Préverkenning waterberging Maas

Voor vermindering van watertekorten in droge periodes

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Préverkenning waterberging Maas

Voor vermindering van watertekorten in droge periodes

Auteurs
Sonja Ouwerkerk (HKV)
Frank Versteegen (W+B)
Joana Vieira da Silva (HKV)
Bob Visser (W+B)
Michelle Rudolph (HKV)

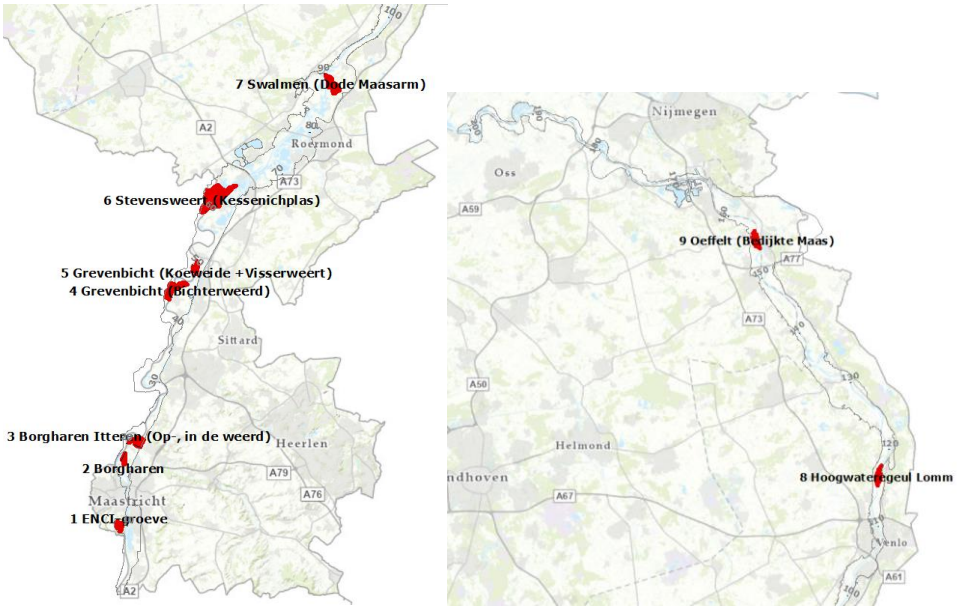
PR4422.10
juli 2021

Samenvatting

Er is een pré-verkenning uitgevoerd om de mogelijkheden voor het bufferen van water langs de Maas in Nederland en in Vlaanderen te onderzoeken met als doel de kwetsbaarheid voor watertekorten in droge periodes te verminderen.

De studie is gestart met het identificeren van potentiële locaties. Hierbij is gekeken naar grindgaten, oude meanders, plassen, maaiveldlaagtes, etc., die bij hogere afvoeren gevuld kunnen worden en bij laagwater kunnen worden ingezet voor watervoorziening. Hierbij is alleen gekeken naar locaties in het stroomgebied van de Maas (tussen de dijken) en is gefocust op locaties zo hoog mogelijk bovenstrooms, omdat op deze manier zoveel mogelijk functies ervan kunnen profiteren.

Er is potentie op een groot aantal locaties; in deze studie hebben we negen van deze locaties nader bekeken (zie onderstaande Figuur voor de ligging van de locaties langs de Maas en de samenvattende tabel op de volgende bladzijde voor meer informatie over deze locaties).



Voor elk van deze negen locaties is een globale geohydrologische analyse uitgevoerd. Voor de kansrijkheid van een waterbergingslocatie is de geohydrologische situatie namelijk van groot belang. De ondergrond langs de Maas bestaat grotendeels zandige en grindige afzettingen. Deze zijn goed doorlatend voor (grond)water, waardoor de mogelijkheid om water vast te houden beperkt kan zijn. Maar lokaal zijn ook klei en leemlagen afgezet. Deze zijn minder goed doorlatend voor (grond)water. Als deze bodemsoorten in de ondiepe ondergrond aanwezig zijn dan maakt dat een potentiële locatie geschikter voor waterbergen, omdat het water dan geremd wordt en niet direct wegstroomt naar het grondwater.

Voor de verschillende locaties is in deze studie gekeken of er van nature weerstandsbiedende lagen in de ondergrond voorkomen.

Om de kenmerken van de ondergrond voor de verschillende locaties te bepalen zijn de in DINO-Loket beschikbare boorprofielen beschouwd. Van elk boorprofiel is bepaald of er klei en leem is aangetroffen, en wat de dikte daarvan is. Locaties waar deze niet aanwezig zijn, bijvoorbeeld voormalige zand- of grindwinningen, zijn vanuit geohydrologisch oogpunt minder kansrijk. Voor die locoaties is een globale inschatting gemaakt van de kosten van het toevoegen van weerstand in de bodem (zie ook de samenvattende tabel op de volgende bladzijde).

Ook is een eerste inschatting gemaakt van een aantal effecten. Er is gekeken naar de generieke effecten van het tegengaan van laagwater, zoals het effect op ecologie, scheepvaart en waterkwaliteit. Daarnaast is per locatie is gekeken naar het effect op landgebruik: is sprake van een beschermd natuurgebied? Of zijn er andere waarden in het gebied, die hinder ondervinden van het bergen van water op deze locaties. En er is gekeken naar het effect op de hoogwaterveiligheid: als er voor de waterberging in een gebied kades moeten worden aangelegd kan dit lokaal waterstandsverhoging veroorzaken (zie ook onderstaande tabel)

De conclusies laten zien dat het inzetten van bestaande c.q. het inrichten van nieuwe waterreservoirs langs de Maas technisch mogelijk is: er zijn verschillende gebieden aan te wijzen die reeds geschikt zijn voor het vasthouden van water of die geschikt gemaakt kunnen worden door het aanleggen van een kade en/of het aanbrengen van een weerstandslaag.
De negen locaties die in deze studie zijn bekeken zorgen tesamen voor een extra afvoer in droge periodes (voor 2 maanden) van ca 4,5 m^3/s. Voor de Grensmaas kan dit een toename van de afvoer in zeer droge periodes van ca. bijna 50% betekenen. Dit is dus een significante hoeveelheid extra afvoer.

De kanttekening hierbij is echter wel dat de kosten voor het vasthouden van water relatief hoog zijn, al verschillen deze sterk per locatie, en dat het vasthouden van water ook negatieve gevolgen heeft voor het landgebruik op deze locaties, zoals het verloren gaan van natuurwaardes of recreatiegebieden en mogelijk ook voor omwonenden (door langdurig stilstaand water).

Wij adviseren daarom een kosten-batenanalyse uit te voeren waarin de voordelen van extra water op de Maas voor de diverse functies (natuur, drink- en koelwater, etc.) worden afgewogen tegen de nadelen (kosten, verlies van landgebruik, waterveiligheid, etc.). Het is daarbij interessant om ook de kosten/baten van andere maatregelen in kaart te brengen.

Daarnaast adviseren wij om ook het gebied buiten het hoofdsysteem van de Maas mee te nemen in vervolgstudies: door het vergroten van infiltratie naar de (diepere) ondergrond in het stroomgebied van de Maas kan de afvoer vertraagd worden, waardoor een stabieler afvoerregime van de Maas kan ontstaan en de Maas gedurende langere droge periodes langer gevoed wordt. Ook het realiseren van klimaatbuffers in regionale waterlopen (beken en riviertjes) en in het hoofdwatersysteem kan hier een goede mogelijkheid zijn. De klimaatbuffers zijn zo ingericht dat ze zowel water kunnen bergen/vertragen bij hoogwater/wateroverlast als water kunnen vasthouden/infiltreren in tijden droogte. De klimaatbuffers zijn dan een combinatie van retentiegebieden en waterreservoirs met meekoppelkansen voor natuur, CO2 vastlegging, etc.

	Locatie	Oppervlakte [m²]	Toegevoegde afvoer [m³/s]	geohydrologische analyse			Effecten			Constructies	Kosten [MEUR]	kosten per toegevoegde afvoer [MEUR/m3/s]
				Geschikt	Benodigde klei [m³]	Kosten weerstands-laag [MEUR]	Beschermd natuurgebied[1]	Andere waarden in gebied	hoogwater			
1	ENCI-groeve	405.000	1,4	Nee	afhankelijk van doorlatendheid mergel	onbekend	Ja – helemaal NL, AW; deels N2000, NNN, WAV	Mogelijke bestemming drinkwatervoorziening	Geen	geen kade, maar leiding en pomp (afstand van 600m van Maas)	onbe-kend	onbekend
2	Borgharen	286.425	0,0	Deels	0	-	Ja -helemaal NNN, AW	-	Waterstands-verhoging	815m kade (3,5m hoog), uitlaat (direct naast zomerbed)	1,1	61,6
3	Borgharen Itteren (Op-, in de weerd)	695.102	0,1	Ja	0*	-	Ja – helemaal NNN, AW	Kasteelhoeve Hartelstein ligt in dit gebied	Waterstands-verhoging	1,4km kade (6m hoog), een uitlaat en een pomp	4,9	49,8
4	Grevenbicht (Bichterweerd)	696.021	0,5	Nee	696.021 (oppervlakte * 1 m)	24,4	Ja -grote eenheden natuur en grote eenheden natuur in ontwikkeling (VEN), deels N2000	Ligt in België	Geen (bestande plas, geen kades nodig)	geen kade, maar leiding en pomp (afstand van <20m van Maas)	24,4	45,9
5	Grevenbicht (Koeweide +Visserweert)	602.361	0,3	Deels	0*	-	Ja – helemaal NNN, AW	-	Waterstands-verhoging	650m kade (4m hoog), 1km kade (3m hoog), 1300m (2.5m hoog), 3* uitlaat	3,2	10,3
6	Stevensweert (Kessenichplas)	4.092.197	1,4	Nee	4.092.197 (oppervlakte * 1 m)	143	Deels - deels NNN, N2000, grote eenheden natuur, grote eenheden natuur in ontwikkeling, natuurwervings-gebied (VEN)	Ligt deels in België; recreatie (aanwezigheid van haven, bootverhuur, surfspot etc.)	Waterstands-verhoging	3 km kade (4m hoog), 200m drempel (6m hoog), uitlaat en pomp (dicht bij zomerbed)	147,1	102,9
7	Swalmen (Dode Maasarm)	826.589	0,2	Ja	22.45	0,8	Ja - helemaal AW; deels NNN, N2000; geen NL, WAV	Aanwezigheid van een haven	Waterstands-verhoging	1,2 km kade (< 1m hoog) en een drempel van 15m (8m hoog)), uitlaat	1,1	6,0
8	Hoogwatergeul Lomm (Venlo)	767.059	0,3	Ja	0	-	Deels - deels NNN	-	Waterstands-verhoging	2 drempels van totaal 500m (5m hoog), 2 uitlaten	1,4	4,4
9	Oeffelt (Bedijkte Maas)	778.412	0,2	Ja	3.69	0,1	Ja – helemaal AW; deels NNN;	Project "Ruimte voor de Maas bij Oeffelt" met een waterstands-verlaging van 21 cm in de Maas	Waterstands-verhoging	1,8 km kade (3m hoog), pomp (dicht bij zomerbed)	1,7	7,9

[1] Hierbij is gekeken naar de gebiedscategorieën Natura 2000 (N2000), Natuurnetwerk Nederland (NNN), Nationale Landschappen (NL), Aardkundige Waarden (AW), Wet Ammoniak en Veehouderij (WAV) en Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN).

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Préverkenning	1
1.3	Begeleidingsgroep	1
1.4	Leeswijzer	2
2	Potentiële locaties	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Uitgangspunten selectie locaties	3
2.3	Selectiemethodiek	4
2.4	Beschrijving potentiële locaties	7
2.5	Hoeveel waterberging is er mogelijk?	15
3	Geohydrologische analyse	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Methode	19
3.3	Geohydrologische analyse 9 potentiële locaties	20
3.4	Nadere geohydrologische analyse 9 potentiële locaties	21
3.5	Effecten van waterberging op omgeving	30
3.6	Indicatieve kosten aanbrengen kleilaag	31
3.7	Conclusie geohydrologische analyse locaties	32
4	Effectbepaling	33
4.1	Inleiding	33
4.2	Generieke effecten van laagwater	33
4.3	Lokale effecten per geselecteerde locatie	34
4.4	Kosten per geselecteerde locatie	36
5	Conclusies en aanbevelingen	39
5.1	Conclusies	39
5.2	Aanbevelingen	40
6	Literatuurlijst	43
	Bijlagen	46
A	Verslagen van werksessies	47
B	Selectie van alle potentiële plassen en laagtes	49
C	Kosten realisatie waterberging	51

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Binnen het traject Waterbeschikbaarheid (in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater) houdt de projectgroep Maas zich bezig met de beschikbaarheid van het Maaswater nu en in de toekomst. In dit project, getrokken door RWS, hebben de regionale watergebruikers (industrie, energie, drinkwater, natuur, scheepvaart), alsook waterschappen en provincies van het Nederlandse Maasstroomgebied de beschikbaarheid van het oppervlaktewater in beeld gebracht en gezocht naar maatregelen om de kwetsbaarheid voor watertekorten te verminderen.

Er is een lijst van voorkeursmaatregelen opgesteld die hiervoor zullen worden ingediend voor financiering uit het Deltafonds. Binnen deze lijst is een gemeenschappelijk thema gedefinieerd, dat voor alle partijen relevant is, namelijk het bufferen van water, in zowel het hoofdwatersysteem, in de regio als bij de watergebruikers.

1.2 Préverkenning

Om de mogelijkheden voor het bufferen van water te onderzoeken is besloten een pré-verkenning uit te voeren naar waterberging langs de Maas in Nederland en in Vlaanderen ten behoeve van de vermindering van de kwetsbaarheid voor watertekorten in droge periodes, door wijziging van de inrichting en gebruik van de bestaande waterreservoirs of het aanleggen van nieuwe reservoirs. Hierbij is gekeken naar grindgaten, oude meanders, plassen, maaiveldlaagtes, etc., die bij hogere afvoeren gevuld kunnen worden en bij laagwater kunnen worden ingezet voor watervoorziening.

Het doel van deze préverkenning is onderzoek doen naar de haalbaarheid van het inzetten van bestaande c.q. inrichten van nieuwe waterreservoirs langs de Maas voor de vermindering van de kwetsbaarheid voor watertekorten. Dit is gedaan door te kijken naar de mogelijkheden: wat zijn potentiële locaties? En hoe ziet de geohydrologische situatie op deze locaties eruit? Daarnaast is een eerste inschatting gemaakt van een aantal effecten van het vasthouden van water.

1.3 Begeleidingsgroep

Voor dit project is een speciale begeleidingsgroep ingesteld met experts op het gebied van waterbeheer, natuur, scheepvaart, ruimtelijke inrichting, grondwater, enz. Daarnaast zijn ook waterbeheerders en watergebruikers

betrokken. Zij leverden inhoudelijke kennis en beoordeelden de oplossingsrichtingen.

Er zijn drie werksessie met de begeleidingsgroep geweest, waarbij achtereenvolgens de volgende onderwerpen zijn besproken:

1. Plan van aanpak incl. uitgangspunten selectie locaties;
2. Potentiële locaties en uitgangspunten effectbepaling;
3. Geohydrologische analyse en effecten van potentiële locaties.

De presentaties en verslagen zijn opgenomen in bijlage A.

1.4 Leeswijzer

Deze pré-verkenning is als volgt opgebouwd: in hoofdstuk 2 wordt gekeken naar geschikte locaties voor waterberging, waarbij zowel gekeken is naar plassen als maaiveldlaagtes. Er is vervolgens een selectie van negen kansrijke locaties gemaakt en voor deze locaties is een nadere geohydrologische analyse gedaan (hoofdstuk 3) en zijn de belangrijkste effecten in kaart gebracht (hoofdstuk 4). Hoofdstuk 5 sluit af met conclusies en aanbevelingen.

2 Potentiële locaties

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft inzicht in potentiële locaties voor waterberging langs de Maas. Met behulp van Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3)[2] en dieptegegevens van Baseline[3] is gezocht naar:

- Bestaande plassen die mogelijk geschikt zijn om water langer vast te houden;
- Bestaande lage delen waar berging op het maaiveld mogelijk is (eventueel door het maken van (ring)dijken).

In paragraaf 2.2 zijn eerst de uitgangspunten die gebruikt zijn bij het selecteren van de locaties beschreven; daarna is in paragraaf 2.3 de selectiemethodiek uitgelegd. In Paragraaf 2.4 worden de geselecteerde locaties weergegeven en paragraaf 2.5 sluit af met een eerste inschatting in hoeveel waterberging er mogelijk is.

2.2 Uitgangspunten selectie locaties

Deze paragraaf beschrijft de uitgangspunten die wij gebruikt hebben bij het selecteren van potentiële locaties:

- Het gehele gebied tussen de dijken (winterbed van hoofdwatersysteem) is onderzocht. Het gaat dus alleen om buitendijkse locaties in het hoofdwatersysteem, en niet langs regionale wateren.
- De focus ligt op locaties zo bovenstrooms mogelijk in het stroomgebied met het idee: hoe verder bovenstrooms hoe meer benedenstroomse functies kunnen profiteren van extra debiet in droge periodes. Daarom is vooral gezocht naar geschikte locaties in de plassen tussen de grens met België en Maastricht (Bovenmaas) én langs de Grensmaas, maar er is ook verder benedenstrooms gekeken (t/m de Bedijkte Maas, kmr 201).
- Gestreefd wordt het probleem van de watertekorten in samenwerking met Vlaanderen aan te pakken, daarom behoort de westelijke zijde van de Grensmaas ook tot ons zoekgebied.
- We hebben gekeken naar de mogelijkheden van 1.) bestaande plassen/strangen en eventueel een stuk extra vergraving daarvan en 2.) het creëren van nieuwe reservoirs met (ring)dijken en aanbrengen afdichting/kleilaag.
- We hebben rekening gehouden met de geologie/geohydrologie van locaties door te kijken naar locaties die zo geïsoleerd mogelijk liggen ten opzichte van de grondwaterstand.

[2] Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3) is de actuele digitale hoogtekaart voor Nederland.
[3] Baseline is ArcInfo database voor riviergegevens die onder andere gegevens over bodemhoogtes bevat.

Hiermee wordt bedoeld dat er bij berging op maaiveld zo min mogelijk wegzijging zal plaatsvinden. Dit is van belang zowel voor beperken van omgevingseffecten (verhoging grondwaterstand) als voor de effectiviteit van het waterbergen, omdat bij hogere wegzijging er minder water vastgehouden kan worden. Dus bijvoorbeeld geen locaties die in grove grindafzettingen gelegen zijn. Dit is van belang bij bijvoorbeeld bestaande plassen. Als deze in een goed doorlatende ondergrond gelegen zijn, dan kan het water niet lang genoeg vastgehouden worden om ingezet te worden in droge perioden.

- De voorkeur gaat uit naar een locatie met een natuurlijke in-/uitlaat en/of een in-/uitlaatconstructie. Het liefst zo min mogelijk gebruik van pompen.

2.3 Selectiemethodiek

We hebben voor deze préverkenning negen potentiële locaties nader bekeken. Om te komen tot deze negen locaties zijn de volgende vijf stappen doorlopen:

1. **Selectie alle mogelijke plassen en laagtes (inclusief bijbehorende potentie)**
   De ligging van bestaande plassen en laagtes in het maaiveld zijn bepaald op basis van de geometrie van het Baseline-model HOB2020 [1] (gemaakt in opdracht van waterschap Aa en Maas) in combinatie met het AHN3. Het model HOB2020 is een recent Baseline-model, gebaseerd op situatie van 2017 (basismodel is Maas-beno17_5-v1) waarin ook toekomstige geplande maatregelen meegenomen zijn. De volgende methodiek is gehanteerd:
   - Plassen
     De plassen zijn direct uit het Baseline-model gehaald, waarbij onderscheid is gemaakt tussen aangetakte (met een direct verbinding met de hoofdgeul) en niet aangetakte plassen (geen direct verbinding met de hoofdgeul).
   - Laagtes
     Voor het bepalen van de laagtes in het maaiveld zijn de locaties die onder water komen te staan bij een eens per twee jaar gebeurtenis onderzocht. Zowel locaties die niet verbonden zijn met de Maas als locaties die direct naast het zomerbed liggen zijn meegenomen in de analyse. Hierbij zijn de volgende inundatiebeelden gebruikt:
     - WAQUA-resultaten van het HOB2020-model voor een afvoer bij St. Pieter van 1.300 m³/s (afvoer bij Borgharen dorp, hoogwater met frequentie van ca 1 maal per 1 jaar). Deze WAQUA-resultaten geven de waterstanden van de toekomstige situatie weer (geplande maatregelen zijn meegenomen).
     - WAQUA-resultaten van het j19-model [2] (met de actuele situatie van het gebied) voor een afvoer bij St. Pieter van 1.439 m³/s (afvoer bij Borgharen dorp, hoogwater met frequentie van 1 maal per 2 jaar). Deze WAQUA-resultaten geven de waterstanden van de huidige situatie weer.

Omdat we de geometrie van de toekomstige situatie gebruiken, zijn WAQUA-resultaten van het j19-model alleen als verificatie gebruikt.

In Bijlage B zijn alle locaties die in deze stap zijn geïdentificeerd weergegeven.

2. Groeperen potentiële locaties in regio van zuiden Maastricht tot Roermond

In deze stap zijn de in stap 1 geïdentificeerde locaties in één van de volgende categorieën ingedeeld:

- Bestaande plassen (grote en kleine);
- Laagtes in maaiveld (grote en kleine);
- Combinatie van beide (plassen en naastgelegen laagtes worden benut);
- ENCI-groeve als speciale locatie[4];
- Locaties van project Grensmaas (rivierproject met ingrepen zoals verbreding van het stroombed van de Maas, verlaging van de oevers en versterking/verhoging van kades);
- Hoogwatergeul;
- Locatie langs de Bedijkte Maas.

