

WERKBOEK

Hoogwater toetsing



Inhoud

31. Inleiding	2
31.1 Welkom	2
31.2 Het Nationaal Bestuursakkoord Water	2
31.3 De inundatienormen uit het NBW	2
31.4 Leerdoelen en cursusstructuur	2
32. Introductie kansverdelingen	4
32.1 Inleiding	4
32.2 De uniforme kansverdeling	4
32.3 Complexere kansverdelingen	5
32.4 De Normale Verdeling	6
33. Introductie Tijdreeksmethode	9
33.1 Inleiding	9
33.2 Opstellen van een overschrijdingsgrafiek	9
33.3 Fitten van de Gumbel-kansverdeling	11
34. Introductie Stochastenmethode	13
34.1 Inleiding	13
34.2 Wat zijn stochasten?	13
34.3 Het studiegebied	14
34.4 De Nieuwe Stochastentool	15
35. Analyse van extreme waarden	19
35.1 Inleiding	19
35.2 Stochastenganalyse	19

31. Inleiding

31.1 Welkom

In deze onderwijsmodule maak je actief kennis met het analyseren van extreme waarden in het waterbeheer. Zulke analyses voeren we uit om bijvoorbeeld de kans op een inundatie (overstroming) te kunnen bepalen. In Nederland moeten alle watersystemen van waterschappen eens in de 5 jaar getoetst worden aan de inundatienormen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW).

31.2 Het Nationaal Bestuursakkoord Water

In februari 2001 sloten Rijk, Interprovinciaal Overleg, Unie van Waterschappen en Vereniging van Nederlandse Gemeenten de Startovereenkomst Waterbeleid 21e eeuw. Twee jaar later werden de resultaten van die samenwerking en van voortschrijdende kennis en inzicht vastgelegd in het Nationaal Bestuursakkoord Water. Het NBW heeft tot doel om vanaf 2015 het watersysteem op orde te hebben en houden, anticiperend op veranderende omstandigheden, zoals onder andere de verwachte klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en toename van verhard oppervlak.

Na een uitgebreide evaluatie in 2006 hebben de contractpartijen in juni 2008 een geactualiseerde versie van het akkoord (NBW-Actueel) ondertekend.

31.3 De inundatienormen uit het NBW

Het NBW bevat afspraken rondom veiligheid en wateroverlast (te veel) en procesafspraken rond watertekorten, verdroging, verzilting (te weinig), water(bodem)kwaliteit, sanering waterbodems (te vies) en ecologie (ecologisch te arm water).

Specifiek voor wateroverlast die optreedt wanneer regionale watergangen buiten hun oevers treden zijn landelijke uniforme werknormen opgesteld. Hieraan moeten alle waterschappen zich houden:

TABEL 1 INUNDATIENORMEN UIT HET NBW

Normklasse gerelateerd aan grondgebruiktype	Maaiveldcriterium [%]*	Basis werk criterium [j]
Grasland	5 procent	1/10
Akkerbouw	1 procent	1/25
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1 procent	1/50
Glastuinbouw	1 procent	1/50
Bebouwd gebied	0 procent	1/100

31.4 Leerdoelen en cursusstructuur

In deze onderwijsmodule zul je de twee meestgebruikte methodes leren toepassen: de tijdreeksmethode en de stochastenmethode. Beide methodes stellen je in staat om waterstanden en afvoeren te berekenen die een bepaalde kans op overschrijding hebben.

Je leert statistiek en kansrekening toe te passen op neerslagvolumes, afvoeren en waterstanden en je vergroot je modelleervaardigheden. Beide zijn nuttig in de dagelijkse praktijk. Na deze cursus kun je voor ieder opdrachtgebied een goed onderbouwde keuze maken tussen de twee methoden en bijdragen aan een professionele hoogwatertoetsing.

De leerdoelen zijn:

- de basisprincipes achter zowel de tijdreeksmethode als de stochastenmethode begrijpen en beide zelfstandig kunnen toepassen; zowel handmatig in Excel als geautomatiseerd met behulp van externe software
- een toetsing aan de inundatienormen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water uitvoeren op basis van de uitkomsten van een tijdreeks- of stochastenanalyse.

De structuur van deze cursus is als volgt:

TABEL 1 DE CURSUSSTRUCTUUR

Lesdag	Blok	Onderwerp
1	Lesblok 1	Inleiding hoogwatertoetsing en analyse van extreme waarden
1	Lesblok 2	Opfrissen principes statistiek en kansrekening: normale verdeling, afleiden van overschrijdingskansen en herhalingstijden
1	Lesblok 3	Introductie stochastenmethode en bijbehorende tools
1	Lesblok 4	Oefening stochastenmethode
Zelfwerkdag(en)		Zelf draaien simulaties SOBEK-model Smilde en nabewerken van de resultaten met de stochastentool. Dan nabewerken resultaten met NBW-toetsingstool.
2	Lesblok 1	Nabespreken en aftekenen stochastenmethode
2	Lesblok 2	Introductie tijdreeksmethode
2	Lesblok 3	Oefening tijdreeksmethode: afleiden overschrijdingskans neerslagvolumes
Zelfwerkdag(en)		Zelf draaien en nabewerken tijdreeksmethode en schrijven rapport
3	Lesblok 1	Nabespreken en aftekenen stochastenmethode
3	Lesblok 2	Vergelijken tijdreeks- en stochastenmethode op resultaten, robuustheid, (on)zekerheid etc.
3	Lesblok 3	Conclusie en aanwijzen verbeterpunten voor beide methoden.

32. Introductie kansverdelingen

32.1 Inleiding

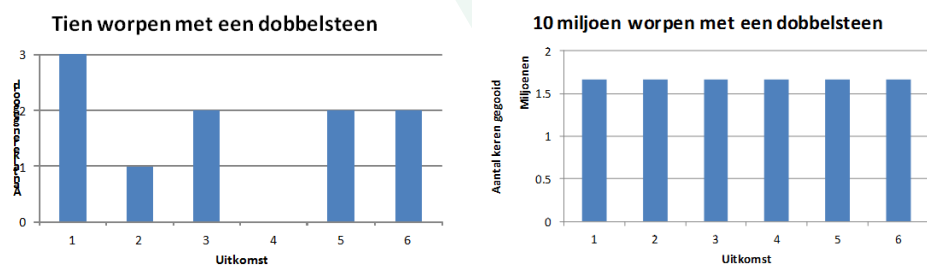
Statistiek is een populaire manier om de kans op gebeurtenissen te berekenen. Het helpt om een verwachting voor de toekomst te kunnen uitspreken. Zo schatten we de kans dat we dit jaar een Elfstedentocht krijgen ongeveer op $1/7$. Dit nemen we aan omdat er sinds 1909 vijftien tochten zijn verreden en $105 \text{ jaar} / 15 \text{ zeven}$ bedraagt.

