

30-3-2007

**Op zoek naar een gemiddeld “standaard” jaar voor de
simulatie van hydrologische condities, met behulp van het
PAWN-instrumentarium**
BSIK project CS7 “Tailoring climate information for impact assessment”

Franziska Keller
KNMI
september 2006/januari 2007

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
1.1. "Klimaat voor Ruimte" en het "maatwerk" project	5
1.2. Het voorbeeld-project bij RIZA-Lelystad.....	6
2. Methoden	9
2.1 Het gebruikte modelinstrumentarium	9
2.2 Ruimtelijke en temporele resolutie	9
2.3. Gebruikte meteorologische gegevens	10
Figuur 2.3: De 15 weerregio's in het RIZA-modelinstrumentarium.	11
2.4. Gebruikte hydrologische parameters	11
2.5. Gedraaide runs	12
3. Resultaten	15
3.1. "K3/gem"	17
3.2 "67"	19
3.3. "73"	21
3.4 "67+73"	22
3.5 "67_5"	23
3.6. "K6"	25
3.7. "K7"	26
3.8. "K8"	27
3.9. "K9"	28
3.10. "L1".....	29
3.11. "95S" en "95W"	30
3.12. Tijdreeksen voor de toekomst.....	32
4. Vergelijking van de runs en verdere analyses	34
4.1. Landelijk gemiddelde waarden	34
4.2. Regionale toets.....	34
4.3. Toets drainagecomponenten	35
4.4. Conclusie.....	36
5. Conclusies	38
6. Aanbevelingen	39
6.1 Aanbevelingen voor de toepassing van een standaard jaar met invoer per decade op invoer per dag.....	39
6.2 Aanbeveling voor de toepassing van de methode voor de constructie van een gemiddeld standaard jaar op het construeren van een 10% nat/droog standaard jaar	39
6. Referenties	40

Annex 1: Technische details en modelgebruik

- A1. Run met decade waarden
 - A1.1.1. Run draaien
 - A1.1.2. Nabewerking
- A1.2. 30jaar run
- A1.3. Run met dagelijkse invoer waarden

Annex 2: Ini-files gebruikt voor de verschillende runs

- A2.1. Mona ini
- A2.2. Mozart ini

Annex 3: Methode voor reekstransformatie

Samenvatting

Uit het onderzoek is gebleken dat het niet mogelijk is een realistisch meteorologisch jaar te construeren dat voor meerdere hydrologische parameters tegelijk dezelfde gemiddelde waarden oplevert als het gemiddelde van 30 jaar. In dit rapport is wel aangegeven hoeveel de hydrologische parameters afwijken bij verschillende (synthetische) meteorologische jaren. In dien gewenst, kan de gebruiker dit rapport gebruiken om het meteorologische jaar te kiezen dat het best voldoet aan zijn wensen met betrekking tot een "standaard jaar". Dit rapport geeft ook een methode om tot een goed onderbouwde keuze voor een gemiddeld "standaard" jaar te komen, m.a.w. welk meteorologisch jaar voldoet zo goed mogelijk aan de bovengenoemde voorwaarden, gezien de toepassing waarvoor het gebruikt gaat worden.

.....

1. Inleiding

Dit rapport beschrijft de eerste resultaten van een deelproject van “Tailoring climate information for impact assessment” (ook wel het Maatwerk-project genoemd). Dit project is onderdeel van het "Klimaat voor Ruimte" programma. Het doel van het project was het construeren van een "standaard" klimatologisch jaar, met de volgende kenmerken:

- Bij gebruik moet het resulteren in dezelfde gemiddelde waarden voor verschillende hydrologische parameters als bij gebruik van 30 jaar klimatologische gegevens (30 jarige run);
- Bij gebruik moet het voor het hele land tegelijk gemiddelde hydrologische waarden opleveren (consistentie).

De voordelen van een “standaard” jaar t.o.v. een 30-jarige run zijn de geringere rekentijd en de geringere tijd om resultaten te analyseren. In het verleden zijn wel “referentie”-jaren gebruikt (bijv. 1967 als referentie voor een gemiddeld jaar), maar een van de problemen bij het gebruik van zo'n referentie jaar is dat het jaar niet voor elk deel van Nederland even gemiddeld was (...ref. Droogtestudie...).

In dit rapport is een overzicht te vinden van de gevolgde methoden, de resultaten en de conclusies. In hoofdstuk 1 wordt verder toegelicht in welk kader dit project is uitgevoerd en waarom men op zoek is naar "standaard" jaren.. Hoofdstuk 2 beschrijft de hydrologische modellen die het RIZA gebruikt en de methoden die gebruikt zijn bij het construeren van een "standaard" jaar. Tijdens dit proces zijn verschillende mogelijkheden verkend. Deze verschillende opties voor een gemiddeld "standaard" jaar en de bijbehorende hydrologische waarden worden gepresenteerd in Hoofdstuk 3. In Hoofdstuk 4 worden de runs onderling vergeleken, en in Hoofdstuk 5, tenslotte, worden de conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

1.1. "Klimaat voor Ruimte" en het "maatwerk" project

"Klimaat voor Ruimte" is een onderzoeksprogramma dat zich richt op een klimaatbestendigere ruimtelijke inrichting van Nederland. Het wordt uitgevoerd in het kader van de BSIK-subsidieregeling. Allerlei mitigatie- en adaptatiemaatregelen m.b.t. klimaatverandering hebben een ruimtelijke component: verbouw van gewassen voor biobrandstoffen, plaatsen van windmolens, meer "Ruimte voor de Rivier" (veiligheid tegen overstroming), aanpassingen in de Ecologische HoofdStructuur (om planten en diersoorten meer mogelijkheden te geven te migreren), etc. De bestaande Nederlandse kennisinfrastructuur schiet tekort in de beantwoording van de toegenomen vraag naar bruikbare kennis over de relatie tussen klimaatverandering en ruimtegebruik. Het "Klimaat voor Ruimte" programma wil in deze kennisleemte voorzien en de projecten concentreren zich rond vier hoofdthema's:

- klimaatscenario's;
- mitigatie;
- adaptatie;
- integratie en communicatie.

In dit programma werkt een maatschappijbreed consortium van overheid, wetenschap en bedrijfsleven samen aan oplossingen. Binnen de projecten wordt onderzoek verricht in alle voor klimaat en ruimte relevante sectoren zoals natuurbeheer, landbouw, visserij, kustbeheer, waterbeheer, ruimtegebonden energieproductie, transport, woningbouw en het bank- en verzekeringswezen. Het is de bedoeling dat met de opgedane kennis betere besluiten kunnen worden genomen over de toekomstige inrichting van ons land, want klimaatverandering is in toenemende mate bepalend voor de ruimtelijke ordening van Nederland.

Binnen het programma “Klimaat voor Ruimte” wordt veel aandacht besteed aan de verbetering van de informatievoorziening over klimaatverandering aan bedrijven, overheden, politiek, NGO’s en het algemene publiek. Het "Maatwerk"-project (ofwel “Tailoring climate information for impact assessment”) richt zich specifiek op het “op maat” maken van klimaatscenario’s en klimaatinformatie.

De vraag naar informatie over klimaat en klimaatverandering is sterk toegenomen. Eind mei 2006 heeft het KNMI nieuwe regionale klimaatscenario's voor Nederland gepresenteerd. Deze KNMI'06 klimaatscenario's zijn algemene scenario's, bedoeld voor een brede groep sectoren in de samenleving. Ze zijn dus niet toegesneden op bepaalde gebruikers, hoewel elke sector zijn eigen wensen heeft m.b.t. klimaatinformatie. Waterschappen willen o.a. informatie over verwachte gemiddelde regenval en de maximale intensiteit per locatie voor de lange en middellange termijn om het risico van overstroming te bepalen en om hun infrastructuur voor het reguleren van de grondwaterstand aan te passen. Verzekeringsmaatschappijen hebben niets aan zulke gedetailleerde gegevens, maar zijn meer geïnteresseerd in bijv. de toename of afname van de kans op stormen en hagelbuien om schade in de landbouw en aan huizen te verzekeren. Voor bouwbedrijven kan informatie over extreme windsnelheden van belang zijn bij het ontwerp van bruggen en gebouwen. Het is dus duidelijk dat er maatwerk nodig is.

Onder maatwerk wordt in dit project het volgende verstaan:

- Het boven tafel halen van de exacte wensen van de afnemers (welke gegevens, hoe gedetailleerd, met welke nauwkeurigheid, voor welk doel gaat men ze gebruiken, etc.);
- Het aanleveren van de gegevens in de gewenste vorm;
- Begeleiding bij het gebruik van de gegevens, bijv. het bewerken van gegevens voor invoer in modellen met betrekking tot het waterbeheer;
- Meedenken bij het gebruik in besluitvormingsprocessen, met name het omgaan met onzekerheden.

Binnen het KNMI bestaat er al een redelijk beeld van de mogelijke gebruikers en hun wensen, vanwege de contacten met gebruikers in verschillende projecten en de vragen om klimaatinformatie die bij het KNMI binnenkomen. In een eerste inventarisatie wordt gecheckt in hoeverre dit beeld moet worden aangepast en uitgebreid. Daarbij worden potentiële gebruikers ook geïnformeerd over de mogelijkheden om aan hun wensen te voldoen. Binnen hetzelfde project worden ook zes voorbeeld-projecten uitgevoerd met als doel te laten zien wat er mogelijk is met "maatwerk". Dit rapport beschrijft 1 van deze voorbeeldprojecten samen met het RIZA in Lelystad.

1.2. Het voorbeeld-project bij RIZA-Lelystad

Het RIZA (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling) verzamelt gegevens over en laat onderzoek verrichten naar waterkwaliteit en -kwantiteit. Op basis hiervan geeft het RIZA adviezen over het beheer van het zoetwater in Nederland en daarbuiten. Hiervoor maakt het o.a. landsdekkende analyses met hydrologische modellen. Men houdt zich ook bezig met de mogelijke effecten van droogte (zie www.droogtestudie.nl), en met studies in het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW). In dergelijke studies probeert men meestal in kaart te brengen wat er in een gemiddelde situatie gebeurt, maar ook wat er in drogere en nattere situaties gebeurt en kan gebeuren. Landbouwschade in erg natte of droge omstandigheden wordt bijv. berekend ten opzichte van de opbrengsten in een "gemiddeld" jaar.

Het doorrekenen en analyseren van een groot aantal jaren (bijv. 30 jaar) met behulp van het gehele pakket aan modellen (zie 2.1 voor een beschrijving) kost veel tijd. Daarom is er ook in het verleden al gezocht naar "voorbeeld" jaren of referentie-jaren voor o.a. een gemiddelde situatie en voor extreme situaties (bijv. voor een eens in de 10 jaar voorkomend neerslagtekort (= neerslag - verdamping)). Zo is voor de droogtestudie o.a. bepaald dat 1967 het dichtst komt bij een gemiddeld jaar wat betreft neerslagtekort in het groeiseizoen.

Een referentiejaar zoals 1967 heeft echter beperkingen. Zo was de neerslagtekort in 1967 niet overal in Nederland even gemiddeld, en de neerslag was niet in elke maand/seizoen even gemiddeld. Het ideale gemiddelde "standaard" jaar zoals het RIZA dat graag zou willen hebben, zou:

- het gemiddelde klimaat van de jaren 1971 -2000 in één enkel jaar moeten representeren;
- resulteren in dezelfde gemiddelde hydrologische parameters (zoals gemiddeld grondwaterstand (GWS) en evaporatie/verdamping) als bij het gebruik van 30 jaar (1971-2000);
- resulteren in dezelfde extreme hydrologische parameters (zoals Gemiddelde Hoogste en Laagste Grondwaterstand: GHG en GLG) als bij het gebruik van 30 jaar;
- voor het hele land tegelijk per 500*500 m dezelfde gemiddelde en extreme hydrologische parameters moeten opleveren als bij gebruik van 30 jaar;
- voor elke decade (10 dagen) per jaar dezelfde gemiddelde en extreme hydrologische parameters moeten opleveren als bij gebruik van 30 jaar;
- dagelijkse/decadale waarden voor zowel neerslag als potentiële verdamping moeten bevatten (liefst per 500*500 m).

