stowa akwa Tauw Witteveen + Bos

ZICHT OP STRUCTUUR

2017
02

stowa

ZICHT OP STRUCTUUR

RAPPORT 2017 02

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA rapporten kunt u bestellen op www.stowa.nl

akwa Tauw Witteveen + Bos

COLOFON

UITGAVE
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS | Susan Sollie (Tauw), Casper Cusell (Witteveen+Bos), Lisette de Senerpont Domis (NIOO-KNAW), Jeroen Mandemakers (Witteveen+Bos), Susanne Boon (Tauw), Melanie Boonstra (Witteveen+Bos) en Cees-Jan Vermulst (Tauw)

BEGELEIDINGSGROEP | Bas van der Wal (STOWA), Danneke Verhagen (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden), Bert Hidding (Hoogheemraadschap van Delfland), Sandra Roodzand (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Wim Twisk (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard), Yvonne van Scheppingen (Waterschap Scheldestromen), Miriam Collombon (Wetterskip Frylân), Fred Kuipers (Waterschap Hollandse Delta), Bart Schaub (Hoogheemraadschap van Rijnland) en Ronald Gylstra (Waterschap Rivierenland).

REFERAAT | De ecologische sleutelfactoren vormen een denkkader voor het uitvoeren van een ecologische watersysteemanalyse. Ze geven inzicht in het ecologisch functioneren van het watersysteem en in belangrijke stuurknoppen voor ecologisch herstel. Het project Zicht op Structuur is uitgevoerd om inzicht te krijgen of de fysieke structuur een knelpunt is voor het ecologisch functioneren van het watersysteem. Voorliggend rapport beschrijft de belangrijkste structuurparameters die in beeld gebracht moeten worden om een goed beeld te krijgen van structuur in een watersysteem. Het geeft handvatten voor het ontsluiten en visualiseren van structuurgegevens.

TREFWOORDEN | Ecologische sleutelfactor, structuur, habitatgeschiktheid

UITVOERING | Het project Zicht op Structuur is uitgevoerd door het consortium Tauw, Witteveen+Bos en de AKWA groep van het NIOO-KNAW, in samenwerking met negen waterschappen en in opdracht van STOWA.

EINDREDACTIE | Bas van der Wal (STOWA)

VORMGEVING | Vormgeving Studio B, Nieuwkoop

FOTOGRAFIE | Istock 9 | 13 | 24 | 41 | 67 | Nationale Beeldbank 35 | TAUW 53 | **ILLUSTRATIES** | STOWA

STOWA | 2017-02 | **ISBN** | 978.90.5773.728.2

COPYRIGHT | De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER | Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijd kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

TEN GELEIDE

Goed inzicht in de fysieke structuur van watersystemen is belangrijk met het oog op de grote investeringen die de waterbeheerders doen om die structuur te veranderen met als doel de omstandigheden voor flora en fauna te verbeteren. De aanleg van natuurvriendelijke oevers is hiervan een voorbeeld. Dit rapport beschrijft een methodiek voor het monitoren én in beeld brengen van de structuur van watersystemen.

Tijdens het bespreken van ervaringen in proefgebieden is opnieuw gebleken dat monitoring en de uitwisseling van gegevens nog kan worden verbeterd. Dit is nodig om zelf en van elkaar te kunnen leren zodat geld effectief kan worden ingezet.

De waterbeheerders zetten zwaar in op het verbeteren van de waterkwaliteit. De resultaten daarvan zijn zichtbaar; zowel de chemische, als de biologische kwaliteit van het oppervlaktewater is aanzienlijk verbeterd de laatste decennia. Diverse analyses hebben echter aangetoond dat de snelheid waarmee de waterkwaliteit verbetert stagneert terwijl de beoogde kwaliteitsdoelen nog lang niet overal gehaald zijn.

De STOWA staat de waterbeheerders bij in het stellen van de diagnose van het welzijn van watersystemen. Kennis van het functioneren van watersystemen is een belangrijke voorwaarde voor het benoemen van effectieve verbeteringsmaatregelen. Daar gaat een watersysteemanalyse aan vooraf, hydrologisch en ecologisch.

De STOWA ondersteunt de ecologische watersysteemanalyse door 'ecologische sleutelfactoren' (ESF) te ontwikkelen. De set van ecologische sleutelfactoren ordent de kennis over het watersysteem, biedt houvast bij het benoemen van passende ecologische doelen en ondersteunt het opstellen van investeringsprogramma's. Via de ecologische sleutelfactoren ontsluit de STOWA de internationale en nationale wetenschappelijke kennis voor praktische toepassing. Daarnaast zijn de ESF een middel voor het delen van praktijkkennis. De STOWA onderscheidt daarbij twee fasen: een eerste fase waarin reeds beschikbare kennis wordt ontsloten voor toepassing bij het opstellen van de derde serie stroomgebiedbeheerplannen, en een tweede fase waarop kennishiaten kunnen worden ingevuld.

Bij een aantal sleutelfactoren, vooral die voor 'habitatgeschiktheid', is het belangrijk dat de fysieke structuur van watersystemen in kaart wordt gebracht. Het gaat bijvoorbeeld om de geometrie, de expositie op de heersende windrichting, stromingspatronen, de fysische samenstelling van de waterbodem en de vegetatiestructuur. Pas als die in beeld zijn kan een goede diagnose plaatsvinden. Waterschappen doen dat slechts incidenteel. Gebleken is dat de waterbeheerders daarbij bovendien verschillende methodes toepassen. De tot nu toe verzamelde gegevens over structuur kunnen daardoor slecht met elkaar worden vergeleken en hebben mede daardoor maar in beperkte mate een diagnostische waarde.