Voor een hydroloog is het bijvoorbeeld nuttig om te weten dat een bui van meer dan 33 mm binnen 24 uur gemiddeld een keer per jaar valt. Op basis van dat soort kennis kan hij of zij het watersysteem ontwerpen.

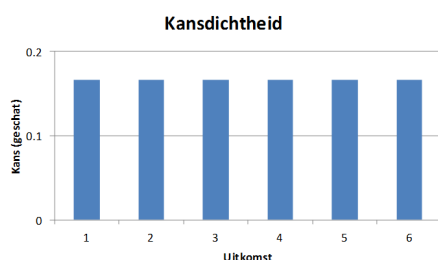
In dit hoofdstuk frissen we daarom je kennis van kansberekening op. Je zult leren aan welke kansverdelingen neerslagvolumes, waterhoogtes en afvoeren voldoen en je om uit zulke kansverdelingen de overschrijdingskans en herhalingstijd van een gebeurtenis af te leiden.

32.2 De uniforme kansverdeling

Als je een dobbelsteen gooit, dan zijn er zes mogelijke uitkomsten. Na de eerste paar worpen zal de ene uitkomst wat vaker zijn voorkomen dan een andere. Maar naarmate je vaker werpt, zul je vanzelf zien dat iedere uitkomst uiteindelijk ongeveer even vaak gegooid wordt.



FIGUUR 45 Links het resultaat van tien worpen met één dobbelsteen en rechts dat van tien miljoen worpen.



FIGUUR 46 De theoretische kansdichtheid voor de uitkomst van het werpen van één dobbelsteen.

Omdat alle mogelijke uitkomsten dezelfde kans hebben, noemen we dit een uniforme kansverdeling.



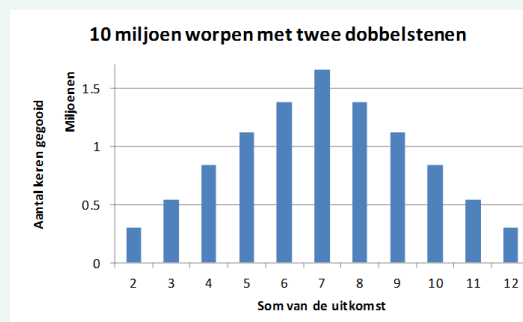
VRAAG 2.2.1

- Wat is per definitie de som van alle kansen uit de kansdichtheidsfunctie?

- Hoe groot is de kans dat je met één worp 4 gooit?

32.3 Complexere kansverdelingen

Nu stappen we over op het werpen met twee dobbelstenen. De uitkomst van beide dobbelstenen tellen we na elke worp bij elkaar op. Als we ook hiermee tien miljoen simulaties draaien, zien we dat hier geen uniforme kansverdeling ontstaat, maar een piramidevormige.



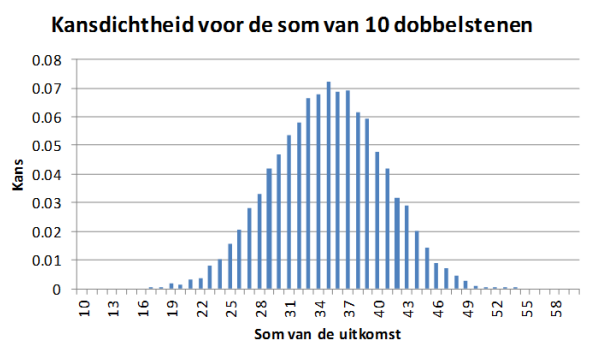
FIGUUR 47 De kansdichtheidsfunctie van de som van een worp met twee dobbelstenen is piramidevormig.



VRAAG 2.2.2

- Verklaar waarom de kansdichtheidsfunctie van de som van het resultaat van twee dobbelstenen niet uniform is, maar piramidevormig.

Voegen we nog meer dobbelstenen toe aan het experiment, dan zien we dat de kansdichtheidsgrafiek een heel specifieke vorm gaat aannemen: klokvormig.



FIGUUR 48 Benadering van de kansdichtheidsfunctie voor het resultaat van 10 miljoen simulaties met telkens 10 dobbelstenen tegelijk.

32.4 De Normale Verdeling

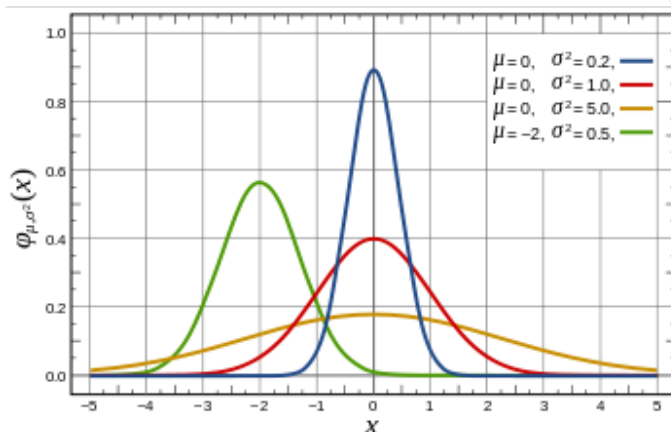
In de vorige paragraaf zagen we dat de kansdichtheidsfunctie voor de som van de uitkomst van tien dobbelstenen bij een groot aantal simulaties een soort klokvorm begint aan te nemen. Hoe meer dobbelstenen je toevoegt en hoe meer simulaties je draait, des te gladder zal het verloop van de klokvorm worden.

Deze klokvorm staat ook wel bekend als de normale verdeling of Gausscurve, naar de Duitse wiskundige Carl Friedrich Gauss. De normale verdeling is een kansdichtheidsfunctie waarmee we de verdeling van waarden van ontelbaar veel grootheden in de fysieke wereld om ons heen kunnen beschrijven. Hier volgen een paar voorbeelden die op Wikipedia genoemd worden:

- de maximumtemperatuur op 5 augustus in De Bilt
- de afwijking van klokken van één bepaald merk in seconden per dag
- het IQ van een grote groep proefpersonen van dezelfde leeftijd.

De bovenstaande grootheden zijn dus verdeeld volgens de normale verdeling. Het elegante aan de normale verdeling is dat die kan worden vastgelegd met slechts twee parameters: de verwachtingswaarde μ en de standaardafwijking σ .

FIGUUR 49 Vier voorbeelden van de normale verdeling, elk met een andere μ en σ .



