

Initiële grondwaterstanden in NBW-toetsingen

Onderzoek naar een nieuwe kansverdeling voor de initiële grondwaterstand

Eindscriptie: Initiële grondwaterstanden in NBW toetsingen
Opleidingsinstituut: Van Hall/Larenstein
Studierichting: Land- en Watermanagement
Auteur: Sonja Nijveld
Versie: Definitief
Datum: 28 augustus 2012

Initiële grondwaterstanden in NBW-toetsingen

Onderzoek naar een nieuwe kansverdeling voor de initiële grondwaterstand

Eindscriptie: Initiële grondwaterstanden in NBW toetsingen
Studierichting: Land- en Watermanagement
Opdrachtgever: Grontmij
Begeleiding Van Hall/Larenstein: Dhr. Ir. B. Meijer (VHL)
Begeleiding Grontmij: Dhr. Ir. J. van Acker (Grontmij)
Versie: Definitief
Datum: 28 augustus 2012

Voorwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd als laatste onderdeel van de hbo- deeltijdstudie Land & Watermanagement. Het rapport is geschreven als afstudeerscriptie. Ik draag deze scriptie op aan Ronald Kaljouw.

Ik heb dit rapport met heel veel plezier geschreven. Het was echt een leuke opdracht en helaas moest ik het in deeltijd doen. Het liefste wil ik mij hier iedere dag mee kunnen bezig houden. Ik heb gemerkt dat mijn keus, om de voltijd minor hydrologische modellering te kiezen, juist is geweest. Dit werk is wat ik leuk vind en het kader van de opdracht spreekt mij erg aan.

Ik heb geleerd dat het niet moeilijk is om vakinhoudelijke gesprekken op de werkvloer te volgen en dat je als "Larensteiner" aardig wat kennis op zak hebt. Ik heb ook geleerd dat ik nog heel veel niet weet maar dat wanneer je in een team van mensen werkt, je kennis in korte tijd snel kan toenemen. Dat is een leuk vooruitzicht!

Na vier jaar prutsen kan ik nu zeggen dat ik best aardig met GIS overweg kan! Ik ben trots op mijn kaarten.

Het was best lastig om grip te krijgen op het toepassen van een tijdreeksanalyse. Nadenken over kansen was voor mij schakelen. Als LWM-ers hebben we gedurende onze opleiding hier niet zoveel mee te maken gekregen. Maar gedurende het onderzoekstraject kreeg het bodem bij mij en heb ik kennis mogen maken met tijdreeksmodellering in Menyanthes. Ik ben vastbesloten om nog een verdiepingsslag te maken op de achtergrondtheorie van dit programma.

De begeleiding vanuit Grontmij was helemaal goed. Ik heb nooit het gevoel gekregen dat ik teveel vroeg aan Jan en het waterteam in Arnhem is gezellig en behulpzaam. Jan van Acker heeft zoveel kennis en ervaring, ik heb daar enorm veel respect voor. Dat wil ik ook, zoveel weten! Dank je wel voor de begeleiding Jan!

Bert Meijer, de gezelligste leraar van Larenstein, wil ik ook graag bedanken voor zijn begeleiding tijdens deze afstudeerfase. Bert, dank je wel.

Vier jaar lang heb ik steun mogen ontvangen van de belangrijkste mensen in mijn leven, mijn ouders en mijn kinderen. Mijn ouders als grootste fans (en sponsors). Dank je wel moeder! En papa, ik weet zeker dat je trots zou zijn geweest. Wouter, dank je wel, voor al 23 jaar lang vertrouwen in mij. Het is lief van je dat je altijd even belt en zegt dat ik het kan en dat ik niet zo moet twijfelen aan mezelf. Merle, dank je wel, voor al je geduld, op de momenten dat je aandacht tekort kreeg van mij omdat ik druk was. Je hebt me vaak doen beseffen dat een diploma halen helemaal niet belangrijk moet zijn. Jildau, fijn dat jij er nu ook bij bent, ik ben blij met je!

Sonja Nijveld, 30 augustus 2012

Samenvatting

Het NBW heeft basisnormen gedefinieerd die het minimale beschermingsniveau beschrijven dat waterschappen moeten leveren tegen inundatie vanuit het oppervlaktewater. Bij de toetsingen van de regionale watersystemen aan deze normen wordt onder andere gebruik gemaakt van de stochastenmethode. Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de kansverdeling die de stochast initiële grondwaterstand toegekend krijgt. Binnen de stochastenmethode wordt hiervoor tot op heden de kansverdeling van de GxG aangehouden. Omdat hierbij geen rekening wordt gehouden met de neerslag en de periode binnen het jaar, zijn hier vraagtekens bij geplaatst. Grondwaterstanden worden immers sterk beïnvloed door deze twee onderdelen. Vanuit het vermoeden dat de wateropgave overschat wordt is vervolgens een methode ontwikkeld om wel rekening te houden met deze onderdelen. Er is onderzoek gedaan naar de samenhang tussen grote neerslagvolumes en de grondwaterstand aan het begin van dat grote neerslagvolume. Hiervoor is één peilbuis geselecteerd, waarvoor een gemeten reeks grondwaterstanden van bijna 22 jaar door middel van een tijdreeksanalyse is omgezet naar grondwaterstanden op dagbasis. Deze grondwaterstanden op dagbasis zijn naast neerslaggegevens van het KNMI gelegd. Door het toepassen van de Peaks-Over-Threshold methode zijn uit de neerslagreeks neerslagextremen geselecteerd. De grondwaterstanden die aan het begin van de neerslagextremen aanwezig waren hebben de basis gevormd voor het construeren van een nieuwe kansverdeling voor de initiële grondwaterstand. Deze nieuwe kansverdeling is toegekend aan de stochast initiële grondwaterstand. De kansverdeling is door middel van invoer in de Stochasteur (een door Grontmij ontwikkelde tool) omgezet in maximale waterpeilen in watergangen per neerslaggebeurtenis. Hieruit zijn inundatiekaarten per neerslaggebeurtenis gemaakt. Door de inundatiekaarten te koppelen aan de normenkaarten zijn vervolgens knelpuntenkaarten per norm vervaardigd. Vervolgens zijn deze handelingen herhaald, met het verschil dat nu de GxG-kansverdeling is toegekend aan de stochast initiële grondwaterstand. De knelpuntenkaarten per norm van beide handelingen zijn met elkaar vergeleken en het verschil brengt de kwantitatieve gevolgen voor de wateropgave in beeld. Er is sprake van een kleine toename van de wateropgave. Om algemeen geldende conclusies te kunnen trekken uit dit onderzoek, wordt aanbevolen om met de nu ontwikkelde methode de grondwaterstandsmetingen van meerdere peilbuizen te analyseren.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding van het onderzoek	6
1.2	Doel van het onderzoek	8
1.3	Onderzoeksvragen	8
1.4	Gehanteerde werkwijze	9
1.5	Leeswijzer	10
2	Gebiedsbeschrijving	11
2.1	Bodem en landgebruik	11
2.2	Hoogteligging en oppervlaktewater	11
2.3	Grondwater	11
2.4	Keuze en gegevens peilbuis	11
3	Werkwijze en beoordeling tijdreeksanalyse	13
3.1	Tijdreeksanalyse	13
3.2	Kalibratie en verificatie	15
3.3	Validatie	17
4	Werkwijze bepalen nieuwe kansverdeling	17
4.1	Bepaling GXG-waarden voor peilbuis B44E0119_1	18
4.2	Selectie neerslaggegevens en grondwaterstanden	18
4.3	Methodiek en resultaten nieuwe kansverdeling	18
4.4	Verwerking onderzoeksresultaten	19
4.4.1	Inundatieanalyse	19
4.4.2	Knelpuntenanalyse	19
4.4.3	Verschil GxG en nieuwe kansverdeling	19
5	Conclusie en aanbeveling	20
	Bijlage 1 AHN-, LGN- en normenkaart	22
	Bijlage 2 Werkbladen	23
	Bijlage 3 Inundatiekaarten	24
	Bijlage 4 Knelpuntenkaarten per norm/jr	25
	Geraadpleegde bronnen	26

1 Inleiding

Eind jaren negentig van de vorige eeuw werd Nederland geconfronteerd met aanzienlijke wateroverlast. Daarom adviseerde de Commissie Waterbeheer 21ste eeuw in 2000, het uitwerken van een landelijk Normeringstelsel voor de regionale watersystemen. Dit leidde tot het opnemen van werknormen in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) in 2003. De werknormen zijn als volgt geformuleerd:

Partijen komen overeen de voorstellen voor landelijke uniforme normen, die zijn opgesteld voor wateroverlast als gevolg van buiten de oevers tredend regionaal oppervlaktewater, als werknormen te gebruiken. De afgesproken normen zijn in provinciale verordeningen vastgelegd. Het waterschap stelt een programma van maatregelen op (in het kader van het waterbeheersplan) dat uitgaat van de werknorm zoals verwoord in onderstaande tabel.

<i>Functie</i>	<i>NBW-Beschermingsniveau</i>	<i>Faalcriterium inundatie</i>
Grasland	één keer per tien jaar	5% laagste maaiveld
Akkerbouw	één keer per vijftientig jaar	1% laagste maaiveld
Hoogwaardige land- en tuinbouw	één keer per vijftig jaar	1% laagste maaiveld
Glastuinbouw	één keer per vijftig jaar	1% laagste maaiveld
Stedelijk gebied	één keer per honderd jaar	0% laagste maaiveld

Tabel 1.1: NBW Basisnormen

Toelichting: Volgens de basisnormen mag een gebied met de functie grasland hooguit eens per tien jaar onder water staan. De laagste delen (5% van het gebied) mogen vaker dan eens per tien jaar inunderen vanuit het oppervlaktewatersysteem.