Voorliggend rapport bevat handvatten voor de beschrijving van de fysieke structuur van wateren. Bij het opstellen van het rapport zijn aan de hand van casussen bij de tien deelnemende waterschappen uitvoerig ervaringen uitgewisseld. Die ervaringen hebben geleid tot adviezen voor het op andere wijze uitvoeren van monitoring. Meestal leidt dat niet tot meerkosten, soms echter wel. Maar, vaststaat dat goede monitoring en het leren daarvan, zichzelf ruim terugverdient doordat misinvesteringen kunnen worden voorkomen.

Met het oog op de omvang van de kosten die de waterbeheerders maken om de structuur van watersystemen te verbeteren, zoals het aanleggen van natuurvriendelijke oevers en het weer doen meanderen van beken, is het verantwoord om de daarbij passende monitoring goed uit te voeren. Het is daarom dat ik van harte aanbeveel de in dit rapport verwoorde suggesties voor het inrichten van een monitoringsnetwerk te volgen voor een goed Zicht op Structuur.

Joost Buntsma, *Directeur*

SAMENVATTING

De structuur van een watersysteem is direct van invloed op de habitatgeschiktheid van soortgroepen, bijvoorbeeld vis, macrofauna en waterplanten. Structuur is gedefinieerd als de ruimtelijke heterogeniteit in en tussen de fysieke leefomgeving op verschillende schaalniveaus. Het gaat daarbij om de microschaal (standplaats), mesoschaal (watergang) en macroschaal (deel van) watersysteem). Binnen het project Zicht op Structuur is een gewerkt aan een methodiek om de structuur van een watersysteem in beeld te brengen. Dit project is de basis voor vervolgstappen waarin structuur beoordeeld wordt. Voor waterbeheerders biedt een beter zicht op de structuur van hun watersysteem een handvat om effectiviteit van maatregelen beter in te schatten en herstel effectiever uit te voeren.
Het project Zicht op Structuur raakt aan de systematiek van Ecologische Sleutelfactoren (ESF's), een kapstok waar ecologische kennis aan kan worden opgehangen bij het uitvoeren van watersysteemanalyses. Structuur speelt een rol in de sleutelfactoren Habitatgeschiktheid (ESF 4), Verspreiding (ESF 5) en Verwijdering (ESF 6).
Het doel van het project Zicht op Structuur was drieledig:

- Opstellen van een methodiek waarmee de structuur van een watersysteem zo goed mogelijk in beeld gebracht kan worden. De uitgangspunten bij de methodiek waren als volgt:
  - Het product leidt tot inzicht in structuur(opbouw) in een watersysteem;
  - Bij het opstellen van de methodiek wordt gebruik gemaakt van bestaande kennis en data.
- Het beschrijven van de meetmethode(n) voor structuurparameters om dataverzameling te stroomlijnen en ervoor te zorgen dat data zo bruikbaar mogelijk zijn voor de opgestelde methodiek.
- Het uitwisselen van ervaringen / werkwijze tussen deelnemende waterschappen, en het gebruik van deze ervaringskennis bij het maken van de producten en het vormgeven van vervolgtrajecten.

De parameters die fysieke structuur bieden of die van invloed zijn op fysieke structuur, zijn onder te verdelen in acht categorieën. De structuur-biedende parameters zijn 1. Geometrie (Diepte, Breedte, Talud, Begroeibaar areaal), 2. Strijklengte, 3. Stroming (Stromingssnelheid, Stromingsrichting), 4. Waterbodem (Waterbodemtype, Slibdikte), 5. Omgeving (Bodemgebruik, Schaduw, Oevertype), 6. Connectiviteit (Passeerbaarheid), 7. Vegetatie (Soortenrijkdom, Alpha-diversiteit, Bèta-diversiteit, Bedekking van functionele groepen). Naast structuur-biedende parameter zijn er ook parameters die structuur beïnvloeden: 8. Beheer en onderhoud (Baggerbeheer, Maaibeheer). Het belang van elk van deze structuurparameters voor het ecologisch functioneren van een watersysteem is afhankelijk van watertype (vlak- of lijnvormig en van specifieke omstandigheden zoals mate van isolatie, variatie in bodemtype, of landgebruik in de omgeving.

Binnen Zicht op Structuur is een visualisatiemethodiek ontwikkeld waarbij de structuurparameters op kaart worden weergeven. In het rapport is beschreven hoe deze visualisatie kan worden uitgevoerd. Het zicht op structuur dat op die manier ontstaat, is direct afhankelijk van de beschikbare data. Er ontstaat inzicht in de omvang en ruimtelijke variatie in structuur in watersystemen waarvan de data beschikbaar zijn. Bij een beperkte dataset of aantal meetpunten ontstaat dit inzicht niet. Ook blijken veel structuurparameters als puntmeting te worden opgenomen, terwijl het voor habitatgeschiktheid juist een vlakdekkend beeld interessant is. Het is duidelijk dat waterbeheerders nog een grote stap moeten zetten in het verzamelen, managen en ontsluiten van data op het gebied van structuur. In het rapport zijn aanbevelingen gedaan voor monitoring en datamanagement, zodat data gegenereerd kun-

nen worden ten behoeve van zicht op structuur. Deze aanbevelingen zijn gebaseerd op de ervaringen van deelnemende waterschappen en het uitvoerend consortium.