De verwachtingswaarde μ mag je in dit geval ook de mediaan noemen. Als μ

verandert, schuift de grafiek in zijn geheel dus naar links of rechts.

De standaardafwijking σ is een maat voor de spreiding van de grafiek. Hoe groter σ , hoe platter en wijder de grafiek. Als vuistregel kun je aanhouden dat 68% van de totale kansdichtheid onder de grafiek binnen een afstand van éénmaal de standaardafwijking vanaf het midden ligt, en dat 95% binnen tweemaal de standaardafwijking vanaf het midden.

De kansdichtheidsfunctie voor de normale verdeling luidt:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

En zoals voor elke kansdichtheid geldt, is de integraal over het gehele definitiegebied (dus het oppervlakte onder de kansdichtheidsfunctie) precies gelijk aan 1:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx = 1$$

Anders gezegd: de som van de kansen van alle mogelijke waarden die x kan aannemen bedraagt altijd 1.

Opdracht 1.

- Download van de website www.knmi.nl de meerjarige etmaalgegevens voor station De Bilt. Deze kun je vinden onder "Kenniss- en datacentrum" en dan "KNMI Klimaatdata NL".
- Benader in Excel de kansdichtheidsfunctie van de maximumtemperatuur uit ieder jaar tussen door hiervan een staafdiagram te maken zoals in de vorige figuur. Merk op dat je eerst een soort klassenindeling moet maken om dit mogelijk te maken. Gebruik een klassengrootte van een halve graad celcius.

Tip: gebruik de Excelfunctie `Aantal.Als(Bereik, Criterium)` (Engels: `CountIf`) om het aantal meetwaarden binnen elke klasse te achterhalen. Voorbeeld: `Aantal.Als("A1:A200", ">=" & A1)`. Vergeet niet dat het totaaloppervlak onder de uiteindelijke kansdichtheidsfunctie 1 moet zijn. Als dit niet zo is, heb je ergens een fout gemaakt.

Vraag 1.

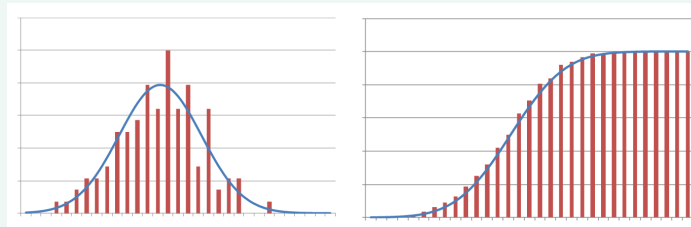
- Neem even aan dat het gemeten gemiddelde van de waarden ook de verwachtingswaarde is. Gebruik in Excel de functie `Gemiddelde` (Engels: `Average`) om de verwachtingswaarde te schatten. Gebruik de functie `StdDev` om Excel de standaardafwijking te laten schatten. Schrijf de antwoorden hieronder.

$\mu \approx$

$\sigma \approx$

Opdracht 2.

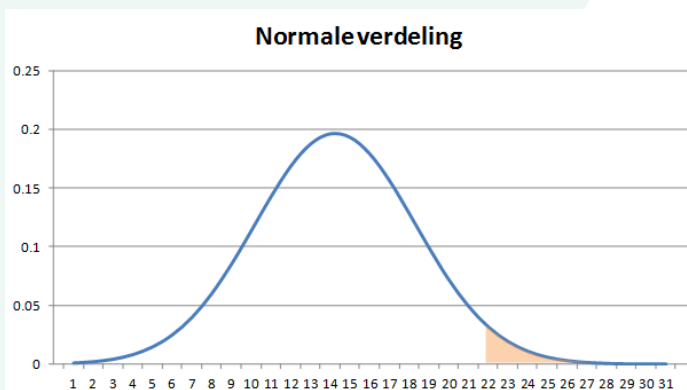
- Voeg een lijngrafiek van de gevonden normale verdeling toe aan het staafdiagram met meetgegevens en maak ook een cumulatieve variant. Dit kun je doen door de normale verdeling op te bouwen met de Excel-functie Norm.Verd(X , μ , σ , Cumulatief). Voor de cumulatieve grafiek moet de optie Cumulatief op WAAR (TRUE) staan. Ze komen er ongeveer zo uit te zien:



Maar dan mét waarden langs de assen.

De normale verdeling lijkt dus nog niet zo'n gekke benadering te zijn voor de manier waarop de jaarlijkse temperatuurmaxima in De Bilt verdeeld zijn.

Uit de kansdichtheidsfunctie kun je niet alleen de kans berekenen dat een bepaalde gebeurtenis optreedt, maar ook de kans dat een bepaalde gebeurtenis wordt overschreden. De kans dat de maximumtemperatuur in De Bilt in een willekeurig jaar de 21,5 graden overschrijdt is gelijk aan het oppervlak onder de kansdichtheidsfunctie, rechts van $T = 21,5$.



FIGUUR 50 De overschrijdingskans van waarde x is het oppervlak onder de kansdichtheidsgrafiek rechts van x .

Dit oppervlak kun je uitrekenen met de integraal van de kansverdelingsfunctie. Excel heeft die integraal, de cumulatieve kansverdeling, in de functie Excel-functie Norm.Verd. ondergebracht. Je moet dan de optie "cumulatief" in die functie op TRUE (WAAR) zetten.

Vraag 2.

- Hoe groot is de kans dat de maximum temperatuur van een willekeurig hoger is dan 23 °C?

$$P(T > 23 \text{ °C}) =$$

33. Introductie Tijdreeksmethode

33.1 Inleiding

In het waterbeheer hebben we zelden te maken met de normale verdeling. Extreme waterhoogtes en afvoeren zijn doorgaans namelijk niet verdeeld volgens de Normale Verdeling, maar volgens een van de drie Gegeneraliseerde Extreme Waarden-verdelingen (GEV). De meest voorkomende daarvan is die van Gumbel.

De GEV-kansverdelingen kenmerken zich doordat ze aan de rechterkant een wat zwaardere 'staart' hebben dan de Normale verdeling. Dit betekent dat extreem hoge waterhoogtes en afvoeren relatief vaker voorkomen dan volgens de Normale Verdeling zou gelden.

Het soort gegevens dat aan de Gumbel-kansverdeling voldoet, betreft altijd maxima uit een reeks met een vast interval van onderling onafhankelijke waarden. De jaarlijks maximale afvoer van de Rijn bijvoorbeeld, is verdeeld volgens Gumbel. Voor de maandelijkse afvoer gaat dit dus niet op, want de afvoer tussen maanden onderling zijn niet onafhankelijk.

