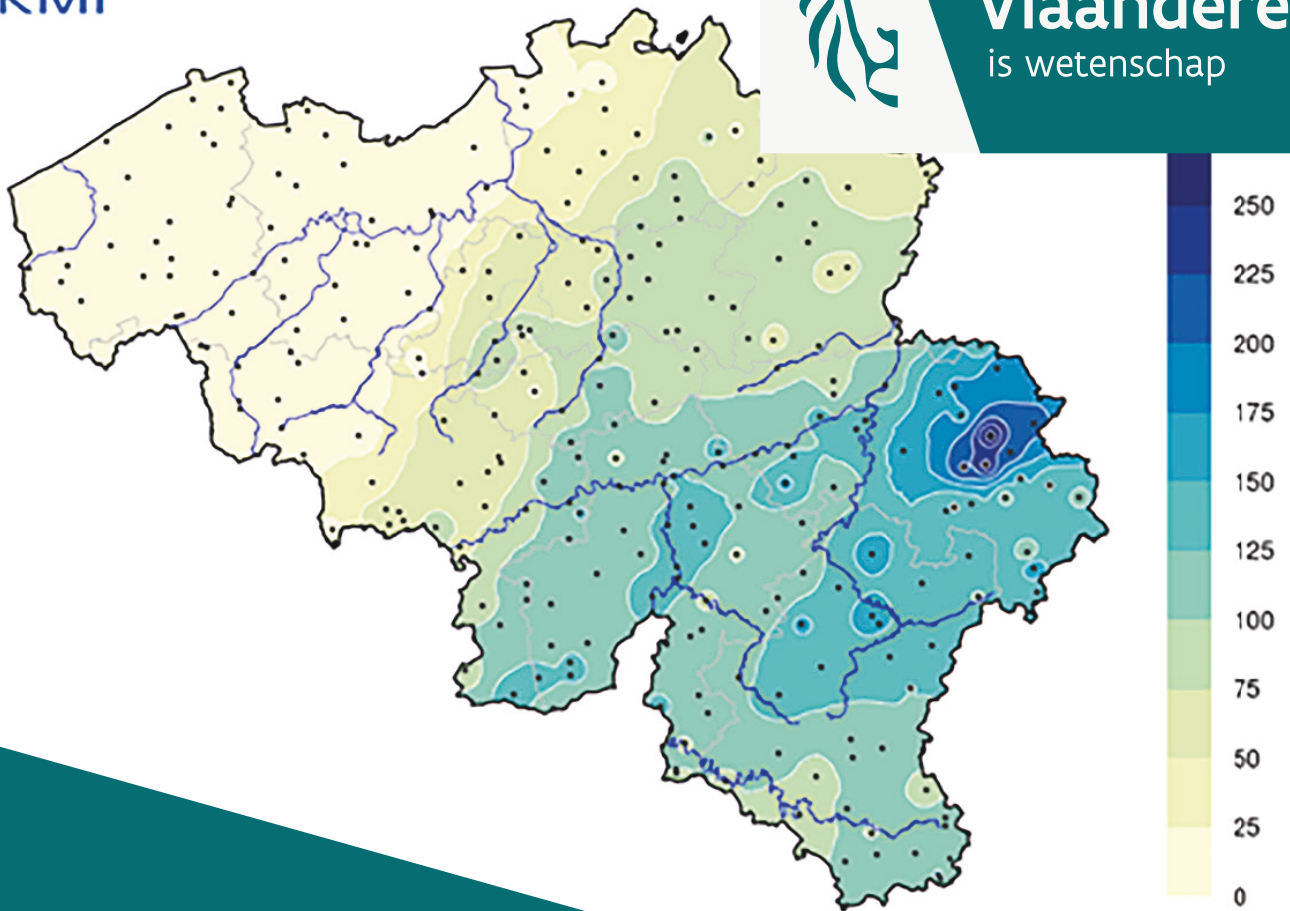




Neerslaghoeveelheid op drie dagen
van 13 juli 08:00 CEST tot 16 juli 2021 08:00 CEST



Vlaanderen
is wetenschap



25_010_1
WL rapporten

Terugkeerperiode Waterbom KMI

Schatting van de Terugkeerperiode van
Extreme Neerslaggebeurtenissen

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Terugkeerperiode Waterbom KMI

Schatting van de Terugkeerperiode van Extreme Neerslaggebeurtenissen

Van de Vyver, H.; Nossent, J.; Boeckx, L.; Deschamps, M.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2026
D/2026/3241/073

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Van de Vyver, H.; Nossent, J.; Boeckx, L.; Deschamps, M. (2026). Terugkeerperiode Waterbom KMI: Schatting van de Terugkeerperiode van Extreme Neerslaggebeurtenissen. Versie 4.0. WL Rapporten, 25_010_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

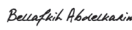
Opdrachtgever:	De Vlaamse Waterweg, aRC	Ref.:	WL2026R25_010_1
Trefwoorden (3-5):	Waterbom, Statistiek, Neerslag		
Kennisdomeinen:	Waterbeheer > 5. Statistiek Waterbeheer > 7. Risico		
Tekst (p.):	10	Bijlagen (p.):	11
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Van de Vyver, H.; Nossent, J.
------------	-------------------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Boeckx, L. Deschamps, M.	Getekend door:Boeckx Leen Adriana L Getekend op:2026-03-18 08:11:23 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed  
Projectleider:	Nossent, J.	Getekend door:Nossent Jiri Leo M Getekend op:2026-03-18 10:45:47 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed  

Goedkeuring

Coördinator HIC:	Deschamps, M.	Getekend door:DESCHAMPS MAARTEN Getekend op:2026-03-18 12:09:23 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed  
Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Bellafkih Abdelkarim Getekend op:2026-03-18 21:52:26 +01:0 Reden:Ik keur dit document goed  

Abstract

Dit rapport (resultaat van een onderzoeksvraag aan het KMI) biedt een inzicht in de neerslaghoeveelheden die, in een aantal stroomgebieden relevant voor Vlaanderen, statistisch gezien overeen zouden kunnen komen met de neerslaghoeveelheden die tijdens de zogenaamde 'Waterbom' in juli '21 in het zuiden van ons land vielen en daar desastreuze gevolgen hadden. Er wordt rekening gehouden met het feit dat neerslag binnen ons land niet gelijk verdeeld is en stroomgebieden met een min of meer gelijkaardige oppervlakte worden vergeleken.

Op basis van een dagelijkse gegridde neerslag dataset van het KMI (beschikbaar vanaf 1951), wordt de tweedagelijkse neerslag tijdens de zogenaamde 'Waterbom' in juli '21 voor het Waalse Maasbekken en het kleinere deelstroomgebied van de Vesder daarin bepaald. Met een geschikte GEV-verdeling op basis van de jaarlijkse maximale tweedagelijkse neerslagtotalen wordt de retourperiode geschat. (Juli) 2021 werd hiervoor meegenomen in de fitting.

De tweedagelijkse neerslaghoeveelheid van 106 mm in het Waalse Maasbekken (retourperiode daar 415 jaar) in juli '21 zou in het Belgische Scheldebekken overeenkomen met een retourperiode van 357 jaar. Andersom zou de neerslaghoeveelheid in het Belgische Scheldebekken die overeenkomt met een retourperiode van 415 jaar 110 mm zijn. Voor deze eerder grote gebieden liggen de absolute cijfers niet zo ver uit elkaar.

In het kleinere beschouwde bekken van de Vesder komt de tweedagelijkse neerslaghoeveelheid van 176.2 mm in juli '21 overeen met een retourperiode van 395 jaar. Een vergelijking wordt gemaakt met het Zenne- en Denderbekken die qua oppervlakte gelijkaardig zijn. Voor het Zennebekken komt de retourperiode van 395 jaar overeen met een tweedagelijkse bekkenneerslag van 146 mm. Voor het Denderbekken komt deze retourperiode overeen met een tweedagelijkse bekkenneerslag van 104 mm. Wanneer eenzelfde tweedagelijkse neerslaghoeveelheid als in het Vesderbekken in juli '21 viel zou vallen boven het Zennebekken, zou dat overeenstemmen met terugkeerperiode van 852 jaar. De retourperiode van eenzelfde tweedagelijkse neerslaghoeveelheid boven het Denderbekken zou een nog extremere retourperiode van 16722 jaar hebben. Voor deze kleinere Vlaamse gebieden zou de retourperiode van eenzelfde tweedagelijkse neerslaghoeveelheid als in het Vesderbekken in juli '21 dus een duidelijk veel hogere retourperiode hebben.

Deze schattingen van deze extreme terugkeerniveau's en zeer grote terugkeerperioden (>100 jaar) gaan echter gepaard met aanzienlijke onzekerheid (brede betrouwbaarheidsintervallen). Ook de invloed van het al-dan-niet meenemen van extreme gemeten recordwaardes (zoals die van juli'21) in het opstellen van verdelingen heeft veel invloed. De wetenschappelijke discussie hieromtrent is op internationaal niveau nog steeds gaande.

Inhoudstafel

Abstract	IV
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Opdracht	2
2 Onderzoeksmethodiek en Bevindingen	3
2.1 Data en bekkens.....	3
2.2 Methodologie.....	4
2.3 Resultaten	4
2.4 Verschillen in de extreme waarde-statistieken tussen de bekkens.....	6
3 Conclusies	8
4 Nabeschuwing	9
4.1 Waargenomen meteorologische situatie juli 2021: Cut-off Lows	9
5 Referenties	10
Appendix A Jaarlijkse Maxima van de bekkenneerslagen (1951-2024).....	B1
Appendix B Diagnostische plots voor de extreme waarde verdeling	B6

Lijst van de tabellen

Tabel 1. Overzicht van de beschouwde deelstroomgebieden in België en hun oppervlakte	3
Tabel 2. Overzicht van tweedagelijkse neerslaghoeveelheden (mm) voor de verschillende beschouwde bekkens op basis van de GEV-verdelingen.	6
Tabel B1. Overzicht van dagelijkse neerslaghoeveelheden (mm) voor de verschillende beschouwde bekkens op basis van de GEV-verdelingen.....	B11