Op voorhand is duidelijk dat het niet mogelijk is om een realistisch meteorologisch jaar te construeren dat exact aan de bovenstaande wensen voldoet. De natuurlijke variatie in neerslagverdeling over het jaar en in de verdeling over het land beïnvloedt de hydrologische parameters. Het is onmogelijk om alle opgetreden variatie in de jaren 1971-2000 in 1 jaar te stoppen. Er is binnen dit project dan ook gekeken in hoeverre er toch aan bovengenoemde wensen kan worden voldaan.

Bij het onderzoek naar een "standaard" jaar is een aantal stappen gevolgd:

Stap 1. Inventarisatie van de gewenste eigenschappen van het standaard jaar. Er is voor gekozen om (in eerste instantie) te gaan werken aan een gemiddeld "standaard" jaar. Tevens is bepaald welke hydrologische parameters van belang zijn bij een "standaard"jaar.

Stap 2. Bepalen van de gemiddelde en extreme hydrologische parameters voor Nederland als geheel en per weerregio op basis van een beschikbare 30-jarige run met het RIZA-modelinstrumentarium voor de periode 1970-1999.

Stap 3. Voor het maken van een standaardjaar kan men twee benaderingen kiezen: 1. men kan uit gaan van een bepaald jaar als basis; 2. of op basis van statistiek en/of andere technieken een volledige nieuw (synthetisch) meteorologisch jaar maken. Probleem bij de tweede benadering is dat het "standaard" jaar wel realistisch/mogelijk moet zijn (niet te kunstmatig), maar het is moeilijk om natuurlijke variatie in neerslag en verdamping in een synthetische datareeks aan te brengen. Echter, uitgaan van een werkelijk opgetreden jaar heeft ook beperkingen vanwege de ruimtelijke en temporele variatie. In deze stap is geconcludeerd dat de eerste benadering een realistischer meteorologisch "standaard"jaar zal opleveren.

Stap 4. Vervolgens zijn verschillende typen correcties m.b.t. de ruimtelijke variatie en de verdeling van de neerslag over het jaar uitgetoet. Er is telkens geanalyseerd welk

alternatief zo dicht mogelijk komt bij het gewenste "standaard" jaar (vergelijking met de resultaten van de 30-jarige run).

Stap 5. De "gevoeligheidsanalyse" uit stap 4 laat zien dat bepaalde aanpassingen meer invloed hebben op gemiddelde hydrologische parameters, andere meer op de ruimtelijke verdeling, etc. M.a.w. het is niet mogelijk om voor alle hydrologische parameters tegelijk zo dicht mogelijk bij het 30-jarig gemiddelde te komen. In deze stap is gewerkt aan een methode om op een transparante en zo objectief mogelijke manier een keuze te maken uit de mogelijke alternatieve gemiddelde "standaard" jaren, door gewichten toe te kennen aan de gewenste hydrologische parameters (bijv. is het belangrijker dat de gemiddelde grondwaterstand goed wordt gesimuleerd of de hoogste en laagste grondwaterstanden?). Afhankelijk van de gewenste toepassing zou men dan andere gemiddelde "standaard" jaren kunnen kiezen.

Stap 6. RIZA wil binnen afzienbare tijd overstappen op het gebruik van dagwaarden i.p.v. decadewaarden in hun modelinstrumentarium. Ook wil men een betere representatie van de ruimtelijke variatie in het klimaat in modellen (o.a. van belang voor een aantal hydrologische parameters t.b.v. waterkwaliteit). In deze stap is gekeken of het geselecteerde "standaard" jaar op basis van decade waarden, min of meer dezelfde hydrologische waarden oplevert als hetzelfde standaard jaar met dagwaarden. Daarvoor zijn een aantal runs uitgevoerd om de invloed van temporele variatie op de hydrologische parameters te bepalen

Stap 7. In de laatste stap is gekeken hoe het "standaard" jaar voor het huidige klimaat zou kunnen veranderen als gevolg van klimaatverandering (rond 2050) en welke invloed heeft dit op de hydrologische parameters. De eenvoudigste manier lijkt het transformeren van het standaard jaar tot een mogelijk toekomstig jaar voor de verschillende KNMI'06 klimaatscenario's (het bestaande transformatieprogramma transformeert tijdreeksen met dagwaarden). Daarbij wordt echter verondersteld dat er een lineair verband is tussen de meteorologische gegevens en de hydrologische gegevens.

Het RIZA (maar ook andere waterbeheerders/managers) wil het uiteindelijke gemiddelde "standaard" jaar gaan gebruiken voor verschillende typen studies, bijv. een vervolg op de "Droogtestudie" en studies i.v.m. de Kader Richtlijn Water (KRW). Het geselecteerde gemiddelde "standaard" jaar kan wellicht hiervoor gebruikt worden, maar het is belangrijk dat de gebruikers zich bewust zijn van de beperkingen, en dat men weet hoe goed het "standaard" jaar de gemiddelde situatie in een bepaalde regio weergeeft. Dit rapport geeft hierover informatie.

2. Methoden

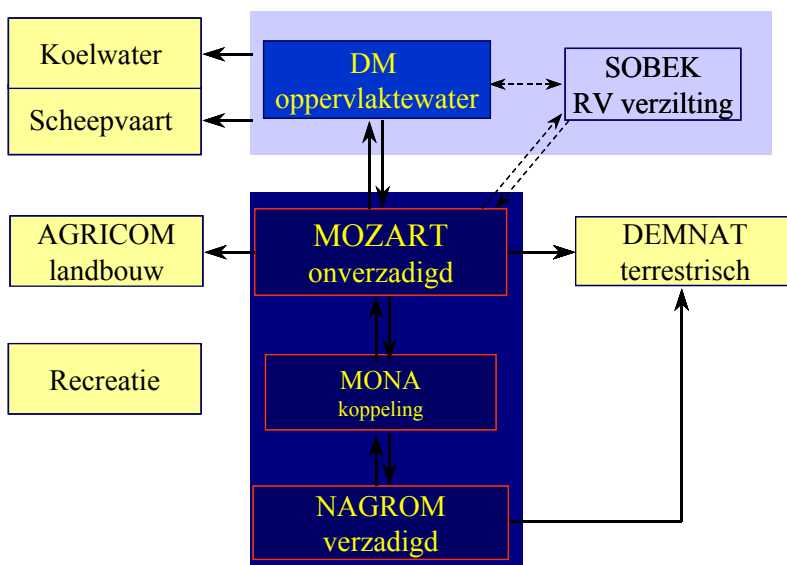
2.1 Het gebruikte modelinstrumentarium

Voor dit project is gebruik gemaakt van hetzelfde modelinstrumentarium als voor de "Droogtestudie" (gevolgen van droogte in Nederland; RIZA, 2005). Het instrumentarium bestaat uit drie typen modellen (Figuur 2.1).

De kern (type 1) wordt gevormd door de modellen NAGROM (verzadigde grondwaterstroming), MOZART (onverzadigde zone), en MONA (koppeling MOZART en NAGROM). Met behulp van deze modellen worden de grondwaterstanden berekend. Deze zijn sterk afhankelijk van de neerslag, verdamping en de aanvoer van water uit het hoofdwatersysteem (gegeven door het Distributiemodel (DM, verdeling oppervlaktewater; type 2 model)).

Tot het "type 2" modellen behoren het Distributiemodel en SOBEK. Het Distributiemodel simuleert de verdeling van oppervlaktewater over de verschillende rivieren en ander open water. Het maakt onder meer gebruik van met het model SOBEK berekende randvoorwaarden. SOBEK simuleert o.a. de zoutindringing.

"Type 3" modellen simuleren de effecten van de hydrologische parameters op diverse functies: o.a. AGRICOM (landbouw), DEMNAT (terrestrische natuur), het Scheepvaartmodel en het Koelwatermodel (RIZA, 2005).

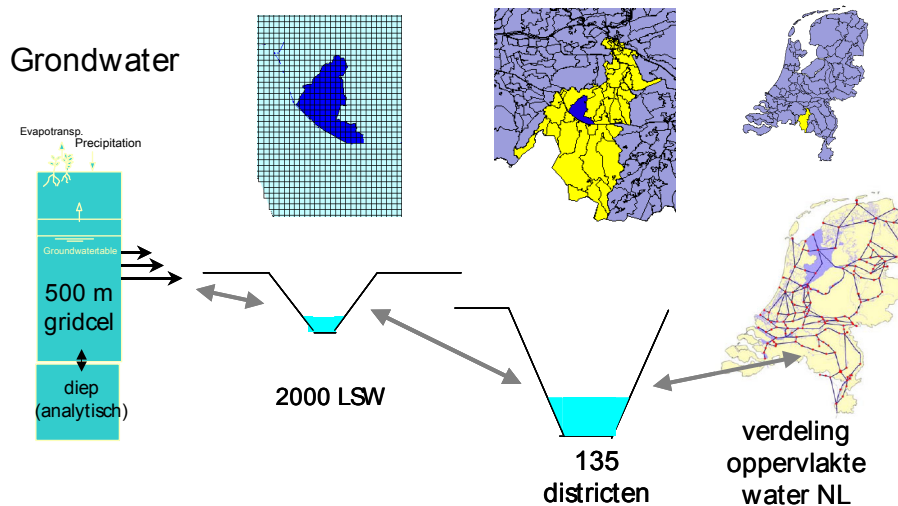


Figuur 2.1: Opbouw van het modelinstrumentarium: donkerblauw is type 1, lichtblauw type 2 en geel type 3.

De belangrijkste onderdelen van het hydrologische instrumentarium zijn gecalibreerd en/of gevalideerd: MOZART (Witteveen en Bos, 2003), NAGROM (TNO-TAWN, 2003), distributie model (HKV, 2005).

2.2 Ruimtelijke en temporele resolutie

Het modelinstrumentarium rekt met verschillende ruimtelijke eenheden (Figuur 2.2). De kleinste rekeneenheid (een "plot") is een gridcel van 500 m x 500 m. Een plot is een combinatie van een bepaald landgebruik, een bodemprofiel, drainage eigenschappen en de mogelijkheid om wel of geen beregening toe te passen. Iedere plot is weer onderdeel van een bepaald stroomgebied (Local Surface Water, LSW), waarvan er ongeveer 2000 zijn in Nederland. Een LSW kan vrij afwateren of peilbeheerst zijn. Verschillende LSW's samen vormen een district (135 in Nederland). De grenzen van districten zijn samen met de regionale waterbeheerders opgesteld (HKV, 2001).



Figuur 2.2: Ruimtelijke eenheden van het RIZA-modelinstrumentarium.

MOZART rekt de verschillende hydrologische parameters uit per tijdstap van 1 dag. Echter de meteorologische input wordt gegeven per decade (10 dagen; zie verder 2.2).

2.3. Gebruikte meteorologische gegevens

Het modelinstrumentarium rekt met decadewaarden (10 dagen). Elke maand bevat 3 decaden, waarbij de eerste 10 dagen de eerste decade vormen, de tweede 10 dagen de tweede decade, en het restant aan dagen (8-11 dagen) de derde decade. Als invoer wordt de som van neerslag en van de verdamping per decade gebruikt. Echter, intern in de modellen wordt gerekend met een tijdsstap van een dag (met de hulp van vaste tabellen). De neerslag of verdamping per decade wordt daarbij weer gelijkmatig uitgesmeerd over het aantal dagen per decade: elke dag binnen een decade heeft dan dezelfde neerslag en verdamping.

