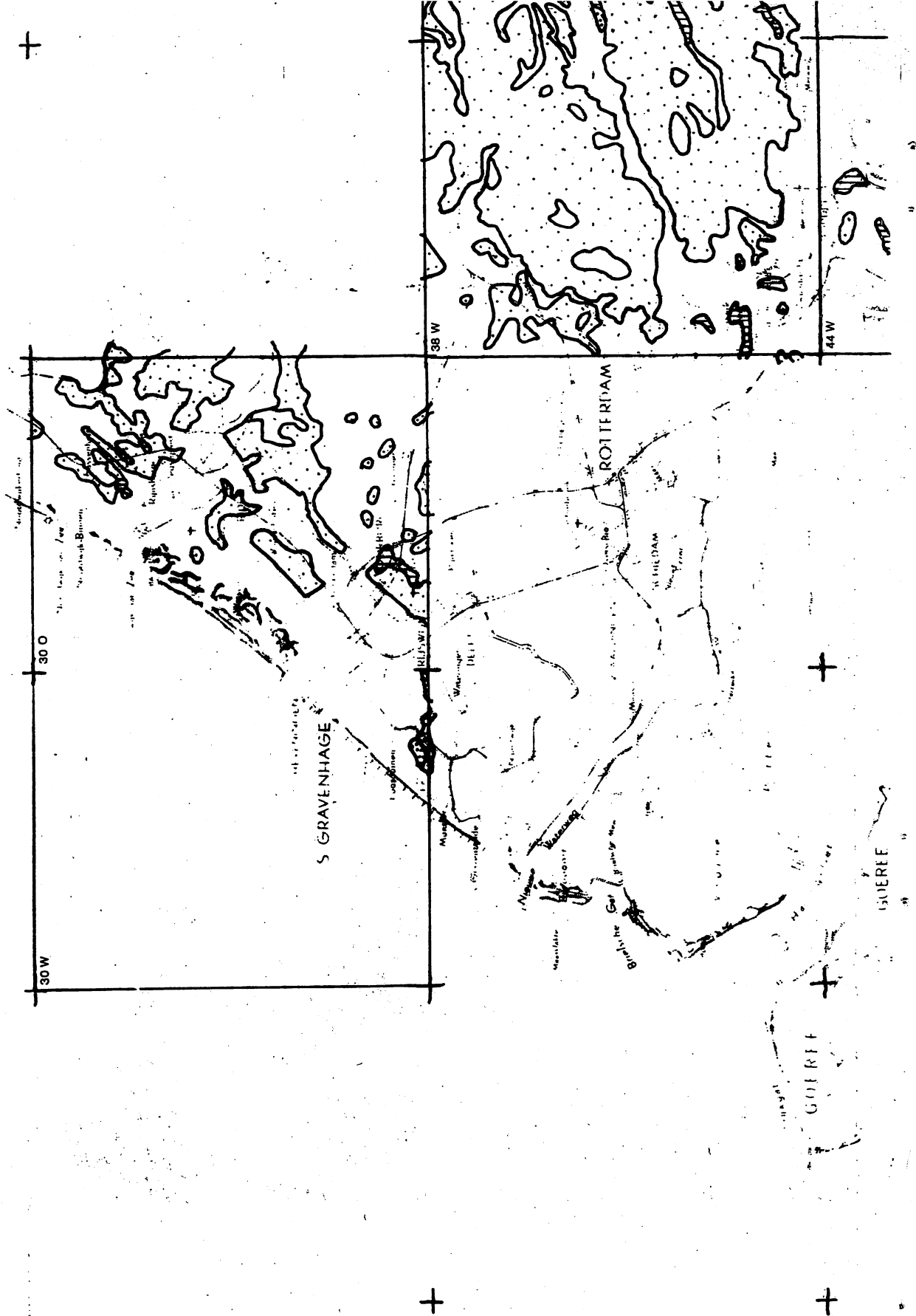
26 °C

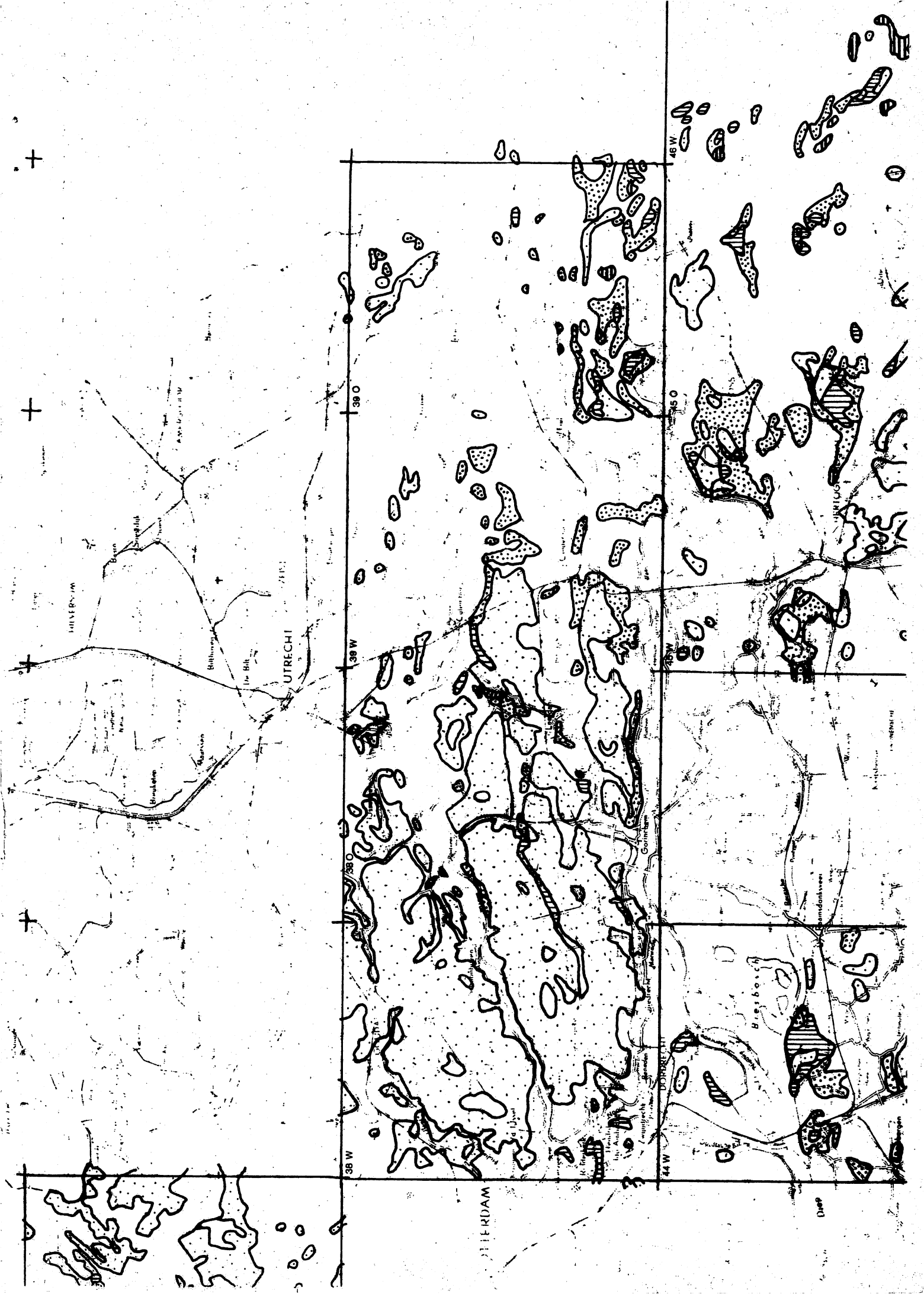
Oostelijk-Flevoland

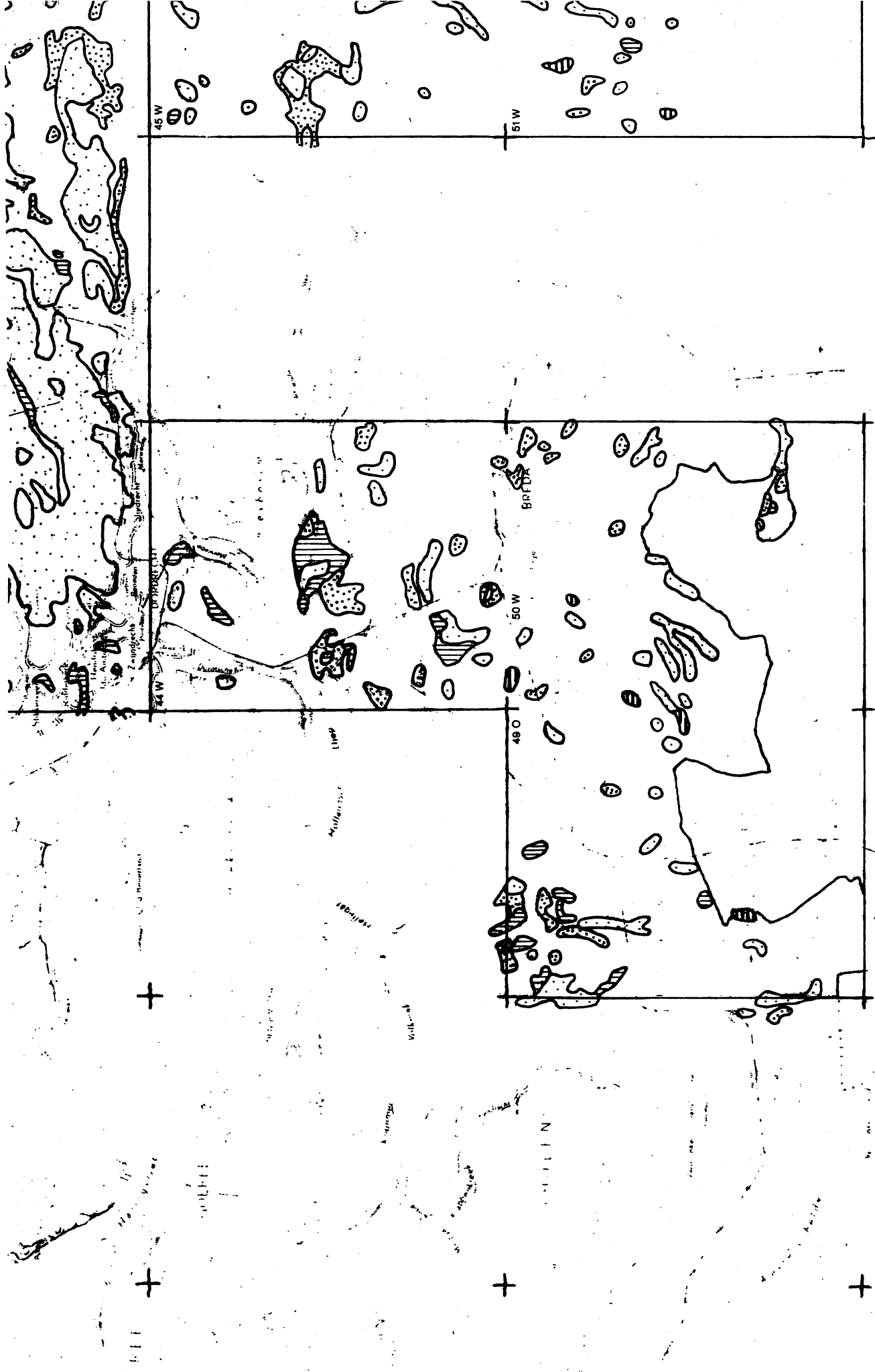
AMSTERDAM

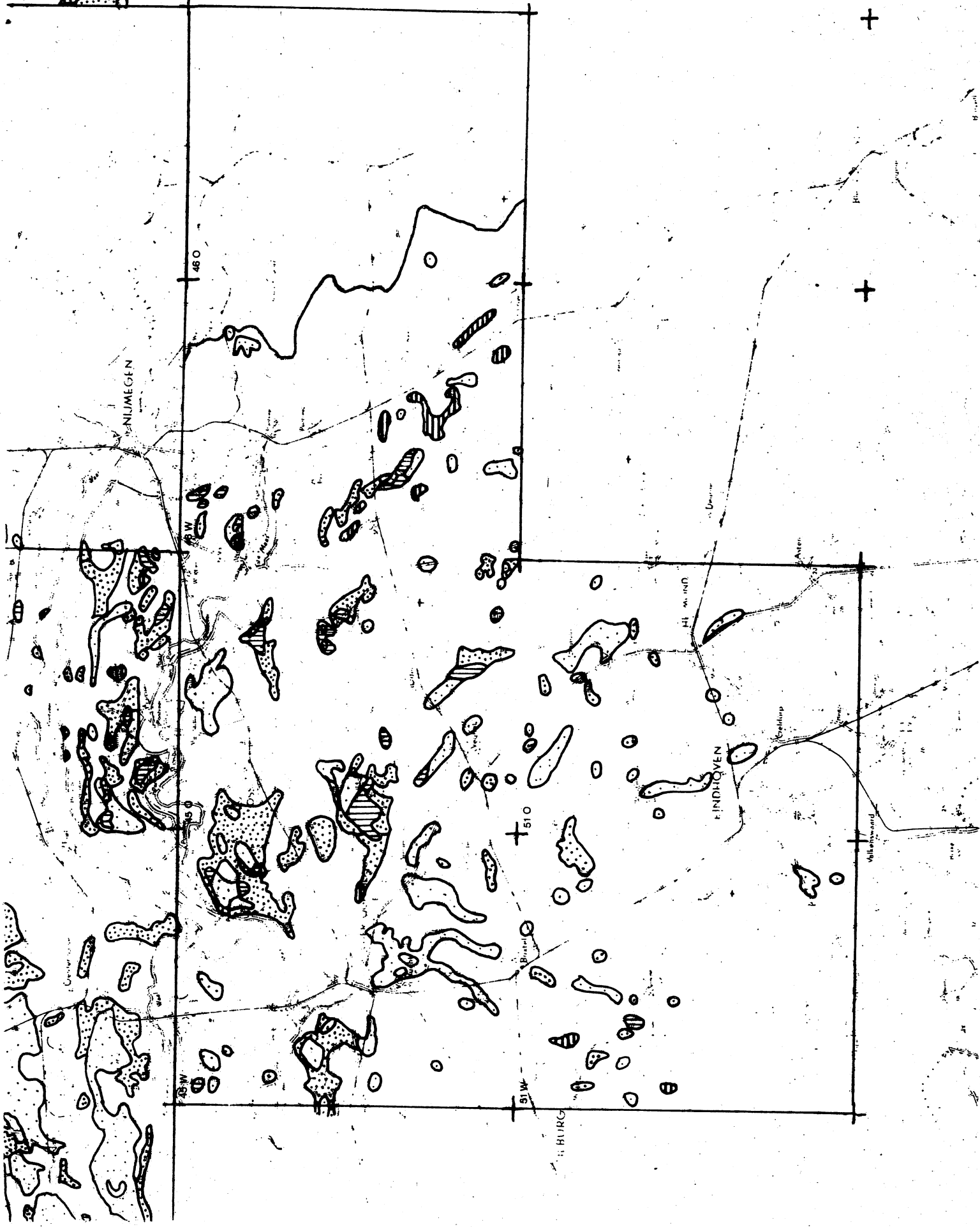












NIJMEGEN

RINDLOVEN

HURG

460

510

510

+

+

Volkswaard

Arten

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

Uit

3 INFORMATIE UIT TIJDREEKSEN VAN GRONDWATERSTANDEN

Op puntniveau wordt de meest directe informatie over een verandering in de grondwaterstand wordt geboden door tijdreeksen van gemeten grondwaterstanden.

Voor het interpreteren van dergelijke informatie is gekozen voor het vergelijken van gemiddelde grondwaterstanden over bepaalde, meteorologisch vergelijkbare perioden. Deze methode wordt in paragraaf 3.1 toegelicht.

Gegevens zijn verzameld van meetpunten rond (ecologisch) goed gedocumenteerde natuurterreinen ("voorbeeldterreinen", paragraaf 3.2) en van meetpunten op relatief hooggelegen punten in Nederland ("hoge punten", paragraaf 3.3).

3.1 Onderbouwing periodekeuze bij de hydrologische analyse van grondwaterstandsaling

3.1.1 Inleiding

Bij het hydrologisch onderzoek wordt een eventuele daling of stijging van de grondwaterstand vastgesteld door middel van vergelijking van periodegemiddelden. Deze methode is gekozen om praktische redenen. Daarbij is onderkend dat tijdreeksmodellering, bv. via Box and Jenkins transfermodellen, op zich een betere methode is, waarbij meer informatie en een hogere betrouwbaarheid wordt verkregen. Tijdreeksmodellering wordt wel toegepast bij de studie "Verlaging van de grondwaterstand in Nederland" (Rolf, 1989). Deze DGV verdrogingsstudie is parallel aan het IVM project uitgevoerd en is hierop afgestemd.

De methode van periodevergelijking is gekozen vanwege de eenvoudige uitvoering. Bij de verdere interpretatie van de resultaten moet echter rekening worden gehouden met onbetrouwbaarheid die in de methode besloten ligt. Het resultaat, d.i. het verschil in de gemiddelde grondwaterstand over beide perioden, beoogt een daling/stijging te zijn welke onafhankelijk is van drogere c.q. nattere meteorologische omstandigheden. Van belang daarbij is een goede keuze van zowel de lengte als de ligging van de beide deelperioden.

In de 2e nota Waterhuishouding (Ministerie V&W, 1985) is een landelijke indicatie opgenomen voor de gewijzigde grondwaterstand in de 70-er jaren ten opzichte van de 50-er jaren. Deze indicatie is gebaseerd op dezelfde methode van periodevergelijking, namelijk 1973 - 77 t.o.v. 1956 - '60. Hierbij is met name over de periodekeuze naderhand discussie ontstaan. Het onderstaande geeft een korte onderbouwing van de periodekeuze bij het voorliggende onderzoek.

3.1.2 Periodelengte

In het algemeen geldt dat een lange periode de voorkeur heeft boven een korte periode. Hiervoor zijn de volgende redenen:

1. Grondwaterstandswaarnemingen zijn statistisch niet onafhankelijk: de metingen zijn in de tijd gecorreleerd; met andere woorden: de stand op tijdstip t is voor een deel afhankelijk

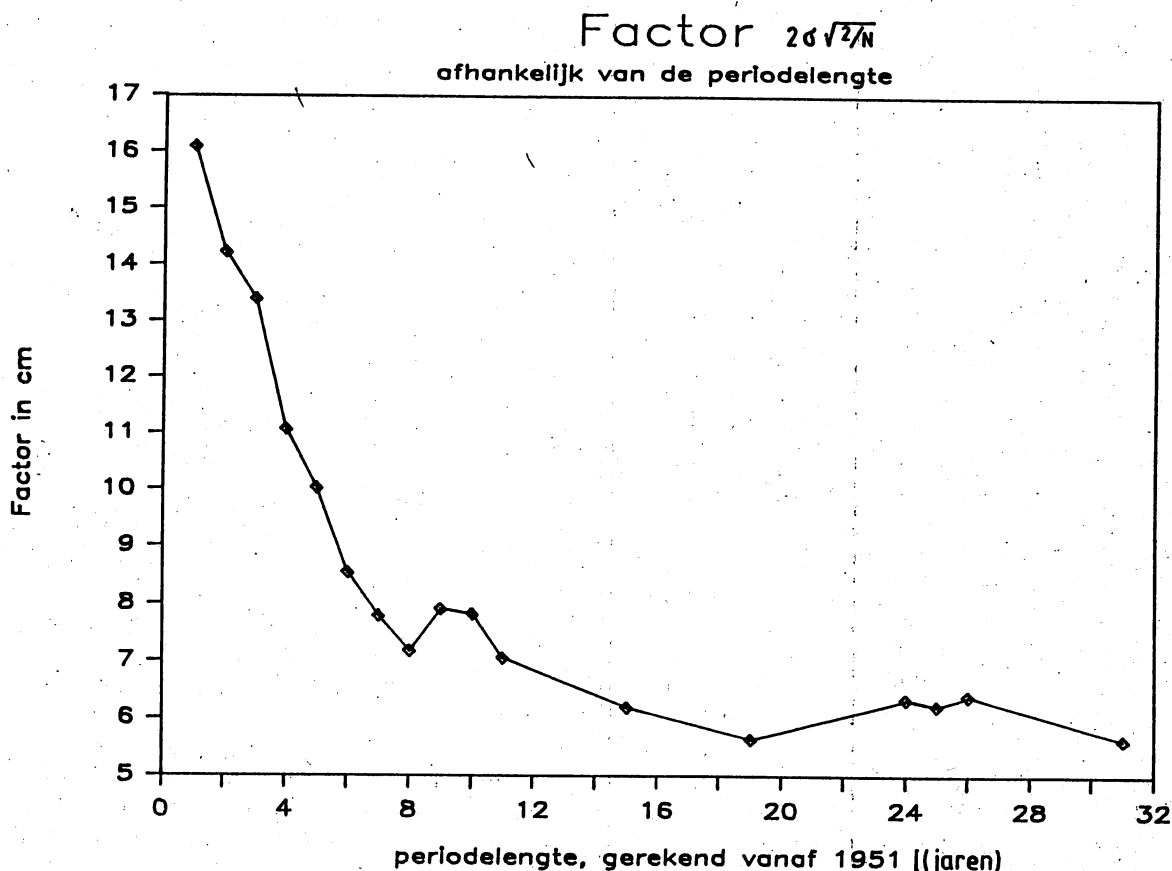
van de stand op tijdstip $t-1$. In de gebruikte methode wordt geen rekening gehouden met deze auto-correlatie. Dit is minder problematisch naarmate de periodelengte groter is.

2. Een globale maat voor de betrouwbaarheid van de grondwaterdaling/stijging is de standaardafwijking van het verschil:

$$\sigma_{1-2} = \left| \frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2} \right|^{1/2}$$

Waarin:

- σ_1 = standaard deviatie van de waarnemingen in periode 1;
- σ_2 = standaard deviatie van de waarnemingen in periode 2;
- σ_{1-2} = standaard deviatie van het verschil van de gemiddelden van periode 1 en 2;
- N_1 = aantal waarnemingen in periode 1;
- N_2 = aantal waarnemingen in periode 2.



Figuur 3.1.1 Effekt van periodelengte op de nauwkeurigheid.

Volgens een globale statistische vuistregel is het verschil significant als de absolute waarde groter is dan ca. 2 maal deze standaardafwijking. De factor $2\sigma\sqrt{2/N}$ kan daarmee worden beschouwd als een maat voor de te verwachten

nauwkeurigheid van de methode.

Aan de hand van een berekening (51GB147 bij Eindhoven) is nagegaan hoe groot deze factor is bij verschillende gekozen lengtes van de deelperiode (Figuur 3.1.1). Uit de figuur blijkt dat tot een periodelengte van ca. 8 jaar de nauwkeurigheid duidelijk toeneemt (kleinere factor) en vervolgens min of meer stabiliseert. Bij een lengte van 8 jaar bedraagt de factor ca. 8 cm.

3. Als een grotere periodelengte wordt gekozen is het effect van missende waarnemingen op het periodegemiddelde kleiner. Dit geldt vooral bij missende waarnemingen in meteorologische extreme perioden, b.v. als een hele zomerperiode wordt gemist. Het berekende gemiddelde valt dan uiteraard te hoog uit.

3.1.3 Periodeligging

Los van de min of meer technische aspecten welke gelden voor de periodelengte is de bruikbaarheid van het resultaat afhankelijk van de keuze van de periode, zeker waar gesteld wordt dat de periodevergelijking geldt voor twee "meteorologisch vergelijkbare deelperioden".

Het begrip "meteorologisch vergelijkbaar" is niet gedefinieerd. In grondwatertoepassingen wordt echter bedoeld op vergelijkbaarheid van effecten op de grondwaterstijghoogte, voorzover deze afhankelijk zijn van meteorologisch beïnvloede waterhuishoudkundige processen zoals neerslag en verdamping, water aan- en afvoer. Anders gesteld: de gekozen perioden zijn vergelijkbaar als aangenomen mag worden dat de opgetreden grondwaterstandsvariatiën als gevolg van meteorologisch natte en droge omstandigheden vergelijkbaar zijn.