INHOUD

Inhoud 7

1 | Inleiding 9
- 1.1 | Aanleiding 9
- 1.2 | Doelen van Zicht op Structuur 11
- 1.3 | Projectopzet 11
- 1.4 | Leeswijzer 12

2 | Ecologisch relevante structuurparameters 13
- 2.1 | Geometrie 14
- 2.2 | Strijklengte en golfslag 15
- 2.3 | Stroming 16
- 2.4 | Waterbodem 17
- 2.5 | Omgeving 18
- 2.6 | Connectiviteit 20
- 2.7 | Vegetatie 21
- 2.8 | Beheer en onderhoud 22

3 | Meetmethodieken 24
- 3.1 | Geometrie 24
- 3.2 | Strijklengte en golfslag 26
- 3.3 | Stroming 27
- 3.4 | Waterbodem 28
- 3.5 | Omgeving 29
- 3.6 | Connectiviteit 30
- 3.7 | Vegetatie 31
- 3.8 | Beheer en Onderhoud 33

4 | Databeschikbaarheid en -bruikbaarheid 35
- 4.1 | Databeschikbaarheid casussen 36
- 4.2 | Dataverzameling binnen de organisatie 39
- 4.3 | Conclusie, discussie en advies 39

5 | Visualisatie 'Zicht op Structuur' 41
- 5.1 | Geometrie 42
- 5.2 | Strijklengte en golfslag 43
- 5.3 | Stroming 45
- 5.4 | Waterbodem 46
- 5.5 | Omgeving 47
- 5.6 | Connectiviteit 49
- 5.7 | Vegetatie 49
- 5.8 | Beheer 52

6 | Resultaten Zicht op Structuur 53
- 6.1 | Polder Zegveld (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden) 53
- 6.2 | Westboezem van Delfland (Hoogheemraadschap van Delfland) 55
- 6.3 | Schulpvaart (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) 57
- 6.4 | Capelle aan den IJssel (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard) 58

6.5 | Braakmankreek (Waterschap Scheldestromen) 60
6.6 | Slotermeer (Wetterskip Fryslân) 61
6.7 | Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer (Wetterskip Fryslân) 62
6.8 | Brielse Meer en Bernisse (Waterschap Hollandse Delta) 64
6.9 | Kagerplassen (Hoogheemraadschap van Rijnland) 65

7 | Discussie en conclusie 67
7.1 | Ecologisch relevante structuurparameters 68
7.2 | Meetmethodieken 71
7.3 | Databeschikbaarheid en –bruikbaarheid 72
7.4 | Visualisatie Zicht op Structuur 72
7.5 | Conclusie 74
7.6 | Voortzetting Zicht op Structuur in uitwerking Habitatgeschiktheid (ESF 4) 76

8 | Bibliografie 77

Bijlagen 80

INLEIDING

1.1 | AANLEIDING

Om de ecologische kwaliteit van een aquatisch systeem in stand te houden of te verbeteren is een gedegen begrip van het functioneren van het ecosysteem noodzakelijk. Op dit moment wordt de kwaliteit van watersystemen in Nederland grotendeels beoordeeld aan de hand van ecologische maatlatten die worden beschreven in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Een beoordeling aan de hand van maatlatten geeft wel een beeld van de huidige toestand, maar draagt niet per definitie bij tot een beter systeembegrip. Een watersysteemanalyse kan hierbij helpen.

STOWA heeft de afgelopen jaren een methodiek geïntroduceerd om een watersysteemanalyse uit te voeren (STOWA, 2014). Hierbij staan Ecologische Sleutelfactoren (ESF's) centraal. De methodiek biedt een kapstok waar ecologische kennis aan kan worden opgehangen. De ESF's worden per stuk concreet uitgewerkt, maar de samenhang tussen de ESF's is van groot belang. De sleutelfactoren kennen een logische volgorde. Ze zijn op te delen in vier groepen:

- Voorwaarden voor herstel van ondergedoken waterplanten (Productiviteit water (ESF 1), Licht (ESF 2), Productiviteit Bodem (ESF 3))
- Voorwaarden voor herstel van gewenste soorten/soortgroepen (Habitatgeschiktheid (ESF 4), Verspreiding (ESF 5), Verwijdering (ESF 6))
- Voorwaarden voor belang in specifieke situaties (Organische belasting (ESF 7), Toxiciteit (ESF 8))
- Voorwaarden die de omgeving stelt (context); afweging tussen doelen en functies (Context (ESF 9)).

In Zicht op Structuur werd gewerkt aan de samenhang tussen de sleutelfactoren Habitatgeschiktheid (ESF 4), Verspreiding (ESF 5) en Verwijdering (ESF 6). In deze sleutelfactoren speelt structuur een rol.

Een praktische werkdefinitie voor structuur is de ruimtelijke heterogeniteit in en tussen de fysieke leefomgeving op verschillende schaalniveaus. Wanneer voldoende diversiteit in structuur aanwezig is op verschillende schaalniveaus, dan vertaalt zich dat in een diverse soortensamenstelling op een locatie, én in een gebied of regio. Structuur wordt bepaald door zowel de fysieke abiotische als biotische parameters die een effect hebben op een soort of soortengemeenschap.

FIGUUR 1.1 | *Ecologische sleutelfactoren*

Voor waterbeheerders biedt een beter zicht op de structuur van hun waterlichamen en watersysteem een handvat om effectiviteit van maatregelen beter in te schatten en zo nodig effectiever herstel uit te voeren. Veel (KRW)maatregelen zijn immers maatregelen die ingrijpen op de structuur van een watersysteem, zoals de aanleg van natuurvriendelijke oevers. De effectiviteit van dergelijke maatregelen is groter wanneer deze op geschikte locaties in het landschap worden uitgevoerd en waarbij geschikte micro-, meso- en macrostructuur wordt gecreëerd *(Textbox 1.1)*. Daarbij kan het in kaart brengen van momenteel aanwezige structuur ook aanduiding geven van potentiële bottlenecks voor gewenste soorten/soortgroepen.
Waterschappen hebben de afgelopen jaren veel data verzameld over structuur in hun watersystemen. Deze data worden nog niet standaard ontsloten en daarmee verdwijnen veel kostbare data 'in de kast'. Tevens is er momenteel geen uniforme methodiek om een oordeel te geven over de aanwezige structuur in een watersysteem. Waterschappen hebben de behoefte om op een uniforme en efficiënte wijze hun data over structuur om te zetten in informatie over het watersysteem. En daarmee te kunnen communiceren of het watersysteem 'op orde' is met betrekking tot de fysieke structuur.