Deze normen zijn uitgedrukt in de kans dat het peil van het oppervlaktewater het niveau van het maaiveld overschrijdt ('kans op inundatie vanuit het oppervlaktewater'). Daarbij worden voor verschillende bestemmingen van de grond uiteenlopende normen gehanteerd (variërend van eens per honderd jaar voor bebouwd gebied tot eens per tien jaar voor weidegebied). De basisnormen beschrijven het minimale beschermingsniveau dat waterschappen moeten leveren tegen wateroverlast vanuit het oppervlaktewater. (Bron; STOWA, 2004, *Statistiek van extreme neerslag in Nederland*)

De toetsingen aan deze normen is een terugkerende activiteit van de waterschappen. Voor de (her)toetsing is het gewenst om deze eenduidig uit te voeren, met inachtneming van gebiedsspecifieke eigenschappen. De STOWA en de Unie van Waterschappen hebben het initiatief genomen om een standaard werkwijze te ontwikkelen, zodat zo veel mogelijk dezelfde methoden en technieken binnen de waterschappen worden toegepast. Deze standaard werkwijze is vastgelegd in het rapport, STOWA 2011-31 Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast. De voordelen van uniformering zijn; gezamenlijke kwaliteitsverbetering, meer overlap over de provinciegrenzen, eenduidige en krachtige presentatie van de wateropgave en verhogen van de doelmatigheid.

Het NBW heeft tot doel om in 2015 het watersysteem op orde te hebben en daarna op orde te houden anticiperend op veranderende omstandigheden, zoals onder andere de verwachte klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en toename van verhard oppervlak. De watersystemen zullen regelmatig moeten worden getoetst op het voldoen aan de gebiedsnormering. Huidig jaar, 2012, staat op de agenda als zijnde toets-jaar. (Bron; STOWA 2011-31)

1.1 Aanleiding van het onderzoek

Omdat neerslag één van de belangrijkste factoren voor het ontstaan van wateroverlast is, worden neerslagstatistieken gebruikt voor het ontwerpen en toetsen van watersystemen. Voor het toetsen van watersystemen kan gekozen worden uit meerdere methoden met verschillende gegevensbehoefte van neerslagstatistieken. Binnen de Standaard Werkwijze voor de toetsing van Watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast, is de stochastenmethode een van de mogelijke methodes. (Bron; STOWA 2011-31 Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast).

De stochastenmethode maakt gebruik van een neerslag-afvoermodel. De statistische analyse wordt uitgevoerd op de invoer van het model. Een correcte opbouw van de stochastenmethode wordt bepaald door het uitvoeren van de volgende handelingen:

- ~ Voor het watersysteem moeten kans variabelen, ofwel stochasten, gedefinieerd worden die kunnen leiden tot hoge waterstanden. Welke factoren kunnen in het betreffende watersysteem bijdragen aan het optreden van wateroverlast (bijvoorbeeld rivierkwel, verhoogde buiten- of boezemwaterstanden of ruwheid van de waterlopen)? Stochasten als bui-volume, bui-vorm en initiële grondwaterstand zullen in ieder watersysteem, als stochast moeten worden meegenomen.
- ~ Elke gedefinieerde stochast zal op basis van betrouwbare informatie een kansverdeling toegekend moeten krijgen waarmee de werkelijkheid zo goed mogelijk wordt gerepresenteerd.
- ~ Bij de stochastenmethode worden de kansen voor de variabelen met elkaar vermenigvuldigd. Het product geeft je de kans dat die combinatie gelijktijdig voorkomt; de kans op de ontwerpgebeurtenis. Uit de modeluitkomsten van de gebeurtenissen en de frequenties van de gebeurtenissen worden overschrijdingsfrequenties van waterstanden bepaald.

Onderwerp van dit onderzoek is de stochast “initiële grondwaterstand”. Bij de stochastenmethode wordt voor de bepaling van de kansverdeling van de initiële grondwaterstand gebruik gemaakt van de kansverdeling van de GxG. Dat deze kansverdelingen aan elkaar gelijk gesteld kunnen worden, wordt in dit onderzoek ter discussie gesteld. Hieronder volgt een korte toelichting op deze veronderstelling.

Methode kansverdeling GxG

Grondwaterstand gegevens zijn beschikbaar in de vorm van peilbuiswaarnemingen, waarbij 2 keer per maand (rond de 14^e en de 28^e) de grondwaterstand wordt opgenomen. In totaal dus 24 waarnemingen per jaar. Op basis van deze waarnemingen wordt het grondwaterstandsverloop gekarakteriseerd door middel van de GLG (gemiddelde laagste grondwaterstand), de GHG (gemiddelde hoogste grondwaterstand) en de GG (gemiddelde grondwaterstand). Voor de GHG- en GLG –bepaling worden over een periode van y jaar per jaar van de 24 beschikbare metingen de 3 hoogste respectievelijk de 3 laagste waarden genomen. De GHG is dan het gemiddelde van deze 3y hoogste waarden en de GLG van de 3y laagste waarden. De GG is het gemiddelde van alle beschikbare waarnemingen. De kans dat een grondwaterstand tot de GHG behoort is 3/24 ofwel 12,5% op jaarbasis. Dit geldt eveneens voor de kans dat een grondwaterstand tot de GLG behoort. Op basis van GHG/GLG kan als kansverdeling voor de aanvangssituatie van de bodem dan worden aangehouden: 12,5%, 75% en 12,5% (voor resp. GHG, GG en GLG).

Veronderstelling

Het gebruik van de bovenstaande werkwijze voor de bepaling van de kansverdeling van de initiële grondwaterstand ten behoeve van de stochastenmethode kent twee bezwaren:

- ~ Er wordt bij de GxG-methode geen rekening gehouden met de periode in het jaar, terwijl de grondwaterstand vooral onder invloed van verdamping en peilbeheer een duidelijk jaarpatroon heeft: de lage grondwaterstanden komen veelal in de zomer voor, de hoge grondwaterstanden komen veelal in de winter voor.
- ~ Grote neerslagvolumes zijn mede-veroorzakers van het overschrijden van NBW-normen. Bij de bepaling van de kansverdeling van de GxG wordt eveneens geen rekening gehouden met een eventuele samenhang tussen grondwaterstanden en grote neerslagvolumes. Echter doorgaans treden hoge grondwaterstanden op als gevolg van veel neerslag en zou je mogen verwachten dat de grondwaterstanden aan het begin van een neerslagrijke periode lager dan gemiddeld zijn.

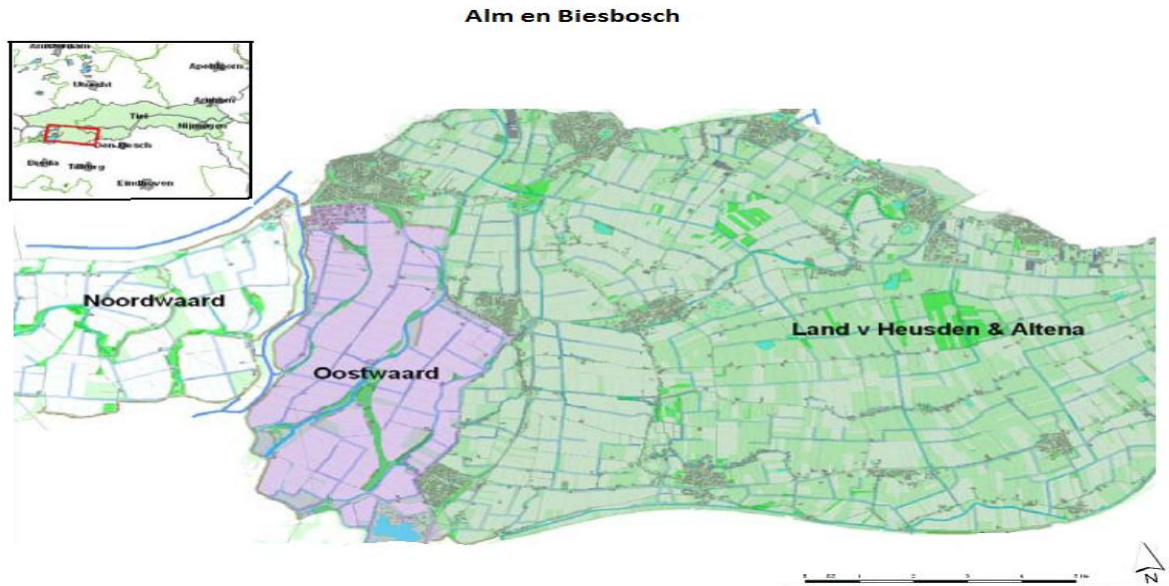
Wanneer je de bepaling van de kansverdeling van de GxG overneemt voor de kansverdeling van de initiële grondwaterstand, dan is de verwachting dat de kans op een natte initiële grondwaterstand overschat wordt en de kans dat een droge initiële grondwatersituatie aanwezig is, onderschat wordt.

Dit laatste zou betekenen dat de werkelijke bergingsruimte in de bodem aan het begin van een neerslagrijke periode dus groter is dan tot op heden wordt aangenomen tijdens de toetsingen van watersystemen aan de NBW-normen.

Hieruit volgt dat de werkelijke wateropgave die volgt uit deze toetsingen weleens kleiner kan zijn dan tot op heden wordt gedacht. Reden genoeg voor een uitdagend onderzoek!