Lijst van de figuren

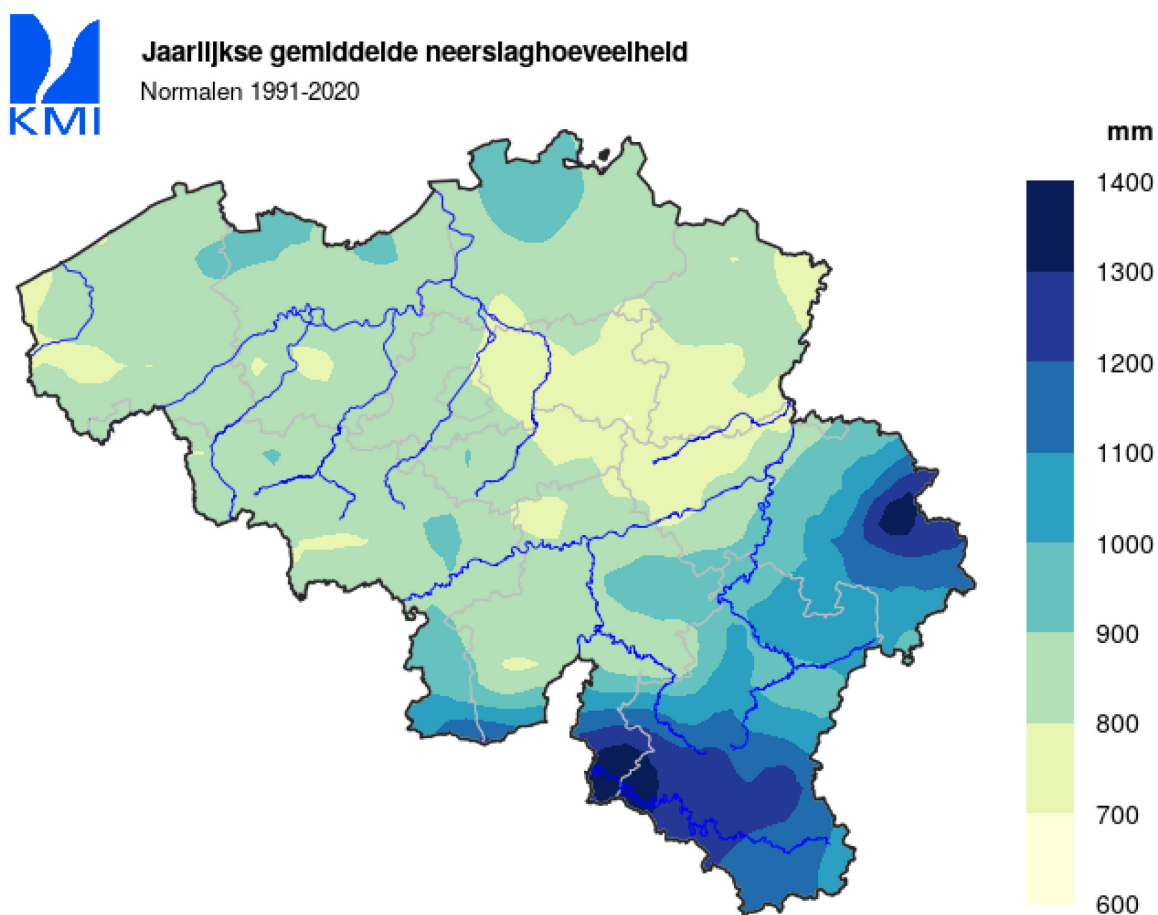
Figuur 1. De jaarlijkse gemiddelde neerslaghoeveelheid in België verschilt duidelijk tussen noord en zuid ...	1
Figuur 2. Gekozen rivierbekkens binnen België	4
Figuur 3. Terugkeerniveau's van tweedaagse bekkenneerslag versus terugkeerperiode, met 95%-betrouwbaarheidsintervallen. (Links: Maas; rechts: Vesder.) De rode horizontale lijn geeft de bekkenneerslag van 13–14 juli 2021 weer. Blauw/groen duidt op respectievelijk het opnemen of weglaten van de 2021-waarde in de schatting van de extreme-waarde distributie.	7
Figuur 4. De waargenomen meteorologische situatie van 14 juli 2021 (Thompson et al., 2024). Dagelijkse neerslag en 250 hPa-stroomfunctie boven West-Europa op 14 juli 2021, de dag van de hoogste neerslag van het event. Contourlijnen geven 250 hPa-stroomfunctie weer ($\times 10^6$ m ² /s), blauwe kleurverdeling toont dagelijkse neerslaghoeveelheden (mm).....	9
Figuur A1. Bovenaan: jaarlijks maximum van de dagelijkse neerslag over het Maasbekken (1951–2024). Onderaan: idem, maar dan voor tweedagelijkse i.p.v. dagelijkse neerslag. De neerslag horende bij het rode bolletje leidde tot de juli 2021-overstroming	1
Figuur A2. Idem als in Figuur A1, maar dan voor het Vesderbekken. De neerslag horende bij het rode bolletje leidde tot de juli 2021-overstroming.....	B2
Figuur A3. Idem als in Figuur A1, maar dan voor het Scheldebekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996	B3
Figuur A4. Idem als in Figuur A1, maar dan voor het Zennebekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996	B4
Figuur A5. Idem als in Figuur A1, maar dan voor het Denderbekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996	B5
Figuur B1. Diagnostische plots voor de GEV-fit op de jaarlijks maxima van tweedagelijkse neerslag over het Maasbekken (1951–2024). De neerslag horende bij het rode bolletje leidde tot de juli 2021-overstroming....	B6
Figuur B2. Idem als in Figuur B1, maar voor het Vesderbekken. De neerslag horende bij het rode bolletje leidde tot de juli 2021-overstroming.....	B7
Figuur B3. Idem als in Figuur B1, maar voor het Scheldebekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996	B8
Figuur B4. Idem als in Figuur B1, maar voor het Zennebekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996	B9
Figuur B5. Idem als in Figuur B1, maar voor het Denderbekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996	B10

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De overstromingen ten gevolge van de waterbom van juli 2021 hadden desastreuze gevolgen in het zuiden van ons land. Op 48 uur tijd viel er toen in de buurt van Spa tot zo'n **230 mm** en ook in het hele Vesderbekken liep dit op tot 176 mm neerslag in dezelfde tijdspanne. Een analyse door Kreienkamp *et al.* (2021) wees uit dat dergelijke neerslag een terugkeerperiode van ongeveer **400 jaar** had.

Om een eerste inschatting te kunnen maken van de mogelijke gevolgen van een dergelijke waterbom in Vlaanderen, werd in de nasleep van dit event een simulatie uitgevoerd in opdracht van De Vlaamse Waterweg (IMDC, 2022). De input die gebruikt werd bij deze simulatie was echter een ruwe, extreme benadering van wat een gelijkaardige waterbom in Vlaanderen zou zijn. Bovendien is neerslag in België ook niet gelijk verdeeld tussen het noorden en zuiden van het land, zoals ook blijkt uit de cijfers van de KMI – Klimaatatlas (Figuur 1).



Figuur 1. De jaarlijkse gemiddelde neerslaghoeveelheid in België verschilt duidelijk tussen noord en zuid

Om een beter beeld en statistisch correctere weergave te verkrijgen van de omvang van een waterbom boven Vlaanderen zoals deze van juli 2021 in Wallonië, gaf De Vlaamse Waterweg het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) de opdracht om een analyse te maken voor de vertaling van de waterbom naar Vlaanderen.

1.2 Opdracht

Het doel van deze opdracht is om op een statistisch onderbouwde manier een representatieve bekkenneerslag te bepalen voor een waterbom met gelijkaardige terugkeerperiode als deze van juli 2021 voor enerzijds het Vlaamse deel van het Scheldebekken (op basis van een analogie met de bekkenneerslag van het Waalse gedeelte van het Maasbekken) en anderzijds het Zenne- en Denderbekken (op basis van een analogie met de bekkenneerslag van het Vesderbekken). De analogie wordt op deze manier gemaakt voor bekkens met een min of meer gelijkaardige oppervlakte.

Ook de omgekeerde analyse wordt gemaakt, waarbij er nagegaan wordt met welke terugkeerperiode de effectieve bekkenneerslag boven het Waalse gedeelte van het Maasbekken in juli 2021 zou hebben indien deze zou vallen over het Vlaamse deel van het Scheldebekken en analoog welke terugkeerperiode de effectieve bekkenneerslag boven het Vesderbekken in juli 2021 zou hebben indien deze zou vallen over resp. het Zenne- en Denderbekken.

Het voorliggende rapport vormt een weergave van de uitgevoerde analyses en de resultaten.

2 Onderzoeksmethodiek en Bevindingen

2.1 Data en bekkens

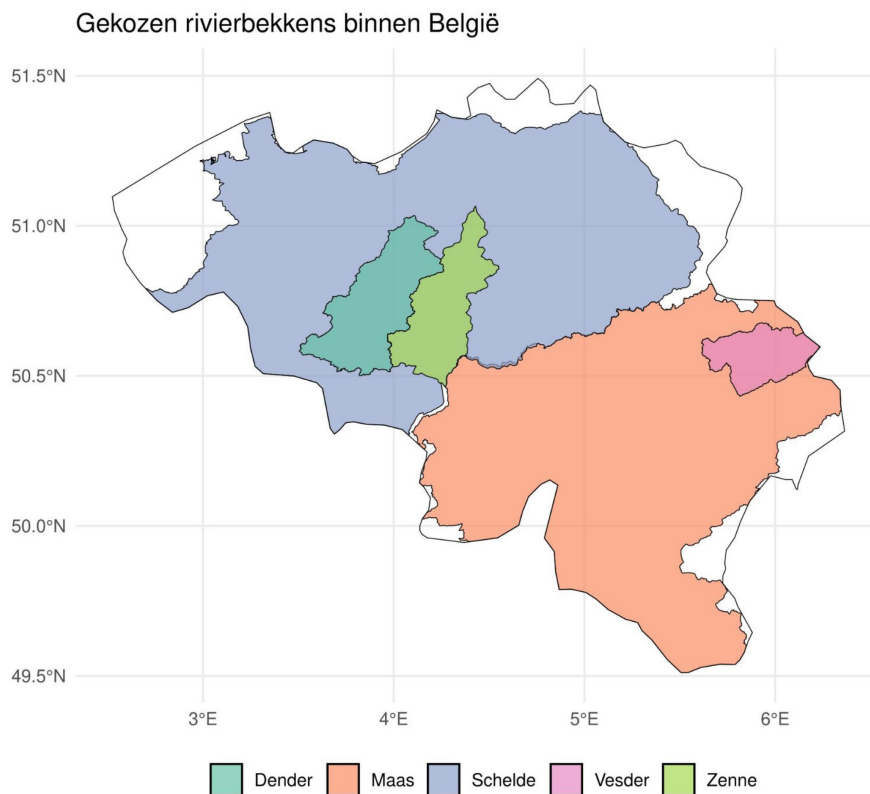
We gebruikten gegridde neerslaggegevens voor België met een ruimtelijke resolutie van 5 km (= 1360 pixels), voor een tijdsperiode vanaf 1951 tot heden. Deze gegridde data kan binnenkort gratis bekomen worden op:

https://opendata.meteo.be/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/RMI_DATASET_GRIDDEDOBS

Dit werd bekomen door ruimtelijke interpolatie van neerslagsommen afkomstig van dagelijkse neerslagstations, gemeten van 08:00 lokale tijd (LT) op de voorafgaande dag tot 08:00 LT op de vermelde datum. Technische details van de ruimtelijk interpolatie van neerslagtotalen in België worden gegeven in Journée *et al.* (2015), waar de oefening werd gemaakt voor de periode 1981-2010, maar welke nadien voor het huidige gegridde product zijn toegepast voor beschikbare waarnemingen vanaf 1951 tot heden. Met behulp van deze data berekenden we de dagelijkse gebiedsneerslag over de bekkens van de Schelde, Maas, Zenne, Dender en de Vesder (zie Figuur 2 en Tabel 1 voor hun oppervlakte).