TEXTBOX 1.1 | STRUCTUUR OP VERSCHILLENDE SCHAALNIVEAUS

Microschaal
De microschaal beslaat enkele vierkante meters (plotniveau) waarbij structuur gekenmerkt wordt door bijv. aanwezigheid en hoeveelheid stengels en bladeren van water- en oeverplanten, microreliëf, stenen, dood hout en lokale waterdiepte. Deze structuren herbergen voedsel of dienen als schuilplaats voor organismen.

Mesoschaal
De mesoschaal beslaat enkele honderden vierkante meters (transectniveau). Voorbeelden van structuur op dit niveau zijn de aanwezigheid van rietkragen, breedte en vorm van oever en grind- en zandbedden.

Macroschaal
De macroschaal heeft de grote van vierkante kilometers en bevat (een deel van) het watersysteem. Hierin wordt de diversiteit in lokale leefomgeving en de connectiviteit tussen deze leefomgevingen expliciet meegenomen. Structuur op dit schaalniveau gaat bijvoorbeeld over omliggend landgebruik, aanwezigheid van bepaalde type waterlichamen (bv. paaiplaatsen) of type habitat, verbindingen tussen waterlichamen (bv. vistrappen) en diversiteit aan landschapselementen.

1.2 | DOELEN VAN ZICHT OP STRUCTUUR

Het doel van het project Zicht op Structuur is drieledig:

- Opstellen van een methodiek waarmee de structuur van een watersysteem zo goed mogelijk in beeld gebracht kan worden. De uitgangspunten bij de methodiek zijn als volgt:
  - Het product leidt tot inzicht in structuur(opbouw) in een watersysteem;
  - Bij het opstellen van de methodiek wordt gebruik gemaakt van bestaande kennis en data.
  - Het beschrijven van de meetmethode(n) voor structuurparameters om dataverzameling te stroomlijnen en ervoor te zorgen dat data zo bruikbaar mogelijk zijn voor de opgestelde methodiek.
- Het uitwisselen van ervaringen / werkwijze tussen deelnemende waterschappen, en het gebruik van deze ervaringskennis bij het maken van de producten en het vormgeven van vervolgtrajecten.

1.3 | PROJECTOPZET

In een eerste stap zijn de belangrijkste structuurparameters geïdentificeerd, aan de hand van zowel wetenschappelijk literatuur als technische rapporten (literatuurdatabases: Helpdeskwater, Wageningen UR E-depot, Web of Science en interne literatuurdatabases van het consortium). Aan deze parameters zijn vervolgens bestaande meetmethoden gekoppeld. Na deze stap is aan de deelnemende waterbeheerders gevraagd om voor de geïdentificeerde parameters data aan te leveren voor hun geselecteerde casus. De data zijn vervolgens gevisualiseerd in een set kaarten voor Zicht op Structuur. De kaarten zijn voorgelegd aan de waterbeheerders voor hun inschatting van de 'mate van belang' van elk van de kaarten als structuurparameters ten behoeve van ecologische kwaliteit.

Het project is opgezet als een samenwerkingsproject tussen het uitvoerende consortium en waterbeheerders. Hierbij is een bottom-up approach gekozen: de input en ervaringen van waterbeheerders zijn belangrijk om te zorgen dat producten en uitkomsten die in dit project ontwikkeld worden praktisch toepasbaar zijn. Dit project is een samenwerking van twaalf partijen. De projectuitvoering was een samenwerking van Tauw, de AKWA groep van het NIOO-KNAW en Witteveen+Bos (het consortium). Daarnaast hebben acht waterschappen in totaal negen casussen aangedragen en hebben zij deelgenomen aan meerdere bijeenkomsten. STOWA was opdrachtgever namens de deelnemende waterschappen. *Tabel 1.1* geeft een overzicht van de deelnemende waterschappen en de ingebrachte casussen.

TABEL 1.1 | *Overzicht waterschappen en casussen*

Casus	Waterschap
Polder Zegveld	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR)
Westboezem van Delfland	Hoogheemraadschap van Delfland (HH Delfland)
Schulpvaart	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK)
Capelle aan den IJssel	Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK)
Braakmankreek	Waterschap Scheldestromen (WS Scheldestromen)
Slotermeer	Wetterskip Fryslân (WS Fryslân)
Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer	Wetterskip Fryslân (WS Fryslân)
Brielse Meer en Bernisse	Waterschap Hollandse Delta (WSHD)
Kagerplassen	Hoogheemraadschap van Rijnland (HH Rijnland)
Geen case	Waterschap Rivierenland (WSRL)

1.4 | LEESWIJZER

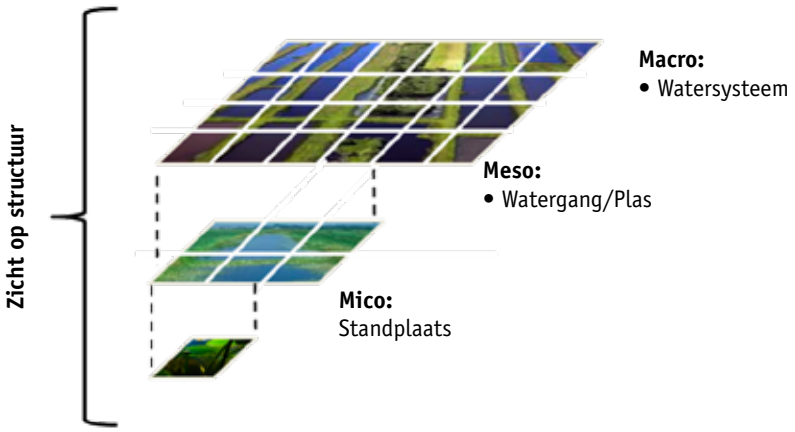
In hoofdstuk 2 staan de ecologisch relevante structuurparameters, gegroepeerd in acht categorieën. Van deze categorieën is de ecologische relevantie, de relatie met ESF, én het type watersysteem en schaalniveau waarin de categorie relevant is, beschreven. Op welke wijze data voor deze parameters kunnen worden verzameld, welke inspanning daarbij benodigd is en hoeveel informatie het oplevert is beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt de databeschikbaarheid en -bruikbaarheid besproken.