Bij tijdreeksmodellering wordt ervan uitgegaan dat "meteorologische vergelijkbaarheid" in deze zin nooit exact bestaat, en dat het dus nodig is om de relatie tussen grondwaterhoogte en de meteorologische situatie modelmatig te beschrijven om zodoende op deze relatie te kunnen corrigeren.

Bij de methode van periodevergelijking wordt gekozen voor een (benaderende) somparameter: het rekenkundig gemiddelde. Bij een dergelijke aggregatie zijn twee perioden vergelijkbaar als het rekenkundig gemiddelde van het gedeelte van de grondwaterstandsvariëte dat bepaald is door de meteorologie over de twee deelperioden hetzelfde is. Een probleem is echter dat dit gedeelte niet a-priori bekend is.

De vergelijkbaarheid van perioden in bovenstaande zin wordt nagegaan aan de hand van een concreet voorbeeld: voor het meetpunt 51GB147 is met behulp van tijdreeksmodellering voor de relatie tussen de meteorologische omstandigheden (Neerslag - $0.8 \cdot \text{Epenman}$) en de grondwaterstijghoogte het volgende, eenvoudige modelgevonden:

$$ht = 0.93 \, ht-1 + 0.44 \, Nt$$

ht = bijdrage in de grondwaterstijghoogte (het meteorologische aandeel)

t = (14-daagse) tijdstap

Nt = neerslagoverschot, bewerkt uit KNMI-metingen als maat voor

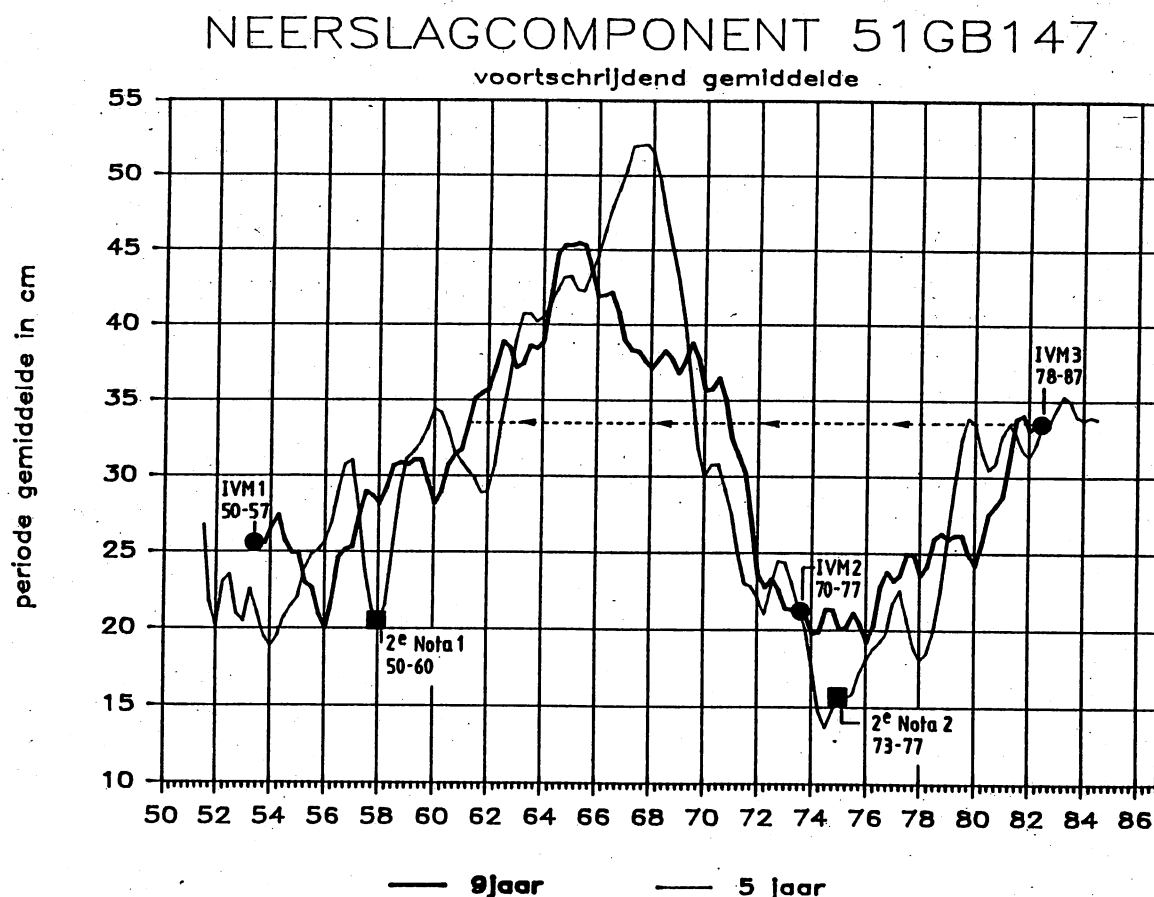
de meteorologische omstandigheden (mm/tijdstap)

0.93 = autoregressieve coëfficiënt

0.44 = moving average coëfficiënt

Met dit model kan voor elke tijdstap de bijdrage ht worden berekend en vervolgens kan het gemiddelde worden berekend over een deel periode van b.v. 5 jaar. Dit gemiddelde is, onder aanname van geldigheid van het model, gelijk aan de gemiddelde grondwaterstijghoogte in het theoretische geval dat deze alleen afhankelijk zou zijn van de meteorologische omstandigheden. Als deze berekening voor verschillende deelperioden wordt herhaald, dan kan worden vastgesteld welke deelperioden qua effect op de grondwaterstijghoogte meteorologisch vergelijkbaar zijn. In de praktische uitvoering kan dan het voorschrijdend gemiddelde van ht worden genomen.

In figuur 3.1.2 is dit gepresenteerd voor de periodelengten van 5 en 9 jaar (in deze figuur is het jaartal op de x-as het periodemidden van de deelperiode).



Figuur 3.1.2 Meteorologische vergelijkbaarheid

Bij de IvM-analyse is als derde deelperiode (IVM3) 1978 t/m 1987 genomen (9 jaren). Uit de figuur blijkt, strikt genomen, dat deze periode "meteorologisch vergelijkbaar" is met de perioden 66-75 en 56-65. Deze beide perioden bevatten echter een combinatie van extreem droge en natte jaren, hetgeen zich uit in de steile helling van de grafiek. Het is niet verstandig om dergelijke

perioden in de vergelijking te betrekken omdat de analyse dan zeer gevoelig wordt voor bijzondere situaties of missende waarnemingen in deze extreme jaren. In het algemeen geniet een periode de voorkeur waarin de grafiek van het voortschrijdend gemiddelde een min of meer vlak, horizontaal verloop heeft, duidend op een gelijkmatig meteorologisch karakter over een langere periode. Dit is het geval voor de jaren 80 en de jaren 50, voorzover niet het droge jaar 1976, respectievelijk 1959 in de periode is opgenomen. Ook de jaren rond 1975 zijn wat dit betreft een goede keuze, waarbij echter moet worden bedacht dat in deze jaren een compensatie optreedt van het zeer natte halfjaar 74/75 met het extreem droge jaar 1976.

De periode IVM3 is meteorologisch "natter" dan de gekozen beginperiode (IVM1, 1950-1957). Op basis van het model voor meetpunt 51GB147 mag verwacht worden dat de gemiddelde grondwaterstijghoogte ca. 8 cm hoger zal uitvallen. De tweede periode (IVM2, 70-77) is ten opzichte van IVM1 meteorologisch "droger", het verschil in de gemiddelde grondwaterstijghoogte is ca. 5 cm. Binnen deze periode bevinden zich echter de jaren 74/75 en 76 waaraan het bovengenoemde risico verbonden is.

De (5-jaars) deelperioden die gebruikt zijn bij de analyse voor de 2e Nota Waterhuishouding zijn ook aangegeven in de grafiek. Bij deze analyse moet een reguliere "meteorologische" daling worden aangenomen van ca. 5 cm. Opgemerkt wordt echter dat beide deelperioden extreem droge jaren bevatten (zowel 1959 als 1976) zodat het analyseresultaat nogal gevoelig zal zijn voor bijzondere situaties of missende waarnemingen in deze jaren.

Tenslotte kan worden opgemerkt dat vrijwel een zelfde grafiek als figuur 3.1.2 ontstaat als het voortschrijdend gemiddelde wordt genomen van het neerslagoverschot zelf. Dit is het gevolg van het lineaire model tussen h_t en N_t , terwijl de traagheid van het grondwatersysteem bij dergelijke lange deelperioden nauwelijks een rol speelt.

Een voordeel van figuur 3.1.2 is echter dat daarmee ook de gevolgen van meteorologisch afwijkende perioden op de grondwaterstijghoogte kunnen worden geschat.

3.1.4 Slotopmerkingen

Samenvattend kan worden gesteld dat bij gebruik van de methode van periodevergelijking een periodelengte van ca. 8 jaar een goede keuze is. Bij voorkeur moeten geen extreem natte of droge jaren in de deelperioden zijn opgenomen. Met name de jaren vanaf 1977 en vóór 1959 zijn te beschouwen als geschikte deelperioden.

In deze notitie zijn getalvoorbeelden gegeven voor een meetpunt in een middelhoog dekzandgebied. Dit lijkt een redelijk voorbeeld in het kader van de verdroging. Uiteraard moet ermee rekening worden gehouden dat, afhankelijk van de hydrologische situaties, de verschillen elders groter of kleiner kunnen zijn. Hiermee rekening houdend wordt verwacht dat de statistische nauwkeurigheid ("onderscheidend vermogen", zie fig. 1) in het algemeen ca. 1 dm zal zijn, vooropgesteld dat er niet te veel missende waarnemingen zijn.

Bij vergelijking van de perioden 50-57 en 78-87 kan inderdaad worden gesteld dat:

als er een negatief periodeverschil (daling) wordt gevonden dan zal er in werkelijkheid ook (los van meteorologische omstandigheden) een daling zijn opgetreden. Voor het vaststellen van opgetreden dalingen is de periodekeuze dus aan de veilige kant. Bij verdere interpretatie moet er echter rekening mee worden gehouden dat de onderschatting van de daling afhankelijk van de hydrologische situatie kan variëren van ca. 5 tot ca. 20 cm. Dit betekent dat als er een periodeverschil wordt gevonden van b.v. 10 cm, dat de werkelijke daling dan 15 cm, maar even goed 30 cm kan zijn geweest. Andersom kan slechts met redelijke zekerheid een stijging worden vastgesteld als het gevonden periodeverschil groter is dan ± 20 cm.

Tenslotte zij nogmaals gesteld dat dit slechts geldt als er binnen de perioden niet teveel missende waarnemingen zijn. Zowel bij de hoge punten analyse als bij de reeksen analyse bij de voorbeeldterreinen wordt in een groot aantal gevallen niet aan deze voorwaarde voldaan.

In deze notitie is uitgegaan van een regelmatige waarnemingsfrequentie van 2 x per maand. De hoofdconclusies gelden echter ook voor een regelmatige frequentie van 1 x per kwartaal, zij het dat dan het missen van waarnemingen een grotere invloed heeft. Als betrouwbaarheidscriteria kunnen worden genomen:

1. Meetpunten die niet te grote verplaatsingen hebben gehad (< 50 meter) en gelijktijdig geen te grote verandering van de maaiveldshoogte
2. Periode omvat minstens 4 volledige jaren.
3. De deelperiode omvat gemiddeld minstens drieëneenhalve waarneming per jaar.

3.2 Inventarisatie en evaluatie van stijghoogtegegevens rond 100 natuurterreinen in Nederland

3.2.1 Inleiding

Uitgaande van het Handboek van Natuurmonumenten (Natuurmonumenten, 1985) zijn een honderdtal verdrogingsgevoelige natuurterreinen geselecteerd. Alle terreinen die op grond van de beschrijving in het Handboek, verdrogingsgevoelig kunnen worden genoemd, en waarvoor tevens, in de archieven van Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer, ecologische gegevens uit de jaren '50 beschikbaar zijn, zijn in de lijst opgenomen.

Deze "voorbeeldterreinen" zijn genoemd in tabel 3.2.2.

Voor elk voorbeeldterrein zijn de hydrologische indicatoren van verdroging geïnventariseerd. Hierbij zijn twee soorten indicatoren onderscheiden:

- (1) tijdreeks indicatoren, die uit een tijdreeks van grondwaterstijghoogten kunnen worden afgeleid en
- (2) literatuur indicatoren, die in verslagen van eco-hydrologische en geohydrologische studies beschreven zijn.

Ecologische indicatoren van verdroging zijn geïnventariseerd door C. van Gool en K. Groen van het Centrum voor Milieukunde Leiden (CML). Hierbij is de aandacht niet speciaal gericht op de voorbeeldterreinen, maar het merendeel van deze terreinen is evenwel toch beschreven in een protocol.

Zowel de ecologische als de hydrologische indicatoren van verdroging zijn opgenomen in een database.

In deze paragraaf worden de hydrologische tijdreeks-indicatoren behandeld. In 3.2.2 (Methode) worden deze indicatoren beschreven, in 3.2.3 worden de resultaten van de inventarisatie gepresenteerd en geëvalueerd.

3.2.2 Methode

Selectie van buizen

Voor elk van de voorbeeldterreinen is gezocht (in het Archief van Grondwaterstanden, Dienst Grondwaterverkenning DGV/TNO) naar representatieve buizen met een lange meetreeks. Een meetreeks die begonnen is vóór 1960 en doorloopt tot ná 1980 wordt als lang aangemerkt.

Voor elk terrein is de meest geschikte ondiepe buis aanvankelijk gewaardeerd op grond van (1) afstand tot het terrein, (2) representativiteit voor (delen van) het terrein, (3) aanwezigheid van andere buizen en (4) kwaliteit van de tijdreeks.

De punten (1) en (2) bleken van doorslaggevend belang en zijn voor alle terreinen gescoord. De criteria voor het geven van een bepaald aantal punten staan in tabel 3.2.1 vermeld.

Tabel 3.2.1 Scorecriteria voor afstand en representativiteit van peilbuizen.

Afstand				Punten
0	-	100	meter	5
100	-	300		4
300	-	600		3
600	-	1000		2
	>	1000		1

Representativiteit

De aanwezigheid van een van de genoemde (tussenliggende) overgangen cq. barrières, geven de hoogst mogelijke waardering aan.

vrijwel niets	5
twijfelgeval	4
enkel een gebiedsovergang (drainagepatroon, hoogteligging, landgebruik,...)	3
enkel een grote sloot o.i.d.	3
sterke gebiedsovergang	2
combinaties van bovenstaande barrières	2
onttrekking	2
bebouwing	2
combinaties onttrekking met ...	1
combinaties bebouwing met ...	1

Tabel 3.2.2 Representativiteit en nabijheid van (in het Archief voor Grondwaterstanden opgenomen buizen) bij voorbeeldterreinen. (3 pp.)

Deze tabel bevat informatie in de volgende kolommen:

A	Terreincodering (letter voor de grootteklasse + volgnummer).
B	Terreinnaam.
C	met signaal uit de probleemverkenning.
D	ecologische gegevens uit de 50-er jaren beschikbaar.
E	hydrologische gegevens uit de 50-er jaren beschikbaar.
F	reeds onderzocht in ander verband.
L	Eigenaar van het terrein.
T	Score voor andere buizen.
U	Score voor afstand.
V	Score voor interpoleerbaarheid.
W	Score voor reekskenmerken.
X	Afstand en interpoleerbaarheid samen (kruisjes).

A	B	C	D	E	F	L	T	U	V	W	X
GRONINGEN											
C1	Westerkwartier	+	+	-	+	SBB	5	4			++++
G2	Vlagtwedder (Lieftingsbroek)	-	+	-	+	NM	1	2			+
G5a	Appelbergen					MvD	5	4			++++
FRIESLAND											
B5	Fochteloerveen	+	+	+	-	NM/DdD	5	3			++++
B10	Appelscha					SBB	5	3			++++
B12	Tjongervallei	+	+	-	-	SBB	5	4			++++
C6	Rottige Meente	+	+	+	-	SBB	5	4			++++
DRENTHE											
B17	Dwingelose heide	+	+	-	+	NM	4	3	4		+++
B19	Borger Boswachterij	-	+	-	-	SBB		3	3		+++
B23	Gees Boswachterij	-	+	+	-	SBB	1	1	3		++
B32	Drentse Aa	+	+	-	+	SBB	5	3			++++
	(benedenloop) midde						4	5	4		++++
D20	Kraloerheide	+	+	-	+	SBB	4	3	4		+++
D22	Mensinghe	-	+	-	-	SBB		1	3		++
E19	Mantingerzand/bos	+	+	+	-	NM	5	5	5		+++++
E20	Uffelterveen	+	+	+	-	NM		1	3		++
E28	Elperstroom (Reitma)	+	+	-	-	SBB	1	4	3		+++
F15	Friese Veen en Vennebroek	-	+	+	-	NM		5	3		++++
F25	Stroomgebied Hunze	-	+	-	-	SBB	4	5	4		++++
G39	Plas te Berghuizen	-	+	-	-	NM		2	3		++
G50	Bunnerveen	-	+	-	-	SBB		3	3		+++
G63	Mastenbroek	-	+	-	+	SBB		2	2		++
OVERIJSSSEL											
B35	De Wieden	+	+	+	+	NM	5	5	5	3	+++++
B38	Weerribben	+	+	-	+	SBB	5	5	5		+++++
C15	Engbertsdijksvenen	+	+	+	-	SBB	5	5	4		++++
D26	Buurserzand	+	+	-	+	NM	4	2	4		+++
D31	Haaksbergerveen	+	+	+	-	SBB		5	4		++++
D32	Springendal	-	+	-	-	SBB		4	3		+++

Tabel 3.2.2
(2de pagina)

E33	Ageler- en Voltherbroek	+	+	+	+	NM	4	5	4	++++
E35	Eerde	-	+	-	-	NM	1	3	3	+++
E44	Riv. duin Ov. Vecht, Junner	-	+	-	+	SBB		3	3	+++
G81	Hazelbekke	-	+	-	-	NM	1	1	2	+
G82	Smoddebos (Snoeyingsbeek)	-	+	-	+	OL		2	3	++
G86	Entervenen	+	+	-	-	SBB		1	1	+
G88	Fayersheide	+	+	+	-	SBB	2	2	3	++
G91	Lemselermaten	-	+	-	+	SBB	2	5	4	++++
G95	Rossummer Meeden	-	+	-	+	SBB		3	3	+++
G100	Veerslootlanden	+	+	-	+	SBB	1	5	3	++++

GELDERLAND

B49	Bergherbos (Montferland)	-	+	-	-	NM	2	1	2	5	+
B52	NP Veluwezoom	-	+	+	-	NM					
C29	Hackfort	-	+	-	-	NM	5	5	3	3	++++
C31	Staverden (Leuvenumse beek	-	+	-	-	GL		5	3		++++
D50	Oldenaller	-	+	-	-	NM	3	5	4	2	++++
D61	Overasseltse en Hatertse v	-	+	+	-	SBB	2	5	3	2	++++
E52	Korenburgerveen	-	+	+	+	NM	5	1	3	2	++
E59	Arkemheen	+	+	-	-	SBB					
E62	Needse Achterveld	+	+	-	+	SBB	1	1	2	2	+
F43	Hekenbroek	-	+	-	-	NM	5	5	3	2	++++
F53	Bruuk	+	+	-	+	SBB	3	5	4	5	++++
G104	Bloemkampen & Grote Weiland	-	+	+	-	NM	5	5	4		++++
G106	Bekendelle	-	+	-	+	NM	3	4	4	2	++++
G107	Buskersbos (Stemerdink)	-	+	-	+	NM		1	3		++
G109	Empese en Tondense Heide	+	+	-	+	NM	4	4	3	1	+++
G111	Wooldse Veen	-	+	-	-	NM	1	2	3	2	++
G116	Allemanskamp	-	+	-	+	SBB	1	3	2	1	++
G118	Bennekomse Meent	-	+	-	+	SBB	1	5	3	3	++++
G123	Koolmansd en Nijkampsheid	+	+	+	+	SBB	2	2	3	4	++
G123a	Lievelderveld	-	+	+	-	SBB	1	2	2	1	++
G124	Paalveen en Wisselse veen	-	+	+	-	SBB	2	1	1	2	+
G130	Stelkampsveld	-	+	-	+	SBB	3	2	3	5	++
G132a	Vildersveen	-	+	+	-	SBB	3	1	4	2	++

UTRECHT

C60	Leersum	+	+	+	-	SBB	2	5	4	3	++++
D90	Botshol	-	+	-	+	NM	5	5	2	3	+++
D92	Loosdr. en Tienh. Plassen	+	+	-	-	NM	2	5	2		+++
D96	Nieuw Amelisweerd	+	+	-	-	Utr.	1	1	3	2	++
E70	Molenpolder	+	-	+	-	SBB	5	3	2	3	++
G136	De Hel en de Blauwe Hel	+	+	+	-	SBB/NM	1	1	3	4	++
G137	Kamerikse Nessen	-	+	+	-	NM	2	1	2	3	+
G138	Soesterveen	+	+	-	-	NM	5	4	3		+++
G148	Groot Zandbrink	+	+	-	+	SBB	2	1	1	2	+
G151	Meeuwenkampje					SBB	1	3	2	4	++
G152	Meijelanden	-	+	+	-	SBB	1	1	2		+
G155	Rhijnauwen					SBB	3	5	3	2	++++

NOORD-HOLLAND

C64	Ankeveense plassen	+	+	-	-	NM	5	4			++++
C65	Naardermeer	+	+	-	-	NM	5	3			++++
D99	Kortenhoeftse Plassen	+	+	-	-	NM	5	5			+++++
F68	Alkmaarder meer	-	+	-	-	NHL	5	3			++++

Tabel 3.2.2

(3de en laatste pagina)

G161a Hargergat	-	+	-	-	NHL	1	2	+
ZUID-HOLLAND								
B70 Nieuwkoopse Plassen	-	+	-	-	NM	4	4	++++
C75 Voorne's Duin	-	+	+	-	NM	5	5	+++++
G182 Blokboezeml (Veerstalblok)	-	+	-	-	ZHL	5	3	++++
G187a Oude Maas	-	+	-	+	ZHL	1	2	+
NOORD-BRABANT								
B79 Kampina	+	+	-	+	NM	5	4	++++
B85 Strabrechtse Heide	-	+	-	+	SBB	5	3	++++
D121 Oisterwijkse vennen	-	+	+	-	NM	4	3	+++
D131 Deurnse Peel	+	?	-	-	SBB	5	3	++++
F90 Haagse Beemden	-	+	-	-	SBB	4	3	+++
G212 Dommelbeemden	-	+	-	+	SBB	5	3	++++
G213 Den Dulver	-	+	-	-	SBB	4	3	+++
G216 Goudbergven	-	+	-	+	SBB	2	2	++
G222 't Merkske	-	+	-	+	SBB	5	3	++++
LIMBURG								
B90 Mariapeel	+	-	-	-	SBB	5	3	++++
B91 Meijnweg	+	+	+	+	SBB	5	5	+++++
C99 Groote Peel	+	-	-	-	SBB	3	3	+++
D165 Sint-Jansberg	-	+	+	-	NM	1	2	+
D171 Melicker heide en Luzenkamp	+	?	-	-	Mel.	4	4	++++
E110 Sarsven en de Baanen					LL	4	4	++++
E111 Bunderbos	+	?	-	-	SBB	5	3	++++
E113 Schuitwater (Stroomgeulen)	+	+	-	+	SBB	5	3	++++
G239 Bovenste Bos	-	+	-	-	NM	3	3	+++
G244 Limbrichterbos	-	+	+	-	NM	5	5	+++++

De resultaten van deze waardering staan in tabel 3.2.2, waarin tevens met een staafdiagram van plusjes (++) het gemiddelde is aangegeven van de scores voor de afstand en de representativiteit van de buis. Een buis wordt als voldoende representatief en nabij beschouwd als hij 4 of 5 plusjes scoort. In dat geval kan op grond van de waarnemingen aan de geselecteerde buis een uitspraak worden gedaan over het grondwater in het voorbeeldterrein. Het voorbeeldterrein wordt dan "sterk" genoemd.