Tabel 1. Overzicht van de beschouwde deelstroomgebieden in België en hun oppervlakte

Rivier/Bekken	Oppervlakte beschouwd in België (km ²)
Schelde	21000
Maas (opwaarts Nederland)	14000
Zenne	1164
Dender	1384
Vesder	695



Figuur 2. Gekozen rivierbekkens binnen België

2.2 Methodologie

We maakten gebruik van extreme-waarde distributies om de terugkeerperiode en terugkeerniveau's van extreme neerslaghoeveelheden te schatten (Coles, 2001). Een vaak gebruikte methode bestaat uit het selecteren van de maximum waarde uit een blok (meestal eenjarige blokken), en vervolgens de “*Generalised Extreme Value (GEV) distributie*” op de blok maxima te fitten. Hiervoor maakten we gebruik van R-package `ismev`, welke tot het standaardwerk (Coles, 2001) behoort. De GEV-distributie is een 3-parameter distributie die wordt gegeven door Eq. (3.2) in Coles, (2001):

$$G(z) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right]^{\frac{1}{\xi}} \right\}$$

waarbij μ de locatieparameter is, $\sigma > 0$ de schaalparameter en ξ de vormparameter.

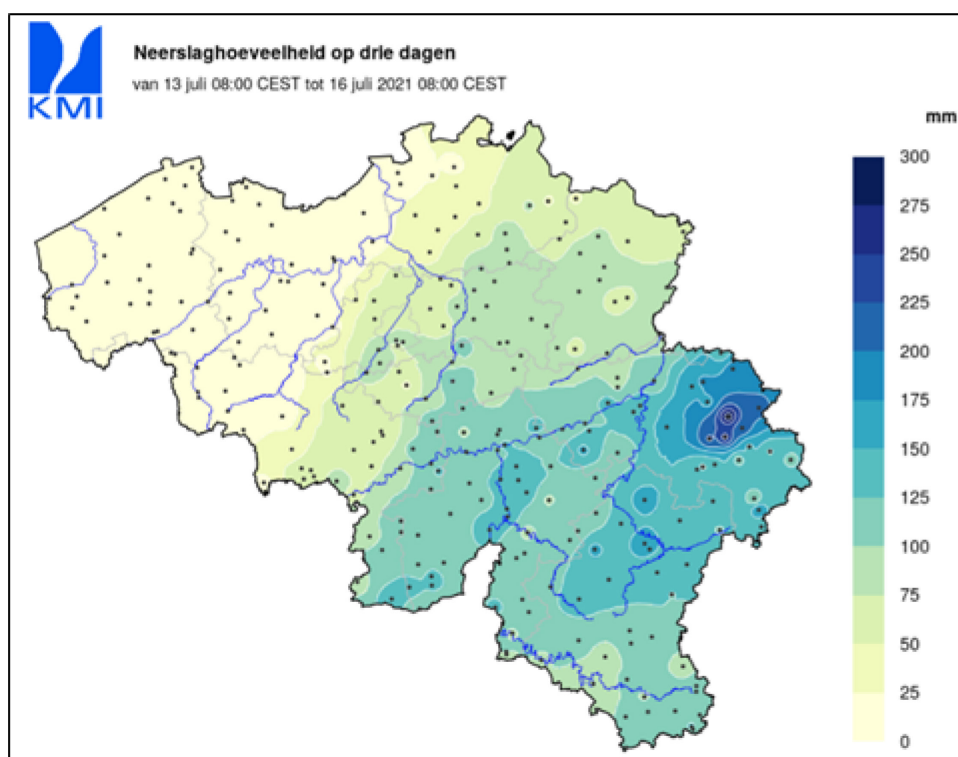
2.3 Resultaten

We berekenden de dagelijkse en tweedagelijkse gebiedsneerslag voor elk bekken en extraheerden vervolgens de jaarlijkse maxima van deze gebiedsneerslagen, zie Figuur A1 (Maas), Figuur A2 (Vesder), Figuur A3 (Schelde), Figuur A4 (Zenne) en Figuur A5 (Dender). Figuur A1-A2 toont dat de neerslaghoeveelheid tijdens de overstroming van 2021 over het Maasbekken en vooral over het Vesderbekken inderdaad een record vormt, waarbij de tweedagelijkse neerslag (Maasbekken: 106.9 mm, Vesderbekken: 176.2 mm) nog meer afwijkt van het normaal dan de dagelijkse neerslag. Omwille hiervan zullen we de tweedagelijkse gebiedsneerslag gebruiken voor de beschrijving van deze extreme neerslaggebeurtenis.

De maximale tweedagelijkse gebiedsneerslagen voor de beschouwde bekkens in Vlaanderen zijn voor 2021 merklijk kleiner dan voor de beschouwde stroomgebieden in Wallonië. Merk op dat het Schelde-, Zenne- en Denderbekken in 1996 (op 28-29 augustus) getroffen werden door een recordhoeveelheid tweedagelijkse gebiedsneerslag van respectievelijk 93.5 mm, 102.3 mm en 89.8 mm. Deze waarden liggen niet extreem ver onder de tweedagelijkse neerslag in het Maasbekken in juli 2021, al kan dit in overeenkomstige retourperiode nog wel behoorlijk verschillen.

Diagnostische plots (goodness-of-fit) van de GEV-verdeling zijn terug te vinden in Figuur B1-B5 en beklemtonen de uitstekende geschiktheid van de GEV-verdeling voor deze analyse. Verder bevatten deze figuren (links onderaan) plots van het terugkeerniveau (mm) als functie van de terugkeerperiode (uitgedrukt in jaar).

Met behulp van de bekomen GEV-verdeling hebben we de terugkeerperiode van de tweedagelijkse bekkenneerslag van de Maas (i.e. **106.9 mm**) en de Vesder (i.e. **176.2 mm**) voor (juli) 2021 geschat op respectievelijk 415 jaar en 395 jaar, welke goed overeenstemt met de schatting gegeven in het WWA-rapport (Kreienkamp *et al.* (2021); i.e. 400 jaar over een groot gebied zoals aangegeven in Figuur 5 van dat rapport). Ter vergelijking hebben we de terugkeerperiode van de tweedagelijkse bekkenneerslag 1996 boven het Schelde-, Zenne- en Denderbekken geschat op respectievelijk 180 jaar, 94 jaar en 155 jaar.



Tabel 2. geeft een overzicht van afgeleide tweedagelijkse neerslaghoeveelheden voor de verschillende bekkens voor verschillende terugkeerperiodes. Deze resultaten werden verkregen uit de GEV-verdelingen van de verschillende bekkens. Een gelijkaardige overzicht voor dagelijkse bekkenneerslaghoeveelheden wordt gegeven in Tabel B1 in Appendix B.

Tabel 2. Overzicht van tweedagelijkse neerslaghoeveelheden (mm) voor de verschillende beschouwde bekkens op basis van de GEV-verdelingen.

Retourperiode	Beschouwde bekkens binnen België				
	Schelde	Maas (opwaarts Nederland)	Vesder	Zenne	Dender
2	35.1	42.3	52.2	39.1	38.5
5	44.5	52.9	68.2	50.2	48.6
10	51.9	60.5	80.7	59.6	56.1
20	60.1	68.2	94.4	70.4	63.8
25	62.9	70.8	99.2	74.3	66.4
30	65.3	72.9	103.2	77.7	68.5
50	72.4	79	115.2	87.8	74.8
94				102.3 (Aug. '96)	
100	83.2	87.6	133.2	103.9	83.8
155	93.5 (Aug. '96)				
180					89.9 (Aug. '96)
357	106.9				
395			176.2 (Jul. '21)	146	104
400	109.3	106.4	176.6	146	103.9
415	110	106.9 (Jul. '21)			
500	114.2	109.6	184.7	154.3	107.4
852				176.2	
16722					176.2

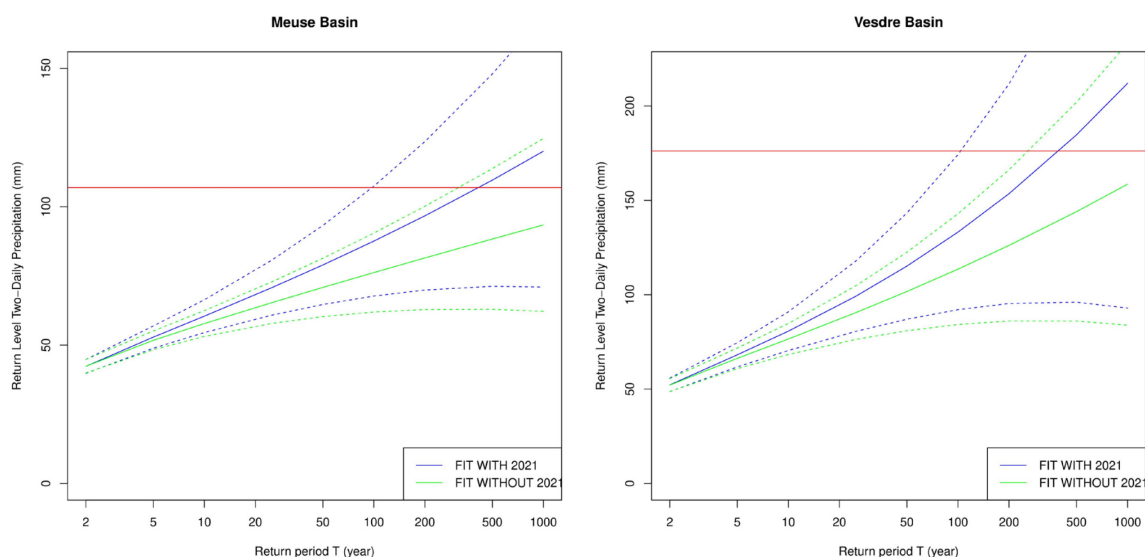
2.4 Verschillen in de extreme waarde-statistieken tussen de bekkens

Hoewel de bekkens dicht bij elkaar grenzen, tonen de resultaten toch een divergentie in de berekende bekkenneerslag, maar zeker ook in de geschatte terugkeerperiode. Het is bovendien duidelijk dat schattingen van extreme terugkeerniveau's en zeer grote terugkeerperioden (>100 jaar) gepaard gaan met aanzienlijke onzekerheid, wat zichtbaar wordt in de steeds breder wordende betrouwbaarheidsintervallen van deze curves (Figuur B1-B5).