3. Subselectie geschikte locaties op basis van aanwezige weerstandslagen

In Stap 3 is van alle potentiële locaties bepaald of er weerstandsbiedende lagen in de ondergrond te verwachten zijn. Dit is bepaald op basis van globale regionale informatie beschikbaar via de ondergrondmodellen REGIS II v2.2 en GeoTOP v1.4 en informatie over de ondergrond van het Maasdal beschikbaar via de provinciale kaarten. Uitgangspunt is dat wanneer er geen weerstandsbiedende lagen in de ondiepe ondergrond te verwachten zijn, de locatie dan vanuit geohydrologisch oogpunt minder geschikt is om water te bergen. Er is gekeken naar het voorkomen van weerstandbiedende lagen binnen de eerste drie meter onder maaiveld. Dit omdat als dit niet aanwezig is het water dan te snel via de ondergrond richting de Maas zal stromen, waardoor het water niet lang genoeg vastgehouden kan worden. Het doel is water voor langere periode vast te houden, zodat het beschikbaar is in droge perioden (doorgaans zomer). Indien er weinig weerstand in de ondiepe ondergrond aanwezig is, dan is het water niet meer beschikbaar in de droge periode. Van een aantal locaties is bekend dat er afgravingen hebben plaatsgevonden, waardoor de ondergrond is veranderd ten opzichte van de ondergrondmodellen. In dat geval is gekeken of er alleen weerstandsbiedende lagen zijn verwijderd, of ook zijn toegevoegd. Alleen in dat laatste geval kan een locatie potentieel geschikt zijn. Deze stap leidt tot een subselectie van 23 locaties. In de selectie die wordt uitgewerkt zijn ook locaties meegenomen die vanuit geohydrologisch oogpunt minder geschikt zijn, door het ontbreken van slecht doorlatende bodemlagen.

[4] Ligt buiten het winterbed van de Maas, maar is op verzoek van de begeleidingsgroep toch meegenomen.

Voor deze locaties is dan uitgangspunt dat er weerstandsbiedende lagen worden toegevoegd. De indicatieve kosten zijn daar dan van bepaald.

4. Analyse geohydrologische situatie op basis van REGIS, GeoTOP en boringen

De potentieel geschikte locaties, waar op basis van de ondergrondmodellen REGIS en GeoTop weerstandsbiedende lagen in de ondergrond te verwachten zijn, zijn nader beschouwd. Uit het DINO-Loket zijn alle beschikbare boringen binnen de gebieden opgehaald. Van deze boringen is met behulp van de Bodem-in-Beeld-tool in alle boorbeschrijvingen gekeken wat voor type weerstandsbiedende lagen er in de ondergrond aanwezig zijn (veen, klei of leem) en hoe dik deze lagen zijn. Door middel van interpolatie is vervolgens een diktekaart gemaakt. Deze is gebruikt om potentiële wegzijging van water naar de ondergrond te schatten.

5. Selectie locaties voor effectbeoordeling op basis van eerste analyse

Bovenstaande methodiek (tot en met stap 4) heeft tot 23 locaties geleid. In deze préverkenning hebben we ervoor gekozen om van negen locaties daadwerkelijk de effecten in beeld te brengen. Deze locaties hebben we samen met de begeleidingsgroep gekozen, waarbij het streven was om een divers beeld te schetsen:

- Verschillende typen waterbergingen: plassen, laagtes in maaiveld, combinatie van beide;
- Locaties verspreid over het stroomgebied;
- Zowel grote locaties (veel volume) als wat kleinere locaties;
- Focus op bovenstroomse locaties: hoe meer bovenstrooms in het gebied hoe beter; de behoefte aan water tijdens droge periodes is het grootst in het gebied bovenstrooms van Roermond.

Tabel 1 geeft een overzicht van de locaties voor effectbeoordeling, inclusief het totale oppervlak en het potentieel volume (in paragraaf 2.5 staat beschreven hoe dit bepaald is). Figuur 1 bevat een overzichtskaart van de geselecteerde locaties.

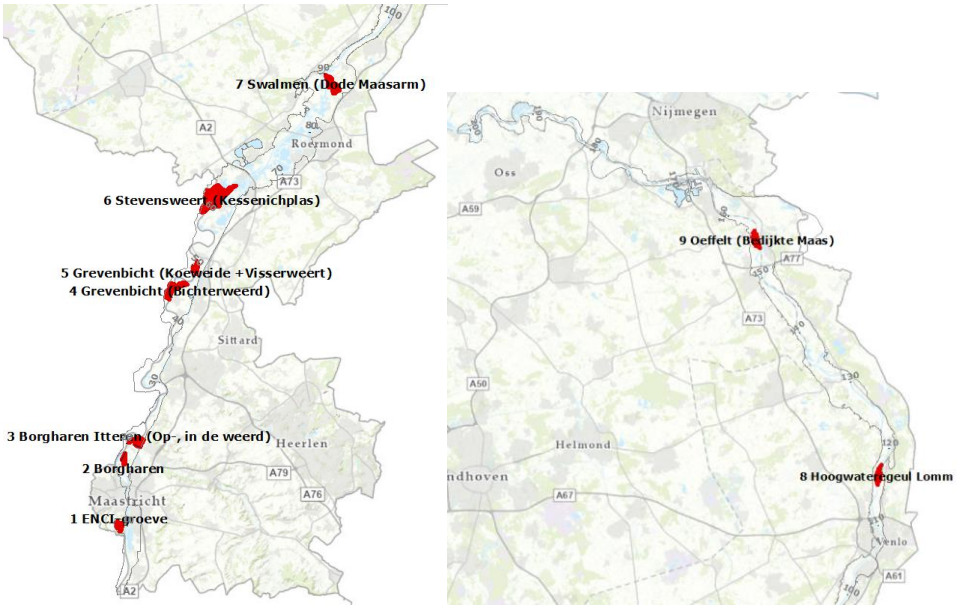
Tabel 1 Overzicht van locaties

Nr	Categorie	Naam	Locatie (rkm, oever)	Potentieel volume [m³]	Totaal oppervlakte [m²]
1	De ENCI-groeve	ENCI-groeve	LO[5], rkm 10	7.577.371	405.000
2	Laagte in het maaiveld – klein	Borgharen[6]	RO, rkm 17-19	208.109	286.425
3	Locatie Grensmaas-consortium	Borgharen Itteren (op-, in de weerd)	RO, rkm 20-22	795.409	695.102
4	Bestaande plas - niet aangetakt	Grevenbicht (Bichterweerd)	LO, rkm 45 (Belgie)	2.557.604	696.021

[5] LO = linkeroever; RO = rechteroever.
[6] Tevens een locatie van het consortium Grensmaas.

Nr	Categorie	Naam	Locatie (rkm, oever)	Potentieel volume [m³]	Totaal oppervlakte [m²]
5	Laagte in het maaiveld – groot (veel potentieel volume)	Grevenbicht (Koeweide +Visserweert)[2]	RO, rkm 45-50	1.829.529	602.361
6	Combinatie van een plas en een laagte	Stevensweert (Kessenichplas)	LO, rkm 60-65 (deels Belgie)	9.134.943	4.092.197
7	Bestaande plas – aangetakt-groot (veel potentieel volume)	Swalmen (Dode Maasarm)	RO, rkm 89	1.321.997	826.589
8	Hoogwatergeul	Hoogwategeul Lomm (Venlo)	RO, rkm 116	1.970.375	767.059
9	Bedijkte Maas	Oeffelt	LO, rkm 155	1.462.953	778.412

Figuur 1 Overzichtskaart van geselecteerde locaties



2.4 Beschrijving potentiële locaties

In onderstaande paragrafen is elk van de locaties nader beschreven. Naast een beschrijving van het gebied is ook getoond welk landgebruik er in het gebied aanwezig is. De verdeling van het landgebruik is gebaseerd op Lizard Stowa (2019 – actueel)[7] [3], waarbij onderscheid is gemaakt in de categorieën, getoond in Tabel 2:

[7] Er wordt geen rekening gehouden met veranderingen in landgebruik die sinds 2019 hebben plaatsgevonden.

Tabel 2 Samengevatte landgebruik-categorieën

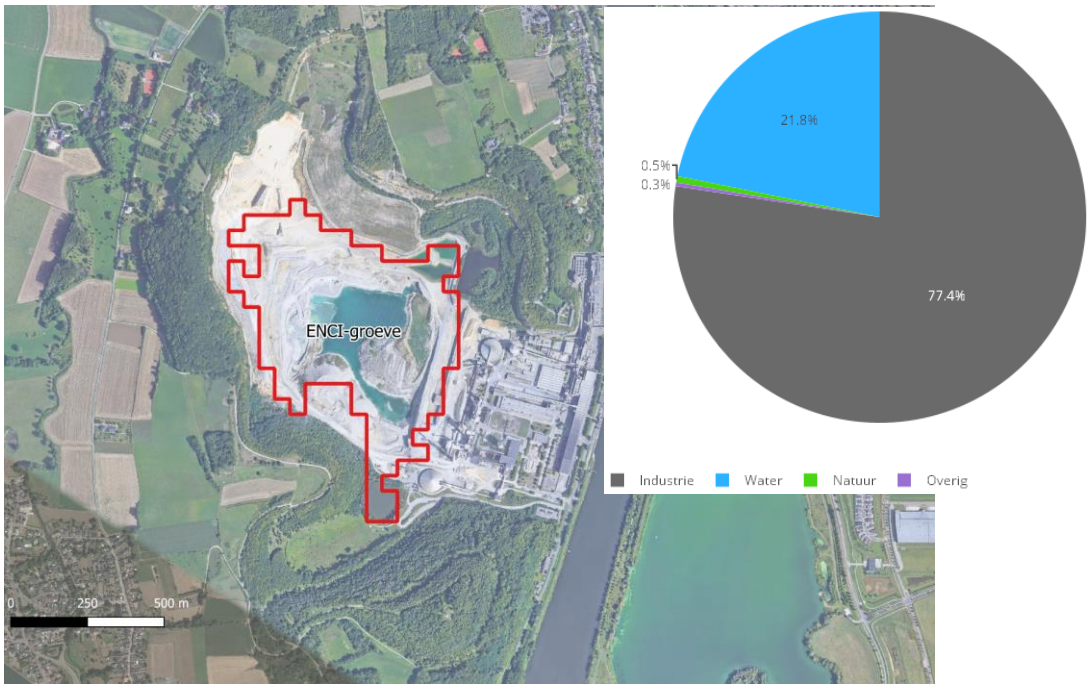
Categorie	Lizard Stowa categorieën
Natuur	Bos/Natuur; Natuur
Water	Binnenwater; Top10 - Water
Infrastructuur	Lokale weg; Overige wegdelen; Regionale weg
Woongebied	Woongebied
Landbouw	Consumptieaardappelen; Fruitteelt; Gerst; Mais, korrel; Mais, snij; Suikerbieten; Tarwe; Voederbieten; Weidehooi; Agrarisch gras en veevoeders
Industrie	Bedrijventerrein; Winkelfunctie; Overige gebruiksfunctie
Recreatie	Fietspad
Overig	Onbekend; Overig; Berm; Braak; Overig Gras/Groen; Gras; Graszoden; Groenvoorziening

2.4.1 Locatie 1: ENCI-Groeve

Bij Sint-Pieter ligt de oude ENCI-groeve (zie Figuur 2); deze locatie is toegevoegd aan de lijst als bijzondere locatie, omdat al eerder onderzoek is gedaan naar het gebruik van dit gebied als waterberging. De verdeling van het landgebruik is weergegeven in dezelfde figuur.

De ENCI-groeve ligt vrij diep (het omliggende gebied ligt op circa NAP+63m en het diepste punt van de plas op circa NAP+7m) en wordt gevoed vanuit het Albert-Kanaal. Momenteel worden er plannen gemaakt om opgeslagen water in de groeve te gebruiken voor drinkwatervoorziening. Dit water is dus niet voor het tegengaan van watertekorten op de Maas, maar is wel degelijk een alternatief om de kwetsbaarheid voor watertekorten in droge periodes te verminderen.
Een andere optie zou zijn om het gebied anders in te richten en een hoger vulpeil te creëren (dit peil is nu NAP+33m). Omdat de ENCI-groeve via het Albertkanaal deels met vrij verval naar de Maas kan worden afgevoerd is dit een interessante optie voor Natuurmonumenten, omdat er dan niet of minder gepompt hoeft te worden in een natuurgebied.

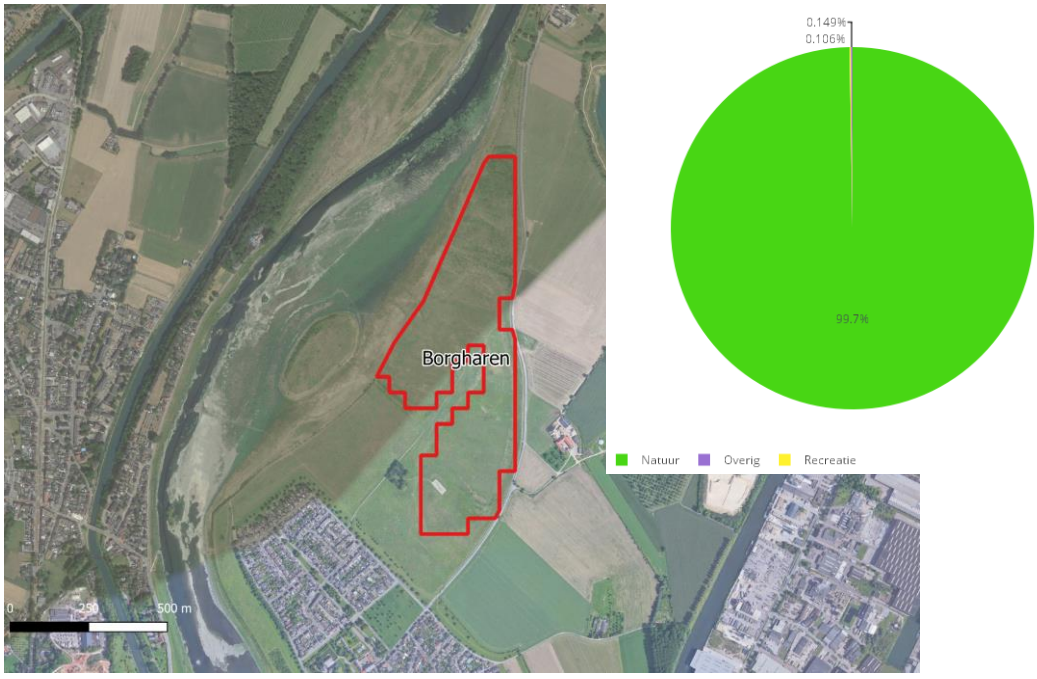
Figuur 2
ENCI-Groeve



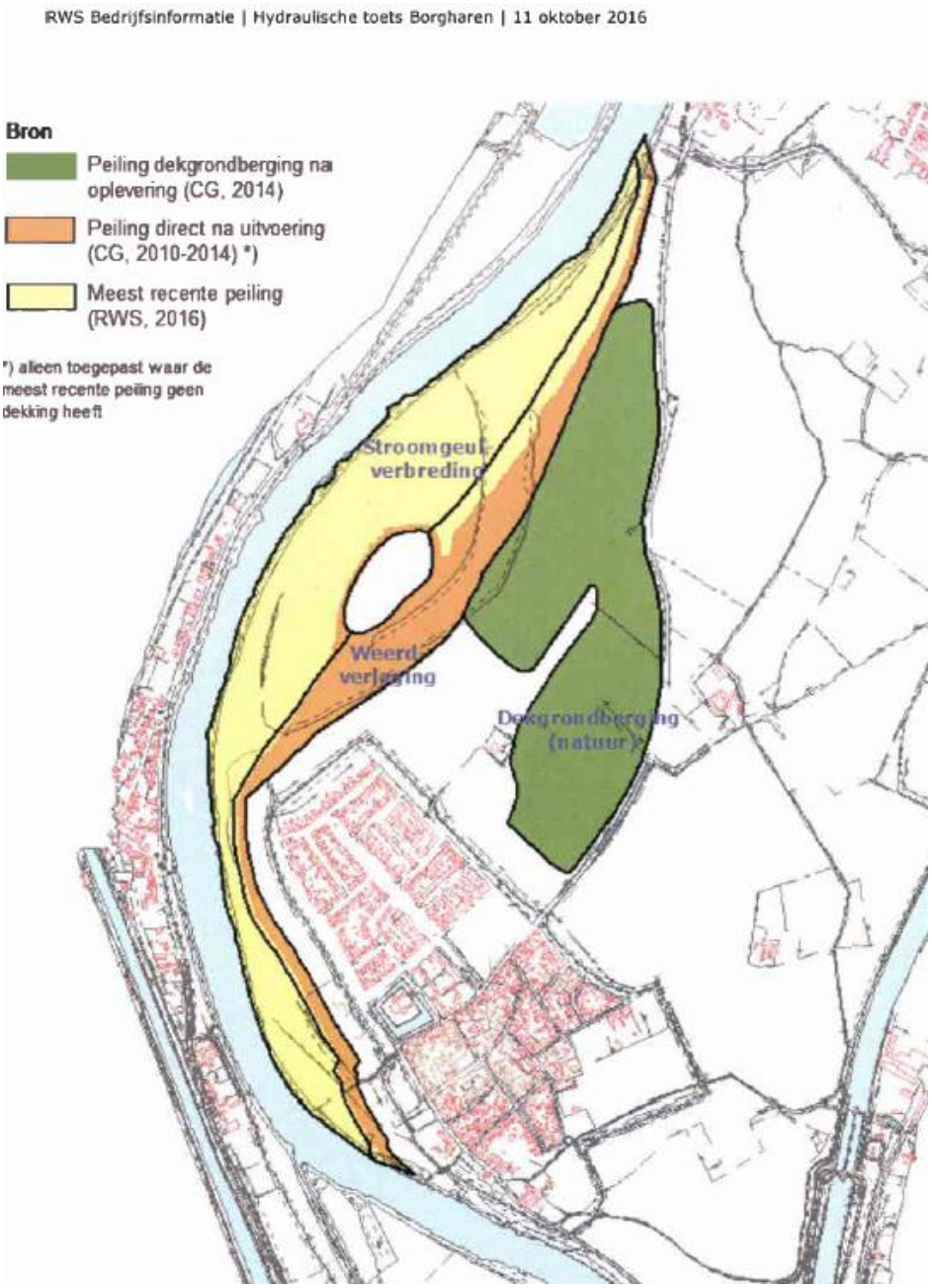
2.4.2 Locatie 2: Borgharen

Aan de rechteroever van de Maas, ten noorden van Borgharen (km 18 van de Maas) ligt een (klein) laaggelegen gebied dat elke jaar overstroomt (zie Figuur 3). Dit gebied is (deels) onderdeel van het project Grensmaas en overlapt met een bestaande hoogwatergeul (Figuur 4). Verder geldt dat het gebied geclassificeerd is als natuurgebied.

Figuur 3
Borgharen



Figuur 4
Project Grensmaas
Borgharen

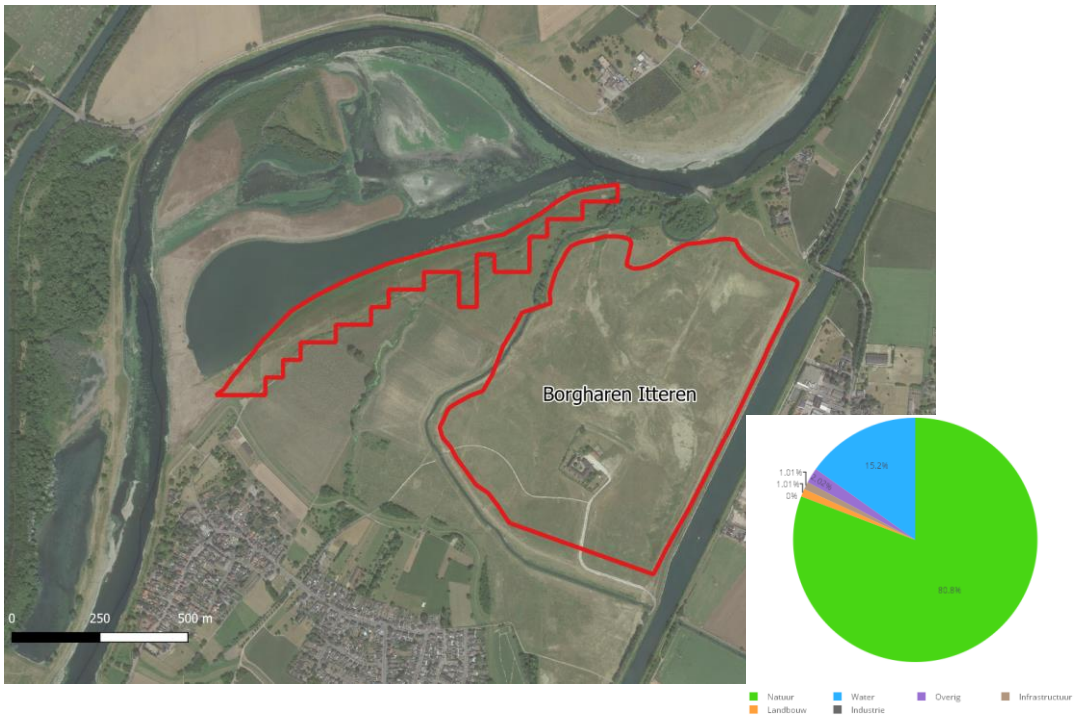


2.4.3 Locatie 3: Borgharen Itteren

Ten noorden van Itteren (km 21) ligt nog een gebied dat onderdeel is van het project Grensmaas (zie Figuur 5). Dit gebied is verdeeld in twee sub-gebieden: één direct naast de Geul en het andere is een laaggelegen gebied in het oosten, begrensd door het Julianakanaal, de rivier de Geul en de Grensmaas in het noorden. Het gebied is voor het grootste deel geclassificeerd als natuur en 15% als water. In het gebied ligt ook Kasteel Haertelstein. Verder wordt het gebied vaak gebruikt voor recreatie, met name als wandelgebied. De link met het Natura2000-gebied in het achterland is zeer relevant en moet intact blijven.

De dekgrondbergingen in dit gebied, met een oppervlakte van 40 tot 50 ha, zijn extra interessant voor waterberging; er hoeft alleen een dammetje te worden aangelegd, de uitstroomopening is al gemaakt.