Het modelinstrumentarium (par. 2.1) werkt verder met 15 weerregio's (figuur 2.3) in Nederland. Voor iedere weerregio is de gemiddelde neerslagsom per decade van alle neerslagstations van deze regio bepaald. Deze dataset is door het KNMI aangemaakt, en hiervoor zijn eerst dagwaarden per regio gemiddeld om vervolgens decade-waarden te maken. Per decade (dus ook per dag) is de neerslag in de hele weerregio in de modellen dus hetzelfde.

Voor verdamping wordt de Makkink-formule gebruikt als invoer. Deze wordt vervolgens m.b.v. de Penman-formule omgerekend (correctiefactor van 1/0.8)



Figuur 2.3: De 15 weerregio's in het RIZA-modelinstrumentarium.

2.4. Gebruikte hydrologische parameters

In de eerste discussies met het RIZA werd de onderstaande lijst van hydrologische parameters aangemerkt als meest relevant voor een "standaard" jaar (**stap 1** uit par. 1.2):

- **GHG:** gemiddelde hoogste grondwaterstand. Is gedefinieerd als het gemiddelde van HG3 (gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden die in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) worden gemeten, uitgaande van een halfmaandelijkse meetfrequentie) over een aaneengesloten periode van tenminste acht jaar. Voor een "standaard" of referentie jaar rekent men 2 keer hetzelfde jaar door, vervolgens worden hieruit de GHG5 (gemiddelde van de vijf hoogste grondwaterstanden die in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) worden gemeten, uitgaande van een halfmaandelijkse meetfrequentie) berekend. Met een ander programma worden deze waarden omgezet in GHG3.
- **GLG:** hetzelfde als GHG maar voor de gemiddeld laagste grondwaterstand;
- **GVG:** gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand. Is gedefinieerd als het gemiddelde van VG3 (gemiddelde grondwaterstand op de meetdata 14 maart, 28 maart, en 14 april in een bepaald kalenderjaar) over een aaneengesloten periode van ten minste acht jaar;
- **GWS:** gemiddelde grondwaterstand over een heel jaar;
- **Gwtrap:** Om het grondwaterstandverloop van vlakken weer te geven, moeten de mogelijke combinaties van GHG en GLG tot een beperkt aantal klassen teruggebracht. De volgende grondwatertrappen worden onderscheiden:

Gwtrap	10	20	21	30	31	40	50	51	60	70	71
GHG	< 25	< 25	25 - 40	< 25	25 - 40	> 40	< 25	25 - 40	40 - 80	80 - 140	> 140
GLG	< 50	50 - 80	50 - 80	80 - 120	80 - 120	80 - 120	> 120	> 120	> 120	> 120	> 120

De cijfers hebben betrekking op de gemiddelde diepte van het grondwater onder maaiveld, in centimeters. De indeling van de grondwatertrappen verloopt van zeer nat

(trap 10) naar zeer droog (trap 70). Lokaties met een grondwatertrap 10 of 20 staan in de winter zo goed als blank; in de zomer is ook trap 10 slecht begaanbaar. Lokaties met een grondwatertrap 30 of 50 zijn in de winter nat, maar zijn in de zomer droog tot zeer droog. Watertrap 40 biedt een goed gemiddelde: niet al te nat in de winter, en niet al te droog in de zomer. Lokaties met een grondwatertrap 60 of 70 kunnen als (zeer) droog worden beschouwd. Grondwatertrappen 21, 31, 51 en 71 zijn de zogenaamde drogere varianten (Cultuurtechnisch Vademecum 1988).

- **Eact:** actuele verdamping, deze is afhankelijk van het landgebruik;
- **Kwel:** op ieder punt kan worden gezegd of er wegzijging (negatieve waarden) of kwel (positieve waarden) optreedt;

Bovenstaande lijst kwam met name voort uit de "Droogtestudie". Daar is o.a. gekeken naar de invloed van droogte op bijv. landbouw en natuur. Verderop in dit rapport wordt GVG niet meer gebruikt omdat hij direct afhankelijk is van de neerslag en sterk op GHG lijkt.

Voor de simulaties op decade-basis zijn volgens het RIZA de GLG, de GWS en de actuele verdamping (Eact) de meest belangrijke criteria om de kwaliteit van de simulatie te beoordelen. Op kleinere tijdschaal (< dag) kunnen de piekgrondwaterstanden beter worden beoordeeld.

In de loop van het voorbeeldproject werden analyses m.b.t. waterkwaliteit (voor de KaderRichtlijn Water) actueler, en kwam naar voren dat daarvoor ook verschillende drainage parameters van belang zijn. Daarvoor is een vervolgstudie uitgevoerd door het RIZA (HKV 2006).

2.5. Gedraaide runs

In een eerder project is het bovengenoemde modelinstrumentarium gebruikt in combinatie met meteorologische gegevens voor de periode 1970-1999 (30-jarige run). Voor elk jaar zijn toen een groot aantal hydrologische parameters berekend. De gemiddelde waarden van de bovenstaande hydrologische parameters zijn bepaald m.b.v. deze dataset (**stap 2** uit par. 1.2). Er is hierbij aangenomen dat deze modeluitkomsten redelijk goed de werkelijkheid weergeven. In de rest van het project zijn deze gemiddelde hydrologische waarden uit de 30-jarige run gebruikt om de kwaliteit van het geconstrueerde standaard jaar te toetsen.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de gedraaide runs in chronologische volgorde. Elke run vertegenwoordigt een andere optie voor het maken van een gemiddeld "standaard" jaar.

Voor het maken van een standaardjaar kan men twee benaderingen kiezen: 1. men kan uit gaan van een bepaald jaar als basis; 2. of op basis van statistiek en/of andere technieken een volledige nieuw (synthetisch) meteorologisch jaar maken (**stap 3** in par. 1.2). Hiervoor zijn de volgende runs uitgevoerd:

- **K3/gem:** voor deze run is de neerslag per weerregio gemiddeld over 30 jaar (1970-1999): de eerste 10 dagen van januari in dit alternatief voor een standaardjaar heeft dus een neerslagsom die overeenkomt met de gemiddelde neerslagsom in de eerste 10 dagen van januari in de jaren 1970-1999; hetzelfde is gedaan voor alle andere decaden in een jaar. Ook voor de potentiële verdamping is dezelfde procedure gevolgd. Deze run veronderstelt impliciet dat een gemiddelde neerslag en verdamping ook leiden tot gemiddelde hydrologische parameters. Bovendien wordt impliciet verondersteld dat de neerslagverdeling over de seizoenen van weinig belang is.

- **67:** het jaar 1967. In de Droogtestudie van het RIZA wordt dit jaar als referentiejaar gebruikt voor gemiddelde omstandigheden. Echter, 1967 heeft een neerslag die ongeveer 5 % hoger is dan het gemiddelde over 30 jaar, terwijl de zomer juist wat droger was dan gemiddeld.
- **73:** het jaar 1973. In analyses voor de Droogtestudie blijkt dit jaar bijna even gemiddeld als 1967, maar 1973 was iets droger dan het gemiddelde over 30 jaar en had een duidelijk nadere neerslagverdeling door het jaar dan 1967.

Vergelijking van bovenstaande runs gaf aan dat de neerslagverdeling over het jaar veel invloed heeft op de verschillende hydrologische parameters. "67" en "73" leverden hydrologische parameters op die dichter bij het gemiddelde van de 30-jarige run liggen dan de hydrologische parameters in run "K3/gem". Hieruit kan geconcludeerd worden dat gemiddelde neerslag en gemiddelde potentiële verdamping, gemiddeld per decade, niet automatisch leiden tot gemiddelde hydrologische parameters. Door de zeer gelijkmatige verdeling van de neerslag in "K3/gem" is er bijvoorbeeld bijna nooit sprake van watertekort tijdens het groeiseizoen. De gesimuleerde actuele verdamping (Eact) is daardoor veel hoger dan het gemiddelde in de 30-jarige run. De neerslagverdeling in "K3/gem" is meteorologisch gezien ook zeer onwaarschijnlijk. Bij de constructie van een gemiddeld "standaard" jaar moet er blijkbaar voldoende variatie binnen het jaar worden aangebracht om te komen tot gemiddelde hydrologische parameters. Het is moeilijk om in een run als "K3/gem" natuurlijke variatie aan te brengen, omdat er eindeloos veel mogelijkheden zijn en omdat het moeilijk is om te beoordelen of de aangebrachte variatie binnen het jaar meteorologisch gezien mogelijk is. Daarom is besloten dat het beter is van een werkelijk opgetreden jaar, met werkelijk opgetreden variatie binnen het jaar, uit te gaan en deze enigszins aan te passen. Aangezien "67" de beste resultaten gaf, is dit jaar als basis gebruikt voor volgende runs.

Vervolgens zijn verschillende typen correcties m.b.t. de ruimtelijke variatie en de verdeling van de neerslag over het jaar uitgeprobeerd (**stap 4** in par. 1.2):

- **67_5:** Het jaar 1967 met 5% minder neerslag per decade voor elke weerregio. Zoals eerder aangegeven had 1967 ongeveer 5% meer neerslag dan het gemiddelde over 30 jaar. In deze run is de neerslag in elke decade met 5 % verminderd (de verdamping is niet aangepast).

Het jaar 1967 was niet gedurende elke periode evenveel te nat of te droog t.o.v. de 30-jarige run. Correctie per decade zou hetzelfde opleveren als "K3/gem", maar door per 2 decaden (K9), per maand (K6), per 2 manden (L1), per seizoen (k7) te corrigeren kan een deel van de natuurlijke variatie blijven behouden. Ook was niet elke weerregio even gemiddeld, daarom is in de onderstaande runs telkens per weerregio gekeken hoeveel de neerslag in 1967 afweek van het gemiddelde uit de 30-jarige run:

- **K6:** Het jaar 1967 met gecorrigeerde waarden *per maand* t.o.v. 1971-2000 voor verdamping en neerslag voor ieder weerregio. Voor de correctie zijn gegevens uit de Klimaatatlas (KNMI, 2002?) gebruikt. Deze getallen verschillen nauwelijks van de periode 1970-1999;
- **K7:** Het jaar 1967 met gecorrigeerde waarden *per seizoen* t.o.v. 1971-2000 voor verdamping en neerslag voor ieder weerregio;
- **K8:** Voor deze run is de neerslag en verdamping voor weerregio 8 als basis gebruikt voor alle weerregio's. De neerslag is met 5% verminderd. Vervolgens zijn de neerslag en verdamping voor de andere weerregio's *per maand* gecorrigeerd voor het verschil tussen het langjarige gemiddelde (1970-1999) voor die weerregio en de neerslag en verdamping in weerregio 8 in 1967. Voor weerregio 8 levert dit dezelfde meteorologische gegevens op als in "67_5". M.b.v. dit alternatief is de variatie binnen maanden in Nederland hetzelfde geworden.

- **K9:** Het jaar 1967 als basis met gecorrigeerde waarden *per 2 decaden* t.o.v. 1971-2000 voor verdamping en neerslag voor ieder weerregio;
- **L1:** Het jaar 1967 als basis met gecorrigeerde waarden *per 2 maanden* t.o.v. 1970-1999 voor verdamping en neerslag voor ieder weerregio.

Verder zijn ook de hydrologische parameters voor de referentie jaren 1967 en 1973 gemiddeld (dus geen aparte run met gemiddelde meteorologische gegevens), aangezien 1967 iets te nat was en 1973 iets te droog was.