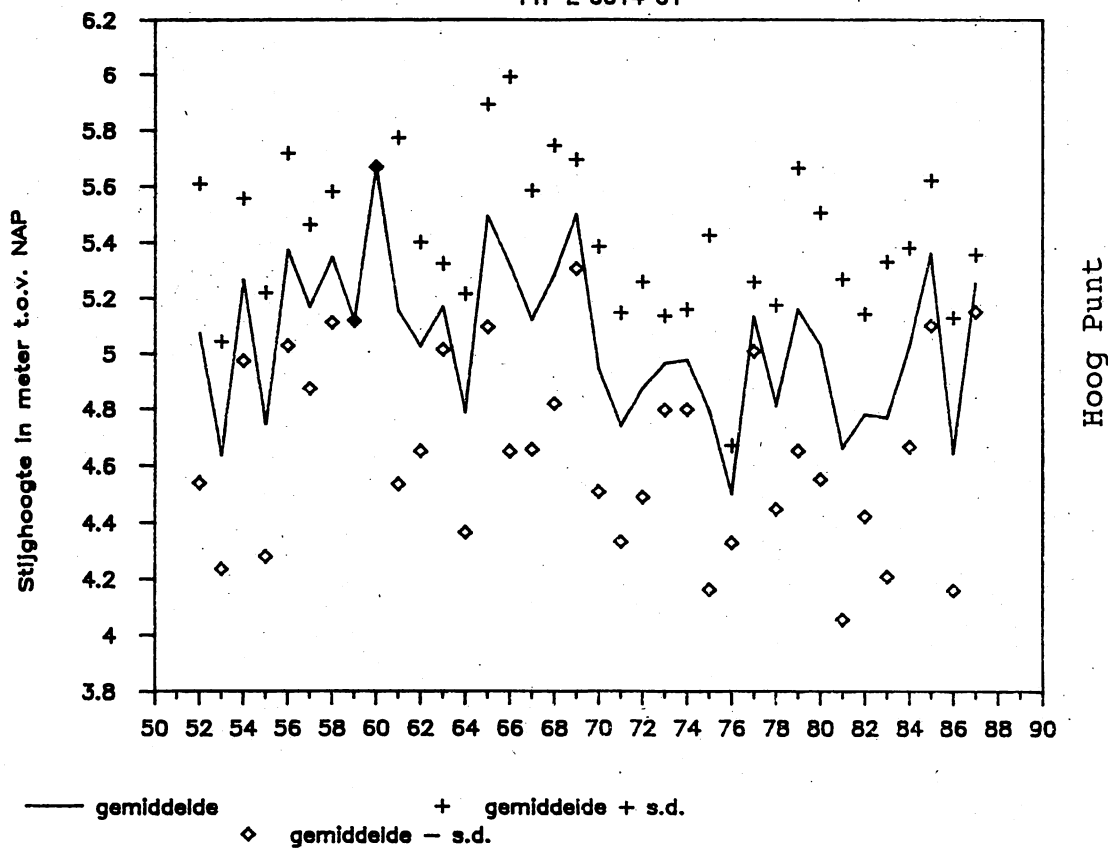
Daarnaast is voor het merendeel van de (sterke) voorbeeldterreinen een (min of meer) nabijgelegen diepe buis geselecteerd. Voor de sterke voorbeeldterreinen worden uitspraken gedaan over het (diepe en ondiepe) grondwater op grond van de tijdreeksen. Voor de overige voorbeeldterreinen kan op grond van tijdreeksen - uit het bestand van DGV/TNO - geen harde uitspraak worden gedaan over de veranderingen in het grondwaterregime (in de periode 1950 - heden). Voor enkele van deze terreinen zijn echter geohydrologische literatuurgegevens beschikbaar. Inschatting van de verdroging geschiedt in die gevallen op basis van literatuurgegevens.

Informatie uit tijdreeksen van grondwaterstijghoogtes

De ideale tijdreeks van de grondwaterstijghoogte is lang, ononderbroken en frequent waargenomen in een nooit verplaatste waarnemingsbuis. Een dergelijke ideale tijdreeks wordt zelden aangetroffen.

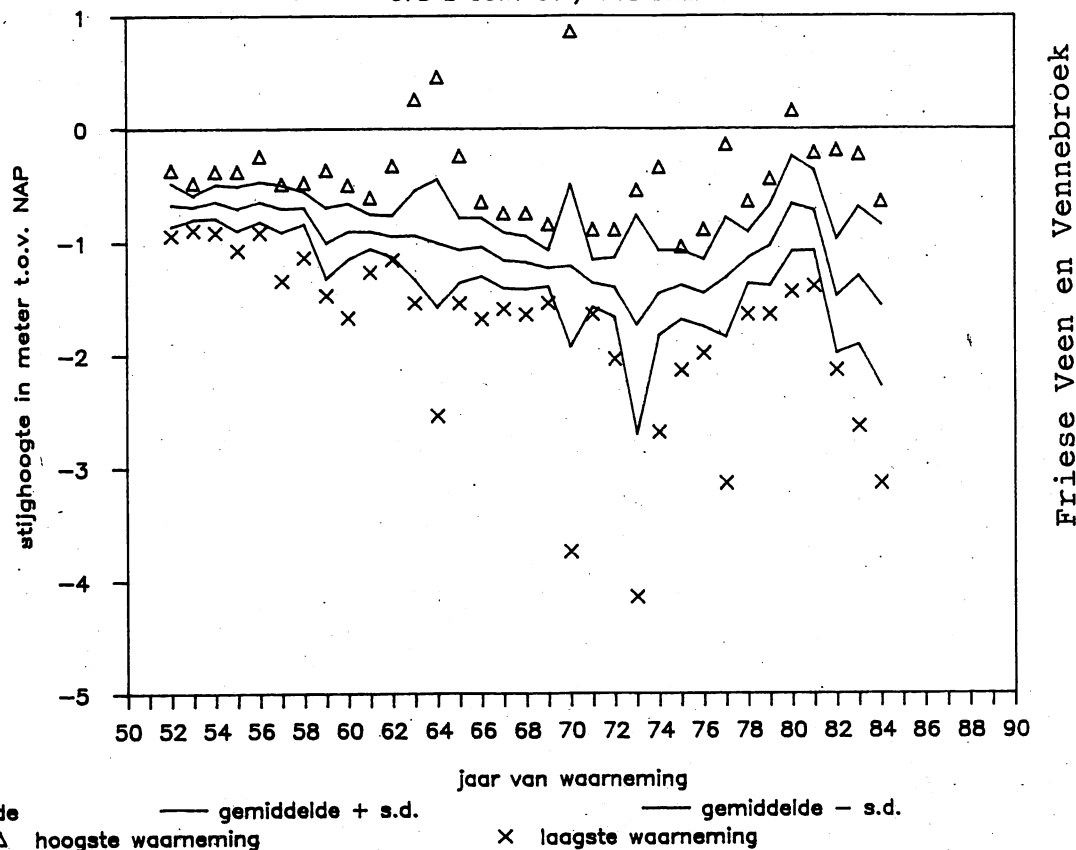
JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

11F L 0014 01



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

07D B 0071 01 / F15 DRENTHE



Figuur 3.2.1 Grafieken met een tijdreeks van kenmerken van de grondwaterstijghoogte.

De meest complete informatie aangaande een tijdreeks wordt geleverd door een grafiek van alle waarnemingen van de tijdreeks. Een afgeleide daarvan, een grafiek met enkele jaarkenmerken (Figuur 3.2.1), is voor elk van de geselecteerde buizen geproduceerd. Een dergelijke grafiek geeft wel veel informatie, maar geen concreet getal over een eventuele verandering in de grondwaterstand.

Voor het bepalen van een dergelijk getal (een verschil) moet een keuze worden gemaakt voor bijvoorbeeld 2 perioden, waarvan de gemiddelde grondwaterstanden redelijkerwijs kunnen worden vergeleken. Dit houdt altijd een verlies van informatie in. In het extreme geval ontbreken (alle) waarnemingen in de eerste - (referentie-) of tweede periode, waardoor geen verschil kan worden bepaald. Als in één van de perioden slechts enkele waarnemingen zijn gedaan, waaruit vervolgens een gemiddelde wordt bepaald, dan kan dit een vertekend beeld opleveren. Grondwaterstanden buiten de beschouwde perioden worden helemaal niet beschouwd.

Bij het vergelijken van twee perioden met name ook de meteorologische vergelijkbaarheid een punt van discussie. Het vergelijken van een natte periode met een droge levert stellig een verschil op. Op de vergelijkbaarheid van perioden is ingegaan in paragraaf 3.1.

Een dergelijke methode is dan ook altijd indicatief, terwijl de keuze van de deelperioden van groot belang is. Een betere methode is statistische tijdreeksmodellering. Door DGV zijn dergelijke modelleringen toegepast in het kader van verdrogingsonderzoek in opdracht van DBW/RIZA (Rolf, 1989). Binnen dit project is er echter geen ruimte voor het toepassen van tijdreeksmodelleringen, die veel tijd vergen en hoge eisen stellen aan de in te voeren (stijghoogte-)gegevens.

Daarom is een keuze gemaakt voor het vergelijken van perioden. De volgende perioden worden vergeleken:

Periode Omschrijving

- (1) 1950 t/m 1957, dit is de referentieperiode, die niet als nat noch als droog betiteld kan worden;
- (2) 1970 t/m 1977, een relatief droge periode;
- (3) 1978 t/m 1987, wederom een gemiddelde periode (eerder nat dan droog).

De vergelijking levert twee getallen op, een verschil in de gemiddelde grondwaterstand tussen de tweede (droge) periode en de eerste (referentie-)periode en een verschil tussen de derde periode en de eerste (referentie-)periode.

Het verschil tussen de perioden 1 en 2 geeft aan "hoe erg het was" (mede onder invloed van het klimaat), het verschil tussen de perioden 1 en 3 geeft een beeld van de consequent gerealiseerde verandering. De invloed van meteorologische omstandigheden zal eerder leiden tot een onderschatting van een daling van de grondwaterstand dan tot een overschatting, doordat de periode 3 "natter is" dan de referentieperiode.

Tabel 3.2.3 Stijghoogteveranderingen in peilbuizen bij sterke voorbeeldterreinen (1 p. toelichting, 3 pp. tabel)

Tabel 3.2.3 Stijghoogteveranderingen in peilbuizen bij sterke voorbeeldterreinen. Toelichting.

Deze tabel bevat getallen die uit tijdreeksen van grondwaterstanden zijn afgeleid.

Verklaring van de gebruikte symbolen:

- score - geschiktheid van de ondiepe buis
- code - terreincode bestaande uit een letter voor de grootteklasse en een volgnummer
- naam - naam volgens het Handboek van Natuurmonumenten
- pr - provincie
- h - gemiddelde stijghoogte (in meter t.o.v. NAP)
- d(h) - verschil in gemiddelde stijghoogte
- s.d. - standaard deviatie
- n - aantal waarnemingen
- jaren - eerste en laatste jaar van waarneming.
- * - een sterretje indiceert een minder hoge betrouwbaarheid (door verplaatsing of door veel ontbrekende waarnemingen)
- periode 1 - 1950 t/m 1957 (gemiddelde periode v.w.b. grondwaterstijghoogte)
- periode 2 - 1970 t/m 1977 (droge periode)
- periode 3 - 1980 t/m 1987 (iets natter dan gemiddeld)

Tabel 3.2.3 Stijghoogteveranderingen in peilbuizen bij sterke voorbeeldterreinen. Pagina 1.

naam	pr	buisnummer	afstand (km)	diepte tov mv	periode 50-57				periode 70-77				periode 78-87				periode 2 - 1		periode 3 - 1	
					h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	d(h)	s.d.	d(h)	s.d.
Westerkwartier	GR	06G P 0040 02	1.0	24.5				0	-0.19	0.22	96	70-77	-0.14	0.2	83	78-86				
Westerkwartier	GR	06H L 0008 01	0.1	1.8	-0.57	0.21	213	51-57				0	-0.45	0.28	46	83-86			0.11	0.04
Friese Veen en Vennebroek	DR	07D B 0071 01	4.0	80.0	-0.67	0.18	133	52-57	-1.41	0.55	176	70-77	-1.08	0.57	115	78-84	-0.74	0.04	-0.41	0.06
Friese Veen en Vennebroek	DR	07D L 0010 01	0.1	1.9	0.48	0.25	11	52-55 *	0.26	0.33	14	70-77 *	0.28	0.30	39	78-87	-0.22	0.12	-0.20	0.09 *
Drentse Aa (Benedenloop)	DR	12B P 0001 01	1.0	24.7	1.06	0.26	29	52-57	0.33	0.30	146	70-77	0.67	0.30	209	78-87	-0.73	0.05	-0.39	0.05
Drentse Aa (Middenloop)	DR	12E B 0064 01	2.0	68.2	3.01	0.17	79	51-57	2.34	0.19	32	70-77	2.37	0.17	36	78-86	-0.66	0.04	-0.63	0.04
Drentse Aa (Bovenloop)	DR	12D B 0030 01	1.0	66.9	10.05	0.23	78	51-57	9.60	0.33	121	70-77	9.73	0.26	256	78-87	-0.46	0.04	-0.32	0.03
Drentse Aa (Bovenloop)	DR	12D L 0005 01 *	0.1	1.9	5.84	0.14	13	52-57 *	5.77	0.28	29	70-77	5.87	0.20	38	78-87	-0.07	0.07	0.03	0.05 *
Appelbergen	GR	12B P 0029 03		124.1	-0.22	0.26	133	52-57	-0.97	0.33	189	70-77	-0.68	0.28	211	78-86	-0.75	0.03	-0.45	0.03
Appelbergen	GR	12B P 0035 01	0.1	49.2	0.17	0.27	29	52-57	-0.83	0.37	150	70-77	-0.41	0.39	211	78-87	-1.00	0.06	-0.58	0.06
Fochteloerveen	FR	12C L 0008 01	0.1	1.3	9.72	0.21	30	52-57	9.57	0.33	26	70-76				0	-0.15	0.08		
Stroomgebied Hunze	DR	12E B 0076 01	1.5	67.4	1.57	0.19	149	51-57	1.19	0.33	190	70-77	1.02	0.29	190	78-86	-0.38	0.03	-0.55	0.03
Stroomgebied Hunze	DR	12E L 0048 01 *	0.1	3.2	5.97	0.22	15	53-57 *	5.88	0.35	24	70-77 *	5.73	0.30	39	78-87	-0.10	0.09	-0.25	0.08 *
Rottige Meente	FR	16B L 0047 01 *	0.1	?	-0.95	0.13	22	52-57				0				0				
Tjongervallei	FR	16E L 0021 01	0.1	?	3.15	0.43	21	52-57				0				0				
(Deelgeb. Noordwolder Meente)	FR	16E B 0001 01	0.0	31.3	2.30	0.29	140	52-57	1.65	0.30	192	70-77	1.64	0.28	216	78-86	-0.65	0.03	-0.66	0.03
Tjongervallei	FR	16E B 0007 01	1.0	46.1	-0.02	0.21	79	53-57	-0.40	0.35	32	70-77	-0.40	0.27	36	78-86	-0.38	0.07	-0.38	0.05
(Deelgebied Lindevallei)	FR	16E L 0039 01 *	0.1	?	0.70	0.44	12	52-57 *	0.00	0.00	0	0-0 **				0				
Appelscha	FR	16F L 0006 01 *	0.1	?	7.15	0.40	21	52-57	0.00	0.00	0	0-0 **				0				
Mantingerzand/bos	DR	17D B 0034 01	1.0	50.0	14.87	0.32	135	51-57	14.40	0.24	136	70-76	14.67	0.55	92	82-87	-0.47	0.03	-0.20	0.06
Weerribben	OV	16D L 0013 01	0.1	1.7	-0.76	0.15	113	52-57	-0.71	0.04	176	70-77	-0.71	0.06	130	78-83	0.05	0.01	0.05	0.01
De Wieden	OV	21B P 0119 01	0.1	29.5	-0.71	0.11	28	56-57 *	-0.93	0.10	188	70-77	-0.98	0.10	184	78-86	-0.23	0.02	-0.27	0.02 *
De Wieden	OV	21B P 0119 03	0.0	69.5	-0.74	0.12	27	56-57 *	-0.92	0.10	188	70-77	-0.86	0.16	180	78-86	-0.18	0.02	-0.12	0.03 *
Veerslootlanden	OV	21E L 0009 01	0.1	1.9	-0.63	0.14	13	52-56 *	-0.71	0.14	31	70-77	-0.76	0.15	58	78-87	-0.08	0.05	-0.13	0.04 *
Engbertsdijksvenen	OV	22G L 0013 01	0.1	1.8	13.56	0.47	11	52-55 *	13.14	0.54	30	70-77	13.23	0.46	16	78-81	-0.42	0.18	-0.33	0.19 *
Ageler- en Voltherbroek	OV	28F L 0048 01 *	0.1	1.5				0	19.90	0.34	30	70-77	19.83	0.37	38	78-87				
Ageler- en Voltherbroek	OV	28F W 0043 01	2.0	?				0	35.93	0.12	185	70-77	35.89	0.15	214	78-86				
Lemselermaten	OV	28H L 0014 01 *	0.1	2.1				0	19.31	0.49	259	70-77	19.09	0.31	119	78-83				
Haaksbergerveen	OV	34H L 0001 01 *	0.1	?	31.45	0.28	21	52-57	31.33	0.07	3	77-77 *	31.63	0.38	32	78-87 *	-0.12	0.08	0.18	0.09 *
Staverden (Leuvenumse beek)	GLD	27C L 5011 01	0.1	1.5	4.12	0.17	210	50-57	3.81	0.25	184	70-77	3.89	0.22	205	78-87	-0.31	0.02	-0.23	0.02
Rhijnauwen	UT	32C L 0201 01	0.1	1.8	1.37	0.32	2	57-57 *	0.74	0.14	140	70-77	0.79	0.14	155	78-86	-0.63	0.33	-0.59	0.33 *
Rhijnauwen	UT	32C P 0201 01	0.0	12.4	0.82	0.09	4	57-57 *	0.67	0.11	192	70-77	0.71	0.08	189	78-86	-0.15	0.05	-0.11	0.05 *
Oldenaller	GLD	32E L 0020 01	0.1	1.8	1.15	0.23	12	52-55 *	1.02	0.27	14	70-73				0	-0.13	0.01		

Tabel 3.2.3 Stijghoogteveranderingen in peilbuizen bij sterke voorbeeldterreinen. Pagina 2.

naam	pr	buisnummer	afstand (km)	diepte tov mv	periode 50-57				periode 70-77				periode 78-87				periode 2 - 1		periode 3 - 1	
					h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	d(h)	s.d.	d(h)	s.d.
Hackfort	GLD	33H L 0008 01	0.1	?	9.78	0.32	101	52-57	9.54	0.18	43	70-72 *			0		-0.23	0.04		
Hackfort	GLD	33H B 0018 01	0.0	16.0	9.53	0.28	81	50-57	9.36	0.26	32	70-77	9.43	0.26	39	78-87	-0.17	0.06	-0.10	0.05
Leersum	UT	39B L 0003 01 *	0.1	3.9	6.35	0.46	22	52-57	6.52	0.40	20	73-77	6.94	0.33	19	78-82	0.17	0.14	0.59	0.13 *
Bennekomse Meent	GLD	39E L 0004 01	0.1	1.8	5.27	0.31	1162	52-56	5.29	0.36	187	70-77	5.76	0.08	36	78-79 *	0.02	0.03	0.49	0.02 *
Bennekomse Meent	GLD	39F B 0117 01	4.5	30.1	13.14	0.36	78	50-57	11.94	0.35	34	70-77	12.01	0.28	76	78-85	-1.20	0.07	-1.12	0.05
Hekenbroek	GLD	40F L 0006 01 *	0.1	?	8.82	0.33	12	52-55 *	8.46	0.32	28	70-77	8.47	0.29	40	78-87	-0.35	0.12	-0.34	0.11 *
Hekenbroek	GLD	40F B 0004 01	0.0	14.7	8.31	0.31	77	50-56	0.00	0.00	0	0-0	7.18	0.28	25	82-87			-1.13	0.07
Bekendelle	GLD	41E L 0012 01	0.3	?	31.86	0.22	11	52-55 *	31.87	0.26	31	70-77	31.97	0.26	43	78-87	0.01	0.08	0.12	0.08 *
Bekendelle	GLD	41E P 0010 01	3.5	6.1	25.52	0.39	114	53-57	25.03	0.43	181	70-77	25.01	0.39	239	78-87	-0.50	0.05	-0.51	0.04
Overasseltse en Hatertse ven.	GLD	46A L 0012 01 *	0.1	2.8	7.26	0.28	6	52-55 *	6.49	0.15	98	70-77	6.46	0.16	94	78-86	-0.77	0.13	-0.80	0.13 *
Overasseltse en Hatertse ven.	GLD	46A B 0022 01	0.0	?	7.63	0.23	48	56-57 *	6.90	0.20	159	70-77	7.03	0.21	217	78-87	-0.73	0.04	-0.60	0.04 *
Overasseltse en Hatertse ven.	GLD	46A L 0024 01 *	0.1	2.8	7.42	0.29	12	53-55 *	6.79	0.19	108	70-77	6.99	0.22	81	78-87	-0.63	0.09	-0.43	0.09 *
Bruuk	GLD	46B L 0004 01	0.1	1.8			0		15.91	0.28	31	70-77	15.78	0.36	14	78-81				
Bruuk	GLD	46B B 0002 01	6.5	12.0	9.03	0.35	171	50-57	8.35	0.33	188	70-77	8.72	0.36	179	78-87	-0.68	0.04	-0.31	0.04
Alkmaarder meer	NH	19D P 0001 02	0.8	25.8			0		-1.54	0.19	94	70-77	-1.32	0.09	21	78-79 *				
Alkmaarder meer	NH	19D P 0035 01	0.1	24.5			0		-1.30	0.09	94	70-77	-1.18	0.13	67	78-87				
Naardermeer	NH	25H L 0046 01	0.0	1.8			0		-1.06	0.18	189	70-77	-1.05	0.16	202	78-86				
Naardermeer	NH	25H L 0054 01	0.0	1.6			0		-1.13	0.11	101	73-77	-1.11	0.07	184	78-86				
Nieuwkoopse Plassen	ZH	31B P 0045 03	4.5	54.8			0		-5.24	0.06	187	70-77	-5.24	0.05	144	78-86				
Nieuwkoopse Plassen	ZH	31D P 0003 01	0.3	19.2			0		-3.24	0.08	169	70-77	-3.21	0.06	109	78-87				
Kortenhoefse Plassen	NH	31F L 0014 01 *	0.1	1.7	-1.27	0.24	239	50-57	-0.81	0.13	123	72-77	-0.79	0.10	205	78-86	0.46	0.02	0.48	0.02 *
Kortenhoefse Plassen	NH	31F P 0027 01	0.1	6.5	-1.20	0.04	61	55-57 *	-1.19	0.04	170	70-77	-1.16	0.04	200	78-86	0.01	0.01	0.04	0.01 *
Kortenhoefse Plassen	NH	31F P 0132 03	0.1	61.5			0		-1.04	0.08	190	70-77	-0.99	0.08	156	78-87				
Voorne's Duin (Noord. duinv.)	ZH	37C L 0011 01 *	0.0	1.6			0		2.26	0.30	159	70-77	2.64	0.33	182	78-87				
(Quackjeswater, zuid.)	ZH	37C L 0039 01	0.0	1.6			0		3.24	0.27	185	70-77	3.40	0.25	40	78-79 *				
(Zwarte hoogte, west)	ZH	37C L 0092 01	0.0	1.6			0		2.67	0.19	151	71-77	2.73	0.11	65	78-81				
Voorne's Duin	ZH	37C P 0173 02	0.5	25.4	-0.09	0.06	125	52-57	-0.63	0.07	112	70-74			0		-0.55	0.01		
Blokboezeml (Veerstalblok)	ZH	38A P 0144 01	0.1	23.5	-3.57	0.10	104	53-57			0				0					
Blokboezeml (Veerstalblok)	ZH	38A P 0144 02	0.1	44.5	-4.22	6.82	104	53-57			0				0					
't Merkske	NB	50D L 0007 01	0.1	2.9	18.81	0.47	17	52-57 *	18.97	0.57	30	70-77	19.56	0.38	37	78-87	0.16	0.16	0.75	0.13 *
't Merkske	NB	50G B 0021 01	3.5	59.4	21.06	0.33	81	51-57	20.47	0.44	32	70-77	21.23	0.47	38	78-87	-0.59	0.09	0.17	0.09
Kampina	NB	51A B 0008 01	1.5	30.6	7.78	0.34	79	52-57	7.42	0.38	32	70-77	7.64	0.27	103	78-87	-0.36	0.08	-0.14	0.05
Kampina	NB	51A L 0012 01	0.1	1.7	8.60	0.42	10	52-55 *	8.49	0.43	84	70-77	8.68	0.39	201	78-86	-0.11	0.15	0.08	0.14 *