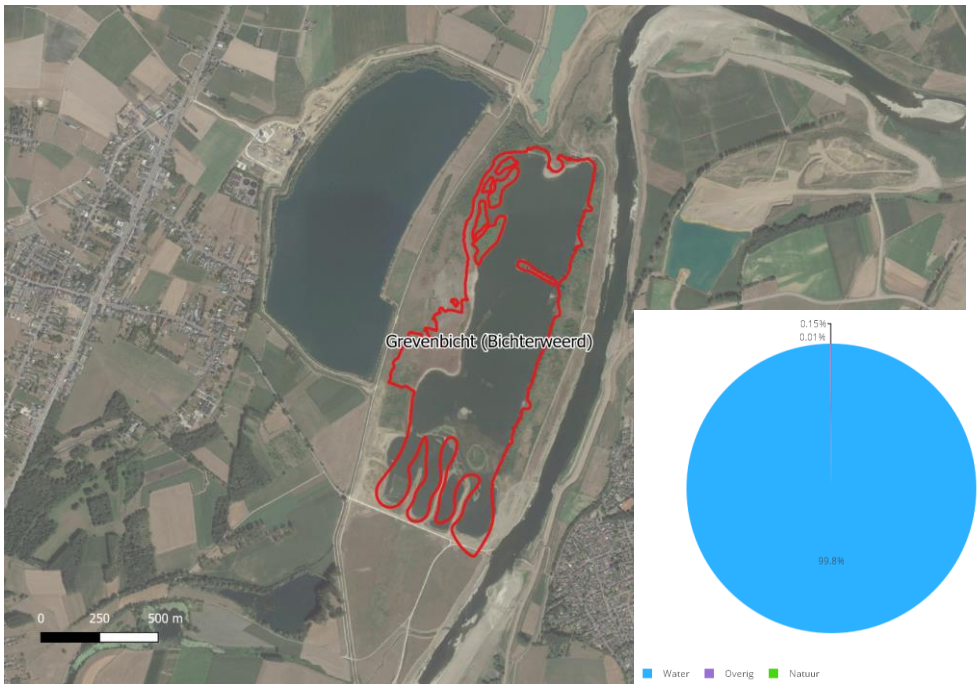
Figuur 5 Borgharen Itteren: Op de weerd en in de weerd



2.4.4 Locatie 4: Grevenbicht (Bichterweerd)

Ter hoogte van Grevenbicht ligt de plas Bichterweerd (zie Figuur 6). Deze niet aangetakte plas ligt in België, aan de linkeroever van de Maas (rond km 45). Voor wat betreft het landgebruik bestaat het gebied volledig uit water.

Figuur 6 Grevenbicht: Bichterweerd

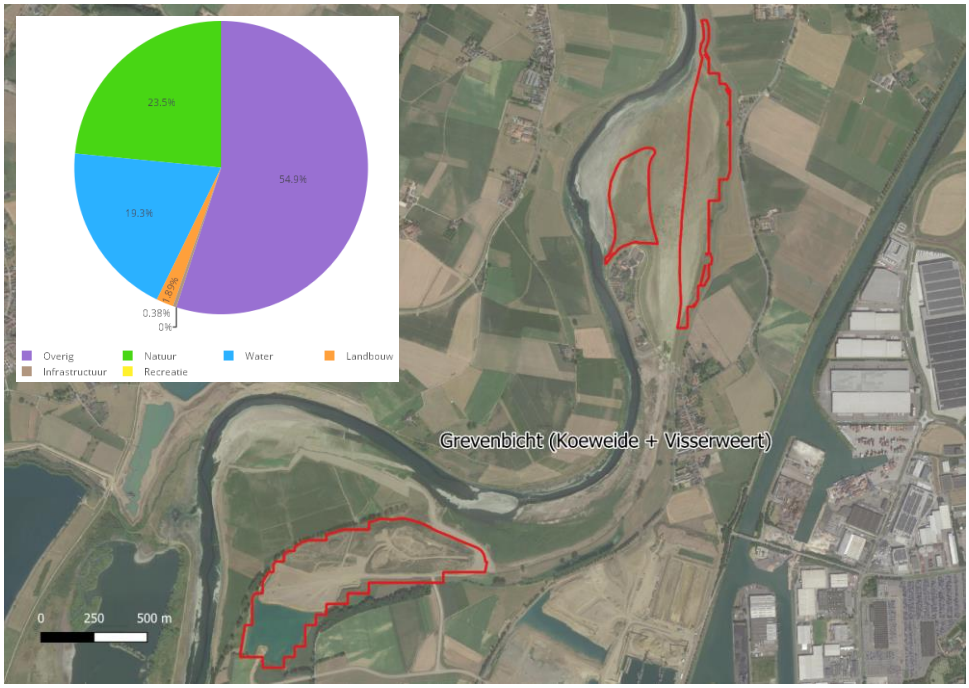


2.4.5 Locatie 5: Grevenbicht (Koeweide + Visserweert)

Aan de rechteroever van de Maas (km 45-50) ligt, tussen Koeweide en Visserweert, locatie 5. De locatie bestaat uit twee laagtes in het maaiveld (zie Figuur 7). De verdeling van het landgebruik is weergegeven in dezelfde figuur: het gebied is voor het grootste deel geclassificeerd als overige, rond 25% als natuur en rond 20% als water.

Ook hier ligt een dekgrondberging van 35 ha, waar momenteel herinrichting plaat vindt. De slapersdijk kan worden hersteld; er is alleen nog een kleine kade nodig.

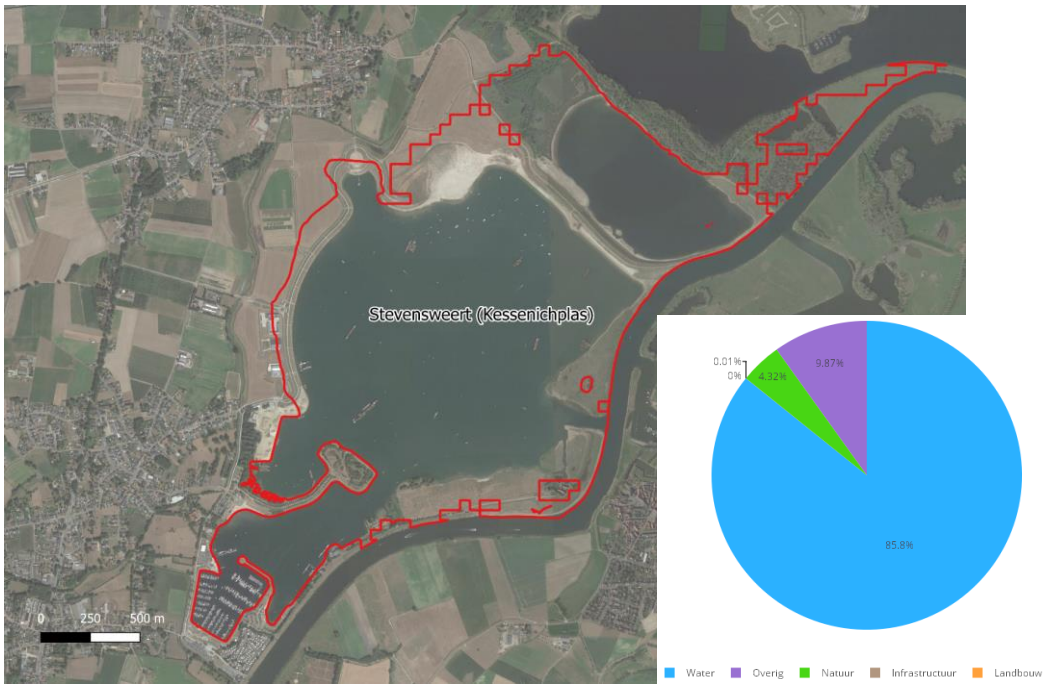
Figuur 7 Grevenbicht: Koeweide +Visserweert



2.4.6 Locatie 6: Stevensweert (Kessenichplas)

Tegenover Stevensweert, op Belgische grondgebied (km 60-65), liggen twee plassen bij Kessenich. Deze twee plassen (de grootste is aangetakt) vormen, samen met lage naastgelegen gebieden, locatie 6 (zie Figuur 8). Het gebied is voor het grootste deel geclassificeerd als water. In de zuidelijke plas ligt een recreatiehaven. In het noordelijke deel van het zoekgebied bevinden zich enkele moerasgebieden (waaronder Koningssteen) die deel uitmaken van het Grensmaas Natura 2000 gebied. Hier komen ook hydrologisch gevoelige natuurdoeltypen voor.

Figuur 8 Stevensweert: Kessenichplas

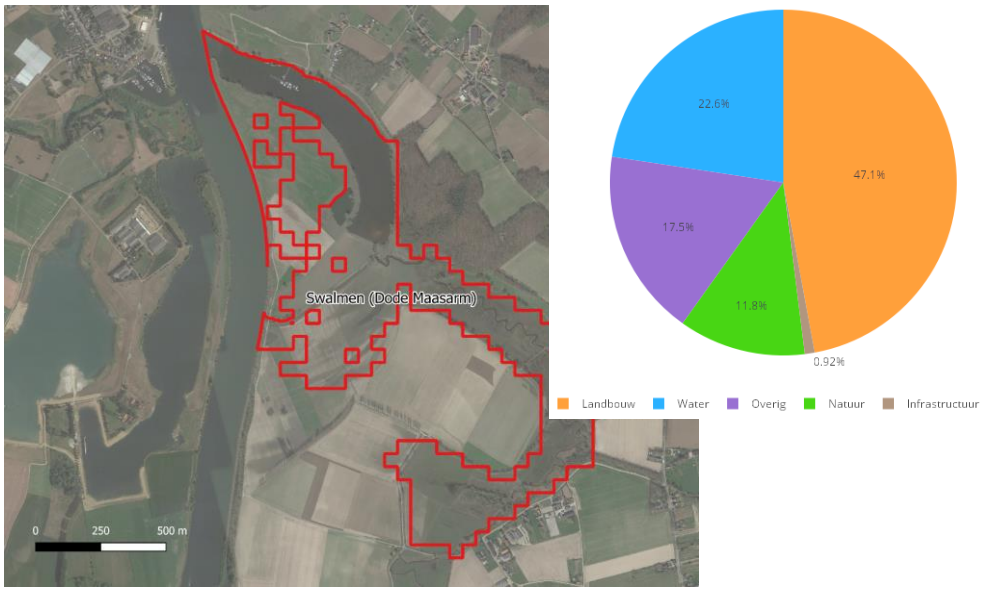


2.4.7 Locatie 7: Swalmen (Dode Maasarm)

Bij Swalmen ligt de Dode Maasarm; dit is deels een bestaande aangetakte plas (zie Figuur 9). De verdeling van het landgebruik is ook weergegeven in de figuur: het gebied bestaat voor het grootste deel uit landbouw.

Deze locatie kan worden gevoed vanuit de Swalm, waardoor het peil eventueel hoger gestuwd kan worden dan de Maas (voor de volumebepaling is hier nu niet vanuit gegaan). Er zijn echter ook aandachtspunten: de Swalm komt nu uit in de dode Maastak en vormt al een groot probleem voor de visoptrek. De verwachting is dat de monding de komende jaren verlegd zal worden.

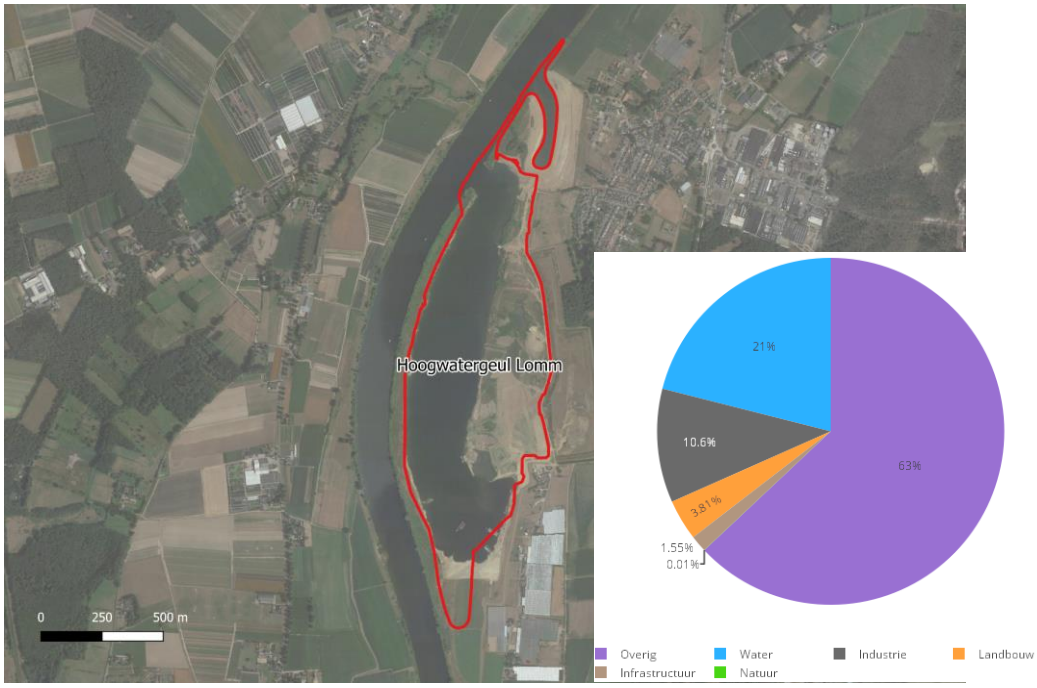
Figuur 9 Swalmen: Dode Maasarm



2.4.8 Locatie 8: Hoogwatergeul Lomm (Venlo)

Ten noorden van Venlo (rechteroever van de Maas, km 116) is recent hoogwatergeul Lomm aangelegd (zie Figuur 10). De verdeling van het landgebruik is ook weergegeven in de figuur: het grootste deel van het gebied is geclassificeerd als overig (ca. 65%), water (20%) en 10% als industrie.

Figuur 10 Hoogwatergeul Lomm: Venlo



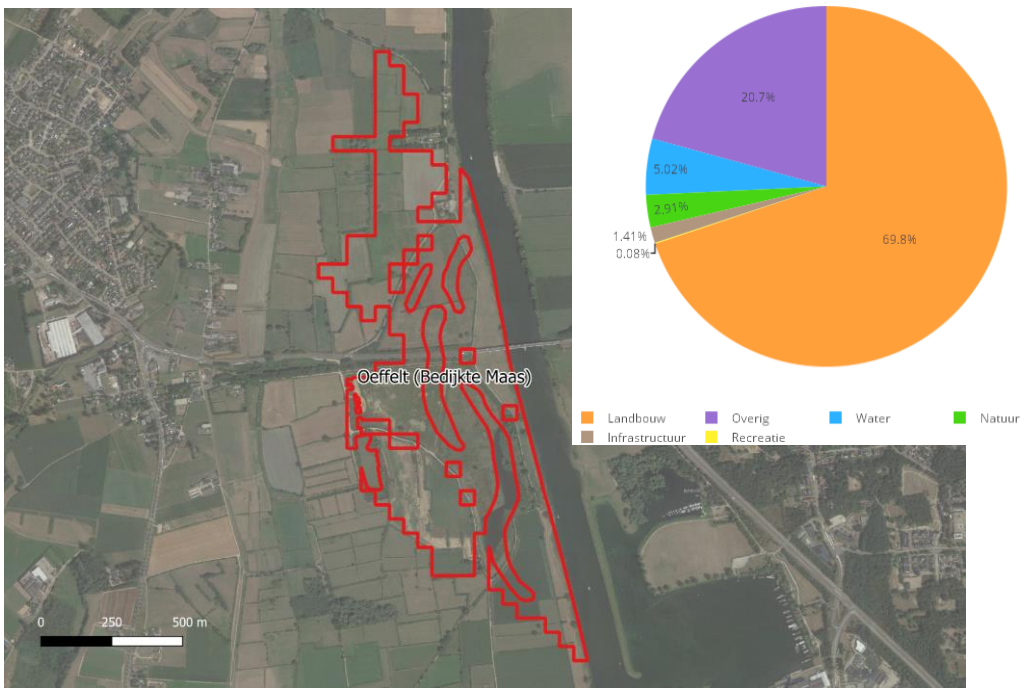
2.4.9 Locatie 9: Oeffelt (Bedijkte Maas)

Locatie Oeffelt is gekozen als locatie langs de Bedijkte Maas (zie Figuur 11). De verdeling van het landgebruik is ook weergegeven in de figuur: het gebied bestaat voor het grootste deel uit landbouw (70%) en overig (20%).

Voor deze locatie geldt een aantal aandachtspunten:

- Oeffelt is een gebied waarin rivierverruimende maatregelen gepland zijn (verwijdering van de 'flessenhals' onder N264).
- Oeffelt ligt in een belangrijk Natuurgebied met Unesco-biosfeer status. De inrichting van de weerdverlaging is een essentieel onderdeel van de landschappelijke inpassing van de hoogwatermaatregel. De begeleidingsgroep geeft daarbij aan dat er geen draagvlak is voor open waterplassen, die nodig zijn om de waterberging te realiseren.

Figuur 11 Oeffelt (Bedijkte Maas)



2.5 Hoeveel waterberging is er mogelijk?

De potentie van de negen locaties, beschreven in paragraaf 2.4, is als volgt bepaald:

- Voor elke locatie is het oppervlakte en het potentieel (bruto) volume bepaald (zie Tabel 1). Dit is als volgt gedaan:
  - Laaggelegen gebieden: het potentieel volume is bepaald op basis van de gemiddelde waterdiepte (keer de oppervlakte) bij overstroming bij een afvoer van 1.300 m³/s (afvoer bij Borgharen dorp, hoogwater met frequentie van ca 1 maal per 1 jaar). Hiervoor zijn de WAQUA-resultaten van het HOB2020-model gebruikt.
  - Plassen: de plassen kunnen niet helemaal droog worden gemaakt tijdens droogte, het moet minimaal een niveau vergelijkbaar met het waterpeil in de Maas bij laagwater blijven. Hierdoor is het potentieel

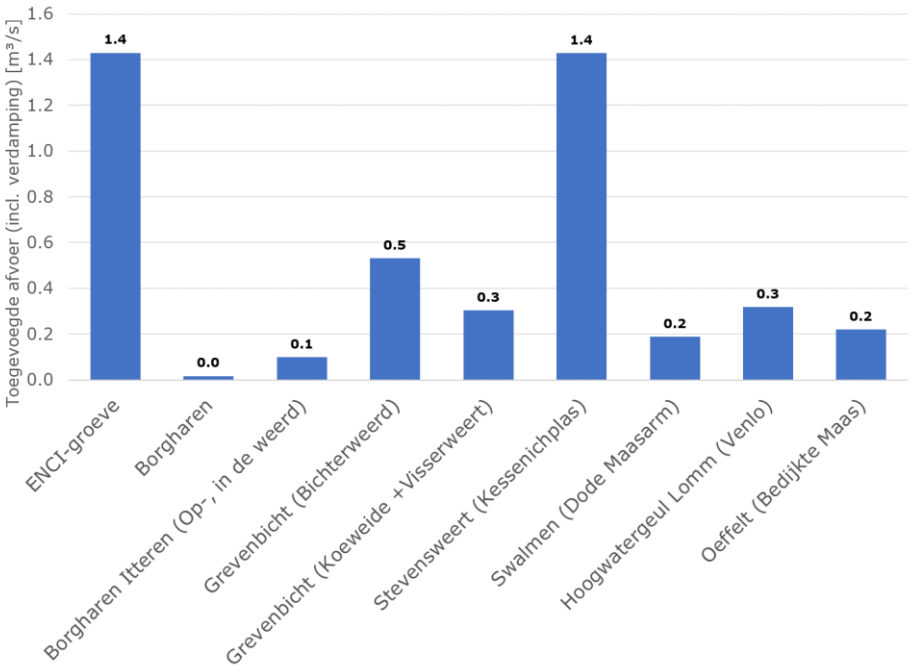
volume bepaald op basis van het verschil van waterniveau bij hoogwater (1.300 m³/s) en laagwater (10 m³/s bij Borgharen-dorp).[8]
    - Locatie ENCI-Groeve: voor deze locatie is uitgegaan van een minimale waterdiepte tijdens droogte van 2 m.
- De verdamping is afgetrokken van het potentieel volume. Bij bepaling van verdamping is de volgende procedure gebruikt:
    - Per locatie is een KNMI station geselecteerd (Maastricht, Volkel, Arcen of Ell); van dat station is de data van 2000-2020 gebruikt. De neerslag (RH) en referentie verdamping (EH24) data zijn gebruikt.
    - Uitgangspunt is dat we 1 januari het waterbergingsgebied 'vol' zetten, en dat het water vanaf 1 juli, gedurende een periode van 2 maanden wordt ingezet. 1 september is het water dus weer weg uit het bergingsgebied. Dat betekent dat er water kan verdampen vanaf 1 januari tot en met 31 augustus.
    - In de maanden januari, februari en maart is er relatief weinig verdamping, en wordt dit meer dan gecompenseerd door de neerslag die valt. In die maanden is er dus netto geen verlies. Ook geen extra aanvulling, omdat we uitgaan dat het bekken vol is, dus wat er meer valt aan neerslag loopt 'over de rand' weer weg.
    - Van de maanden april tot en met augustus is de gemiddelde open water verdamping per maand bepaald. Om van referentieverdamping (EV24 uit de KNMI data) naar open water verdamping te gaan is de factor 1,3 aangehouden. Dit is een standaardwaarde om een inschatting te krijgen van de verdamping vanaf open water.
    - De open water verdamping is bepaald voor twee scenario's:
        - De netto situatie uitgaande van gemiddelde neerslag. Dit is een realistisch scenario, waarin de neerslag is meegenomen. Orde grootte is het verlies via verdamping circa 28 cm waterpeil.
        - Een worst-case situatie, zonder neerslag. In geval er in de periode april – augustus helemaal geen neerslag valt. Dit scenario komt meer in de buurt van een heel droog en warm voorjaar/zomer. Zoals bijvoorbeeld 2018. Ordegrootte verlies via verdamping is dan circa een halve meter waterschijf.
    - Op basis van oppervlakte van de locaties is de hoeveelheid verdamping vertaald naar een volume. Dit volume is van het totaal geborgen volume afgetrokken. In dit rapport zijn de getallen van het worst-case scenario gepresenteerd.
    - De resterende volumes zijn vertaald naar afvoer die geloosd kan worden naar de hoofdgeul van Maas. Uitgangspunt hier was dat het volume gedurende 2 maanden in de Maas geloosd wordt.
    - Belangrijk uitgangspunt is dat het verlies aan water dat via wegzijging wegstroomt niet is mee genomen. Dit is in potentie een grote verliespost, en er zijn mogelijk maatregelen nodig om dit verlies te beperken. Dit is verder uitgewerkt in hoofdstuk 3.

[8] De waterstanden bij afvoer van 10 m³/s van de betrekkingslijnen van RWS [9] zijn hiervoor gebruikt.