Gebiedskeuze

Waterschap Rivierenland heeft Grontmij opdracht gegeven een watersysteemtoets uit te voeren voor deelgebied Alm & Biesbosch. Om gebruik te kunnen maken van beschikbare GIS-data en een modelschematisatie in Sobek, die tijdens deze watersysteemtoets door Grontmij gemaakt zijn, zal dit onderzoek eveneens in Alm & Biesbosch plaatsvinden.



Figuur 1.1: Stroomgebied Alm en Biesbosch

1.2 Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is om de samenhang te onderzoeken tussen grote neerslagvolumes en de grondwaterstand aan het begin van dat grote neerslagvolume. De grondwaterstanden die aan het begin van de grote neerslagvolumes aanwezig zijn, vormen de basis voor het construeren van een kansverdeling voor de initiële grondwaterstand ten behoeve van de stochastenmethode.

1.3 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:

Wat is de nieuwe kansverdeling voor de initiële grondwaterstand, om te gebruiken ten behoeve van de stochastenmethode, wanneer deze kansverdeling gebaseerd is op grondwaterstanden aan het begin van grote neerslagvolumes.

Deelvragen

- ~ Is de nieuwe kansverdeling van de initiële grondwaterstand anders dan de kansverdeling van de GxG.
- ~ Verschilt, binnen de nieuwe kansverdeling, de initiële grondwaterstand in de zomerperiode met de initiële grondwaterstand van de winterperiode?
- ~ Zo ja, wat is dan de kansverdeling van de initiële grondwaterstand in de zomerperiode en winterperiode.
- ~ Indien verschillen worden aangetoond tussen de nieuwe kansverdeling van de initiële grondwaterstand en de GxG-kansverdeling, wat zijn dan in kwantitatieve zin, de gevolgen voor de wateropgave?

1.4 Gehanteerde werkwijze

Begrippenkader

In deze rapportage worden een aantal afkortingen en begrippen gebruikt:

- ~ *Stochasteur*; Tool ontwikkeld door Grontmij. Met deze tool kunnen voor gedefinieerde stochasten in een Sobek case, herhalingstijden worden bepaald. De tool zorgt voor een efficiënte dataverwerking. Het berekent per gehanteerde norm voor inundatie een waterpeil.
- ~ *Menyanthes*; Een programma om grondwaterstandgegevens te analyseren. Het programma kan tijdreeks- en statistische analyses uitvoeren. (zie hoofdstuk 4.1) Voor een uitgebreide beschrijving van de theoretische achtergrond van dit programma wordt verwezen naar; Menyanthes, Tijdreeksanalyse voor (eco)hydrologen, KWR – Alterra, 2009.
- ~ *Grondwaterstand*; De stijghoogte van het freatisch grondwater ten opzichte van het maaiveld, gemeten in een boorgat of een peilbuis met een ondiepe filterdiepte (in het algemeen 5 meter beneden maaiveld in het 1^e watervoerende pakket)
- ~ *igws*; initiële grondwaterstand
- ~ *Hoogste Grondwaterstand*; gedefinieerd als het gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden die in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) worden gemeten, uitgaande van een halfmaandelijke meetfrequentie.
- ~ *Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand* (GHG); gemiddelde van de hoogste grondwaterstanden over een aaneengesloten periode van ten minste 8 jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden.
- ~ *Laagste Grondwaterstand*; gedefinieerd als het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden die in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) worden gemeten, uitgaande van een halfmaandelijke meetfrequentie.
- ~ *Gemiddelde Laagste Grondwaterstand* (GLG), gemiddelde van de laagste grondwaterstanden over een aaneengesloten periode van ten minste 8 jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden.
- ~ *GG*; Het gemiddelde van alle gemeten grondwaterstanden
- ~ *GxG*; De begrippen GHG, GLG en GG samen
- ~ *POT-methode (Peaks-Over-Threshold)*; De maximale waarden in een tijdreeks van metingen die een bepaalde grens- of drempelwaarde overschrijden, worden geselecteerd.

Gegevens

Om grondig onderzoek te kunnen doen naar de samenhang tussen grote neerslagvolumes en de grondwaterstand aan het begin van dat neerslagvolume is behoefte aan langjarige grondwaterstand-meetreeksen waarbij de grondwaterstand twee maal per maand (rond de 14e en de 28e) is gemeten. Allereerst is dan ook gezocht naar een geschikte peilbuis binnen Alm & Biesbosch. Hiervoor is gebruik gemaakt van beschikbare TNO-peilbuizen binnen Dino-loket.

Met behulp van Menyanthes (een programma voor tijdreeks-analyse waar Grontmij over beschikt) is de gemeten reeks grondwaterstanden omgezet in een reeks van grondwaterstanden op dagbasis. Voor het neerslagvolume is gebruik gemaakt van langjarige reeksen van dagsommen neerslag. Deze dagsommen zijn beschikbaar voor een groot aantal KNMI-stations in Nederland. Voor dit onderzoek zijn de gegevens van KNMI-station Andel gebruikt, dat gelegen is in het gebied Alm en Biesbosch. Er is gekeken naar 9-daagse perioden met meer dan 50mm neerslag. De grondwaterstanden die optraden op de laatste dag voorafgaand aan een 9-daagse neerslagperiode, hebben de uitgangswaarden voor het bepalen van een nieuwe kansverdeling gevormd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen GHG-zomer, GG-zomer, GLG-zomer en GHG-winter, GG-winter en GLG-winter.

De waarden van de nieuwe kansverdeling en de waarden van de GxG-kansverdeling zijn voor de initiële grondwaterstanden ingevoerd in de Stochasteur, een door Grontmij ontwikkelde tool. De stochasteur bepaalt met de nieuwe kansverdelingen voor de initiële grondwaterstand, de overschrijdingskans van de maximale waterstanden in de watergangen die met Sobek berekend zijn. De waterstanden zijn daarbij van laag naar hoog gesorteerd en per waterstand is de cumulatieve kans en daaruit een herhalingstijd afgeleid. De waterstanden worden voor T=10, T=25, T=50 en T=100 afgeleid. In GIS zijn deze optredende waterpeilen vergeleken met de maaiveldhoogte in het plangebied.

De kaarten die gemaakt zijn van de optredende inundatie bij de verschillende herhalingstijden zijn weergegeven in bijlage 3. Bijlage 3A is de inundatiekaart van de GxG-kansverdeling en bijlage 3B is de inundatiekaart van de nieuwe kansverdeling.

Knelpunten

De mogelijke knelpunten die ontstaan door inundatie van het maaiveld zijn afhankelijk van het landgebruik en de daaraan toegekende norm. Om te onderzoeken waar knelpunten ontstaan, is per landgebruik gekeken welke norm vanuit het NBW van toepassing is en hiervan hebben we knelpuntenkaarten per norm vervaardigd. Deze handeling is uitgevoerd voor de GxG-kansverdeling en voor de nieuwe kansverdeling. De knelpuntenkaarten zijn bijgevoegd in bijlagen 4A en 4B.

Beide eindproducten zijn vervolgens met elkaar vergeleken en hebben inzicht gegeven op de kwantitatieve gevolgen, die een nieuwe kansverdeling, voor de initiële grondwaterstand, heeft op de wateropgave. De verschillen in knelpunten zijn weergegeven in bijlage 4C.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de gebiedskenmerken van het deelgebied Alm & Biesbosch. Tevens wordt de keuze van de peilbuis, zijn locatie en de kenmerken toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de werkwijze en de beoordeling van de tijdreeksanalyse besproken. Hoofdstuk 4 behandelt de gevolgde methodiek voor het construeren van een nieuwe kansverdeling ten behoeve van de stochastenmethode. Het rapport wordt afgesloten met hoofdstuk 5; conclusie en aanbevelingen.

2 Gebiedsbeschrijving

Het stroomgebied van Alm en Biesbosch vormt de overgang tussen het rivierengebied met de typische rivierklei en enkele rivierduinen en het westelijk zeeleigebied met zware zeelei. De peilbuis die gekozen is ligt in het noordoostelijke deel van Alm en Biesbosch. Dit deel behoort tot het rivierengebied. De gebiedskarakteristieken die beschreven worden in de onderstaande paragrafen 2.1 tot en met 2.3, zijn van toepassing, op een straal van ongeveer 1,5 kilometer rondom de peilbuis. De laatste paragraaf 2.4 beschrijft hoe de peilbuis gekozen is en wat de technische gegevens van de peilbuis zijn.

2.1 Bodem en landgebruik

Het stroomgebied van Alm en Biesbosch vormt de overgang tussen het rivierengebied met de typische rivierklei en enkele rivierduinen en het westelijke zeeleigebied met zware zeelei. In de directe omgeving van de peilbuis vinden we kalkloze droge Ooivaaggronden (Rd10C) met grondwatertrap VII en kalkhoudende natte Poldervaaggronden (Rn95A) met grondwatertrap VI. In een straal van 1,5 kilometer om de peilbuis is het landgebruik overwegend akkerbouw, grasland en bebouwing.

2.2 Hoogteligging en oppervlaktewater

Het maaiveld ligt bij peilbuis B44E0119_1 op 0,6m+NAP. In het gebied van Alm en Biesbosch geldt een peilbesluit met zomer- en winterpeilen, waarbij de zomerpeilen gemiddeld 30 cm hoger zijn dan de winterpeilen. Ten oosten van de peilbuis ligt een watergang. De watergang ligt geheel in peilvak LAH012 – 1628. Momenteel wordt hier hetzelfde zomer- en winterpeil gehanteerd door waterschap Rivierenland en wel 0,6m+NAP. Gemaal de Giessense Steeg zorgt, via opmaling uit de afgedamde Maas, ervoor dat in de zomer dat waterniveau op peil blijft. Overtollig water verlaat het gebied onder natuurlijk verval. Een afbeelding van de hoogtekaart, is weergegeven in bijlage 1A.

