

Natuur en hoogwater in de Maas

Ecologische evaluatie van gevolgen van het
zomerhoogwater van 2021 op de riviernatuur
van de Maas

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, Instituut Natuur- en Bosonderzoek
Financiering	Interreg EMR
Auteurs	Martijn Antheunisse, Frank Collas, Anniek van Diepen, Alexander Van Braeckel, Merlijn Jocque
M.m.v	Kris van Looy, Gijs Kurstjens
Datum	1 december 2023
Versie	1.1
Status	Definitief

Het EMfloodResilience-project wordt uitgevoerd in het kader van Interreg V-A Euregio Maas-Rijn en wordt voor 90% gefinancierd uit het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling.



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

INSTITUUT
NATUUR- EN
BOSONDERZOEK



Vlaanderen
is wetenschap



Samenvatting

Het zomerhoogwater van juli 2021 in het stroomgebied van de Maas was uniek in omvang en moment. Als onderdeel van het project EMFloodResilience – medegefinancierd door Interreg Euregion Maas – zijn de gevolgen van deze gebeurtenis voor de riviernatuur onderzocht. Er zijn gegevens verzameld over soorten en gemeenschappen van het terrestrische milieu (het winterbed) en het aquatische milieu (het zomerbed) van de Gemeenschappelijke Maas. De informatie is zowel afkomstig van reguliere monitoring voorafgaand aan het zomerhoogwater, als reguliere en incidentele monitoring in de twee jaar na die gebeurtenis. Ondanks de beperkingen van de beschikbare gegevens, met name het relatief lage aantal datapunten in ruimte en tijd, is het toch mogelijk gebleken uitspraken te doen over de gevolgen van de extreme gebeurtenis voor de natuur in en om de Gemeenschappelijke Maas. Er kan geconcludeerd worden dat er relatief kortdurende (negatieve) effecten opgetreden zijn op soortenrijkdom en abundantie van bijvoorbeeld vissen en waterplanten, maar vooral dat er veel positieve ontwikkelingen zijn. Het gaat dan om de vestiging van bijzondere soorten en het ontstaan van nieuwe (waardevolle) habitattypen. De geobserveerde veerkracht van het ecosysteem en zijn bewoners, samen met het creëren van nieuw habitat en het bevorderen van soortendiversiteit, onderstreept het belang van natuurlijke dynamische processen in riviersystemen voor het behoud van biodiversiteit. Het is aan rivier- en natuurbeheerders om de rivier zo te beheren (en in te richten) dat maximaal van de aanwezige potentie gebruik gemaakt kan worden. Om dit goed te kunnen doen is het beschikken over voldoende en de juiste gegevens essentieel. Hiervoor is het gewenst de reguliere monitoring te herzien en (mogelijk) te intensiveren en gericht data te verzamelen na of tijdens extreme gebeurtenissen, zoals hoogwater, maar ook bijvoorbeeld extreme droogte.

Summary

The July 2021 summer flood in the Meuse basin was unique in size and timing moment. As part of the EMFloodResilience project, co-funded by Interreg Euregion Meuse, the effects of this event on riverine nature have been investigated. Data were collected on species and species communities in the floodplain as well as the aquatic environment in the cross-boundary Border Meuse of the Common Meuse. The data was derived from both regular monitoring prior to the summer flood event and regular and occasional monitoring in the two years following the event. Despite the limitations of the data available, especially low number of data points in space and time, it was still possible to draw conclusions on the impact of the extreme event on the natural environment in and around the Border Meuse. Relatively short-lived negative effects occurred on species richness and abundance of, for example, fish and aquatic plants. For the terrestrial environment, mainly positive developments were identified. These include the establishment of characteristic species and the creation of new habitat types. The observed resilience of the ecosystem and its inhabitants, together with the creation of new habitat and the increase of species diversity, underlines the importance of natural dynamic processes in river systems for biodiversity conservation. This underlines the challenge for river and nature managers to manage the river in such a way that this potential can be maximized. To do this properly, they should have sufficient and correct data at their full disposal. Therefore, regular monitoring should be reviewed and (possibly) intensified, and specific data should be collected after or during extreme events, such as flood events, but also extreme droughts and low flows, for instance.




Résumé

La crue estivale de juillet 2021 dans le bassin de la Meuse a été unique par son ampleur et sa chronologie. Dans le cadre du projet EMFloodResilience, cofinancé par l'Interreg Euregion Meuse, les effets de cet événement sur la nature de la rivière ont été étudiés. Des données ont été collectées sur les espèces et les communautés dans la plaine d'inondation et sur l'environnement aquatique dans la limite transfrontalière de la Meuse commune. Les données proviennent d'un suivi régulier avant l'inondation estivale et d'un suivi régulier et occasionnel au cours des deux années qui ont suivi l'inondation. Malgré les limites des données disponibles, en particulier le petit nombre de points de données dans l'espace et dans le temps, il a été possible de tirer des conclusions sur l'impact de l'événement extrême sur l'environnement naturel dans et autour de la frontière de la Meuse. Des effets négatifs relativement brefs ont été observés sur la richesse et l'abondance des espèces, telles que les poissons et les plantes aquatiques. En ce qui concerne le milieu terrestre, des évolutions positives ont été identifiées. Il s'agit notamment de l'établissement d'espèces caractéristiques et de la création de nouveaux types d'habitats. La résilience observée de l'écosystème et de ses habitants, ainsi que la création de nouveaux habitats et l'augmentation de la diversité des espèces, soulignent l'importance des processus dynamiques naturels dans les systèmes fluviaux pour la conservation de la biodiversité. Les gestionnaires des rivières et de la nature doivent donc relever le défi de gérer les rivières de manière à maximiser ce potentiel. Pour ce faire, ils ont besoin de données suffisantes et correctes. C'est pourquoi la surveillance régulière doit être revue et (éventuellement) intensifiée, et des données spécifiques doivent être collectées après ou pendant des événements extrêmes, tels que les inondations, mais aussi les sécheresses extrêmes et les faibles débits, par exemple.

Zusammenfassung

Das Sommerhochwasser im Juli 2021 im Einzugsgebiet der Maas war einzigartig in Bezug auf Ausmaß und Zeitpunkt. Im Rahmen des EMFloodResilience-Projekts, das von Interreg Euregion Meuse kofinanziert wird, wurden die Auswirkungen dieses Ereignisses auf die Flussnatur analysiert. Es wurden Daten über Arten und Artengemeinschaften in der Aue sowie in der aquatischen Umwelt in der grenzüberschreitenden Gemeinsamen Maas gesammelt. Die Daten stammen sowohl aus der regelmäßigen Überwachung vor dem Sommerhochwasserereignis als auch aus der regelmäßigen und gelegentlichen Überwachung in den beiden Jahren nach dem Ereignis. Trotz der Beschränkungen der verfügbaren Daten, insbesondere der geringen Anzahl von Datenpunkten in Bezug auf Raum und Zeit, war es dennoch möglich, Schlussfolgerungen über die Auswirkungen des Extremereignisses auf die natürliche Umwelt in und um die Maas zu ziehen. Negative Auswirkungen auf den Artenreichtum und die Abundanz von z.B. Fischen und Wasserpflanzen traten nur für eine relativ kurze Zeit auf. Für die terrestrische Umwelt wurden vor allem positive Entwicklungen beobachtet. Dazu gehört die Etablierung charakteristischer Arten und die Schaffung neuer Lebensraumtypen. Die beobachtete Widerstandsfähigkeit des Ökosystems und seiner Bewohner sowie die Schaffung neuer Lebensräume und die Zunahme der Artenvielfalt unterstreichen die Bedeutung der natürlichen dynamischen Prozesse in Flusssystemen für die Erhaltung der biologischen Vielfalt. Dies unterstreicht die Herausforderung für Fluss- und Naturmanager, den Fluss so zu bewirtschaften, dass dieses Potenzial maximiert wird. Um dies richtig zu tun, sollten sie über ausreichende und genaue Daten verfügen. Daher sollte die regelmäßige Überwachung überprüft und (möglicherweise) intensiviert werden, und es sollten spezifische Daten nach




oder während extremen Ereignissen wie Überschwemmungen, aber auch extremen Dürreperioden und Niedrigwasser gesammelt werden.



Inhoudsopgave

Colofon	2
Samenvatting.....	3
Summary.....	3
Résumé	4
Zusammenfassung.....	4
Inhoudsopgave	6
1. Inleiding	8
1.1 Hoogwater juli 2021	8
1.2 Interreg EMFloodResilience	9
1.3 Achtergrond: hoogwater en natuur	10
1.4 Onderzoeksvragen.....	14
2. Het terrestrische milieu.....	15
2.1 Beschikbare gegevens	15
2.2 Resultaten.....	15
2.3 Interpretatie	17
3. Het aquatische milieu	20
3.1. Vis	20
3.1.1 Data en dataverzameling.....	20
3.1.2 Resultaten.....	20
3.1.3 Interpretatie	24
3.2. Macrofauna	24
3.2.1 Data en dataverzameling.....	24
3.2.2 Resultaten.....	24
3.2.3 Interpretatie	26
3.3 Waterplanten	26
3.3.1 Data en dataverzameling.....	26
3.3.2 Resultaten.....	27
3.3.3 Interpretatie	28
4 Ontsluiting (historische) natuurgegevens	30
4.1 Workshops.....	30
4.2 Uitkomsten en vervolg	30
5 Synthese	31
5.1 Terrestrisch milieu.....	31
5.2 Aquatisch milieu	31
5.3 Algemene conclusies en aanbevelingen.....	32



5.3.1 Beantwoording onderzoeksvragen	32
5.3.2 Aanbevelingen voor aanvullende monitoring en onderzoek	33
6. Referenties	34
Bijlage 1. Notulen workshops.....	38

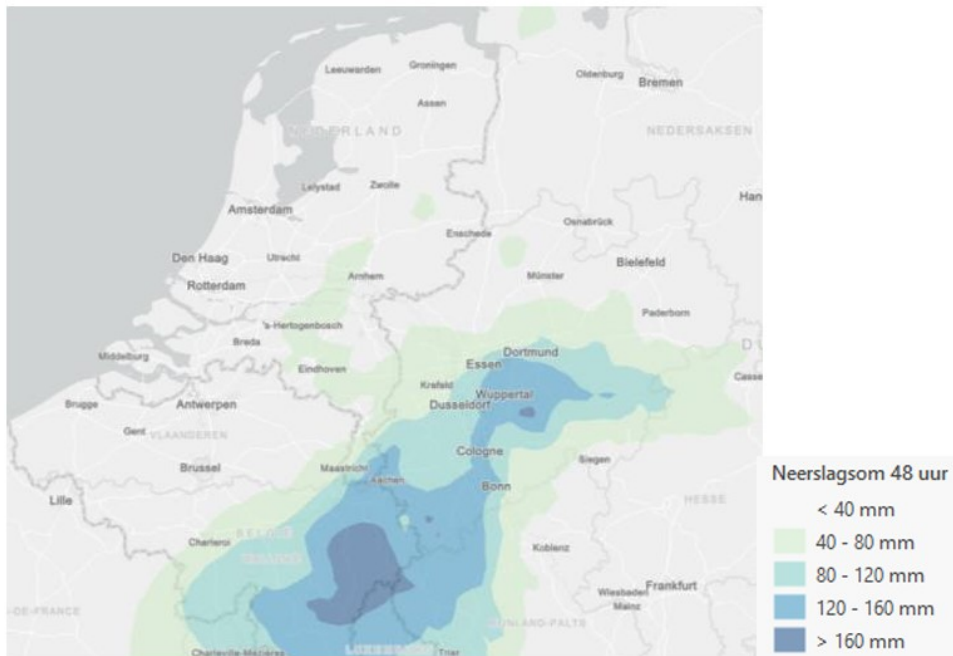
1. Inleiding

In deze rapportage worden de resultaten gepresenteerd en besproken van onderzoeken naar de effecten op de natuurwaarden van het extreme zomerhoogwater in het Maasstroomgebied in juli 2021 in de Gemeenschappelijke Maas. Het onderzoek is gefinancierd door Interreg Euregion Maas binnen het EMFloodResilience project (2022 – 2023). Dit onderzoek is door Rijkswaterstaat en het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek uitgevoerd, in samenwerking met regionale partners en ondersteund door het team van Maas in Beeld.

In het project zijn zowel de gevolgen voor de natuur in het winterbed (de weerden) en de rivier zelf (het zomerbed) bestudeerd. Het gaat om zowel de directe fysieke gevolgen van hoogwater en bijkomende hoge stroomsnelheden op riviernatuur, als ook de langdurige gevolgen van ingrijpende veranderingen in habitat en habitatkwaliteit. Speciale aandacht is gegaan naar specifieke groepen zoals Natura 2000 habitatsorten en invasieve uitheemse soorten.

1.1 Hoogwater juli 2021

Een zeer groot en intensief regengebied ('waterbom') in een deel van het stroomgebied van de Maas (en Rijn) - met name in de Eifel en Ardennen - veroorzaakte catastrofale overstromingen in Luxemburg, Duitsland, België en Nederland. Naast een groot verlies aan mensenlevens in met name Duitsland en België was er ook sprake van een miljardenschade en langdurige ontwrichting van lokale economieën en samenlevingen (Barneveld et al. 2022; ENW, 2021).



Figuur 1. 48-uur neerslagsom juli 2021 in de (midden)stroomgebieden van Maas en Rijn (Uit: De Bruijn & Slager, 2022)

Op 13 en 14 juli 2021 werd een groot gebied getroffen door neerslag tot 200 mm (Lehmkuhl et al. 2022; figuur 1). Deze hoeveelheid regenval is buitengewoon, met op sommige plaatsen een kans op voorkomen van minder dan 0,1% per jaar. Naast grootschalige en catastrofale


overstroming in zijrivieren (onder andere de Vesdre in België en de Ahr in Duitsland) leverde dit ook een zeer hoge afvoer op in de Maas. Bij het Nederlandse meetpunt St. Pieter werd tijdens de avond van 15 juli een maximale afvoer 3260 m³/s gemeten. Sinds de start van de metingen (1911) is dit de hoogst gemeten afvoer, met een herhalingsijd van ongeveer 120 jaar maar vele malen hoger dan gangbaar voor het zomerseizoen. Onder meer door de uitgevoerde Maaswerken (in Nederland) en vergelijkbare maatregelen in België waren de waterstanden lager dan tijdens de (winter)hoogwaters van 1993 en 1995. Ook de relatief korte (steile) hoogwatergolf maakte dat waterstanden verder benedenstrooms door topvervlakking snel minder extreem waren (ENW, 2021). Toch waren er ook in de Gemeenschappelijke Maas grote gevolgen: door zeer hoge stroomsnelheden, op plekken meer dan 5 m/s, erodeerde er meer dan 400.000 m³ sediment, primair zand, uit het zomerbed. Dit materiaal is vervolgens stroomafwaarts in het winterbed weer afgezet. Dit had tot gevolg dat op meerdere plekken de structurele integriteit van leidingen en kades en keringen in gevaar kwam. Tevens werden grote hoeveelheden atypisch (grof) zwerfvuil meegevoerd door de rivier en gedeponeed in het winterbed.



Figuur 2. Vele honderden afvalcontainers afkomstig uit het stroomgebied van de Vesdre in Wallonië kwamen terecht in het winterbed langs de Maas, zoals hier bij Bosscherveld tussen Maastricht en Smeermaas (Foto: Rijkswaterstaat).