De wijze van visualisatie van structuurparameters komt in hoofdstuk 5 aan bod. Beschreven is welke keuzes gemaakt zijn bij het maken van kaarten. De resultaten van de casussen zijn in hoofdstuk 6 opgenomen. Tenslotte gaat de discussie (hoofdstuk 7) in op de gestelde doelen, bevindingen van het project en worden aanbevelingen gedaan voor vervolg.

2

ECOLOGISCH RELEVANTE STRUCTUURPARAMETERS

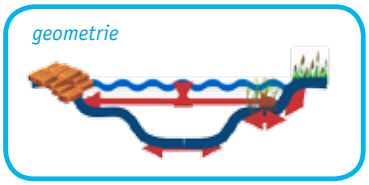
Een habitat is de leefomgeving van een organisme, en wordt bepaald door zowel de abiotische als biotische eisen die een organisme stelt. Structuur is een essentieel onderdeel van de eisen die een organisme aan zijn fysieke leefomgeving kan stellen. Habitatstructuur wordt gedefinieerd als de hoeveelheid, samenstelling en verdeling in ruimte en tijd van fysieke materie (Bell, *et al.*, 1991). Deze materie kan biotisch zijn (o.a. vegetatie, mosselbedden) maar ook abiotisch (o.a. oeverbeschoeiing, taludhelling). Structuur heeft verschillende functies in de leefomgeving, bijvoorbeeld schuilplaats, paaiplaats, nestplaats, voedsel en substraat. Hierbij worden drie schaalniveaus onderscheiden: microschaal (standplaats); mesoschaal (watergang/plas) en macroschaal (watersysteem).



FIGUUR 2.1 | *Ruimtelijke verdeling van habitatstructuur onderverdeeld in schaalniveaus.*

Het brede scala aan ecologische relevante structuurparameters is onderverdeeld in de volgende categorieën: (1) geometrie; (2) strijklengte en golfslag; (3) stroming; (4) waterbodem; (5) omgeving; (6) connectiviteit; (7) vegetatie; (8) beheer en onderhoud. In onderstaande paragrafen wordt elke categorie nader beschreven.

2.1 | GEOMETRIE



Geometrie beschrijft de vorm van een watersysteem. Hieronder vallen de diepte en breedte van het water, maar ook het talud en het begroeibaar areaal voor de vegetatie. Bij de beschouwing van de geometrie is ook de (natuurlijke) waterfluctuatie van belang, omdat dit bepalend is voor het begroeibaar areaal van vooral oevervegetatie. Naast het directe effect dat geometrie kan hebben op het voorkomen van vegetatie en verschillende andere aquatische soortgroepen, kan de geometrie ook een bepalende invloed hebben op de stromingsdynamiek in een watersysteem, en daarmee ook voor de slibdikte (zie paragraaf 4). Verder is de breedte van een meer, in combinatie met de waterdiepte, van belang voor de strijklengte en daarmee voor de potentiële golfwerking in een meer (zie paragraaf 2).

2.1.1 | Effect op aquatische organismen en relaties met de ESF-systematiek

Geometrie kan de vegetatie in een watersysteem sterk beïnvloeden, en daarmee ook de habitatgeschiktheid voor verschillende vissen en macrofauna. De geometrie kan enerzijds een effect hebben op de ondergedoken vegetatie via Licht (ESF 2), en anderzijds op de oevervegetatie via Habitatgeschiktheid (ESF 4).

Een belangrijke voorwaarde voor het voorkomen van ondergedoken vegetatie is voldoende licht. Het lichtklimaat kan worden beïnvloed door bijvoorbeeld de diepte in combinatie met zwevend stof afkomstig van bijvoorbeeld afkalvende oevers (STOWA, 2015). De helling van het talud en het beheer van het oppervlaktewaterpeil hebben invloed op de afzetting en ontkieming van zaden in de oeverzone, waarbij de soortenrijkdom van emerse, submerse en drijfbladplanten toeneemt als het oevertalud relatief flauw is en er sprake is van een (natuurlijk verlopend) peilverschil met een lager waterpeil in de zomer (Schep, *et al.*, 2012; Leeuwen, *et al.*, 2014; Geest, *et al.*, 2005; Sarneel, 2010).

Indirect (via vegetatie), heeft geometrie een invloed op alle aquatische soortgroepen die afhankelijke zijn van vegetatie als schuilmogelijkheid of als voeding, maar geometrie heeft ook een directe invloed op aquatische organismen. Zo is de variatie in verschillende dieptezones van belang voor vissen, die bijvoorbeeld de diepere delen gebruiken om te overwinteren en de ondiepe delen voor paaien (STOWA 2014). Een ander voorbeeld zijn watervogels die ondiepe zones nodig hebben voor hun voedselvoorziening, omdat zij vaak niet de waterbodem en vegetatie kunnen bereiken in diepere gedeeltes (Colwell & Taft , 2000).

2.1.2 | Waar speelt geometrie een belangrijke rol?