Daarnaast zijn er enkele extra runs uitgevoerd om de gevoeligheid van de RIZA-modeluitkomsten voor hogere ruimtelijke en temporele resolutie te testen:

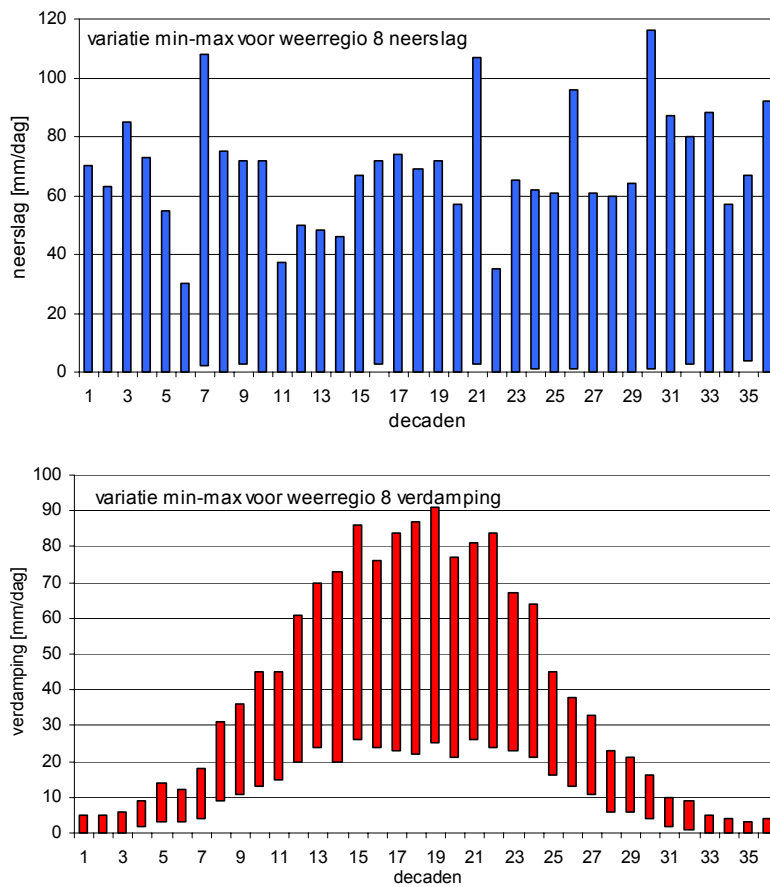
- Het jaar 1995 met meteo invoer voor 15 weerregio's (**95w**) en voor 280 stations (**95s**). In alle vorige runs was de neerslag en verdamping binnen een weerregio gelijk. Door de neerslag en potentiële verdamping van alle 280 neerslagstations apart mee te nemen is er een grotere ruimtelijke variatie in neerslag (en potentiële verdamping).
- Het jaar 2000 met dagelijkse meteo invoer voor de stations Eindhoven (370), Esbeek (831), Oirschoot (906), Boxtel (907), Eersel (915) en de vier KNMI-klimaatscenario's. De geobserveerde reeksen zijn op een lineaire en non-lineaire manier met de scenario waarden getransformeerd.

3. Resultaten

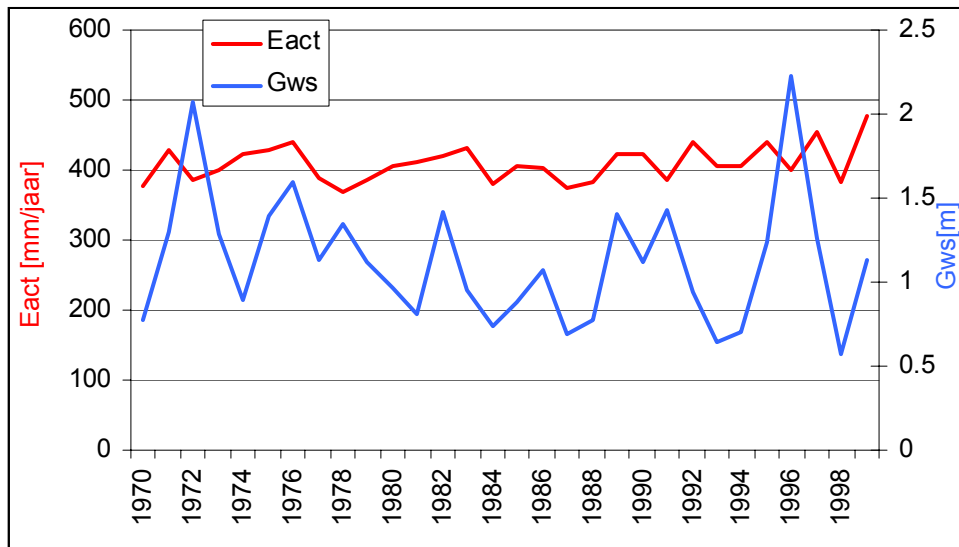
In dit hoofdstuk worden alle simulatie runs, besproken in par. 2.5, en de resultaten apart beschreven. Alle runs worden met de gemiddelde hydrologische parameters uit de 30-jarige run vergeleken. Het *landelijke gemiddelde* voor deze parameters ziet er als volgt uit:

- **GHG:** 142 cm t.o.v. maaiveld
- **GLG:** 227 cm t.o.v. maaiveld
- **GWS:** 177 cm t.o.v. maaiveld
- **Eact:** 379 mm (gedurende het groeiseizoen = decade 10 tot en met 27)
- **Kwel:** 2,62 mm/dag

Er zijn echter grote regionale verschillen (zie verder op in dit rapport).



Figuur 3.1. Minimale en maximale waarden per decade gedurende de periode 1970-1999 voor weerregio 8 voor neerslag (boven) en verdamping (onder).



Figuur 3.2. Gesimuleerde actuele verdamping (Eact; op de punt 221896/463588) en Gemiddelde Grondwater Stand (GWS; op de punt 228793/460872) op twee punten in Oost Nederland in de 30-jarige run (1970-1999).

Voor ieder run zijn er zes verschillende parameters geanalyseerd. Voor ieder parameter zijn er drie verschillende plaatjes te zien. Rechts staat steeds het resultaat van de run die in een bepaalde paragraaf wordt besproken. In het midden staat steeds het gemiddelde van de 30-jarige run, en het plaatje links geeft het verschil tussen de twee voorgaande plaatjes aan.

Merk op dat in iedere run de waterhuishouding op de Veluwe en in Zuid Limburg grote afwijkingen vertoont met de 30-jarige run. Bij het bepalen van de kwaliteit van de eerder genoemde runs zijn deze twee gebieden niet meegenomen.

3.1. "K3/gem"

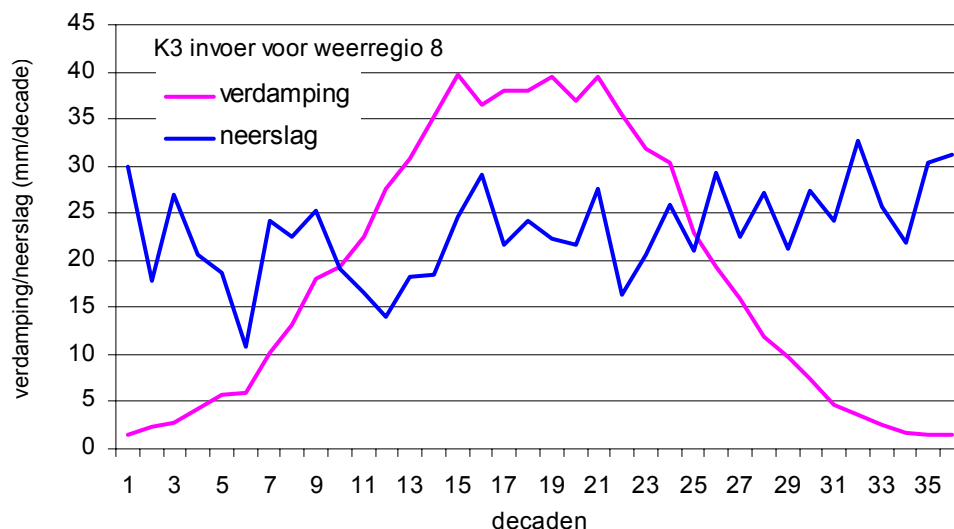
Meteoinvoer: voor deze run is de neerslag per weerregio gemiddeld over 30 jaar (1970-1999): de eerste 10 dagen van januari in dit alternatief voor een standaardjaar heeft dus een neerslagsom die overeenkomt met de gemiddelde neerslagsom in de eerste 10 dagen van januari in de jaren 1970-1999; hetzelfde is gedaan voor alle andere decaden in een jaar. Ook voor de potentiële verdamping is dezelfde procedure gevolgd.

Waarom: In gesprekken met anderen buiten RIZA en KNMI werd dit regelmatig geopperd als de manier om een gemiddeld "standaard" jaar te maken. Deze run veronderstelt impliciet dat een gemiddelde neerslag en verdamping ook leiden tot gemiddelde hydrologische parameters. Bovendien wordt impliciet verondersteld dat de neerslagverdeling over de seizoenen van weinig belang is. Met deze run willen we onderzoeken of deze impliciete veronderstelling juist is of dat toch heel andere resultaten oplevert dan het gemiddelde van de 30-jarige run.

Tabel 3.1. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "K3/gem", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	K3/gem	30-jarige run	Vershil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	150	142	-9	gemiddeld te laag, alleen in zuidoost NL zijn plekken waar de GHG te hoog ligt
GLG (cm)	227	227	-0,7	In sommige gebieden tot -25 cm te laag en in andere gebieden tot 25 cm te hoog
GWS (cm)	177	177	0,15	In de peilbeheerste gebieden goed, in andere gebieden iets te nat
Eact (mm)	410	379	-31	te hoge actuele verdamping
Kwel (mm/dag)	2,62	2,62	0,00	In sommigen gebieden tot -0,7 mm te laag of te hoog
Gwtrap				In Friesland en Flevoland droger

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.



Figuur 3.3: Meteo invoer voor K3/gem voor weerregio 8 (verdamping en neerslag).

Conclusie: Bij een "standaard" jaar waar per tijdseenheid de gemiddelde neerslag in een 30-jarige periode is genomen, is er in elke tijdseenheid wel wat neerslag. Door de

gelijkmatige verdeling van de neerslag is er bijna altijd wel voldoende water aanwezig, en zal de actuele verdamping de waarden van de potentiële verdamping dicht naderen. In werkelijkheid is zo'n zeer gelijkmatige neerslagverdeling zeer onwaarschijnlijk. De berekende actuele verdamping in deze run is dus aanzienlijk hoger dan de gemiddelde actuele verdamping in de 30-jarige run. Als gevolg van de hoge actuele verdamping liggen de grondwaterstanden weer te iets laag (GWS blijkt wel redelijk goed te kloppen). Verder worden geen extreme grondwaterstanden bereikt, omdat er geen duidelijke pieken in de neerslag in deze run zitten. Uit het bovenstaande ook kan geconcludeerd worden dat gemiddelde neerslag en gemiddelde potentiële verdamping, gemiddeld per decade, niet automatisch leiden tot gemiddelde hydrologische parameters.