2.3 Grondwater

Via kwel- en infiltratiestromen is er een wederzijdse relatie tussen oppervlaktewater en grondwater. Vooral de gebieden langs de rivieren kennen verschillen in stromingsrichting van het grondwater in de zomer en winter. Bij hoge rivierstanden in winter en voorjaar staan de binnendijkse gebieden onder invloed van veel rivierkwel. In de zomer zijgt water weg, veroorzaakt door lage rivierstanden. De peilbuis B44E0119_1 ligt op de grens van meestal kwel en infiltratie (zie figuur 2.5: Kwelsituatie omgeving peilbuis)

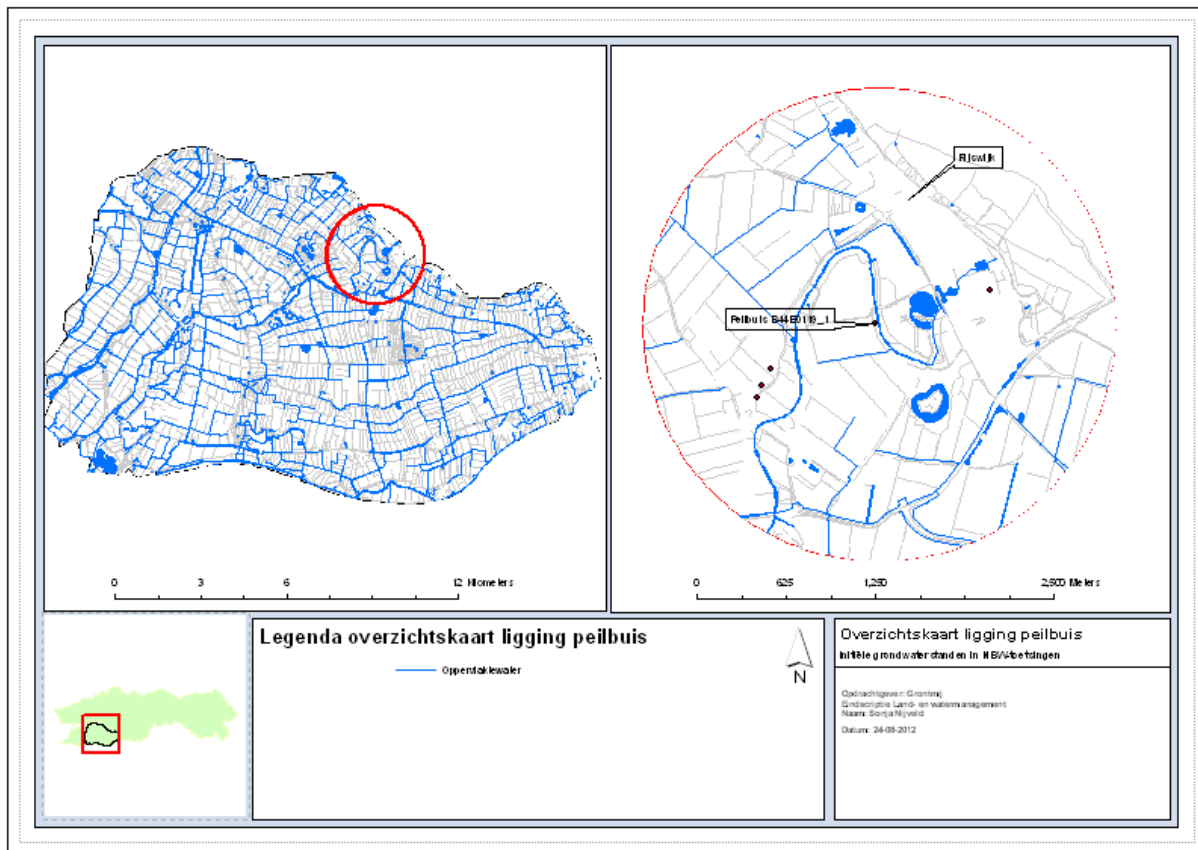


Figuur 2.5: Kwelsituatie omgeving peilbuis

2.4 Keuze en gegevens peilbuis

Eerst is gezocht naar een geschikte peilbuis binnen Alm & Biesbosch. Vanuit Dinoloket zijn een aantal langjarige grondwaterstandmeetreeksen geselecteerd. De selectie heeft plaatsgevonden op basis van de lengte van de meetreeksen (> 20 jaar). Eveneens heeft er een visuele selectie plaats gevonden op het al dan niet voorkomen van metingen die vaak of ver buiten het fluctuatiepatroon vielen en/of er onregelmatige meetfrequenties voorkwamen. Er is gekozen voor een peilbuis nabij Rijswijk en

Giessen in het noordoosten van het Land van Heusden. Een overzicht van de ligging van de peilbuis is weergegeven in onderstaande figuur 2.1. Tabel 2.1 geeft een overzicht weer van de kenmerken van peilbuis B44E0119_1.



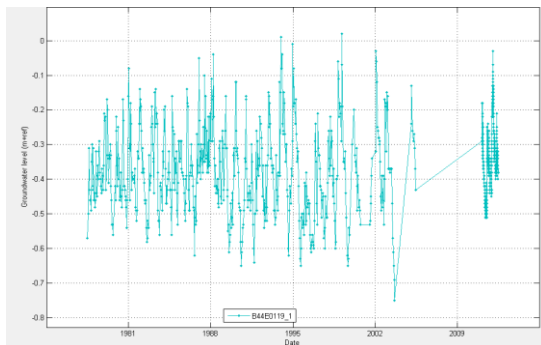
Figuur 2.1: Overzichtskaat ligging peilbuis

Gegevens peilbuis

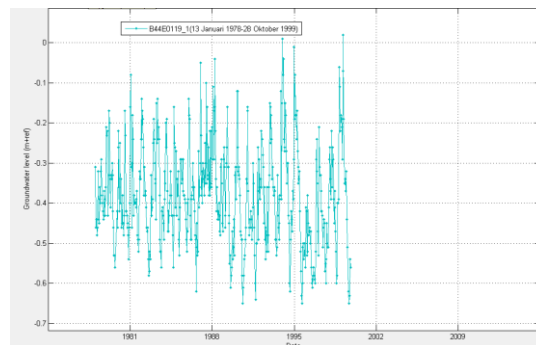
NITG-Nummer	B44E0119_1
OLGA-Nummer	44EP0119
Rijksdriehoek coördinaten	X; 129739, y; 422531
Kaartblad	44 ^E , Woudrichem, N-Brabant
Maaiveldhoogte	0,6 m+NAP
Top filter	4,65 m beneden m.v.
Onderkant filter	6,65 m beneden m.v.

Tabel 2.1: Gegevens peilbuis

De oorspronkelijke meetreeks van peilbuis B44E0119_1 loopt van 12-07-1977 tot en met 20-06-2012. Echter voor januari 1978 en na oktober 1999 was er sprake van onregelmatige meetfrequenties en zelfs van perioden zonder metingen. Er is daarom besloten een goed bruikbaar deel uit de oorspronkelijke meetreeks te "knippen" om daarmee verder te kunnen werken. De bruikbare meetreeks is bijna 22 jaar en loopt van 13 januari 1978 tot en met 28 oktober 1999.

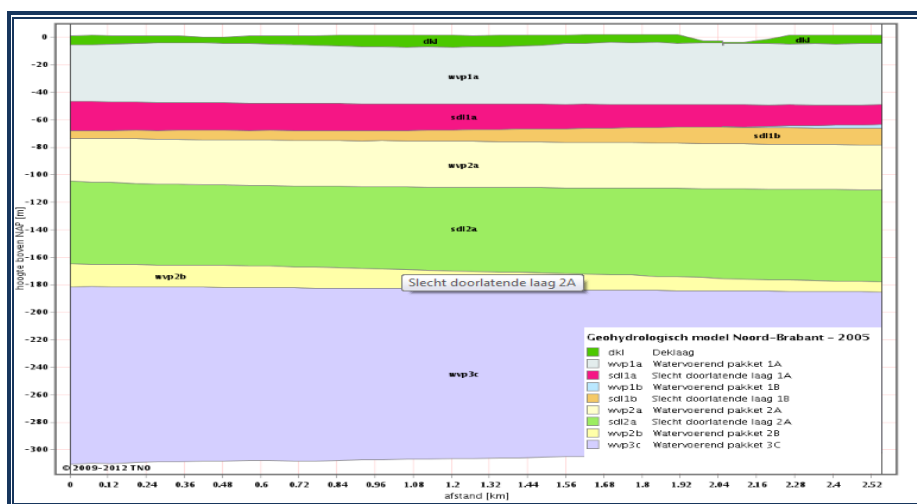


Figuur 2.2: Meetreeks 12-07-1977 t/m 20-06-2012



Figuur 2.3: Ingekorte meetreeks 13-01-1978 t/m 28-10-1999

De top van de filter van de peilbuis bevindt zich op -4,65m beneden maaiveld en de bodem op -6,65m beneden maaiveld. Dit is binnen het eerste watervoerende pakket. De eerste slecht doorlatende laag bevindt zich op ruim 40 meter diepte.