Dit kan ook verklaard worden met het verschil in de meest extreme gebiedsneerslagen. De hoogste neerslagsommen gemeten over 48 uur in de tijdreeks hebben een aanzienlijke impact in de schatting van het "staartgedrag" van de extreme waarden verdeling.

Ter verduidelijking tonen we in Figuur 3 de tweedagelijkse neerslag als functie van de terugkeerperiode voor Maas- en Vesderbekken waarbij de schatting enerzijds werd gebaseerd op de volledige meetreeks, en anderzijds waarbij de hoogste waarde (i.e. juli 2021) werd weggelaten. Het is duidelijk dat indien we deze recordwaarde meenemen in de schatting, het terugkeerniveau ook steiler omhoog gaat.

In de recente wetenschappelijke literatuur is er discussie over de vraag of dergelijke buitensporige extreme waarden moeten worden meegenomen in de schatting en attributie van extreme gebeurtenissen. Het WWA-protocol (Philip et al., 2020) maant hierbij aan tot voorzichtigheid. Om 'selection bias' te vermijden, wordt de ongekend extreme gebeurtenis in attributiestudies doorgaans weggelaten. Verder laat de studie van Zeder et al. (2003) zien dat het opnemen van een extreme recordwaarde, onevenredig veel gewicht aan deze waarde geeft, waardoor de terugkeerniveau's dreigen te worden overschat. De discussie is echter nog steeds gaande, en in deze opdracht zijn de waarden van 2021 voorlopig meegenomen.



Figuur 3. Terugkeerniveau's van tweedaagse bekkenneerslag versus terugkeerperiode, met 95%-betrouwbaarheidsintervallen. (Links: Maas; rechts: Vesder.) De rode horizontale lijn geeft de bekkenneerslag van 13–14 juli 2021 weer. Blauw/groen duidt op respectievelijk het opnemen of weglaten van de 2021-waarde in de schatting van de extreme-waarde distributie.

3 Conclusies

Op basis van de gemaakte analyses, kunnen volgende antwoorden geformuleerd worden op de offertevraag.

- Bepaal op basis van extreme-waarden distributies van bekkenneerslagen van de Maas en de Schelde:

- Welk event in het Scheldebekken een gelijkaardige terugkeerperiode zou hebben als de waterbom boven (het Waalse gedeelte van) het Maasbekken?

Antwoord van het KMI. *De terugkeerperiode van de tweedagelijkse neerslag tijdens de 'waterbom' in juli '21 boven het Waalse gedeelte van het Maasbekken (106 mm) wordt met de hier gehanteerde aanpak geschat op 415 jaar. Voor het Scheldebekken komt deze retourperiode overeen met een tweedagelijkse bekkenneerslag van 110 mm.*

- Welke terugkeerperiode zou de bekkenneerslag boven (het Waalse gedeelte van) de Maas van juli 2021 hebben boven het Scheldebekken?

Antwoord van het KMI. *De tweedagelijkse bekkenneerslag van juli '21 boven het (Waalse gedeelte van) het Maasbekken wordt met de hier gebruikte data geschat op 106 mm. Eenzelfde tweedagelijkse neerslaghoeveelheid boven het Scheldebekken stemt overeen met een terugkeerperiode van 357 jaar.*

- Bepaal op basis van extreme-waarden distributies van bekkenneerslagen van de Vesder enerzijds en de Dender en Zenne anderzijds:

- Welk event in het Zenne- en Denderbekken een gelijkaardige terugkeerperiode zou hebben als de waterbom boven het Vesderbekken?

Antwoord van het KMI. *De terugkeerperiode van de tweedagelijkse neerslag tijdens de 'waterbom' in juli '21 boven Vesderbekken (176.5 mm) wordt met de hier gehanteerde aanpak geschat op 395 jaar. Voor het Zennebekken komt deze retourperiode overeen met een tweedagelijkse bekkenneerslag van 146 mm. Voor het Denderbekken komt deze retourperiode overeen met een tweedagelijkse bekkenneerslag van 104 mm.*

- Welke terugkeerperiode zou de bekkenneerslag boven de Vesder van juli 2021 hebben boven het Zenne- en Denderbekken?

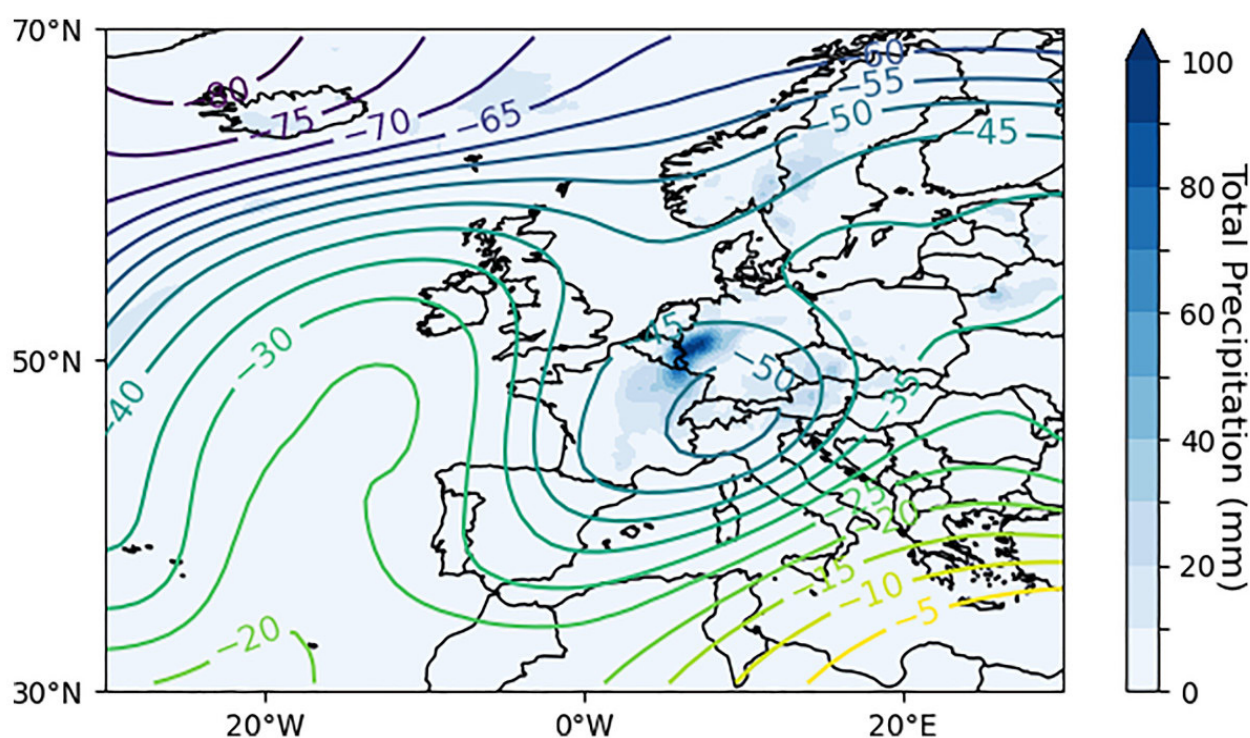
Anwoord van het KMI. *De tweedagelijkse bekkenneerslag van juli '21 boven het Vesderbekken bedroeg 176.5 mm. Eenzelfde tweedagelijkse neerslaghoeveelheid boven het Zennebekken stemt daar overeen met een terugkeerperiode van 852 jaar. Eenzelfde tweedagelijkse neerslaghoeveelheid boven het Denderbekken stemt daar overeen met een terugkeerperiode van 16722 jaar.*

Noot: de resultaten gaan echter gepaard met grote onzekerheden, zoals eerder toegelicht in paragraaf 2.4.

4 Nabeschuwing

4.1 Waargenomen meteorologische situatie juli 2021: Cut-off Lows

De neerslag die viel tijdens de waterbom van juli 2021, was het gevolg van een zogenaamde 'Cut-off Low' (COL) (Figuur 4) – lagedrukgebieden die zijn afgesneden van de hoofdcirculatie van de straalstroom, waardoor ze dagenlang stil blijven hangen en kunnen zorgen voor langdurige, vaak extreme regenval. Hoewel COLs relatief zeldzame weersystemen zijn, werd er recent onderzoek verricht naar het voorkomen en de invloed van COLs in West-Europa (Thompson *et al.*, 2024). Gezien deze COLs vaak voorkomen in gebieden met warm oppervlaktewater, bestaat de mogelijkheid dat door de klimaatverandering deze vaker zullen voorkomen in de toekomst. Echter is er in Figuur 3 van Thompson *et al.* (2024) geen significant verschil te merken tussen het voorkomen van COLs in het verleden en de toekomst.