3.2 "67"

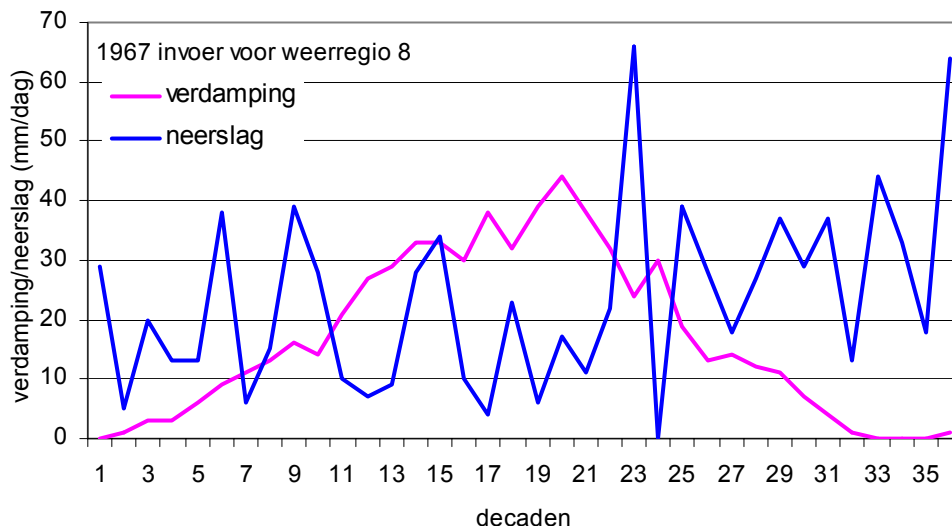
Meteo invoer: het originele jaar 1967. Dit jaar heeft wel een neerslag die ongeveer 5 % hoger is dan het gemiddelde over 30 jaar, terwijl de zomer juist wat droger was dan gemiddeld.

Waarom: De variatie in neerslag tussen decaden in "K3/gem" is te klein (zie par. 3.1). Een werkelijk opgetreden jaar, zoals 1967, heeft deze variatie wel. In de Droogtestudie van het RIZA wordt dit jaar als referentiejaar gebruikt voor gemiddelde omstandigheden. Echter, 1967 heeft een neerslag die ongeveer 5 % hoger is dan het gemiddelde over 30 jaar, terwijl de zomer juist wat droger was dan gemiddeld.

Tabel 3.2. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "67", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	67	30-jarige run	Verskil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	117	142	25	In Oost en Zuid NL te hoog (50 cm) omdat er veel neerslag in de winter en in het voorjaar valt. In Noord NL en Zeeland te laag
GLG (cm)	214	227	13	In Oost+Zuid NL te hoog, in West+Noord NL te laag
GWS (cm)	161	177	16	In Oost NL te hoog
Eact (mm)	371	379	8	In 1967 verdampt te weinig, zeker in centraal NL.
Kwel (mm/dag)	2,6	2,62	0,02	De zomer is in dit jaar te droog
Gwtrap				In sommigen gebieden tot -0.7 mm te laag of te hoog
				In Oost NL te nat, Noord NL ten dele te droog (ook Flevoland, Noordoostpolder, Zeeland)

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.



Figuur 3.4. Meteo invoer voor "67" voor weerregio 8 (verdamping en neerslag).

Conclusie: 1967 is in het voorjaar en najaar te nat vergeleken met het 30-jarige gemiddelde. Uit analyses blijkt dat 1967 eigenlijk alleen m.b.t. de neerslagsom te nat is en niet m.b.t. het neerslagtekort in het groeiseizoen (Beersma et al. 2004). Veel neerslag valt met name in het voorjaar en in de winter. De zomer blijkt relatief droog te zijn. De GHG, die meestal

bereikt wordt in het voorjaar, en de andere grondwaterstanden worden beïnvloed door de relatief natte winter en het relatief natte voorjaar.

3.3. "73"

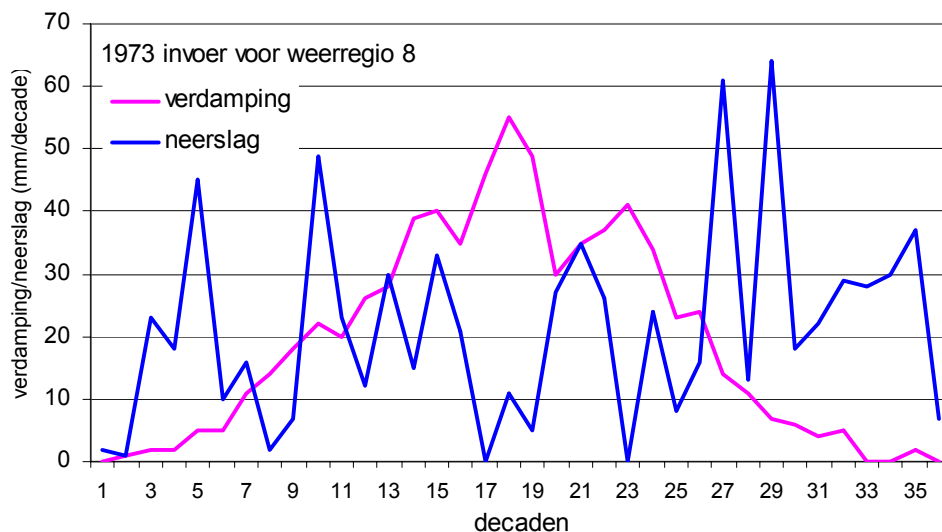
Meteoinput: het originele jaar 1973.

Waarom: In analyses voor de Droogtestudie blijkt dit jaar bijna even gemiddeld als 1967 m.b.t. het neerslagtekort (Beersma et al. 2004). Echter, 1973 was iets droger dan het gemiddelde over 30 jaar en had een duidelijk andere neerslagverdeling door het jaar dan 1967.

Tabel 3.3. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "73", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	73	30-jarige run	Verskil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	157	142	-15	gemiddeld te laag, ook in peilbeheerste gebieden
GLG (cm)	238	227	-11	In de meeste gebieden te laag, alleen in Zuidoost NL (op de hoge gronden) iets te hoog
GWS (cm)	186	177	-9	In zuidoost NL te hoog, in noordoost te laag, peilbeheerste gebieden doen het redelijk goed (iets aan de lage kant).
Eact (mm)	381	379	2,2	weerregio's goed terug te zien, in Noord-Holland te veel verdamping, in Zeeland, Limburg en Drenthe te weinig
Kwel (mm/dag)	2,66	2,62	-0,04	In sommigen gebieden tot -0,7 mm te laag of te hoog
Gwtrap				redelijk hetzelfde als 30-jarige run. In Zeeland en Drenthe droger

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.



Figuur 3.4. Meteo input voor "73" voor weerregio 8 (verdamping en neerslag).

Conclusie: 1973 ligt duidelijk aan de droge kant. De grondwaterstanden liggen verder weg van het 30-jarige gemiddelde dan de grondwaterstanden in run "67". Daarom wordt besloten, met deze run niet verder te gaan. In de volgende runs wordt 1967 als basis gebruikt en aangepast, zodat de hydrologische parameters meer lijken op die uit de 30-jarige run.

3.4 "67+73"

Meteoinput: Geen aparte run. De resultaten van de runs met de jaren 1967 en 1973 zijn gemiddeld.

Waarom: Het jaar 1967 was iets te nat en 1973 iets te droog.

Tabel 3.4. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "67+73", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	67+73	30-jarige run	Verskil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	137	142	4,6	De peilbeheerste gebieden doen het goed. Op diepe gronden is het verschil redelijk groot.
GLG (cm)	226	227	0,7	in de peilbeheerste gebieden te laag en op de diepe gronden te hoog
GWS (cm)	172	177	5	Op de diepe gronden te hoog
Eact (mm)	376	379	3,3	In Noord NL verdampt 67+73 te veel. In Oost NL en Zeeland te weinig.
Kwel (mm/dag)	2,63	2,62	0,01	In Zuidoost NL is te veel wegzijging. In Noord NL te veel kwel.

Gwtrap

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.

Conclusie: De gemiddelde resultaten van 1967 en 1973 geven de gemiddelde hydrologische parameters uit de 30-jarige run beter weer dan de jaren afzonderlijk. Echter, voor het gebruik als "standaard" jaar is het niet praktisch om iedere keer twee jaren te moeten doorrekenen. Daarom wordt deze optie niet verder meegenomen.

3.5 "67_5"

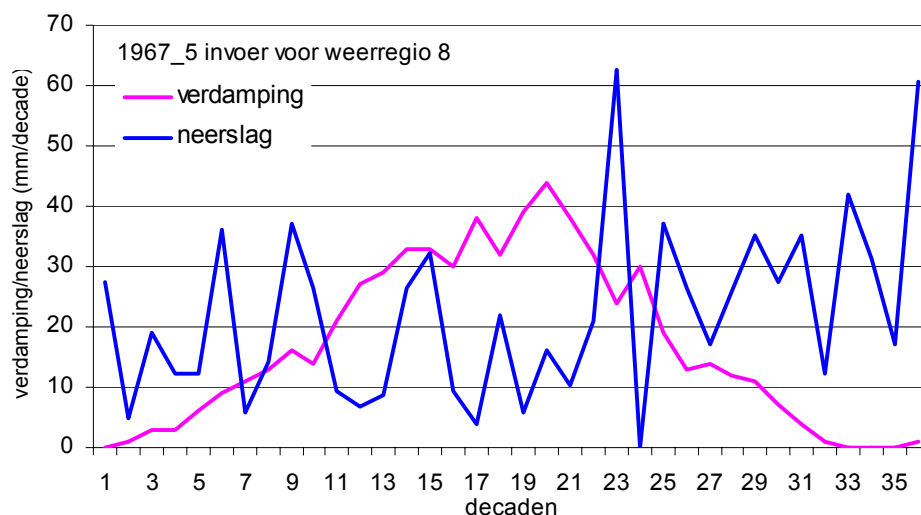
Meteoinput: Deze run heeft als basis 1967 maar met 5% minder neerslag per decade voor elke weerregio.

Waarom: 1967 heeft ongeveer 5% meer neerslag dan de gemiddelde jaarsom in de periode 1970-1999 (= 40 mm meer). Daarom wordt in deze run de neerslag per decade voor ieder weerregio met 5% verminderd.

Tabel 3.5. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "K3/gem", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	K3/gem	30-jarige run	Verskil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	123	142	19,4	In Oost NL te hoog. In Noord NL en Zeeland te laag
GLG (cm)	219	227	8,3	In Oost NL te hoog, in West NL te laag
GWS (cm)	164	177	13	In Oost NL te hoog
Eact (mm)	366	379	12,7	te weinig verdamping, zeker in Centraal NL. Omdat in deze run alleen de neerslag invoer verandert is (t.o.v. van de run 1967) kan hier het effect van minder neerslag op verdamping gezien worden (~ 5 mm).
Kwel (mm/dag)	2,62	2,62	0,00	In zuidoost NL te laag, in de rest van het land te hoog
Gwtrap				In Oost NL te nat, in Noord NL en Zeeland te droog

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.



Figuur 3.5. Meteo input voor "67_5" voor weerregio 8 (verdamping en neerslag).

Conclusie: Deze run laat zien hoe gevoelig het modelinstrumentarium voor een procentuele verandering in neerslag is. Het jaar 1967 week echter niet overal in Nederland evenveel van

het 30-jarige gemiddelde af. Daarom lijkt het beter om niet een correctie toe te passen die overal in Nederland gelijk is, maar een correctie die kan verschillen per weerregio.

3.6. "K6"

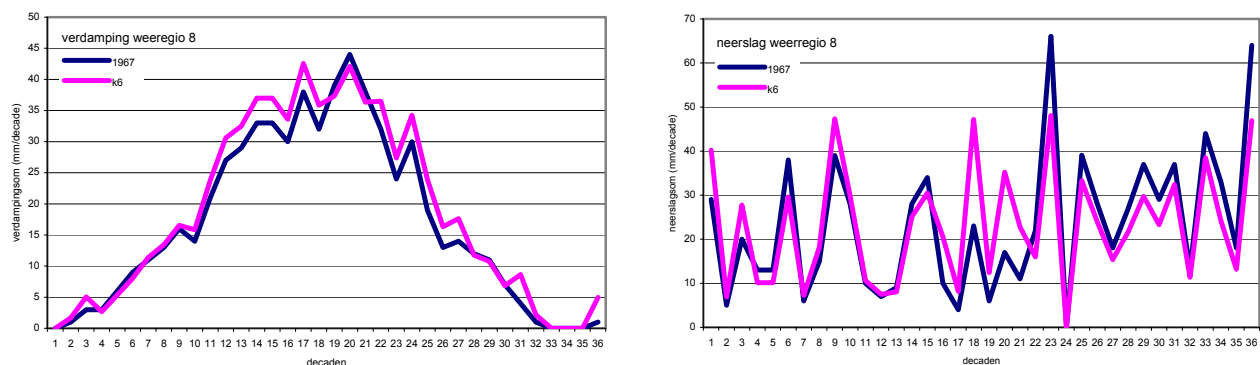
Meteo invoer: Het jaar 1967 met gecorrigeerde waarden *per maand* t.o.v. 1971-2000 voor verdamping en neerslag voor ieder weerregio .