Het resultaat van bovenstaande aanpak is weergegeven in Figuur 12. Per locatie is aangegeven hoeveel extra afvoer er op de Maas gerealiseerd kan worden, gedurende een (droge) periode van 2 maanden.

Te zien is dat er de geselecteerde locaties over het algemeen tussen de 0,1 en 0,3 m^3/s extra afvoer per locaties kunnen leveren, gedurende een droge periode van twee maanden. Locatie 4 (Grevenbicht) is een relatief grote locatie met 0,5 m^3/s extra afvoer en locaties 1 ENCI-Groeve en 6 Stevensweert geven maar liefst 1,4 m^3/s extra afvoer. Alle locaties tezamen kunnen een extra afvoer tot circa 4,5 m^3/s leveren gedurende een droge periode van twee maanden. Ter vergelijking: de Maas kent een lage afvoer in de droge periodes van circa 10 m^3/s (minimum afvoer op de Grensmaas volgens het in 1995 vastgelegd Maasafvoerverdrag [4]) en hier zal dus circa 45% aan toegevoegd kunnen worden door het gebruik van deze retentiegebieden.

Figuur 12 Toegevoegde afvoer per geselecteerde locatie (incl. verdamping)



3 Geohydrologische analyse

3.1 Inleiding

Voor de kansrijkheid van een waterbergingslocatie is de geohydrologische situatie van groot belang. De ondergrond langs de Maas bestaat grotendeels uit goed doorlatende zandige en grindige afzettingen. Deze zijn goed doorlatend voor (grond)water, waardoor de mogelijkheid om water vast te houden beperkt kan zijn. In dit hoofdstuk is gekeken of er van nature weerstandsbiedende lagen, zoals klei-, veen- of leemlagen, in de ondergrond voorkomen. Als deze aanwezig zijn dan maakt dat een potentiële locatie geschikter voor waterbergen, omdat het water dan geremd wordt en niet direct wegstroomt richting de Maas. Zoals in paragraaf 2.3 is toegelicht zijn in totaal 23 locaties gevonden waarvan op basis van een eerste grove analyse de geohydrologische situatie kansrijk leek voor toepassen van waterberging. Er zijn echter ook andere aspecten bekeken. In de selectie die in hoofdstuk 2 is vastgesteld zijn 9 locaties geselecteerd. Daarbij zijn ook locaties die vanuit geohydrologisch oogpunt minder kansrijk lijken. In dit hoofdstuk wordt voor deze 9 geselecteerde locaties de geohydrologische situatie beschouwd. In paragraaf 3.2 is beschreven hoe de aanwezigheid van weerstandsbiedende lagen bepaald is. In paragraaf 3.3 zijn de verschillende locaties vervolgens geanalyseerd. Tot slot is in paragraaf 3.4 een conclusie beschreven. Daarin zijn ook indicatieve kosten opgenomen voor toevoegen van weerstandsbiedende lagen (klei). Dit is van belang bij locaties waar deze niet van nature aanwezig zijn. Door toevoegen van een kleiafdichting is het mogelijk een locatie geschikt te maken voor waterberging.

3.2 Methode

Om te bepalen of er weerstandsbiedende lagen in de ondergrond aanwezig zijn, is een aantal stappen uitgevoerd. Voor alle potentiële locaties is een analyse uitgevoerd naar de aanwezige afzettingen in de ondergrond op basis van de REGIS II v2.2 en GeoTOP v1.4 ondergrondmodellen. Deze laatste is niet voor het gehele gebied aanwezig. Op basis van de ondergrondmodellen is bepaald of het waarschijnlijk is dat er weerstandsbiedende lagen in de ondiepe ondergrond aangetroffen kunnen worden.

Samen met de overige criteria zoals beschreven in paragraaf 2.3, is een aantal locaties geselecteerd. Op de geselecteerde locaties is de geohydrologische situatie nader beschouwd door een analyse te doen van beschikbare boorprofielen. Er is geen gebruik gemaakt van de REGIS interpolatie omdat daarin geen onderscheid is gemaakt tussen verschillende bodemsoorten.

De GeoTOP interpolatie is niet beschikbaar voor een deel van het projectgebied (Zuid-Limburg) In DINO-Loket zijn daarom alle beschikbare boorprofielen in en om de potentiële locaties gedownload. Voor alle boorprofielen is in kaart gebracht of er grondsoorten met een hogere verticale weerstand in de ondiepe ondergrond (eerste 2 meter) aangetroffen zijn. Het gaat dan om klei, leem, veen of een combinatie daarvan. Als deze lagen zijn aangetroffen in de boring is de totale dikte hiervan bepaald, en is middels een interpolatiemethode een kaart gemaakt om een indicatie van de verwachte dikte onder de potentiële locatie te bepalen. Als er geen of heel beperkt weerstandsbiedende lagen aanwezig zijn, maar een locatie wel om andere selectiecriteria interessant is, dan is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid klei die toegevoegd moet worden.

3.3 Geohydrologische analyse 9 potentiële locaties

In paragraaf 2.3 en 0 is aangeven welke 9 locaties zijn geselecteerd. De locaties verschillen onder andere op de geografische ligging, positie ten opzichte van de Maas, aantakking met de Maas en in potentie. Er zijn bewust verschillende typen locaties geselecteerd. Niet alle locaties zijn vanuit geohydrologisch oogpunt geschikt voor het bergen van water, vanwege het ontbreken van een weerstandsbiedende laag in de ondergrond. Grondsoorten met een hoge weerstand zijn leem, klei, veen of een combinatie hiervan. Een overzicht van de locaties die nader onderzocht worden is weergegeven in Tabel 3. Gebieden die niet geschikt zijn op basis van het ontbreken van de weerstandslaag zijn ook meegenomen, voor die locaties is later in dit hoofdstuk aangegeven wat indicatief de kosten zullen zijn om een klei laag aan te brengen. In paragraaf 3.4 zijn alle locaties nader uitgewerkt.

Tabel 3 Categorieën nadere geohydrologische analyse

Locatie	Naam	Geschikt vanuit geohydrologisch oogpunt
1	ENCI-groeve	Nee
2	Borgharen	Deels
3	Borgharen Itteren (op en in de weerd)	Ja
4	Grevenbicht (Bichterweerd)	Nee
5	Grevenbicht (Koeweide+Visserweert)	Deels
6	Stevensweert (Kessenichplas)	Nee
7	Swalmen (Dode Maasarm)	Ja
8	Hoogwatergeul Lomm	Ja
9	Oeffelt	Ja

3.4 Nadere geohydrologische analyse 9 potentiële locaties

3.4.1 Locatie 1: ENCI-groeve

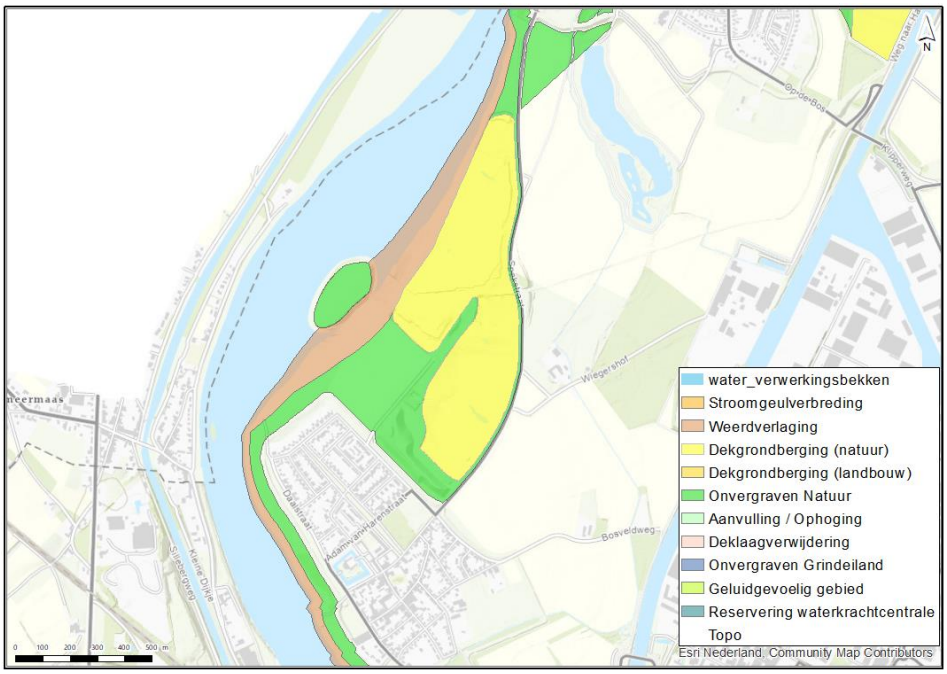
Bij deze locatie bestaat de ondergrond uit de formatie van Maastricht, kalkeenheid en de formatie van Gulpen, kalkeenheid. Deze lagen kunnen lokaal zeer doorlatend zijn, maar lokaal ook zeer slecht doorlatend. Een deel van de beschikbare boringen in DINO-Loket laten zien dat een leemlaag van 1 m dikte of meer voorkomt. Echter laat het andere deel zien dat kalksteen geregeld aan het oppervlak ligt. De leemlaag die voorkomt in de formatie van Boxtel kan niet als vlakdekkend worden beschouwd. Voor dit gebied zullen boringen gedaan moeten worden om de dikte en de weerstand van de mergel in de bovenste laag te bepalen. De locatie is behoorlijk diep, aangezien deze gebruikt is voor het winnen van mergel. Mogelijk ontbreekt de natuurlijke weerstandslaag als gevolg. Om water langdurig vast te kunnen houden moet daarom mogelijk een weerstandsbiedende laag aangebracht worden. Door de diepte van de locatie staat deze constant onder water. De oppervlakte van het potentiële waterbergingsgebied is 405.000 m^2. Afhankelijk van de doorlatendheid en spreiding van de mergel zal ook een weerstandslaag aangebracht moeten worden om water langer vast te kunnen houden. Vanwege de ligging en de unieke geohydrologische kenmerken (in mergel) is dit in potentie een geschikte locatie om water vast te houden.

3.4.2 Locatie 2: Borgharen (laagte in het maaiveld – klein)

Analyse boorprofielen op weerstand biedende lagen

Voor deze locatie geldt dat hier werken zijn uitgevoerd door het Consortium Grensmaas in het kader van Maaswerken. De oorspronkelijke bodemopbouw is in het kader van dit project aangepast. De beschikbare boringen zijn van voor de ontgraving door het Consortium Grensmaas, en zijn daarom niet meer representatief. Langs de rivier bestaat de bodem uit grind. Ter plaatse van de dekgrondbergingen is het hele grindpakket ontgraven. De dekgrondbergingen zijn aangevuld met de dekgrond die is vrijgekomen bij de rivierverruiming. De deklaag in de dekgrondberging is ca. 7 à 8 meter dik en bestaat uit slecht doorlatend materiaal zoals klei, leem en fijnere zanden. Figuur 13 toont de ligging van de dekgrondberging [5]. Het gebied heeft een oppervlakte van ongeveer 286.425 m^2.

Figuur 13 Ligging dekgrondberging (geel) bij locatie 2



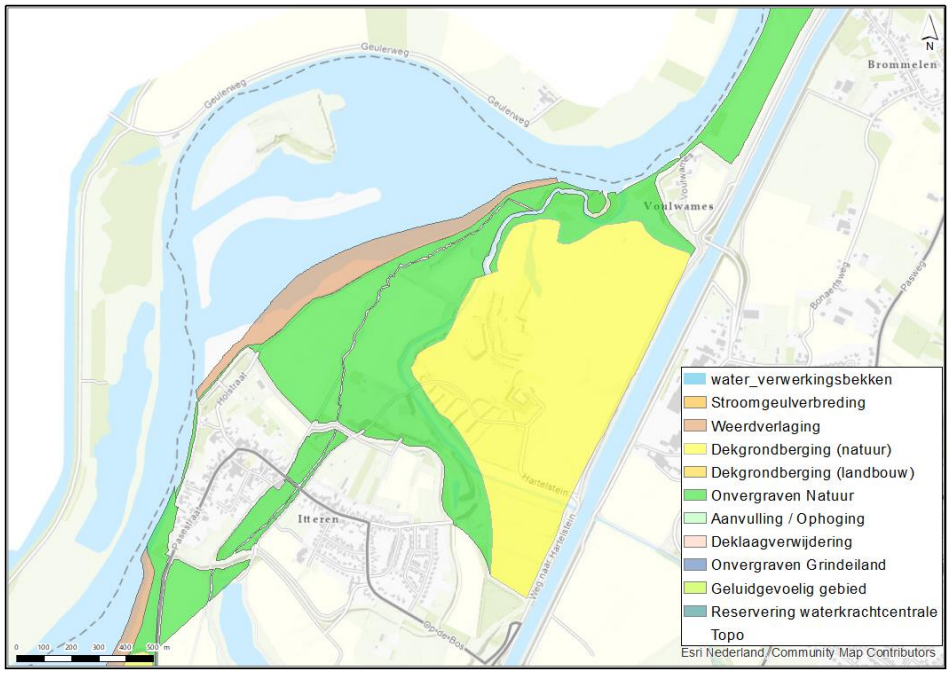
Vanwege de dikke laag slecht doorlatend materiaal (7 a 8 meter dikte) en de lage ligging van het maaiveld is dit qua geohydrologische omstandigheden in potentie een geschikte locatie om water vast te houden.

3.4.3 Locatie 3: Borgharen Itteren (dekgrondbergingen)

Analyse boorprofielen op weerstandsbiedende lagen

Voor deze locatie, iets noordelijk van locatie 2, bij Itteren, geldt eveneens dat hier werken zijn uitgevoerd door het Consortium Grensmaas in het kader van Maaswerken. De oorspronkelijke bodemopbouw is in het kader van dit project aangepast. De beschikbare boringen zijn van voor de ontgraving door het Consortium Grensmaas, en zijn daarom niet meer representatief. Langs de rivier bestaat de bodem uit grind. Ter plaatse van de dekgrondbergingen is het hele grindpakket ontgraven. De dekgrondbergingen zijn aangevuld met de dekgrond die is vrijgekomen bij de rivierverruiming. De deklaag in de dekgrondberging is circa 8 meter dik en bestaat uit slecht doorlatend materiaal zoals klei, leem en fijnere zanden. Figuur 14 toont de ligging van het gebied [6]. De dekgrondbergingen hebben een oppervlakte van circa 585.000 m^2; het totale gebied heeft een oppervlakte van ongeveer 695.00 m^2.

Figuur 14
Ligging van de dekgrondberging (geel) bij locatie 3



Vanwege de dikke laag slecht doorlatend materiaal (circa 8 meter dikte) en de lage ligging van het maaiveld en het kleine uitstroompunt naar de Maas is dit qua geohydrologische omstandigheden in potentie een geschikte locatie om water vast te houden.

3.4.4 Locatie 4: Grevenbicht (Bichterweerd) (bestaande plas - niet aangetakt)

Deze locatie is een bestaande plas, die niet is aangetakt aan de Maas. Voor deze locatie zijn geen peilbuizen en geen boringen na 1990 beschikbaar. Voor dit gebied zullen boringen gedaan moeten worden om de dikte en de weerstand van de bovenste laag te bepalen. Dit gebied is gebruikt voor het winnen van grind. Daarom zal de van nature eventueel aanwezige weerstandslaag vergraven zijn. Hierdoor moet een weerstandslaag aangebracht worden om water langdurig vast te kunnen houden. Zonder weerstandslaag zal het peil in de plas meebewegen met de (grond)waterstand. De oppervlakte van het potentiële waterbergingsgebied is 696.020 m^2. Om een kleilaag van 1 meter dikte aan te leggen is daarom grofweg 7×10^5 m^3 klei benodigd.

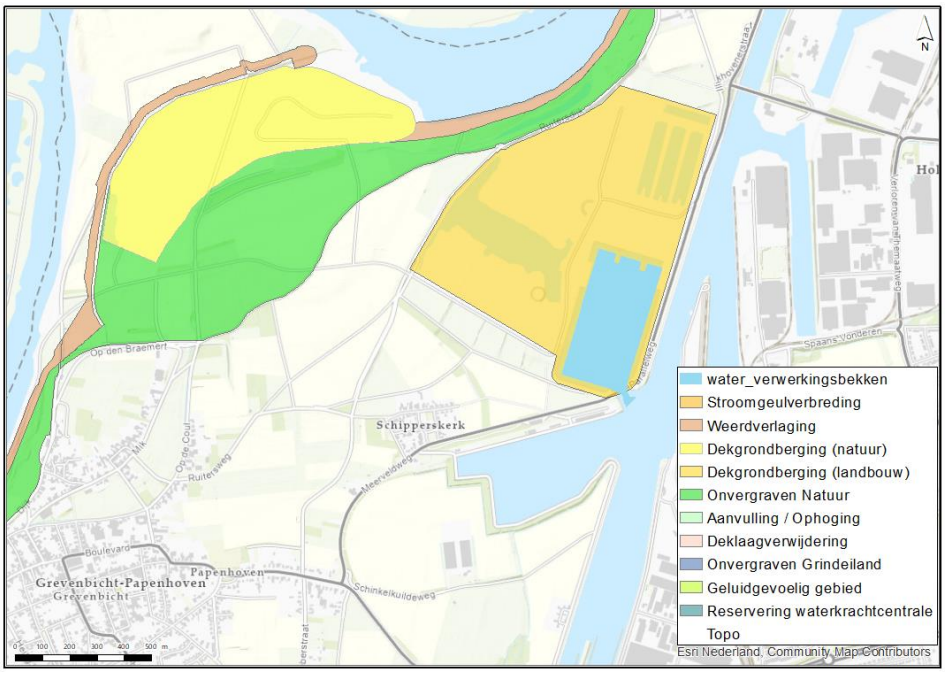
3.4.5 Locatie 5: Grevenbicht (Koeweide +Visserweert) (laagte in het maaiveld - groot)

Analyse boorprofielen op weerstand biedende lagen

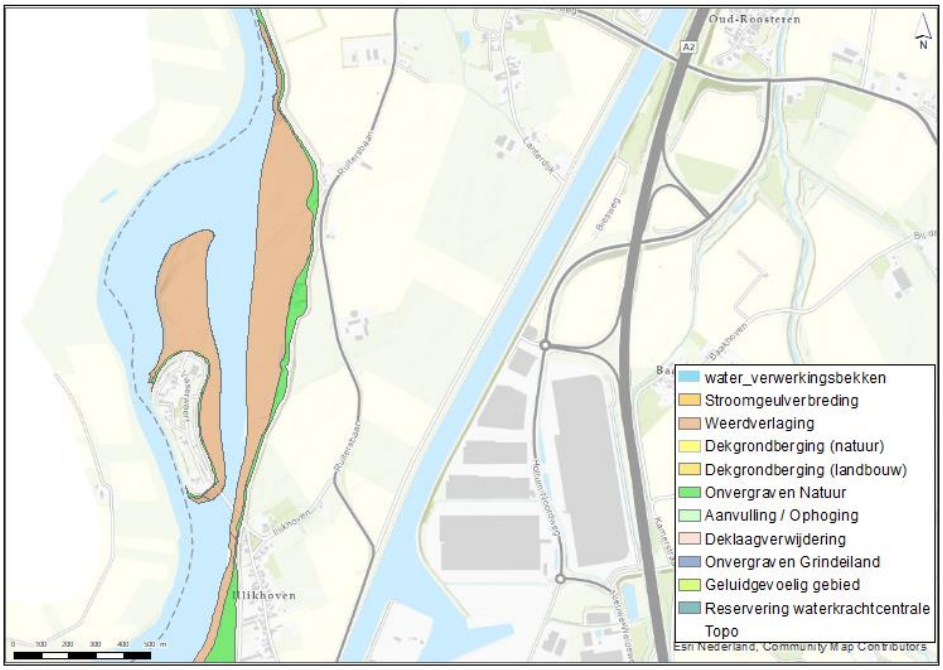
De locaties Koeweide, ten noorden van Grevenbicht, en Visserweert, ter hoogte van Illikhoven, zijn ook onderdeel van de werken uitgevoerd door het Consortium Grensmaas in het kader van Maaswerken. De oorspronkelijke bodemopbouw is in het kader van dit project aangepast.

De beschikbare boringen zijn van voor de ontgraving door het Consortium Grensmaas, en zijn daarom niet meer representatief. Langs de rivier bestaat de bodem uit grind. Ter plaatse van de dekgrondbergingen is het hele grindpakket ontgraven. De dekgrondbergingen zijn aangevuld met de dekgrond die is vrijgekomen bij de rivierverruiming. De deklaag in de dekgrondberging is ca. 15 tot 18 meter dik en bestaat uit slecht doorlatend materiaal zoals klei, leem en fijnere zanden. Figuur 15 toont de ligging van de dekgrondberging bij Koeweide. Deze bestaan uit twee locaties. Een locatie is thans de verwerkingshaven waarvandaan gewonnen grind verscheept wordt. Op termijn wordt deze locatie afgewerkt als dekgrondberging. Op dat moment is deze gebied geschikt voor het bergen van water (deze locatie is nu nog niet meegenomen). Figuur 19 toont de weerdverlaging bij Illikhoven. Bij deze weerdverlaging is de deklaag volledig vergraven, en hier bestaat de ondergrond volledig uit grindige, grofzandige lagen. Om deze locatie te kunnen gebruiken voor waterberging is het nodig een slecht doorlatende laag aan te brengen. De totale oppervlakte van de dekgrondberging bij Koeweide bedraagt ongeveer 602.300 m^2 (dit is exclusief de huidige verwerkingshaven). De totale oppervlakte van de weerdverlaging bij Illikhoven bedraagt circa 295.000 m^2.

Figuur 15
Ligging van locatie 5 dekgrondberging Koeweide. In oranje het huidige verwerkingsbekken. Geel de andere dekgrondberging..



Figuur 16
Locatie 5, deel weerdverlaging bij Illikhoven.



De dekgrondbergingen bij Koeweide zijn in potentie geschikt als locatie voor waterberging vanwege de lagere maaiveldligging en de slecht doorlatende dekgrond die is aangebracht in de ondergrond. Het deel bij Illikhoven, de weerdverlaging, bestaat de ondergrond uit zeer doorlatend materiaal en hier zal het aanbrengen van weerstand in de ondergrond nodig zijn om water te kunnen bergen.