1.2 Interreg EMFloodResilience

In aanvulling op een reeks evaluaties in opdracht van (individuele) betrokken instanties (Bakker et al., 2022; COT, 2022; ENW, 2021) heeft Interreg Euregio Maas-Rijn (EMR) een overkoepelende evaluatie gefinancierd (EMFR, 2023). De elf partners in het project EMFloodResilience (EMFR) willen beter voorbereid zijn op de volgende extreme overstroming en daarmee toekomstig verlies van levens voorkomen en de sociaaleconomische schade beperken. Het is duidelijk dat er meer kennis nodig is omtrent hoe rivieren en beken reageren op hevige neerslag, welke parameters hier een grote rol spelen, controleren of beïnvloeden en wat dit betekent voor specifieke geografische regio's.




Het project helpt producten te ontwikkelen of te verbeteren waar de autoriteiten en waterbeheerders in de Euregio grote en dringende behoefte aan hebben om de gevolgen in de toekomst, bij vergelijkbare gebeurtenissen als in 2021, te beperken. Dit project wordt medegefinancierd door Interreg EMR, een financieringsprogramma van de Europese Unie.

Een van de onderdelen van EMFR is de evaluatie van de impact van onder andere hoogwater op riviernatuur. Dit rapport beschrijft dat specifieke onderdeel van het overkoepelende project: op basis van bestaande en nieuw verkregen data is een analyse gedaan van de effecten en veranderingen in terrestrische en aquatische vegetatie als gevolg van de overstroming en de verspreiding van belangrijke planten- en diersoorten en invasieve plantensoorten. Deze aspecten leiden in gezamenlijkheid tot aanbevelingen voor natuur- en waterbeheerders. Hierbij is gebruik gemaakt van bestaande monitoringsgegevens, zijn nieuwe data ingewonnen (Hoofdstuk 2 en 3) en is met workshops aandacht geschonken aan het boven tafel krijgen van informatie (data en inzichten) van partners en overige stakeholders (Hoofdstuk 4). Hier wordt ook gebruik gemaakt van informatie uit andere deelprojecten uit EMFR (Hoofdstuk 5), zoals het effect van natuur(ontwikkeling) op hoogwater (Van Dongen, 2023) en een Decision Support Tool (DST) ontwikkeld door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) (Van Braeckel & Jocque, 2023).

1.3 Achtergrond: hoogwater en natuur

Hoogwater is een essentieel element van rivierecosystemen (Jurajda et al., 2006; Talbot et al., 2018). De natuurlijke afwisseling van hoogwater en droogte zorgt voor een zeer dynamisch systeem: vooral het winterbed, dat het ecotoop tussen aquatische- en terrestrische habitattypen vormt, is voortdurend aan verandering onderhevig (Stanford et al., 2018; Ward et al., 1999). Door constante fluctuaties in waterstand kunnen terrestrische en aquatische organismen dezelfde locaties gebruiken op andere momenten, waardoor ecosystemen in het winterbed tot de meest biodiverse en productieve systemen op aarde behoren (Tockner & Stanford, 2002). De natuurlijke frequentie, duur en het seizoen van hoogwatergebeurtenissen geven vorm aan het landschap en de gemeenschappen die in deze ecosystemen leven, en zijn daarom cruciaal voor het behouden van dynamiek en diversiteit (Jurajda et al., 2006; Talbot et al., 2018). Natuurlijke hoogwaters kunnen onder andere gunstige effecten hebben op de grondwaterstand, het creëren van nieuw habitat, de groei en diversiteit van riviergebonden planten soorten, en populaties van lokale vissoorten (Kozłowski, 2002; Talbot et al., 2018).

De intensiteit van hoogwaters wordt beïnvloed door de hoeveelheid water die wordt aangevoerd, bijvoorbeeld door neerslag, en de reactie van het riviersysteem op deze verhoogde aanvoer (Charlton, 2008). Verschillende factoren bepalen deze reactie, waaronder de geologie en topografie van het gebied, de intensiteit en duur van de neerslag, het landgebruik, en de aanwezige vegetatie. Wanneer neerslag verder van de rivier valt, wordt de weg die het water naar de rivier aflegt mede bepaald door de infiltratie en verzadiging van de bodem, en de permeabiliteit van het grondgesteente (Charlton, 2008; Ponting et al., 2021). Als de bodem een lage infiltratiecapaciteit heeft, door bijvoorbeeld bebouwing of door de aanwezigheid van klei- of leemgrond, bereikt overtollig water als bovengrondse stroom sneller de rivier. Ook als de grond snel is verzadigd of de ondergrond weinig permeabel is, treedt een heviger en abruptere hoogwaterpiek op. Vegetatie daarentegen onderschept oppervlakkige afvoer, verhoogt infiltratiecapaciteit van de bodem en neemt water op (Charlton, 2008). Ontbossing, landbouw, en bebouwing kunnen dus ook



bijdragen aan snellere en sterkere pieken. De voorspelde toename in duur en hevigheid van neerslag door klimaatverandering versterkt deze effecten, en kan leiden tot frequentere en zwaardere overstromingen (Banach et al., 2009; Ponting et al., 2021).

Hoe heviger het hoogwater, hoe groter het effect op de geomorfologie van het riviersysteem (Charlton, 2008). Extreem hoogwater wordt vaak gekenmerkt door hoge stroomsnelheden en afvoer, waardoor veel energie beschikbaar is voor morfologische processen (Lorang & Hauer, 2018). Dit kan in verschillende mate leiden tot herinrichting van het landschap: meer energie verhoogt de erosie- en transportcapaciteit van de rivier, en leidt tot meer depositie stroomafwaarts (Yousefi et al., 2018). Afhankelijk van de fysieke kenmerken van de rivier, kan dit resulteren in landschap-specifieke veranderingen zoals erosie van grindeilanden en depositie van nieuwe grindeilanden stroomafwaarts (zie figuur 3), het verbreden van stromen, en migratie van meanders (Lorang & Hauer, 2018; Yousefi et al., 2018). Gewoonlijk leiden morfologische veranderingen veroorzaakt door een extreem hoogwater tot efficiëntere afvoer bij volgende hoogwaters, met als gevolg dat veranderingen minder extreem zijn wanneer meerdere hoogwaters elkaar opvolgen (Guan et al., 2016).

De rivier kan zich ook zijdelings uitbreiden, wat voor minder hevige erosie zorgt en hoofdzakelijk depositie teweegbrengt (Jurajda et al., 2006). Depositie van sediment en organisch materiaal in het winterbed brengt nieuw substraat en voedingsstoffen voor de plantgemeenschap, maar kan ook vervuiling aanvoeren en de bodem contamineren (Lorang & Hauer, 2018; Ponting et al., 2021). Met name het winterbed direct stroomafwaarts van bebouwing en industrie kan extra belast worden met verontreinigende stoffen, die worden meegevoerd met fijn sediment (Ponting et al., 2021). Deze stoffen worden vastgelegd in de toplaag van de bodem, en kunnen nadelige effecten hebben planten en dieren wanneer ze worden opgenomen in het voedselweb. Door toenemende frequentie van extreme hoogwaters, kunnen deze opgeslagen verontreinigingen weer in beweging worden gebracht en zich vervolgens verder in riviersysteem verspreiden (Ponting et al., 2021).

Hoogwater en het terrestrische milieu


De soortensamenstelling van een gebied wordt bepaald door een combinatie van de beschikbare habitats (afhankelijk van abiotische condities en onderliggende processen), en de aanvoer – of migratie - van soorten (Charlton, 2008). De dynamiek in het winterbed zorgt voor een mozaïek van (micro)habitattypen, gekenmerkt door vegetatie in verschillende successiestadia, en variatie (in de tijd) van de habitatsstructuur (Lorang & Hauer, 2018). Hoogwaters verhogen over het algemeen de heterogeniteit van het habitat, maar de specifieke reactie van het ecosysteem is afhankelijk van de kenmerken van het gebied: de staat van het ecosysteem vóór het hoogwater is potentieel net zo belangrijk als de eigenschappen van het hoogwater zelf (Bischoff & Wolter, 2001; Talbot et al., 2018).



Figuur 3. Grootschalige sedimentatie van grovere (grind) en fijnere (zand) fracties op de oevers van de Gemeenschappelijke Maas na het hoogwater van juli 2021 (Foto: Rijkswaterstaat).

De afwisseling tussen hogere en lagere waterstanden zijn belangrijk voor de groei en diversiteit van riviergebonden vegetatie (Kozłowski, 2002). Periodiek hoogwater van gemiddelde intensiteit voorkomt verdroging door de grondwaterstand te verhogen, zorgt voor aanvoer van voedingsstoffen, en brengt nieuw substraat voor zaailingen (Kozłowski, 2002; Talbot et al., 2018). Tevens krijgen soorten de kans om nieuwe delen van het winterbed te koloniseren door verplaatsing van zaden en vegetatieve delen (Beltman et al., 2007). Extreem hoogwater met hoge stroomsnelheden kan echter de vegetatie beschadigen en wegspoelen, successie in het gebied terugzetten, en de gemeenschapsstructuur veranderen (Banach et al., 2009; Beltman et al., 2007). Ook is langdurige inundatie nadelig voor vegetatie: de afname van zuurstof in de verzadigde bodem onderdrukt fotosynthese, groei, en kieming, tast wortels aan door verspreiding van ziektes en schimmels, en leidt tot minder efficiënt metabolisme (Kozłowski, 2002). De opbouw van koolstofdioxide, methaan, en stikstof zorgt voor verdere verstikking van wortels, en populaties van functionele groepen voor koolstof- en nutriëntencycli zoals regenwormen en mycorrhiza-schimmels nemen af (Ponting et al., 2021).

Tolerantie voor hoogwater is een bepalende factor voor de verspreidings-gradiënt van plantsoorten in het winterbed (Van Eck et al., 2004). Soorten met een hogere tolerantie herstellen sneller en verliezen minder biomassa per dag inundatie (Kozłowski, 2002). Deze soorten vertonen diverse adaptaties om overleving en herstel ten goede te komen, zoals aerenchym-weefsel en het vormen van lenticellen. De verspreiding van soorten in het winterbed laat vaak een laterale gradiënt zien (haaks op de stroomrichting van de rivier): de ondergrenzen van de verschillende soorten zijn afhankelijk van tolerantie voor hoogwater, en de bovengrenzen van tolerantie voor droogte (Van Eck et al., 2004). Zomerhoogwaters




hebben doorgaans meer effect op de vegetatie, en zijn bepalender voor de verspreiding dan winterhoogwaters, door het samenvallen met het groeiseizoen, verhoogde temperaturen, en hogere microbiële activiteit (Beltman et al., 2007; Van Eck et al., 2004).

De respons van terrestrische dieren op hoogwater is moeilijk te generaliseren, en wordt beïnvloed door veel verschillende factoren, zoals de kenmerken van de soort (bijvoorbeeld het vermogen om zich over grotere afstanden te verplaatsen), kenmerken van het hoogwater (duur, diepte, snelheid waarmee het water stijgt), habitatsstructuur (zoals aanwezigheid van refugia), en de temperatuur (Zhang et al., 2021; Balčiauskas et al., 2012; Balčiauskas & Balčiauskienė, 2022). Over het algemeen worden vogels het minst beïnvloed door de effecten van hoogwater, omdat ze makkelijk hoger gelegen locaties kunnen bereiken (Zhang et al., 2021). Hoogwater heeft voor (water)vogels vaak zelfs positieve effecten: verspreide populaties komen samen in overstroomde gebieden om te profiteren van aangevoerd voedsel, en om voort te planten (Poiani, 2006). Hoewel in het broedseizoen nesten kunnen worden weggespoeld, zijn vogels door hun opportunistische voortplantingsstrategieën goed aangepast aan onvoorspelbare condities zoals hoogwaters. Ook amfibieën en reptielen worden relatief weinig beïnvloed door hoogwater, doordat het goede zwemmers zijn, maar afhankelijk van het moment van het hoogwater kunnen dieren in winterslaap of jonge dieren worden weggespoeld (Zhang et al., 2021). Voor insecten is de timing van het hoogwater evenzeer cruciaal, omdat terrestrische larven minder overlevingskansen hebben dan volwassen insecten met het vermogen om te vliegen. De diversiteit en abundantie van macrofauna in de bodem worden negatief beïnvloed net na een hoogwater: opportunistische en aangepaste soorten worden dominant in de gemeenschap (Plum, 2005, in Balčiauskas, 2012). Kleine zoogdieren kunnen over het algemeen moeilijk weggkomen bij hoogwater, en populaties dalen dikwijls door verdrinking, voedseltekort, en een toename in predatie door minder beschikbare beschutting (Chamberlain & Leopold, 2003). Het herstel van populaties kleine zoogdieren is erg afhankelijk van de soort, en van het karakter van het hoogwater, maar kan al in enkele maanden gebeuren (Balčiauskas & Balčiauskienė, 2022).

Hoogwater en het aquatische milieu

Hoge afvoeren in aquatische ecosystemen kunnen effect hebben op doorzicht van het water, zuurstofconcentratie, pH, voedingsstoffen en sedimentvracht (Talbot et al., 2018). De verscheidenheid in waargenomen effecten vloeit voort uit de geologische en morfologische eigenschappen van het gebied en de intensiteit en duur van het hoogwater. Dit heeft op haar beurt uiteenlopende gevolgen heeft voor de ecosystemen die onder invloed staan van de rivier. Kleine, periodieke hoogwaters kunnen bijvoorbeeld zorgdragen voor toevoer van voedingsstoffen en daarmee de primaire productie van het ecosysteem verhogen zonder grote impact op het functioneren van het voedselweg, maar te veel aanvoer of mobilisatie van voedingsstoffen kan leiden tot algenbloei met grote effecten voor verschillende trofische niveaus.

Wat betreft de biota in rivierecosystemen, worden vooral benthische macro-invertebraten zwaar getroffen door extreme hoogwatergebeurtenissen (Chattopadhyay et al., 2021; Death, 2008; Piniewski et al., 2016). Wanneer de stroomsnelheid en erosieve krachten (*shear stress*) toenemen, kunnen ongewervelden worden weggespoeld of verpletterd door substraat (Chattopadhyay et al., 2021; Death, 2008). De mate waarin de gemeenschap wordt aangetast is onder andere afhankelijk van de aanwezigheid van refugia: wanneer individuen zich naar veilige plekken kunnen verplaatsen, overleven meer populaties het hoogwater en



herstelt de gemeenschap zich sneller (Death et al., 2008). Over het algemeen is de hersteltijd voor macro-invertebraten kort, maar wanneer het hoogwater veranderingen heeft aangebracht aan de structuur van habitat – zoals substraatsamenstelling - is herstel langzamer of zelfs onmogelijk (Piniewski et al., 2016). (Re)Kolonisatie wordt gefaciliteerd door drift, vanuit de lucht en soor het water (Death, 2008). De verhoogde connectiviteit door het ondergelopen winterbed kan hierbij positief werken voor populaties ongewervelden (Piniewski et al., 2016). Over het algemeen is het effect van hoogwater (en de bijbehorende hersteltijd) taxaspecifiek en gerelateerd aan unieke aanpassingen en strategieën: eendagsvliegen, kriebelmuggen, en vedermuggen zijn bijvoorbeeld vaak dominanter na hoogwaters, en weekdieren, kokerjuffers, vlokreeften, platwormen en sommige Hydropsychidae zijn juist gevoelig voor lokaal uitsterven (Chattopadhyay et al., 2021; Death, 2008).