Geometrie speelt in alle watersysteemtypen een belangrijke rol. De diepte is relevant voor alle watertypen. Ook de helling van de oever is in combinatie met het peilbeheer van groot belang voor alle watertypen, omdat deze de oeverzone en zone voor zaadafzetting definieert. De verschillende watertypen worden bovendien in sterke mate onderscheiden door de geometrie. In (smalle) lijnvormige wateren vormt de oeverzone een groot deel van het watersysteem, terwijl in meren en plassen de oeverzone slechts een relatief gering deel vormt van het hele ecosysteem.

2.1.3 | Op welke schaalniveau(s) speelt geometrie een belangrijke rol?

Geometrie speelt voor vegetatie vooral een rol op microschaal, omdat er soms grote verschillen aanwezig kunnen zijn op een relatief klein oppervlak. Voor groepen van gewervelde organismen speelt geometrie eerder een rol op meso- en macroschaal, omdat deze organismen relatief grote afstanden kunnen afleggen om hun ideale leefomgeving te vinden.

2.2 | STRIJKLENGTE EN GOLFSLAG

De parameters strijklengte en golfslag gaan over de invloed van golfwerking op het watersysteem. In langzaam stromende tot stilstaande binnenwateren kunnen golven hoofdzakelijk op twee manieren gevormd worden, namelijk door (a) windwerking en (b) scheepvaart. In het geval van windwerking wordt de strijklengte, al dan niet gecombineerd met het diepteprofiel, vaak als maat genomen voor de golfwerking die in een watersysteem kan optreden (Scheffer, 2004). Doordat de wind over het water blaast, ontstaan immers golven. Aan de lijzijde van een meer (dit is de kant die in de luwte ligt; in Nederland is dit vaak de zuidwestelijke oever) is de blootstelling aan de wind, oftewel de strijklengte, gering, terwijl de andere zijde van het meer, de loefzijde, juist te maken heeft met een grote strijklengte. De waterbeweging door golfslag neemt toe met toenemende windsnelheid en strijklengte.

2.2.1 | Effect op aquatische organismen en relaties met de ESF-systematiek

Strijklengte en golfslag hebben op verschillende manieren invloed op het ecologisch functioneren van een watersysteem, waarbij niet alle effecten van invloed zijn op de structuur van het watersysteem:

- Een belangrijk proces dat sterk door de golfwerking wordt beïnvloed is de resuspensie van bodemmateriaal (Scheffer, 2004). Onder invloed van de wind ontstaat een horizontale waterbeweging. Deze waterbeweging oefent kracht uit op het sediment (de zogenaamde schuifspanning). De schuifspanning wordt groter met toenemende windsnelheden en strijklengte, en neemt af met een grotere waterdiepte. Als de schuifspanning groter is dan de kritische schuifspanning van de waterbodem, treedt er resuspensie op. Met name grote, ondiepe plassen met een slappe bodem zijn erg gevoelig voor resuspensie (o.a. Jaarsma, *et al.*, 2008). Dit proces wordt onder Productiviteit water (ESF 1) en Licht (ESF 2) al meegenomen bij de berekening van de draagkracht (kritische nutriëntenbelasting) en het doorzicht (STOWA, 2015), en is in dit rapport dan ook niet meegenomen;

- Een tweede proces is het ontstaan van een waterbeweging. Aan het wateroppervlak stroomt het water met de wind mee van de lijzijde naar de loefzijde, vanaf hier stroomt het water over de waterbodem weer terug naar de lijzijde. Door deze waterstroming treedt vooral aan de lijzijde veel bezinking op van fijne bodemdeeltjes en algen (dit mechanisme wordt bijvoorbeeld beschreven voor het Markermeer door (Vijverberg, *et al.*, 2011)). De slibaanwas is hier dus het grootst. Dit proces beïnvloedt de fysieke structuur van de waterbodem, waarmee dit proces structuurbepalend is en dus dient te worden beschouwd bij het behandelen van Habitatgeschiktheid (ESF 4);

- Golfslag op de oeverzone veroorzaakt een directe fysieke verstoring, waardoor afkalving van oevers kan optreden en vestigingsmogelijkheden voor oevervegetaties negatief beïnvloed worden. Hierdoor worden oevers die staan blootgesteld aan veel golfslag minder makkelijk gekoloniseerd door planten die zich via zaden verspreiden (Sarneel & Soons,

2012). Dit proces is structuurbepalend voor oevers en valt dus onder Habitatgeschiktheid (ESF 4);

- De aanwezigheid van waterplanten kan negatief worden beïnvloed door golfwerking (Scheffer, 2004). In meren met een grote strijklengte en/of veel scheepvaart sterven waterplanten vaak eerder af als gevolg van afbreken van waterplanten. In kleine, beschutte wateren kunnen waterplanten veel langer aanwezig blijven en hebben (najaars)stormen veel minder invloed. Dit proces heeft fysiek invloed op de aanwezigheid van waterplanten en de structuur die waterplanten bieden aan vissen en macrofauna en dient dan ook beschouwd te worden bij het behandelen van Habitatgeschiktheid (ESF 4);

- Een positief effect van golfwerking op waterplanten is dat golven kunnen leiden tot het verwijderen van aangegroeide algen (Scheffer, 2004). Dit effect kan verklaren waarom in sommige (grote) meren juist meer waterplanten worden aangetroffen aan de loefzijde. Dit proces heeft fysiek invloed op de aanwezigheid van waterplanten en de structuur die deze planten kunnen vormen voor vissen en macrofauna en dient dan ook beschouwd te worden bij het behandelen van Habitatgeschiktheid (ESF 4).

- De windwerking kan tenslotte een rol spelen in de verspreiding van bijvoorbeeld kroosdekken en niet-wortelende waterplanten.