3.4.6 Locatie 6: Stevensweert (Kessenichplas) (combinatie bestaande plas en laagte)

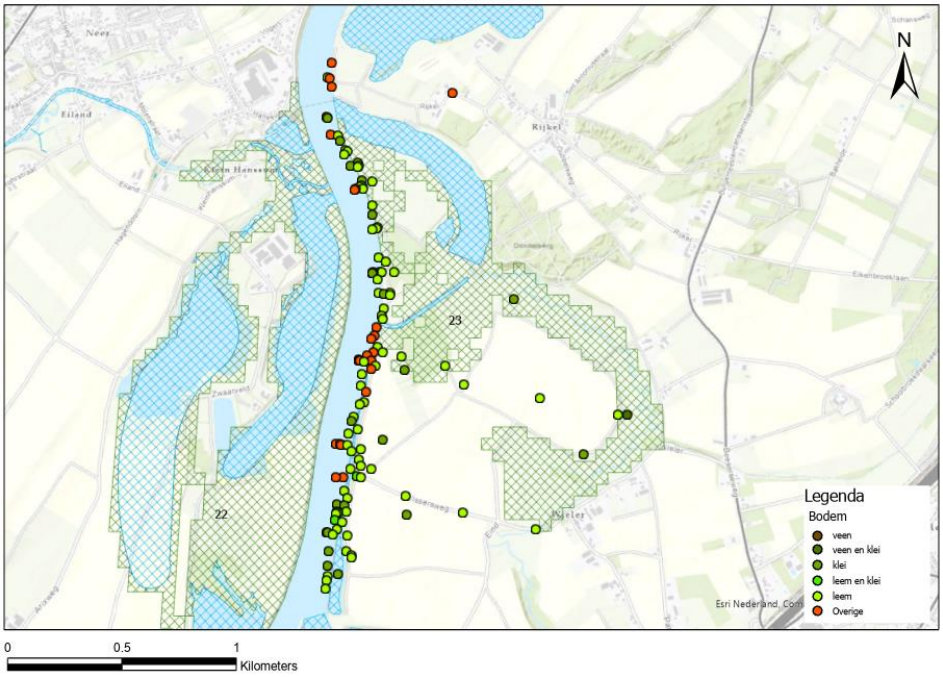
Voor deze locatie zijn geen peilbuizen en geen boringen na 1990 beschikbaar. Voor dit gebied zullen boringen gedaan moeten worden om de dikte en de weerstand van de bovenste laag te bepalen. Ter plaatse van deze locatie in het Vlaamse gedeelte langs de Maas worden de Formatie van Arenberg en Stokken en de Formatie van Lanklaar, Lanaken en Zutendaal afwisselend aan het oppervlak aangetroffen. Als basis fungeert de Formatie van Kiezeloöliet. Afzettingen van de laatst genoemde worden gekenmerkt door fijn tot zeer grof zand. De plas bij deze locatie is ontstaan door het winnen van grind. Daarom zal een van nature aanwezige eventuele weerstandslaag zeer waarschijnlijk vergraven zijn. Hierdoor moet een weerstandslaag aangebracht worden om water langdurig vast te kunnen houden. De oppervlakte van het potentiële waterbergingsgebied is 4.092.197 m^2. Om een klei laag van 1 m dikte aan te leggen is daarom ook 4.092.197 m^3 klei benodigd. Vanwege het zeer grote oppervlakte, de aanwezigheid van vele plassen en de goede doorlatendheid van de ondergrond is deze locatie vanuit geohydrologisch oogpunt niet geschikt als waterbergingslocatie.

3.4.7 Locatie 7: Swalmen (Dode Maasarm) (bestaande plas - aangetakt)

Analyse boorprofielen op weerstand biedende lagen

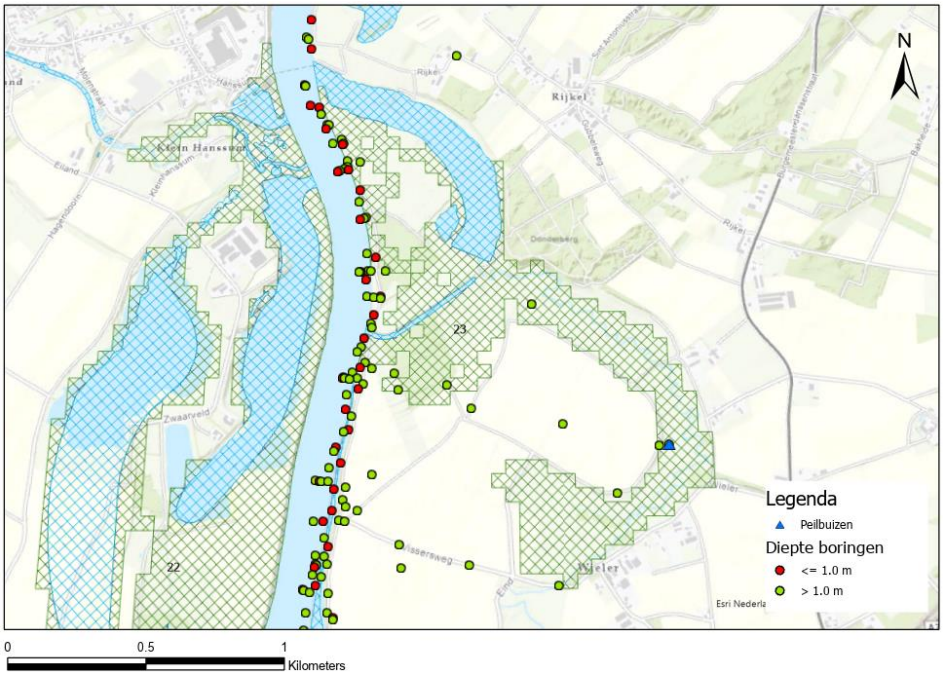
Aan de hand van boringen is de aanwezigheid en de spreiding van weerstandsbiedende grondsoorten in kaart gebracht. Figuur 17 geeft de spreiding van de weerstandsbiedende lagen. Met name leem en klei en een combinatie hiervan wordt in de omgeving van locatie 7 aangetroffen. Bij een enkele boring is ook de combinatie van klei en veen aangetoond. Aan de rand van de Maas wordt veelal ook zand en grind aangetroffen dat is afgezet door de rivier. Ter plaatse van de Dode Maasarm zijn geen boringen uitgevoerd.

Figuur 17 Spreiding van weerstandsbiedende lagen ter plaatse van locatie 7



In Figuur 18 is de diepte van de boringen onderverdeeld in minder dan 1 m in diepte en dieper. Dit onderscheid is met name van belang voor de interpolatie van de weerstandslaag. Ondiepe boringen zorgen er namelijk voor dat de weerstandslaag dunner lijkt dan deze in werkelijkheid kan zijn. Rondom locatie 7 komen voornamelijk diepe boringen voor. De ondiepe boringen zijn met name langs de rand van de Maas uitgevoerd.

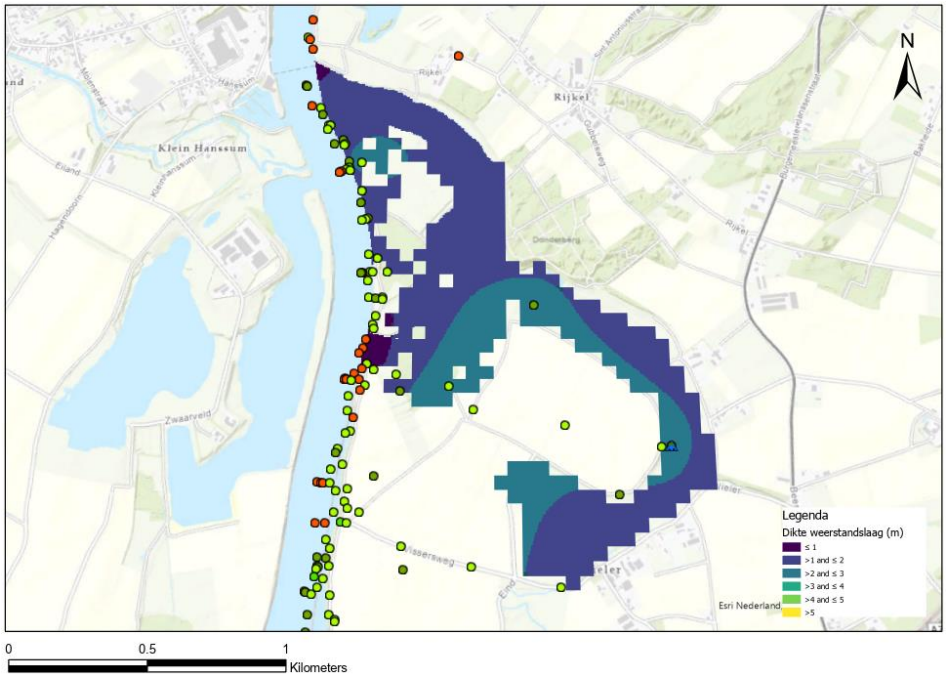
Figuur 18
Diepte van de boringen ter plaatse van locatie 7



Interpolatie weerstandslaag

Op basis van de dikte van de weerstandslaag in de boringen is de interpolatie uitgevoerd om de spreiding van deze laag in kaart te brengen. Op enkele plekken in Figuur 19 is te zien dat de weerstandslaag dunner dan 1 m is. Hier zal waarschijnlijk klei of een andere weerstandsbiedende grondsoort aangevuld moeten worden om wegzijging van het oppervlaktewater naar het grondwater te beperken. Op veel plekken is de natuurlijke weerstandslaag echter tussen de 1 en 2 m en zelfs 2 en 3 m in dikte. De weerstand van de toplaag is afhankelijk van het type ondergrond dat aangetroffen is.

Figuur 19
Interpolatie van de weerstandslaag ter plaatse van locatie 7



3.4.8 Locatie 8: Hoogwatergeul Lomm (Venlo)

Voor deze locatie zijn geen recente boringen beschikbaar van na 2016, toen de geul is aangelegd. Voor dit gebied zullen boringen gedaan moeten worden om de dikte en de weerstand van de bovenste laag te bepalen. Dit gebied is gebruikt voor de aanleg van een hoogwatergeul. De bovenste laag is afgegraven tot aan het Venlo klei. Hierdoor bestaat de toplaag van de hoogwatergeul en bypass vlakdekkend uit een laag klei van ongeveer 1,5 m dik (Grontmij, 2013). Om de precieze spreiding van de weerstandslaag in kaart te brengen zullen aanvullende boringen gedaan moeten worden. In het geval dat inderdaad vlakdekkend een weerstandslaag aanwezig is, hoeft geen additionele kleilaag aangebracht te worden en bedraagt het volume daarom 0 m^3.

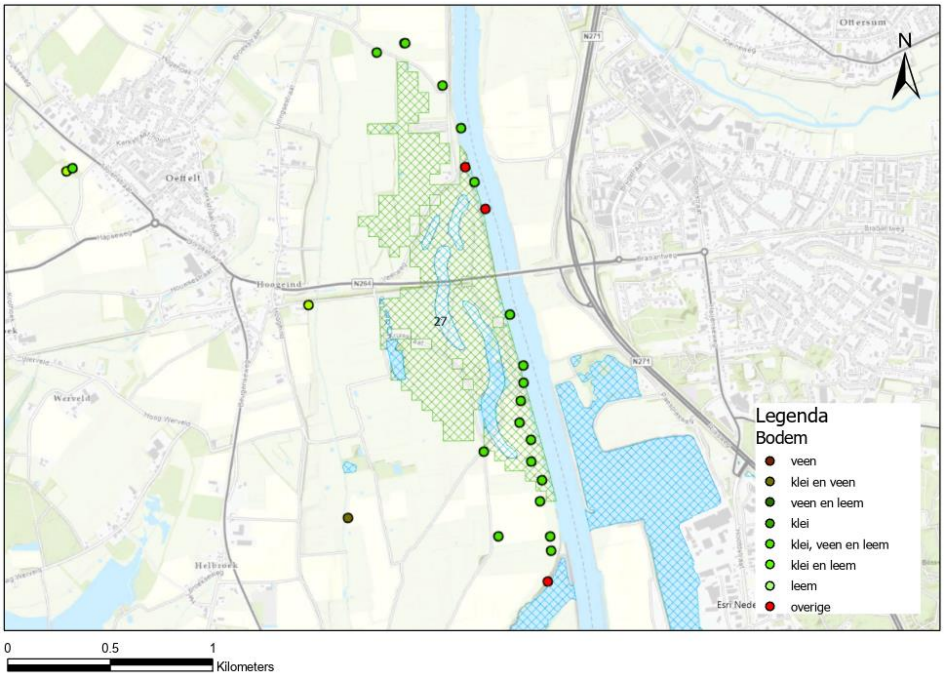
3.4.9 Locatie 9: Oeffelt (Bedijkte Maas)

Analyse boorprofielen op weerstandsbiedende lagen

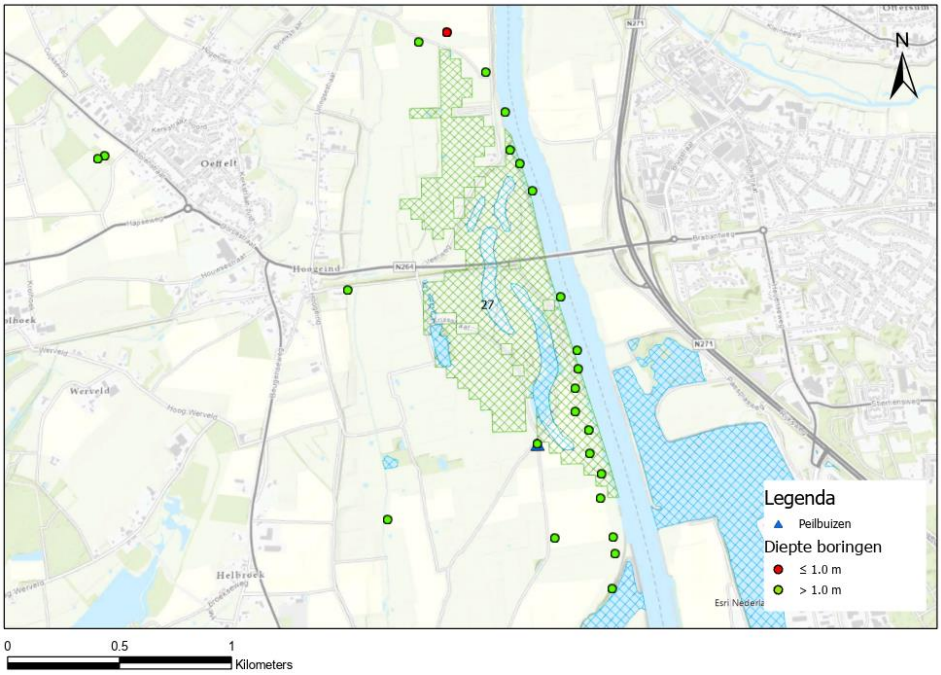
In het kader van waterstandsverlaging wordt deze locatie gebruikt voor het toekomstige verbreden van de Maas. Een deel van de uiterwaard zal afgegraven worden om de hydraulische obstructie van de riviervernauwing te verwijderen. Het is nog onbekend of de bestaande weerstandslaag als gevolg van deze ingreep aangetast zal worden. Bijna de gehele locatie is aangemerkt voor het verlagen van de uiterwaard. Momenteel heeft de locatie nabij Oeffelt nog een oppervlakte van 778.412 m^2. De toplaag van de bodem bestaat volledig uit klei. De locaties waar de boringen zijn genomen is weergegeven in Figuur 20.

Alle boringen in en rondom de directe omgeving van de potentiële waterbergingslocatie nabij Oeffelt hebben een diepte van meer dan 1 m, zoals aangetoond in Figuur 21. Het resultaat van de Ordinary Kriging interpolatie is gevisualiseerd in Figuur 22. Het ontbreken van ondiepe boringen vermindert de onzekerheid van de interpolatie met betrekking tot de dikte van de kleilaag. In het benedenstrooms gedeelte van de locatie is de weerstandslaag lokaal dunner dan 1 m. In zuidelijke richting neemt de dikte van deze laag toe tot zelfs tussen de 4 en 5 m. Aangezien een gedeelte een te dunne kleilaag heeft, zal 3.690 m^3 klei moeten worden aangebracht om water te kunnen bergen op het oppervlak.

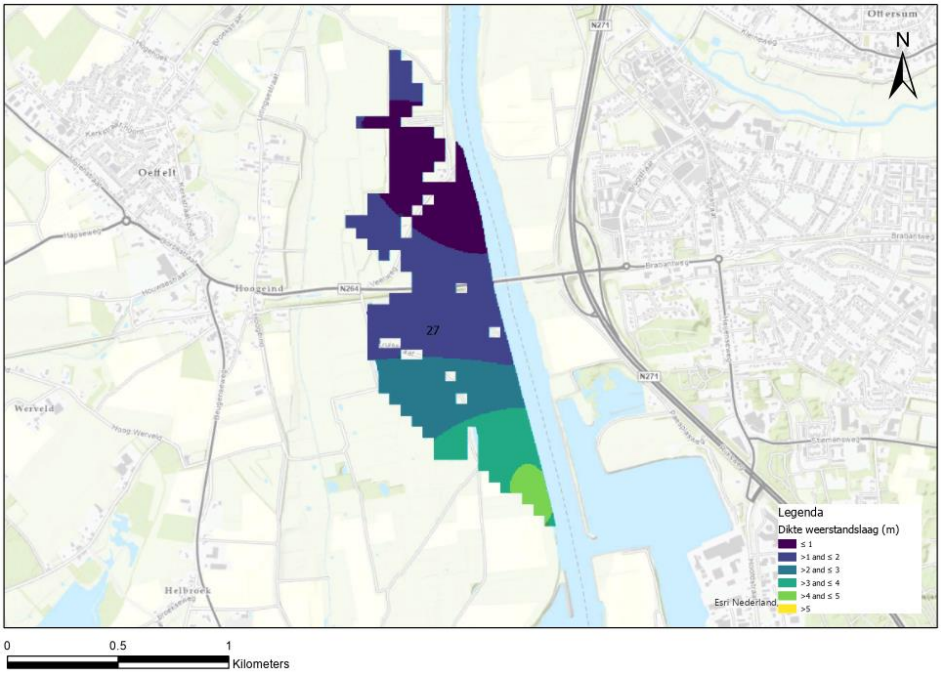
Figuur 20
Spreiding van weerstandsbiedende lagen ter plaatse van locatie 9



Figuur 21
Diepte van de boringen ter plaatse van locatie 9



Figuur 22
interpolatie van de weerstandslaag ter plaatse van locatie 9



3.5 Effecten van waterberging op lokale hydrologische situatie

Het plaatsen van een waterkolom op het maaiveld zorgt voor vernatting van de directe omgeving. Doordat het peil hoger is dan de grondwaterstand in de omgeving zal er water wegzijgen naar de omgeving. Doorlatend materiaal zorgt voor een sterkere beïnvloeding van het grondwaterpeil dan wanneer een grondsoort met een hoge weerstand aanwezig is.

Maar ook wanneer er slecht doorlatende lagen aanwezig zijn is met een relatief groot peilverschil altijd enige wegzijging door de weerstandslaag mogelijk. Daardoor gaat de grondwaterstand in de omgeving omhoog gedurende maanden dat de waterbergingslocatie in gebruik is. Maar het kan ook een klein opstuwend effect bovenstrooms van de locatie veroorzaken. De precieze effecten zijn afhankelijk van de kenmerken van de locaties, zoals de bodemopbouw, grondwaterstanden en -stromingen. Dit is per locatie verschillend. . De afstand waarop enige verandering merkbaar is wordt verwacht niet meer te zijn dan maximaal enkele honderden meters.

3.6 Indicatieve kosten aanbrengen kleilaag

Om een indruk te krijgen van de kosten die nodig zijn om een kleilaag aan te brengen is in Tabel 4 aangegeven wat de kosten zijn van het aanbrengen van één meter klei op de locaties. Als kengetal is uitgegaan van 35 € per m^3 klei dat wordt aangebracht. Het bedrag is indicatief, om locaties onderling te kunnen vergelijken. Voor locatie 6 geldt dat dit een zeer groot oppervlakte heeft, waardoor het bedrag zeer hoog is. Deze locatie lijkt daarom niet geschikt als waterbergingslocatie.

Tabel 4 Overzicht bouwkosten voor het aanbrengen van een kleilaag

Locatie	Naam	Benodigde klei [m^3]	Globale kosten aanbrengen weerstandslaag [35 €/m^3]
1	ENCI-groeve	afhankelijk van doorlatendheid mergel	onbekend
2	Borgharen	0	-
3	Borgharen Itteren (op en in de weerd)	0*	-
4	Grevenbicht (Bichterweerd)	696.021 (oppervlakte * 1 m)	24,4 Meur
5	Grevenbicht (Koeweide+Visserweert)	0*	-
6	Stevensweert (Kessenichplas)	4.092.197 (oppervlakte * 1 m)	143 Meur
7	Swalmen (Dode Maasarm)	22.450	0,8 Meur
8	Hoogwatergeul Lomm	0	-
9	Oeffelt	3.690	0,1 Meur

* locatie is onderdeel van project Consortium Grensmaas. Door gebruik te maken van de dekgrondbergingen is hier al verticale weerstand in de ondergrond aanwezig.

3.7 Conclusie geohydrologische analyse locaties

De nadere geohydrologische analyse heeft de aanwezigheid en spreiding van de weerstandslaag aangetoond voor de geselecteerde locaties. Aan de hand van de interpolatie van gegevens uit de boorprofielen is de hoeveelheid klei bepaald die mogelijk extra nodig is voor het bergen van water op het oppervlak.

4 Effectbepaling

4.1 Inleiding

Waterberging kan potentieel de laagwaterproblematiek verminderen. In dit hoofdstuk beschrijven we mogelijke effecten van waterberging op de Maas. Paragraaf 4.2 beschrijft generieke effecten van laagwater, en in paragraaf 4.3 zijn lokale bijzonderheden beschreven, die van belang zijn bij het inrichten van het gebied als waterberging. Vervolgens is in paragraaf 4.4 per geselecteerde locatie een kosteninschatting gemaakt.