Het effect van hoogwater op vispopulaties is minder eenduidig en doorgaans minder negatief dan op bentische macro-invertebraten (Piniewski et al., 2016; Talbot et al., 2018). Ook voor vissen is de aanwezigheid van refugia, zoals (natuurlijke) uiterwaardwateren cruciaal. De grootste uitspoelings-effecten worden waargenomen in homogene habitattypen (Bischoff & Wolter, 2001). Gevolgen van hoogwater verschillen per cohort: doordat jonge vissen nog weinig zwemkracht hebben, wordt het 0+ cohort (*young of the year; YoY*) sterker aangetast dan de grotere, volwassen vissen. Het effect verschilt eveneens per gilde. Reofiele vissen zijn beter aangepast aan hoge stroomsnelheden dan eurytope en limnofiele soorten, en worden minder makkelijk stroomafwaarts meegevoerd. Het karakter en het moment van het hoogwater hebben tevens sterke invloed op de reactie van de visgemeenschap. Laterale overstromingen zijn bijvoorbeeld minder destructief dan sterk erosieve hoogwaters, en verhogen de connectiviteit in het winterbed (Jurajda et al., 2006). Vissen kunnen hierdoor profiteren van nieuw habitat, nieuwe voedselbronnen, en nieuwe paaigebieden (Bischoff & Wolter, 2001; Piniewski et al., 2016).

1.4 Onderzoeksvragen

De primaire onderzoeksvraag van voorliggend onderzoek betreft de gevolgen van het hoogwater van juli 2021 op de natuur in de Gemeenschappelijke Maas en omvat de volgende delen:

1. *Hoe heeft deze gebeurtenis de natuurkwaliteit en biodiversiteit beïnvloed? Welke gevolgen en mechanismen zoals besproken in paragraaf 1.3 zijn opgetreden of zijn waargenomen?*

Dit wordt bekeken aan de hand van terrestrische habitattypen en vegetatie en specifieke soortgroepen waaronder vlinders, libellen en sprinkhanen. Voor het aquatische deel wordt gekeken naar vissen, bentische macrofauna en waterplanten.

2. *Is een onderscheid zichtbaar tussen korte en lange(re) termijn gevolgen op basis van de verzamelde (en historische) gegevens?*

Een belangrijke onderliggende vraag die ook in de workshops is behandeld:

3. *Zijn de verzamelde gegevens van voldoende kwaliteit (en spatiaal en temporeel detail) om deze vragen te beantwoorden en zo nee: hoe kan toekomstige (reguliere) monitoring hier wel in voor zien?*

Die leidt dan tot de vraag die met name voor operationeel natuur- en waterbeheer zeer relevant is:

4. *Is de impact van het hoogwater zodanig dat beheerders moeten ingrijpen om (blijvend) verlies van biodiversiteit en natuurwaarden te voorkomen?*

De verwachting (hypothese) is dat de effecten van het zomerhoogwater op van nature voorkomende soorten en soortgroepen op lange termijn overwegend positief zijn – want hoewel niet-frequent, ook dergelijke gebeurtenissen zijn onlosmakelijk verbonden met de rivier-gebonden ecosystemen (zie paragraaf 1.3). Een positieve invloed op verspreiding van invasieve soorten is echter ongewenst voor de natuurwaarde. Tevens kan voor soorten die het al moeilijk hebben een gebeurtenis als deze tot lokaal uitsterven leiden.

2. Het terrestrische milieu

De gevolgen van het zomerhoogwater van 2021 op flora en fauna van het winterbed van de Gemeenschappelijke Maas zijn in beeld gebracht door Van Looy & Kurstjens (2023). In dit hoofdstuk wordt de werkwijze en de uitkomsten hiervan samengevat – gebruik makend van de samenvatting en ondersteunende teksten in het bovengenoemde rapport. Een selectie van figuren is overgenomen in paragraaf 3.2

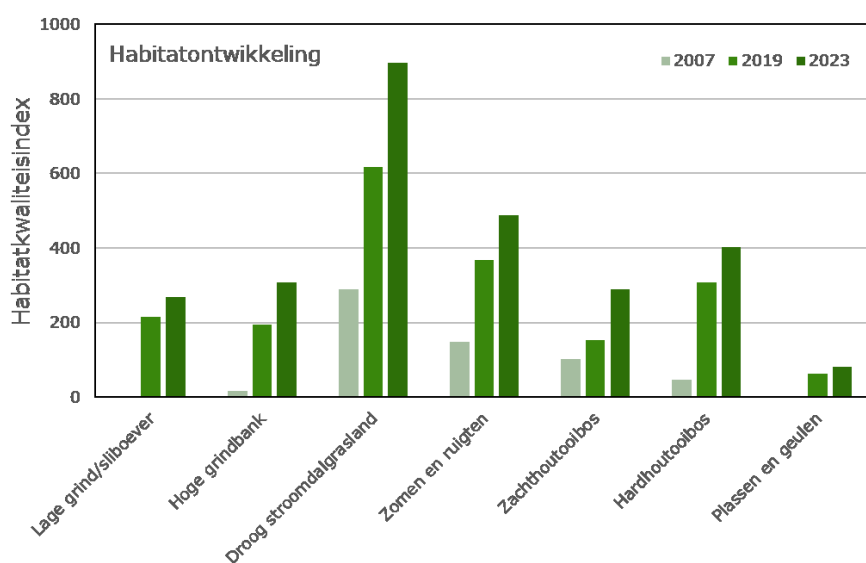
2.1 Beschikbare gegevens

De onderzochte gebieden voor Maas in Beeld liggen alle in het winterbed van de Maas en het zijn terreinen waar ecosysteemherstel en procesbeheer plaatsvindt (www.maasinbeeld.nl). Voor deze analyse zijn de langstlopende natuurontwikkelingsgebieden aan beide zijden van de Gemeenschappelijke Maas onderzocht: Hochter Bampd, Meers en Kerkeweerd-Negenoord. In 2022 en 2023 zijn de gebieden elk vijf keer bezocht in de periode mei-september en is informatie verzameld van het voorkomen van dagvlinders, libellen en bijzondere sprinkhaansoorten. Bij de flora-inventarisaties is gebruik gemaakt van een vaste lijst met indicatieve soorten: de Standaardlijst floramonitoring rivierengebied (Peters et al., 2005). Observaties zijn zo nauwkeurig mogelijk ingemeten. Ook invasieve uitheemse planten (exoten) zijn mee opgenomen.

In aanvulling op informatie uit eerdere inventarisaties in het kader van Maas in Beeld zijn gegevens uit (ander) veld- en literatuuronderzoek gebruikt. Deze informatie is ingedeeld in periode voor en na het hoogwater van 2021, en dit wordt (per gebied) ook bekeken in het perspectief van de duur (natuurlijke) ontwikkeling en beheer. Voor Maas in Beeld is een index ontwikkeld voor de biodiversiteit gebaseerd op het voorkomen van de bijzondere plantensoorten die een combinatie maakt van de soortenrijkdom en het aantal ontwikkelde habitatplekken en aantallen exemplaren van de bijzondere kensoorten (www.maasinbeeld.nl).

2.2 Resultaten

In figuur 4 is een toename te zien (na) hoogwater (tussen 2019-2023) in de kwaliteit van habitattypen en grindbanken, stroomdalgraslanden en bostypes en ook een lichte toename bij zomen & ruigten, een klein effect (op basis van kensoorten) voor de lage oevers en geulen. Hardhoutoibos toonde lokaal een sterke toename in Hochter Bampd, maar een lichte afname in Kerkeweerd-Negenoord, aangezien meerdere soorten onder afgezet sediment begraven werden en er enkele nieuwe soorten van hardhoutoibos bijkwamen.



Figuur 4. Ontwikkeling van kwaliteitsindex voor de verschillende habitattypes tijdens drie laatste Maas in Beeld inventarisaties – gezamenlijk voor de drie gebieden (naar: Van Looy en Kurstjens, 2023).

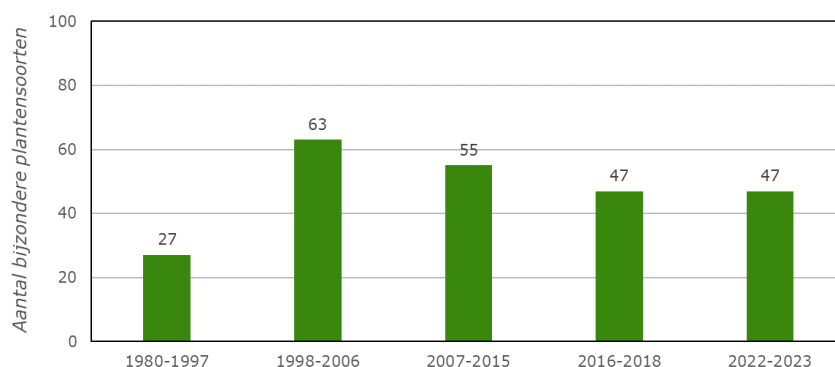
Er lijkt geen effect te zijn van het hoogwater op het totaal aantal soorten libellen, dagvlinders en sprinkhanen in de gebieden (tabel 1). De soorten die profiteren van een veranderend klimaat en zich permanent gevestigd hebben blijven het goed doen. Bij de sprinkhanen was vooral in 2022 het aantal geobserveerde individuen in het veld aanmerkelijk lager in 2022 dan in voorgaande opnames voor het hoogwater (niet weergegeven), doch in 2023 is de terugval grotendeels hersteld.

Tabel 1. Aantal soorten dagvlinders, libellen en sprinkhanen waargenomen in de drie onderzochte gebieden (naar: Van Looy en Kurstjens, 2023).

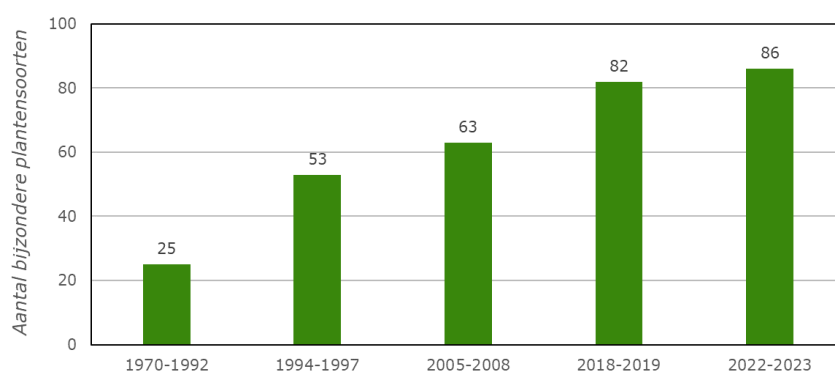
Groep	1994-1996	2006	2018-2019	2022
Libellen	18	15	31	31
Dagvlinders	20	22	29	33
Sprinkhanen	12	10	16	16

De ontwikkeling in het aantal bijzondere plantensoorten per gebied laat een gevarieerd beeld zien (figuur 5). De positieve ontwikkeling in aantal bijzondere plantensoorten in de gebieden Kerkeweerd-Negenoord en Hochter Bampd blijft in stand, waarbij er een hele reeks nieuwe bijzondere plantensoorten – onder meer van droge stroomdalgraslanden - bijgekomen zijn, maar anderen verdwenen juist. In het gebied Meers lijkt de afname van stroomdalsoorten gestopt. Soorten van (ontwikkelde) vegetatie op grindbanken dijken en hoge oever verdwenen (door afgraving), in de plek hiervoor kwamen pionierssoorten terug.

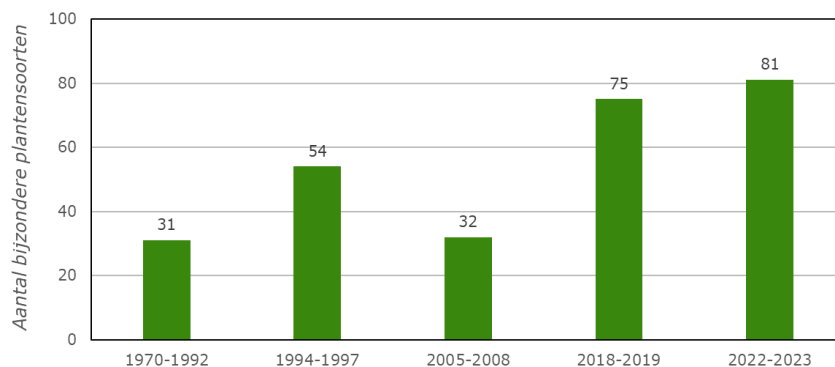
a) Meers



b) Kerkeweerd



c) Hochter Bampd




Figuur 5. Aantal bijzondere plantensoorten per gebied (naar: Van Looy en Kurstjens, 2023)

In de onderzochte gebieden zijn veelvuldig waarnemingen gedaan van uitheemse invasieve plantensoorten. In Meers was in 2022 Japanse duizendknoop sterk uitgebreid op de grindbanken en onbegraasde eilanden. Bijzonder is het massale voorkomen van de Noord-Amerikaanse exoot *Epilobium brachycarpum*, op een verse grindafzetting van het zomerhoogwater.

2.3 Interpretatie

De zomerhoogwatergolf van 2021 was uitzonderlijk: razendsnel opkomend maar ook even snel verdwenen. Alles wat het water bovenstrooms meesleurde, werd in de overstromingsvlakte achtergelaten in bomen, achter prikkeldraad of in neerstreamhoekjes. Ook binnen het gebied werden zeker soorten verrast of gewoon weggespoeld/overspoeld.



Maar dit blijken voor de kenmerkende soorten van het riviergebied slechts tijdelijke terugzettingen, en daarnaast bracht het water ook weer heel wat soorten aan in het gebied, en activeerde de erosie-sedimentatie de aanwezige zaadbanken. Uitzonderlijke hoogwaterpieken zoals in 2021 bieden gelegenheid aan soorten die eerder onstabiel in de lagere overstromingszones aanwezig zijn, om stabiele vestigingen in de hoge weerd te krijgen, en zo een meer duurzame aanwezigheid in het gebied garanderen. Zo krijgen ook de landschapontwikkelingen in de hele vallei – vanaf lage grindbank tot hoge weerd – dankzij de uitzonderlijke extreme hoogwaters een doorstart door aanvoer van specifiek sediment wordt aangevoerd. Kenmerkende soorten kunnen deze plekken koloniseren, zoals de bosontwikkeling met sterke uitbreiding van hardhoutoibossoorten illustreert.

Natuurterreinen en natuurlijk habitat


Specifieke gevolgen voor habitattypen en terreinen zijn in de eerste plaats aanwezig in de lage en hoge grindbanken, met het verschijnen van open grind- en zandbanken met karakteristieke pioniersoorten die duidelijk nog rijk in de zaadbanken aanwezig zijn en/of goede aanvoer van bovenstreams kennen. Daarnaast werden ook enkele recente pioniersoorten volop verspreid door de vallei. Op de hoge weerden was de overstroming weinig morfologisch actief en vond slechts een kortdurende inundatie plaats, dus zonder sterke invloed op het aanwezige habitatmozaïek. Toch zijn de gevolgen er positief, met bijkomende vestigingen van de ‘bijzondere soorten van het riviergebied’ zowel in de bossen, zomen als graslanden. De extreme sedimentatie van zand in Kerkeweerd en de sterke erosie/sedimentatie van de lage grindbanken van Meers zorgden voor terugzetting van vegetatieontwikkeling in grote zones. Daarmee verdwijnen een aantal habitatplekken maar komen nieuwe schrale kale bodems bij met potentieel een hogere habitatkwaliteit (Van Braeckel et al. 2021). De hoogwaterimpact was niet evenredig verdeeld tussen de gebieden. Op basis van ecotopenkarteringen (2019 & 2022) van het INBO bleek in een dynamisch gebied zoals Kerkeweerd-Negenoord slechts de helft van het oppervlak stabiel gebleven terwijl in een minder dynamisch gebied zoals Hochter Bampd het meer dan driekwart bedroeg.