Waarom: 1967 was te nat in de winter en te droog in de zomer. Daarnaast was 1967 ook niet voor elke weerregio even gemiddeld. Een correctie zoals in run "67_5", met voor het hele land en voor elke periode in het jaar dezelfde correctie gaf daarom onvoldoende verbetering. In deze run is daarom per weerregio gekeken hoeveel de neerslag in 1967 afweek van het gemiddelde uit de 30-jarige run. Dit is gedaan op maandbasis, zodat een deel van de natuurlijke variatie in de tijd in neerslag en verdamping behouden blijft.

Tabel 3.6. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "K6", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	K6	30-jarige run	Vershil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	153	142	-11	te laag, zeker in West en Noord NL. In Zuidoost NL soms te nat (te hoog)
GLG (cm)	230	227	-3	bijna overal iets te hoog (behalve aan de kust).
GWS (cm)	181	177	4	iets te hoog in Zuidoost NL
Eact (mm)	370	379	9,1	te weinig verdamping, in Limburg en Noordoost NL te veel
Kwel (mm/dag)	2,65	2,62	-0,03	gemiddeld te weinig, maar ook plekje waar te veel kwel is
Gwtrap				in Noord NL, Noordoostpolder, Flevoland te droog

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.



Figuur 3.6. Meteo invoer voor "K6" en "67" voor weerregio 8 (verdamping en neerslag).

Conclusie: "K6" lijkt wat betreft grondwaterstanden op "K3/gem" (3.1). Echter, de neerslag is minder afgevlakt waardoor de verdamping lager is dan bij "K3/gem". De landelijke gemiddelden lijken in "K3/gem" iets beter te zijn dan in "K6" (behalve voor Eact).regionale verschillen?.....

3.7. "K7"

Meteo invoer: Het jaar 1967 met gecorrigeerde waarden *per seizoen* t.o.v. 1971-2000 voor verdamping en neerslag voor ieder weerregio.

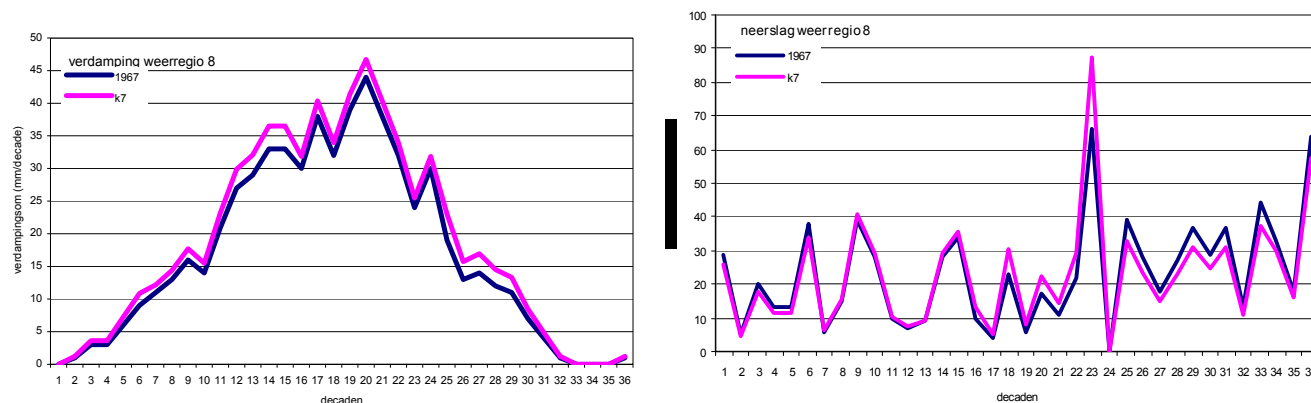
Waarom: 1967 was te nat in de winter en te droog in de zomer. Daarnaast was 1967 ook niet voor elke weerregio even gemiddeld. Een correctie zoals in run "67_5", met voor het hele land en voor elke periode in het jaar dezelfde correctie gaf daarom onvoldoende verbetering. In deze run is daarom per weerregio gekeken hoeveel de neerslag in 1967 afweek van het gemiddelde uit de 30-jarige run. Dit is gedaan op seizoensbasis, zodat een groter deel van de natuurlijke variatie in de tijd in neerslag en verdamping behouden blijft dan bij "K6".

Tabel 3.7. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "K7", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	K7	30-jarige run	Vershil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	148	142	-5,9	te laag, zeker in Noord NL en in Limburg. In Zuid NL is het op sommige plekken ook te droog.
GLG (cm)	223	227	4	te hoog, behalve op de Veluwe en in Limburg
GWS (cm)	175	177	2	In Oost NL te hoog
Eact (mm)	390	379	-11,3	te hoge actuele verdamping, zeker in Oost NL
Kwel (mm/dag)	2,6	2,62	-0,02	In sommigen gebieden tot -0.7 mm te laag of te hoog

Gwtrap

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.



Figuur 3.7. Meteo invoer voor "K7" en "67" voor weerregio 8 (verdamping en neerslag).

Conclusie: "K7" lijkt wat betreft grondwaterstanden op "K3/gem" (3.1). Echter, de neerslag is minder afgevlakt waardoor de verdamping lager is dan bij "K3/gem". De landelijke gemiddelde verdamping in "K7" is duidelijk beter dan in "K3/gem". Sommige hydrologische parameters (landelijk gemiddelde) worden in "K7" beter gesimuleerd dan in "K6"..... regionale verschillen.....

3.8. "K8"

Meteoinput: Voor deze run is de neerslag en verdamping voor weerregio 8 als basis gebruikt voor alle weerregio's. De neerslag is met 5% verminderd. Vervolgens zijn de neerslag en verdamping voor de andere weerregio's *per maand* gecorrigeerd voor het verschil tussen het langjarige gemiddelde (1971-2000) voor die weerregio en de neerslag en verdamping in weerregio 8 in 1967. Voor weerregio 8 levert dit dezelfde meteorologische gegevens op als in "67_5". M.b.v. dit alternatief is de relatieve variatie binnen maanden in Nederland hetzelfde geworden.

Waarom: Deze run is uitgevoerd om minder regionale verschillen te hebben. Daarom is de neerslag en verdamping van 1 regio als basis genomen en per maand gecorrigeerd voor specifieke langjarige klimatologische eigenschappen van de andere weerregio's.

Tabel 3.8. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "K8", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	K8	30-jarige run	Verskil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	131	142	10,8	gemiddeld te hoog
GLG (cm)	219	227	7,5	te hoog, alleen in Noord NL zijn ze te laag
GWS (cm)	166	177	11	In Oost, Zuid en Zuidwest NL te hoog
Eact (mm)	347	379	31,5	te hoge actuele verdamping
Kwel (mm/dag)	2,63	2,62	0,01	Gemiddeld te weinig kwel maar er zijn ook plekken waar te veel kwel is
Gwtrap				

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.

Conclusie: K8 lijkt te nat. Dit alternatief verandert niet de neerslag som per maand (en dus blijven de winter en het voorjaar te nat en de zomer te droog), maar alleen de verdeling tussen de decaden. De verdampingsreeks in De Bilt lijkt niet echt betrouwbaar te zijn.

3.9. “K9”

Meteoinput: Het jaar 1967 als basis met gecorrigeerde waarden *per 2 decaden* t.o.v. 1971-2000 voor verdamping en neerslag voor ieder weerregio;

Waarom: uit de vorige runs is geconcludeerd dat de hoge gronden steeds te nat zijn. Door te corrigeren over een korte tijdstap kunnen deze gebieden droger worden (zie par. 3.1). Daarom wordt in deze run een correctie per 2 decaden uitgevoerd.

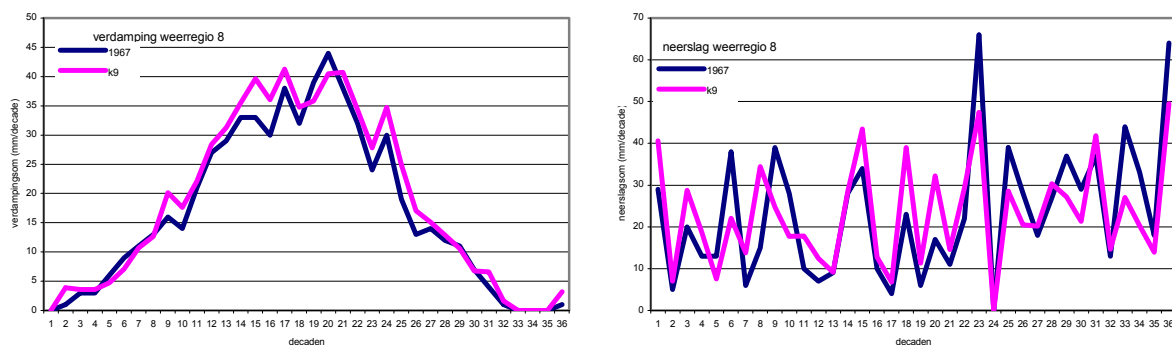
Tabel 3.9. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "K9", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	K9	30-jarige run	Verskil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	148	142	-6	bijna overal te laag. In de diepere gronden zijn er wel nog plekken met een te hoge GHG.
GLG (cm)	224	227	2,5	overal te hoog. De diepe gronden hebben niet hogere waarden dan de andere gebieden.
GWS (cm)	176	177	1,5	In diepe gronden te hoog
Eact (mm)	401	379	-22,5	In hele land te hoge actuele verdamping
Kwel (mm/dag)	2,61	2,62	0,01	In de gebieden met streefpeil zijn er plekjes waar te veel kwel of te veel wegzijging gesimuleerd wordt

Gwtrap

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.

Conclusie: De correctie met een kortere tijdstap lijkt niet de gewenste resultaten op te leveren, nl. dat de diepere gronden minder nat zijn. Om dat te corrigeren moeten misschien veranderingen in het modelinstrumentarium plaats vinden, met name een betere simulatie van het diepe grondwatersysteem.



Figuur 3.8. Verdamping en neerslag voor 1967 en “K9” voor weerregio 8.

3.10. "L1"

Meteoinput: Het jaar 1967 als basis met gecorrigeerde waarden *per 2 maanden* t.o.v. 1971-2000 voor verdamping en neerslag voor ieder weerregio.

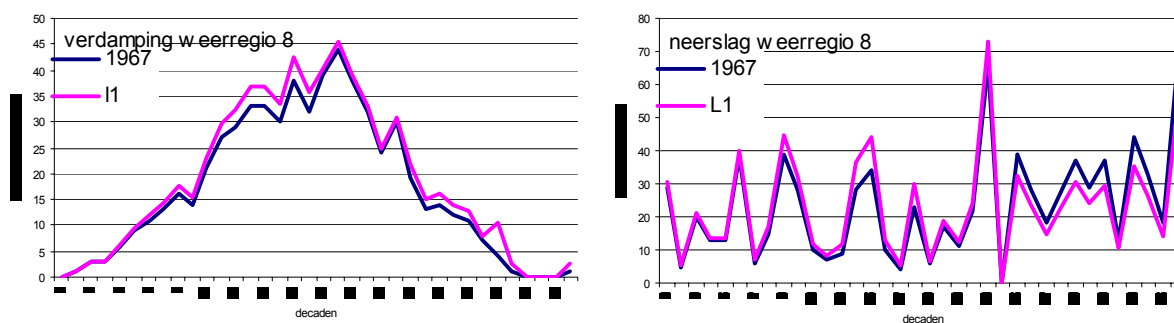
Waarom: Een correctie over een iets langer tijdstap lijkt voor grondwaterstanden zoals GHG betere resultaten op te leveren.