4.2 Generieke effecten van laagwater

Aan de Maas worden verschillende functies toegekend waaronder scheepvaart, ecologie, waterkwaliteit, industrie, drinkwater, regionale watervoorziening, land- en tuinbouw en recreatie. In laagwaterperioden kan het voldoen aan de eisen van deze functies problemen opleveren. Dat ligt eraan dat er in deze tijden onvoldoende water is, de aanvoer van water onregelmatig is of de kwaliteit van het water onvoldoende is [4]. De Maas is van nature gevoelig voor lage afvoeren omdat de rivier voor grotendeels door regen gevoed is [5]. Bovendien kan door klimaatverandering en onvoldoende afstemming tussen het beheer van stuwen en waterkrachtcentrales de watervoorziening via de Maas extra onder druk komen te staan [6].

Hieronder zijn – per functie - de meest relevante negatieve effecten van laagwater verzameld. Door het aanleggen van waterbergingsgebieden kunnen deze effecten potentieel worden verkleind.

Scheepvaart

- Afname beladingsgraad als gevolg van beperkte waterdiepte als stuwpeil niet gehaald wordt;
- Toename wachttijden bij sluizen door onvoldoende water voor schutproces;
- Toename kosten van waterbeheer door het terugpompen van water, schuiven van stuwen.

Ecologie

- Afname hoeveelheid nat leefgebied (crowding voor vissen en macrofauna, droogvallen van paaiplaatsen);
- Verlies areaal stromend habitat door afname stroomsnelheid bij lage afvoeren (met name op de Grensmaas);
- Afsluiting vluchtwegen, omdat verbinding met zijbeken of plassen wegvalt;
- Toename algengroei;
- Afname vismigratie door het korten op de watertoevoer naar vistrappen;

- Afname waterkwaliteit, waardoor vissen, watervogels en kleinere waterorganismen doodgaan.

Waterkwaliteit
- Toename concentraties gifstoffen en nutriënten (o.a. door onvoldoende verdunning van lozingen);
- Toename kans op verzilting;
- Zuurstofloosheid;
- Toename watertemperatuur;
- Toename kans op botulisme.

Industrie (lozingen, proceswater)
- Mogelijk lozingsverbod omdat voldoende verdunning van lozingen nodig is (anders te hoge concentraties);
- Mogelijk innameverbod.

Energie
- Afname hoeveelheid water voor koeling en waterkrachtcentrales;
- Afname efficiëntie van koeling door hoge watertemperaturen.
- Afname van energieproductie.

Drinkwater
- Afname drinkwaterwinning (onvoldoende hoeveelheid/kwaliteit).

Overig
- Afname wateraanvoer tot landelijk en stedelijk gebied (regionale watervoorziening);
- Verbod op beregening uit oppervlaktewater voor landbouw;
- Afname stabiliteit waterkeringen;
- Afname waterrecreatie (zwemmen, kanoën, surfen, pleziervaart, etc.);
- Voor (sport)visserij afname hoeveelheid vissen en diversiteit.

4.3 Lokale effecten per geselecteerde locatie

Twee belangrijke effecten van het inrichten van een gebied als waterberging zijn:
1.) Wat is het effect op de bestaande inrichting: is het een beschermd natuurgebied (voor Nederland [7]; voor België [8]) – en wat voor natuurgebied? zijn er andere belangrijke waarden in het gebied?
Zo is een aantal locaties tevens een projectlokatie van het consortium 'Grensmaas'. Op deze lokaties heeft onder andere weerdverlaging plaatsgevonden wat zorgt voor verbeterde doorstroming bij hoge afvoeren, gecombineerd met natuurontwikkeling. Het onder water zetten van deze gebieden heeft gevolgen voor de natuurwaardes op deze locaties.

2.) Wat is het effect op de hoogwaterveiligheid? Als er voor de waterberging in een gebied kades moeten worden aangelegd kan dit lokaal waterstandsverhoging veroorzaken.

Of deze waterstandsverhoging de hoogwaterveiligheid daadwerkelijk beïnvloedt kan worden onderzocht met een 2D-model. Tabel 5 geeft een eerste inzicht in deze effecten per locatie.

Tabel 5 Aanwezigheid van beschermde gebieden en effect op hoogwater per geselecteerde locatie

Nr	Locatie	Inrichting gebied		Effect op hoogwater
		Beschermd natuur-gebied [9]	Andere waarden in gebied	
1	ENCI-groeve	Ja, bestaande uit NL, AW en deels N2000, NNN, WAV	Mogelijke bestemming drinkwater-voorziening	Geen
2	Borgharen	Ja, bestaande uit NNN en AW	Recreatie (wandelgebied)	Waterstands-verhoging
3	Borgharen Itteren	Ja, bestaande uit NNN en AW	Recreatie (wandelgebied) en kasteelhoeve Hartelstein ligt in dit gebied	Waterstands-verhoging
4	Grevenbicht (Bichterweerd)	Ja - grote eenheden natuur en grote eenheden natuur in ontwikkeling (VEN), deels N2000		Geen (bestaande plas, geen kades nodig)
5	Grevenbicht (Koeweide +Visserweert)	Ja, bestaande uit NNN en AW	-	Waterstands-verhoging
6	Stevensweert (Kessenichplas)	Deels - deels NNN, N2000, grote eenheden natuur, grote eenheden natuur in ontwikkeling, natuurwervingsgebied (VEN)	Recreatie (aanwezigheid van haven, bootverhuur, surfspot etc.)	Waterstands-verhoging
7	Swalmen (Dode Maasarm)	Ja - helemaal AW; deels NNN, N2000	Aanwezigheid van een haven	Waterstands-verhoging
8	Hoogwatergeul Lomm (Venlo)	Deels NNN	-	Waterstands-verhoging

[9] Hierbij is onderscheid gemaakt in: Natura 2000 (N2000), Natuurnetwerk Nederland (NNN), Nationale Landschappen (NL), Aardkundige Waarden (AW), Wet Ammoniak en Veehouderij (WAV) en Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN).

Nr	Locatie	Inrichting gebied Beschermd natuur-gebied [9]	Andere waarden in gebied	Effect op hoogwater
9	Oeffelt (Bedijkte Maas)	Ja – helemaal AW; deels NNN	Project "Ruimte voor de Maas bij Oeffelt" met als doel een waterstandsverlaging van 21 cm in de Maas	Waterstands-verhoging

Er is verder onderzoek nodig naar welke andere effecten lokaal op kunnen treden die buiten het kader van deze préverkenning vallen. Hierbij dient ook gekeken te worden naar de negatieve effecten van het langdurig vasthouden van water, bijvoorbeeld geen landbouw of andere gebruik, ongedierte en muggen, overlast voor omwonenden, etc. Ook de mogelijke effecten op cultureel erfgoed dienen in kaart gebracht te worden.

4.4 Kosten per geselecteerde locatie

Tabel 6 geeft een inschatting van de kosten voor het aanleggen van waterbergingsgebieden. Hierbij zijn de volgende onderdelen in kaart gebracht: het aanbrengen van klei en het voorzien van kades, pompen, leidingen en uitlaatconstructies. Deze zijn nodig om het water te bergen en op het moment van gebruik terug te leiden naar de Maas (bijvoorbeeld, voor plassen zonder directe verbinding met de hoofdgeul is er een pomp nodig). Voor het bepalen van de totale kosten per locatie gaan we uit van de indicatieve prijzen (gebaseerd op kostendatabase Witteveen+Bos) voor de verschillende onderdelen die zijn weergegeven in Tabel 6.
Kosten voor eventuele aanvullende onderzoeken, zoals onderzoek ten behoeve van cultureel erfgoed, zijn vooralsnog niet meegenomen.

Tabel 6 Indicatieve prijzen per onderdeel

Onderdeel	Indicatieve prijs	Opmerking
Leveren en aanbrengen klei	35 EUR/m^3	
Kade tot 2m hoogte, ca. 15m^3/m	450 EUR/m	Talud 1:3, kruinbreedte 1m
Kade tot 2,5m hoogte, ca. 20m^3/m	750 EUR/m	Talud 1:3, kruinbreedte 1m
Kade tot 3m hoogte, ca. 30m^3/m	900 EUR/m	Talud 1:3, kruinbreedte 1m
Kade tot 3,5m hoogte, ca. 40m^3/m	1.200 EUR/m	Talud 1:3, kruinbreedte 1m
Kade tot 4m hoogte, ca. 50m^3/m	1.500 EUR/m	Talud 1:3, kruinbreedte 1m

Tijdelijke pomp incl. leiding voor een debiet van 0,35 m³/s	2.500 EUR/week	
Uitlaatconstructie	100.000 EUR/stuk	

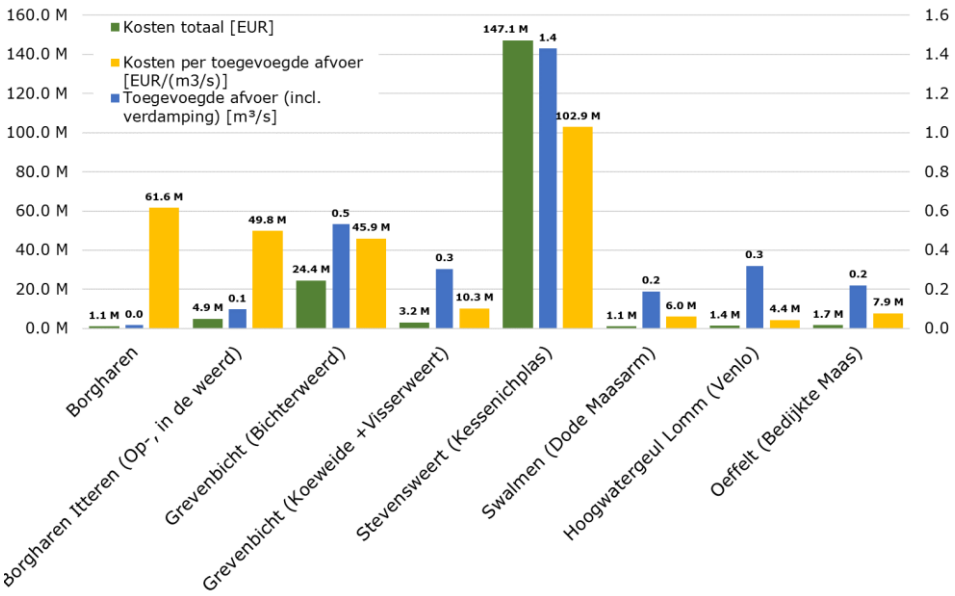
Op basis van deze getallen zijn de totale kosten per locatie berekend en weergegeven in Figuur 23. De groene staven geven de totale indicatieve kosten voor realisatie weer; de blauwe staven de toegevoegde afvoer (zoals in Figuur 12 aangegeven); en de gele staven geven de indicatieve kosten per toegevoegde extra afvoer in EUR per m³/s.

Te zien is dat de kosten variëren per locatie: de kosten voor Borgharen zijn in de orde van 1 MEUR – dit zijn vooral de kosten voor het realiseren van een kade. De kosten van Stevensweert zijn vele malen hoger: orde 150 MEUR. Dit komt met name doordat hier over een grote oppervlakte een kleilaag moet worden aangebracht.

De locaties Borgharen, Borgharen – Itteren en Grevenbicht zijn interessant omdat de kosten laag zijn en de locaties hoog in het stroomgebied liggen (veel functies kunnen er daarom van profiteren). De toegevoegde afvoer is hier echter relatief klein, waardoor de kosten per extra m³/s vrij hoog zijn. Kijkend naar de kosten voor een extra m³/s op de Maas zijn juist de locaties Grevenbicht (Koeweide + Visserweert), Swalmen, hoogwatergeul Lomm en Oeffelt interessant.

Voor een meer gedetailleerd overzicht van de overige kosten wordt verwezen naar bijlage C.

Figuur 23 Indicatieve kosten en toegevoegde afvoer per locatie



De ENCI-groeve is in deze figuur niet opgenomen. Dit komt doordat het aanbrengen van klei een groot deel van de kosten is en bij deze locatie boringen nodig zijn om de aanwezigheid van de waterstandslaag in kaart te brengen.

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en in Bijlage C zijn wel de deelkosten voor deze locatie te zien. Hierbij dient te worden opgemerkt dat een deel van het water van de ENCI-groeve indirect via het Albertkanaal met vrij verval naar de Maas kan worden afgevoerd en (hiervoor zal geen pomp nodig zal zijn).

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Dit rapport beschrijft de uitgevoerde préverkenning naar de mogelijkheden voor waterberging langs de Maas in Nederland en een deel van Vlaanderen. In het winterbed van de Maas blijken verschillende bestaande plassen en laagtes in het maaiveld geschikt om als waterberging in te richten. Hierbij geldt dat hoe meer stroomopwaarts de gebieden gekozen worden, hoe meer functies kunnen profiteren van het extra debiet op de Maas.

Negen locaties hebben wij nader bekeken. Van deze locaties is een geohydrologische analyse uitgevoerd en is een aantal effecten in kaart gebracht. De samenvatting toont een samenvattende tabel voor elk van de negen beschouwde locaties een overzicht van potentie, kosten en een aantal effecten.

In z'n algemeenheid geldt:

- Er zijn verschillende grotere en kleinere gebieden te vinden in het stroomgebied van de Maas die kunnen fungeren als waterberging.
- De geselecteerde gebieden kunnen zorgen voor een extra toegevoegde afvoer op de Maas van circa 0,1 tot 0,3 m^3/s per locatie. De ENCI-groeve en Stevensweert zijn hierop een uitzondering: op deze locaties kan circa 1,4 m^3/s worden gerealiseerd. Als je de toegevoegde afvoer van alle beschouwde negen locaties bij elkaar optelt, kan – gedurende een droge periode van 2 maanden zo'n 4,5 m^3/s extra afvoer worden toegevoegd waarbij de totale kosten op 150 tot 200 M euro worden geschat. Ter vergelijking: in de Grensmaas geldt een lage afvoer in de droge periodes van circa 10 m^3/s.
- De kosten voor het inrichten van een waterberging variëren sterk per locatie en hangen af van de noodzaak voor 1.) kades/drempels, 2.) pompen en 3.) het aanbrengen van een kleilaag. Kijkend naar de kosten per toegevoegde afvoer (dus wat kost het om 1 m^3/s extra door de Maas te laten stromen tijdens droge periodes) dan zijn de locaties Grevenbicht (Koeweide + Visserweert), Swalmen, de hoogwatergeul Lomm en Oeffelt interessant. De kosten per toegevoegde afvoer variëren hier van 4 tot 10 MEUR per m^3/s. Stevensweert is juist weer erg duur, vanwege de noodzaak tot het aanbrengen van een kleilaag.
- Een aantal gebieden (dekgrondbergingen) wordt momenteel opnieuw ingericht – hier bestaat de mogelijkheid een dammetje aan te leggen, waarna dit gebied kan fungeren als waterbergingsgebied. Voorbeeld:

Borgharen – Itteren of Grevenbicht. Op deze manier kunnen de kosten naar verwachting laag gehouden worden.

Deze studie betreft slechts een préverkenning. Om de mogelijkheden voor het vasthouden van water verder te onderzoeken, zal per locatie meer gedetailleerd gekeken moeten worden naar de exacte inrichting van het gebied en de mogelijkheden / gevolgen van waterberging. Daarbij dient ook aandacht te zijn voor de verliespost wegzijging.

5.2 Aanbevelingen

De conclusies laten zien dat het inzetten van bestaande c.q. het inrichten van nieuwe waterreservoirs langs de Maas technisch mogelijk is: er zijn verschillende gebieden aan te wijzen die reeds geschikt zijn voor het vasthouden van water, of die geschikt gemaakt kunnen worden door het aanleggen van een kade en/of het aanbrengen van een weerstandslaag.
De negen locaties die in deze studie zijn bekeken zorgen tezamen voor een extra afvoer in droge periodes (voor 2 maanden) van ca 4,5 m^3/s. Voor de Grensmaas kan dit een toename van de afvoer in zeer droge periodes van ca bijna 50% betekenen. Dit is dus een significante hoeveelheid extra afvoer.

De kanttekening hierbij is echter wel dat de kosten voor het vasthouden van water relatief hoog zijn, al verschillen deze sterk per locatie, en dat het vasthouden van water – naast meekoppelkansen voor bijvoorbeeld natuur, recreatie en hoogwaterveiligheid - ook negatieve gevolgen kan hebben voor het landgebruik op deze locaties, zoals het verloren gaan van natuurwaardes of recreatiegebieden en mogelijk ook voor omwonenden (door langdurig stilstaand water).

Wij adviseren daarom een kosten-batenanalyse uit te voeren waarin de voordelen van extra water op de Maas voor de diverse functies (natuur, drink- en koelwater, hoogwaterbescherming, etc.) worden afgewogen tegen de nadelen (kosten, verlies van landgebruik, waterveiligheid, etc). Het is daarbij interessant om ook de kosten/baten van andere maatregelen in kaart te brengen.

Daarnaast adviseren wij om ook het gebied buiten het hoofdsysteem van de Maas mee te nemen in vervolgstudies: door het vergroten van infiltratie naar de (diepere) ondergrond in het stroomgebied van de Maas kan de afvoer vertraagd worden, waardoor een stabieler afvoerregime van de Maas kan ontstaan en de Maas gedurende langere droge periodes langer gevoed wordt. Ook het realiseren van klimaatbuffers in regionale waterlopen (beken en riviertjes) en in het hoofdwatersysteem kan hier een goede mogelijkheid zijn. De klimaatbuffers zijn zo ingericht, dat ze zowel water kunnen bergen/vertragen bij hoogwater/wateroverlast als water kunnen vasthouden/infiltreren in tijden droogte. De klimaatbuffers zijn dan een combinatie van retentiegebieden en waterreservoirs met meekoppelkansen voor natuur, CO2 vastlegging, etc.

Tot slot doen wij nog een aantal aanbevelingen voor aanverwante vervolgonderzoeken (mede aan de hand van suggesties van de begeleidingsgroep):

Aanbevelingen waterbergingslocaties

- Zoals beschreven in hoofdstuk 2 gaat de voorkeur uit naar een locatie met een natuurlijke in-/uitlaat en/of een in-/uitlaatconstructie. Het liefst maken we zo min mogelijk gebruik van pompen. Als er toch pompen nodig zijn: kijk dan wat de mogelijkheden zijn om pompen energieneutraal in te zetten (bijvoorbeeld op basis van waterkracht) en kijk bovendien naar visvriendelijke pompen (vijzelpompen).

- Er dient gekeken te worden in welke mate de bodem van de locaties na verloop van tijd zal ophogen als gevolg van bezinkend slib en wat het gevolg daarvan is voor de vulcapaciteit.

Aanbevelingen andere vormen van tegengaan watertekorten

- Kijk of er synergie kan worden gevonden met de beeksystemen.

- Een optie om grondwater vertraagd af te laten stromen richting de Maas is het toepassen van verticale schermen. Dit zijn schermen die weerstand bieden aan horizontale grondwaterstroming richting de Maas. Deze kunnen bestaan uit bijvoorbeeld damwanden, maar ook uit klei of ander slecht doorlatend materiaal. Aan Vlaamse zijde vindt onderzoek plaats naar deze methode. Dit kan interessant zijn ook voor de Nederlandse zijde. Echter naar verwachting is deze methode zeer kostbaar en vanwege de hoge doorlatendheid van de diepe ondergrond is de effectiviteit van deze oplossing onzeker. Om de schermen effectief te laten zijn moeten ze voor ten minste circa 50% het watervoerende pakket afsluiten. Met de hoge doorlatendheid van de bodem tot grote diepte betekent dit dat er zeer diepe schermen geplaatst moeten worden, wat zeer kostbaar is.

- Het is mogelijk interessant te kijken of watertekorten ook tegengegaan kunnen worden door het opslaan van water in stuwpanden en in kanalen.

Aanbevelingen vanuit geohydrologisch perspectief

- Bij potentieel geschikte locaties dient recent grondonderzoek beschikbaar te zijn, en als dit niet beschikbaar is, is aan te raden grondonderzoek uit te voeren. Dit onderzoek is gericht op het bepalen van verticale weerstand in de ondergrond.

- Wegzijging is een belangrijke verliespost bij waterberging op maaiveld. Door het drukverschil tussen het peil in de waterbergingslocatie en onderliggende (grond)waterstand zakt het water via de ondergrond weg en stroomt dan als grondwater af richting de Maas. Om het water gedurende lange tijd vast te houden (enkele maanden, tot in de droge periode) dient een zeer slecht doorlatende bodem aanwezig te zijn. Er

zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd om de wegzijging te bepalen. Deze laten zien dat dit significant is. Om het exact te kunnen berekenen zijn er echter te veel onzekerheden. Dit valt buiten de scope van dit onderzoek. Wanneer een locatie in een vervolgonderzoek nader uitgewerkt wordt kan bijvoorbeeld met behulp van een grondwatermodel nauwkeuriger bepaald worden wat de te verwachten wegzijging is, en de omgevingseffecten die daaruit voortvloeien. Het Limburgse grondwatermodel Ibrahym kan daarvoor een geschikt model zijn.

- Op basis van gesprekken met Consortium Grensmaas verdient het aanbeveling om de locaties die door dit Consortium als dekgrondberging zijn afgewerkt nader te onderzoeken op mogelijkheden voor waterberging. Deze locaties kennen vaak een hoge verticale weerstand als gevolg van de dikke laag dekgrond die is aangebracht in de ondergrond.

6 Literatuurlijst

6.1 Referenties

[1] D. d. Bake and J. V. d. Silva, "Hydraulische Ontwerpbelastingen Bedijkte Maas 2020," HKV Lijn in Water i.o.v. waterschap Aa en Maas, 2020.

[2] ZN, RWS, "Inundatie Maas RWS Zuid Nederland," 2019. [Online]. Available: https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/index.html?viewer=ZN_Inundatie.Webviewer.

[3] Stowa, "Landgebruik WSS," 2019. [Online]. Available: https://stowa.lizard.net/nl/map/topography,raster$169853d/point/@50.9353,5.6669,11/-2Days0Hours+0Days3Hours.

[4] N. Asselman, H. Barneveld, F. Klijn and A. Van Winden, "Het verhaal van de Maas," 2018.

[5] RWS, "Toets Borgharen, Volumeanalyse en hydraulisch modelonderzoek naar de effectiviteit van de opgeleverde projectlocatie. Datum 11 oktober 2016, status definitief.," Referentie RWS-2016/38750, 2016.

[6] C. Grensmaas, "Ontwerpnotitie Geometrische en hydraulische beoordeling dekgrondberging Itteren, datum 21-11-2018, status definitief," Referentie DO-IT-ENG-0329-3, 2018.

[7] A. Jaskula and J. Ter Hoeve, "Preverkenning laagwatermaatregelen. W3879-05.002," RWS Limburg, 2006.