Voor de terrestrische en semi-terrestrische gemeenschappen traden geen grote negatieve effecten op het eerste jaar en zagen we zelfs een sterke heropleving en aanrijking het tweede jaar (2023). Hoewel de zomerbloeiërs en -broeders het zwaar te verduren kregen door de hoogwatergolf, reageren ook deze groepen samen met alle groepen heel positief in de tijd. Zelfs plassen – mits niet volledig ingevuld met sediment – en stroomgeulen kennen dankzij het hoogwater een toename aan bijzondere soorten – terwijl eerder een afname door terugzetting van successie verwacht was.

Biodiversiteit

Er was geen terugval in rijkdom aan typische soorten, zelfs een verhoging die pas het 2^e jaar (2023) duidelijk werd. Bovendien is er een sterke uitbreiding in standplaatsen en aantallen voor een hele reeks bijzondere soorten. Wat de gevoeligheid van de soorten in het gebied betreft, doet de extreme droge zomer van 2022 vermoeden dat droogte een sterker – negatief – effect heeft dan het zomerhoogwater van een jaar eerder.

In 2022 was er een lichte terugval op te tekenen van het aantal bijzondere soorten in de gebieden, maar in 2023 bleek er echter sprake te zijn van een toename in de verschillende gebieden; dus er is enerzijds sprake van een tijd nodig om tot uiting en vestiging te komen, en anderzijds kunnen we voorzichtig concluderen dat dat dergelijke grote overstromingen



eerder een positief effect hebben op voorkomen van riviergebonden soorten en dat de grote veerkracht in het systeem zo'n extreem hoogwatereffect in twee jaar tijd al hersteld heeft.

3. Het aquatische milieu

In het zomerbed zijn gegevens verzameld van drie soortgroepen waarvoor gevolgen van een zomerhoogwater mogelijk ingrijpen op abundantie en diversiteit verwacht wordt. Er is voor het aquatische milieu gekeken naar de samenstelling van de visgemeenschap, macrofauna en waterplanten. In dit hoofdstuk worden per groep de beschikbare data en methodiek behandeld, resultaten gepresenteerd en een interpretatie hiervan gegeven.

3.1. Vis

3.1.1 Data en dataverzameling

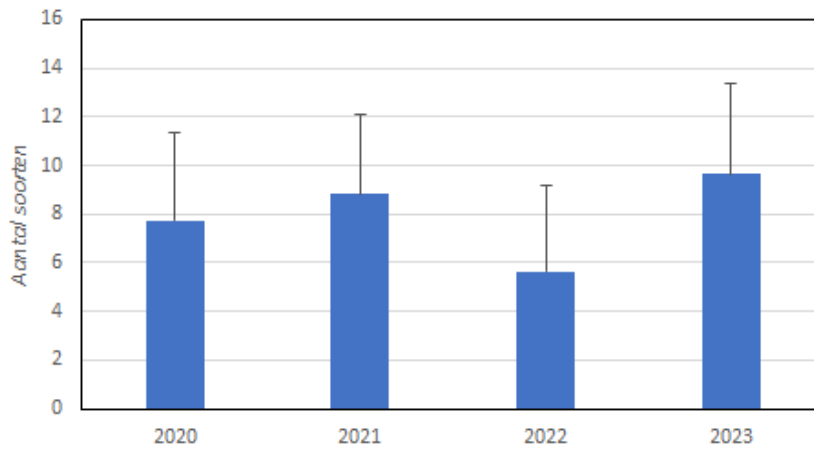
Als onderdeel van de Nederlandse programma Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) wordt jaarlijks met electrobevissing vismonitoring uitgevoerd in het Nederlandse deel van de Gemeenschappelijke Maas (Van Keeken, 2023). Deze gegevens zijn dan ook gebruikt om het effect van het zomerhoogwater op de vis soortenrijkdom en aantallen te beoordelen. De MWTL-monitoring vindt plaats in het voorjaar. Aanvullend hierop wordt er door het INBO al tien jaar elektrisch gevist in de Gemeenschappelijke Maas (aan Belgische zijde) (Haubrock et al. 2023, Van Thuyne et al. 2021). In het kader van dit EMFR-project heeft het INBO in 2023 aanvullende monitoring aan Nederlandse zijde uitgevoerd. De bemonstering vond plaats eind juni/begin juli. Bij bemonstering door het INBO worden de gevangen vissen gewogen en opgemeten.

Voor beide datasets (MWTL en INBO) is per jaar de gemiddelde rijkdom en dichtheid (individuen per 1000m) en de bijbehorende standaarddeviatie bepaald, waarbij alleen locaties die elk jaar zijn bemonsterd zijn meegenomen. Vervolgens zijn de gegevens gevisualiseerd en geïnterpreteerd. Aanvullend is de lengte van de gevangen en gemeten vissen bij de INBO-monitoring gebruikt om een lengte-frequentieverdeling te maken.

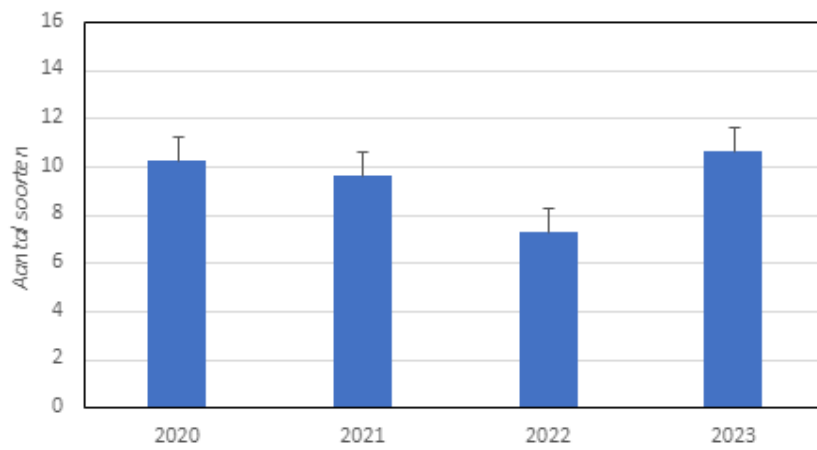
3.1.2 Resultaten

De soortenrijkdom van de visgemeenschappen in de Maas was direct na het hoogwater lager dan voor de gebeurtenis in beide datasets. Ook de abundantie (uitgedrukt in dichtheid) laat een tijdelijke achteruitgang zien direct na het hoogwater. Zowel de dichtheid als rijkdom was een jaar na het hoogwater weer op het niveau voorafgaand aan het zomerhoogwater (Figuur 6). De uitheemse vissen lijken minder impact te hebben ervaren dan de inheemse vissen, zowel de eurytope als ook de reofiele soorten.

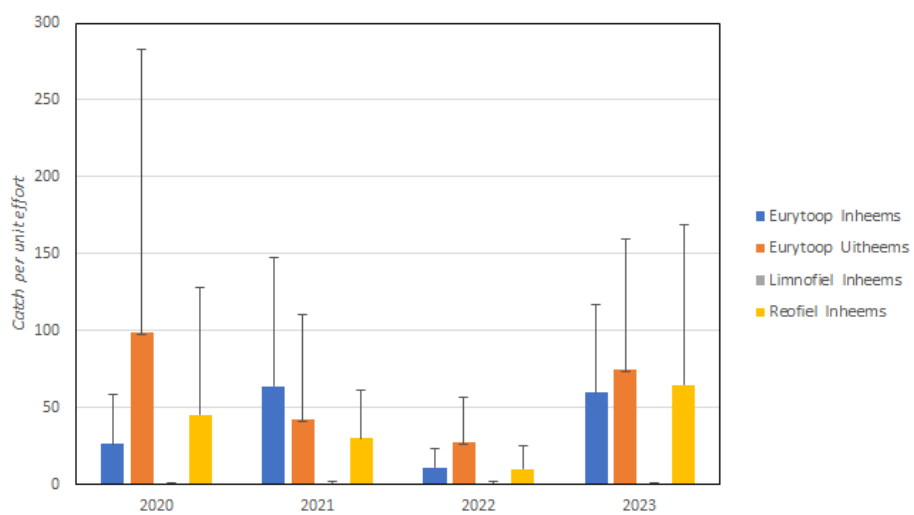
a) MWTL gemiddeld aantal soorten



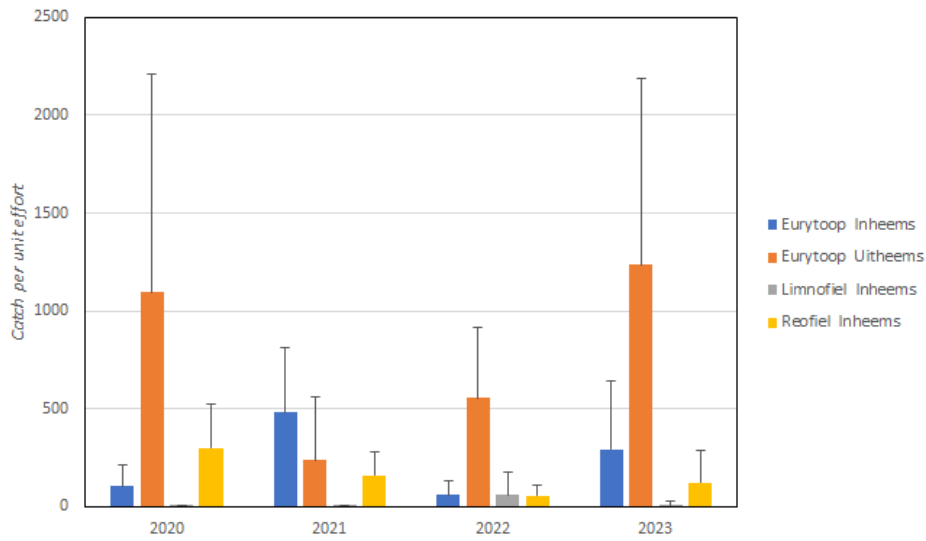
b) INBO gemiddeld aantal soorten



c) MWTL gemiddelde abundantie



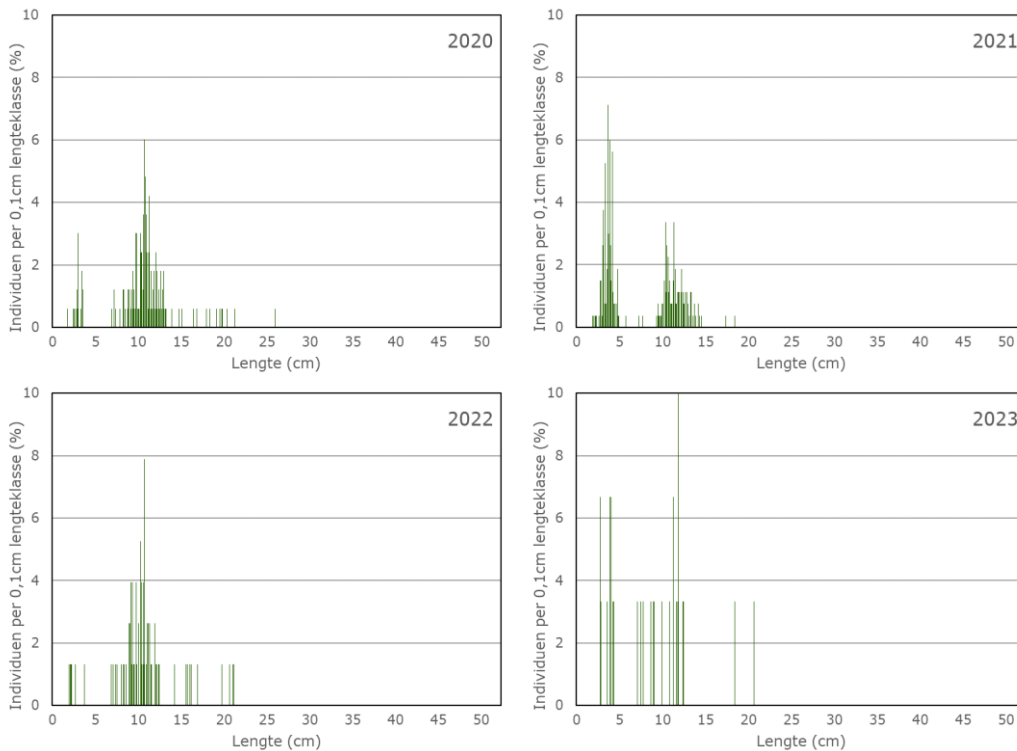
d) INBO gemiddelde abundantie

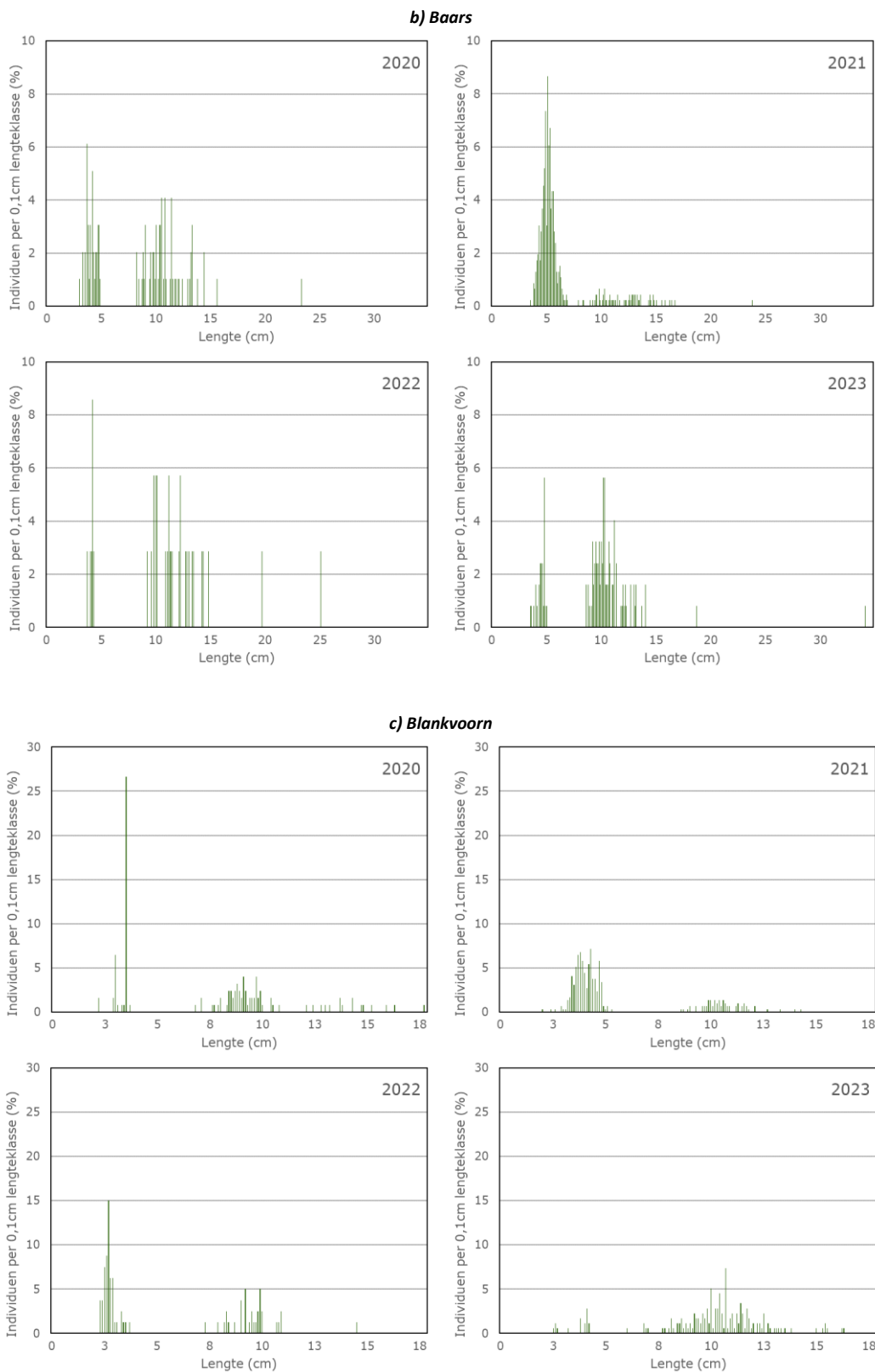


Figuur 6. Soortenrijkdom (a, b) en abundantie (c, d: NB. Y-as niet dezelfde schaal) voor (2020, 2021) en na (2022, 2023) het zomerhoogwater van 2021, bepaald op basis van MWTL-bemonstering (a, c) en INBO-bemonstering (b, d).