Tabel 3.10. Overzicht landelijk gemiddelde hydrologische parameters met run "L1", en verschillen met de 30-jarige run (1970-1999).

Hydrologische parameters	L1	30-jarige run	Verskil met 30-jarige run*	Opmerkingen
GHG (cm)	147	142	-4,5	in alle peilbeheerste gebieden te laag. Op de diepe gronden nog te hoog
GLG (cm)	223	227	4	in bijna het hele land te hoog. Alleen in peil beheerste regio's zijn er nog gebieden met een te lage GLG
GWS (cm)	175	177	2,5	is in gebieden met een streefpeil te nat
Eact (mm)	388	379	-9,3	verdampmt in het hele land te veel
Kwel (mm/dag)	2,61	2,62	0,01	doet het goed met de kwel. Overall is er wel iets te veel, maar het gaat om tot 0.7 mm per dag
Gwtrap				te droog in Friesland, Noordoostpolder en Noordholland

* Een "-" geeft aan dat de waarde in de 30-jarige run lager was.

Conclusie: De correctie met een langere tijdstap lijkt niet de gewenste resultaten op te leveren voor alle grondwaterstanden (wel voor GHG).



Figuur 3.9. Verdamping en neerslag voor "L1" en 1967 voor weerregio 8.

3.11. "95S" en "95W"

Meteoinput: Het originele jaar 1995 met decadewaarden voor neerslag en verdamping voor 280 stations (Figuur 3.10) ("95W" is de run met de decadewaarden voor 1995 voor de 15 weerregio's, en "95S" is de run met de decadewaarden voor 1995 voor alle 280 stations (Figuur 3.11).

Waarom: In alle vorige runs blijken de 15 weerregio's duidelijk herkenbaar te zijn ("abrupte" overgangen op de grenzen van weerregio's). Deze run was gedraaid om te zien of deze grenzen minder duidelijk worden als men meer stations gebruikt. 1995 is het enige jaar waarvoor het RIZA het modelinstrumentarium voor alle 280 stations heeft ingericht (Figuur 3.10).

GHG/GLG: Er zijn kleinschalige verschillen te zien, maar geen algemeen tendens over het hele land.

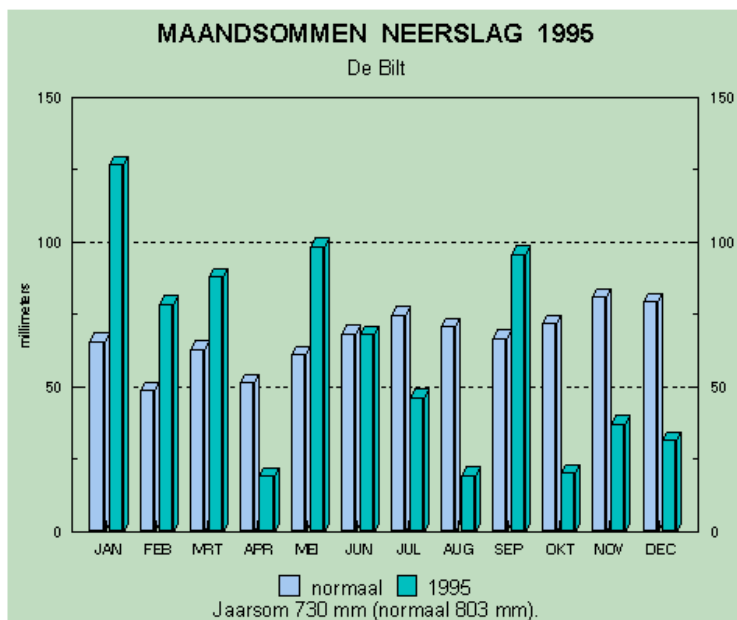
Eact: In het verschil plaatje zijn de nieuwe grenzen van de 280 stations goed zichtbaar. Blijkbaar wordt het probleem van de zichtbare grenzen door meer stations mee te nemen niet opgelost.

GWS: Alleen kleine verschillen.

Kwel: Kleinschalige verschillen. Meestal blijkt de simulatie met invoer voor de 15 weerregio's iets minder kwel op te leveren.

Gwtrap: Geen grote verschillen zichtbaar tussen "95W" en "95S".

Conclusie: Door het meenemen van meer stations wordt het probleem van de abrupte overgangen niet opgelost. Misschien dat een ruimtelijk geïnterpoleerde of gegridde dataset met meteogegevens dit probleem wel kan oplossen. Het gevaar daarbij is dat dan mogelijk meer nauwkeurigheid wordt gesuggereerd dan er in werkelijkheid is.



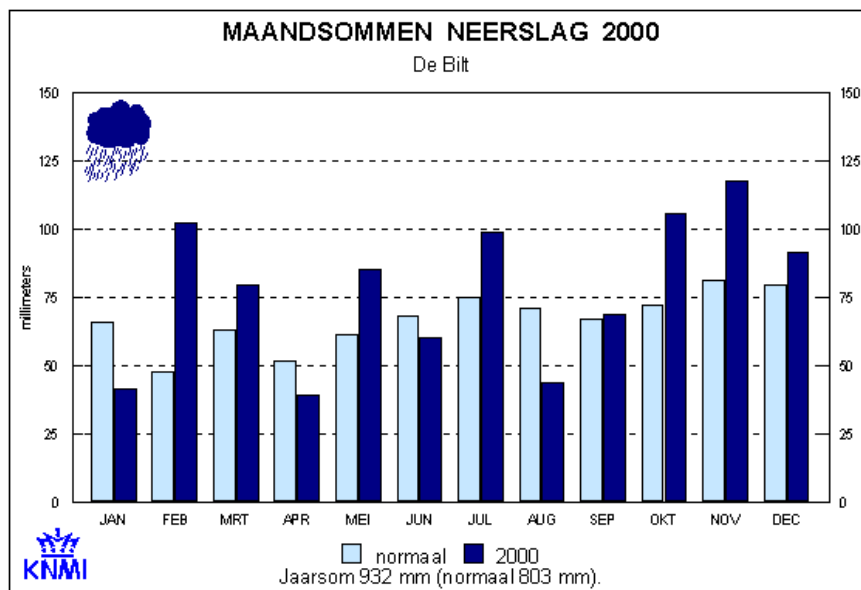
Figuur 3.10. Neerslag verdeling in de tijd voor De Bilt voor het jaar 1995 t.o.v. de normaalperiode (1971-2000).

3.12. Tijdreeksen voor de toekomst

Meteoinput: Het originele jaar 2000 met dagelijkse waarden voor neerslag (uit 08-08u metingen, omgezet naar 24u waarden door Joost Deelsman) voor de stations Eindhoven (code 370), Esbeek (code 831), Oirschot (code 906), Boxtel (code 907), Eersel (code 915) .

Waarom: Vanaf volgend jaar gaat het RIZA met dagelijkse invoerwaarden voor neerslag rekenen. Hoewel 2000 een vrij nat jaar is, is het enige jaar dat RIZA ter beschikking had om deze run te draaien. Het KNMI werkt bovendien aan een programma dat historische reeksen om kan zetten in mogelijke reeksen voor de toekomst voor de verschillende klimaatscenario's (door middel van niet-lineaire transformatie). Dit programma werkt op basis van dagwaarden voor neerslag. Het is mogelijk een historische tijdreeks lineair of non-lineair te transformeren. Bij lineaire transformatie wordt er geen rekening mee gehouden dat extreme neerslag anders kan veranderen dan de gemiddelde neerslag, en er wordt geen rekening gehouden met veranderingen in het aantal natte dagen. Bij niet-lineaire transformatie gebeurt dit wel. Tot nu toe heeft het RIZA gebruik gemaakt van lineaire transformaties. In deze runs is gekeken hoe een lineaire en een non-lineaire transformatie van een tijdreeks de grondwaterstanden in de resultaten beïnvloedt (voor de methode zie Annex 3). Voor ieder station zijn voor alle KNMI'06 klimaatscenario's op een lineaire en non-lineaire manier tijdreeksen gegenereerd (van de Hurk et al. 2006). Op de volgende bladzijde zijn de resultaten getoond. Op de linker kant voor de G en G+ scenario en op de rechter kant voor de W en W+ scenario. Grote verschillen zijn vooral zichtbaar voor de W en W+ scenario's.

Conclusie: Afhankelijk van de gebruikte methode voor transformatie van tijdreeksen (lineair of niet lineair) kunnen er verschillende toekomstige grondwaterstanden worden berekend. Bijvoorbeeld: In Oirschot worden voor het W+ scenario lagere grondwaterstanden berekend bij niet-lineaire transformatie dan bij lineaire transformatie. De wijze van transformeren heeft dus invloed op de gesimuleerde toekomstige hydrologische parameters.



Figuur 3.11. Neerslag verdeling in de tijd voor De Bilt voor het jaar 2000 t.o.v. de normaalperiode (1971-2000).

4. Vergelijking van de runs en verdere analyses

De verschillende runs zijn op drie manieren vergeleken:

1. Eerst is onderzocht hoe goed de afzonderlijke runs in staat zijn de landelijk gemiddelde hydrologische parameters te reproduceren.
2. Om een beter beeld te krijgen hoe goed de hydrologische parameters voor verschillende delen van Nederland worden gesimuleerd, is Nederland vervolgens opgedeeld in zes gebieden. Voor elk van deze gebieden is gekeken naar de systematische relatieve fout en naar de standaardfout.
3. Voor de beste runs is tenslotte bekeken in hoeverre de primaire en secundaire drainage in zes districten in Nederland gemodelleerd wordt.

4.1. Landelijk gemiddelde waarden

De landelijk gemiddelde waarden zijn berekend met uitzondering van hoge zandgebieden zoals duinen en stuwwallen. De resultaten van GLG, GWS, GHG en Eact staan weergegeven in tabel 4.1. Deze methode geeft globaal inzicht in de geschiktheid van de runs voor deze parameters. Er wordt echter geen waarde aan de mate van geschiktheid gekoppeld. Wel komt duidelijk naar voren dat runs 67, 67_5 en K8 altijd te lage schattingen geven, terwijl run 73 meestal erg hoge waarden geeft.

Tabel 4.1: Vergelijking van de runs: in rood de run die het het beste doet t.o.v. van het 30-jarig landelijk gemiddelde (30j), in oranje de op één na beste en in geel de op twee na beste simulatie.

Evaluatie van de simulaties							
run	glg	run	gws	run	eact	run	ghg
67	214.2	67	1.6	k8	347.3	67	117.5
67_5	218.6	67_5	1.64	67_5	366.2	67_5	122.6
k8	219.3	k8	1.66	k6	369.8	k8	131.3
k7	222.8	(67+73)/2	1.72	67	370.6	(67+73)/2	137.5
L1	223.4	k7	1.75	(67+73)/2	375.6	30j	142
k9	224.2	L1	1.75	30j	378.9	L1	146.6
(67+73)/2	226.1	k9	1.76	73	381.1	k7	147.9
30j	226.8	30j	1.77	L1	388.2	k9	148.1
k3	226.9	k3	1.77	k7	390.3	k3	150
k6	230.1	k6	1.81	k9	401.4	k6	153.1
73	238	73	1.86	k3	409.9	73	157.4

4.2. Regionale toets

Voor de regionale toets is Nederland verdeeld in 6 regio's op basis van de KNMI weerregio's (Noordwest, Noordoost, Middenoost, Middenwest, Zuidoost, Zuidwest). Voor GWS, GHG, GLG en Eact is het gemiddelde bepaald van de relatieve afwijking in % ten opzichte van de 30-jarige gemiddelde waarden (2^e kolom in tabel 4.2.). Dit is een goede maat voor de systematische fout in de deelgebieden. In de 3^e kolom staat het gemiddelde van de standaardafwijking (RMSE) van de GWS, GHG en GLG in meters en de Eact in decimeters.