Tabel 3.2.3 Stijghoogteveranderingen in peilbuizen bij sterke voorbeeldterreinen. Pagina 3.

naam	pr	buisnummer	afstand (km)	diepte tov mv	periode 50-57				periode 70-77				periode 78-87				periode 2 - 1		periode 3 - 1	
					h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	d(h)	s.d.	d(h)	s.d.
Dommelbeemden	NB	51E B 0011 01	1.2	37.0	10.85	0.40	79	50-57			0				0					
Dommelbeemden	NB	51E L 0007 01	0.1	1.7	10.61	0.30	19	52-57 *	10.56	0.34	27	70-77 *	10.57	0.30	39	78-87	-0.06	0.01	-0.04	0.09 *
Strabrechtse Heide	NB	51H L 0031 01 *	0.1	2.9	23.31	0.41	49	52-55	23.23	0.58	21	72-77	23.63	0.41	38	78-87	-0.08	0.14	0.32	0.09 *
Deurnse Peel	NB	52C L 0015 01 *	0.1	1.4	28.97	0.45	10	53-55 *	28.84	0.26	15	70-73			0		-0.13	0.17		
Mariapeel	L	52D P 0031 01	0.1	20.0	31.23	0.26	41	55-57 *	30.91	0.42	32	70-77	31.16	0.40	41	78-87	-0.32	0.09	-0.07	0.08 *
Schuitwater (Stroomgeulen)	L	52E L 0083 01 *	0.1	2.9	16.33	0.26	15	52-56 *	15.16	0.49	28	70-77	14.89	0.36	37	78-86	-1.17	0.12	-1.45	0.09 *
Schuitwater (Stroomgeulen)	L	52E P 0007 01	0.0	11.5	16.93	0.22	63	55-57 *	15.74	0.34	192	70-77	15.90	0.21	212	78-86	-1.19	0.04	-1.04	0.03 *
Schuitwater (Stroomgeulen)	L	52E P 0007 02	0.0	4.6	16.79	0.22	63	55-57 *	16.01	0.31	192	70-77	16.19	0.20	212	78-86	-0.78	0.04	-0.61	0.03 *
Sarsven en de Baanen	L	58A B 0020 01	1.4	29.6	29.14	0.44	82	51-57	28.82	0.46	32	70-77	29.24	0.44	173	78-86	-0.32	0.01	0.09	0.06
Groote Peel	L	58A L 0001 01	0.1	2.7			0		27.19	0.43	179	70-77	27.22	0.45	185	78-86				
Sarsven en de Baanen	L	58A P 0040 01	0.3	33.3	29.08	0.30	39	56-57 *	28.73	0.30	91	70-74			0		-0.35	0.06		
Groote Peel	L	58A P 0042 01	0.3	27.2	28.10	0.38	55	55-57 *	27.77	0.41	158	70-77	27.89	0.40	174	78-86	-0.34	0.06	-0.21	0.06 *
Melicker heide en Luzenkamp	L	58G B 0042 01	3.0	23.7	25.27	0.22	54	55-57 *	24.94	0.28	32	70-77	25.12	0.23	41	78-87	-0.34	0.06	-0.16	0.05 *
Melicker heide en Luzenkamp	L	58G P 0004 01	0.3	5.7	26.92	0.24	38	56-57 *	26.27	0.34	32	70-77	26.62	0.30	37	78-87	-0.65	0.07	-0.29	0.06 *
Meijnweg	L	58G P 0045 01	0.1	7.1	55.49	0.37	71	55-57 *	55.71	0.77	190	70-77	54.70	0.39	212	78-86	0.22	0.07	-0.78	0.05 *
Meijnweg	L	58G P 0045 02	0.1	20.3	55.03	0.34	71	55-57 *	55.27	0.85	190	70-77	54.17	0.38	212	78-86	0.24	0.07	-0.86	0.05 *
Limbrichterbos	L	60C P 0049 01	0.1	17.8	31.83	0.48	80	51-57	30.58	0.60	31	70-77	31.88	0.66	131	78-87	-1.25	0.12	0.05	0.08
Bunderbos	L	61F P 0003 01	0.1	36.3	37.33	0.60	102	55-57 *	34.43	0.75	313	70-77	34.20	0.72	43	78-79 *	-2.90	0.07	-3.14	0.13 *

In tabel 3.2.3 staan de resultaten van deze bewerking op buizen voor de "sterke" voorbeeldterreinen in geheel Nederland. De kolommen in deze tabel bevatten achtereenvolgens:

de terrein-naam (naam),
 provincie waarin het terrein gelegen is (pr),
 het nummer van de buis (buisnummer),
 een kwaliteitsaanduiding (* of geen *),
 afstand van de buis tot het terrein (afstand),
 diepte van het midden van het filter t.o.v. maaiveld (diepte),

vervolgens van de drie genoemde perioden:

de gemiddelde grondwaterstand (h),
 de standaard deviatie van die grondwaterstand (s.d.),
 het aantal waarnemingen in die periode waaruit het
 gemiddelde is bepaald (n),
 het eerste en het laatste jaar in die periode, waarin
 waargenomen is (jaren) en
 een kwaliteitsaanduiding,

de periode-verschillen van de gemiddelde
 grondwaterstijghoogten met de bijbehorende standaard deviaties
 opgenomen (resp. d(h) en s.d.)

Betrouwbaarheid

De genoemde kwaliteitsaanduiding is gebaseerd op de criteria die in paragraaf 3.1 zijn aangegeven.

Een * betekent dat aan één of meerdere van deze criteria **niet** is voldaan. Een * na het buisnummer duidt op een storende verplaatsing van de buis, een * naast een reeks kolommen met periode-gegevens duidt op een onvoldoende aantal waarnemingen of - jaren van waarneming. De verschillen die met een ster gemarkeerd zijn, zijn minder betrouwbaar.

Als een maat voor de betrouwbaarheid is tevens voor elke periode naast het gemiddelde van de gemeten grondwaterstanden ook het aantal grondwaterstanden (n) en de standaard deviatie (s.d.) in tabel 3.2.3 opgenomen.

De standaard deviatie is een maat voor de spreiding van de waarden van een aantal waarnemingen rond een gemiddelde. Met deze maat kan, wanneer er aan een aantal voorwaarden is voldaan, een uitspraak worden gedaan over de betrouwbaarheid van het berekende gemiddelde. Voorwaarden zijn een normale verdeling van de populatie en onafhankelijke waarnemingen aan die populatie. Aan de laatste voorwaarde wordt bij een tijdreeks van grondwaterstanden slechts in beperkte mate voldaan, afhankelijk van de frequentie van waarnemen.

De in dit onderzoek berekende standaard deviatie wordt voor een belangrijk deel bepaald door de natuurlijke, min of meer voorspelbare, seizoensgebonden fluctuatie van het grondwater. Het andere deel hangt samen met de beperktheid van het aantal waarnemingen ("de steekproef") aan de grondwaterstand.

Terreinnaam: Fochtlooveren
Terreincode: B5

Kaartblad: 11H/12C
Handboek NM p.: 52

1. Meest geschikte ondiepe buis met een lange meetreeks:

Kaartblad: 12C Type: L Nummer: 8 Filter:

a) Afstand tot het terrein	b) Vergelijkbaarheid v.h. gebiedstype	c) Interpoleerbaarheid	d) Reekscriteria
0 - 100	☒ Drainagepatr.	wel/niet (5)	vrijwel niets
100 - 300	0 Hoogteligging	wel/niet (≤ 3)	gebiedsovergang
300 - 600	0 Landgebruik	wel/niet (≤ 3)	grote beek/sloot
600 - 1000	0	wel/niet (≤ 2)	onttrekking
1000 - 2000	0	(≤ 2) bebouwing	
> 2000	0 Gebiedstype vergelijkbaar	wel/niet	goed

Opmerkingen: komhoogveen. 2 m. dik
bulten en slooten etc

Buis getekend 0

2. Overige buizen

- a) Andere buizen met een lange reeks op minder dan 2000 m.? Aantal: 4
- b) (Brug)buizen met een korte reeks op minder dan 200 m.? Aantal: 1
- c) Is het terrein een duidelijk infiltratiegebied? ☒ ja ☐ nee
- Indien nee: op welke afstand ligt de meest geschikte diepe buis met een lange meetreeks? Afstand: 2 (kilometer)

Kaartblad: 11H Type: P Nummer: 37 Filter: 3

Score	1	2	3	4	5	Weging	Gewogen score
Reekskwaliteiten							
Interpoleerbaarheid			X				
Afstand					X		
Aanwezigheid andere buizen							
Totale Gew. score							
Eindscore							

XXXX

Figuur 3.2.2 Formulier voor het beschrijven van de aanwezigheid van peilbuizen nabij een voorbeeldterrein.

De standaard deviatie is desondanks voor deze studie de meest bruikbare maat voor de betrouwbaarheid en is dus steeds vermeld. Ook voor een verschil in de grondwaterstijghoogte kan een standaard deviatie berekend worden. Dit is gedaan voor de verschillen tussen de hiervoor genoemde perioden.

De standaard deviatie van het verschil wordt berekend volgens de al in paragraaf 3.1.2 gegeven formule (Seyhan, 1984; Spiegel, 1972).

Technische uitvoering

Het scoren van de bruikbaarheid van buizen nabij de voorbeeldterreinen is als eerste uitgevoerd. Hiervoor is o.a. gebruik gemaakt van het Handboek van Natuurmonumenten, de kaartbladen met de lokaties van de buizen die in het Archief van DGV/TNO zijn opgenomen, een lijst met buizen met een lange waarnemingsreeks, samengesteld door DGV/TNO en een atlas (Nederland, 1 : 80.000) met de begrenzingen van de voorbeeldterreinen. Deze atlas is ten behoeve van dit onderzoek samengesteld op basis van gegevens van Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer.

Voor elk terrein is een formulier, zie figuur 3.2.2, ingevuld. Voor de "sterke" voorbeeldterreinen zijn kopieën gemaakt van de desbetreffende kaartbladen met buislokaties.

Van de geselecteerde buizen zijn een deel van de technische gegevens en de complete meetreeks door middel van programmatuur van DGV/TNO op floppy gezet. Voor een klein deel van de geselecteerde buizen ("embargo-buizen") moest eerst (schriftelijke) toestemming worden verkregen van de waarnemende instanties.

Deze gegevens zijn bewerkt met speciaal hiervoor geschreven programmatuur, die uitvoer levert die door het programma Symphony kan worden ingelezen. Met het spread-sheet gedeelte van dit laatste programma zijn eindprodukten in de vorm van tabellen en grafieken geproduceerd.

3.2.3 Resultaten

Van de 99 terreinen die in tabel 3.2.2 zijn opgesomd zijn voor 48 terreinen representatieve buizen met een lange meetreeks gevonden. Voor 46 van deze terreinen zijn meetreeksen verzameld en geïnterpreteerd. De resultaten daarvan zijn opgenomen in tabel 3.2.3.

Voor elk terrein zijn zo mogelijk zowel diepe als ondiepe buizen gebruikt. De diepe buizen liggen in het algemeen minder nabij dan de ondiepe.

In totaal zijn meetreeksen van 84 buizen gebruikt. Van 29 buizen waren de meetreeksen incompleet of van een late aanvangsdatum zodat geen verschil over de perioden '50 - '57 en '78 - '87 berekend kon worden. Van de resterende 55 meetreeksen voldoen er 33 niet aan de in paragraaf 3.1 genoemde betrouwbaarheidscriteria. Van de 22 meetreeksen die daar wel aan voldoen, geven 17 reeksen

een daling van de stijghoogte aan, waarvan 14 meer dan 20 cm. Voor 5 gevallen is een licht stijging geconstateerd, sterke stijgingen (>20 cm) komen niet voor.

Tabel 3.2.4 bevat een overzicht van dergelijke frequentiecijfers.

Het is opvallend dat de daling van de stijghoogte van de diepere filters in het watervoerend pakket vaak groter is dan de daling van de ondiepe grondwaterstand. Dit is een aanwijzing voor regionaal voorkomende verdroging, waarbij het watervoerend pakket een belangrijke rol vervult bij de regionale doorwerking van stijghoogtedalingen.

Uit deze gegevens kunnen 2 belangrijke conclusies getrokken worden:

- (1) Voor het merendeel van de terreinen waarvoor betrouwbare gegevens zijn gevonden, is een significante, niet door meteorologische invloeden veroorzaakte, daling van de grondwaterstijghoogte opgetreden.
- (2) Lange meetreeksen van grondwaterstijghoogtes kunnen worden gebruikt om betrouwbare uitspraken te doen over veranderingen in de stijghoogte nabij natuurterreinen. Voor veel natuurterreinen (in dit geval voor 77 van de 99) geldt echter dat er geen geschikte reeks beschikbaar is. Die ongeschiktheid kan worden veroorzaakt door een beperkte bruikbaarheid van de buis (niet afdoende nabij een terrein, niet representatief, verplaatst over grotere afstanden) of door een beperkte bruikbaarheid van de meetreeks (laat aangevangen, ontbrekende waarnemingen).

Tabel 3.2.4 Frequentiecijfers van de meetreeksen rond voorbeeldterreinen.

Totaal aantal meetreeksen	84		
waarvan:			
zonder berekend verschil	29		
met berekend verschil	55	(samen 84)	
waarvan:			
betrouwbaar	22		
minder betrouwbaar	33	(samen 55)	
Betrouwbare en minder betrouwbare verschillen			
daling		stijging	
0 - 20 cm	10	10	20
> 20 cm	30	5	35
	40	15	55
Alleen de betrouwbare verschillen			
daling		stijging	
0 - 20 cm	3	5	8
> 20 cm	14	0	14
	17	5	22

3.3 Daling van de grondwaterstijghoogte in een aantal hooggelegen gebieden in Nederland

3.3.1 Inleiding

Een daling van het grondwater is op veel plaatsen in Nederland waar te nemen.

Rondom onttrekkingen van grondwater zal de grondwaterstand in het algemeen gedaald zijn ten opzichte van de grondwaterstand vóór aanvang van de onttrekking. In gebieden waar maatregelen zijn getroffen om een landbouwkundig optimale waterhuishouding te verkrijgen is ook dikwijls een verlaging van het grondwater bewerkstelligd.

Het aantonen van dalingen van de grondwaterstand op lokaties, waar in de onmiddellijke nabijheid dergelijke ingrepen in de hydrologische kringloop zijn gepleegd, levert echter geen nieuwe inzichten.

Een vlakdekkende inventarisatie van de daling van de freatische grondwaterstand levert dat wel. Dit is binnen het verdrogingsonderzoek uitgevoerd door de grondwatertrappen van de opnieuw gekarteerde bodemkaarten te vergelijken met de kartering van de grondwaterstandsdiepte door de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (C.O.L.N. - Gt vergelijking). De resultaten van dat deelonderzoek zijn in hoofdstuk 2 gepresenteerd. Beperkingen van deze inventarisatie zijn de globale aard en de onderlinge vergelijking van twee kaartbeelden die niet op een identieke wijze tot stand zijn gekomen.

Een analyse van het verloop van de gemeten grondwaterstand op lokaties waar in de onmiddellijke nabijheid geen relevante ingrepen hebben plaatsgevonden, maar waar mogelijkserwijs wel cumulaties van de effecten van dergelijke ingrepen optreden, levert wel nieuwe informatie.

Een dergelijke analyse wordt in deze paragraaf besproken.

3.3.2 Methode

Inleiding

Een daling van de grondwaterstand in niet direkt beïnvloedde buizen, gelegen in relatief hooggelegen infiltratiegebieden, wordt gezien als een somparameter voor diffuus optredende volumeafnames van het grondwater, als een gevolg van zowel antropogene als natuurlijke oorzaken.

Selectie van buizen

Er zijn 68 buizen geselecteerd waarvan tijdreeksen van grondwaterstanden worden beschouwd. Voorwaarden voor selectie waren:

- Aanwezigheid van de buis in het archief van grondwaterstanden van DGV/TNO;
- Ligging in een (hoge orde) infiltratiegebied;
- Ligging niet nabij een grondwateronttrekking;
- Een lange waarnemingsreeks (van vóór 1960 en tot ná 1980) van grondwaterstijghoogtes in de buis.

Informatie uit tijdreeksen van grondwaterstijghoogtes

Op de geselecteerde tijdreeksen zijn dezelfde bewerkingen uitgevoerd als die voor de tijdreeksen van de voorbeeldterreinen (paragraaf 3.2.2).

In tabel 3.3.1 staan de resultaten van deze bewerking op de tijdreeksen van de geselecteerde buizen.

Technische uitvoering

Voor de selectie van buizen is aanvankelijk uitgegaan van een lijst met hoge punten, gebaseerd op een kaart uit de Bosatlas. Dit bleek echter niet werkbaar door de steeds zeer nabije ligging van onttrekkingen.

De 68 buizen zijn uiteindelijk als volgt geselecteerd:

Op een kaart met lokaties van permanente onttrekkingen van grondwater in Nederland (schaal 1 : 250.000, opgesteld in het kader van het deelonderzoek naar oorzaken van verdroging als onderdeel van het verdrogingsonderzoek, Garritsen et al. (1989)), zijn vlakken met een diepe grondwaterstand schetsmatig ingetekend. Hiervoor is uitgegaan van de grondwaterstandsdieptekaart van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (C.O.L.N., 1957). Voor de hoge (zand)gronden in oost en zuid Nederland is uitgegaan van de vlakken die behoren tot de diepste klasse (> 2 meter) op de kaart met wintergrondwaterstanden, voor laag Nederland van dezelfde klasse op de kaart met zomergrondwaterstanden. Op de kaart zijn ook de grenzen van de (topografische) kaartbladen (1 : 25.000, 10 * 12,5 km) ingetekend.

Vervolgens is voor elk bestaand kaartblad gekeken of er diepe grondwaterstanden voorkomen. In dat geval is de ligging van het infiltratiegebied nader bepaald met een topografische kaart en gekeken of er in dat gebied "lange" (qua meetreeks) buizen aanwezig zijn die niet nabij (vuistregel: ca. 3 km afstand) een onttrekking liggen. Hierbij is een voorkeur gegeven aan landbouwbuizen en ondiepe peilputten, waarvan de filters zich in het freatisch grondwater bevinden.

Voor elk kaartblad waarvan een buis aan dergelijke voorwaarden voldoet, zijn 1 of 2 buizen geselecteerd.

Van de geselecteerde buizen zijn een deel van de technische gegevens en de complete meetreeks door middel van programmatuur van DGV/TNO op floppy gezet. Voor een klein deel van de geselecteerde buizen ("embargo-buizen") moest voor het verkrijgen van de standen eerst (schriftelijke) toestemming worden verkregen van de waarnemende instanties.

De grondwaterstand op hoge punten in Nederland. Tabel deelnummer 1 (2).

buisnummer	maaiveld filter-		periode 50-57				periode 70-77				periode 78-87				periode 2 - 1		periode 3 - 1	
	tov NAP	diepte	h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	d(h)	s.d.	d(h)	s.d.
1 01D L 0012 01	2.5	1.9	2.32	0.18	52	55-57 *	2.32	0.20	151	70-77	2.20	0.16	209	78-87	0.00	0.03	-0.12	0.03 *
2 06G L 0053 01	2.9	1.6	1.67	0.58	19	52-57 *	1.85	0.44	13	70-75 *			0		0.18	0.18		
3 11F L 0011 01 *	6.6	3.1	5.23	0.48	18	52-57 *	4.91	0.21	8	70-71 *	3.87	1.54	21	82-87	-0.32	0.13	-1.36	0.35 *
4 11F L 0014 01	6.3	2.1	5.07	0.48	20	52-57 *	4.85	0.41	30	70-77	4.95	0.50	40	78-87	-0.22	0.13	-0.12	0.13 *
5 12E L 0048 01 *	7.5	3.7	5.97	0.23	15	53-57 *	5.88	0.36	24	70-77 *	5.73	0.30	39	78-87	-0.10	0.09	-0.25	0.08 *
6 15E L 0019 01	0.9	3.6	0.10	0.38	21	52-57	-0.22	0.49	5	70-71 *			0		-0.32	0.23		
7 16C L 0015 01 *	?	3.6			0				0				0					
8 16D L 0006 01	4.7	4.9	3.03	0.38	84	52-57	1.68	0.79	161	70-77	1.30	0.50	213	78-86	-1.35	0.07	-1.73	0.05
9 16F P 0014 01	10.9	7.0			0		7.59	0.41	188	70-77	7.71	0.41	192	78-85				
10 17A B 0028 01	10.1	55.0	8.60	0.37	149	51-57	8.21	0.37	188	70-77	8.26	0.34	229	78-87	-0.39	0.04	-0.34	0.04
11 17A L 0019 01	9.7	2.1	9.06	0.26	24	52-55	8.66	0.31	32	70-77	8.74	0.28	33	78-86	-0.40	0.08	-0.32	0.07
12 17B B 0007 01	16.8	68.5	13.06	0.44	148	51-57	12.60	0.42	189	70-77	12.79	0.43	214	78-86	-0.46	0.05	-0.28	0.05
13 17E B 0009 01	19.9	61.8	16.70	0.33	145	51-57	16.02	0.42	183	70-77	16.29	0.40	226	78-87	-0.68	0.04	-0.41	0.04
14 17E L 0010 01	17.2	2.0	16.50	0.22	27	52-57	16.31	0.25	28	71-77	16.36	0.20	32	78-85	-0.19	0.06	-0.14	0.05
15 19A P 0193 01	7.6	12.1	5.35	0.38	79	51-57	4.91	0.29	27	70-77 *	5.09	0.25	39	78-87	-0.44	0.07	-0.26	0.06
16 19A L 0010 01	7.5	4.2			0		4.97	0.31	166	70-77	5.26	0.25	206	78-86				
17 22G L 0012 01	14.8	2.1	14.11	0.30	18	53-57	13.90	0.34	27	70-77 *	14.00	0.40	40	78-87	-0.21	0.10	-0.11	0.09
18 26H P 0033 01	23.8	15.8			0		12.44	1.04	186	70-77	12.16	0.43	177	78-87				
19 27B P 0009 01	43.0	29.8			0		15.40	0.57	168	70-77	15.38	0.45	195	78-87				
20 27C P 0032 01	37.6	14.0																
21 28B P 0006 01	12.0	26.8	7.50	0.32	83	51-57	7.20	0.29	58	70-77	7.70	1.19	78	79-86	-0.30	0.05	0.20	0.14
22 28D B 0066 01	15.7	21.5	13.70	0.31	75	50-57	13.52	0.53	33	70-77	14.24	0.42	39	78-87	-0.18	0.10	0.54	0.08
23 30G B 0196 01	1.6	42.3	-1.86	0.80	68	52-57	-0.64	0.59	31	70-77	-0.26	0.37	35	78-86	1.22	0.14	1.60	0.12
24 32A P 0147 01	5.9	35.5			0		1.01	0.31	193	70-77	1.36	0.31	151	78-86				
25 32A P 0108 01	11.0	33.8	1.66	0.25	29	50-57	1.30	0.31	14	70-73			0		-0.36	0.10		
26 32B P 0026 01 ?	?																	
27 32D P 0164 01	50.5	49.0			0				0		4.58	0.20	122	80-86				
28 32F P 0002 01	28.5	26.0			0		17.20	0.87	179	70-77	16.59	0.46	220	78-87				
29 32F P 0002 02	?																	
30 33A P 0067 01	25.7	48.7	22.48	0.23	40	56-57 *	22.31	0.76	190	70-77	22.05	0.54	235	78-87	-0.17	0.07	-0.43	0.05 *
31 33C P 0004 01	35.1	71.1	24.56	0.20	50	55-57 *	24.47	0.81	182	70-77	23.85	0.58	187	78-85	-0.09	0.07	-0.71	0.05 *
32 33D P 0115 01	?				0		38.36	0.69	191	70-77	37.67	0.44	216	78-86				
33 35A L 0007 01 *	47.7	?	49.65	0.35	21	52-57	49.20	0.54	28	70-77	47.51	1.05	62	78-86	-0.45	0.13	-2.14	0.15 *
34 37C L 0061 01	4.2	1.5			0		3.98	0.30	163	71-77	3.92	0.38	199	78-87				
35 39A P 0176 01	3.1	9.7	0.95	0.13	18	57-57 *	0.75	0.17	192	70-77	0.76	0.14	212	78-86	-0.20	0.03	-0.19	0.03 *
36 40A P 0001 01	37.3	18.4			0		19.74	0.19	8	70-71 *			0					

Tabel 3.3.1 De grondwaterstand op hoge punten in Nederland.
(2 pp.)