Figuur 2.4: Geo-hydrologische opbouw van de ondergrond bij peilbuis B44E0119_1 (Bron DINO-loket)

3 Werkwijze en beoordeling tijdreeksanalyse

Er is onderzoek gedaan naar de samenhang tussen grote neerslagvolumes en de grondwaterstand aan het begin van dat neerslagvolume. Om dit te kunnen onderzoeken was een langjarige reeks van grondwaterstandwaarnemingen op dagbasis nodig. Deze zijn in Nederland niet beschikbaar. Echter, er zijn binnen DINO-loket, meetgegevens van TNO-peilbuizen beschikbaar, waarbij grondwaterstanden twee maal per maand (rond de 14e en de 28e) zijn gemeten. Met behulp van tijdreeksmodellering in Menyanthes, is een gemeten reeks grondwaterstanden omgezet in een reeks van grondwaterstanden op dagbasis. (Bron; Menyanthes, *Tijdreeksanalyse voor (eco)hydrologen*, KWR – Alterra, 2009.)

3.1 Tijdreeksanalyse

Bij tijdreeksanalyse in Menyanthes wordt gezocht naar een wiskundig model dat het statistisch verband vastlegt tussen reeksen van grondwaterstandmetingen en zogenaamde verklarende reeksen, reeksen die van invloed zijn op de metingen. Met deze verbanden kunnen de grondwaterstanden op dagbasis berekend worden. De volgende reeksen zijn gebruikt als verklarende reeksen van het tijdreeksmodel:

Gemeten grondwaterstanden

De grondwaterstanden van peilbuis B44E0119_1 van 13 januari 1978 tot en met 28 oktober 1999 zijn gebruikt.

Grondwateronttrekkingen

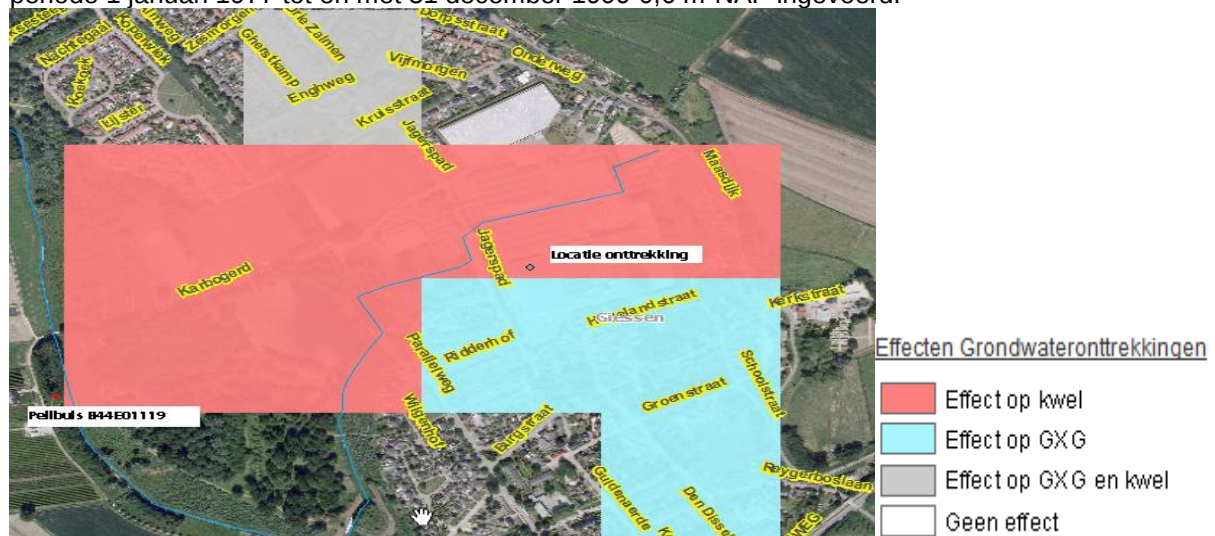
Op ongeveer 750 meter afstand van de peilbuis vinden grondwateronttrekkingen plaats bij Pompstation Heinz. Voor industriële doeleinden wordt hier grondwater onttrokken. De onttrekkingen variëren in orde van grootte tussen de 600.000m³ in 1999 tot 90.000m³ in 2011. Vanaf 2008 is er een reductie in onttrekking van de hoeveelheid grondwater vanwege besparingsmaatregelen. De verwachting is echter dat, ondanks de kleine afstand, deze onttrekkingen niet van invloed zijn op de grondwaterstandmetingen van peilbuis B44E0119_1 omdat de onttrekkingen plaatvinden in de diepe ondergrond (laag 13 en 8). Een controle in de wateratlas van Noord-Brabant bevestigt dit vermoeden doordat de peilbuis zich net buiten het beïnvloedingsgebied van de grondwateronttrekkingen bevindt (zie figuur 3.1). De onttrekkingen zijn niet meegenomen in de tijdreeksanalyse.

Neerslag en verdamping

Over het algemeen bepalen neerslag en verdamping het grootste deel van de fluctuaties in de grondwaterstanden. Het is daarom belangrijk om reeksen te gebruiken die de lokale situatie goed weergeven. Het neerslagstation waarvoor gekozen is, is station Andel en bevindt zich op 2 km, ten zuidoosten van peilbuis B44E0119_1. Andel is het dichtstbijzijnde KNMI-neerslagstation. De verdampingsgegevens zijn ontleend aan het KNMI-hoofdstation in De Bilt, dit ligt 36 km ten noorden van peilbuis B44E0119_1. Van zowel neerslag als verdamping zijn de dagelijkse meetdata van 1 januari 1977 tot en met 31 december 1999 gebruikt.

Waterpeilen

Peilbuis B44E0119_1 ligt in het peilvak LAH012 – 1628 van waterschap Rivierenland. De zomer- en winterpeilen die hier momenteel gehanteerd worden zijn beide 0,6m - NAP. Omdat de peilbuis op korte afstand van een watergang ligt en het peilbeheer van invloed is op de grondwaterstand, worden de gehanteerde peilen meegenomen in de tijdreeksanalyse. Als zomer- en winterpeil is voor de periode 1 januari 1977 tot en met 31 december 1999 0,6 m-NAP ingevoerd.



Figuur 3.1: Effect grondwateronttrekkingen op peilbuis B44E0119 1(bron: dinoloket.nl)

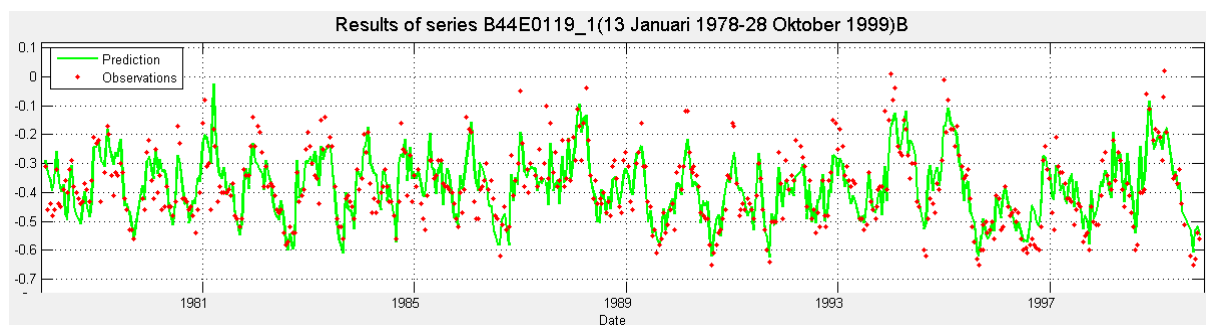
Berekening

Ten westen van de peilbuis ligt 12 ha land, wat gebruikt wordt voor fruitteelt. De berekening vindt plaats vanuit het oppervlakte water. Berekening van gewassen kan grote invloed hebben op zowel de hydrologie van de onverzadigde zone en stijghoogten van het grondwater. Het beregeningsproces is in eerste instantie niet meegenomen als verklarende reeks in de analyse. Echter tijdens de interpretatie van de onderzoeksresultaten in Menyanthes bleek dat er een verklarende invloed ontbrak en het niet mogelijk was een valide tijdreeksmodel te maken. Daarom is alsnog besloten om een aanname te doen voor de beregeningswaarden. Van beide onderzoeken zijn de resultaten terug te vinden in tabel 3.1 Tabel 3.1 Resultaten kalibratie tijdreeks-analyse peilbuis B44E0119_1. De aanname, die gedaan is voor de berekening, is gebaseerd op wat de fruittelers kon vertellen. Het water dat voor berekening wordt gebruikt wordt onttrokken uit het oppervlaktewater. Er wordt gemiddeld 6 maal per jaar gedurende 10 uur beregend.

Bij droogte 4 maal 10 uur en bij vorst 2 maal 10 uur. De pomp heeft een capaciteit van 300m³/uur. Per jaar wordt dus gemiddeld 60uur x 300 m³ = 18.000m³ berekend. Op 12 hectare is dit 0.15meter. 150mm/365 dagen = gemiddeld 0.4 mm per dag. Deze 0.4 mm/dag is als een constant daggemiddelde per jaar, meegenomen als verklarende reeks voor de periode 1 januari 1977 tot en met 31 december 1999.

3.2 Kalibratie en verificatie

De grondwater-meetreeks van 13 januari 1978 tot en met 28 oktober 1999 van peilbuis B44E0119_1 is gekalibreerd. De resultaten van de kalibratie zijn hieronder weergegeven in figuur 3.1 en tabel 3.1.