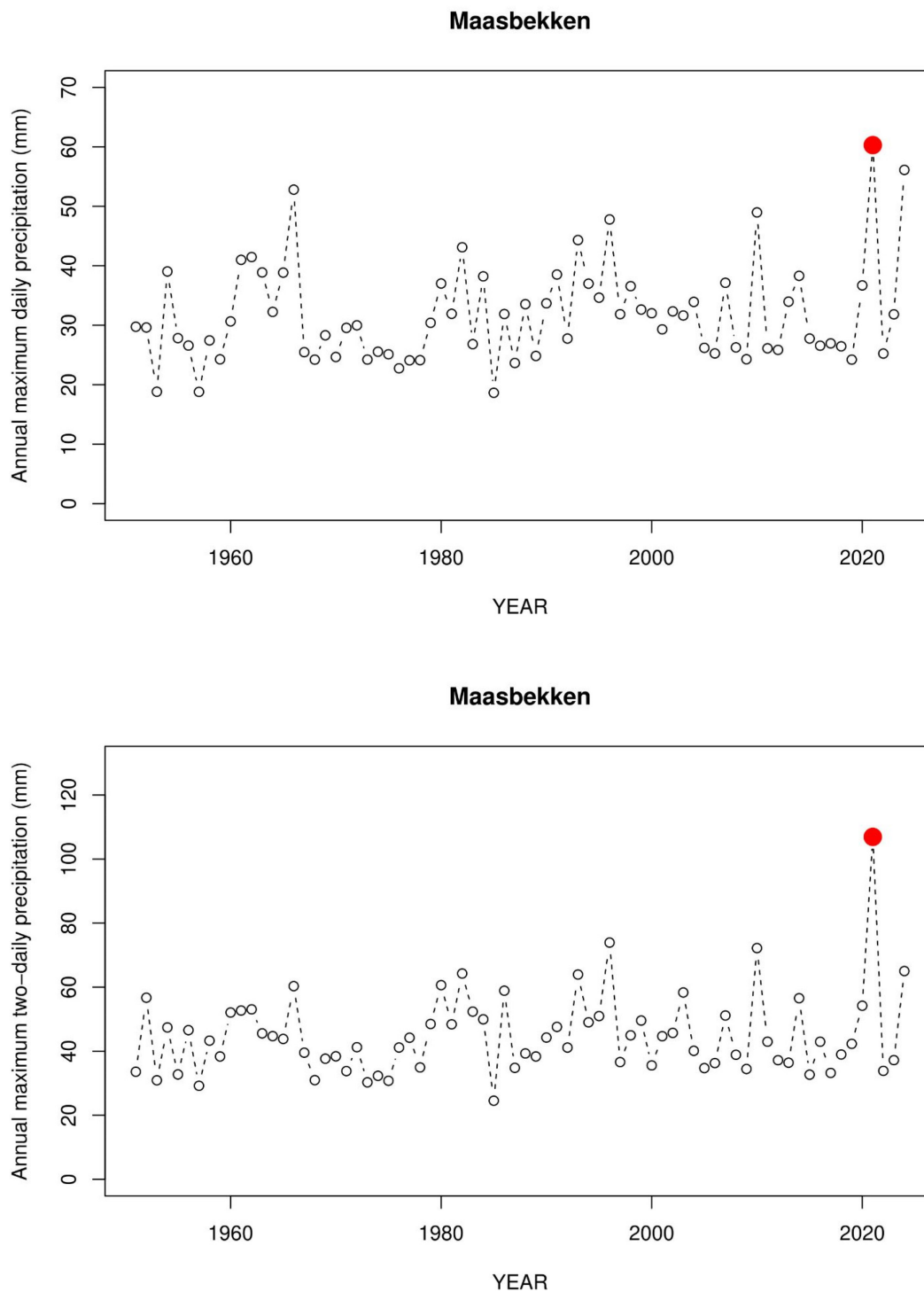
Figuur 4. De waargenomen meteorologische situatie van 14 juli 2021 (Thompson *et al.*, 2024).

Dagelijkse neerslag en 250 hPa-stroomfunctie boven West-Europa op 14 juli 2021, de dag van de hoogste neerslag van het event. Contourlijnen geven 250 hPa-stroomfunctie weer ($\times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$), blauwe kleurverdeling toont dagelijkse neerslaghoeveelheden (mm).

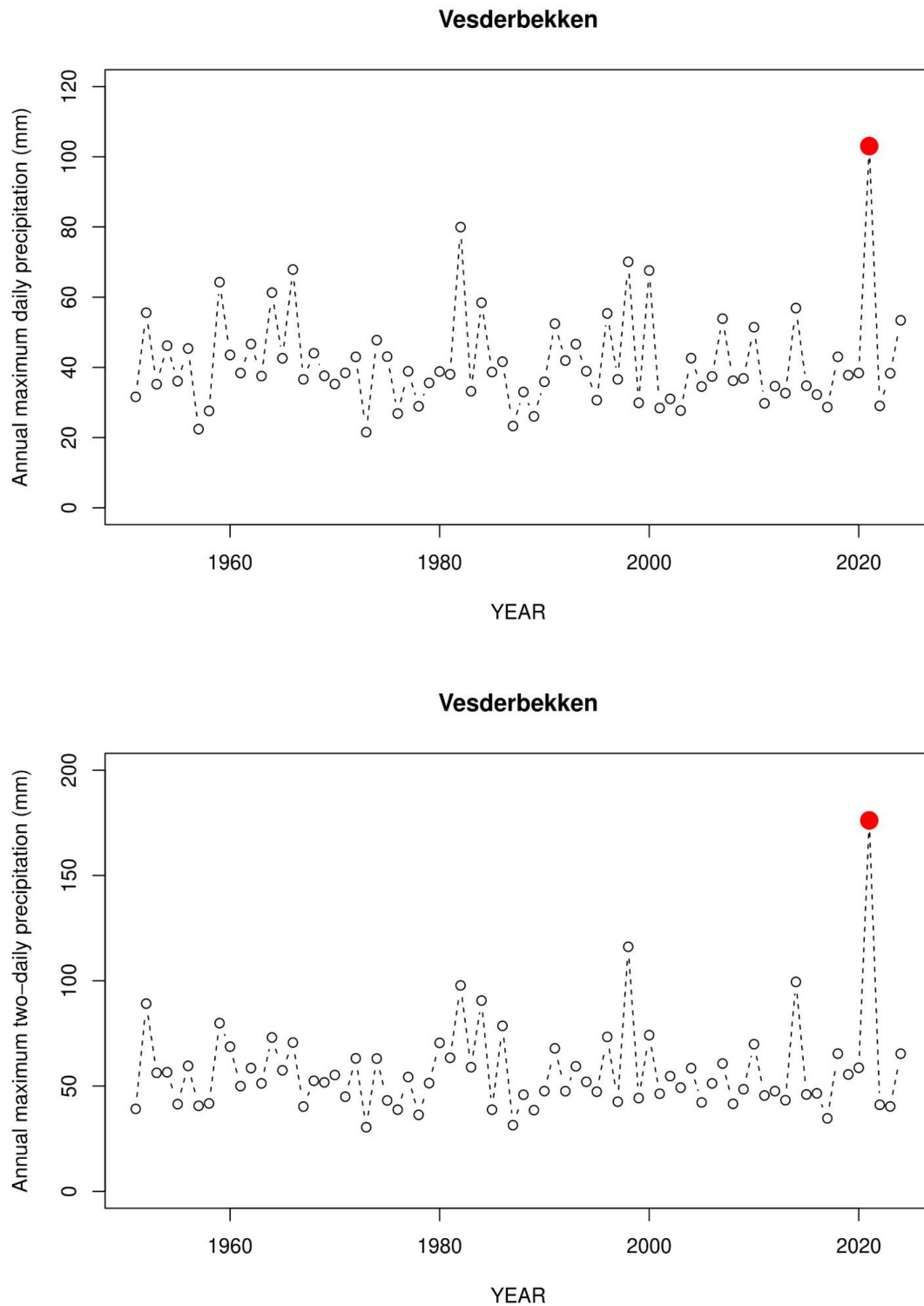
5 Referenties

- Coles, S. (2001) *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*, Springer-Verlag London.
- IMDC (2022) Wat-als-analyse gebeurtenissen juli 2021.
- Journée, M., Delvaux, C., and Bertrand, C. (2015) Precipitation climate maps of Belgium, *Adv. Sci. Res.* **12**, 73–78, <https://doi.org/10.5194/asr-12-73-2015>
- Kreienkamp, F., et al. (2021) *Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021*, World Weather Attribution.
<https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/Scientific-report-Western-Europe-floods-2021-attribution.pdf>
- Philip, S., et al. (2020) A protocol for probabilistic extreme event attribution analyses, *Adv. Stat. Clim. Meteorol. Oceanogr.*, **6**, 177–203, <https://doi.org/10.5194/ascmo-6-177-2020>
- Thompson, V., Coumou, D., Galfi, V. M., Happé, T., Kew, S., Pinto, I., Philip, S., de Vries, H., & van der Wiel, K. (2024). Changing dynamics of Western European summertime cut-off lows: A case study of the July 2021 flood event. *Atmos Sci Lett.*, **25(10)**, e1260.
<https://doi.org/10.1002/asl.21260>
- Zeder, J., Sippel, S., Pasche, O. C., Engelke, S., & Fischer, E. M. (2023) The effect of a short observational record on the statistics of temperature extremes. *Geophys. Res. Lett.*, **50**, e2023GL104090. <https://doi.org/10.1029/2023GL104090>

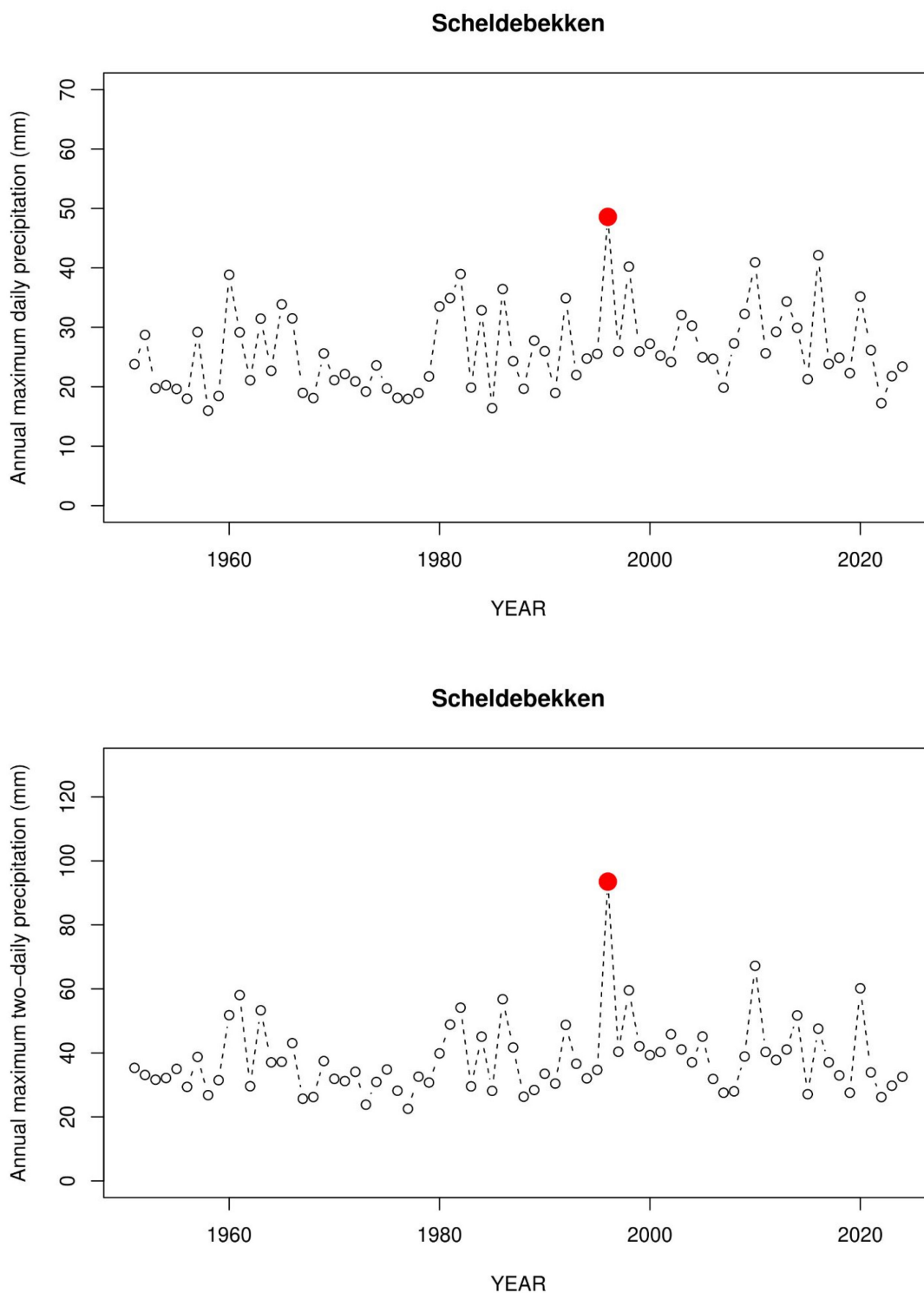
Appendix A Jaarlijkse Maxima van de bekkenneerslagen (1951-2024)