De grondwaterstand op hoge punten in Nederland. Tabel deelnummer 2 (2).

buisnummer	maaiveld tov NAP	filter- diepte	periode 50-57				periode 70-77				periode 78-87				periode 2 - 1		periode 3 - 1	
			h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	h	s.d.	n	jaren	d(h)	s.d.	d(h)	s.d.
37 40B B 0129 01	24.4	20.0	21.28	0.18	177	50-57	20.64	0.37	180	70-77	20.62	0.22	228	78-87	-0.64	0.03	-0.66	0.02
38 40H B 0004 01	18.1	20.0	15.49	0.33	177	50-57	15.08	0.50	190	70-77	15.34	0.36	236	78-87	-0.41	0.04	-0.15	0.03
39 41D L 0002 01 *	34.7	19.7	33.86	0.43	13	52-55 *	34.07	0.48	4	70-70 *			0		0.21	0.27		
40 43F L 0004 01 *	0.7	19.6	-0.85	0.54	11	53-56 *			0				0					
41 44D L 0022 01	8.1	5.1	6.16	0.26	40	56-57 *	5.36	0.46	192	70-77	5.79	0.41	213	78-86	-0.80	0.05	-0.37	0.05 *
42 44H B 0008 01	6.8	38.1	4.68	0.26	156	51-57	4.50	0.28	191	70-77	4.82	0.31	197	78-87	-0.18	0.03	0.14	0.03
43 45C L 0018 01	7.7	3.0	6.63	0.48	16	53-57 *	6.33	0.48	13	70-77 *	6.52	0.49	109	78-86	-0.30	0.18	-0.11	0.13 *
44 45E L 0035 01	16.7	1.7	15.86	0.16	18	52-57 *	15.74	0.18	175	70-77	15.72	0.31	39	78-87	-0.13	0.04	-0.15	0.06 *
45 45F L 0021 01	17.7	1.6	17.00	0.33	125	52-57	16.79	0.29	65	70-73			0		-0.21	0.05		
46 46A B 0044 01	11.7	36.0	8.47	0.17	182	50-57	8.16	0.22	190	70-77	8.31	0.20	209	78-86	-0.30	0.02	-0.16	0.02
47 46D L 0020 01 *	17.3	2.0	15.72	0.35	9	53-55 *	16.20	0.00	1	70-70 *			0		0.48	0.12		
48 46D L 0033 01 *	13.3	2.2	11.81	0.18	15	52-56 *			0		11.75	0.22	124	81-86			-0.06	0.05 *
49 49B L 0008 01	7.5	4.9	6.42	0.38	229	50-57	6.39	0.51	164	70-77			0		-0.03	0.05		
50 49E P 0010 02	4.5	47.2			0		1.21	0.33	173	70-77	1.21	0.26	221	78-87				
51 49G P 0042 01	17.4	7.3	8.25	0.98	13	57-57 *	10.05	1.07	44	70-71 *			0		1.80	0.32		
52 50E L 0019 01	18.1	2.1	16.70	0.42	17	52-57 *	16.87	0.39	24	70-77 *	16.97	0.41	41	78-87	0.18	0.13	0.27	0.12 *
53 50G L 0007 01	26.4	2.0	25.00	0.35	15	52-57 *	25.03	0.39	29	70-77	25.28	0.31	40	78-87	0.03	0.12	0.28	0.10 *
54 50G B 0010 01	26.3	69.0	21.71	0.34	145	51-57	21.22	0.42	190	70-77	22.05	0.49	214	78-87	-0.49	0.04	0.34	0.04
55 51D L 0030 01	?	1.9			0				0				0					
56 51D B 0003 01	25.9	19.0	24.16	0.26	71	50-57	23.66	0.36	32	70-77	23.89	0.36	35	78-87	-0.50	0.07	-0.27	0.07
57 51H B 0022 01	25.5	29.0	23.96	0.36	76	50-57	23.50	0.44	38	70-77	23.70	0.32	38	78-87	-0.46	0.08	-0.26	0.07
58 52B L 0010 01	19.8	2.9	18.49	0.25	8	53-57 *	18.05	0.50	24	70-77 *	17.73	0.51	40	78-87	-0.44	0.13	-0.76	0.12 *
59 52E P 0022 01	17.5	7.5	15.71	0.25	184	50-57	15.28	0.25	32	70-77	15.51	0.21	39	78-87	-0.43	0.05	-0.20	0.04
60 57F L 0016 01 *	32.1	4.2	30.69	0.50	6	52-56 *	29.49	0.56	145	70-77	29.72	0.57	186	78-86	-1.20	0.21	-0.97	0.21 *
61 58D P 0029 01	27.2	7.0			0		21.15	0.23	21	70-70 *			0					
62 60B P 0023 01	43.0	13.1	36.66	0.07	6	57-57 *	36.81	0.31	42	70-71 *			0		0.15	0.05		
63 60B P 0007 01	28.0	25.0	25.21	0.22	64	55-57 *	24.88	0.34	191	70-77	25.28	0.27	215	78-86	-0.33	0.04	0.08	0.03 *
64 60C W 0008 01	98.7	4.5	94.99	0.22	76	52-57	95.70	0.49	31	70-77	96.33	0.45	130	78-86	0.71	0.09	1.34	0.05
65 62A P 0016 01	36.0	-44.7	83.45	0.31	71	54-57	86.45	1.88	177	70-77	84.56	2.02	107	78-86	3.00	0.15	1.11	0.20
66 62A P 0006 01	19.9	9.2	11.57	0.16	133	52-57	11.04	0.18	168	70-77	11.28	0.16	59	79-86	-0.53	0.02	-0.29	0.02
67 62B P 0009 01	1.3	-142.8	50.00	1.18	60	55-57 *	64.53	4.01	158	70-77	59.62	5.59	25	78-84	14.53	0.35	9.62	1.13 *
68 62D P 0002 01	22.9	-155.9	81.65	2.26	56	55-57 *	81.50	3.07	7	70-76 *	81.91	2.13	36	78-87	-0.15	1.20	0.26	0.47 *

Peilputten

In tegenstelling tot brandputten en de nog te bespreken welputten worden peilputten speciaal ingericht voor het peilen van de grondwaterstand. In veel gevallen beschikt een peilput over meerdere filters. De filterdiepte en -lengte zijn afgestemd op het (de) te meten watervoerende pakket(ten). In het algemeen is de filterlengte veel kleiner dan bij brandputten.

Welputten

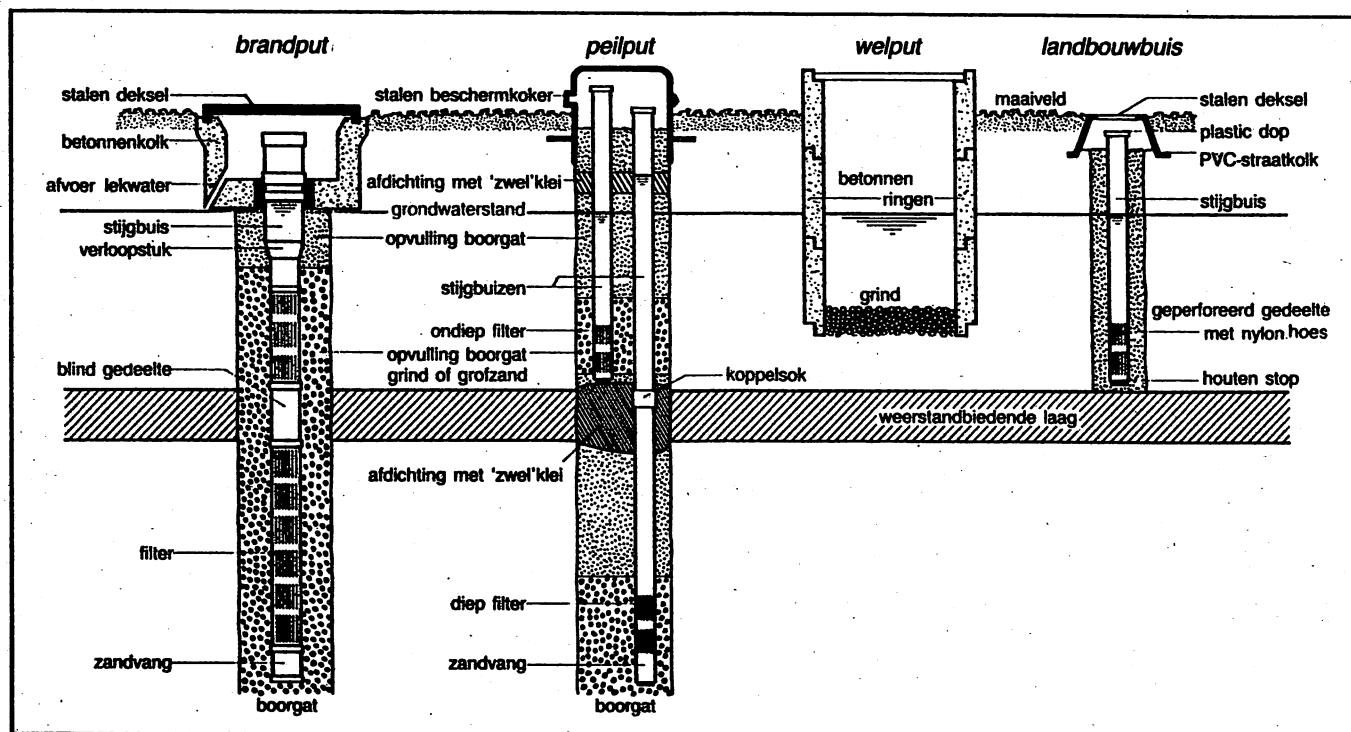
Welputten hebben gediend, en dienen in sommige gevallen nog, voor de lokale drinkwater- en/of bluswatervoorziening. Vaak zijn deze putten reeds tientallen jaren in gebruik voor het registreren van de grondwaterstand.

Landbouwbuisen

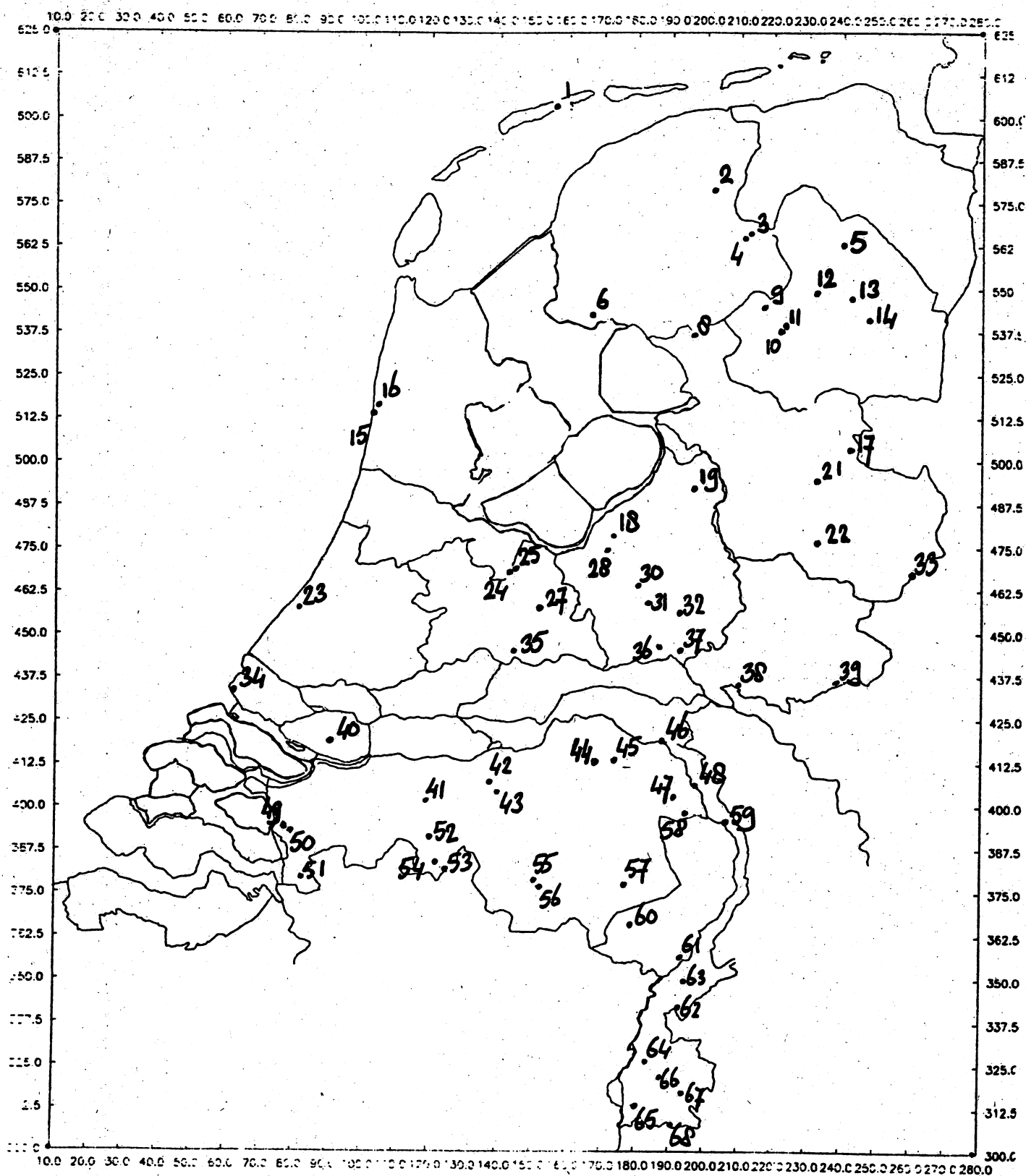
Landbouwbuisen zijn meestal ingericht voor het registreren van de freatische grondwaterstand. Zij bezitten slechts één filter en zijn nooit dieper dan 5 meter. In plaats van grind wordt het filter van een landbouwbuis met een nylonhoes beschermd tegen het dichtslibben van de buis.

Brandputten

Op tal van plaatsen in Nederland zijn in de loop der jaren, meestal in steden en dorpen, brandputten aangelegd. Deze putten hebben of hadden als primaire taak het leveren van bluswater bij brand wanneer het waterleidingnet niet of onvoldoende gebruikt kan worden. De diepte en de filterlengte van een brandput zijn geheel afgestemd op de levering van voldoende water.



Figuur 3.3.1 Typen waarnemingsputten in het Archief voor Grondwaterstanden (DGV/TNO). (Uit Van Bracht, 1988).



De buizen met nummers 7, 20, 26 en 29 zijn vervallen.

Figuur 3.3.4 Lokaties van de geselecteerde buizen.

De gegevens zijn bewerkt met speciaal hiervoor geschreven programmatuur, die uitvoer levert die door het programma Symphony (Leblond en Ewing, 1984) kan worden ingelezen. Met het spreadsheet gedeelte van dit laatste programma zijn eindprodukten in de vorm van tabellen en grafieken geproduceerd.

3.3.3 Resultaten

Inleiding

In tabel 3.3.1 staat voor elke buis een volgnummer en een buisnummer. Dit buisnummer bestaat uit aanduidingen voor het kaartblad, type buis, buisnummer en filternummer.

De typeaanduiding geeft het volgende aan:

- B - brandput;
- L - landbouwbuis;
- P - peilput;
- W - welput.

Deze typen worden in figuur 3.3.1 toegelicht. De lokaties van de buizen staan in figuur 3.3.2 weergegeven. Van de tijdreeksen van deze buizen zijn verschillen afgeleid en grafieken met jaarkenmerken gemaakt.

Verschillen

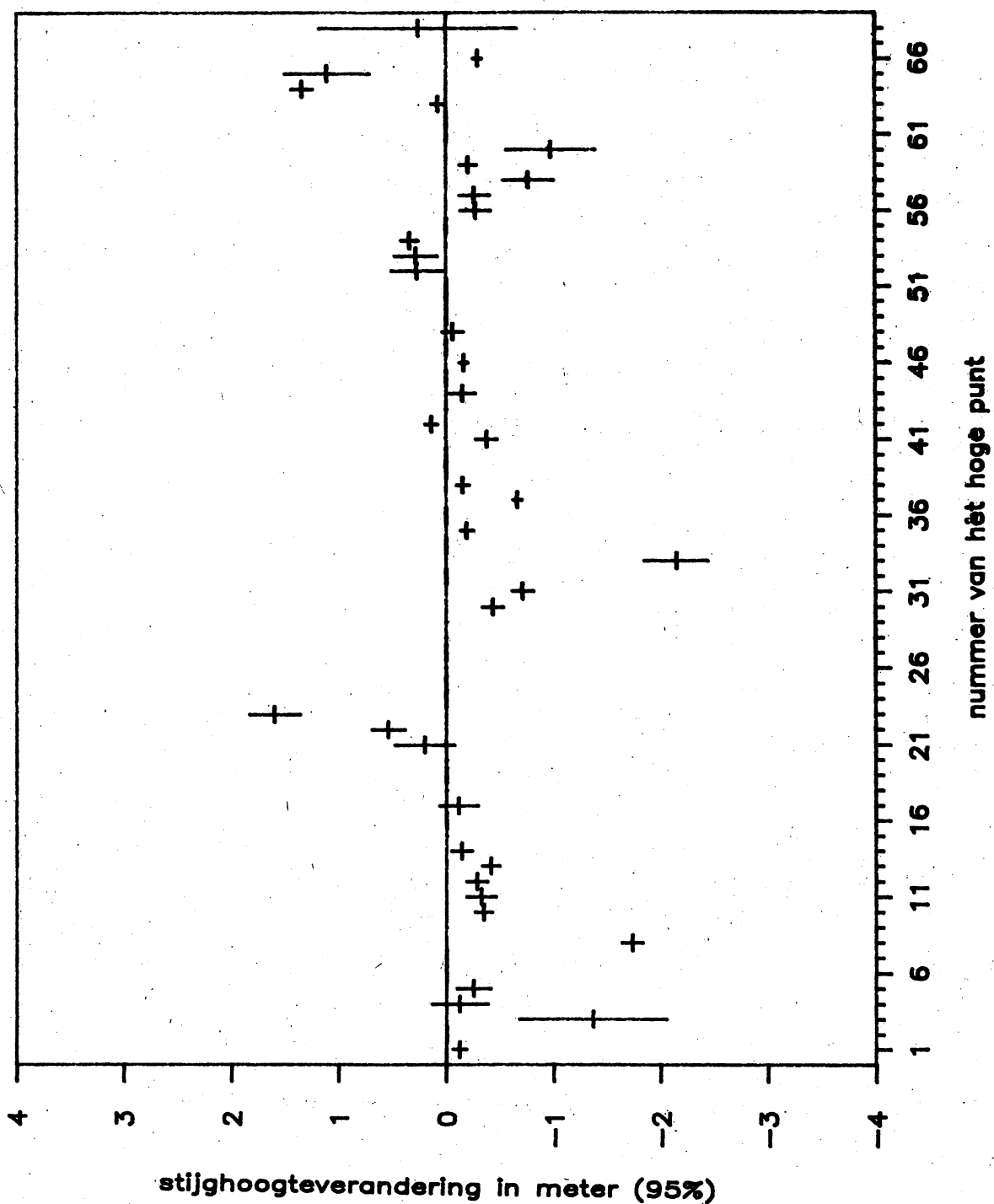
De verschillen in tabel 3.3.1 staan grafisch weergegeven in de figuren 3.3.3 en 3.3.4. De verticale streep geeft de 95 % betrouwbaarheidszone aan. De nummers op de x-as komen overeen met het volgnummer in tabel 3.3.1.

Tabel 3.3.2 Frequentiecijfers van de meetreeksen op hoge punten.