[8] T. Raadgever, "Schademodellering laagwater Maas," Royal Haskoning, 2004.

[9] PDOK, "GIS WMS," [Online]. Available: https://geodata.nationaalgeoregister.nl/provincies/ps/wms/v1?language=dut&.

[10] Geopunt Vlaanderen, "Gebieden van het VEN en het IVON," 2021. [Online]. Available: http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/6c55f7f5-df2e-4ccc-a6b2-85abd572a355).

[11] RWS, "betrekkingslijnen-maas-2019-2020," Helpdeskwater, [Online]. Available: https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen/@223848/betrekkingslijnen-maas-2019-2020/.

6.2 Overige relevante literatuur

Van der made JW, 1972
Hydrografie van het Maasbekken. H2O. 17, 356-362.

de Groen M, 2006
Verdringingsreeks voor Limburg en
Noord-Brabant. Arcadis. In opdracht van Provincie Noord-Brabant Provincie Limburg, RWS Limburg, RWS Noord-Brabant, WS Aa en Maas, WS Peel en Maasvallei, WS de Dommel en WS Brabantse Delta. 10643/CE6/173/000492

Liefveld WM, Jesse P, 2006
Minimale afvoer van de Grensmaas. Inschatting van ecologische effecten met RHASIM. RWS RIZA rapport 2006.015. ISBN 9036957397

Spaans JH, 2006 0117-w&B-IVM2
Waterplan Maastricht. Wittenveen&Bos. In opdracht van Gemeente Maastricht. MT700-1/mome/050

RWS, 2006
Kaarten Verdringingsreeks Maasstroomgebied

Zwart G, 2006
Advies Zoutbeleid de Maas. DHV. In opdracht van RWS Limburg. Registratienummer: Ll20060293

RWS, 2015
Beheer- en ontwikkelplan voor de rijkswateren 2016 - 2021. Ontwerp

RWS, 2015
Basisspecificatie Rijkswateren.

Anteagroup, HKV Lijn in Water, BVR, 2017
Ontwikkelvisie Zuidelijk Maasdal. Werkboek Bijlage

Meijer DG, 2017
Optimalisatie 2e fase retentiegebied Lateraalkanaal-West. In opdracht van Maasgrind. 049.03

Peters B, Hoendervoogt R, Klink A ,2018
Ecologische effect- en scenariostudie variabel stuwpeil Bedijkte Maas.

Provincie Limburg, 2021
Geogenetische en archeologische verwachtingskaart van de Maas, beschikbaar via de digitale ondergrondportal van de provincie Limburg te raadplegen via https://portal.prvlimburg.nl/viewer/.

Voor de Maas tussen Grave en Lith. Hydrologisch Adviesburo Klink, Lievense, Buro Drift. In opdracht van KRW-Rijkswaterstaat Zuid

Arbeitsgruppe WR (BMU), 2020
Kernbotschaften, Ergebnisse und Dokumentation des Nationalen Wasserdialogs.

Brinkhof H, 2020
"00-KRW-koppeltabel-FUNCTIES-OBJECTEN-DEEL_TYPEN_v0.9.xlsx". versie 0.9 (Maart 2020)

DStGB, 2020
Wassermanagement in zeiten von hitze & dürre. 10 Thesen & Forderungen des DStGB

Kurstjens G, van Winden A, Nijssen M, van Turnhout C, Dorenbosch M, 2020.

Herstel van natte overstromingsvlakten langs de Rijntakken. H2O-Online. 17 december 2020.

Kurstjens G, Nijssen M, van Wijden A, Dorenbosch M, Moller Pillot H, van Turnhout C, Veldt P, 2020

Natte overstromingsvlakten in het rivierengebied: ecologisch functioneren en ontwikkelkansen. In opdracht van Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE). 020/OBN237-RI.

Bijlagen

A Verslagen van werksessies

BESPREEKVERSLAG

Aan: Begeleidingsgroep waterreservoirs Maas
Van: Projectteam (HKV+W+B)
Datum: 18 maart 2021
Projectnummer: PR4422.10
Onderwerp: Verslag werksessie I van de pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas (presentatie projectplan en bespreken uitgangspunten)

1 Inhoud van overleg

1. Opening en voorstelronde
2. Presentatie projectplan
3. Bespreken uitgangspunten
4. Planning

2 Opmerkingen aan de presentatie

Dia 6 (Uitgangspunten zoekgebied 1):

- Hans Brinkhof: de Zandmaas lijkt het meest kansrijke gebied omdat de rivier hier minder steil is. Bij een flauwer langsprofiel is de mogelijkheid tot het creëren van plassen groter dan bij steilere langsprofielen. Hoger stroomopwaarts, bij de Grensmaas, is het langsprofiel steiler en is er dus minder ruimte voor waterberging.
- Zoekgebied alleen binnen stroomgebied van de Maas (hoofdsysteem). Locaties buiten het hoofdsysteem (gebieden naast kanalen, stroomgebied van de Roer) zijn geen onderdeel van de opdracht.
  Voor Nederland is de begrenzing beschikbaar, voor België niet. Actie Norbert Cremers: begrenzing opvragen aan België.
- Er wordt gevraagd of Vlaanderen mee doet, omdat ze nu niet aanwezig zijn. Actie Norbert Cremers: nagaan of Vlaanderen mee doet.
- Vraag: Wordt ook waterberging in grondwater (aquifer opslag) onderzocht? Reactie: wij kijken naar de geologische/geohydrologische aspecten van mogelijke bergingslocaties. De bergingslocaties waar wij ons op focussen zijn wel oppervlaktewaterlocaties, waarbij we kijken naar de bergingscapaciteit in de ondergrond van die locaties. Aquifer storage is geen onderdeel van deze pré-verkenning.
- Vraag Meindert: kijken we ook naar berging in bijvoorbeeld de mergelgroeves? Antwoord Norbert: dat valt buiten deze studie, net als bijvoorbeeld berging in de Roer. Dit wordt bekeken in andere studies.
- Hans: kijk ook naar studies W+B over de ENCI groeve, inclusief de optie voor een tunnel vanuit het Albert Kanaal naar de ENCI groeve. Actie Norbert Cremers: studie aan projectteam sturen / Actie Frank: deze studie bestuderen.
- Opmerking Hans: er kan synergie worden gezocht met de beeksystemen.

Dia 7 (Uitgangspunten zoekgebied 2):

- Opmerking over "De voorkeur gaat uit naar een locatie met een natuurlijke in-/uitlaat en/of een in-/uitlaatconstructie. Het liefst zo min mogelijk gebruik van pompen." - zo min mogelijk gebruik pompen: reactie hierop is dat genoemd wordt dat pompen niet alleen energie hoeven te kosten. Pompen inzetten kan ook energie-neutraal als bijvoorbeeld o.b.v. waterkracht energie opgewekt kan worden (studie inzet pompen in Julianakanaal). Maarten vd Ploeg maakt ook opmerking over energie produceren.
- Vraag vanuit Sonja over doel (grootte / oppervlakte): waar zoeken we naar? Antwoord Hans Brinkhof: hoeft niet alleen maar groot te zijn. Veel kleinere locaties is natuurlijker, duurzamer, minder schade lokaal. Op natuurlijke wijze inrichten. Hoeft niet met stuwkleppen te zijn. Hans geeft ook nog aan dat er naar de inzet van rivierdammen ipv stuwen gekeken wordt.
- Opmerking van Jacques Peerboom (RWS WVL): het is belangrijk het probleem goed in kaart te brengen om gericht de verkenning te kunnen doen. Hoeveel m³ zijn er nodig? Voor hoe lang? Welke functies hebben problemen met de watertekorten in droge periodes?
  Reactie Hans: er is een studie beschikbaar vanuit scheepvaart waarin deze randvoorwaarde staat. Actie Hans: studie aan projectteam sturen (via Norbert Cremers en/of Aleksandra Jaskula). Reactie Norbert: Elke extra m3 betekent winst; deze studie richt zich vooral op het identificeren van kansrijke locaties. Wel is het goed te realiseren dat elk deel van de Maas een andere behoefte kent. Bij Grensmaas vooral natuur, bij Zandmaas vooral scheepvaart / drinkwaterwinning.
- Vraag Saskia: zijn andere verliezen ook onderdeel van de opdracht, zoals het beperken van schutverliezen? Reactie: dit valt niet onder deze pré-verkenning.
- Vraag Saskia: In de toekomst wordt het steeds lastiger om het stuwpeil te behouden in verband met klimaatveranderingen en bodemdaling. Is er wel eens onderzoek gedaan naar bodemdaling van de Maasbodem, en het op peil houden van de stuwpeilen. Antwoord Norbert: Dit is nooit onderzocht en kan het probleem van watertekort nog groter maken.

Dia 13 (Stap 3: effectbepaling):

- Graag landbouw en drinkwater toevoegen aan de functies. Actie Norbert: deelt document met alle functies.
- Vraag Jacques: kijk ook naar de doelrealisatie (ipv alleen plussen /minnen). Bijv. voor Chemelot is 100 Mm3 nodig, je realiseert 50. Dan 50% doelrealisatie. Dit ook voor andere belangen. Maarten van der Ploeg voegt toe dat voor drinkwater de behoefte 10-12 m3/sec is in Nederlandse gedeelte langs Maas. Belangrijke kanttekening hierbij is dat het gaat om een pr-e-verkenning. Indien de informatie voorhanden is, zullen we deze opnemen, anders werken we met plussen/minnen.

Na afloop van de presentatie:

- Suggestie Cornel van Schaeyck: kijk ook naar vismigratie.
- Hollandsch Diep als extra buffer ook een optie: buiten scope van onderzoek.

Dia 14: Planning

- Definitief rapport in week 28 opleveren, 16 juli.
- Vraag Bas de Boer: is er voldoende tijd ingepland voor controle en verwerking. Sonja geeft aan dat er voldoende tijd is ingepland: 2 weken leestijd.
- Opmerking Hans Brinkhof: kijk vooral naar de notitie basisspecificaties voor kengetallen/beschrijving van de functies.

3 Actielijst

Actiepunten			
Wie	**Wat**	**Status**	**Datum**
Norbert Cremers	Begrenzing van Belgische zoekgebied (hoofdsysteem) opvragen en checken of Vlaanderen mee doet		
Norbert Cremers	Studie gebruik van ENCI Groeve aan projectteam sturen		
Frank Versteegen	Bestuderen studie ENCI Groeve		
Hans Brinkhof	Inventarisatie van bestaande functies aan projectteam sturen (via Norbert Cremers)		
Allen	Alle relevante documentatie via Norbert Cremers of Aleksandra Jaskula sturen		

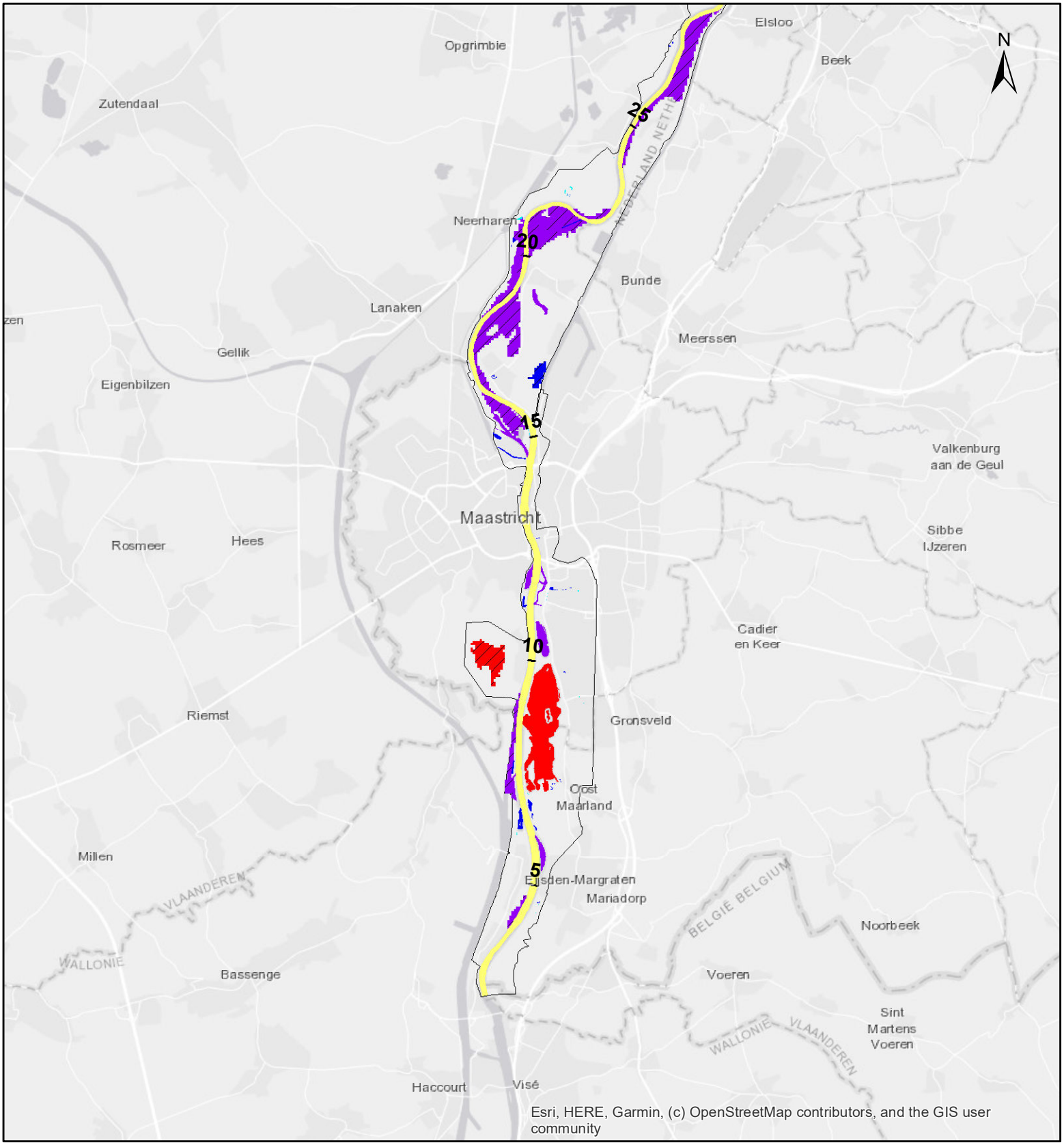
4 Lijst deelnemers

Aleksandra Jaskula (RWS ZN)	Maarten van der Ploeg (RIWA-Maas)
Bas de Boer (WS Aan en Maas)	Marja Korevaar (Provincie Limburg)
Bob Visser (WB)	Martijn Antheunisse (RWS ZN)
Cornel van Schayck (Sportvisserij Limburg)	Meindert Pot (KSV Schuttevaer)
Frank Versteegen (RWS WB)	Mike van Sambeek (WS Rivierland)
Hans Brinkhof (RWS PPO)	Norbert Cremers (RWS WVL)
Jackie Straathof (RWS WVL)	Rene Klerks (Provincie Noord-Brabant)
Jacques Peerboom (RWS WVL)	Saskia van Vuren (RWS WVL)
Joana Vieira da Silva (HKV)	Sonja Ouwerkerk (HKV)
Jos Stemkens (WS Limburg)	Sonny Schepers (USG Industrial Utilities)
Kees Peerdeman (WS Waterschap Brabantse Delta)	Tjaart Molenkamp (USG Industrial Utilities)
Kristijan Civic (Provincie Noord-Brabant)	

5 Bijlage

- Presentatie (2021018_werksessieI_waterberging_Maas.pdf)

B Selectie van alle potentiële plassen en laagtes



Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

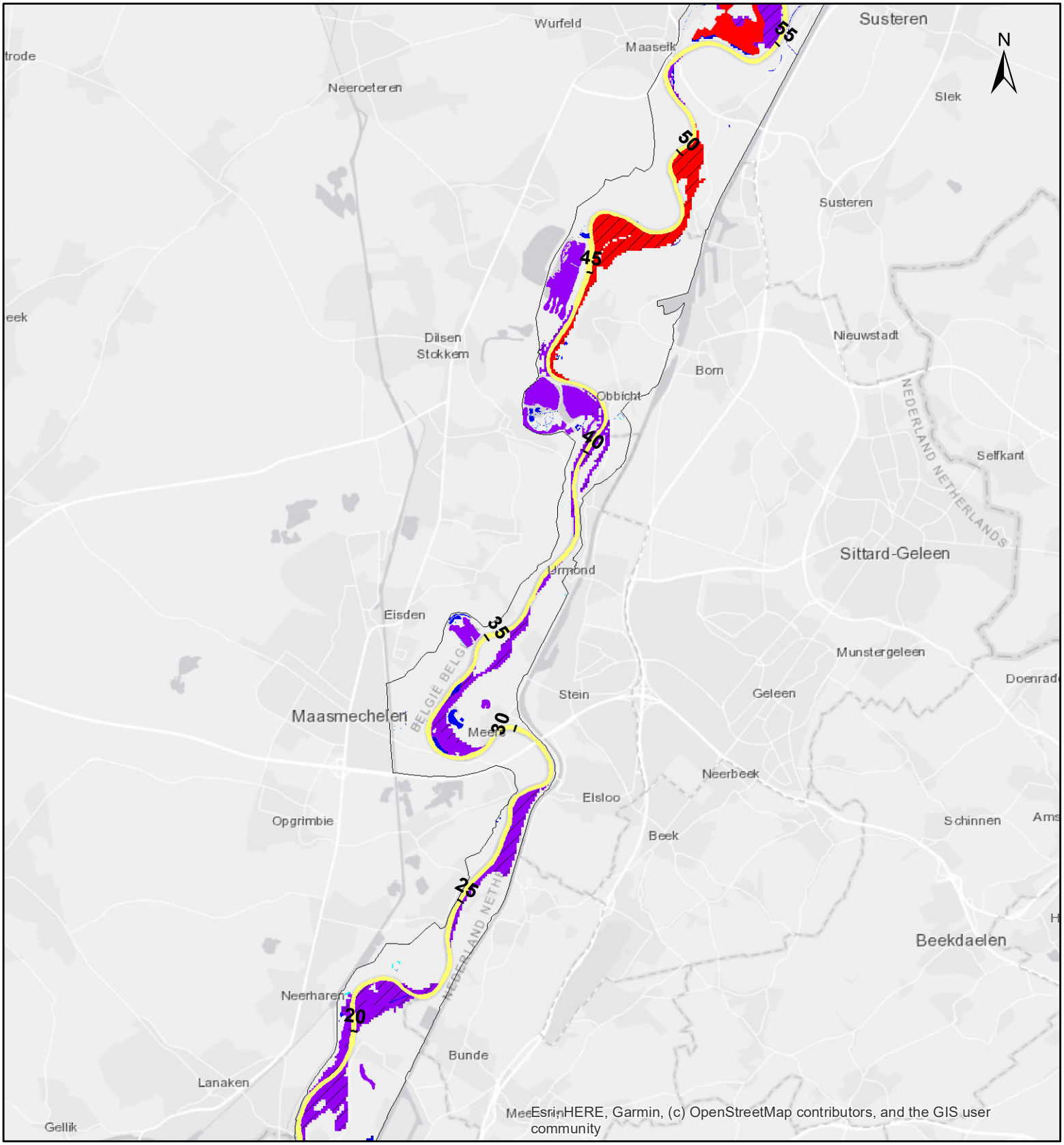
- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV



Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

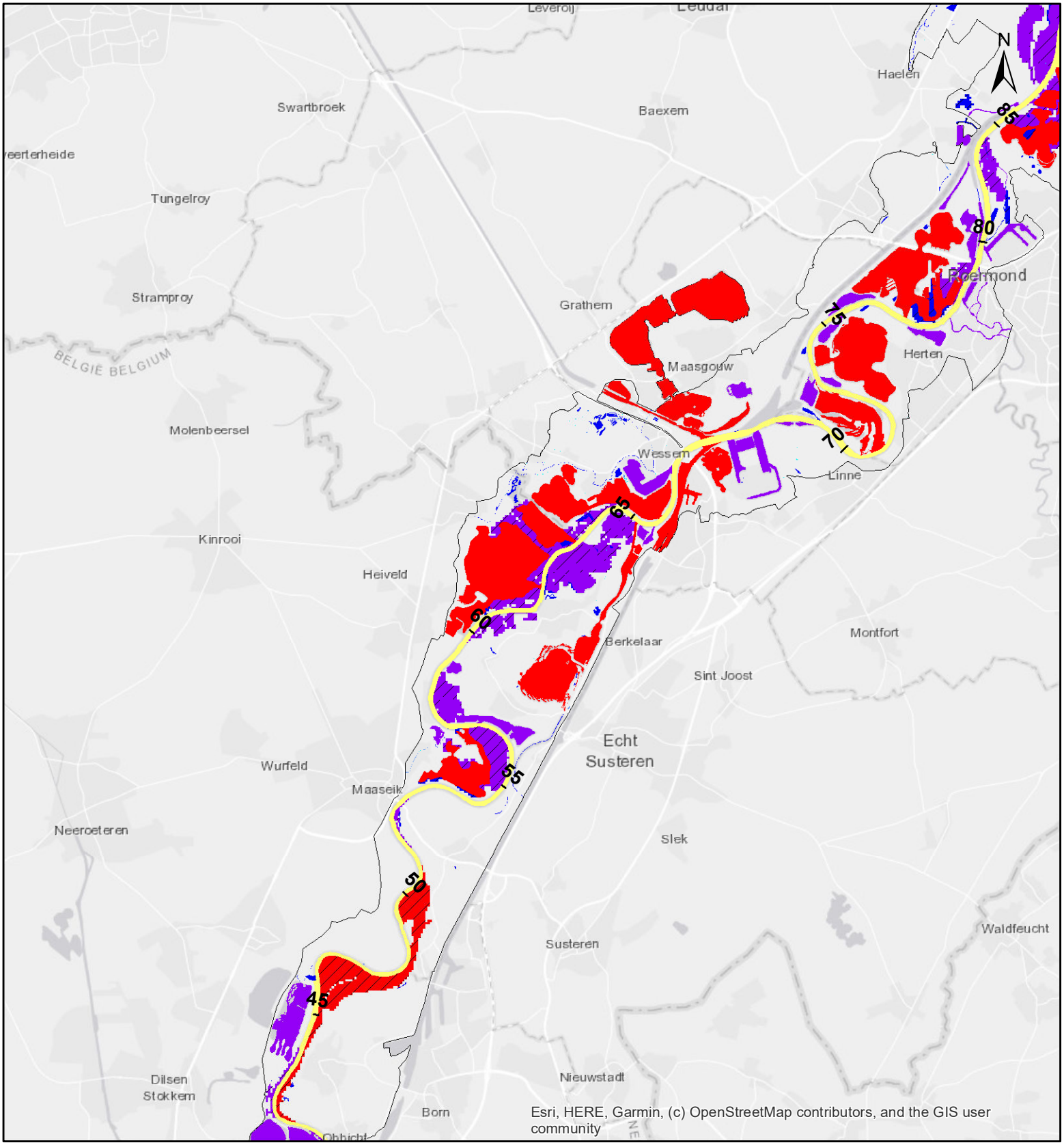
- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV



Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

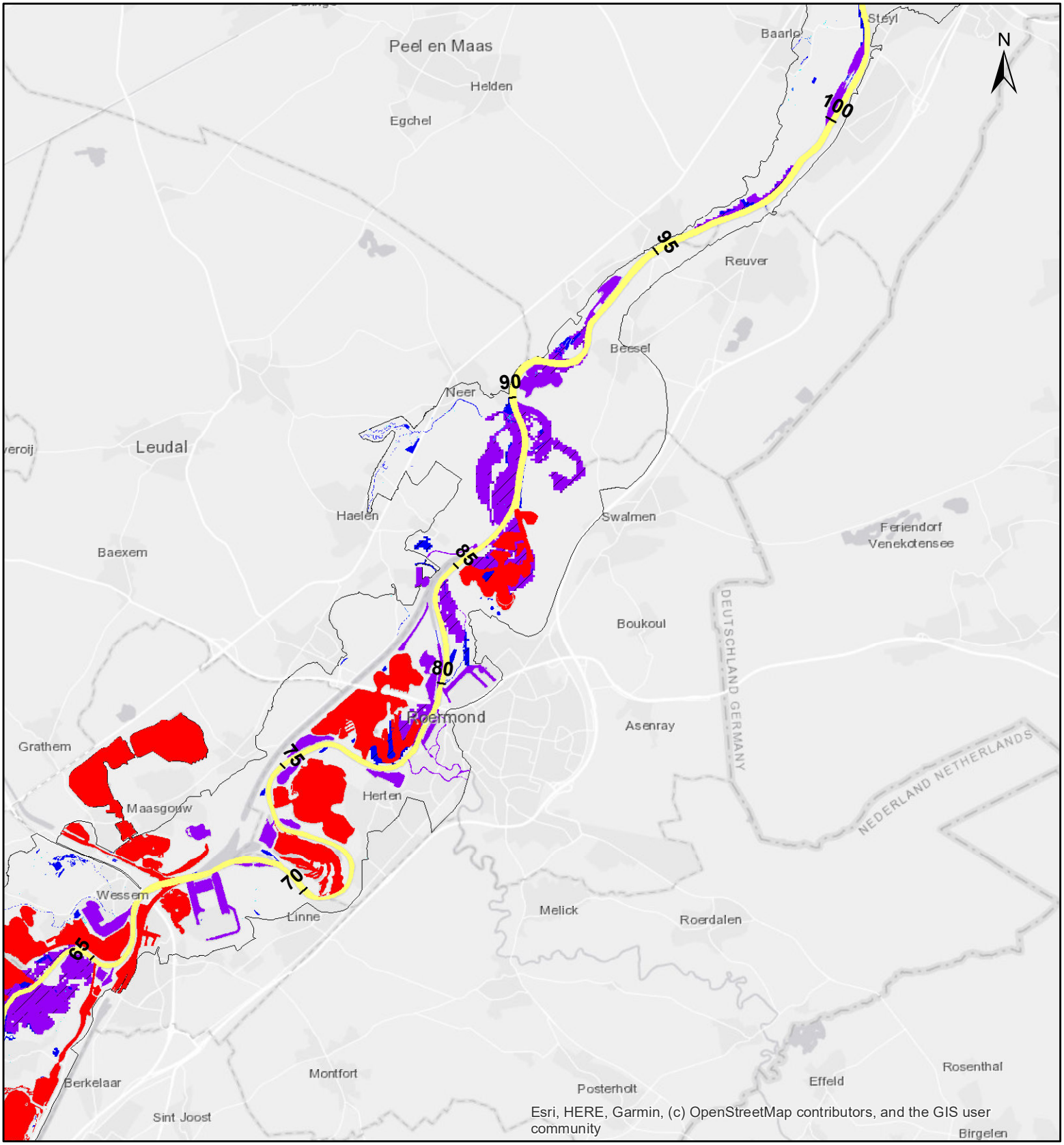
- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV



Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

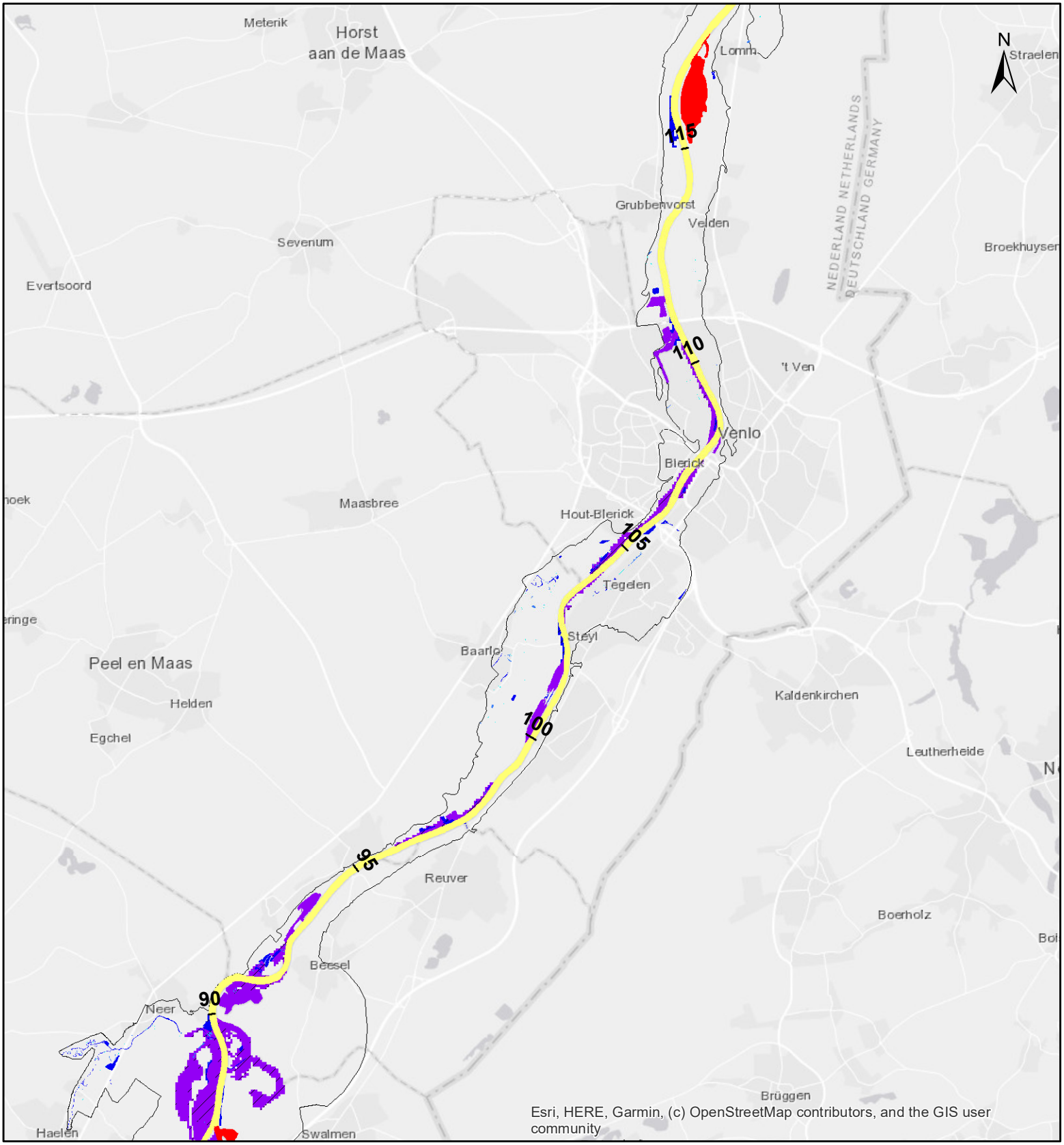
- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV



Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

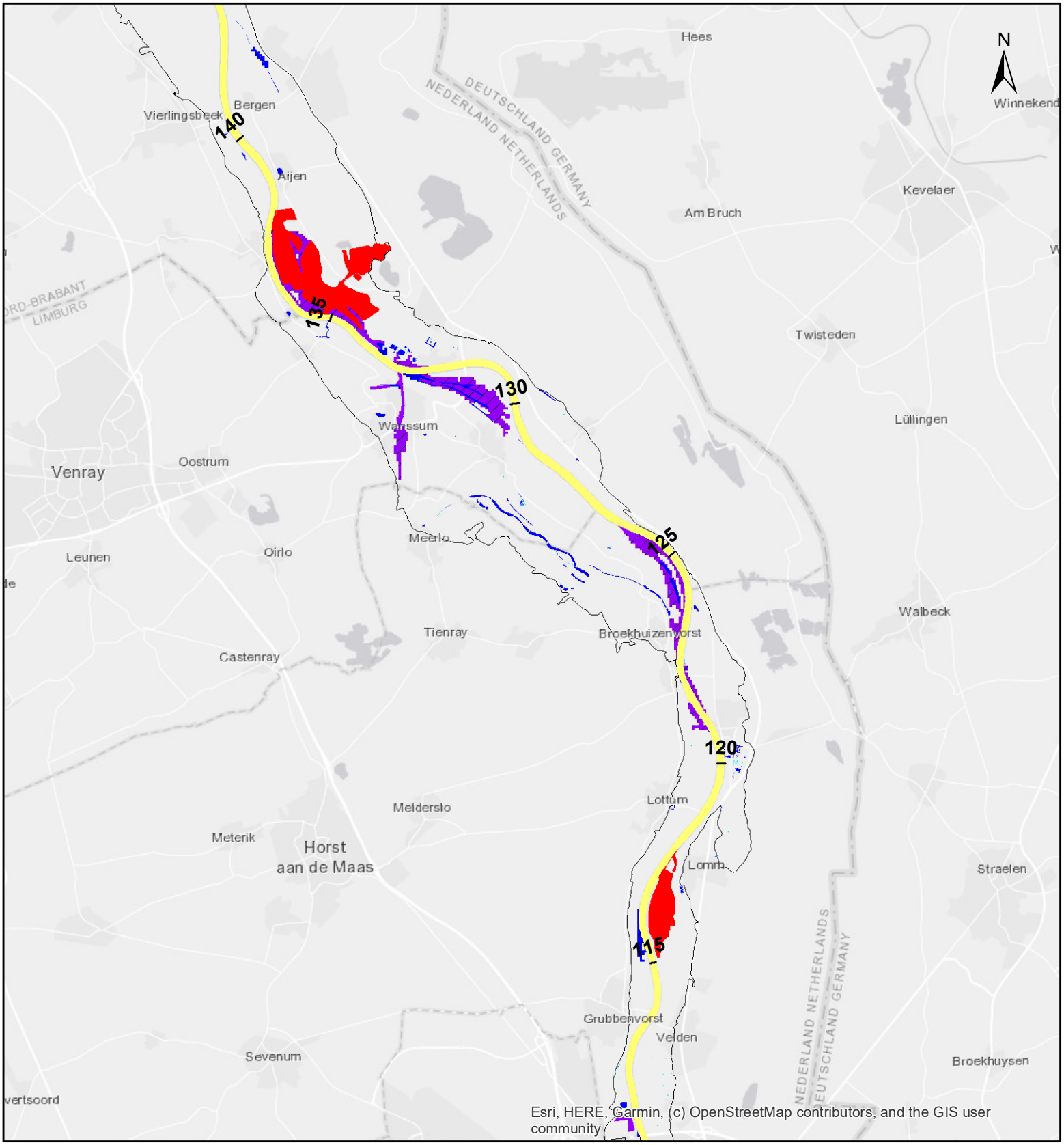
- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV



Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

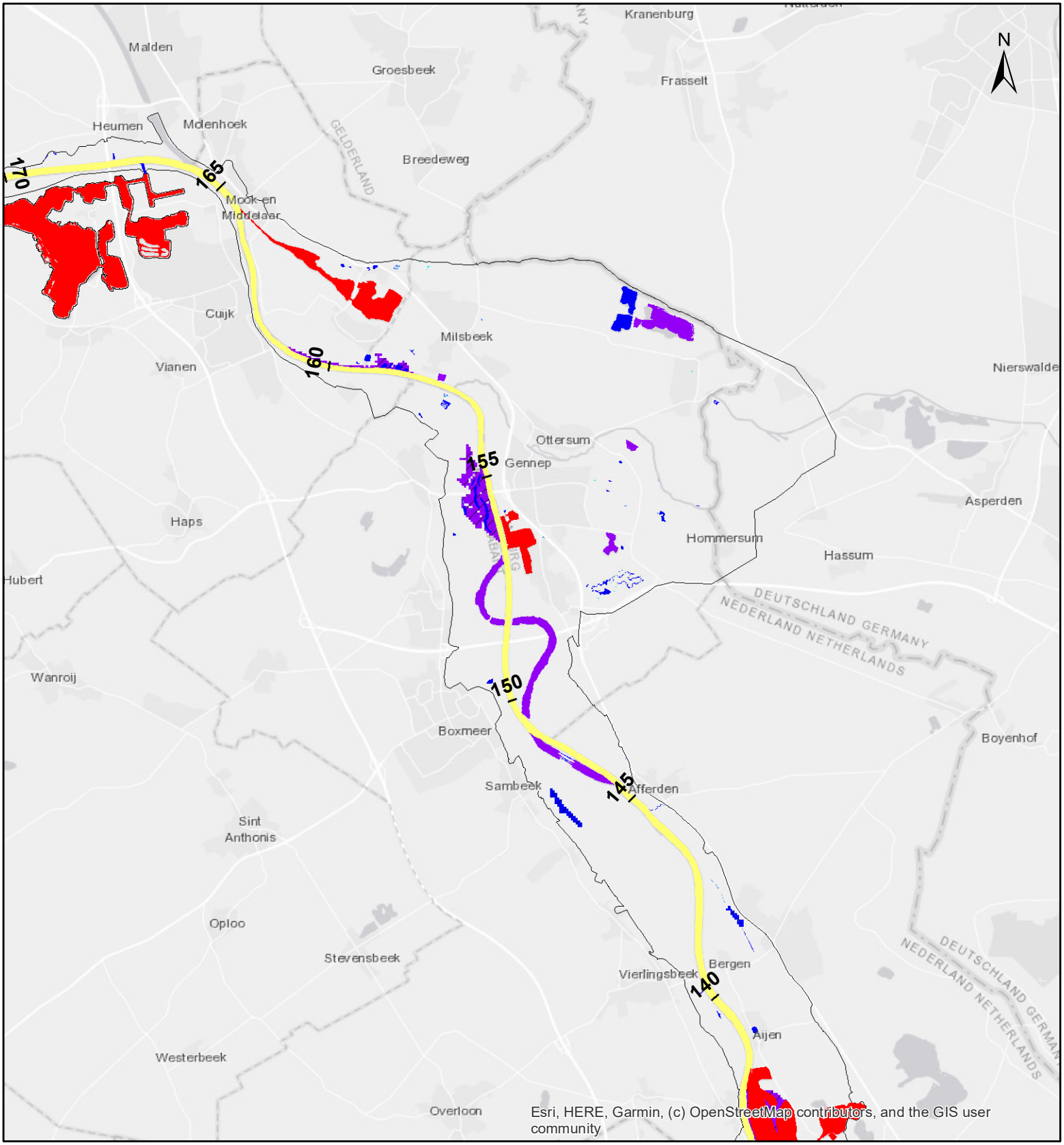
- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV



Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

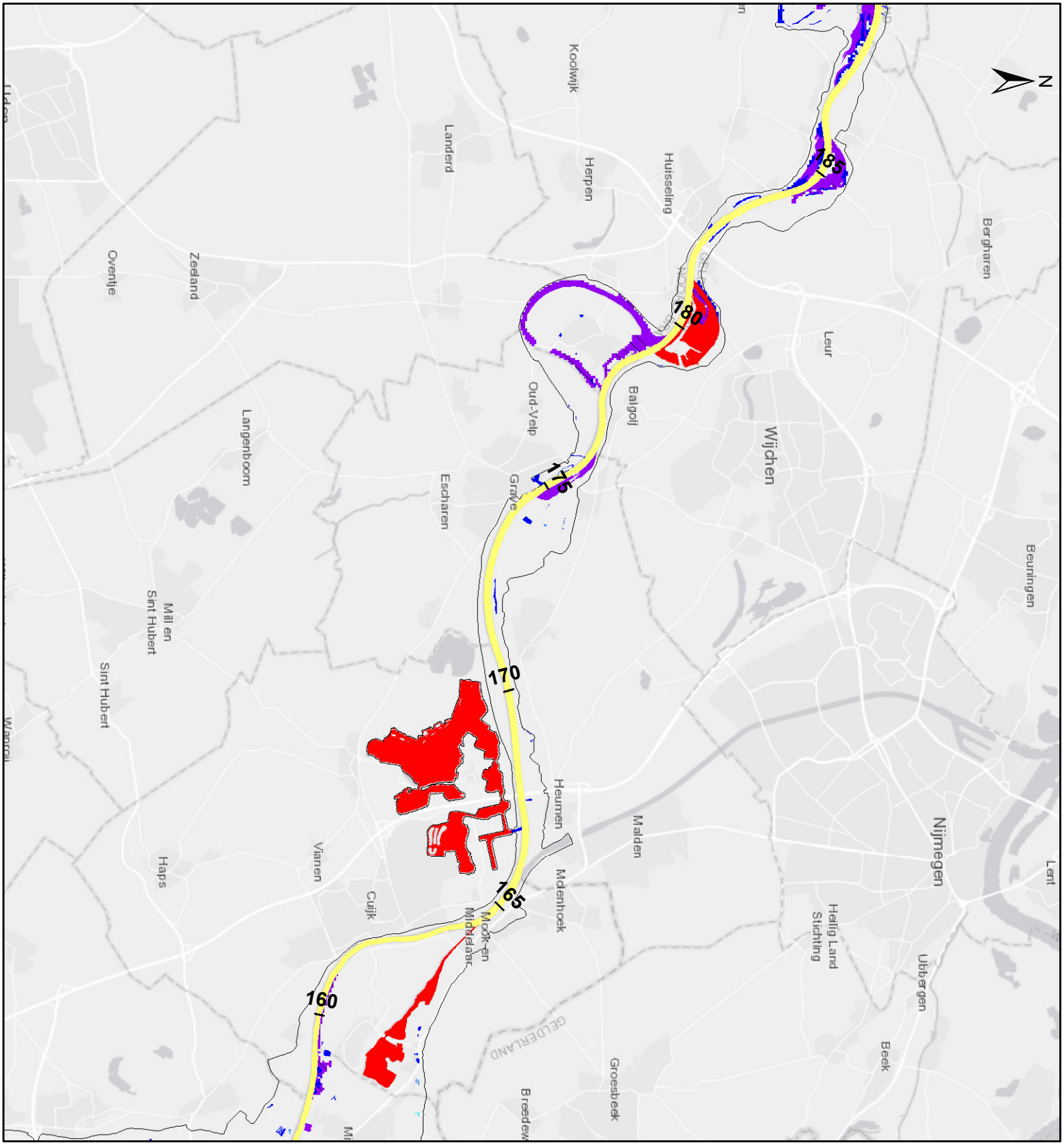
- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV



Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV

Legenda

rivierkilometer

Bodemlaagtes volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 84 000 000

Bestaande plassen volume [m3]

- 0 - 200
- 201 - 1 000
- 1 001 - 100 000
- 100 001 - 5 000 000
- 5 000 001 - 44 500 000
- zomerbed
- onderzoeksgebied

Pré-verkenning inzet waterreservoirs Maas

0 1 2 4 Km

Witteveen + Bos

HKV

C Kosten realisatie waterberging

Nr.	Naam	Oppervlakte [m²]	Toegevoegde afvoer [m³/s]	Constructies nodig	Kosten [EUR]				
					Klei	Kades/ drempels	Uitlaat	Pomp en leiding (tijdelijk)	Totaal
1	ENCI-groeve	405.000	0,1	geen kade, maar leiding en pomp (afstand van 600m van Maas)	onbekend	0	0	20.000	onbekend
2	Borgharen	286.425	0,0	815m kade (3,5m hoog), uitlaat (direct naast zomerbed)	0	978.000	100.000	0	1.1 M
3	Borgharen Itteren (Op-, in de weerd)	695.102	0,1	1,4km kade (6m hoog), een uitlaat en een pomp	0	4.788.000	100.000	20.000	4.9 M
4	Grevenbicht (Bichterweerd)	696.021	0,4	geen kade, maar leiding en pomp (afstand van <20m van Maas)	24.400.000	0	0	38.400	24.4 M
5	Grevenbicht (Koeweide +Visserweert)	602.361	0,3	650m kade (4m hoog), 1km kade (3m hoog), 1300m (2.5m hoog), 3* uitlaat	0	2.850.000	300.000	0	3.2 M
6	Stevensweert (Kessenichplas)	4.092.197	1,4	3 km kade (4m hoog), 200m drempel (6m hoog), uitlaat en pomp (dicht bij zomerbed)	141.700.000	5.184.000	100.000	100.000	147.1 M
7	Swalmen (Dode Maasarm)	826.589	0,2	1,2 km kade (< 1m hoog) en een drempel van 15m (8m hoog)), uitlaat	800.000	234.000	100.000	0	1.1 M
8	Hoogwatergeul Lomm (Venlo)	767.059	0,3	2 drempels van totaal 500m (5m hoog), 2 uitlaten	0	1.200.000	200.000	0	1.4 M
9	Oeffelt (Bedijkte Maas)	778.412	0,2	1,8 km kade (3m hoog), pomp (dicht bij zomerbed)	100.000	1.620.000	0	20.000	1.7 M

Hoofdkantoor
HKV lijn in water BV
Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Nevenvestiging
Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242
info@hkv.nl
www.hkv.nl