Voor maandelijkse maxima gaat de Gumbel-verdeling dus niet op. De rivierafvoeren tussen verschillende maanden zijn immers niet onafhankelijk van elkaar. De afvoeren in juni en juli zullen sterk aan elkaar gerelateerd zijn en datzelfde geldt voor de afvoeren in december en januari.

Opdracht 3. Maak een histogram van de neerslag van De Bilt

- Download de toetsingsreeks voor De Bilt van de website www.meteobase.nl, van 1906 t/m 2013. Deze kun je vinden onder "toetsingsdata" - "tijdreeksen".
 - Classificeer de jaarlijks maximale uurneerslagsom en maak er een histogram van.
 - Wat valt je op aan de vorm van het histogram? Is deze grootte verdeeld volgens de Normale Verdeling?
-

33.2 Een overschrijdingsgrafiek opstellen

Nu gaan we een overschrijdingsgrafiek (in dit geval een regenduurlijn) opstellen op basis van de gemeten jaarmaxima. Om de Gumbel-kansverdeling überhaupt ergens aan te kunnen fitten, moeten we eerst een goede schatting hebben van de herhalingstijd van ieder gevonden neerslagvolume. Die eerste schatting noemen we de plotting position.

Het idee achter de plotting position is eigenlijk heel eenvoudig: gevoelsmatig zou je zelf al een kans van 1/100 toekennen aan de hoogste gebeurtenis uit een reeks van 100 jaar. Aan de op een na hoogste gebeurtenis zou je een kans van $2/100 = 1/50$ toekennen, aan de op twee na hoogste gebeurtenis een kans van $3/100 = 1/33$ etc. etc.

In de literatuur zijn veel verschillende methodes te vinden om de plotting position

te bepalen. Onze eigen intuïtieve methode loopt spaak bij het kleinste maximum. Die krijgt onterecht een overschrijdingskans van 1 toegekend, terwijl het wel degelijk mogelijk is dat er op een dag een nog lager jaarmaximum gaat optreden. Onder andere daarom werken wij met een veelgebruikte formule uit de literatuur: $P = (i - 0.3) / (n + 0.4)$. Hierbij is i het rangnummer van het jaarmaximum en n het aantal waarnemingen. De hoogste waarde heeft rangnummer 1.

Opdracht 4. Bepaal de plotting position

- Bereken voor elk van de jaarlijkse neerslagmaxima van De Bilt de plotting position p .

Nu we de plotting position hebben, is de volgende stap om die te vertalen naar de bijbehorende herhalingstijd. Intuïtief zou je hier zeggen: herhalingstijd $T = 1/p$.

Voor zeldzame gebeurtenissen gaat dit inderdaad prima, maar deze methode werkt niet bij hoogfrequentere gebeurtenissen. De jaarmaxima gaan namelijk voorbij aan het feit dat er in één jaar meerdere pieken kunnen voorkomen. Sommige van de secundaire pieken in andere jaren zouden wel eens hoger geweest kunnen zijn dan het jaarmaximum waar je op dat moment naar kijkt. In dat geval onderschat je de overschrijdingsfrequentie van zo'n piek. De vertaling van de plotting position naar herhalingstijd wordt in de literatuur daarom gegeven door de zgn. Langbein-transformatie:

$$T = 1/F \text{ en} \\ F = -\text{LN}(1-p)$$

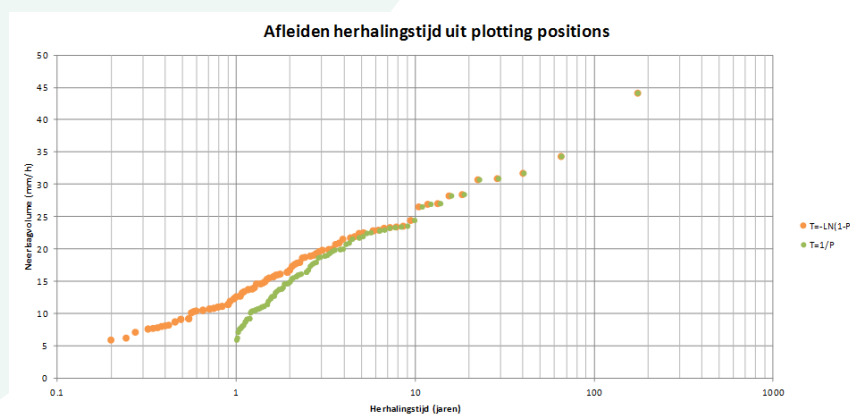
Waarbij:

T = herhalingstijd (jaren)

F = overschrijdingsfrequentie (aantal gebeurtenissen per jaar)

P = de geschatte overschrijdingskans (plotting position)

FIGUUR 51 De herhalingstijden afleiden uit de plotting position; met en zonder Langbein-transformatie.



Opdracht 5. De jaarmaxima plotten

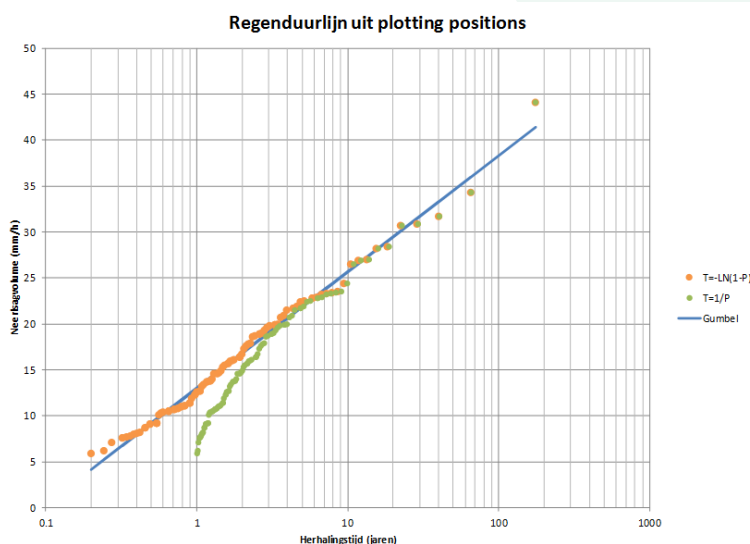
- Bereken met de formule $F = -\ln(1-p)$ de geschatte overschrijdingsfrequentie van elk jaarmaximum
 - Bereken de herhalingstijd $T=1/F$.
 - Plot de waarden in een grafiek met op de horizontale as de herhalingstijd (logaritmisch!) en op de verticale het neerslagvolume.
-

33.3 Fitten van de Gumbel-kansverdeling

Op basis van de gemeten jaarlijkse neerslagmaxima hebben we nu een plotting position bepaald, die doorvertaald naar een geschatte herhalingstijd en het resultaat in een grafiek geplot. De volgende stap is om de Gumbel kansverdeling te fitten aan deze waarden!