Wanneer gekeken wordt naar de lengte van de aangetroffen exemplaren van de inheemse vissoorten kopvoorn (reofiel), baars en blankvoorn (beide eurytoop) dan valt op dat voor alle drie de soorten er een duidelijk YOY cohort (*young of the year* of 0+: in hetzelfde jaar uit het ei gekomen) zichtbaar is (Figuur 7). Jaarlijks is er dus nieuwe aanwas, ook na het hoogwater van 2021.

a) Kopvoorn





Figuur 7. Lengteverdeling van gevangen kopvoorn (a), baars (b) en blankvoorn (c) per soort voor twee jaar voor (2020, 2021) en twee jaar na (2022, 2023) het hoogwater weergegeven.

3.1.3 Interpretatie

Direct na het hoogwater was er sprake van een negatief effect op de visgemeenschap, zowel op de rijkdom als de dichtheid. Dit negatieve effect was één jaar later alweer nagenoeg afwezig en de visgemeenschap was weer op het oude niveau. De soorten die al voor het hoogwater aanwezig waren zijn dus blijkbaar goed aangepast aan niet-frequente gebeurtenissen; dit blijkt ook uit de opbouw van de populaties van de drie (algemeen voorkomende) uitgelichte soorten – er is ook geen sprake van een langetermijneffect via versterkte of verminderde populatieaanwas.

De abundantie van uitheemse vissen nam minder af dan van de inheemse vissen, specifiek de eurytope inheemse vissen. Het zomerhoogwater heeft dus niet geresulteerd in het terugzetten van de bestaande dominantie van uitheemse vissoorten. Tevens heeft het hoogwater geen meetbare bijdrage geleverd aan de Kader Richtlijn Water opgave: de gewenste ecologische toestand (of potentieel) van het (Nederlandse) deel van het Kader Richtlijn Water-waterlichaam was en is nog niet op orde. Dit komt met name door oververtegenwoordiging van uitheemse vissen en grote druk op karakteristieke reofiele soorten. Daarnaast moet wel opgemerkt worden dat de vangst efficiëntie bij deze wijze van bemonstering (electroschepnet) niet voor alle soorten gelijk is, waardoor er mogelijk in werkelijkheid een groter verschil is voor- en na de hoogwatergebeurtenis.

3.2. Macrofauna

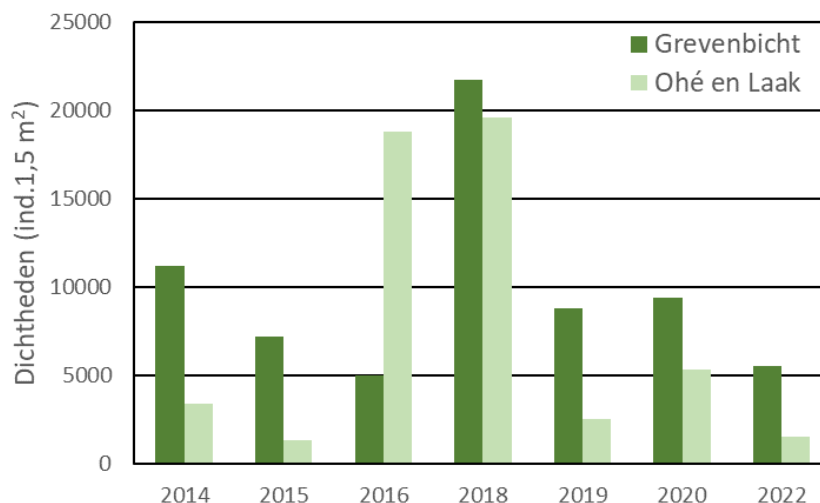
3.2.1 Data en dataverzameling

Er zijn beperkt gegevens beschikbaar voor de evaluatie van de effecten van het hoogwater op de macrofauna gemeenschap van de Grensmaas. De enige bruikbare dataset is binnen het programma MWTL verzameld sinds 1999 (Achterkamp et al., 2021). Voor voorliggende analyse is gebruik gemaakt van de gegevens verzameld met handnet voor de periode 2014 t/m 2022. Hierbij bleek voor twee locaties nagenoeg jaarlijks gegevens beschikbaar te zijn. Aanvullend gegevens verzameld na het hoogwater bleken uiteindelijk (ruimtelijk) niet voldoende vergelijkbaar te zijn met beschikbare gegevens verzameld voor het hoogwater en worden verder niet behandeld in deze rapportage.

Per locatie per jaar is de dichtheid van macrofauna per 1.5 m² vastgesteld. Vervolgens zijn de gegevens gevisualiseerd waarbij een interpretatie heeft plaatsgevonden of de dichtheden na het hoogwater anders waren dan voorafgaand aan het hoogwater. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat in de periode 2014 t/m 2021 in het najaar bemonstering heeft plaatsgevonden en in 2022 in het voorjaar, wat een directe vergelijking moeilijk maakt. Aanvullend op de dichtheden is het relatieve aandeel van verschillende taxonomische groepen bepaald en geïnterpreteerd.

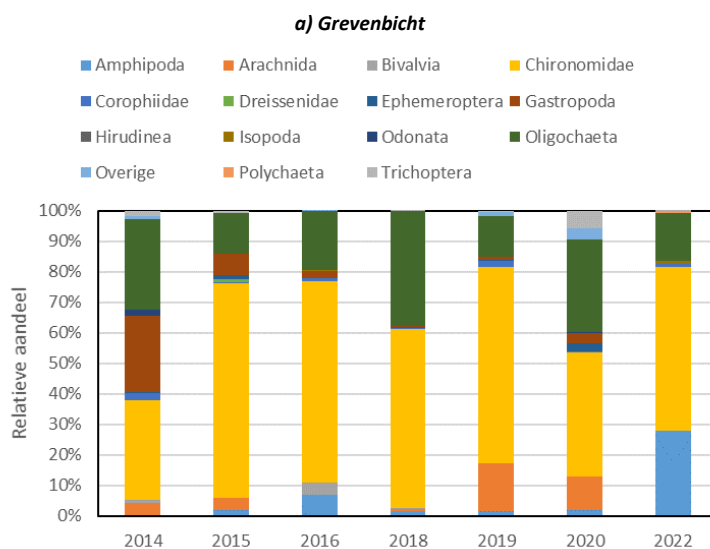
3.2.2 Resultaten

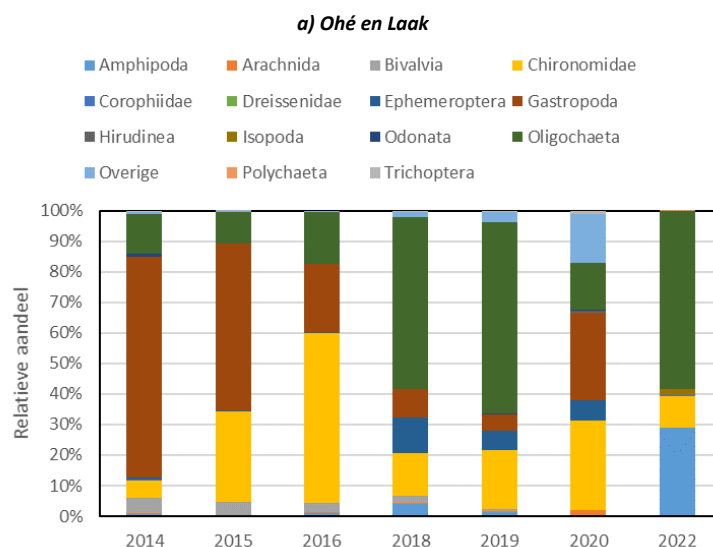
De dichtheden van macrofauna waren in 2022, ondanks de wijziging in monitoringsperiode, niet anders dan in voorgaande jaren (Figuur 8). Sowieso is jaar tot jaar variatie en ook die tussen de twee monsterlocaties erg hoog (factor 10).



Figuur 8. Totale dichtheden macrofauna in de Gemeenschappelijke Maas zoals bemonsterd binnen MWTL.

In de macrofaunagemeenschap is de verschuiving zichtbaar. Op beide locaties nam het aantal gammariden (vlokreeften) na 2022 toe (Figuur 9a en 9b)). Dit is mogelijk een artefact van de wijziging van monitoringperiode naar het voorjaar in plaats van het najaar.





Figuur 9. Samenstelling van de macrofaunagemeenschap in de Gemeenschappelijke Maas per taxonomische groep (orde) voor locatie Grevenbicht (a) en Ohé en Laak (b)

3.2.3 Interpretatie

De macrofauna gemeenschap, zowel in abundantie als in rijkdom, lijkt maar beperkt beïnvloed door het zomerhoogwater van 2021. De geobserveerde verschillen in samenstelling zijn eerder een consequentie van wijzigingen in de monitoringsperioden dan van het zomerhoogwater. De monitoringsinspanning in de Grensmaas is echter zeer beperkt van aard, zowel temporeel als ruimtelijk. Het is dan ook zeer goed mogelijk dat er een tijdelijk effect op de macrofaunagemeenschap is geweest, maar die ten tijde van de bemonstering in 2022 niet meer waar te nemen was

3.3 Waterplanten

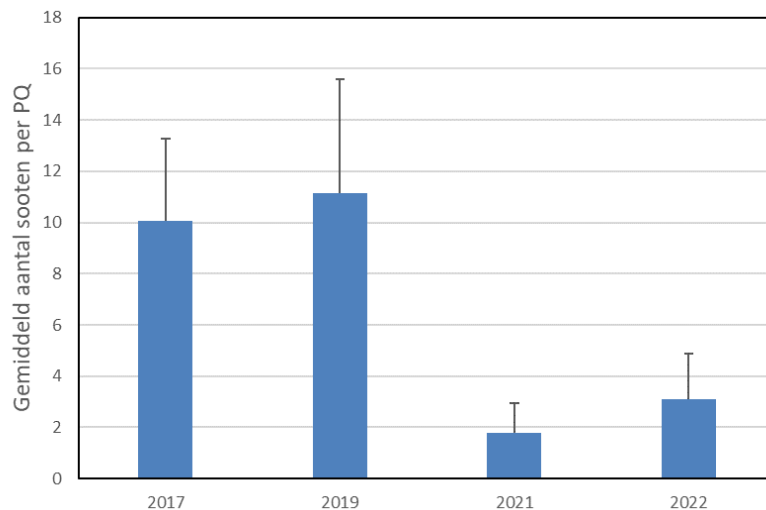
3.3.1 Data en dataverzameling

Als onderdeel van het KRW-monitoringsprogramma van Rijkswaterstaat (MWTL) worden er tweejaarlijkse vegetatieopnames gemaakt op vaste locaties (permanent kwadraten: PQ's) in de Gemeenschappelijke Maas (zie ook Van Deelen & Van Son, 2022). Hierbij wordt per aanwezige soort in de opname de abundantie bepaald als percentage bedekking. Tevens wordt abundantie per groeivorm verzameld. Voor de analyse zijn uit dit programma de gegevens gebruikt die verzameld zijn in 2017, 2019 en 2021, waarbij in totaal 13 PQ's zijn geselecteerd die elk van die drie jaren zijn bemonsterd. In alle jaren zijn de gegevens in augustus verzameld, dus in 2021 is het veldwerk enkele weken *na* het zomerhoogwater uitgevoerd. Voor het in beeld brengen van veranderingen in abundantie van rivierfonteinkruid (*Potamogeton nodosus*) en vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) – beide kenmerkende soorten van het habitatype H3260 - *Beken en rivieren met waterplanten* – zijn ook opnames uit 2011, 2014, 2015 en 2017 gebruikt.

In de zomer van 2022 is binnen het EMFR-project een aanvullende vegetatieopname uitgevoerd. Op tien locaties in de Gemeenschappelijke Maas is op een vergelijkbare manier als voor de MWTL-monitoring de abundantie gescoord voor de aanwezige waterplanten.

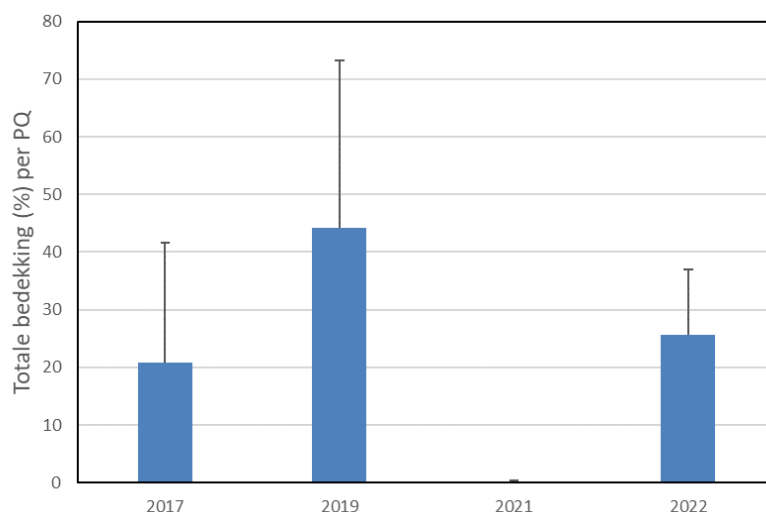
3.3.2 Resultaten

Het gemiddeld aantal soorten waterplanten per PQ nam na het hoogwater af van meer dan tien tot twee soorten direct na de gebeurtenis (figuur 10). Een jaar later (in 2022) is het aantal soorten licht toegenomen, maar nog steeds lager dan in 2017 en 2019. Eveneens nam het totale aantal soorten aangetroffen in de gehele Gemeenschappelijke Maas af van 28 in 2019 tot 12 in 2021. Bij de monitoring in 2022 werden in totaal slechts 10 waterplanten aangetroffen, waarbij het aantal monsterpunten wel lager lag (n=10 vergeleken met n=13)



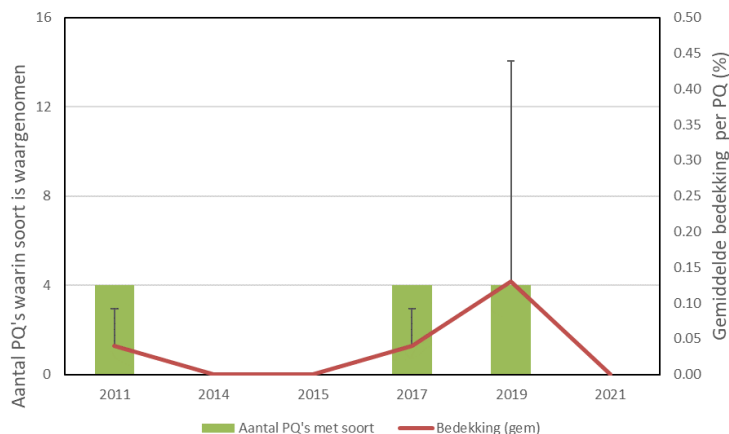
Figuur 10. Soortrijkdom van waterplanten in de Gemeenschappelijke Maas twee jaar voor en twee jaar na het hoogwater van zomer 2021. Foutbalken geven de standaarddeviatie aan.