Figuur 3.1: Resultaten kalibratie tijdreeks-analyse peilbuis B44E0119_1

Beoordeling	EVP	MO significantie	Drainagebasis in m	Verdampingsfactor
Zonder berekening	74.9	Positief	0.14	0.2
Met berekening	75.5	Positief	-0.1	0.5

Tabel 3.1 Resultaten kalibratie tijdreeks-analyse peilbuis B44E0119_1

Deze resultaten zijn statistisch-wetenschappelijk beoordeeld via de verklaarde variantie. Verklaarde variantie (EVP) is een relatieve maat voor de pasvorm (fit) van een model: het percentage van de totale variatie van de grondwaterstanden, dat verklaard kan worden met het transfermodel. Bij aanvang van dit onderzoek is gesteld dat een model ten minste een EVP van 70% moet hebben. Deze waarde wordt vaak als richtwaarde gebruikt bij modelleren.

$$EVP = \frac{\sigma^2_{h(t)} - \sigma^2_{n(t)}}{\sigma^2_{h(t)}} \times 100\%$$

$\sigma^2_{h(t)}$ = variantie van de grondwaterstanden
 $\sigma^2_{n(t)}$ = variantie van de residuen

In eerste instantie leek het model zonder beregeningsresultaten betrouwbaar. De EVP kwam boven de 70% uit. Echter door ook een fysisch-hydrologische beoordeling toe te passen, kwamen de waarden van de drainagebasis 14 cm boven het maaiveld uit. De drainagebasis is het niveau dat de grondwaterspiegel zou bereiken als het afstromingsgebied lange tijd niet zou worden beïnvloed door de voor de tijdreeksmodellering gedefinieerde invloeden. Vaak zal de drainagebasis het niveau zijn dat wordt bepaald door het gemiddelde peil van de ontwateringsmiddelen. Een drainagebasis van 14 cm boven maaiveld geeft aan dat zonder alle verklarende reeksen de grondwaterstand tot dit niveau zou blijven en dat is te hoog. Met een lagere drainagebasis kan het model de gemeten grondwaterstanden niet matchen. Dit betekent dus dat er een invloed ontbreekt die water toevoegt aan het systeem. Dit was een indicatie dat er een verklarende reeks is gemist. Nadat de berekening als verklarende reeks is toegevoegd aan het modelleren, veranderde de drainagebasis in een meer aannemelijke waarde, namelijk -0,1m.

Vervolgens is gekeken naar de verdampingsfactor. De verdampingsfactor geeft de gemiddelde verhouding tussen de actuele en de referentieverdamping voor een bepaalde peilbuis. Een waarde kleiner dan 0,5 of groter dan 2 kan een aanwijzing zijn dat er andere invloeden niet zijn meegenomen

en onterecht worden gemodelleerd via de verdamping. Een te lage verdampingsfactor betreft vaak gemiste berekening of peilbeheer.

De waarde van de verdampingsfactor viel met 0,2 buiten de gehanteerde norm van 0,5 - 2. Wederom een aanwijzing dat er gegevens ontbraken. De berekening toevoegen als verklarende reeks leverde een acceptabele verdampingsfactor van 0,5 op.

De gain (MO): geeft fysisch gezien de verhouding weer tussen de uiteindelijke stijghoogte en de intensiteit van de regenval, als het heel lang zou blijven regenen. Deze verhouding kan de drainageweerstand (in dagen) genoemd worden, maar is peilbuis gebonden.

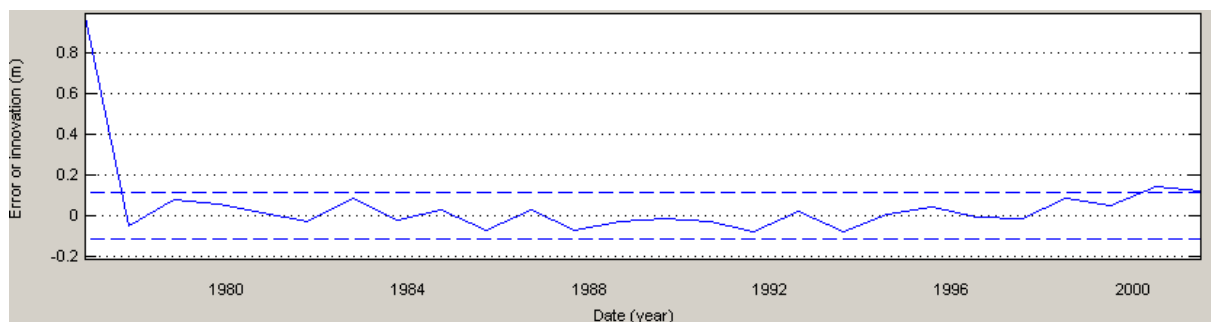
Als een peilbuis dicht bij een drainerend middel staat is de MO slechts enkele dagen. In grote systemen ver van waterlopen, kan de MO gemakkelijk waarden van duizenden dagen bereiken. Het model bepaalt een relatie tussen neerslag, verdamping, oppervlaktewaterpeil en stijghoogte. In een goed model moet deze relatie significant zijn. Dit laatste is het geval als de absolute waarde van de MO minus twee maal de standaardfout, positief is.

Een voorbeeld hiervoor is de MO van de neerslag tijdens de simulatie met berekening. De absolute waarde van de MO is 111,9 en de standaardfout is 13. Hieruit volgt dat $111,9 - (2 \times 13) = 85,9$ en dus positief. (Zie figuur 3.2: Statistiek van de kalibratie)

Statistics on the calibration of time series: Copy of B44E0119_1(13 Januari 1978-26 Oktober 1999)			
Explained Variance Percentage (EVP):	75.47 %		
Root Mean Squared Error (RMSE):	0.063 m		
Root mean squared innovation (RMSI):	0.055 m		
Akaike's criteria AIC and FPE:	-2.936 0.003		
Local drainage base:	-0.062 m		
input series: Berekening type: PREC			
parameter 1 (MO):	485.2	stdev:	1.7e+006
parameter 2:	0.001798	stdev:	0.0021
parameter 3:	0.7972	stdev:	0.22
MO	485.24	M1/MO	443.29
input series: PEIL_ZenW type: RIVER			
parameter 4:	1.266	stdev:	2
parameter 5:	0.1364	stdev:	0.15
parameter 6:	8.828	stdev:	30
MO	0.70	M1/MO	68.02
input series: De bilt_evap type: EVAP			
parameter 7 (red fct):	0.49	stdev:	1.7e+003
MO	-235.94	M1/MO	-443.29
input series: Andel_prec type: PREC			
parameter 8 (MO):	111.9	stdev:	13
parameter 9:	0.01333	stdev:	0.004
parameter 10:	0.6101	stdev:	0.044
MO	111.93	M1/MO	45.77

Figuur 3.2: Statistiek van de kalibratie

Het laatste onderdeel van de verificatie, de autocorrelatie- controle, is weergegeven in een autocorrelatieplot in figuur 3.3. Wanneer je de grondwaterstand van vandaag steeds uitzet tegen de grondwaterstand van gisteren, dan verschijnt vanwege het geheugen of de traagheid die in het grondwatersysteem zit een lineair verband. Bij een tijdreeksanalyse zijn de waarnemingen niet willekeurig verdeeld rond de simulatielijn. In de residuen zit nog een bepaalde schommeling. De schommeling blijft tijdens het grootste gedeelte van deze simulatie tussen de lijnen die het 95%-betrouwbaarheids interval aangeven van een autocorrelatiefactor van 0. Het begin van de lijn (stap 0) valt ver boven de lijnen. Dit komt doordat een grondwaterstand altijd gecorreleerd is met zichzelf. In de autocorrelatiegrafiek is aan de rechterkant te zien dat er net iets meer dan 5% kans is dat de autocorrelatiefactor daar afwijkt van 0. Dit is echter zo weinig dat er geen reden is het model hierdoor af te wijzen.