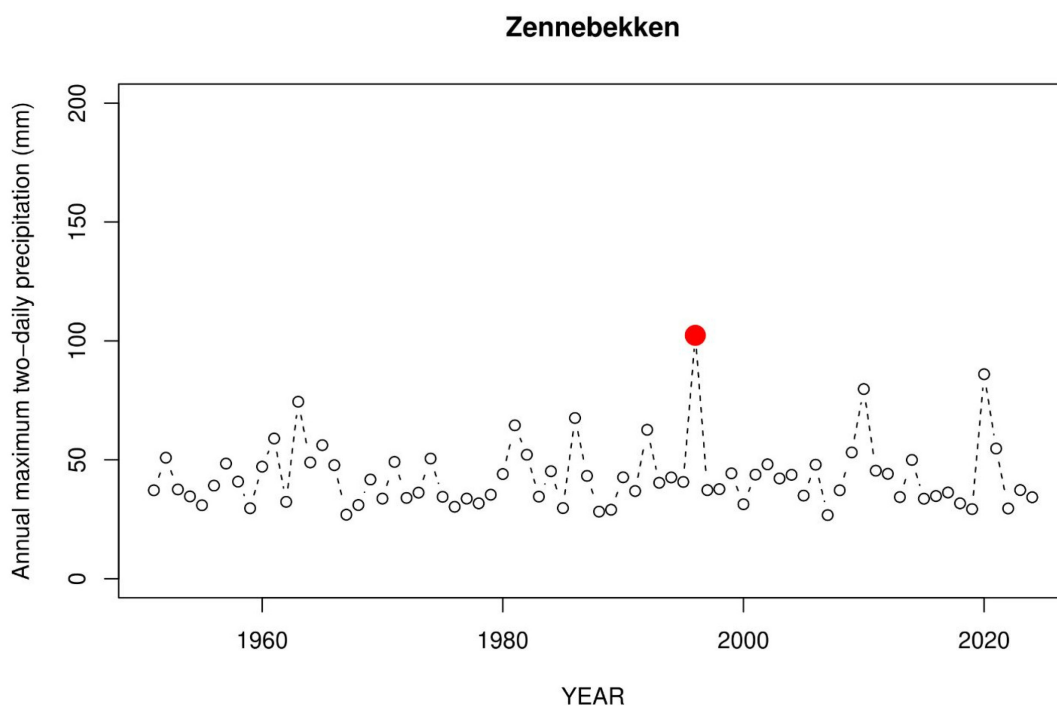
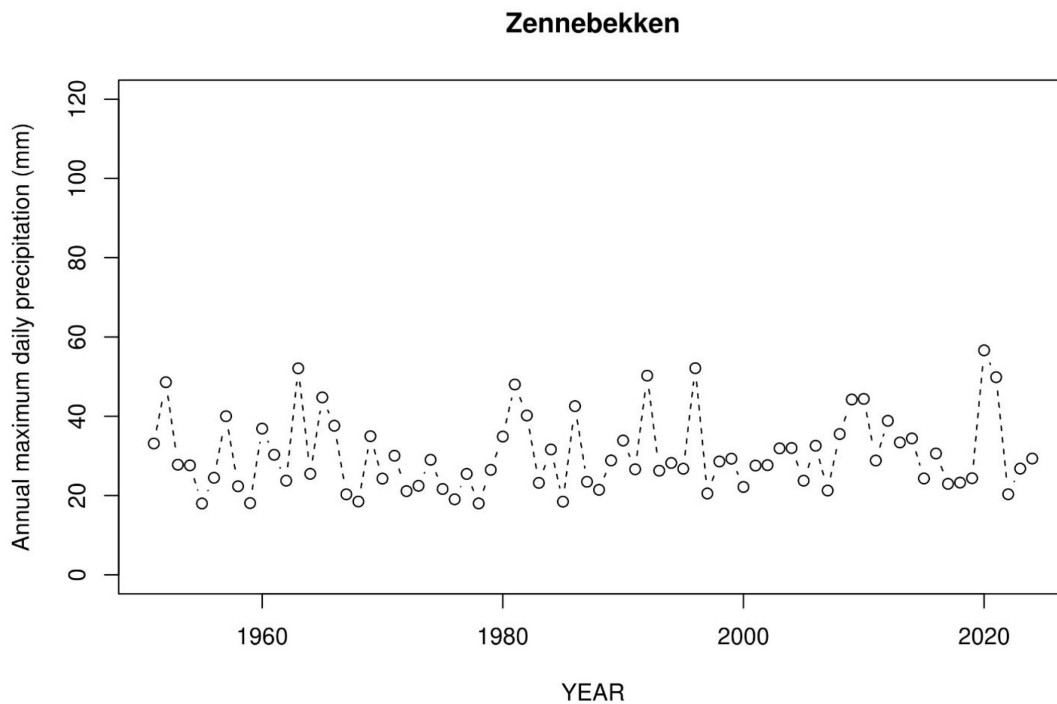
Figuur A1. Bovenaan: jaarlijks maximum van de dagelijkse neerslag over het Maasbekken (1951–2024). Onderaan: idem, maar dan voor tweedagelijkse i.p.v. dagelijkse neerslag. De neerslag horende bij het rode bolletje leidde tot de juli 2021-overstroming



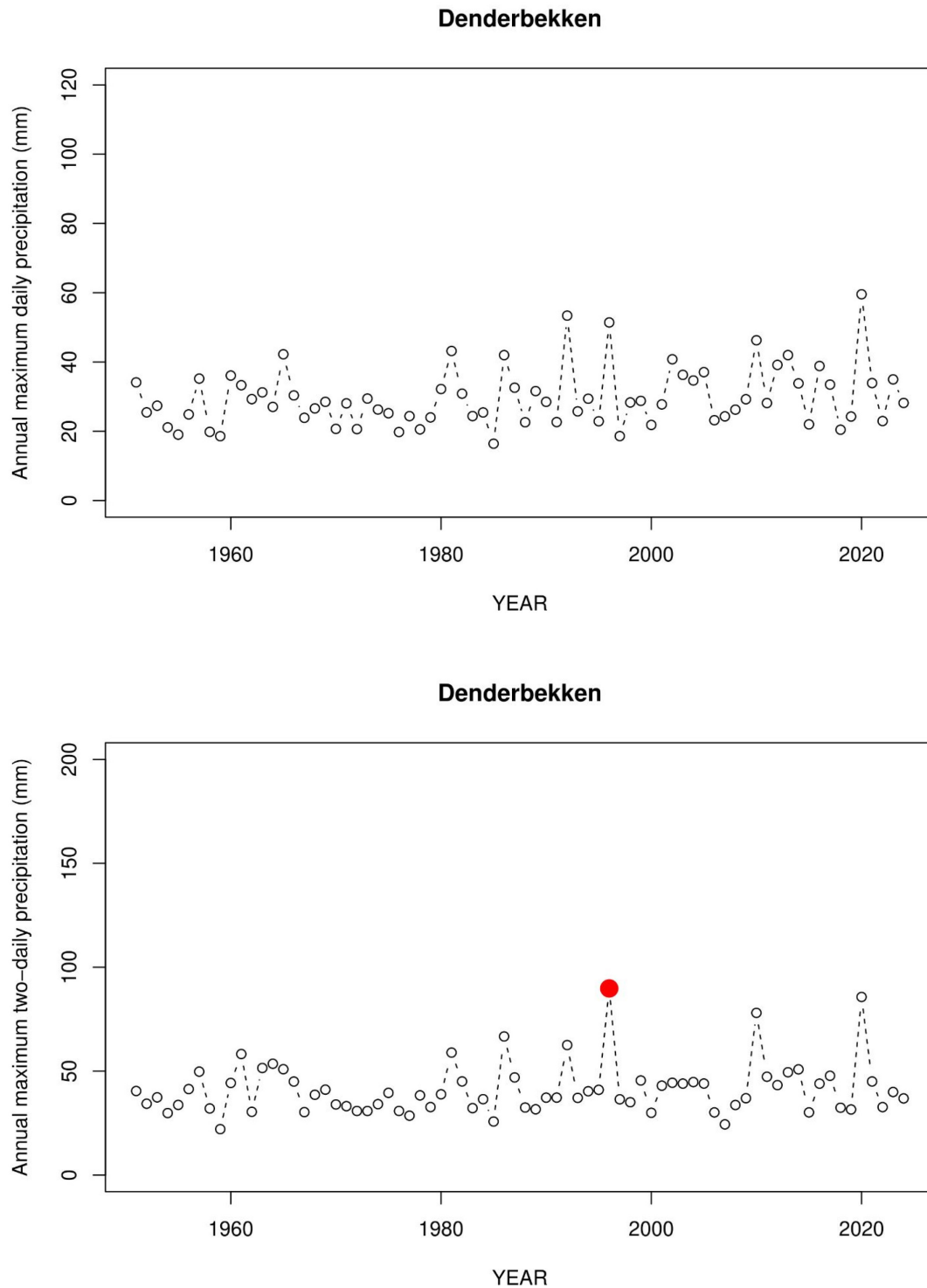
Figuur A2. Idem als in Figuur A1, maar dan voor het Vesderbekken. De neerslag horende bij het rode bolletje leidde tot de juli 2021-overstroming