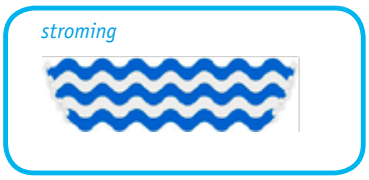
2.2.2 | Waar speelt golfwerking een belangrijke rol?

Zoals bovenstaande processen duidelijk laten zien, speelt de windinvloed vooral in (grote) meren een rol van betekenis. In lijnvormige wateren speelt de wind een kleinere rol. De strijklengte is hier vaak gering en de wind wordt door allerlei obstructies gebroken. Dit wil niet zeggen dat de wind in sloten helemaal geen enkele rol speelt. De oppervlakkige stroming als gevolg van wind heeft bijvoorbeeld invloed op de verspreiding van kroos of losdrijvende waterplanten. Daarnaast speelt golfwerking ook een rol in alle watersystemen die te maken hebben met drukke scheepvaart.

2.2.3 | Op welke schaalniveau(s) speelt golfwerking een belangrijke rol?

Windinvloed is vooral relevant op microschaal. De meeste effecten van windinvloed komen immers niet overal in het meer tot uiting, maar juist lokaal op microschaal. Dit betreft de fysieke verstoring door golfslag (aan de loefzijde), de depositie van fijn sediment (aan de lijzijde) en de verwijdering van perifyton (in delen met een grote strijklengte). Andere processen spelen wel op het schaalniveau van het hele meer of polder (mesoschaal), bijvoorbeeld de resuspensie van bodemmateriaal, het afsterven van de vegetatie door najaarsstormen en de verspreiding van kroosdekken.

3.1 | STROMING



De parameter stroming gaat over de waterbeweging van het oppervlaktewater. Stroming wordt van nature veroorzaakt door verhang in het landschap, windwerking en/of door afvoer van neerslag. In kunstmatige of sterk veranderde watersystemen, waarvan in Nederland vrijwel altijd sprake is, kan de stroming tevens sterk beïnvloed worden door menselijk handelen, waarbij in- en uitgaande waterstromen worden beheerd met behulp van stuwen en gemalen.

2.3.1 | Effect op aquatische organismen en relaties met de ESF-systematiek

De stroming beïnvloedt op verschillende manieren de soortensamenstelling in een watersysteem. Een belangrijk effect van stroming is de verspreiding van stoffen en sedimenten. Dit stromingseffect wordt meegenomen in Productiviteit water (ESF 1) door op basis van hydrologische kenmerken van het watersysteem (die bepaald worden met waterbalansen en/of stromingsmodellen als SOBEK en DELWAQ) te bepalen wat het effect is van verschillende ingaande waterstromen op de externe nutriëntenbelasting en verblijftijd van een watersysteem, en daarmee op de samenstelling van het oppervlaktewatersysteem (STOWA, 2015). Aangezien dit proces al wordt meegenomen bij Productiviteit water (ESF 1), is dit proces dan ook niet meegenomen in dit rapport.

Stroming leidt echter ook tot verspreiding van organismen, zaden en andere vegetatieve delen (Sarneel, 2010). Zo kunnen kroos of niet-wortelende waterplanten met de stroming worden meegevoerd. Ook fauna die immobiel is, kan meeliften met de waterstroming. Naast de herkomst van het water (zijn er wel/niet bronpopulaties aanwezig op de herkomstlocaties) zijn ook de snelheid en richting van de stroming van belang. Deze connectiviteitsparameters zijn van belang voor de fysieke structuur die kan ontstaan en dienen meegenomen bij het behandelen van Verspreiding (ESF 5).

2.3.2 | Waar speelt stroming een belangrijke rol?

In dit project ligt de nadruk op stilstaande of langzaam stromende wateren; beken zijn buiten beschouwing gelaten. In beken is stroming natuurlijk een overheersende parameter, maar ook in de nagenoeg stilstaande wateren van Laag-Nederland speelt stroming een rol. De hierboven genoemde processen, zoals de verspreiding van zaden, spelen ook in deze wateren. Daarbij is een onderscheid te maken tussen lijnvormige en niet-lijnvormige watersystemen. In grote meren is de stromingssnelheid vaak zeer gering, en worden de stromingsprocessen sterk beïnvloed door de wind (de windinvloed wordt in beeld gebracht door de strijklengte in kaart te brengen). In lijnvormige wateren kan stroming duidelijker aanwezig zijn, zeker als het watersysteem een afvoerfunctie heeft.

2.3.3 | Op welke schaalniveau(s) speelt stroming een belangrijke rol?

Stroming speelt vooral een belangrijke rol op meso- en macroschaal. In sommige watergangen kan snel stromend water leiden tot het uitblijven van de ontwikkeling van kroos of algen. In dit geval is stroming een relevante parameter op mesoschaal. Op macroschaal is stroming relevant voor de verspreiding van soorten. Als er bijvoorbeeld altijd sprake is van waterstroming van punt A naar B, kan het voor sommige organismen lastig zijn om van B naar A te komen.

2.4 | WATERBODEM

De waterbodem vervult een belangrijke rol binnen een aquatisch ecosysteem. Het biedt onder andere stabiliteit, is belangrijk in de stoffenbalans met water, heeft invloed op de troebelheid van het water en dient als substraat en voedingsbron voor planten, vissen en benthische macrofauna. De kwaliteit van de bodem is daarmee medebepalend voor de kwaliteit van het oppervlaktewater en kan tegelijkertijd een knelpunt vormen voor herstel van de waterkwaliteit (Gogh, 2014-30). De parameters in de groep waterbodem zijn gerelateerd aan de structuur en samenstelling van de bodem: het waterbodemtype, de dikte van de sliblaag, en de samenstelling van de toplaag (kwaliteit en fysische structuur).