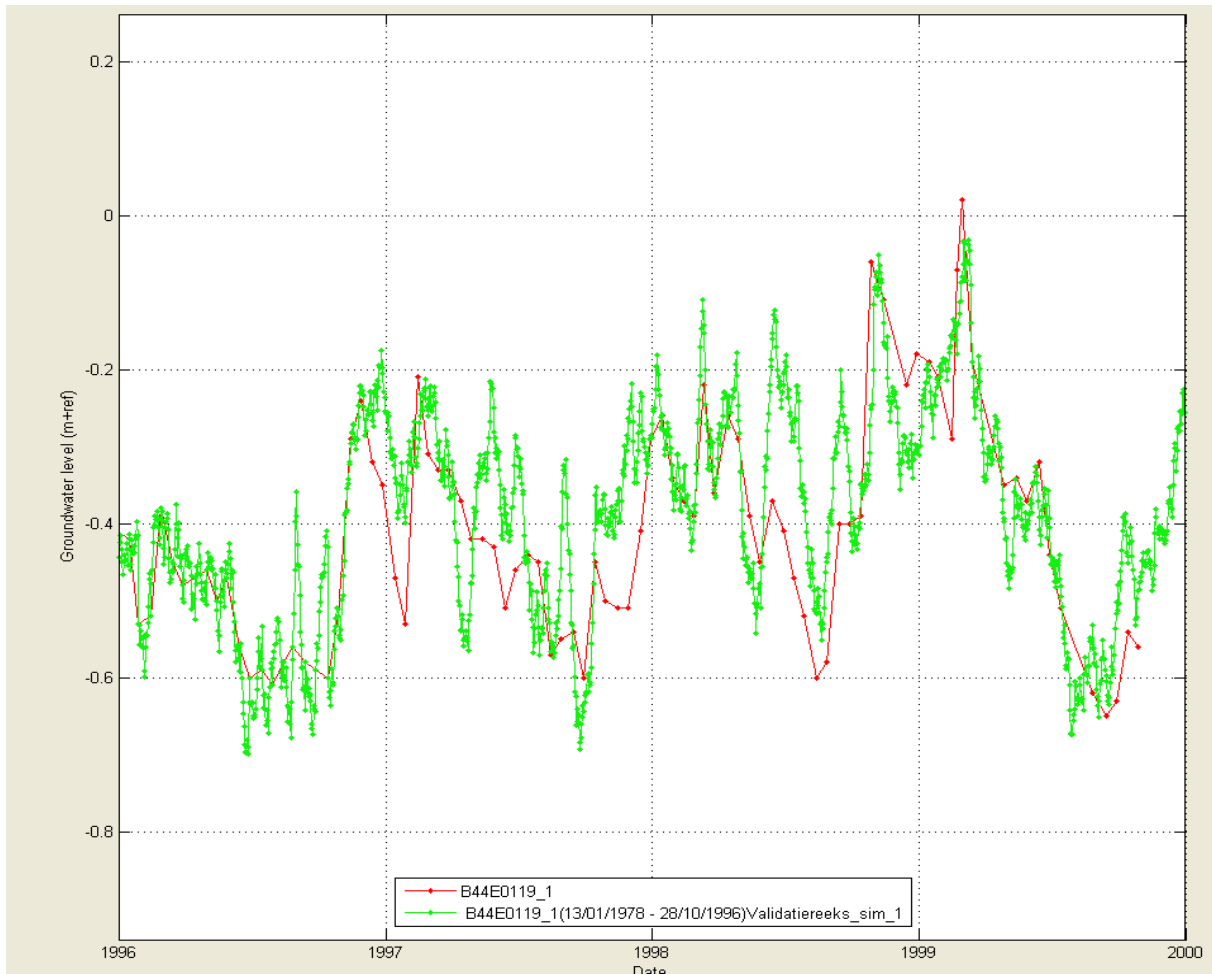


Figuur 3.3: Auto-correlatieplot

3.3 Validatie

Menyanthes heeft voor de kalibratiereeks van 13 januari 1978 tot en met 28 oktober 1999, de grondwaterstanden van peilbuis B44E0119_1 op dagbasis gesimuleerd. Verificatie heeft een wetenschappelijke beoordeling gegeven over de mate waarin het model gekalibreerd is. De vraag of het model in de praktijk ook bruikbaar is wordt via validatie beantwoord. Het tijdreeksmodel moet gevalideerd worden voor tijdreeksen die niet tijdens de kalibratie zijn gebruikt.

De periode 13 januari 1978 tot en met 28 oktober 1996 is hiervoor gekalibreerd. Voor validatie is deze kalibratie voor de periode 13 januari 1978 tot en met 28 oktober 1999 gesimuleerd. De periode 28 oktober 1996 tot en met 28 oktober 1999 van de validatie is vervolgens vergeleken met de grondwaterstandmetingen over deze periode. Het resultaat is weergegeven in onderstaande figuur 3.3.



Figuur 3.3: Resultaten validatie.

De resultaten zijn voldoende. Dat er bij sommige extremen sprake is van een verschil van 20 cm is geen aanwijzing dat het model als niet valide beoordeeld moet worden.

4 Werkwijze bepalen nieuwe kansverdeling

De grondwaterstanden die aan het begin van grote neerslagvolumes aanwezig zijn, hebben de basis gevormd voor het construeren van een nieuwe kansverdeling voor de initiële grondwaterstand ten behoeve van de stochastenmethode. Hierbij is eveneens onderscheid gemaakt tussen een zomer- en winterperiode. Deze nieuwe kansverdeling is vergeleken vergelijken met de tot nu toe gangbare kansverdeling voor de initiële grondwaterstanden, de GxG. Voordat de vergelijking gemaakt kon worden waren een aantal nodig waarvan de methodiek in de paragrafen 4.1 tot en met 4.3 besproken wordt. Paragraaf 4.3 bevat eveneens de resultaten van het onderzoek. In paragraaf 4.4 worden de onderzoeksresultaten verwerkt en er wordt het verschil tussen de nieuwe kansverdeling en de GxG-kansverdeling voor de initiële grondwaterstanden weergegeven.

4.1 Bepaling GxG-waarden voor peilbuis B44E0119_1

De GxG-waarden voor de grondwaterstandsmetingen in peilbuis B44E0119_1 zijn berekend. Een overzicht van de berekening is weergegeven in bijlage 2A: GxG-waarden. Er is gebruik gemaakt van de grondwaterstandsmetingen van januari 1992 tot en met december 2000. Hiervoor is de gebruikelijke methode voor de GxG- bepaling gevolgd en de resultaten kwamen uit op een GLG van 0,53m -NAP een GHG van 0,17m -NAP en een GG van 0,39m -NAP. Opvallend is dat het verschil tussen de GHG en GLG gering is, namelijk 36 cm. Vaak kom je in het rivierengebied verschillen tussen de 60 à 70 cm tegen. Echter grondwatertrap VI en VII maken dit geringe verschil van 36 cm niet onmogelijk. De berekende GxG-waarden zijn voor verder onderzoek gebruikt.

4.2 Selectie neerslaggegevens en grondwaterstanden

De dagsommen neerslag over de periode 1978-1999 van KNMI-meetstation Andel zijn gebruikt. Meetstation Andel ligt twee kilometer ten zuidoosten van peilbuis B44E0119_1. Deze dagsommen zijn naast de met Menyanthes gesimuleerde grondwaterstanden gelegd.

Er is gezocht naar grote neerslagextremen en gekeken naar onafhankelijke gebeurtenissen. Hiermee worden gebeurtenissen bedoeld waarvan de tijd die tussen de twee gebeurtenissen zit dusdanig lang is dat deze gebeurtenissen fysisch gezien niet direct met elkaar in verband staan. Om neerslagextremen te selecteren is de Peaks-Over-Threshold (POT) –methode gevolgd (*Bron; STOWA 2004-26 Statistiek van extreme neerslag in Nederland*). POT-waarden worden geselecteerd uit de oorspronkelijke tijdreeks door een vaste drempel aan te houden: alleen waarden die hoger zijn dan het drempelniveau worden in beschouwing genomen. Daarnaast wordt een filter toegepast om onafhankelijkheid tussen neerslaggebeurtenissen te garanderen. Als drempel is gekozen voor 9-daagse neerslagsommen van 50mm of meer. De filter die toegepast is, is dat tussen twee geselecteerde neerslagextremen tenminste een periode van 9 dagen moet liggen. Wanneer er sprake was van een opeenvolging van neerslagextremen is de hoogste uit de opeenvolgende gekozen als zijnde neerslaggebeurtenis die in de analyse wordt meegenomen. In bijlage 2D is een overzicht te zien van alle neerslaggegevens en de daarbij behorende grondwaterstanden op dagbasis. De lichtblauw gemarkeerde vakken geven de geselecteerde neerslagextremen en bijbehorende begingrondwaterstanden weer, die gebruikt zijn voor het bepalen van een nieuwe kansverdeling.

Dat de geselecteerde grondwaterstanden een dag voor de extreme neerslaggebeurtenis liggen heeft de volgende reden: Op de KNMI-stations wordt iedere dag om 08.00 UT de neerslagsom afgelezen die in de voorafgaande 24 uur is gevallen. Het gaat hier dan om de neerslag die gevallen is tussen 08.00 uur UT en de huidige dag. Om de grondwaterstand die aanwezig was voor het vallen van het grote neerslagvolume te selecteren zijn de grondwaterstanden van de dag ervoor gekozen. Deze grondwaterstandmeting vindt op enig moment tijdens de werkdag plaats.

4.3 Methodiek en resultaten nieuwe kansverdeling

Bij het bepalen van een nieuwe kansverdeling voor de initiële grondwaterstand is onderscheid gemaakt tussen zomer- en winterkansen. Hiervoor zijn alle geselecteerde waarden afhankelijk van de datum ingedeeld bij zomerwaarden en winterwaarden. De grenzen tussen zomer- en winterwaarden die hierbij zijn aangehouden zijn respectievelijk, op 1 april en 1 oktober. (Normaliter de startdata waarop zomer- en winterpeilen van het oppervlaktewater worden gehanteerd door waterschappen). De initiële grondwaterstanden voor de zomerperiode respectievelijk winterperiode zijn, in afzonderlijke werkbladen, samen met de GxG-waarden, in een grafiek uitgezet. Met behulp van deze werkbladen is bepaald bij welke GxG-waarde de initiële grondwaterstanden het dichtstbij liggen. Aan de hand hiervan is een kansverdeling van de initiële grondwaterstanden gemaakt over de drie klassen GHG, GG en GLG. Een overzicht van de werkbladen is terug te vinden in de bijlagen 2B “Bepaling Nieuwe kansverdeling zomer” en 2C “Bepaling Nieuwe kansverdeling winter”.

In de winterperiode geldt: Van de 54 winterwaarden liggen 15 begingrondwaterstanden het dichtste bij de GHG, 26 waarden het dichtste bij de GG en 13 waarden het dichtste bij de GLG.

In de zomerperiode geldt: Van de 41 zomerwaarden liggen 4 begingrondwaterstanden het dichtste bij de GHG, 19 waarden het dichtste bij de GG en 18 waarden het dichtste bij de GLG.

Op basis hiervan is voor de beginsituatie van de bodem de volgende nieuwe kansverdeling bepaald:

Methode	Kans op GHG (in %)	Kans op GLG (in %)	Kans op GG (in %)
Gebruikelijke kansverdeling GxG	12,5	12,5	75
Nieuwe kansverdeling zomer	9,8	43,9	46,3
Nieuwe kansverdeling winter	27,8	24,1	48,1

Tabel 4.1: Resultaten nieuwe kansverdeling

Bovenstaande kansen zijn toegekend aan de stochasten GHG, GG en GLG in de Stochasteur. Bij de nieuwe kansverdeling zijn de stochasten GHG, GG en GLG opgedeeld in GHG-winter en -zomer, GG-winter en -zomer en GLG-winter en -zomer.