Opdracht 6. Fit de Gumbel-kansverdeling aan je jaarmaxima

- Maak een eerste schatting voor de parameters μ en σ van de Gumbel-kansverdeling. Bedenk dat de kansverdeling een zekere overeenkomst vertoont met de Normale Verdeling. μ staat voor de verwachtingswaarde en σ voor de spreiding van de gegevens.
 - Bereken met je geschatte parameters de bijbehorende neerslagvolumes en voeg die als lijn toe aan je grafiek.
 - Probeer de parameters μ en σ te optimaliseren totdat je Gumbel-fit de geschatte volumes zo dicht mogelijk benadert. Het neerslagvolume gegeven de kans bereken je met: $V = \mu - \sigma * \ln(-\ln(1-p))$
-



FIGUUR 52 Een regenduurlijn, geeft aan de gemeten jaarmaxima.

Vraag 3. Bij welke waarden van μ en σ kreeg je de beste fit?

34. Introductie Stochastenmethode

34.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk heb je de basis van kansverdelingen onder de knie gekregen. In dit hoofdstuk gaan we die kennis toepassen om extreme waterstanden en de kans daarop in een gebied rond Smilde (Drenthe) te berekenen. We doen dit volgens de zogeheten Stochastenmethode.

In de Stochastenmethode maken we een grote hoeveelheid kunstmatige hydrologische gebeurtenissen aan waarvan de kans op vóórkomen vooraf bekend is. In een simulatiemodel simuleren we vervolgens al die gebeurtenissen. De maximum waterstanden die eruit voortkomen plotten we in oplopende volgorde in een zogeheten overschrijdingsgrafiek. In die grafiek kunnen we dan heel eenvoudig de overschrijdingwaterstanden opzoeken die horen bij een herhalingsjijd.

34.2 Wat zijn stochasten?

In het vorige hoofdstuk heb je gewerkt met de maximumtemperatuur in een willekeurig jaar in De Bilt. Dit is een grootheid waarvan alle mogelijke waarden volgens een bepaalde kansverdeling verdeeld zijn. Zo'n kansvariabele noemen we een stochast.

Een stochast is een ander woord voor kansvariabele. Het is een grootheid waarvan de waarden die hij kan aannemen verdeeld zijn volgens een bepaalde kansverdeling.

Zo zou je ook de jaarlijkse maximale waterstand op de Rijn een stochast kunnen noemen, of het jaarlijkse neerslagvolume in De Bilt. Als we in het waterbeheer een analyse van extreme waarden willen uitvoeren, kunnen we gebruikmaken van de kansverdelingen die passen bij bepaalde grootheden.

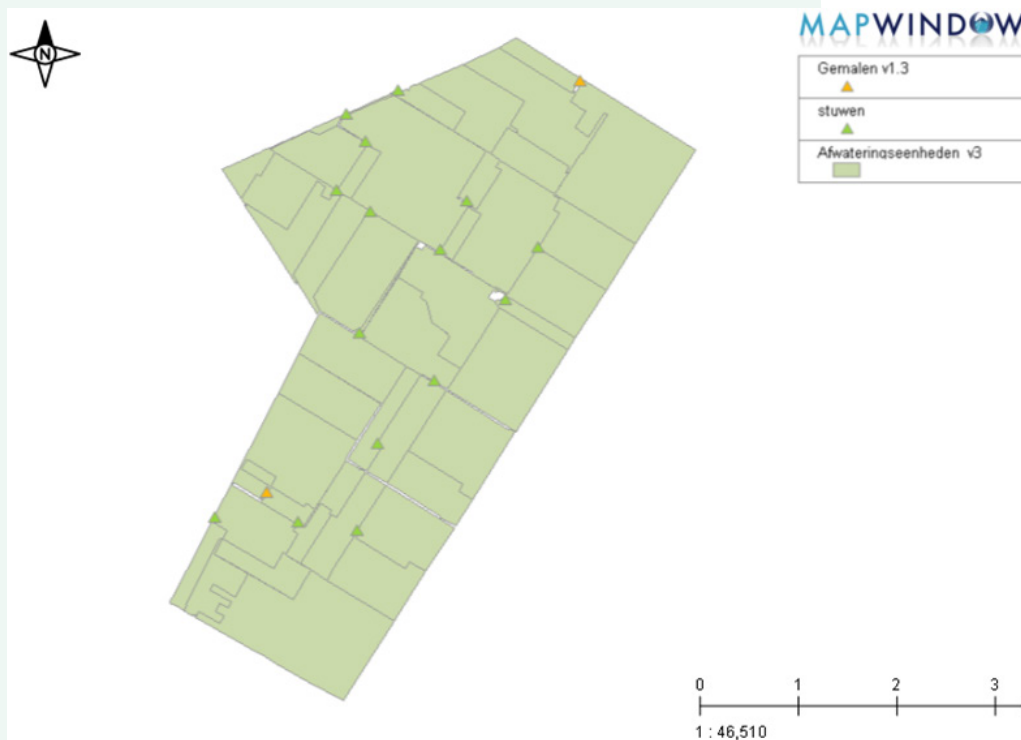
De volgende stochasten gebruiken we vaak:

- Neerslagvolume
- Neerslagpatroon
- Voorgeschiedenis (nat, gemiddeld, droog)
- Verhogingen van de benedenstroomse randvoorwaarde

Alle mogelijke waarden voor deze stochasten kunnen we combineren en de combinaties kunnen we doorrekenen om de bijbehorende waterstand af te leiden. Zo kunnen we een berekening maken met een neerslagvolume van 33 mm in 24 uur, een neerslagpatroon van het type "Hoog", een natte voorgeschiedenis en een normale waterstand aan de benedenrand.

Door nu een grote hoeveelheid van dit soort combinaties door te rekenen, ontstaat een grafiek met waterstanden waaruit we bijbehorende kansen kunnen afleiden!

34.3 Het studiegebied



FIGUUR 53 De afwaterende eenheden en regelkunstwerken in het studiegebied.

Het gebied wordt bemalen via gemaal De Slokkert, die het waterbezwaar aan de noordkant op de Kolonievahrt loost. Binnen het gebied ligt nog een onderbemaling die wordt bemalen door gemaal Ravensmeer.