Totaal aantal meetreeksen	63		
waarvan:			
zonder berekend verschil	22		
met berekend verschil	41		
waarvan:			
betrouwbaar	22		
minder betrouwbaar	19		
Betrouwbare én minder betrouwbare verschillen			
	daling	stijging	
0 - 20 cm	10	2	12
> 20 cm	19	10	29
	29	12	41
Alleen de betrouwbare verschillen			
	daling	stijging	
0 - 20 cm	4	1	5
> 20 cm	11	6	17
	15	7	22

VERDROGING: HOGE PUNTEN ANALYSE

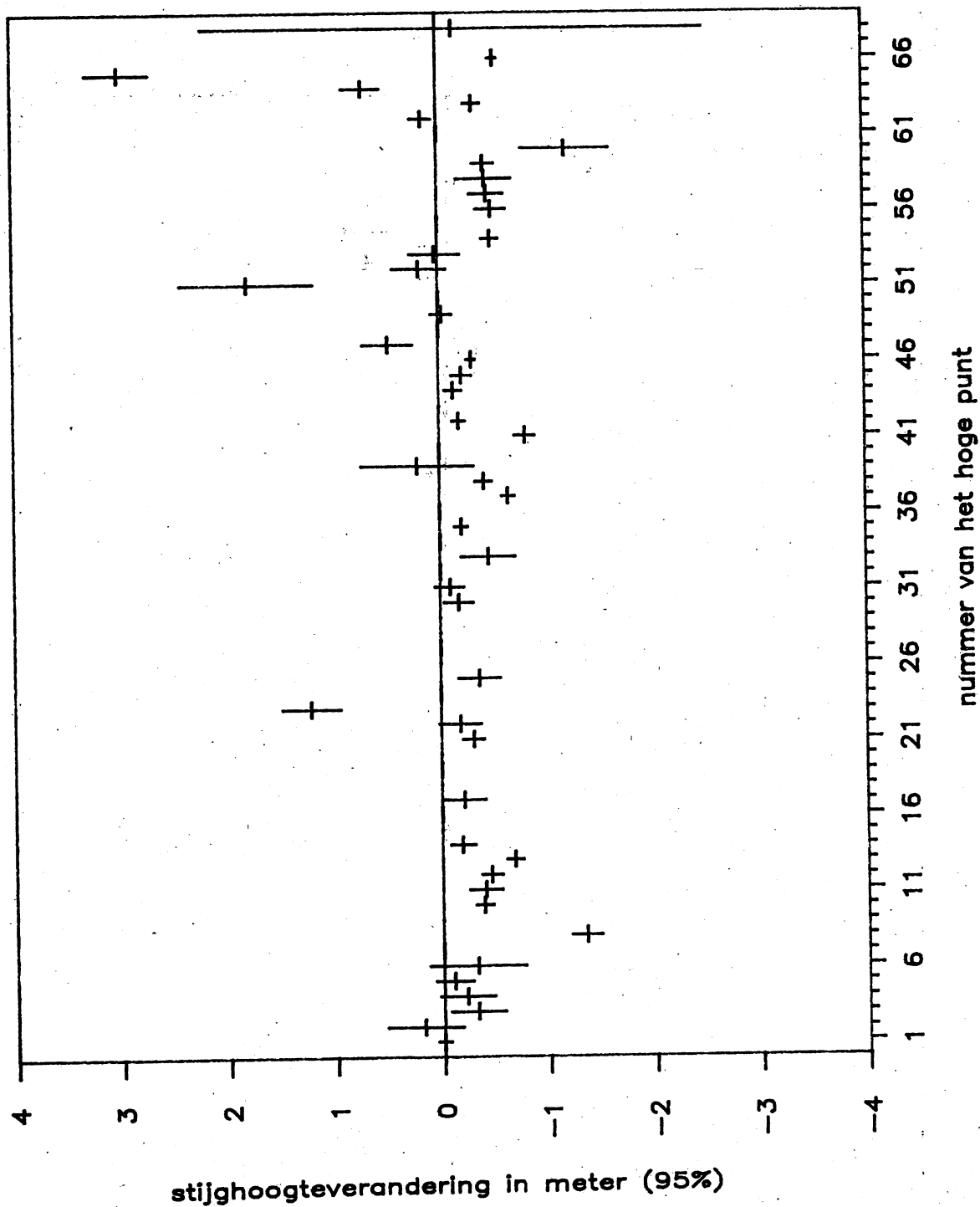
1978 - 1987 versus 1950 - 1957



Figuur 3.3.3 Stijghoogteverschil hoge punten periode '78 - '87 t.o.v. periode '50 - '57

VERDROGING: HOGE PUNTEN ANALYSE

1970 - 1977 versus 1950 - 1957



Figuur 3.3.4 Stijghoogteverschil hoge punten periode '70 - '77 t.o.v. periode '50 - '57

Voor de meeste punten heeft een significante daling van enkele decimeters tot een meter plaatsgevonden. Enkele punten vertonen een geringe stijging. Dit kan onder meer zijn veroorzaakt doordat de tweede periode iets natter is dan de eerste periode.

Voor de punten met een sterkere daling of stijging is het niet onmogelijk dat dit toch veroorzaakt is door de lokale invloed van het starten of staken van een onttrekking in de onmiddellijke nabijheid. Hier wordt nog nader onderzoek naar gedaan.

Figuur 3.3.4 geeft een vergelijkbaar beeld, met in het algemeen een iets sterkere daling, als een gevolg van de kleinere hoeveelheid nuttige neerslag in de gekozen periode.

Grafieken met jaarkenmerken

Voor elke tijdreeks is een grafiek met jaarkenmerken geproduceerd. Enkele voorbeelden hiervan zijn opgenomen in bijlage 3A. Daarin zitten twee soorten grafieken.

(1) Voor frequent waargenomen buizen (vanaf ca. 10 waarnemingen/jaar) is een grafiek gemaakt met drie evenwijdige lijnen. De middelste lijn loopt, voor elk (kalender)jaar waarin waarnemingen zijn verricht, langs de in dat jaar gemiddelde grondwaterstand: het jaargemiddelde. De lijnen eromheen geven het jaargemiddelde plus of min de standaarddeviatie aan. Met symbolen zijn aangegeven de hoogste en laagste grondwaterstand die in een jaar zijn waargenomen.

(2) Grafieken van de minder frequent waargenomen buizen bevatten één lijn voor het jaargemiddelde en symbolen voor het jaargemiddelde plus of min de standaarddeviatie. Het bereik van de Y-schaal is zo gekozen dat de waargenomen extremen, die niet zijn weergegeven, in de grafiek zouden passen.

De grafieken geven niet alleen informatie over de buizen waarvoor geen verschil is berekend, maar ook, voor alle buizen, informatie over (sommige) regimeveranderingen.

Ook een verandering van de extremen, de fluctuatie of een seizoensgrondwaterstand, kunnen tot verdroging leiden. Voor natuurlijke vegetaties is in veel gevallen met name de (hoge) voorjaarsgrondwaterstand van belang.

Uit diverse grafieken van bijlage 3A blijken veranderingen in extremen of fluctuatie. Voor de interpretatie van de fluctuatie moet wel rekening worden gehouden met een mogelijk aandeel van een eventuele verandering in de waarnemingsfrequentie.

Deze en andere technische gegevens zijn opgenomen in bijlage 3B.

3.3.4 Conclusies

Op vele hoge punten, in heel Nederland, is de grondwaterstijghoogte, onafhankelijk van lokale invloeden van onttrekkingen en onafhankelijk van meteorologische invloeden, enkele decimeters gedaald.

De werkelijke (gemiddelde) daling onder infiltratiegebieden is nog aanzienlijk groter door de aanwezigheid in deze gebieden van veel

grondwateronttrekkingen en de daardoor ontstane trechters in de grondwaterspiegel. De gekozen punten liggen voor zover mogelijk en voor zover bekend, buiten zulke trechters.

De waargenomen daling wordt geïnterpreteerd als een diffuus gevolg van meerdere ingrepen in de waterhuishouding op grotere afstand en niet als een direkt, lokaal gevolg van een ingreep die nabij het waarnemingspunt plaatsvindt of -vond.

3.4 Literatuur

Bracht, M.J. van (1988): Grondwater(ver)stand van zaken. Publikatie PN 88-03, DGV/TNO, Delft.

Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (C.O.L.N. - T.N.O.) (1957): De landbouwwaterhuishouding in Nederland.

Garritsen, A.C., H.L.M. Rolf en L.C. Braat (1989): Verdroging van natuur en landschap in Nederland; technisch deelrapport Ingrepen. Uitgave Rijkswaterstaat, DBW/RIZA, Lelystad, 1989.

Leblond, G. en D.P. Ewing (1984): Symphony. 2 delen. Academic Service, Schoonhoven.

Rolf, H.L.M. (1989): Verlaging van de grondwaterstand in Nederland; analyseperiode 1950 - 1986. Dienst grondwaterverkenning TNO, rapport nr. OS 89-15. Uitgave Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA, Lelystad 1989.

Seyhan, E. (1984): Application of statistical methods to hydrology. Institute of Earth Sciences - Free University, Amsterdam.

Spiegel, M.R. (1972): Theory and problems of statistics. Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, New-York.

BIJLAGE 3A

- Neerslag en verdamping sinds 1930, neerslag en verdamping sinds 1950 (Bron: KNMI, station De Bilt). (1 p.)
- Enkele grafieken (ter illustratie, vanwege het grote aantal gebruikte tijdreeksen kon niet van elke reeks een grafiek worden opgenomen) met jaarkenmerken van buizen nabij voorbeeldterreinen en van buizen in hoge gebieden. (5 pp.)
Op p. 48 worden de verschillende soorten grafieken beschreven.

Voorbeeldterreinen, zie ook de tabel op p. 35.

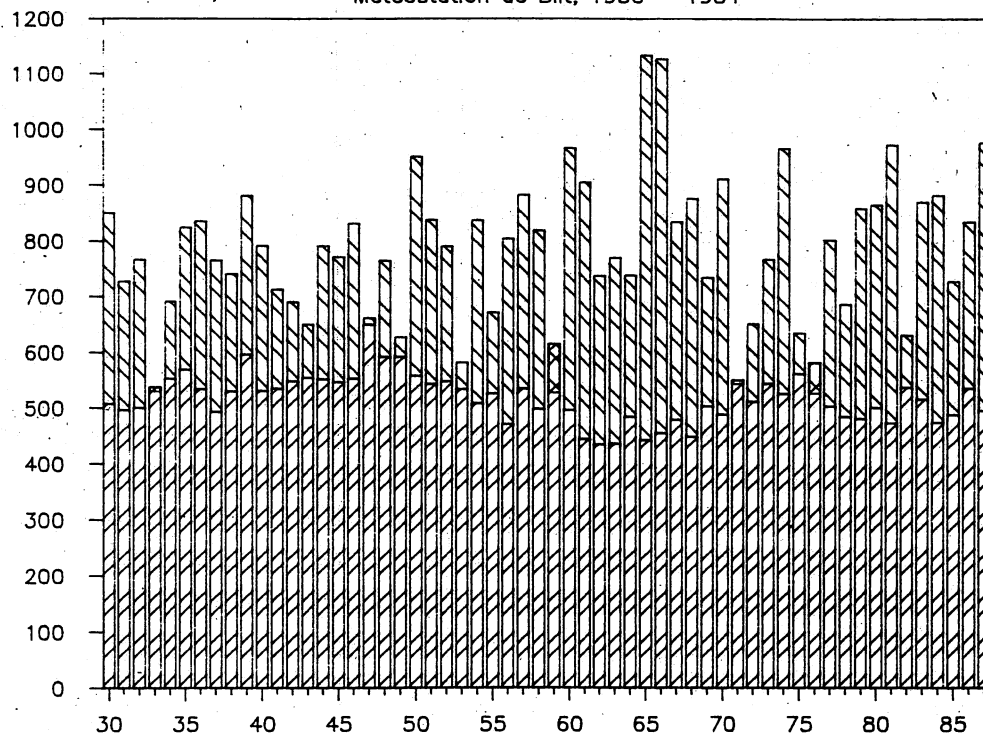
- Appèlbergen: twee als betrouwbaar gekenmerkte tijdreeksen, die beide een daling van de grondwaterstijghoogte\stand vertonen;
- Stroomgebied Hunze: de landbouwbuis is verplaatst en weinig waargenomen in de referentieperiode, de tijdreeks van de brandput is betrouwbaar. Beide tijdreeksen vertonen een daling;
- De Wieden: de extreem lage waarnemingen in 1974 en 1982 kunnen op een meetfout berusten. Het waarnemingsfilter zit te diep om een goede indruk van de freatische grondwaterstand te geven;
- De Weerribben: de landbouwbuis is niet verplaatst, let op het verschil in fluctuatie van de grondwaterstand vóór en na de onderbreking van de meetreeks;
- Overasseltse en Hatertse Vennen: de landbouwbuis is verplaatst en weinig waargenomen in de referentieperiode, de tijdreeks van de brandput is betrouwbaar. Beide tijdreeksen vertonen een daling;

Hoge punten zie ook de tabel op p. 42. De grafieken betreffen de nummers 5, 10, 15, 25, 30, 35, 45, 50, 60, 68.

Neerslag en verdamping

Meteostation de Bilt, 1930 - 1984

Millimeter per jaar



Verdamping ($0.8 * E\text{-Penman}$)

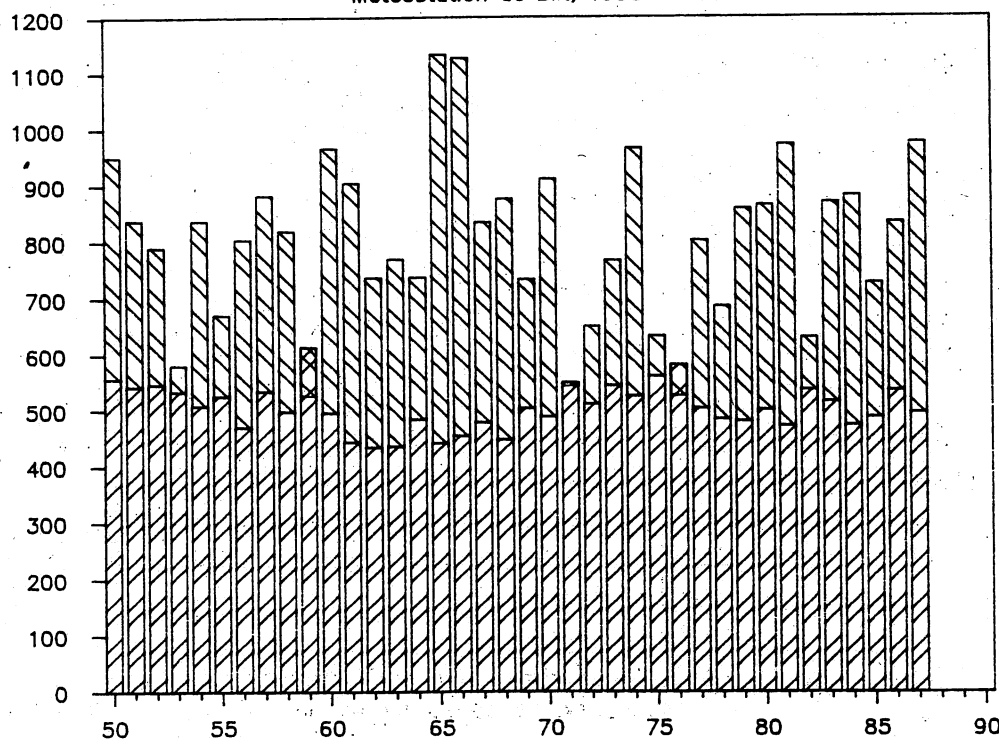
Neerslagoverschot (Neerslag - Verdamping)

Verdamping overtreft de Neerslag

Neerslag en verdamping

Meteostation de Bilt, 1950 - 1984

Millimeter per jaar



Verdamping ($0.8 * E\text{-Penman}$)

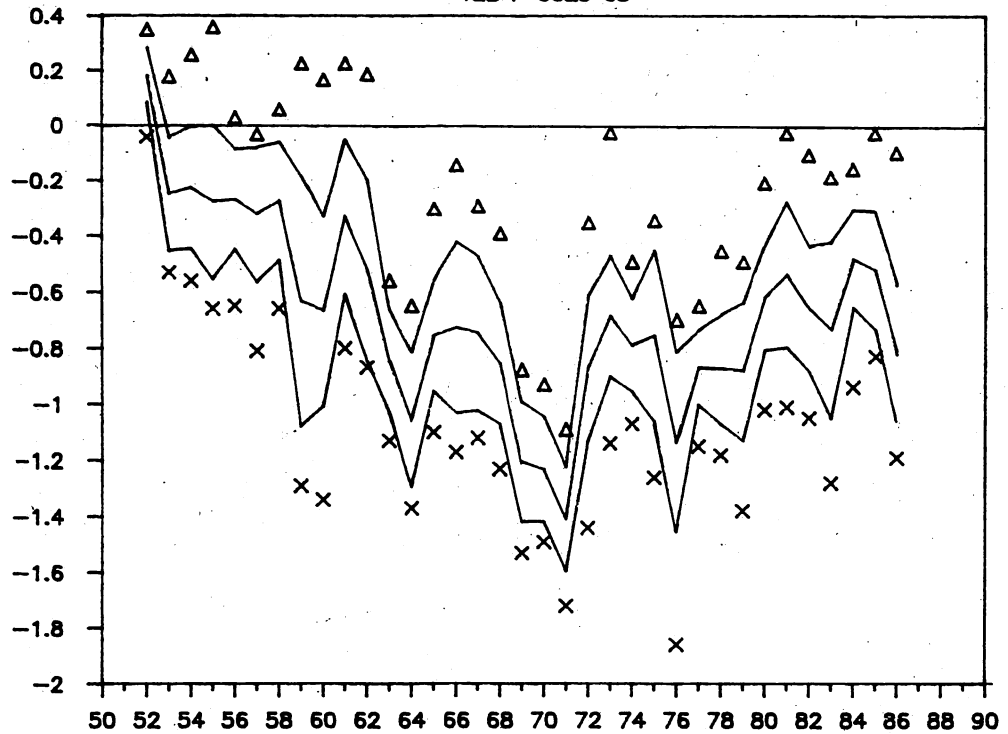
Neerslagoverschot (Neerslag - Verdamping)

Verdamping overtreft de Neerslag

JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

12B P 0029 03

Stijghoogte in meter t.o.v. NAP

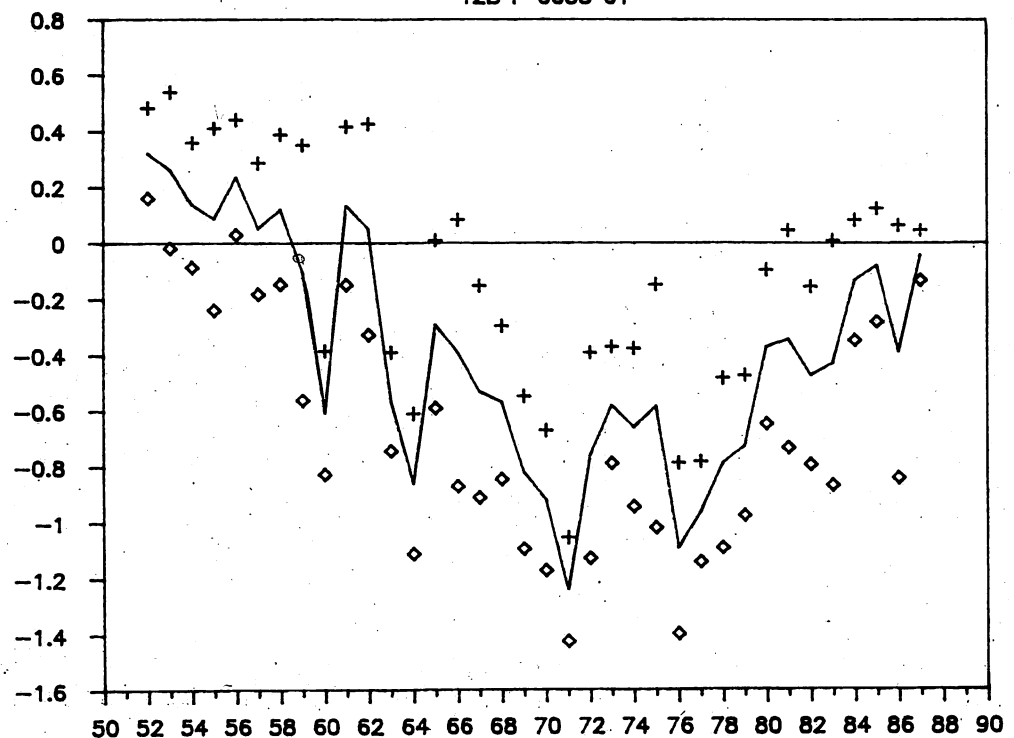


— gemiddelde — gemiddelde + s.d. — gemiddelde - s.d.
 Δ hoogste waarneming x laagste waarneming

JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

12B P 0035 01

Stijghoogte in meter t.o.v. NAP

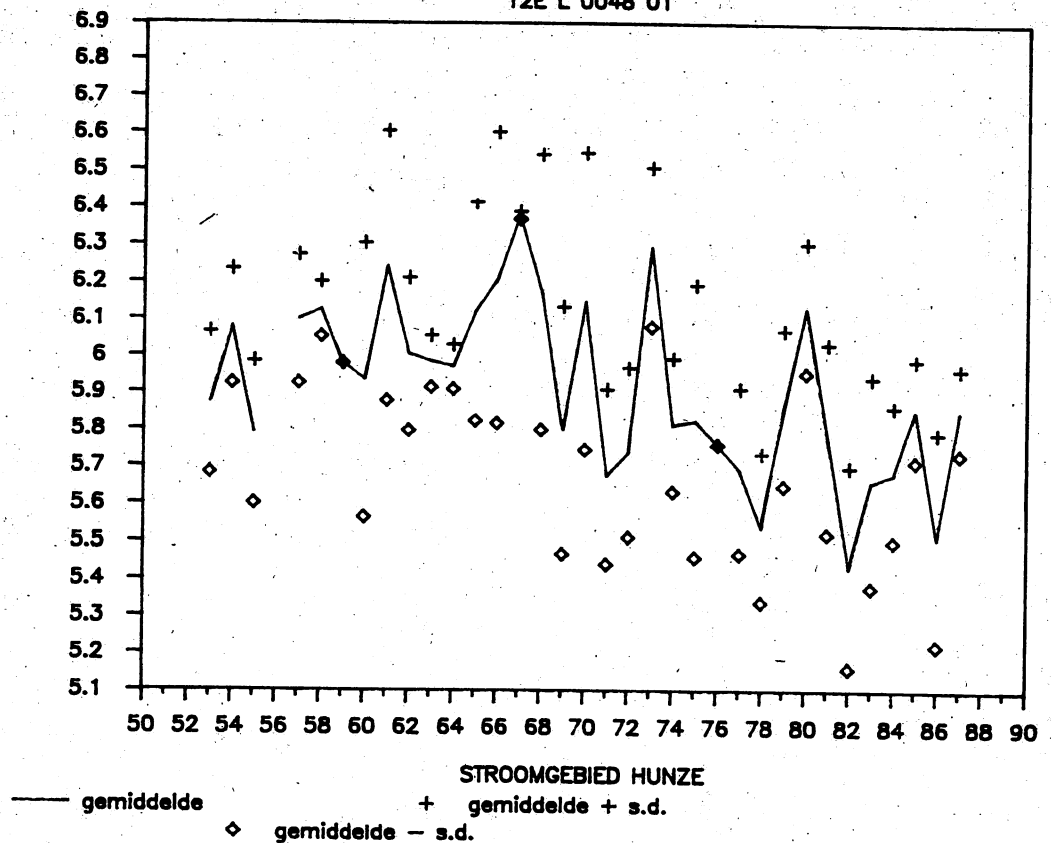


— gemiddelde + gemiddelde + s.d.
 ◇ gemiddelde - s.d.

JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

12E L 0048 01

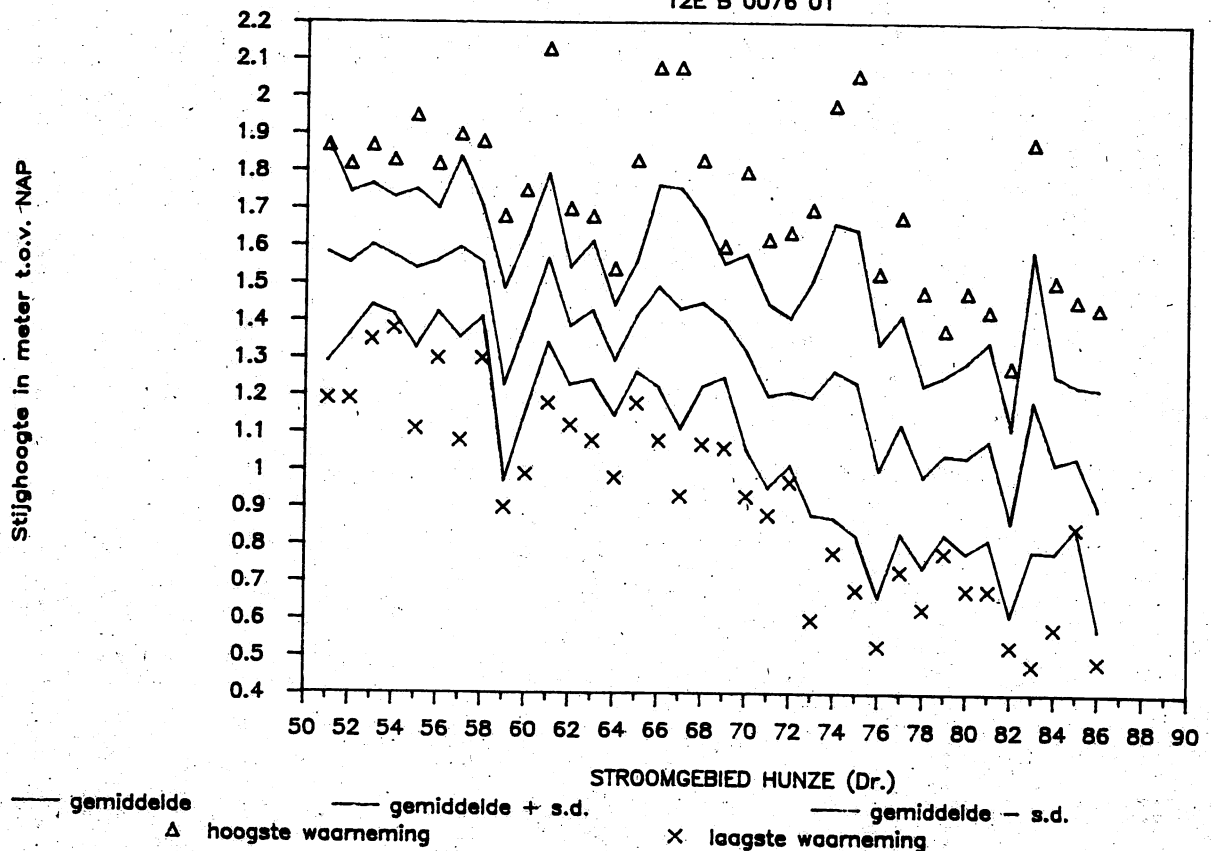
Stijghoogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

12E B 0076 01

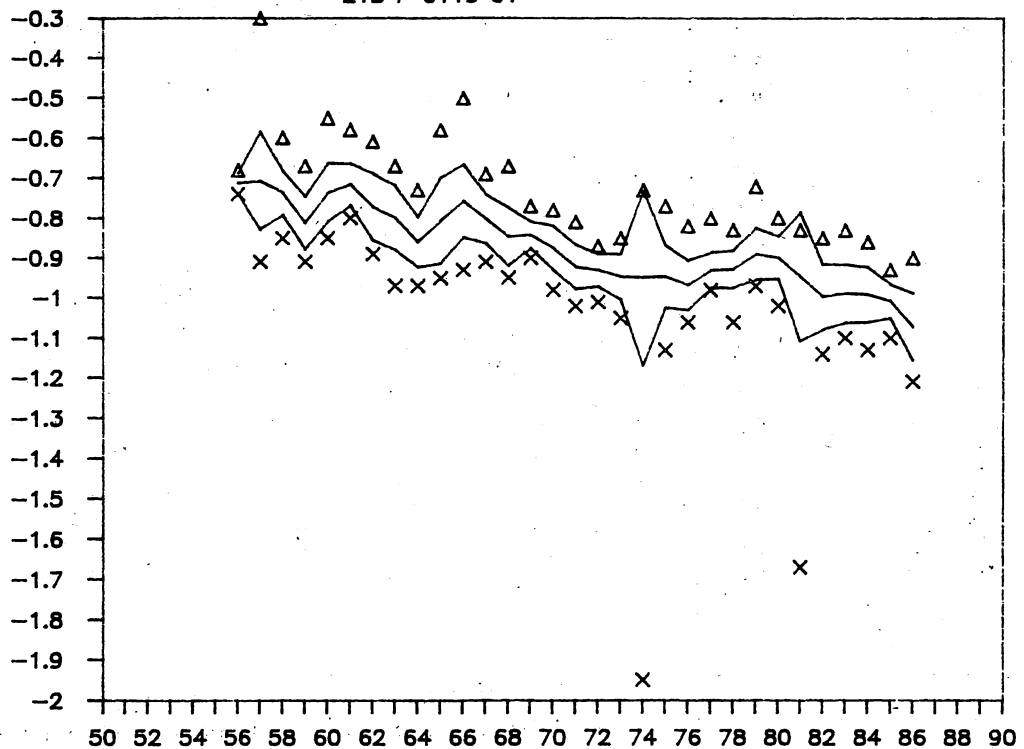
Stijghoogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

21B P 0119 01

stijghoogte in meter t.o.v. NAP



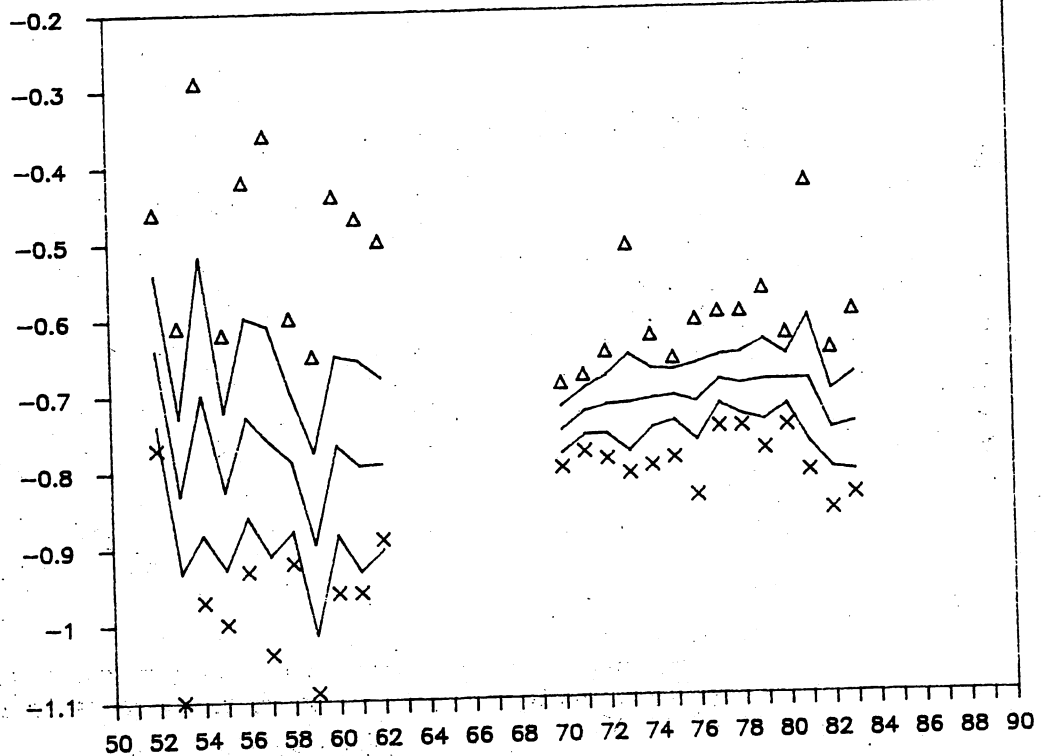
DE WIEDEN OVERIJSEL

— gemiddelde
 Δ hoogste waarneming
 — gemiddelde + s.d.
 — gemiddelde - s.d.
 x laagste waarneming

JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

16D L 0013 01 / Ondiep Grondwater

stijghoogte in meter t.o.v. NAP

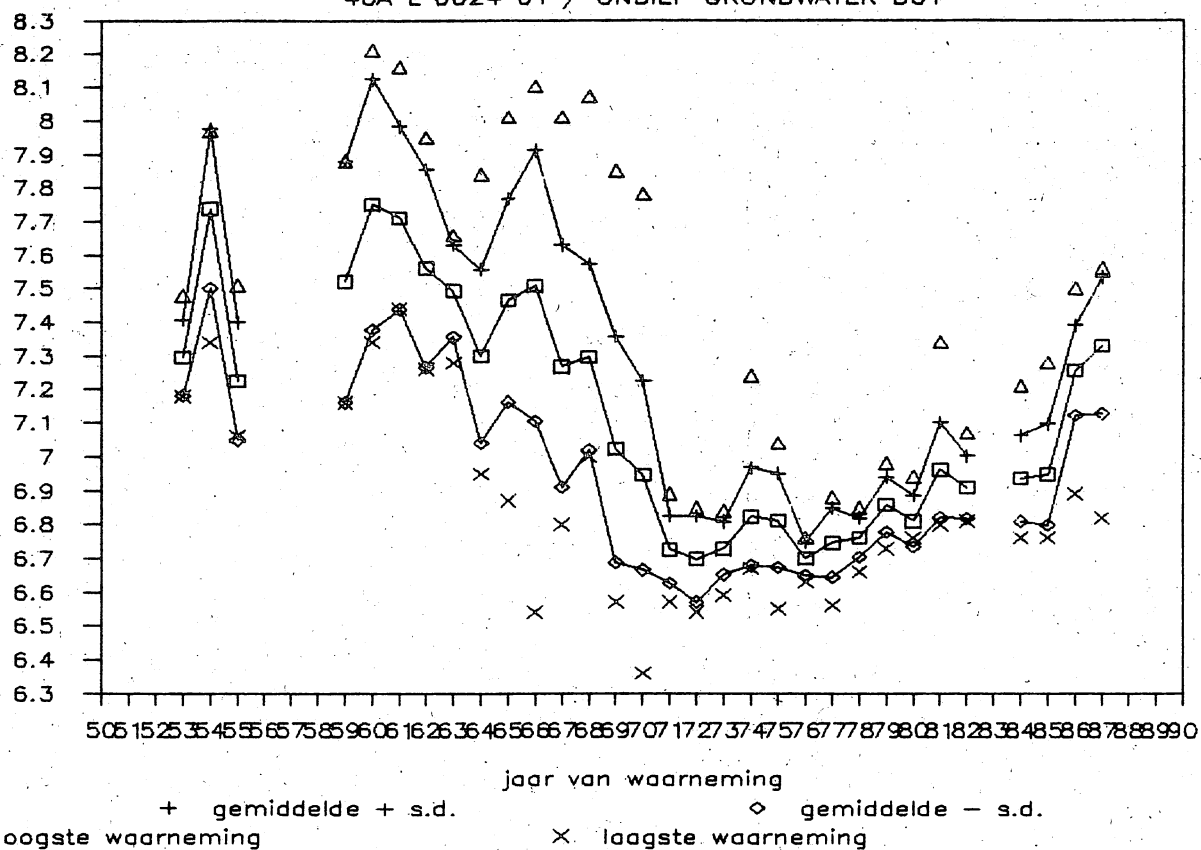


DE WEERRIBBEN OVERIJSEL

— gemiddelde
 Δ hoogste waarneming
 — gemiddelde + s.d.
 — gemiddelde - s.d.
 x laagste waarneming

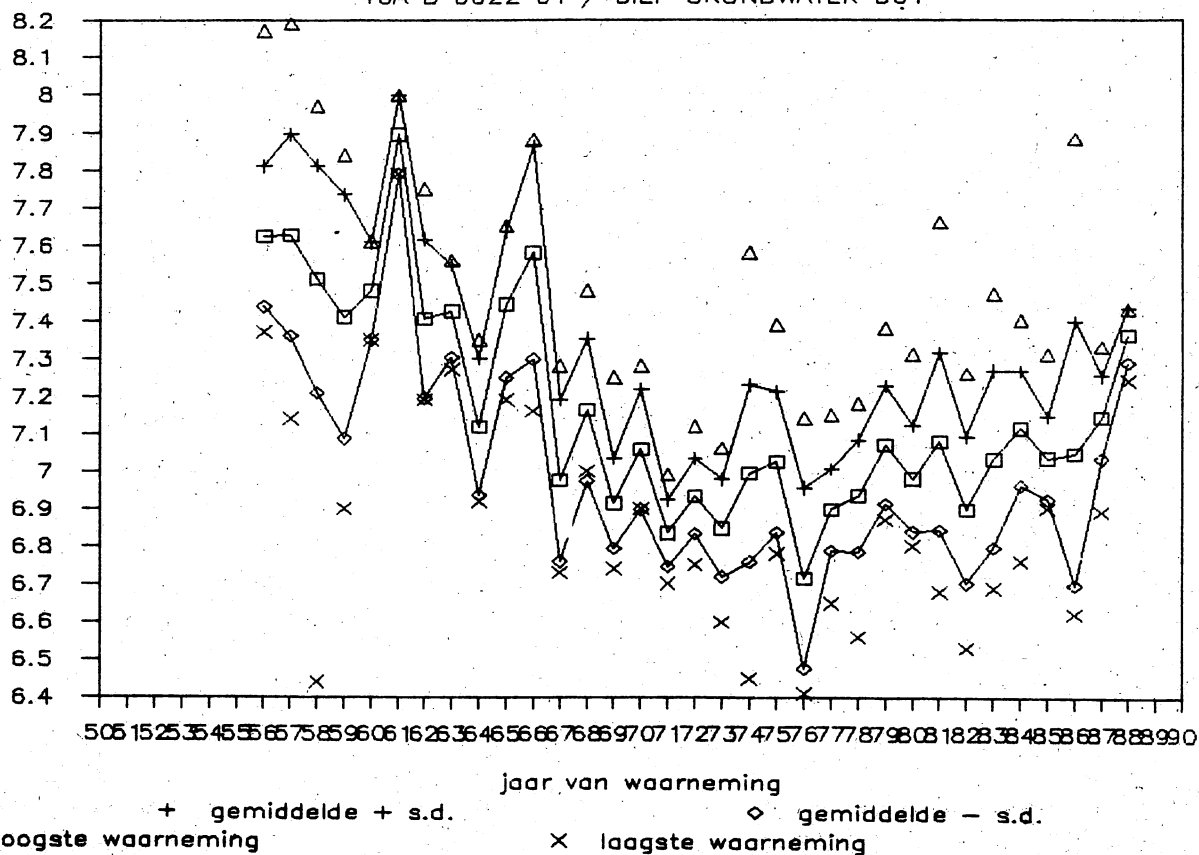
Overasseltse en Hatertse Vennen
JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

46A L 0024 01 / ONDIEP GRONDWATER D61



Overasseltse en Hatertse Vennen
JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

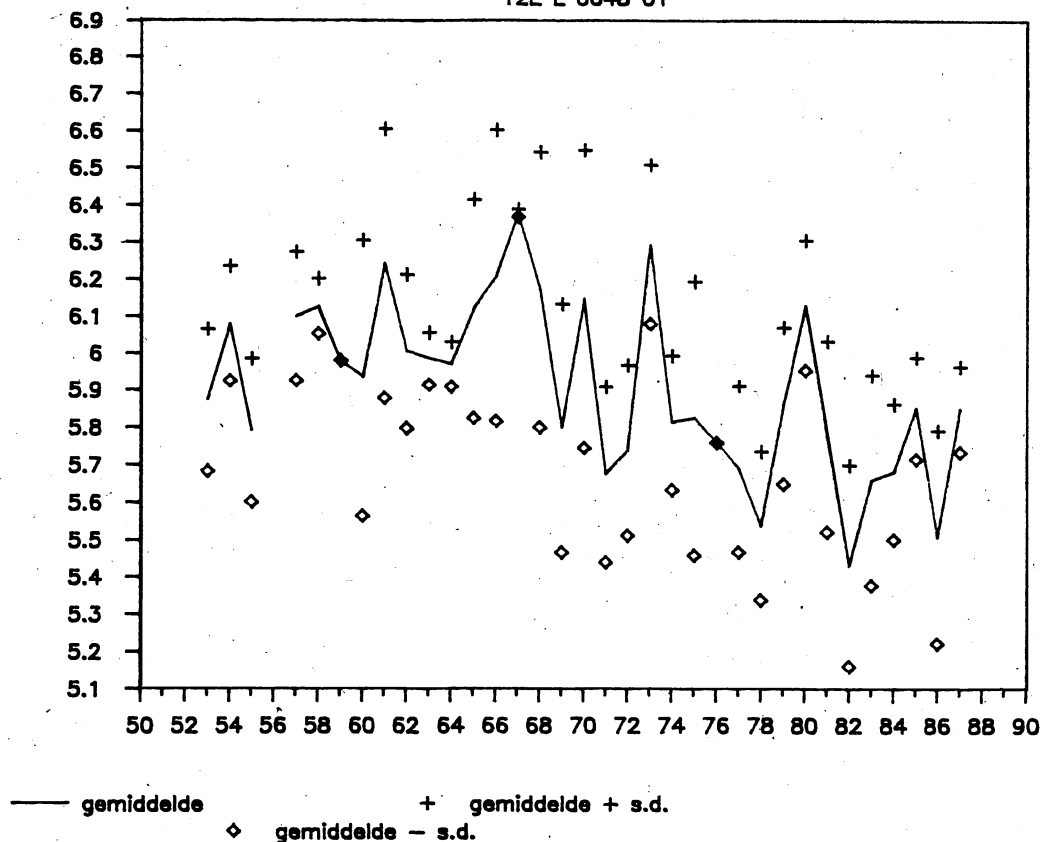
46A B 0022 01 / DIEP GRONDWATER D61



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

12E L 0048 01

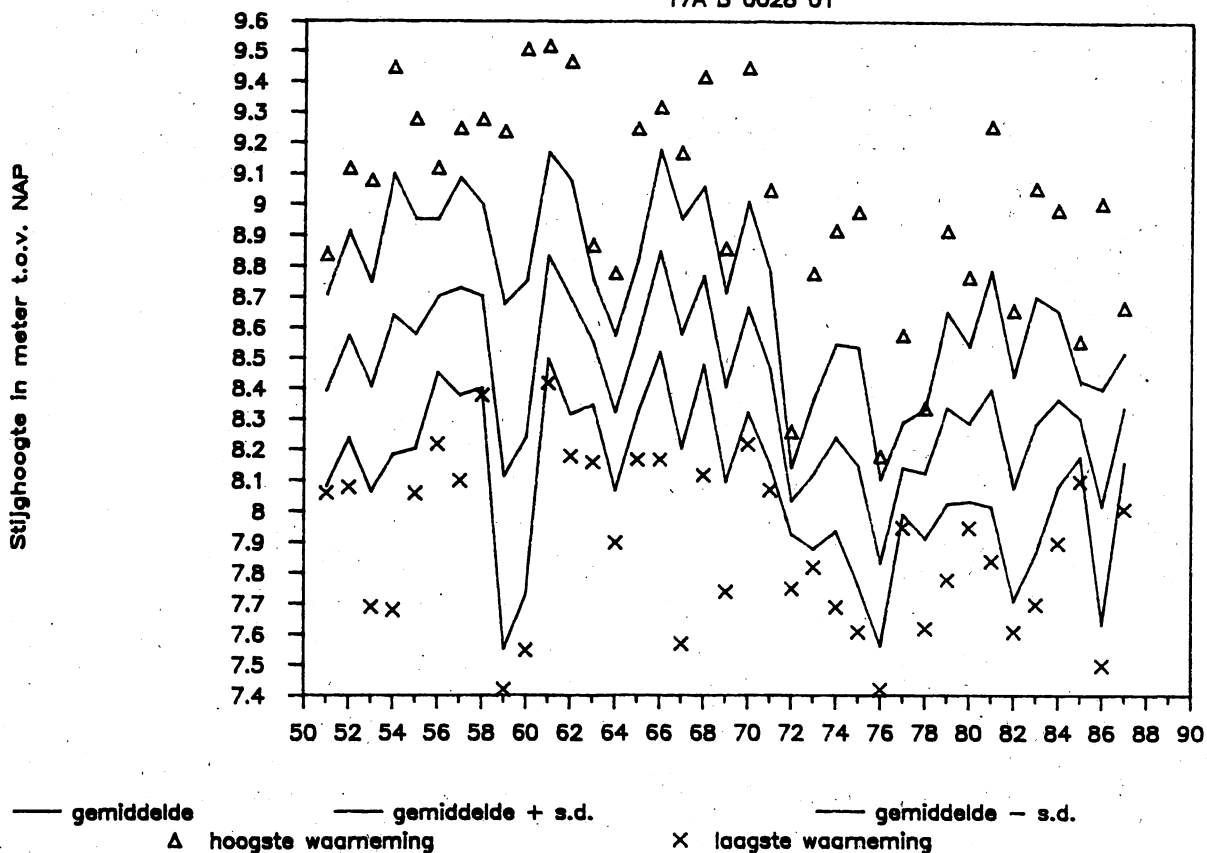
Stijgheogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

17A B 0028 01

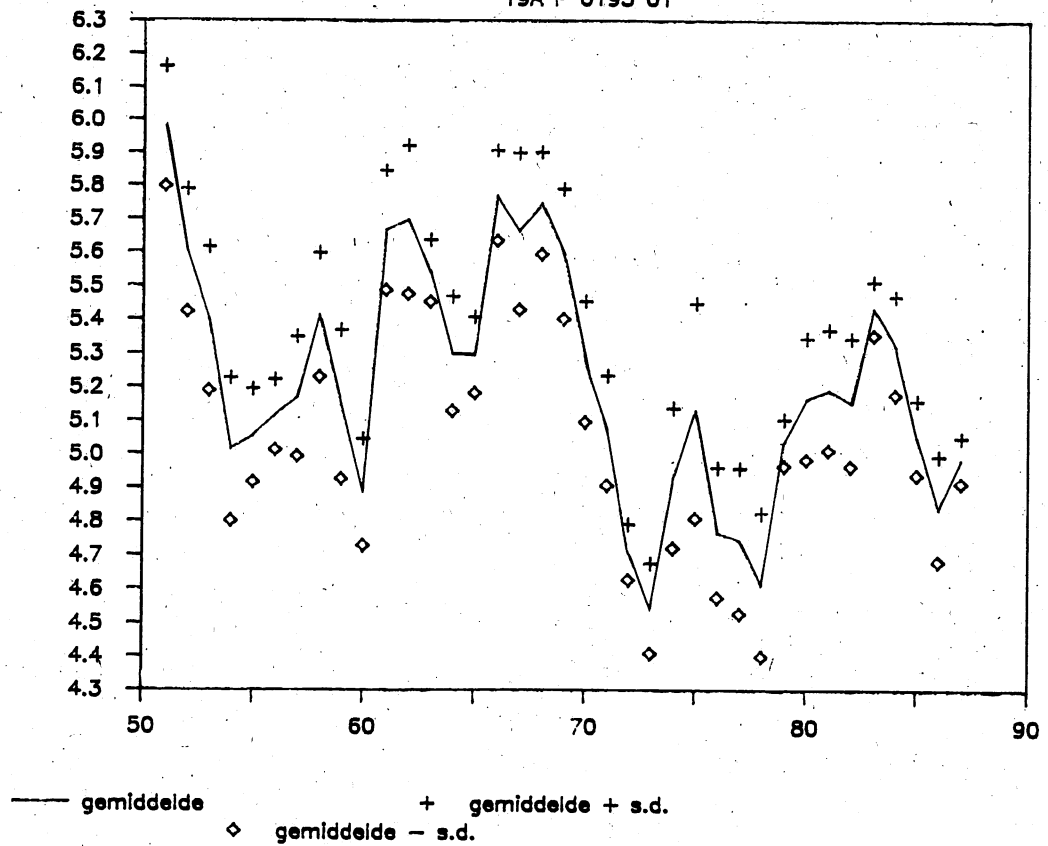
Stijgheogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

19A P 0193 01

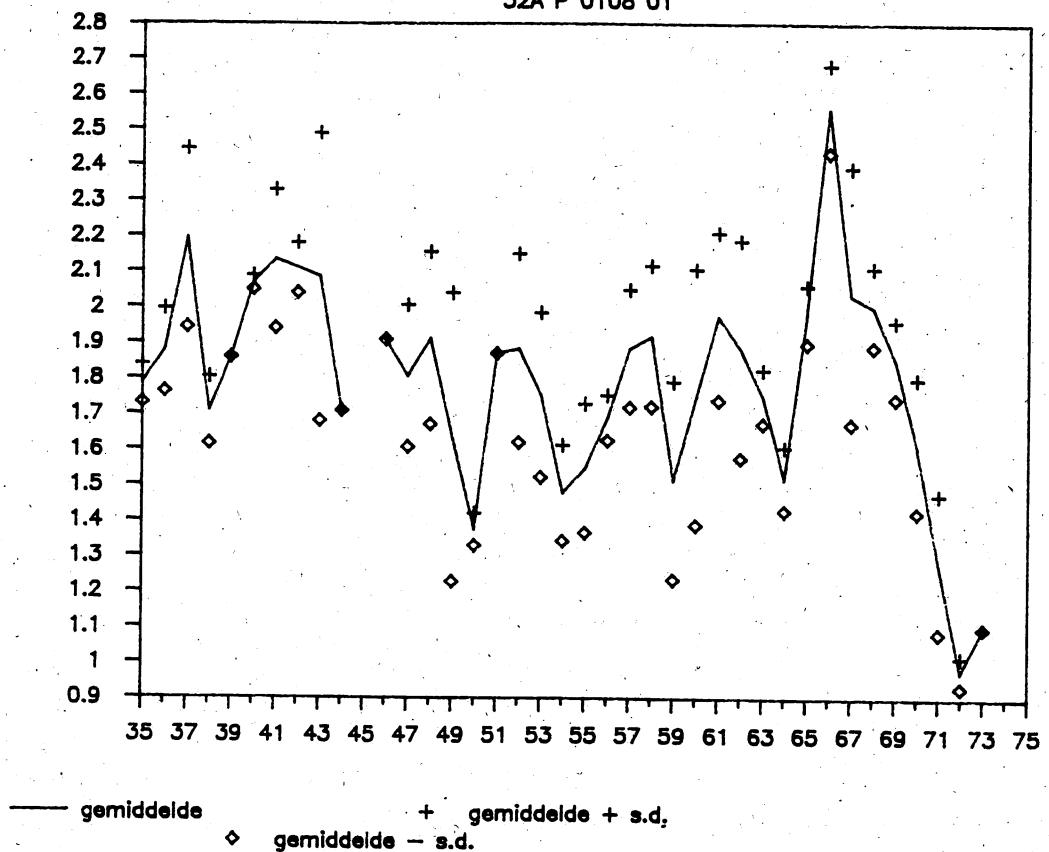
Stijghoogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