De gemiddelde bedekking varieert tussen jaren en tussen de verschillende PQ's (figuur 11). Na het hoogwater is een sterke afname van bedekking van 20-50% bedekt voor het hoogwater tot minder dan 1% in 2021. In 2022 is de gemiddelde bedekking weer rond de 25% en is daarmee vergelijkbaar met de jaren voorafgaand aan het zomerhoogwater.



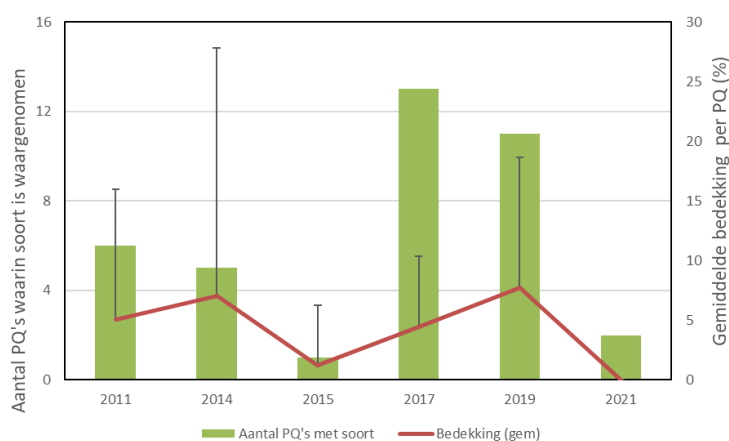
Figuur 11. Abundantie van waterplanten in de Gemeenschappelijke Maas twee jaar voor en twee jaar na het hoogwater van zomer 2021. Foutbalken geven de standaarddeviatie aan.

Vlottende watteranonkel wordt niet elk jaar aangetroffen in de PQ's en ook niet direct na het zomerhoogwater (figuur 1). Tijdens de aanvullende monitoring in 2022 is de soort ook niet (meer) aangetroffen in het zomerbed van de Gemeenschappelijke Maas. Tussen jaren en binnen de Gemeenschappelijk Maas is er veel variatie in abundantie. In de jaren voor het hoogwater lag deze tussen de 0,1 en 0,5% (gemiddeld).



Figuur 12. Het voorkomen (aanwezigheid in aantal PQ's, max 13) en gemiddelde abundantie (bedekking) van vlottende watteranonkel in de Gemeenschappelijke Maas sinds 2011. De meting in 2021 is na het hoogwater van zomer 2021. Foutbalken geven de standaarddeviatie aan van de gemiddelde bedekking.


Rivierfonteinkruid wordt veelvuldig aangetroffen voorafgaand aan het hoogwater (nagenoeg) in alle bemonsterde PQ's (figuur 14). Er is veel variatie met ook lage presentie in PQ's (2015 en 2021). De gemiddelde abundantie is ook sterk variabel met waarden gemiddeld tussen de 2 en 10%. De bedekking in 2021 is een stuk lager (slechts 0,01%).



Figuur 14. Het voorkomen (aanwezigheid in aantal PQ's, max 13) en gemiddelde abundantie (bedekking) van rivierfonteinkruid in de Gemeenschappelijke Maas sinds 2011. De meting in 2021 is na het hoogwater van zomer 2021. Foutbalken geven de standaarddeviatie aan van de gemiddelde bedekking.

3.3.3 Interpretatie

Direct na het zomerhoogwater is met name de abundantie (bedekking) van waterplanten zeer sterk afgenomen in de Gemeenschappelijke Maas. Dit komt hoogstwaarschijnlijk door



de hoge stroomsnelheden (tot wel 5 m/s, Barneveld et al. 2022), waardoor bladeren, stengels en bloeiwijzen zijn afgerukt en meegevoerd. Een vergelijkbaar effect werd vastgesteld na extreem zomerhoogwater in de Donau in 2002 (Strausz & Janauer, 2007). Dit effect is wel van korte duur, want een jaar na het hoogwater is de bedekking weer op vergelijkbaar niveau als voor het hoogwater. De soortenrijkdom neemt ook af na het zomerhoogwater, maar minder sterk (een factor 5, in plaats van een factor 100 voor de abundantie). Het herstel van de soortenrijkdom is echter veel trager: een jaar na het hoogwater is de diversiteit nog steeds minder dan de helft dan daarvoor. Dit patroon is ook te zien in de daling van aanwezigheid van de typische soorten vlottende waterranonkel en rivierfonteinkruid. Vlottende waterranonkel stond het laatste decennium al onder druk in de Gemeenschappelijk Maas (Rijkswaterstaat, 2023) en was slechts sporadisch frequent aanwezig. Het hoogwater heeft mogelijk de laatste planten in het zomerbed uitgerukt: een inventarisatie van historische vindplaatsen in juni 2023 leverde geen bevestigde waarnemingen op (onpubl. RWS). Deze soort is gevoelig voor extreme stroomsnelheden door de (groei)vorm. Ook bij rivierfonteinkruid neemt zowel de abundantie binnen PQ's en aanwezigheid (aantal PQ's aangetroffen af), maar dat komt vaker voor – zoals in 2015, waarna zowel bedekking als verspreiding zich binnen twee jaar konden herstellen. Met zekerheid kan geconcludeerd worden dat er een zeer sterk effect is van het zomerhoogwater op de waterplantenvegetatie en dat dit in ieder geval in diversiteit en het voorkomen van kenmerkende soorten na 1 jaar nog steeds terug te zien is.

4 Ontsluiting (historische) natuurgegevens

4.1 Workshops

Tijdens de workshops is gesproken over het verbeteren van het ontsluiten van (historische) natuurgegevens. Om in beeld te krijgen wat voor gegevens nu nog niet ontsloten worden is tijdens één van de workshops gesproken over welke data beschikbaar is bij verschillende partijen (zie figuur 15). Hier bleek al snel dat er verschillende datasets nu niet bij alle organisatie in beeld zijn, die wel degelijk zouden resulteren in beter begrip van de Gemeenschappelijke maas. Naast het ontsluiten van gegevens bleek ook dat het wenselijk is om dit op een centrale plek te doen waar idealiter ook ruimte is voor (beperkte) analyses. Naar aanleiding van de 2^e workshop is een aantal aanvullende vragen gestuurd naar de deelnemende organisaties met de vraag te reflecteren op wat voor functionaliteit een centrale plek zou moeten hebben.

In bijlage 1 zijn de (geanonimiseerde) verslagen van beide workshops integraal opgenomen.

4.2 Uitkomsten en vervolg

Gebaseerd op de verschillende workshops is geconcludeerd dat het wenselijk is om op een centrale plek data gerelateerd aan de Gemeenschappelijke Maas te plaatsen. De komende tijd zal dit samen met stakeholders die te kennen hebben gegeven interesse te hebben verder worden uitgewerkt zodat een dergelijk platform tot stand zal komen.



Figuur 15. Deelnemers aan de workshop op 19 oktober in Maastricht

5 Synthese

De zomerhoogwatergolf van 2021 was uitzonderlijk: razendsnel opkomend maar ook even snel verdwenen. Een gebeurtenis met een – zeker in het zomerseizoen – een zeer lage terugkeertijd. Toch lijken de gevolgen voor de riviernatuur niet groot en beperkt tot de korte termijn.

5.1 Terrestrisch milieu

Het hoogwater van 2021 lijkt geen grote negatieve effecten op de terrestrische en semi-terrestrische gemeenschappen te hebben gehad. Terugzettingen in kenmerkende soorten waren van tijdelijke aard, en in 2023 zijn overwegend positieve effecten op biodiversiteit naar voren gekomen. De verrijking van diversiteit suggereert dat extreme hoogwaters, als inherent deel van een natuurlijk riviersysteem, een cruciale rol kunnen spelen in het creëren van een divers en dynamisch (eco)systeem. Ook lijkt het systeem een goede veerkracht te hebben, omdat terugzettingen net na het hoogwater snel zijn hersteld.


De kwaliteit van grindbanken, stroomdalgrasland, zomen & ruigten, en oobossen zijn verder toegenomen, mogelijk door positief effect van het hoogwater op de heterogeniteit van de verschillende habitats (Stanford et al., 2018). Het vrijkomen van grindbanken en de nieuwgevormde zandafzettingen creëert op dynamische wijze nieuw habitat. Het hoogwater heeft enkele pionierssoorten geholpen om nieuwe gebieden te koloniseren, en sommige bestaande soorten hebben zich verder door het gebied kunnen verspreiden. Inundatie in de hoge weerden was kort, waardoor de negatieve gevolgen van langdurige inundatie op de gemeenschap, zoals beschreven in Kozłowski (2022), waarschijnlijk weinig effect hebben gehad. Na een lichte terugzetting in 2022, is de rijkdom van bijzondere planten in 2 van de 3 locaties toegenomen, in 2023 en op locatie Meers is het aantal stabiel gebleven na jaren van afname. Competitieve exoten zoals de Japanse duizendknoop hebben echter ook van de dynamiek geprofiteerd en hebben zich verder in verschillende gebieden gevestigd, wat nieuwe uitdagingen oplevert voor preventie en bestrijding.

Er zijn geen significante effecten waargenomen op de rijkdom van libellen, dagvlinders, en sprinkhanen, potentieel door het moment van het hoogwater in relatie tot de levensfase en voortplantingscycli van de verschillende soorten (Zhang et al., 2021). Het aantal waargenomen sprinkhanen was in 2022 een stuk lager dan voor het hoogwater, maar het aantal herstelde zich in 2023.

5.2 Aquatisch milieu

Soorten – en gemeenschappen – van het aquatische milieu zijn in mindere mate beïnvloed door het zomerhoogwater. Er is in ieder geval geen meetbare *toename* in diversiteit en verspreiding van karakteristieke soorten. Het is echter niet uit te sluiten dat met intensievere monitoring (in ruimte en tijd) wel – kortdurende of lokale – effecten gevonden hadden kunnen worden. Voor de benthische macrofauna waren daarnaast geen aantoonbare negatieve effecten op de soortensamentelling en dit sluit dit aan bij resultaten van monitoring van eerdere hoogwatergebeurtenissen, waar geen veranderingen op lange termijn gevonden werden (Klink et al., 1995). Mechanismen zoals uitspoeling en drift hebben niet geleid tot een meetbare langdurige verandering in de samenstelling van deze groep.

Negatieve effecten zoals achteruitgang van diversiteit en abundantie (dichtheden) waren in ieder geval binnen een jaar aantoonbaar voor de visgemeenschap en de



waterplantenvegetatie in de Gemeenschappelijke Maas. De directe fysieke aspecten (uitspoeling en uitrukking) zijn hier debet aan geweest (Bischoff & Wolter, 2001). Na een jaar was een deel van die effecten voor de visgemeenschap al niet meer aantoonbaar. De waterplantenvegetatie lijkt zich het minst snel te herstellen, met vooral een achterblijvende (gemiddelde) soortenrijkdom.

Zowel de macrofauna- als visgemeenschap in de Gemeenschappelijke Maas worden zeer sterk gedomineerd door invasieve uitheemse soorten, en staan daardoor mogelijk ook functioneel ver af van de oorspronkelijke (meer natuurlijk) samenstelling van deze gemeenschappen. De eigenschappen die deze soorten ‘invasief’ maken (snelle groei, grote dispersie, brede niche) maken dat deze soorten ook snel kunnen herstellen of inspringen op de situatie na extreme gebeurtenissen (Death et al., 2015). De waarnemingen in dit onderzoek ondersteunen dat dit zowel in het aquatische en het terrestrische milieu opgetreden is na de hoogwatergebeurtenis.

5.3 Algemene conclusies en aanbevelingen

5.3.1 Beantwoording onderzoeksvragen

1. *Hoe heeft deze gebeurtenis de natuurkwaliteit en biodiversiteit in de Gemeenschappelijke Maas beïnvloed?*


Zowel in het terrestrische als aquatische milieu zijn effecten van het zomerhoogwater van 2021 aantoonbaar. Op basis van de beschikbare en verzamelde gegevens kan geconcludeerd worden dat er relatief kortdurende (negatieve) effecten zijn op soortenrijkdom en abundantie, maar dat er vooral veel positieve ontwikkelingen zijn, zoals de vestiging van bijzondere soorten en het ontstaan van nieuwe (waardevolle) habitattypen. De toename en vestiging van invasieve uitheemse (planten)soorten is verontrustend en kan een langdurig en blijvend effect hebben op diversiteit en habitatkwaliteit.

2. *Is op basis van de verzamelde (en historische) gegevens onderscheid te maken tussen korte en lange(re) termijn gevolgen?*

Voor groepen waarbij twee keer na het hoogwater gemonitord is (waterplanten, terrestrische insecten) is reeds een verschil te zien – (negatieve) effecten meetbaar binnen een jaar zijn na dat jaar al minder aanwezig. Echter, voor groepen zoals bentische macro-invertebraten is dit niet het geval, mogelijk is al na enkele maanden het effect van een dergelijke hoogwatergebeurtenis al niet meer meetbaar.

3. *Zijn de verzamelde gegevens van voldoende kwaliteit (en spatiaal en temporeel detail) om deze vragen te beantwoorden en zo nee: hoe kan toekomstige (reguliere) monitoring hier wel in voor zien?*

De beschikbare en verzamelde data geven een globaal inzicht in de gevolgen. De frequentie en dichtheid aan reguliere monitoring is echter zodanig laag, dat het zeer lastig is direct (causale) verbanden te leggen, vooral beschikbare informatie voor de bentische macro-invertebraten is zeer mager. Ook omdat (mogelijk) effecten vertroebeld worden door de impact van andere drukfactoren zoals steeds frequenter voorkomende droge periode met lage afvoeren en lage grondwaterstanden zijn duidelijke signalen slecht afwezig. Ook de rondgang om meer gegevens op te halen bij partners heeft te weinig opgehaald om die leemte te vullen.



Teneinde hier in de toekomst betere uitspraken over te kunnen doen, is het zeer wenselijk meer grip te krijgen op spatiele variatie (meer meetpunten) en de mogelijkheid te hebben om snel na een extreme gebeurtenis (hoogwater, grootschalige verontreiniging, extreme droogte) data te gaan verzamelen om informatie te verkrijgen over het zelfherstellend (en –ontwikkeland) vermogen van de riviergebonden habitattypen en kenmerkende soorten.

4. *Is de impact van het hoogwater zodanig dat beheerders moeten ingrijpen om (blijvend) verlies van biodiversiteit en natuurwaarden te voorkomen?*

Dit onderzoek wijst niet op een blijvend verlies van natuurwaarde in en om de Gemeenschappelijke Maas als gevolg van het zomerhoogwater van 2021, ingrijpen hiervoor is dus niet noodzakelijk. Uitzondering is het ogenschijnlijk verdwijnen van vlottende waterranonkel. Deze soort is een kenmerkende soort voor het habitattype H3260 - beken en rivieren met waterplanten, waarvoor in het Nederlandse Natura2000 gebied Grensmaas een uitbreidingsopgave gesteld is. In het ontwerpbeheerplan voor dit gebied (RWS, 2023) zijn echter al maatregelen opgenomen om de populatie te herstellen met behulp van materiaal uit donorsites. Aanvullende maatregelen zijn vooralsnog niet nodig.

Andersom laten de resultaten wel zien dat wanneer er voldoende ruimte is gebeurtenissen zoals dit hoogwater veel positieve invloed kan hebben. Wanneer deze ruimte door rivier- en natuurbeheerders vergroot wordt, kan ook het positief effect op (dynamische) riviernatuur versterkt worden.