Opdracht 7. Beschrijf het gebied

- In de bijgevoegde bestanden vindt je GIS-kaarten van het gebied. Schrijf een hoofdstuk "Gebiedsbeschrijving" in je rapport, waarin je de karakteristieken van het gebied beschrijft. Richt je daarbij vooral op dingen die relevant zijn voor de waterhuishouding:
 - de werking van het watersysteem
 - de grootte van het gebied
 - hoe het gebied in verbinding staat met zijn omgeving
 - de bodemsoort
 - het landgebruik.
- Maak ook een kaartje van de drooglegging, d.w.z. het verschil tussen maaiveld en de streefwaterstand. Zo krijg je al een idee van welke plekken waarschijnlijk als eerste zullen inunderen bij hevige neerslag. De volgende GIS-bestanden staan tot je beschikking:

Afwateringseenheden_v3.shp	De afwaterende eenheden
Hoogtegrid v1.1.img	het actueel hoogtebestand van Nederland
Bodemkaart_NZV_Codes.shp	De bodemkaart van Nederland
Watergangen_all_v1.0.shp	Alle watergangen in het gebied
Lgn5.shp	De landgebruikskaart van Nederland

- Vul de kennis uit GIS aan met informatie die je op het internet kunt vinden.

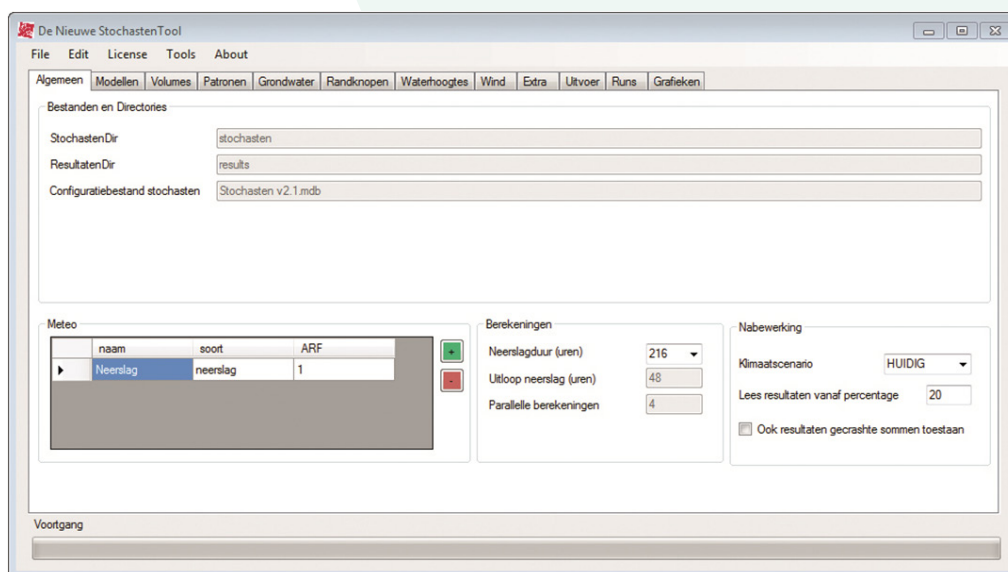
Normaalgesproken zou je bij een hoogwaterstudie eerst voor de taak staan om een simulatiemodel te maken. Deze stap hoort echter niet bij de leerdoelen van deze module en slaan we daarom over. Je krijgt de beschikking over een werkende en gekalibreerde modelschematisatie van het studiegebied in SOBEK versie 2.12.003.

Opdracht 8.

- **Bekijk de modelschematisatie die meegeleverd is met deze opdracht. Merk op dat iedere afwateringseenheid zijn eigen takje heeft gekregen.**

34.4 De Nieuwe Stochastentool

Zoals we in de inleiding al stelden, houdt de Stochastenmethode in dat we vele honderden simulaties met verschillende hydrologische randvoorwaarden moeten draaien. Gelukkig hoeven we niet al die combinaties met de hand te draaien. Dat kan dat met een speciaal computerprogramma. Dit programma heet De Nieuwe Stochastentool (Hydroconsult). In dit programma kun je kiezen welke waarden voor elk van de stochasten je met elkaar wilt combineren en doorrekenen. Het programma berekent na afloop automatisch de overschrijdingsgrafiek.



FIGUUR 54 Het startscherm van De Nieuwe Stochastentool.

Om even te oefenen met De Nieuwe Stochastentool gaan we een klein aantal neerslagvolumes en -patronen selecteren en doorrekenen met één SOBEK-case. We maken dus geen combinaties met verschillende grondwaterstanden. Ook gaan we geen onderscheid naar verschillende buitenwaterstanden.

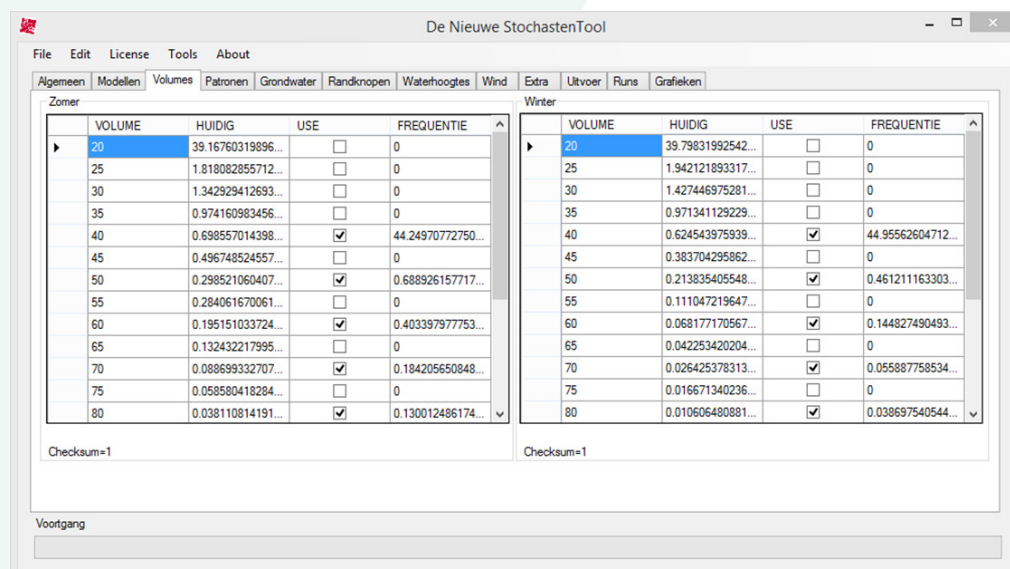
Opdracht 9.

- Plaats het project NBW_CUR.LIT in je map met SOBEK-projecten en zorg dat de meteorologische bestanden op de juiste plaats staan.
- Open het project en bekijk het. Controleer of de modelschematisatie draait.
- Open met een tekst editor (liefst Notepad++) het meegeleverde bestand SMILDE_kans.XML en:
 1. controleer of alle padverwijzingen goed staan.
 2. Controleer of naar de juiste Sobekproject en -case wordt verwezen
 3. zorg voor een tijdelijke werkdirectory (tempworkdir) op dezelfde schijf als je waar het model staat en verwijst daarnaar (item tempworkdir)
- Start nu De Nieuwe Stochastentool en open daarin het XML-bestand.