Tabel 4.2. Het gemiddelde van de relatieve afwijkingen en RMSE van alle regionale resultaten per run voor alle parameters (gem. GWS, GHG, GLG en Eact). RMSE van de actuele verdamping is gedeeld door 100.

Run	Gem. afwijking (%)	Gem. "RMSE" (-)
L1	2.63	0.35
6773	2.67	0.34
K7	3.34	0.35
K9	3.81	0.38
K6	3.86	0.38
K3	4.95	0.42
73	5.71	0.43
67_5	6.4	0.37
67	7.79	0.37
K8	7.98	0.4

Uit tabel 4.2 blijkt dat de runs "L1" en "67/73" de beste resultaten geven. "L1" heeft de kleinste gemiddelde relatieve afwijking en "67/73" heeft de kleinste gemiddelde "RMSE". In vergelijking met Tabel 4.1 is de waardering van "K3" aanzienlijk minder gunstig. Dit wordt veroorzaakt door de slechte resultaten voor de verdamping.

Run "67/73" wordt niet nader onderzocht, omdat deze run bestaat uit twee jaren waarvan de resultaten worden gemiddeld. In verband met de werkbaarheid is het niet handig als het standaardjaar uit meerdere jaren wordt bepaald.

4.3. Toets drainagecomponenten

Van de beste runs (bestaande uit één jaar) uit tabel 4.2. is nader onderzocht hoe de primaire en secundaire drainage fluxen zich in de tijd verhouden tot die van de 30-jarig run. "L1", "K7", "K9" en "K6" worden in de regionale toets beoordeeld op het verloop van de primaire en secundaire drainagefluxen in de tijd. De districten Friesland, Noordoost Drenthe, Flevoland, Berkel/Slinge, Krimpenerwaard, Peel en Maasvallei, Zeeuw Vlaanderen zijn zodanig gekozen dat de in Nederland voorkomende dominante bodemtypen veelal vertegenwoordigd zijn. Per district en per decade is berekend hoeveel de drainageflux procentueel verschilt van de waarden in de 30-jarige run: aan de procentuele afwijking is een gewicht toegekend dat gelijk is aan de drainageflux in de betreffende decade als fractie van de jaarlijkse drainagesom (tabel 4.3.).

Tabel 4.3.: Gewogen relatieve afwijking per decade, per MOZART-district en per "standaard" jaar.

	afw. K6 (%)	afw. K7 (%)	afw. K9 (%)	afw. L1 (%)
MOZART-district	primaire drainage			
Friesland	16	22	22	23
NO Drenthe	11	17	17	15
Berke/Slinge	12	15	14	16
Flevoland	8	17	16	17
Krimpenerwaard	47	56	42	53
Peel en Maasvallei	9	15	14	16
Zeeuws Vlaanderen	14	19	19	22
gem. primaire drainage	17	23	21	23
	secundaire drainage			
Friesland	13	20	20	21
NO Drenthe	55	11	16	14
Berke/Slinge	12	12	7	13
Flevoland	10	19	18	18
Krimpenerwaard	46	55	41	52
Peel en Maasvallei	25	18	15	16
Zeeuws Vlaanderen	15	20	21	23
gem. secundaire drainage	25	22	20	23
gem. prim. en sec. drain.	21	22	20	23

Indien de primaire en secundaire drainage even belangrijk zijn, geeft k9 de beste resultaten en vervolgens k6, k7 en L1. Dit is lijn der verwachting door de periode waarover de waarden voor neerslag en verdamping zijn gecorrigeerd bij het ontwerp van de verschillende standaardjaren. De verschillen tussen de standaardjaren zijn echter gering. Alle standaard jaren hebben een verloop voor de primaire en secundaire drainage dat logischerwijs beduidend dynamischer is dan voor de 30jaar. De Krimpenerwaard kent voor alle runs een slecht resultaat en run K6 geeft de secundaire drainage van NO Drente slecht weer.

Indien de standaard jaren beoordeeld worden op de jaar-, zomer- en wintersom van de primaire drainage dan blijkt k6 het best overeen te komen met de waarden van de 30jaar. De verschillen tussen resultaten voor k7, k9 en L1 zijn ook hier gering.

4.4. Conclusie

Indien bij de vergelijking van de standaardjaren met de 30jaar het verloop van de primaire en secundaire drainage en jaar- winter-, en zomersom van de primaire drainage zwaarder wegen dan actuele verdamping en gemiddelde en hoogste en laagste grondwaterstanden dan is "K6" het best te gebruiken als gemiddeld "standaard" jaar, maar de verschillen met de runs "L1", "K7" en "K9" zijn klein. Indien actuele verdamping en gemiddelde en hoogste en laagste grondwaterstanden zwaarder wegen dan is "L1" de beste optie. Als het juist simuleren van beide typen hydrologische parameters belangrijk is lijkt "L1" het beste alternatief.

Het huidige landelijke model MOZART wordt niet geschikt gevonden om hydrologische fluxen van het standaardjaar te beoordelen die sneller reageren dan de secundaire drainageflux. Nadere niet-

stationaire analyse met een instationair model is gewenst voor 'snelle afvoercomponenten'. Hierbij zullen ook pragmatische keuzes nodig zijn, voor accenten op bepaalde parameters.

5. Conclusies

Zoals eerder aangegeven is het moeilijk om in 1 meteorologisch jaar alle eigenschappen van 30 jaar neerslag- en evaporatie-gegevens te vangen. In deze studie blijkt dan ook dat het onmogelijk is om een gemiddeld "standaard"jaar te construeren dat bij gebruik voor allerlei hydrologisch parameters tegelijk dezelfde gemiddelde resultaten geeft als een reeks van 30 jaar.

De hier gevolgde stapsgewijze aanpak heeft verschillende reeksen opgeleverd die het soms goed doen voor de ene hydrologische parameter en soms voor een andere hydrologische parameter. In tabel 4.1 zijn de verschillende runs vergeleken. Deze tabel toont de landelijke gemiddelden voor enkele parameters. "K3/gem" lijkt het wellicht in eerste instantie goed te doen (voor GWS en GLG). Echter, een reeks met gemiddeld invoer zoals gebruikt in "K3/gem" vlakkt de neerslag te veel af en de variatie, die belangrijk is om de extremere grondwaterstanden te bepalen, verdwijnt. De gelijkmatige verdeling van de neerslag leidt ook tot een te hoge actuele verdamping. "K3/gem" voldoet dus niet aan de voorwaarde dat tegelijkertijd voor meerdere hydrologische parameters het gemiddelde in de 30-jarige run goed wordt benaderd. Hieruit is geconcludeerd dat het beter is van een bestaand jaar uit te gaan voor de constructie van een gemiddeld "standaard" jaar.

"L1" lijkt voor de getoonde hydrologische parameters in tabel 4.1 het vaakst dicht bij het 30-jarige gemiddelde te zitten. Bij correctie van de neerslag en potentiële verdamping op basis van korte tijdstappen ("K9" en "K6"), lijkt de uiteindelijke reeks te veel op "K3/gem" (te gelijkmatige verdeling van de neerslag over het jaar). Correctie per seizoen ("K7") heeft het omgekeerde tot gevolg. In dit geval levert een correctie per 2 maanden ("L1") het beste resultaat.

Een "goede" landelijk gemiddelde overeenkomst met de 30-jarige run kan ook grote regionale afwijkingen maskeren: wanneer in 1 regio de grondwaterstand te hoog is en in een andere regio te laag, kan het landelijk gemiddelde goed lijken. Voor het uiteindelijk gebruik van een "standaard" jaar is het ook belangrijk dat de hydrologische parameters in de verschillende regio's redelijk goed worden gesimuleerd, en niet alleen het landelijk gemiddelde. Correctie van de neerslag per weerregio geeft een betere simulatie van de hydrologische parameters dan correctie op basis van landelijk gemiddelde afwijking van de gemiddelde neerslag in een 30-jarige reeks. Aan het eind van dit rapport is nog een overzicht te vinden van alle verschilplaatjes van deze studie.

Gezien de bovenstaande resultaten lijkt het aan te bevelen een 30-jarige reeks te gebruiken, i.p.v. een gemiddeld "standaard" jaar. Echter, als dit te veel tijd vergt of onmogelijk is, dan kan men op basis van de resultaten van deze studie bepalen welke reeks het best gebruikt kan worden als gemiddeld "standaard" jaar. De uiteindelijke keuze hangt o.a. af van welke hydrologische parameters vooral van belang zijn en naar welke regio men kijkt.

Visueel gezien lijkt de gemiddelde resultaten van 67 en 73 het goed te doen of ook een per weerregio gecorrigeerde reeks zoals bijvoorbeeld 11.

6. Aanbevelingen

6.1 Aanbevelingen voor de toepassing van een standaard jaar met invoer per decade op invoer per dag

Met een soort non-lineaire transformatie zoals beschreven in annex 3. Per station kan een gemiddeld “mean precipitation on wet days” en een Q99wet over 30 jaar bepaald worden. Met de beschreven methode (annex 3) laat zich de reeks van ieder station zo toepassen dat ze op een gemiddelde lijkt. Misschien kan ook dezelfde methode als voor het standaard jaar per decade gebruikt worden.

6.2 Aanbeveling voor de toepassing van de methode voor de constructie van een gemiddeld standaard jaar op het construeren van een 10% nat/droog standaard jaar

Eerste moeten voor een 10% nat/droog standaard jaar de toetsgrids voor de 30jaar run aangemaakt worden. Om dat te doen zou ik alle grids bij elkaar optellen en met 0.9 of 0.1 multipliceren. Daarna moet uitgeprobeerd worden of ook weer van een origineel jaar uitgegaan kan worden dat dan voor ieder weerregio gecorrigeerd wordt. Misschien moet daarvoor niet 1967 gepakt worden maar 1976 (misschien te extreem) of 1949 of 1959 doen het misschien beter voor het droge standaard jaar en 1996 voor het natte.

6. Referenties

- HKV 2006: Op zoek naar een klimaatrepresentatief “standaardjaar” – Toetsing van landelijke en regionale hydrologische kenmerken. 30 pp.
- HKV 2005: Beschrijving en verificatie van de berekeningen met MOZART voor de landelijke droogtestudie. 39 pp.
- HKV, 2001.
- RIZA 2005: Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland. Eindrapport. 104 pp.
- Beersma J. 2004 Memo: Overzicht weerjaren tbv nutriënten berekeningen. KNMI.
- Hurk B.J.J.M. van den, Klein Tank A.M.G., Lenderink G., van Ulden A.P., van Oldenborgh G.J., Katsman C.A., van den Brink H.W., Keller F., Bessembinder J.J.F., Burgers G., Komen G.J., Hazeleger W. en Drijfhout S.S., *KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands*
- KNMI-publicatie: WR-2006-01, 30/5/2006, pp82.
- Leander R., Buishand A. 2006 Resampling of regional climate model output for the simulation of extreme river flows. Submitted to Journal of Hydrology.
- Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch vademecum 1988: Cultuurtechnisch vademecum, Utrecht, 1085 pp.
- TNO-TAWN, 2003.
- Witteveen en Bos, 2003.
- ref. voor droogtestudie Droog, droger, droogst.