5.3.2 *Aanbevelingen voor aanvullende monitoring en onderzoek*

Onder meer uit de beantwoording van onderzoeksvraag 3 (zie 5.3.2) blijkt reeds dat intensievere monitoring die recht doet aan de heterogeniteit van de Gemeenschappelijke Maas en gerichte metingen in de tijd na een gebeurtenis zoals deze veel aanvullende informatie kunnen opleveren.

In deze studie is naar een beperkt aantal taxonomische groepen gekeken, waardoor mogelijk niet een compleet beeld is ontstaan. Onder meer de gevolgen voor vogels, herpetofauna en (kleine) zoogdieren zijn nu nog niet in beeld – terwijl wel bekend is dat inundatie van het winterbed buiten het standaard hoogwaterseizoen grote effecten kan hebben.

Naast directe gevolgen van hoogwater die vooral op de korte termijn acteren zoals hier beschreven, zijn er ook mogelijke gevolgen die pas op langere termijn doorwerken. Dit zijn de ophoping van verontreinigen – pesticiden, stoffen als PFAS, dioxines en microplastics bijvoorbeeld – meegevoerd door het water in de (water)bodem en de doorwerking hiervan in de voedselketen. Het bemonsteren en analyseren van bodemkernen (op verschillende dieptes) kan een goede eerste indicatie geven van potentiële uitdagingen en benodigde toekomstige stappen om verontreinigende stoffen in de voedselketen te verminderen.


Naast verontreinigen is het zeer waarschijnlijk dat na het hoogwater ook extra voedingsstoffen achtergebleven zijn in het winterbed: zowel in minerale vorm gebonden aan bodemdeeltjes als organisch aan meegevoerd (natuurlijk) debris zoals plantaardig materiaal. Op termijn kan ook dit door mineralisatie beschikbaar komen, waardoor concurrentiekrachtige soorten de overhand kunnen nemen – waaronder invasieve uitheemse soorten. Ook dit is een onderwerp waarbij (aanvullende) bodembemonstering en langdurig volgen van vegetatieontwikkeling inzicht kan verschaffen.

6. Referenties

- Achterkamp, B., Van Dongen, L. G. J. M., Japink, M. & Kruijt, D. B. (2021). Macrozoöbenthosmonitoring in de zoete rijkswateren, MWTL 2020 Waterlichamen: Beneden Maas; Bovenmaas; Grensmaas; Ketelmeer, Vossemeer; IJssel; Vecht, Zwarte Water; Zoommeer, Eendracht. *Bureau Waardenburg B.V. i.o.v. Rijkswaterstaat*.
[Macrozoöbenthosmonitoring in de zoete Rijkswateren, Hoofdrapport perceel C, MWTL 2020 : Beneden Maas; Bovenmaas; Grensmaas; Ketelmeer; Vossemeer; IJssel; Vecht; Zwarte Water; Zoommeer; Eendracht - Rijkswaterstaat Publicatie Platform](#)
- Bakker, M., Berger, E., Van Duin, M., Broeder, S., & Karacan, O. (2022) Hoogwater in Limburg: de aanpak van Rijkswaterstaat. *Nederlands Instituut Publieke Veiligheid i.o.v. Rijkswaterstaat*. [Hoogwater in Limburg: de aanpak van Rijkswaterstaat | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)
- Balčiauskas, L., & Balčiauskienė, L. (2022). Long-term changes in a small mammal community in a temperate zone meadow subject to seasonal floods and habitat transformation. *Integrative Zoology*, 17(3), 443-455. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12571>
- Balčiauskas, L., Balčiauskienė, L., & Janonytė, A. (2012). The influence of spring floods on small mammal communities in the Nemunas River Delta, Lithuania. *Biologia*, 67(6), 1220-1229. <https://doi.org/10.2478/s11756-012-0116-8>
- Banach, A. M., Banach, K., Visser, E. J., Stępniewska, Z., Smits, A. J., Roelofs, J. G., & Lamers, L. P. (2009). Effects of summer flooding on floodplain biogeochemistry in Poland; implications for increased flooding frequency. *Biogeochemistry*, 92, 247-262. <https://doi.org/10.1007/s10533-009-9291-2>
- Barneveld, H., Hoitink, A. J. F., & Frings, R. M. (2022). Massive morphological changes during the 2021 summer flood in the River Meuse. *Proceedings of NCR Days 2022: Anthropogenic Rivers*. [Massive morphological changes during the 2021 summer flood in the River Meuse – Rivers2Morrow \(ncr-web.org\)](#)
- Beltman, B., Willems, J. H., & Güsewell, S. (2007). Flood events overrule fertiliser effects on biomass production and species richness in riverine grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 18(5), 625-634. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02576.x>
- Bischoff, A., & Wolter, C. (2001). The flood of the century on the River Oder: effects on the 0+ fish community and implications for floodplain restoration. *Regulated Rivers: Research & Management: An International Journal Devoted to River Research and Management*, 17(2), 171-190. <https://doi.org/10.1002/rrr.612>
- Chamberlain, M. J., & Leopold, B. D. (2003). Effects of a flood on relative abundance and diversity of small mammals in a regenerating bottomland hardwood forest. *The Southwestern Naturalist*, 48(2), 306-309. [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2003\)048<0306:EOAFOR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2003)048<0306:EOAFOR>2.0.CO;2)
- Charlton, R. (2008). *Fundamentals of fluvial geomorphology*. Routledge.
- Chattopadhyay, S., Oglęcki, P., Keller, A., Kardel, I., Mirosław-Świątek, D., & Piniewski, M. (2021). Effect of a summer flood on benthic macroinvertebrates in a medium-sized, temperate, lowland river. *Water*, 13(7), 885. <https://doi.org/10.3390/w13070885>
- De Bruijn, K. & Slager, K. (2022). *7 aanbevelingen naar aanleiding van het hoogwater juli 2021*. <https://www.deltares.nl/nieuws/7-aanbevelingen-naar-aanleiding-van-het-hoogwater-juli-2021>
- Death, R. G. (2008). The effect of floods on aquatic invertebrate communities. In J. Lancaster & R. A. Briers (Eds.), *Aquatic insects: challenges to populations: proceedings of the Royal Entomological Society's 24th symposium* (pp. 103-121). Wallingford UK: CABI.

- Death, R. G., Fuller, I. C. & Macklin, G. M. (2015). Resetting the river template: the potential for climate-related extreme floods to transform river geomorphology and ecology. *Freshwater Biology*, 60(12) 2477-2496. <https://doi.org/10.1111/fwb.12639>
- EMFloodResilience (2023). EMFloodResilience – better prepared for the next extreme flood event. <https://emfloodresilience.eu>
- Expertise Netwerk Waterveiligheid (2021). Task Force Fact Finding Hoogwater - Hoogwater 2021: Feiten en Duiding. [fact finding hoogwater 2021 versie 1 2 1 .pdf \(tudelft.nl\)](https://www.tudelft.nl/fact-finding-hoogwater-2021-versie-1-2-1)
- Guan, M., Carrivick, J. L., Wright, N. G., Sleigh, P. A., & Staines, K. E. (2016). Quantifying the combined effects of multiple extreme floods on river channel geometry and on flood hazards. *Journal of Hydrology*, 538, 256-268. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.004>
- Haubrock, P. J., Pilotto, F., Soto, I., Kühn, I., Verreycken, H., Seebens, H., Cuthbert, RN., Haase, P. (2023). Long-term trends in abundances of non-native species across biomes, realms, and taxonomic groups in Europe. *Science of The Total Environment* 884, 163808. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163808>
- Instituut voor Veiligheids- en Crisismanagement (2022). Een crisis van ongekende omvang: leerevaluatie watercrisis juli 2021. *Waterschap Limburg*. [waterschap limburg - leerevaluatie watercrisis juli 2021 1.pdf \(waterschaplimburg.nl\)](https://www.waterschaplimburg.nl/leerevaluatie-watercrisis-juli-2021-1)
- Jurajda, P., Reichard, M., & Smith, C. (2006). Immediate impact of an extensive summer flood on the adult fish assemblage of a channelized lowland river. *Journal of Freshwater Ecology*, 21(3), 493-501. <https://doi.org/10.1080/02705060.2006.9665027>
- Klink, A., Mulder, J., Jansen, M. & Wilhelm, M. (1995). Grensmaas: Hoogwater januari 1995 en de gevolgen voor de makro-invertebraten. *Rapporten en Mededelingen* 56. Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen. [56-Grensmaas-Hoogwater.pdf \(klinkhydrobiologie.nl\)](https://www.klinkhydrobiologie.nl/56-Grensmaas-Hoogwater.pdf)
- Kozłowski, T. T. (2002). Physiological-ecological impacts of flooding on riparian forest ecosystems. *Wetlands*, 22(3), 550-561. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2002\)022\[0550:PEIOFO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2002)022[0550:PEIOFO]2.0.CO;2)
- Lehmkuhl, F., Schüttrumpf, H., Schwarzbauer, J., Brüll, C., Dietze, M., Letmathe, P., Völker, C. & Hollert, H. (2022). Assessment of the 2021 summer flood in Central Europe. *Environmental Sciences Europe*, 34(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00685-1>
- Lorang, M. A. & Hauer, F. R. (2017). Fluvial geomorphic processes. In F. R. Hauer & G. A. Lamberti (Eds.), *Methods in stream ecology volume 1* (3rd ed., pp. 89-107). Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/methods-in-stream-ecology/hauer/978-0-12-416558-8>
- Peters, B., Jacobs, E., De Nooy, R. & Lenders, R. (2005). Standaardlijst voor floramonitoring in het rivierengebied. *Bureau Drift i.s.m. Radboud Universiteit Nijmegen*. [standaardlijst-flora-rivierengebied-eindrapport-kopb.pdf \(drift.nl\)](https://www.drift.nl/standaardlijst-flora-rivierengebied-eindrapport-kopb.pdf)
- Piniewski, M., Prudhomme, C., Acreman, M. C., Tylec, L., Oglęcki, P., & Okruszko, T. (2016). Responses of fish and invertebrates to floods and droughts in Europe. *Ecohydrology*, 10(1), e1793. <https://doi.org/10.1002/eco.1793>
- Poiani, A. (2006). Effects of floods on distribution and reproduction of aquatic birds. *Advances in Ecological Research*, 39, 63-83. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(06\)39004-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(06)39004-6)
- Ponting, J., Kelly, T. J., Verhoef, A., Watts, M. J., & Sizmur, T. (2021). The impact of increased flooding occurrence on the mobility of potentially toxic elements in floodplain soil—A review. *Science of The Total Environment*, 754, 142040. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142040>
- Rijkswaterstaat (2023). Natura2000 Ontwerpbeheerplan Grensmaas. [Ongepubliceerd beheerplan]. Rijkswaterstaat.

- Stanford, J. A., Alexander, L. C., Whited, D. C. (2017). Riverscapes. In F. R. Hauer & G. A. Lamberti (Eds.), *Methods in stream ecology volume 1* (3rd ed., pp. 3-20). Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/methods-in-stream-ecology/hauer/978-0-12-416558-8>
- Strausz, V., & Janauer, G. A. (2007). Impact of the 2002 extreme flood on aquatic macrophytes in a former side channel of the river Danube (Austria). *Belgian Journal of Botany*, 140(1), 17-24. <https://www.jstor.org/stable/i20794616>
- Talbot, C. J., Bennett, E. M., Cassell, K., Hanes, D. M., Minor, E. C., Paerl, H., Raymond P. A., Vargas, R., Vidon, P. G., Wollheim, W., Xenopoulos, M. A. (2018). The impact of flooding on aquatic ecosystem services. *Biogeochemistry*, 141, 439-461. <https://doi.org/10.1007/s10533-018-0449-7>
- Tockner, K., & Stanford, J. A. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental conservation*, 29(3), 308-330. <https://doi.org/10.1017/S037689290200022X>
- Tockner, K., Pusch, M., Borchardt, D., & Lorang, M. S. (2010). Multiple stressors in coupled river–floodplain ecosystems. *Freshwater Biology*, 55, 135-151. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02371.x>
- Van Braeckel, A. & Jocque, M. (2023) Een decision support model prototype ter ondersteuning van de doelstellingen hoogwaterveiligheid en natuurontwikkeling in de Grensmaas. *Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*.
- Van Braeckel, A., Oosterlynck, P., Thoonen, M., & Van den Broeck, A. (2021). Advies over de recente zandafzettingen in Kerkeweerd en Negenoord (Dilsen-Stokkem) in de Maasvallei. *Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*. [Advies over de recente zandafzettingen in Kerkeweerd en Negenoord \(Dilsen-Stokkem\) in de Maasvallei — Instituut Natuur-en Bosonderzoek \(inbo.be\)](https://www.inbo.be/publicaties/advies-over-de-recente-zandafzettingen-in-kerkeweerd-en-negenoord-dilsen-stokkem-in-de-maasvallei)
- Van Deelen, J. J. & Van Son, L. (2022). MWTL Water- en oeverplanten, biezen en fyto bentos in de zoete stromende rijkswateren, meetjaar 2021. *Eurofins i.o.v. Rijkswaterstaat*. [MWTL Water- en oeverplanten, biezen en fyto bentos in de zoete stromende rijkswateren, meetjaar 2021 : hoofdrapport - Rijkswaterstaat Publicatie Platform](https://www.mwtl.nl/publicaties/mwtl-water-en-oeverplanten-biezen-en-fyto-bentos-in-de-zoete-stromende-rijks-wateren-meetjaar-2021)
- Van Dongen, B. (2023). Raakvlakken natuur en hoogwaterveiligheid. *Rapport Arcadis i.o.v. Rijkswaterstaat*. [Raakvlakken natuur en hoogwaterveiligheid - Rijkswaterstaat Publicatie Platform](https://www.raakvlakken.nl)
- Van Eck, W. H. J. M., Van de Steeg, H. M., Blom, C. W. P. M., & De Kroon, H. (2004). Is tolerance to summer flooding correlated with distribution patterns in river floodplains? A comparative study of 20 terrestrial grassland species. *Oikos*, 107(2), 393-405. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.13083.x>
- Van Thuyne, G., Galle, L., Maes, Y., De Bruyn, A., Lambeens, I., Terrie, T., Breine J. (2021). Visbestandopnames in Vlaanderen in het kader van het Referentiemeetnet-Bemonsteringsresultaten 2019. *Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek*. <https://doi.org/10.21436/inbor.19208199>
- Van Keeken, O. (2023). Vismonitoring Rijkswateren t/m 2022: Deel II: Toegepaste methoden. *Wageningen University & Research i.o.v. Rijkswaterstaat en Ministerie van LNV*. [Vismonitoring Rijkswateren t/m 2022: Deel II: Toegepaste methoden - Rijkswaterstaat Publicatie Platform](https://www.vismonitoring.nl)
- Van Looy, K. & Kurstjens, G. (2023) Ecologische impact hoogwater juli 2021 op flora en fauna Grensmaas Hochter Bampd, Meers & Kerkeweerd. Maas in Beeld rapportage.
- Ward, J. V., Tockner, K., & Schiemer, F. (1999). Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *River Research and Applications*, 15(1-3), 125-139. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199901/06\)15:1/3<125::AID-RRR523>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199901/06)15:1/3<125::AID-RRR523>3.0.CO;2-E)



Yousefi, S., Mirzaee, S., Keesstra, S., Surian, N., Pourghasemi, H. R., Zakizadeh, H. R., & Tabibian, S. (2018). Effects of an extreme flood on river morphology (case study: Karoon River, Iran). *Geomorphology*, 304, 30-39.

<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.034>

Zhang, Y., Li, Z., Ge, W., Chen, X., Xu, H., & Guan, H. (2021). Evaluation of the impact of extreme floods on the biodiversity of terrestrial animals. *Science of The Total Environment*, 790, 148227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148227>

Bijlage 1. Notulen workshops

In deze bijlage zijn de notulen van de workshops op 5 september en 19 oktober 2023 integraal opgenomen. De deelnemers zijn geanonimiseerd.