Figuur A3. Idem als in Figuur A1, maar dan voor het Scheldebekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996

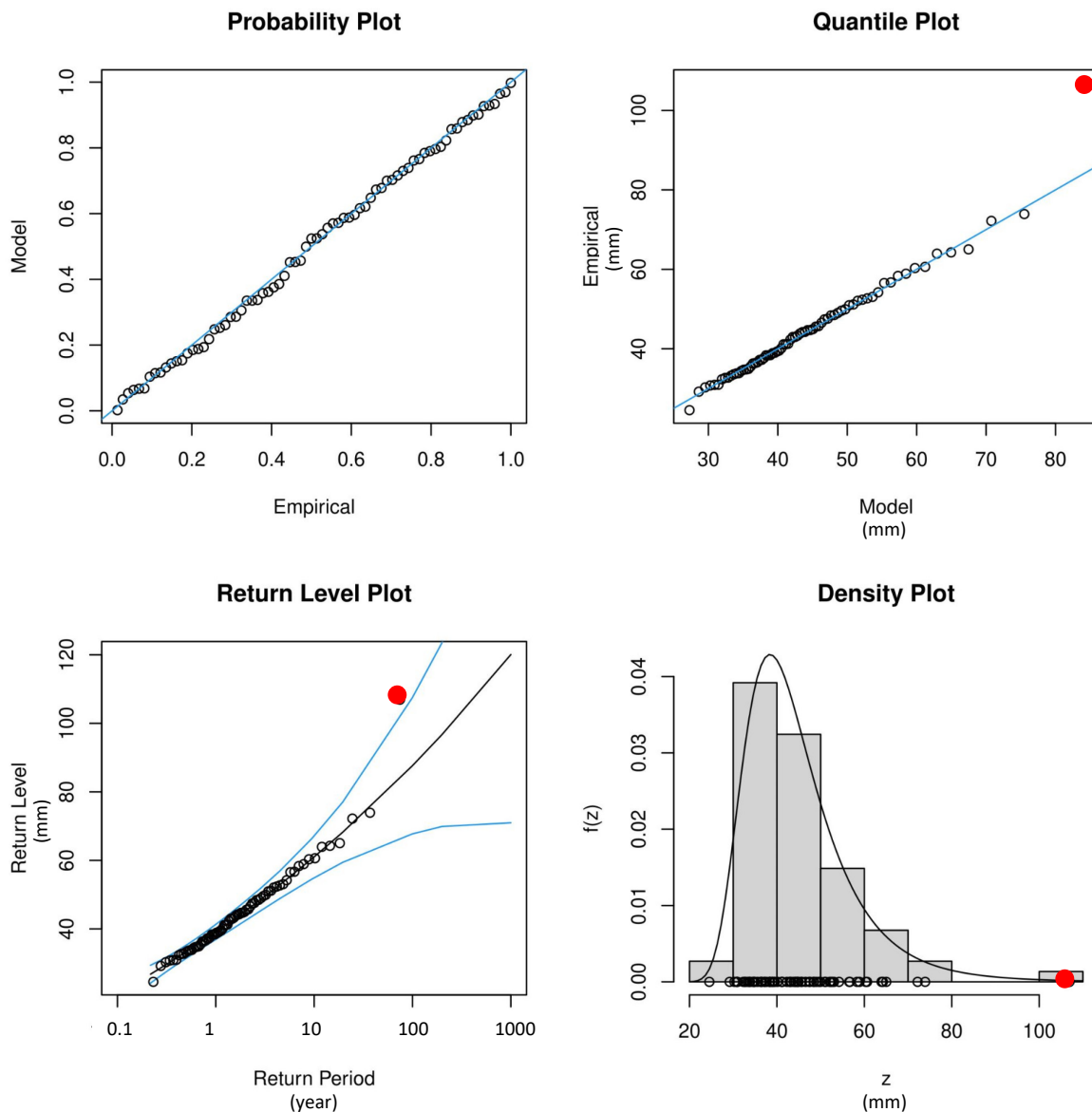


Figuur A4. Idem als in Figuur A1, maar dan voor het Zennebekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996

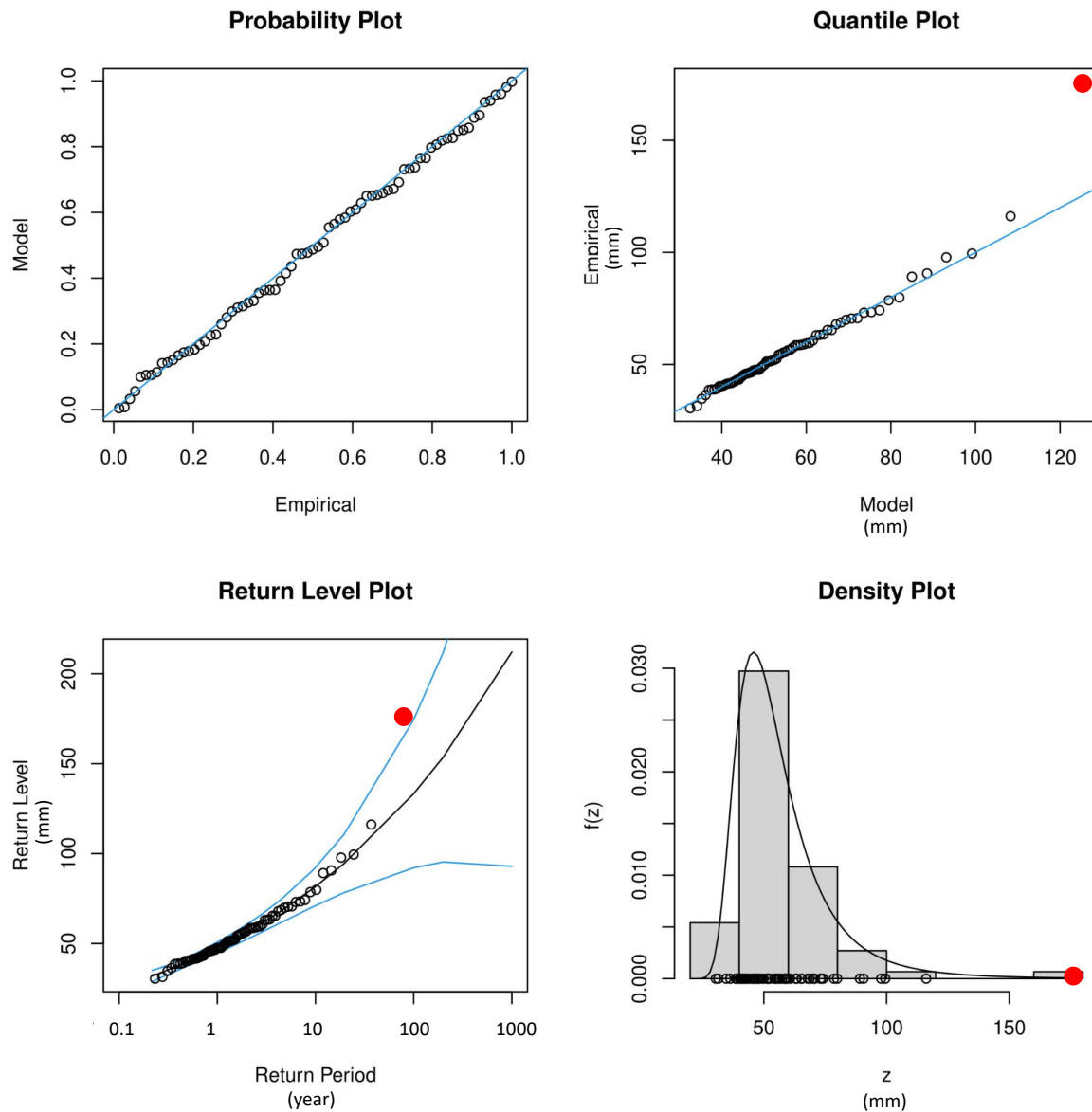


Figuur A5. Idem als in Figuur A1, maar dan voor het Denderbekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996

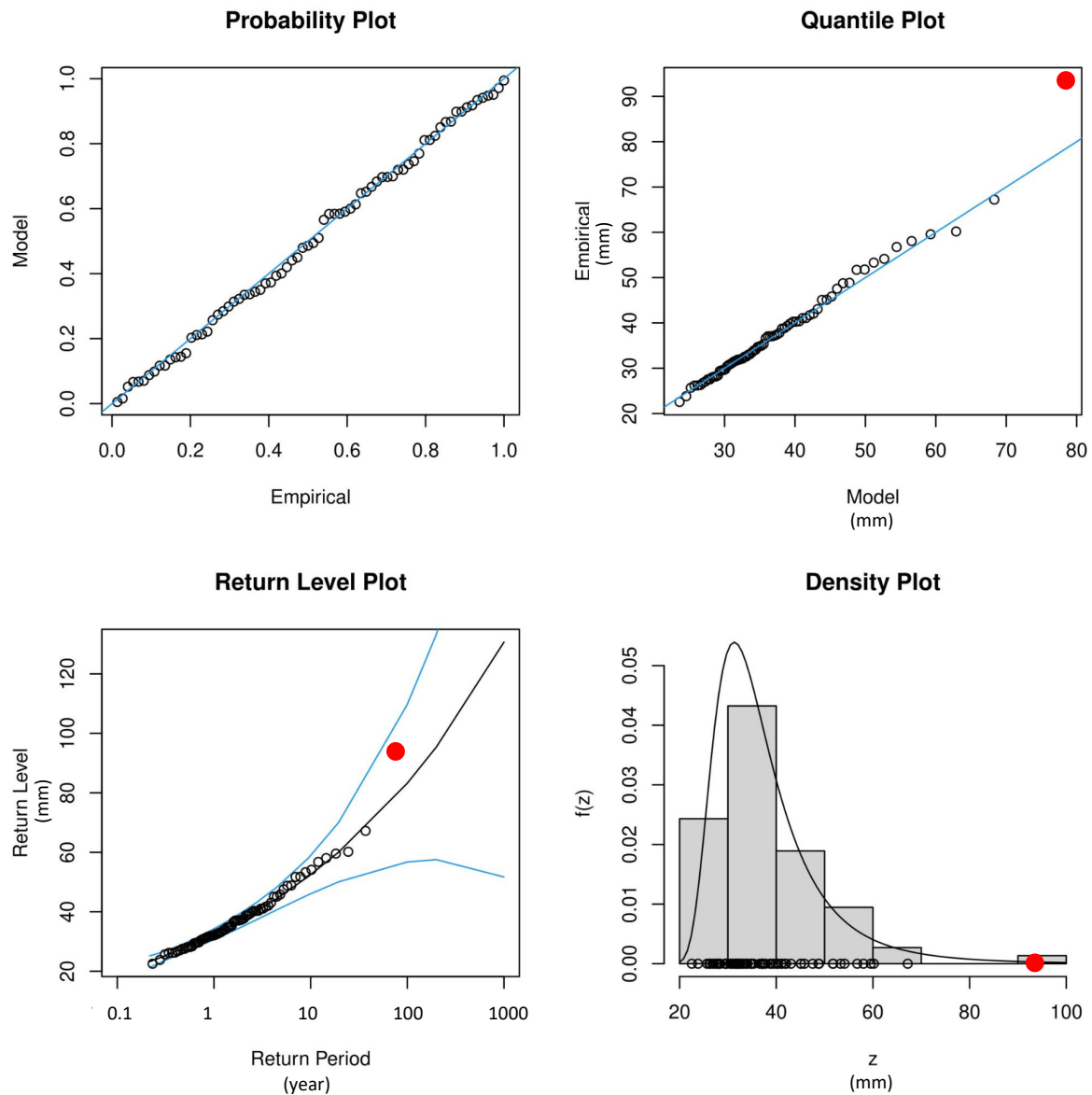
Appendix B Diagnostische plots voor de extreme waarde verdeling