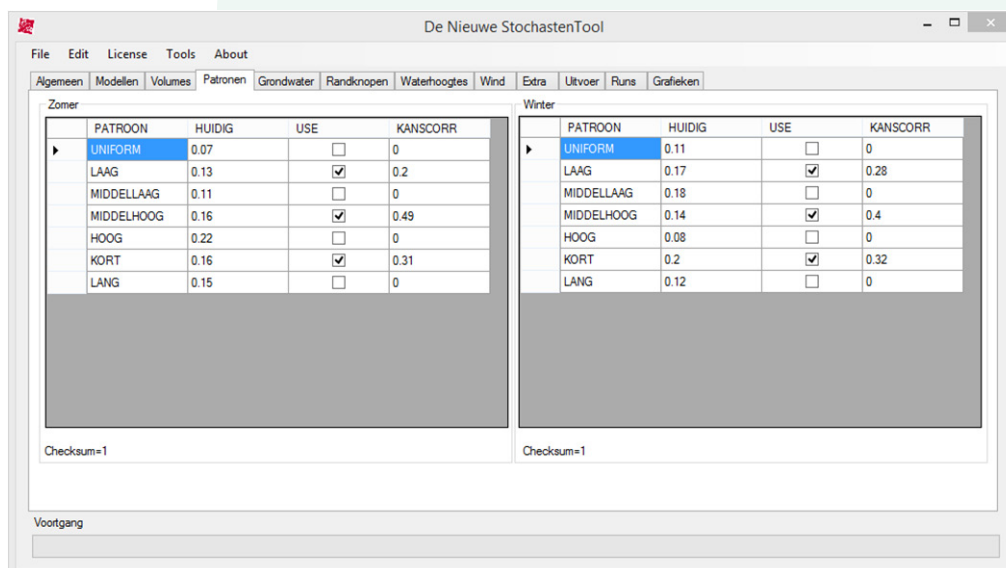
Het XML-bestand verwijst naar drie belangrijke zaken:

- een database met alle kansverdelingen van neerslagvolumes, neerslagpatronen etc.
- de SOBEK-case die we willen doorrekenen
- de locaties in het Sobek-model waarvoor we een overschrijdingsgrafiek willen creëren

We draaien vooralsnog alleen neerslagpatronen van het type Laag, MiddelHoog en Kort en met een duur van 96 uur. Van de neerslagvolumes draaien we alleen de volumes 40, 50, 60, 70 en 80 mm. Geen initieel grondwater, geen buitenwaterstanden en geen extra stochast.



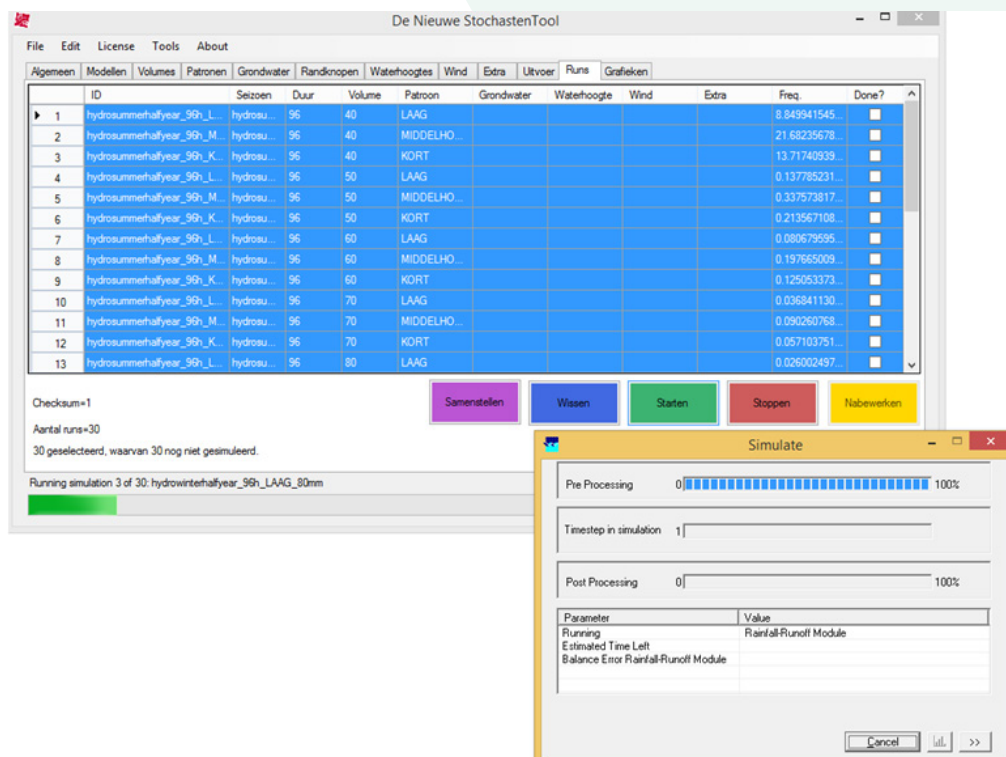
FIGUUR 55 *Instellingen voor de stochast neerslagvolume.*



FIGUUR 56 Instellingen voor de stochast neerslagpatroon.

Opdracht 10. Voer de simulaties uit

- Stel de stochasten in op de manier zoals hierboven getoond. Zorg dat alle stochasten onder Grondwater, Waterhoogtes en Extra uitgevinkt zijn.
- Ga naar het tabblad "Run" en druk op <Samenstellen>. De Nieuwe Stochastentool zal nu een lijst opstellen van alle simulaties die hij moet uitvoeren.
- Selecteer alle rijen en druk op <Starten>.