Workshop 1 – 5 september 2023

Deelnemers: 12, van de organisaties: Rijkswaterstaat, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Hydrobiologisch Adviesbureau Klink, Sportvisserij Limburg, Vlaamse Milieumaatschappij, Regionaal Landschap Kempen & Maasland, Eurofins, Agentschap Natuur- en Bos

- Welkom en kennismaking

Rijkswaterstaat Zuid-Nederland heet alle aanwezigen (digitaal en fysiek) welkom. Er volgt een beknopte voorstelronde.

- Introductie project EM Flood Resilience en deelproject effecten op flora en fauna

Een beknopte powerpoint betreffende het project en het deelproject waarvoor we bij elkaar zitten wordt gepresenteerd.

- Ophalen kennis en informatie per organisatie (plenair) deel 1

De aanwezigen geven een beknopt overzicht van de beschikbare kennis.

Hydrobiologisch Adviesbureau Klink:

- De afgelopen decennia is op vele honderden locaties in de (grens)Maas de macrofauna gemeenschap bemonsterd.
 - o Onduidelijk of de betreffende gegevens beschikbaar zijn bij RWS (**actie RWS:** navragen beschikbaarheid gegevens).
 - o Er zijn weinig historische gegevens beschikbaar.
 - o Mogelijke referentie voor de Grensmaas zou de Seine kunnen zijn en de Lotharingse Maas.
- Na hoogwater 1995 monitoring uitgevoerd.
 - o Direct na hoogwater enkele honderden nieuwe soorten.
 - o Na 2 jaar alle soorten weer afwezig.
 - o In de Rijn waren er na hoogwater meer refugia (nevengeulen) waardoor het positieve effect bleef.
 - o Mogelijk zijn er nog oude gegevens via het CSO (centrum systeemonderzoek).

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO):

- Vanuit het INBO wordt er al meer dan 10 jaar gevist op de Grensmaas, sinds 10 jaar jaarlijks.
- Er is ook historische data beschikbaar (**Actie INBO:** deelt rapport historische data).
- Vanuit het INBO hebben er de afgelopen jaren flink aantal onderzoeken plaatsgevonden. De betreffende rapporten staan in een handig excel overzicht.
- Broedvogels worden ook aan de Vlaamse zijde genoteerd (conform de SOVON methodiek). (**Actie RWS:** navragen of de betreffende data gedeeld kunnen worden).
- Ook voor plassen zijn er nog mogelijk visgegevens.

Vlaamse Milieumaatschappij (VMM):

- 13 x per jaar wordt de waterkwaliteit gezamenlijk met Rijkswaterstaat vastgesteld.
- Tot en met 2010 is er ook biologische monitoring door de VMM uitgevoerd (**Actie RWS**: navragen beschikbaarheid data).
- Op de Demer is voor en na hoogwater 2021 data verzameld (inclusief vis).

Rijkswaterstaat Zuid Nederland:

- MWTL
 - o Macrofauna Bovenmaas & Grensmaas elk jaar, vanaf 2003.
 - o Vissen in principe elk jaar Grensmaas, vanaf 1996.
 - o Waterplanten & oevers; elke 3 jaar.
 - o Diatomeen? (**Actie RWS**: navraag RWS data beschikbaarheid)
 - o Fytoplankton? (**Actie RWS**: navraag RWS data beschikbaarheid)
- Aanvullend:
 - o Zalm & zeeforel (op dit moment niet).
 - o Losse onderzoeken.
 - o PHD onderzoeken; e.g. morfologie-ecologie onderzoek, hyporeische zone.
 - o PHD vis in de hele Maas in komende 4-5 jaar.
 - o Camera vistrap.
 - o Vistrap onderzoeken.
 - o Historisch: EHM rapporten.
- Vogelonderzoek vanuit SOVON.
- Komende tijd onderzoek naar de aanwezigheid van recreatie op het water (recreatievaart, kayak).

Sportvisserij Limburg:

- Visstand beheerplannen (zijrivieren Jeker, Voer, Geul, Ruhr).
- 2017/18 visstand opname augustus rond drempels.
- Hengelvangst gegevens Sportvisserij Nederland.
- Anekdotische informatie – zijn er grote veranderingen die mensen merken bij het vissen na 2021?
- Vissen in Limburgse Beken; Visatlas.

Regionaal Landschap Kempen en Maasland:

- Landschapsbiografie Grensmaas/Maasvallei.
- Vissterfte bij Negenoord n.a.v. hoogwater 2021.
- Sinds 2017 monitoring van plastic op de Vlaamse oever (samenstelling, aantal, top10)
- Data van gemeente betreffende kayakers.
- Wandeltellers aan beide oevers (vanaf 2017):
- Fietstellers, veerpont tellers, op uur data.

Eurofins:

- Macrofauna gegevens ingewonnen in 2022.
- Overige data voor RWS in aquadesk.
- Onderzoek naar microplastic in magen macrofauna Grensmaas.

Agentschap voor Natuur en Bos:

- Niet veel relevante data ANB.

Welke organisaties missen we?



Drinkwaterbedrijven (waterkwaliteit)

Universiteiten

- uHasselt
 - Wageningen University & Maastricht University
 - uGent
 - uLuik
 - uAntwerpen
 - Natuurpunt (is contact mee gelegd)
 - Staatsbosbeheer
 - Nederlands Limburgs Landschap
 - Belgisch Limburgs Landschap
 - PSsurvey Maaseik
 - Waardenburg Ecology
 - ATKB
 - Natuurbalans/Limes Divergens
 - IVN (mogelijk afval Lixhe)
-
- **Eerste verkenning opties ontsluiten data (a.d.h.v. enkele voorbeelden)**

 - **WVTTK/Varia**
 - Geen aanvullingen.

 - **Vervolg**
 - De 2^e workshop is op 19 oktober.

Notulen workshop 2 EMFloodresilience

Afsluitende workshop data, impact, tools

Deelnemers: 20, van de organisaties: Rijkswaterstaat, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Radboud Universiteit, Kurstjens ecologisch adviesbureau, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Sportvisserij

Radboud Universiteit:

- Ecologisch functioneren Gemeenschappelijke Maas (GM) in kaart brengen.
- Hydropeaking gradient; vergelijking beken en GM.
- Macroinvertebraten abundantie lager in GM dan in beken, EPT zeer laag, *D. villosus* dominerend.
- Hydropeaking: grote piek na Borgharen.
- Temperatuur lijkt hoger in Maas dan in beken.
- Maas lijkt veel soorten te hebben die van stilstaand water houden.
- Toekomst: meer detail abiotisch, verder met macroinvertebraten verzamelen, N2000 beheersmaatregelen evalueren.
- Data openbaar: aquadesk, waterinfo extra, repositories Radboud & journals.

Discussie/vragen hydropeaking:

- Hydropeaking bij Borgharen omdat het peil constant wordt gehouden boven de Borgharen sluis.
- Bovenmaas wordt zo constant mogelijk gehouden; doorgegeven naar benedenstreams waardoor grote peilveranderingen worden waargenomen.
 - o Stuwbeheer focust op peilbeheer en geen afvoerbeheer.
- Onderzoek is er, maar wat wordt eraan gedaan?
 - o Wordt aan gewerkt; test automatisering.
- Methode Wallonië kan als voorbeeld, ook digitaal aanpasbaar bij Borgharen.

Vorige workshop:

- Welke gegevens zijn er, onbekende datasets gedeeld, nieuwe gegevens inwinnen.
- Volgende stap: ontsluiten van data.
- Hoe beste manier dataontsluiting?
 - o Waterschappen zitten in Aquadesk; link tussen waterschappen & RWS intensiever.
- Metadata is een must om data goed te kunnen gebruiken.

Presentatie Maas in Beeld:

- Impact zomerhoogwater Gemeenschappelijke Maas op terrestrisch milieu.
 - o Hochtter Bampd (BE) & Kerkeweerd (BE) & Meers (NL).
- Hoogwaterpiek heeft statisch evenwicht verstoord; hogere hersteltijd in vergelijking met regulier hoogwater.
 - o Niet genoeg effect om structuur onomkeerbaar te veranderen van meanderend naar vlechtend.
- Kenmerken:
 - o Piek opvallend stijl in vergelijking met 1993 & 95; flash-flood idee.
 - o Water niet vanuit geheel stroomgebied; veel lokaler.

- Veel dood door verdrinking, kortdurende piek dus weinig sterfte van soorten die makkelijker weg kunnen komen.
- Weinig lange-afstand sediment & zaden transport.
- Effecten op habitats:
 - Habitatindex ontwikkeld; vaste lijst van indicatieve flora & insecten.
 - Algemeen (2007-2019-2023) toename hoge grindbanken, ooibossen, stroomdalgraslanden.
 - Weinig effect lage oevers & geulen.
- Kerkeweerd was meest soortenrijke gebied GM, nu enorme zand deposities met weinig kiemkrachtige zaden.
 - Hochter Bampd niet veel zand deposities.
 - Sterkere uitbreiding ondergroei soorten ooibos in Hochter Bampd.
- Veel onstabiele flora.
 - Extreme droogte 2022 ook sterke effecten op flora.
- Japanse duizendknoop enorm toegenomen; anderen beperkt (schijngnadekruid, watercrassula, grote waternavel).
- Meers:
 - Maas paar dagen later al bijna terug in normale bed.
 - (Plastic).
 - Beperkte erosie, bij instroom heel veel grindsedimentatie.
 - Relatief stabiele eilanden.
 - Flora: afname indicatieve soorten, verschillende factoren zoals afgravingen.
 - Eiland niet onderzocht.
 - Grindbanken gereset.
 - Veel Japanse duizendknoop & vlinderstruik.
 - Fauna: lage soortenrijkdom libellen, afname rheofiele soorten (drempels).
 - Rheofiele soorten tussen 1995 (larvale drift) en 2012 wel veel gezien.
 - Dagvlinders soortenrijkdom toegenomen.
 - Amfibieën kunnen meegespoeld worden.
 - Dip in sprinkhanen.
- Maas is om leidingen heen gaan stromen; leidingen lager leggen ipv stortsteen?
- Als beheerder: conclusies symposium Maas staan nog overeind; sluit gebieden aan elkaar en verbind met refugia-beken.
 - Beschikbaarheid sediment belangrijk.
- Goed dat onderzoek komt naar belemmeringen; grinddrempels en leidingen.
- Inschatting langere termijn?
 - Steekproef te klein, niet representatief voor alle gebieden. Sommige terrestrische soorten wel een tijd kwijt. Ligt ook erg aan wanneer het volgende hoogwater komt; laat afzettingen etc. vooral in tact als het kan.
- Zandfractie nevengeul Maasbampd, gekozen om sediment te laten liggen.
- Staatsbosbeheer: wat is 0-situatie?
 - Op zoek naar bosreservaat (ooibos?) in uiterwaarde minimaal 30 ha, geen begrazing, exotenbeheer laten gaan.
 - Geulle aan de Maas wordt onder andere genoemd.
 - Habitatsindex niet omhooggegaan bij Geulle; hoe identificeer je de index?
 - Gebaseerd op aanwezige plantensoorten.
- Vlaamse beken ook belangrijk? Beheerder niet betrokken.

- Refugia beken.
- Bevers: waarschijnlijk veel sterfte, maar populatie doet het enorm goed.

RWS-ZN presentatie:

- Waterplanten:
 - Soortenrijkdom grote dip tussen 2019 en 2021.
 - Totale bedekking helemaal verdwenen net na hoogwater; bedekking neemt flink toe in 2022.
 - Vlottende waterranonkel: lange tijd nodig om te herstellen?
 - Ook in 2011 hoogwater, toen wel vlottende waterranonkel.
 - In de Voer nog wel erg veel.
 - Hydropeaking kan reden zijn dat het zich niet kan vestigen.
- Oeverplanten: rijkdom & bedekking afgenomen, maar bedekking nam al eerder af.
- Macrofauna:
 - Gesamplede plekken misschien niet de meest geïmpacte locaties.
 - Cruciaal jaar aan data mist, tijd van samplen veranderd.
 - In ieder geval lijkt het geen blijvend effect.
- Vis:
 - MWTL:
 - Kleine dip in 2022, SD's overlappen.
 - 2022 dichtheden afname voor alle gilden behalve limnofiel.
 - Misschien uitspoeling limnofielen uit plassen, dichtheid weer omlaag na tijdje?
 - Moment in het jaar niet gekoppeld aan afvoer; kan effect hebben op data.
 - INBO:
 - Dip 2022 alle gilden behalve limnofiel.
 - Exoten niet echt afgenomen.
 - Kleine rijkdom dip.
 - Kopvoorn, baars, blankvoorn lengtes:
 - Jaarklassen blijven hetzelfde.
 - Datasets laten ongeveer hetzelfde patroon zien.
- Staatsbosbeheer: er is ook data verzameld in Schroevendaalse Plas, visplas; eurytopen zwemmen soms plassen in voor diepere, koelere stukken.
- Aandachtspunten: niet snel genoeg gemonitord na hoogwater.
- Waarom snel meten als het waarschijnlijk snel weer weg is?
 - Belangrijk voor instroom soorten; we weten niet welke er binnenkomen.
- Vlottende waterranonkel eigenlijk wel haalbaar?
 - Beter om het systeem te herstellen, en hem zelf terug laten komen omdat er goede bronnen zijn?
 - Gewoon erin gooien heeft weinig zin; combinatie nodig met grindsuppletie en bomen.
- Grindsuppletie: grindbank rond drempel; groter oppervlakte stromend water.
 - Onderzoeken nodig.

INBO:

- Prototype decision support tool.
 - Doel: samen onderbouwen van keuzes rond natuur & hoogwaterveiligheid.

- Rivierbeheer, dijkverzwaring, herstelmaatregelen, natuurbeheer, dijkbeheer.
 - Situatieschets & schematisch overzicht Gemeenschappelijke Maas.
- Data – decision support tool – integrated user interface – informed management decision.
- Module bos & hoogwaterveiligheid:
 - Risicobos: dijkhoogwatermarge (verticaal (niet representatief voor dijken aan beide kanten) & horizontale component), stroombanen.
- Functioneel bos: windgolfdemping, stroomgeleiding.
 - Takken en stam meest dempend.
 - IJsvorming nog steeds belangrijk om in acht te houden.
 - Lange strijklengte heeft het meeste voordeel van het plaatsen van bos voor de dijk.
 - Dominante windrichting: ZZW.
 - Oostenwind niet verwaarloosbaar.
- Natuurwaarde; IHD doelen: grote boskernen (zachthout & hardhout), connectiviteit (functionele bosgordels).
- Waarom?
 - Meer inzicht in beheerkeuzes & argumenten; rekening houden met natuur & hoogwaterveiligheid.
- Modulair opgebouwd.
- ECODYN belangrijke input parameter.
- Bos aanleggen: effecten op bovenstrooms nog niet hierbij genomen?
 - Kan vrij exact geschat worden, hoeft niet al te ingewikkeld.
- Sedimentbeheer ook belangrijk, niet alleen vegetatiebeheer.
 - Sedimentbeheer wordt deel van morfodynamiek module.
- Welke scenario's zouden het meest bruikbaar zijn?
 - Bosontwikkeling interessant; meerwaarde bos voor morfologie en veiligheid.
 - Helpt voor communicatie.
- Is er genoeg ruimte voor de hoeveelheid bos die nodig is?
 - Binnendijs zoeken als het niet lukt?
 - Zou moeten lukken binnen natuur langs Gemeenschappelijke Maas.
- Wordt het ook uitgebreid met landbouw en recreatie?
- Wateronttrekking Maas agrariërs via plas.