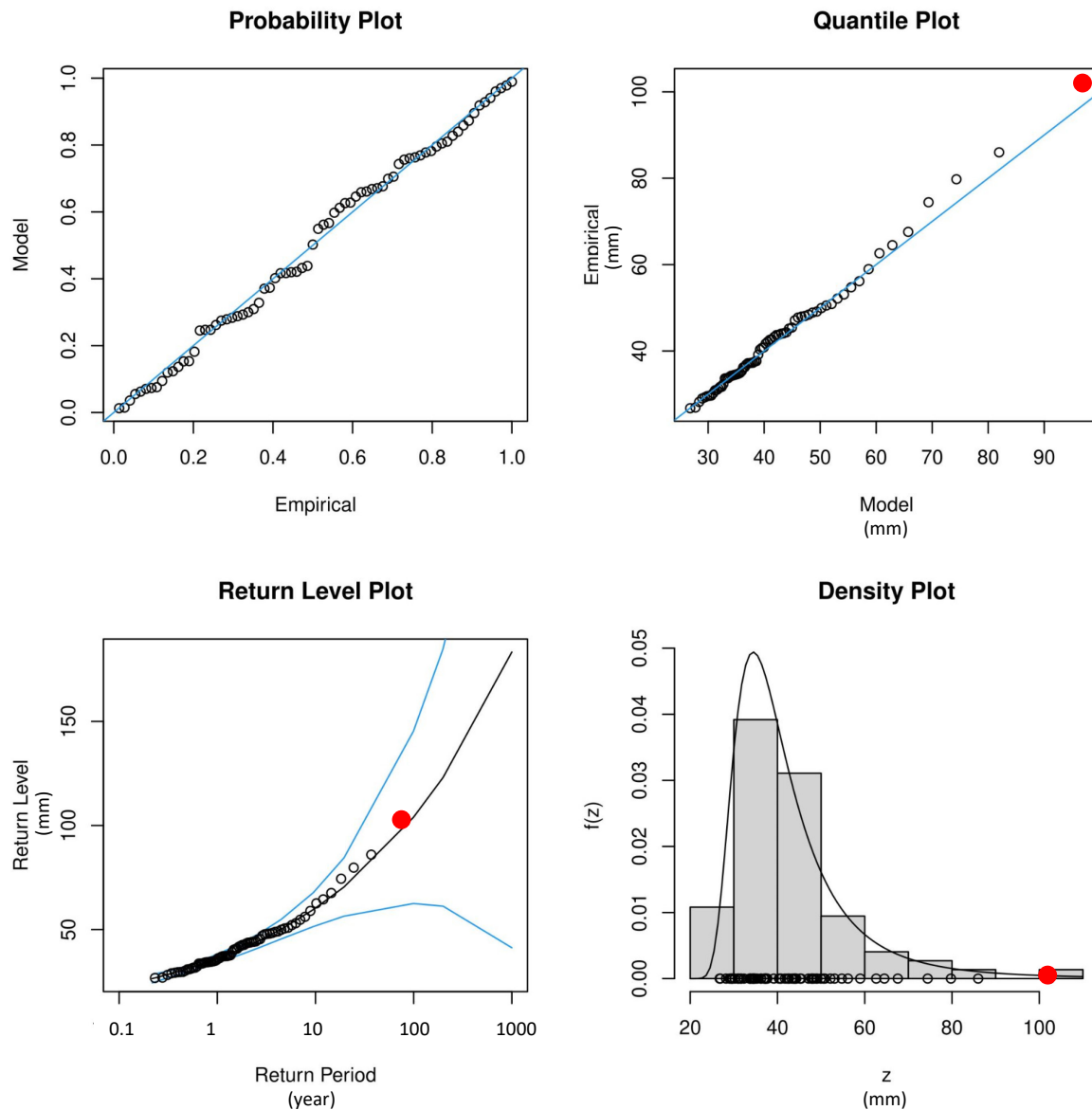
Figuur B1. Diagnostische plots voor de GEV-fit op de jaarlijks maxima van tweedagelijkse neerslag over het Maasbekken (1951–2024). De neerslag horende bij het rode bolletje leidde tot de juli 2021-overstroming



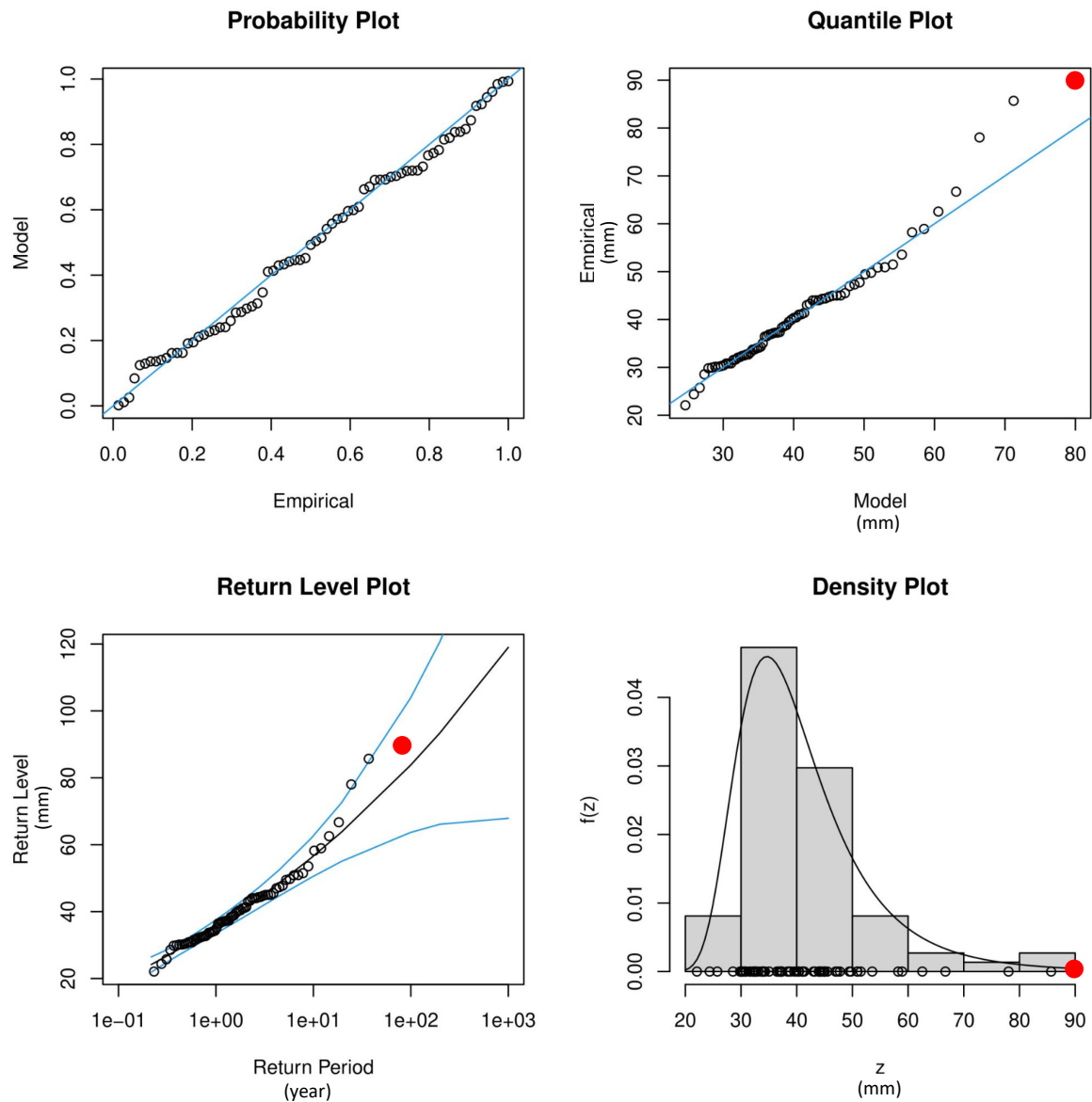
Figuur B2. Idem als in Figuur B1, maar voor het Vesderbekken.
De neerslag horende bij het rode bolletje leidde tot de juli 2021-overstroming



Figuur B3. Idem als in Figuur B1, maar voor het Scheldebekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996



Figuur B4. Idem als in Figuur B1, maar voor het Zennebekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996



Figuur B5. Idem als in Figuur B1, maar voor het Denderbekken. Het rode bolletje komt overeen met de grote neerslaghoeveelheid in augustus 1996

Tabel B1. Overzicht van dagelijkse neerslaghoeveelheden (mm) voor de verschillende beschouwde bekken op basis van de GEV-verdelingen.

Retourperiode	Beschouwde bekken binnen België				
	Schelde	Maas (opwaarts Nederland)	Vesder	Zenne	Dender
2	24.5	30.1	38.6	28	27.9
5	30.8	37.3	49.9	36.4	35.3
10	35.4	42.2	58.2	42.9	40.6
20	40.2	47.2	66.8	49.8	45.9
25	41.8	48.8	69.7	52.1	47.7
30	43.1	50.1	72.1	54.1	49.2
50	47	53.8	79	59.9	43.3
100	52.6	59	88.9	68.5	59.3
400	64.9	70	111	88.6	72.1
500	67.1	71.8	114.9	92.2	74.3

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be