32A P 0108 01

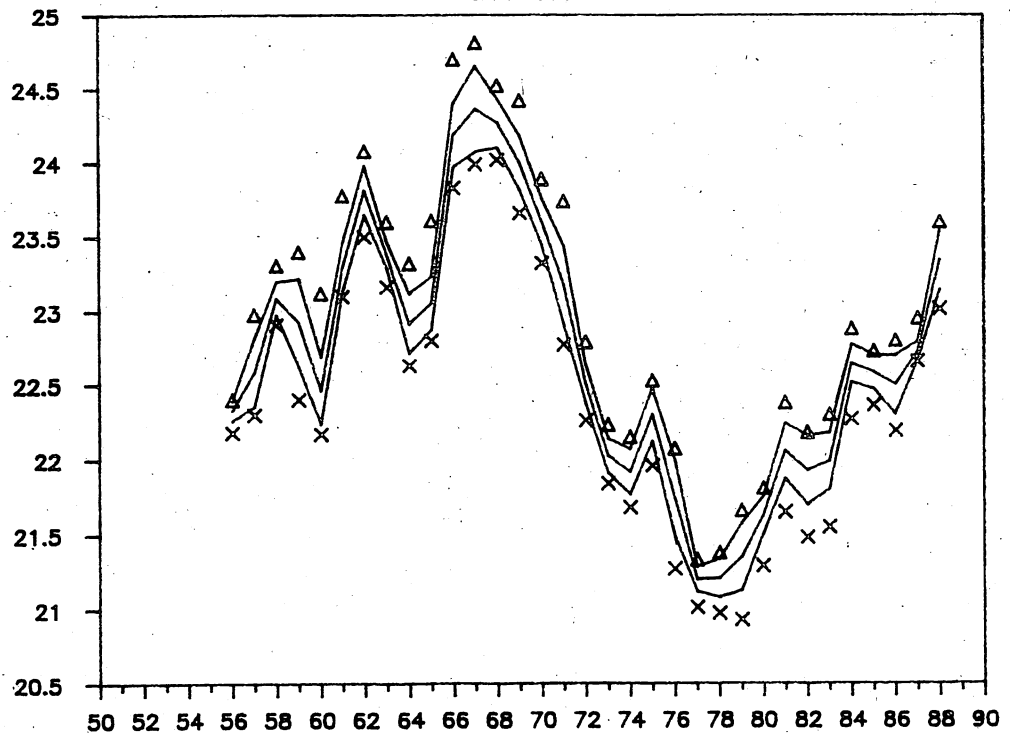
Stijghoogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

33A P 0067 01

Stijghoogte in meter t.o.v. NAP

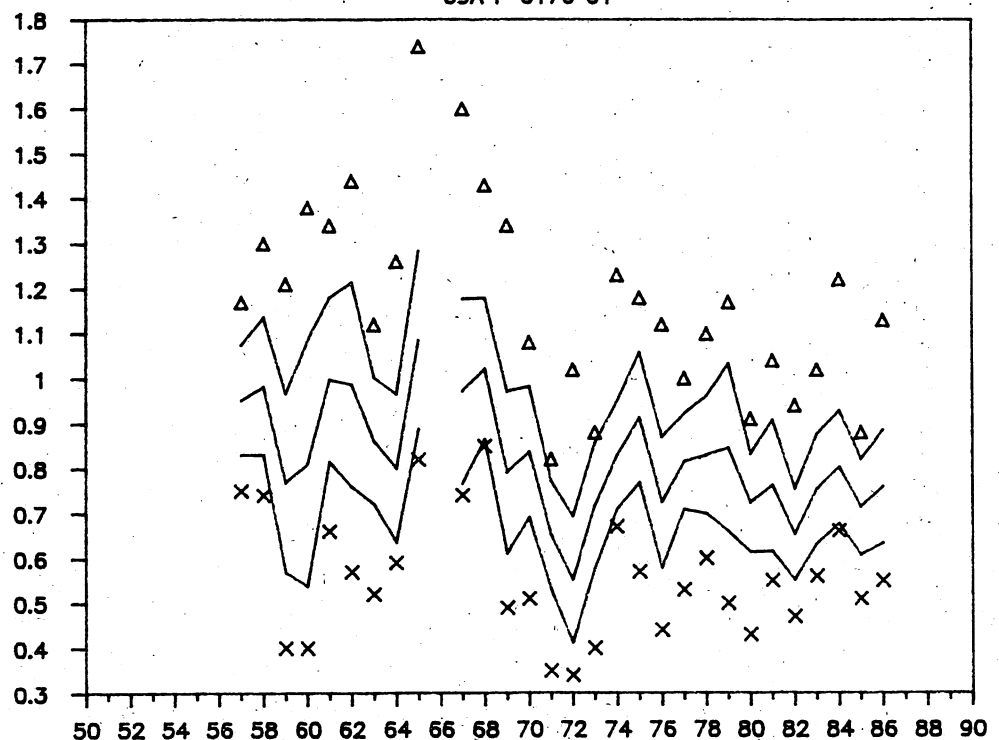


— gemiddelde
Δ hoogste waarneming
— gemiddelde + s.d.
x laagste waarneming
— gemiddelde - s.d.

JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

39A P 0176 01

Stijghoogte in meter t.o.v. NAP

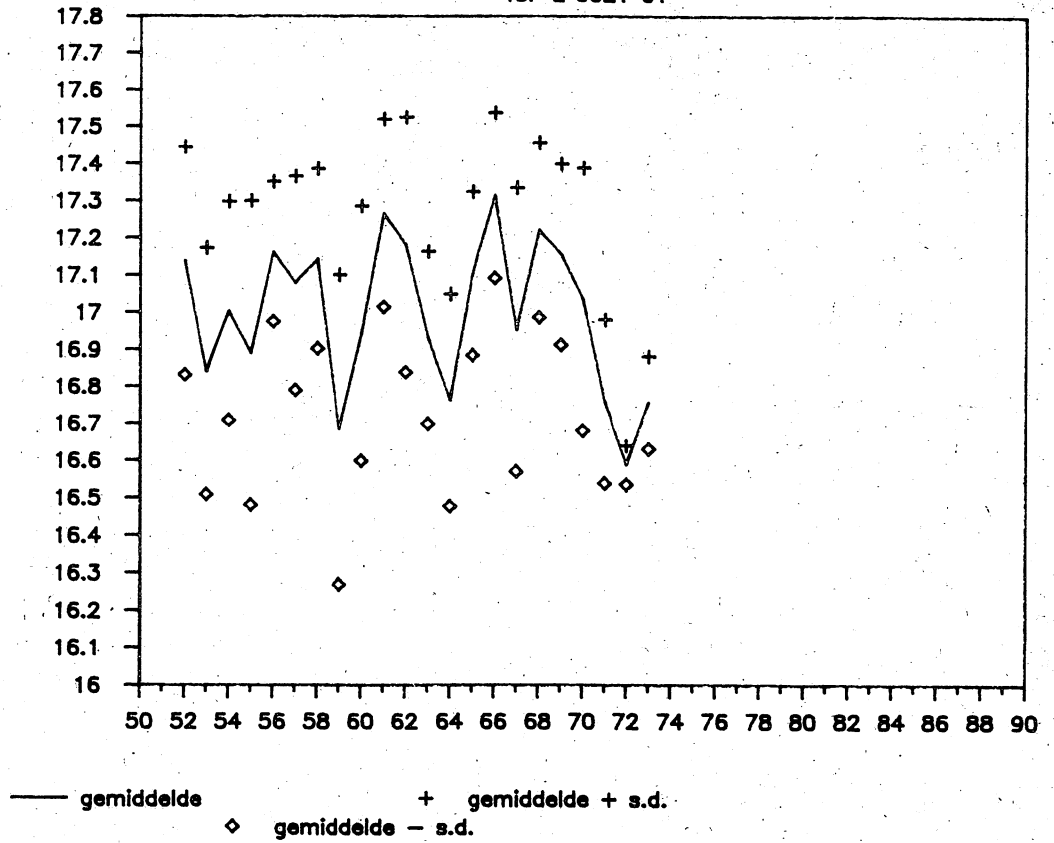


— gemiddelde
Δ hoogste waarneming
— gemiddelde + s.d.
x laagste waarneming
— gemiddelde - s.d.

JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

45F L 0021 01

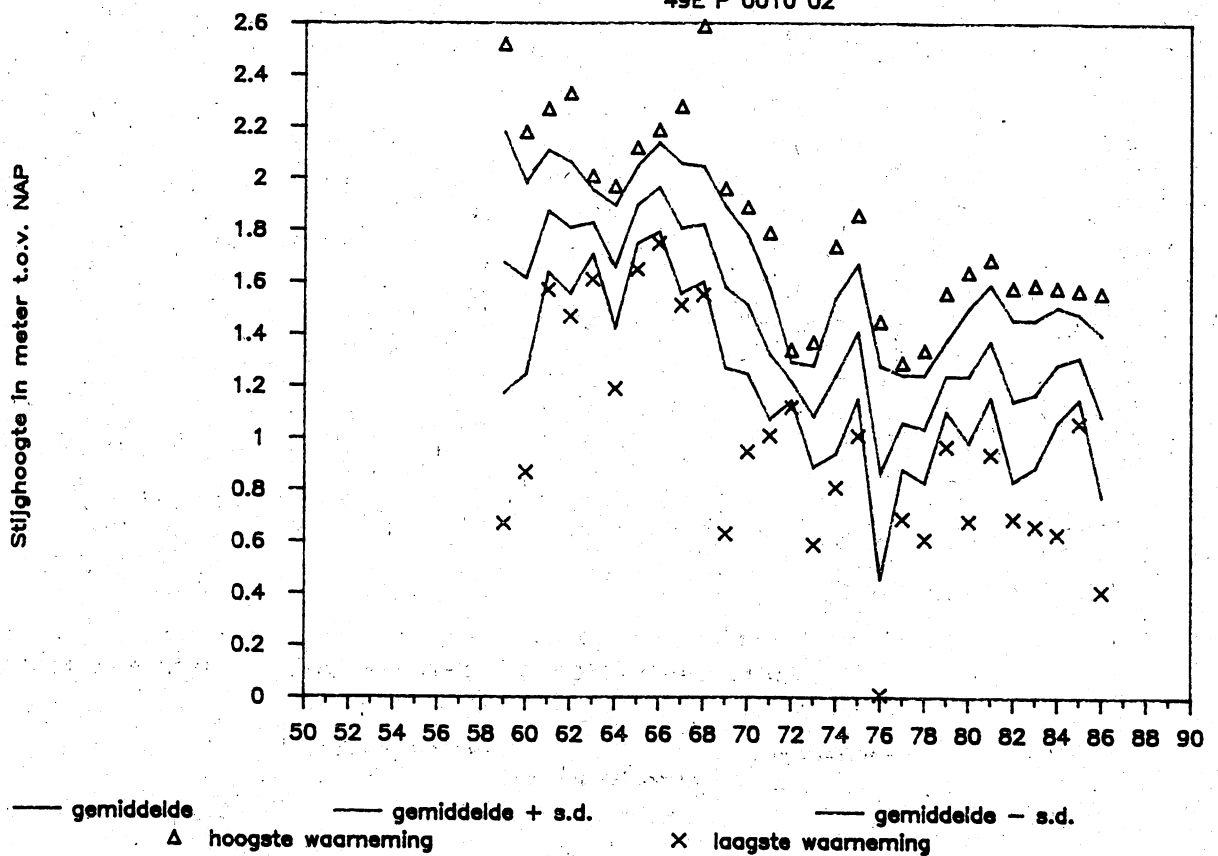
Stijghoogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

49E P 0010 02

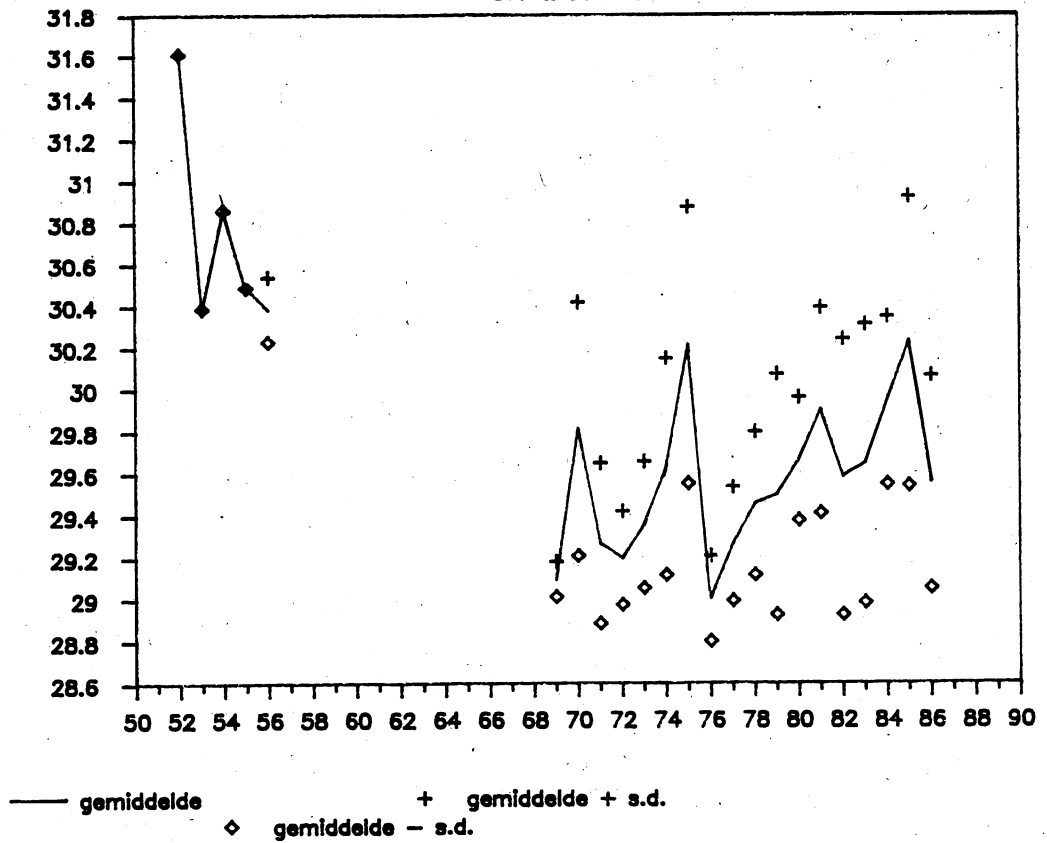
Stijghoogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

57F L 0016 01

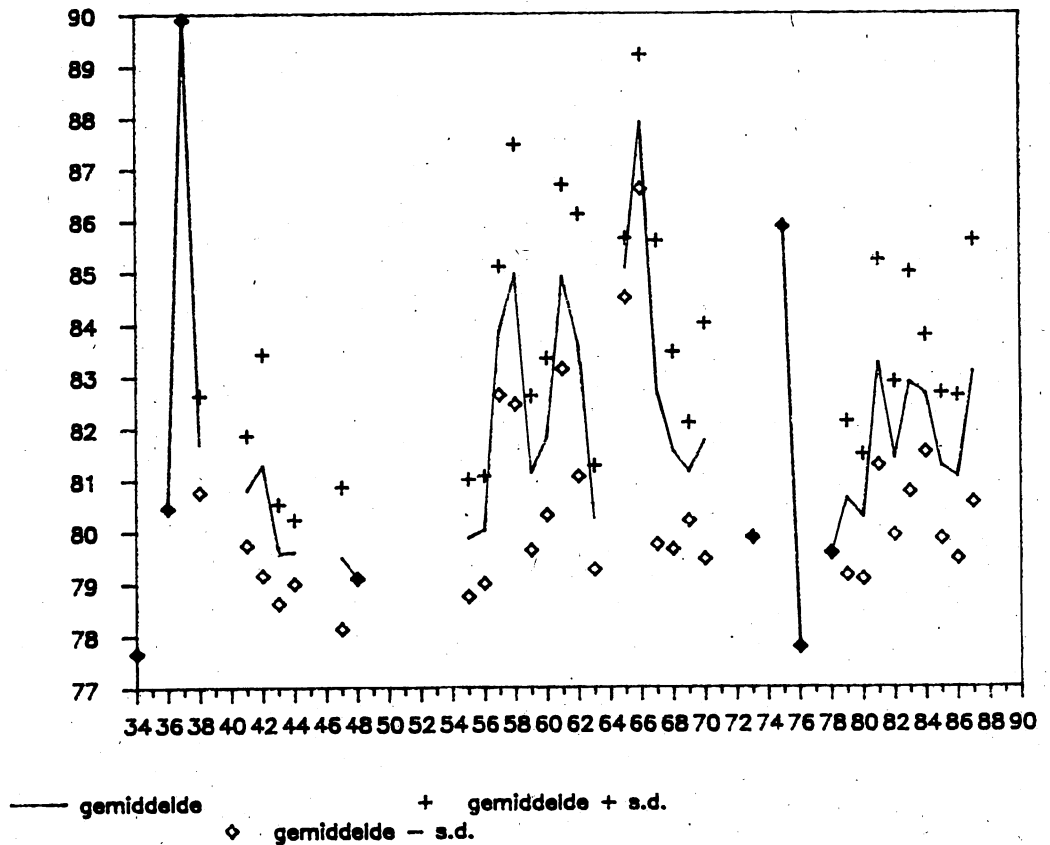
Stijghoogte in meter t.o.v. NAP



JAARKENMERKEN GRONDWATERSTIJGHOOGTE

62D P 0002 01

Stijghoogte in meter t.o.v. NAP



BIJLAGE 3B

- Technische gegevens van enkele van de peilbuizen waarvan grondwaterstanden zijn gebruikt. (Ter illustratie, vanwege het grote aantal gebruikte tijdreeksen konden niet de technische gegevens van alle peilbuizen worden opgenomen).
(2 pp.)

DGV-TNO		Overzicht technische gegevens per filter over de periode 01/01/00 t/m 18/05/88										Datum: 18/05/88	
Locatie	Datum	Werkzaamheid	X coordin	Y coordin	Maaiv t.o.v. NAP	Filter			Meet- punt	Meetp t.o.v. maaiv	Meetp- Onderk filter	Bijzonderheid	
						nr	Bovenk	Onderk					
12B P 0001	28/06/62						-11990	-12090	388	53	2478		
	15/07/83								410	46	2500		
	28/06/62					05	-17890	-17990	385	50	8375		
	15/07/83								406	42	8396		
	21/02/12					06	ONB	ONB	ONB	0			
	28/06/62						-21850	-21950	387	52	2337		
12B P 0029	15/07/83								403	39	2353		
	25/10/29		238280	572400									
	14/06/52				279								
12B P 0035	08/11/29					03	ONB	ONB	ONB		2353		
	14/06/52						-12082	-12182	333	54	2515		
	14/07/52		239060	572660	370								
12C L 0008	15/07/83				398	01	-4471	-4571	422	52	4993		
	15/07/83								442	44	5013		
	15/12/52		223070	558860	1079								
12D B 0030	29/08/60												
	28/04/66	H			1077								
	17/12/69												
	15/12/52					01	ONB	ONB	1064	-15	5013		
	14/05/54								1070	-9			
	28/08/54								1069	-10			
	28/04/55								1064	-15			
	29/08/55								1084	5			
	29/08/60	S											
	28/04/66	S					922	872	1072	-5	200		
	28/04/69						918	868	1068	-9			
	17/12/69	S											
12D L 0005	24/09/43		238510	557300									
	15/10/51				1589								
	24/09/43					01	ONB	ONB	ONB		200		
12E B 0064	15/10/51						-4237	-6111	1310	-279	7421		
	17/12/52		238640	561030	647								
	28/04/61												
	16/10/61	V		561010	670								
	29/04/63												
	28/04/65												
	14/10/71	V	238670	560990	691								
	27/04/73	H											
	17/12/52					01	544	494	637	-10	143		
	28/08/53								642	-5	148		
	28/04/54								639	-8	145		
	28/04/61	S											
16/10/61	S							664	-6	170			
14/08/62						548	498	668	-2				
29/04/63	S					544	494	664	-6				
28/04/65	N												
14/10/71	N					531	481	681	-10	200			
12E B 0064	15/10/51		244250	564560	509								
	14/10/64				533								
	15/10/51					01	-5291	-7291	528	19	7819		
	14/10/64								553	20	7844		
12E B 0076	15/10/51		249840	563900	244								
	15/10/51					01	-5356	-7656	259	15	7915		

DGV-TNO		Overzicht technische gegevens per filter over de periode 01/01/00 t/m 02/06/88										Datum: 02/06/88	
Locatie	Datum	Werkzaamheid	X coordin	Y coordin	Maaiv t.o.v. NAP	Filter		Meet- punt	Meetp t.o.v. maaiv	Meetp- Onderk filter	Bijzonderheid		
						nr	Bovenk Onderk						
01D L 0012	14/10/55		156860	603580	252								
	28/04/72												
	14/07/77												
	28/05/82	H											
	14/10/55					01	ONB	ONB	246	-6			
	28/04/72	S											
06G L 0053	14/07/77	S							222	-30			
	28/05/82	S					108	58	228	-24	170		
	14/10/52		204120	578260	288								
	19/07/55	V	204140		287								
	14/12/64												
	29/04/68												
11F L 0011	27/04/73												
	14/10/52					01	ONB	ONB	277	-11	170		
	27/04/53								278	-10			
	19/07/55								277				
	14/12/64	S											
	29/04/68	N											
11F L 0014	27/04/73	S											
	14/10/52		213130	566290	646								
	14/12/60												
	28/08/72	V	213160	566250									
	14/10/82	V	213170		661								
	14/10/52					01	ONB	ONB	636	-10	170		
12E L 0048	28/04/56								634	-12			
	14/12/60	S											
	28/08/72	S							ONB	-5			
	14/10/82						401	351	351	-310	0		
	28/08/84						405	355	655	-6	300		
	14/10/52		212340	565280	626								
15E L 0019	14/12/60												
	14/12/77	H											
	28/08/84												
	14/10/52					01	ONB	ONB	616	-10	300		
	14/12/60	S											
	14/12/77	S					466	416			200		
15E L 0019	28/08/84	S											
	29/04/53		240560	562760	738								
	28/04/60												
	27/08/65	H			740								
	14/12/67	V	240680	562750	743								
	29/08/77	H			751								
15E L 0019	29/04/53					01	ONB	ONB	730	-8	200		
	14/10/54								720	-18			
	28/04/60	S							730	-8			
	27/08/65	S					587	537	737	-3			
	14/12/67						588	538	738	-5			
	29/08/77						483	383	751	0	368		
15E L 0019	14/10/52		167070	542590	87								
	14/12/67												
	14/12/70												
	27/04/73	V		542600									
	14/08/84												
	14/10/52					01	ONB	ONB	74	-13	368		