4.4 Verwerking onderzoeksresultaten

4.4.1 Inundatieanalyse

Met de Stochasteur is per beschouwde neerslagsituatie (T=10, T=25, T=50 en T100) de hoogte van het waterpeil berekend. De hoogste waterpeilen die berekend zijn in de watergangen zijn in een GIS-omgeving vergeleken met de maaiveldhoogte van het onderzoeksgebied. Het resultaat is een kaart van de optredende inundatie bij de verschillende neerslagsituaties, T10, T25, T50 en T100 voor drie verschillende gehanteerde kansverdelingen; de GxG-kansverdeling, de nieuwe kansverdeling zomer en de nieuwe kansverdeling winter. De inundatiekaarten van de zomer en wintersituaties zijn samengevoegd tot één “nieuwe kansverdeling” inundatiekaart. De resultaten zijn weergegeven in bijlagen 3A(Inundatiekaart GxG-kansverdeling) en 3B(Inundatiekaart nieuwe kansverdeling).

4.4.2 Knelpuntenanalyse

De mogelijke knelpunten die ontstaan door inundatie van het maaiveld zijn afhankelijk van het landgebruik en de daaraan toegekende norm. Om te onderzoeken waar knelpunten ontstaan, is daarom per landgebruik gekeken welke norm van toepassing is. Hiervoor is de Landgebruik Nederland kaart van 2006 voor het gebied gebruikt (LGN6). Deze landgebruikkaart is te zien in bijlage 1B: LGN-kaart. Deze LGN-kaart is door Grontmij, in GIS op basis van de in de provinciale verordening beschreven norm per landgebruik gereclassificeerd naar een normenkaart. De normenkaart is weergegeven in bijlage 1C: Normenkaart. De normenkaart van Grontmij is gebruikt om een analyse te maken van de gebieden die inunderen in situaties die vaker voorkomen dan de norm. Wanneer deze situatie zich voordoet is er sprake van een knelpunt. De GxG-knelpuntenkaart is toegevoegd als bijlage 4A. De knelpuntenkaart behorende bij de nieuwe kansverdeling is toegevoegd als bijlage 4B.

4.4.3 Verschil GxG en nieuwe kansverdeling

De knelpuntenkaarten van de GxG-kansverdeling en de nieuwe kansverdeling zijn met elkaar vergeleken. Het aantal hectare knelpunt-oppervlak is bij de nieuwe kansverdeling groter dan bij de gebruikelijke GxG-kansverdeling. Onderstaande tabel geeft een overzicht van het verschil tussen de beide knelpuntenkaarten. Bijlage 4C geeft het verschil in knelpunten tussen de GxG- en nieuwe kansverdeling weer op een kaart.

De nieuwe kansverdeling geeft tijdens de knelpuntenanalyse 20,5 hectare meer knelpunten weer dan de knelpuntenanalyse die gebaseerd is op de gebruikelijke GxG. Het aantal hectare met norm nul is hierbij niet meegeteld omdat het hier natuurgebieden betreft.

Norm (jr.)	Aantal hectare
0 (natuur)	37
10	12
25	1
50	0,2
100	7,3
Totaal	57,5

Tabel 4.2: Verschil knelpunten in hectare

5 Conclusie en aanbeveling

In dit onderzoek is de kansverdeling bepaald van de grondwaterstanden die optreden aan het begin van perioden met veel neerslag. Deze grondwaterstanden hebben de basis gevormd voor het construeren van een kansverdeling voor de initiële grondwaterstand ten behoeve van de stochastenmethode. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen zomer- en winterperiode.

Uit de gegevens is de volgende nieuwe kansverdeling afgeleid:

Methode	Kans op GHG (in %)	Kans op GLG (in %)	Kans op GG (in %)
Gebruikelijke kansverdeling op basis van GxG	12,5	12,5	75
Nieuwe kansverdeling zomerperiode	9,8	43,9	46,3
Nieuwe kansverdeling winterperiode	27,8	24,1	48,1

Conclusies

De nieuwe kansverdeling op basis van dagelijkse grondwaterstanden die zijn bepaald met tijdreeksanalyse, verschilt van de gebruikelijke kansverdeling op basis van de GxG en er zit verschil in de nieuwe kansverdeling tussen zomer- en winterperiode.

De kans op **GG** als initiële grondwaterstand is bij de nieuwe kansverdeling kleiner dan bij de kansverdeling op basis van de GxG, zowel in de zomerperiode als in de winterperiode.

De kans op **GLG** als initiële grondwaterstand is zowel in de zomerperiode als in de winterperiode aanmerkelijk groter dan wat wordt aangenomen op basis van de GxG. . In de zomer is de kans op een GLG als initiële grondwaterstand zelfs bijna 50%.

De kans op **GHG** als initiële grondwaterstand is in de winter bijna 2 keer zo groot als wat wordt aangenomen op basis van de GxG.

Geconcludeerd wordt dat in de zomerperiode de initiële grondwaterstand aan het begin van perioden met veel neerslag lager is dan wat doorgaans wordt aangenomen op basis van de GxG.

In de winterperiode is zowel de kans op een droge beginsituatie als de kans op een natte beginsituatie groter dan wat wordt aangenomen op basis van de GxG. Vooral de grotere kans op een natte beginsituatie blijkt effect te hebben bij het bepalen van de grootte van de wateropgave: de wateropgave wordt iets groter dan wanneer wordt uitgegaan van de kansverdeling op basis van de GxG.

Deze uitkomst is gedeeltelijk het tegenovergestelde van de verwachting die gekoesterd werd aan het begin van dit onderzoek, namelijk:

Wanneer je de bepaling van de kansverdeling van de GxG overneemt voor de kansverdeling van de initiële grondwaterstand, dan is de verwachting dat de kans op een natte initiële grondwaterstand overschat wordt en de kans dat een droge initiële grondwatersituatie onderschat wordt aanwezig.

De kans op een droge initiële grondwatersituatie wordt inderdaad onderschat, vooral in de zomer. Maar tegelijkertijd blijkt dat de kans op een natte initiële grondwatersituatie in de winterperiode ook onderschat wordt. De grotere kans op een natte initiële grondwatersituatie in de winterperiode leidt ertoe dat de kans op hoge waterstanden in het oppervlaktewater iets toeneemt, met als gevolg dat ook de wateropgave iets toeneemt.

De nieuwe kansverdeling is gebaseerd op grondwaterstandmetingen in één enkele peilbuis, namelijk peilbuis B44E0119_1. Om algemeen geldende conclusies te kunnen trekken, zullen met de nu ontwikkelde methode de grondwaterstandsmetingen van meerdere peilbuizen geanalyseerd moeten worden.

De geconstateerde grotere kans op een droge initiële grondwatersituatie in de zomerperiode houdt in dat het risico op wateroverlast in de zomerperiode kleiner is dan wanneer van de kansen op basis van de GxG wordt uitgegaan. Dit is gunstig, omdat de zomerperiode het groeiseizoen van de gewassen op het land is. Bij wateroverlast (inundatie) in de zomerperiode zal er sprake zijn van meer gewasschade dan bij wateroverlast in de winterperiode.

Aanbevelingen

Om bovenstaande gedachtesgangen te kunnen verbinden aan conclusies zal er verder onderzoek verricht moeten worden om een algemener beeld te verkrijgen. De onderstaande aanbevelingen worden voorgesteld:

- Het onderzoek zal bij meerdere peilbuizen moeten plaatsvinden.
- De peilbuizen die onderzocht gaan worden moeten op uiteenlopende locaties staan, hierbij valt te denken aan onder andere verschillende grondsoorten en hoogteligging t.o.v. NAP.

Bijlage 1 AHN-, LGN- en normenkaart

- Bijlage 1A AHN
- Bijlage 1B LGN-kaart
- Bijlage 1C Normenkaart

Bijlage 2 Werkbladen

- Bijlage 2A: Bepaling GHG, GLG en GG
- Bijlage 2B: Bepaling nieuwe kansverdeling zomer
- Bijlage 2C: Bepaling nieuwe kansverdeling winter
- Bijlage 2D: Neerslaggegevens en grondwaterstanden op dagbasis

Bijlage 3 Inundatiekaarten

- Bijlage 3A: GxG kansverdeling
- Bijlage 3B: Nieuwe kansverdeling

Bijlage 4 Knelpuntenkaarten per norm/jr

- Bijlage 4A: Knelpunten GxG kansverdeling
- Bijlage 4B: Knelpunten nieuwe kansverdeling
- Bijlage 4C: Verschil in knelpunten GxG en nieuwe kansverdeling

Geraadpleegde bronnen

- ~ Het Nationaal Bestuursakkoord Water, NBW-actueel2008
- ~ STOWA, 2011-31, Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor regionale wateroverlast, ISBN 978.90.5773.534.9
- ~ STOWA, 2004, Statistiek van extreme neerslag in Nederland, ISBN 90.5773.261.0, rapport 26
- ~ KWR – Alterra 2009 , Menyanthes, tijdreeksanalyse voor (eco)hydrologen
- ~ Grontmij Nederland B.V., 2012, Watersysteemtoets Alm en Biesbosch, referentienummer GM-0066973
- ~ <http://www.dinoloket.nl/nl/DINOLoket.html>
- ~ <http://www.dinoloket.nl/dinoLks/map/map.jsp?setLayerId=M07M0046>