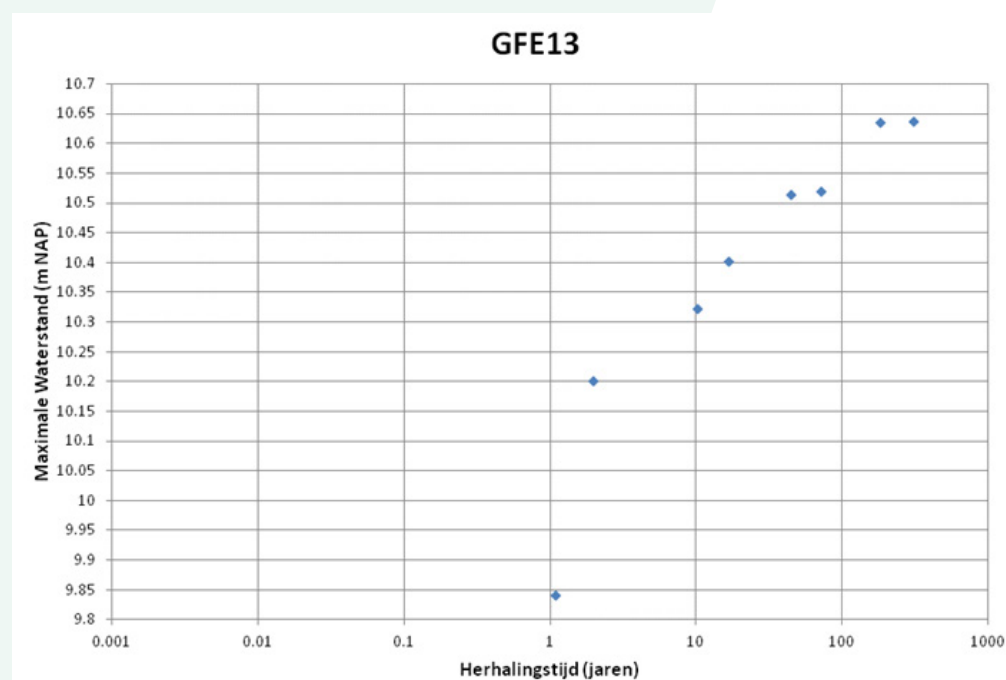
FIGUUR 57 De Nieuwe Stochastentool in actie.

De Nieuwe Stochastentool zal nu alle simulaties draaien die het resultaat zijn van je keuze voor stochasten en klassen. Zodra een simulatie gereed is, verschijnt er een vinkje achter. Dit betekent dat voor die simulatie een bestand met resultaten is opgeslagen.

Wanneer alle berekeningen klaar zijn, kunnen we het resultaat inlezen en nabewerken in de Stochastentool. De tool zal nu voor iedere uitvoerlocatie een overschrijdingsgrafiek produceren!

Opdracht 11.

- Druk op de knop <Nabewerken>. Nu worden de overschrijdingsgrafieken geproduceerd voor elk van de uitvoerlocaties.
- Ga naar het tabblad "Grafieken" en selecteer een uitvoerlocatie om de overschrijdingsgrafiek te genereren.
- Bekijk ook de .csv-bestanden die voor elke uitvoerlocatie zijn weggeschreven in de subdirectory "results".



FIGUUR 58 Voorbeeld van een overschrijdingsgrafiek.

Vraag 4.

- Wat kun je aflezen uit de grafieken?
- Hoe zijn de resultaten opgebouwd?
- Hoe zijn de herhalingsperioden berekend?

35. Analyse van extreme waarden

35.1 Inleiding

Je hebt nu kennisgemaakt met het zowel het concept van de tijdreeksanalyse als de stochastanalyse. Je hebt nu voldoende bagage om een volledige analyse van extreme waarden uit te voeren voor het studiegebied bij Smilde.

De tijdreeksanalyse gaan we uitvoeren met de toetsingsreeks van De Bilt (1906 t/m 2014).

Opdracht 12. Tijdreeksanalyse

- Maak een kopie van de modelschematisatie en zorg ervoor dat het model op etmaalbasis de maximale waterhoogtes wegschrijft.
 - Draai de hele toetsingsreeks van De Bilt (1906 t/m 2014) met het simulatiemodel van SMILDE.
 - Kies 5 representatieve knopen (rr-on-flow connection nodes)
 - Haal de bijbehorende maximale waterstanden naar Excel en aggregaer ze tot jaarmaxima. Maak dan een overschrijdingsgrafiek voor elk van de vijf locaties.
 - Fit aan iedere overschrijdingsgrafiek zo goed mogelijk de Gumbel-kansverdeling en leg daarbij de nadruk op waarden tussen $T=10$ en $T=100$.
-

35.2 Stochastanalyse

Maar de stochastanalyse die we tot nu toe hebben uitgevoerd was nog niet erg nauwkeurig. Hij bestond uit slechts vijf neerslagvolumes, twee seizoenen en drie neerslagpatronen. Daarom ga je tijdens de zelfwerkdagen de komende week een volledige stochastanalyse uitvoeren.

De volledige stochastanalyse voeren we uit met de neerslagduur van 96 uur en drie stochasten:

1. Neerslagvolume
2. Neerslagpatroon
3. Initiële grondwaterdiepte

Om een goede classificatie van de grondwaterstanden te kunnen maken, moeten we eerst een simulatie van ten minste acht jaren draaien met het SOBEK-model. De grondwaterstanden die daaruit voortkomen, classificeren we met behulp van een functionaliteit in De Nieuwe Stochastentool.

Opdracht 13. Classificatie grondwater

- Simuleer acht jaren aan neerslag en verdamping en laat SOBEK-RR het verloop van de uurlijkse grondwaterstand wegschrijven. Let op: je kunt de FLOW-module dus uitschakelen!
 - Start De Nieuwe Stochastentool en ga naar het menu-item "Tools" - "Grondwater classificeren". Laat de tool het verloop van de gesimuleerde grondwaterstanden uitlezen en classificeer ze naar de volgende vier klassen:
 - klasse droog: percentielen [0-0.25]
 - klasse middeldroog: percentielen [0.25-0.50]
 - klasse middelnat: percentielen [0.50-0.75]
 - klasse nat [0.75-1]
 - Laat het resultaat wegschrijven naar een subdirectory, bijvoorbeeld "grondwater" van de stochastenmap.
 - De tool maakt nu voor voor iedere klasse, zowel voor zomer- als winterhalfjaar een bestand unpaved.3b aan en schrijft deze weg.
-

Zodra het grondwater is geclassificeerd, en er staat voor elke klasse en seizoen een bijbehorende unpaved.3b-file klaar, kun je de stochastanalyse opstarten.

Opdracht 14.

- Open De Nieuwe Stochastentool en laad daarin het xml-bestand van Smilde in.
 - Vink alle neerslagvolumes aan
 - Vink alle neerslagpatronen aan
 - Vink alle grondwaterklassen aan. Verwijs naar de unpaved.3b files die je gemaakt hebt door te dubbelklikken in het veld van de kolom BESTAND
 - Draai de complete stochastanalyse
-

Merk op dat het heel eenvoudig is om achteraf nog een uitvoerlocatie toe te voegen. Het is een kwestie van een regel toevoegen aan het XML-bestand. Als je dat bestand inleest in de Stochastentool en de nabewerking opnieuw uitvoert, zal ook voor de nieuwe locatie een overschrijdingsgrafiek worden gegenereerd.