2.4.1 | Effect op aquatische organismen en relaties met de ESF-systematiek

Waterplanten hebben geschikt substraat nodig om te kunnen wortelen. Op kleibodem komen bijvoorbeeld andere soorten voor dan op veenbodem. Het aanwezige waterbodemtype bepaalt (mede) de standplaats en daarmee de Habitatgeschiktheid (ESF 4) voor waterplanten/plantgemeenschappen (Sollie, *et al.*, 2011-19; Anderson & Kalff, 1988), en in mindere mate voor macrofauna en vis. In de KRW-maatlatten zijn waterlichaamtypen dan ook (onder andere) op bodemtype onderscheiden.

Naast waterbodemtype is de dikte en kwaliteit (Productiviteit Bodem (ESF 3)) van de sliblaag belangrijk voor de Habitatgeschiktheid (ESF 4) voor aquatische organismen. Een dikke sliblaag voorkomt stevige worteling van waterplanten (Osté, 2011), mosselen kunnen wegzakken (DLG, 2007) en slibrijke bodems trekken bepaalde (negatieve) macrofauna soorten aan (Hoogenboom, 2014).

De samenstelling van slib bepaalt, samen met strijklengte en de diepte van de waterkolom, de gevoeligheid van het systeem voor vertroebeling (Licht (ESF 2)). Fijn slib wervelt sneller op dan slib met grote korrels (Van Gogh, 2014). De dikte en kwaliteit van de sliblaag is een resultante van Organische belasting (ESF 7) en geometrie en stroming van een watersysteem. Het is echter moeilijk vast te stellen of de aan- of afwezigheid van vegetatie meer beïnvloed wordt door de stabiliteit van de waterbodem, of de direct daaraan gerelateerde troebelheid van het water (Scheffer, 2004). Wel is bekend dat er een positieve feedback bestaat tussen de dichtheid van vegetatie en de stabiliteit van slib. Hoe meer vegetatie, hoe minder turbulentie en dus opwerveling van slib. Hierdoor is de waterkolom minder troebel en de slib stabieler, wat een positief effect heeft op vegetatie (Jackson & Starnett, 1959; Dieter, 1990).
De slibdikte heeft een sterke relatie met baggerbeheer dat in een systeem uitgevoerd wordt (Verwijdering (ESF 6)).

2.4.2 | Waar speelt de bodemsamenstelling een rol?

De invloed van waterbodemtype is relevant in zowel lijnvormige waterlichaamtypen als meren en plassen. Slibaanwas en daarmee slibdikte is vooral in lijnvormige systemen, waar de organische belasting groot is, een aandachtspunt. Binnen waterbeheer komt steeds meer aandacht voor risicogestuurd beheer en onderhoud om te voorkomen dat er te dikke sliblagen ontstaan.
In meren en plassen met een grote strijklengte en golfwerking tot op de bodem, speelt de bodem een belangrijke rol wanneer vertroebeling voorkomt dat er een goede ecologische toestand kan ontstaan.

2.4.3 | Op welke schaal speelt de bodemsamenstelling een rol?

Op microschaal is er een directe invloed van het waterbodemtype op de standplaats. De heterogeniteit van waterbodemtype op macroschaal, geeft een beeld van mogelijke variatie in soortensamenstelling. Op microschaal is er een directe invloed van de slibdikte en -kwaliteit op de standplaats. De hoeveelheid slib op macroschaal geeft een beeld van de gevoeligheid voor vertroebeling van een watersysteem.

2.5 | OMGEVING

Een watersysteem kan sterk beïnvloed worden door de omgeving, bijvoorbeeld door afspoeling van stoffen, het bieden van aanvullend habitat buiten het water, of input van organische stof. De omgeving is dan ook belangrijk voor het functioneren van een watersysteem

en de van invloed op soorten en soortgroepen die zich kunnen ontwikkelen. De in dit project geïdentificeerde omgevingsparameters zijn gerelateerd aan de structuren die op de oever aanwezig zijn én die van invloed zijn op de biologie ín het water. Er zijn drie omgevingsparameters uitgewerkt: de aanwezigheid van bomen (beschaduwing) het oevertype én het bodemgebruik op de oeverzone (bebouwd vs. landbouwgebied).

2.5.1 | Effect op aquatische organismen en relaties met de ESF-systematiek

Beschaduwing beïnvloedt de Habitatgeschiktheid (ESF 4) voor diverse soortgroepen. Beschaduwing zorgt voor verminderde lichtinval in het water en belemmert daarmee waterplantengroei (Vaate & Vierssen, 1990). Ook verlaagt het, in ondiepe wateren, de watertemperatuur (Browne, *et al.*, 2016). Wanneer bomen in het water wortelen profiteert macrofauna van de gegenereerde substraatdifferentiatie (Verdonschot, *et al.*, 2016). Tevens leidt bladinval van bomen op de oever tot verhoogde organische belasting (ESF 7) (Kwaadsteniet, *et al.*, 2014). Deze organische belasting verslechtert de waterkwaliteit.

Het type oever is een belangrijke bepalende parameter voor het voorkomen van soort(groepen) (Sollie, *et al.*, 2011-19). In natuurvriendelijke oevers is de abundantie en soortenrijkdom van water- en oeverplanten groter dan in beschoeide oevers. Welke soorten en bedekkingspercentages te verwachten zijn hangt sterk af van de standplaatsfactoren in de oever (Sollie, *et al.*, 2011-19), uitgedrukt in andere sleutelfactoren als voedselrijkdom (Productiviteit water (ESF 1) en Productiviteit Bodem (ESF 3)), Licht (ESF 2).

Ook de soortenrijkdom van macrofauna is groter in natuurvriendelijke oevers (Soesbergen & Rozier, 2004). In Coops en Van Geest (2016) zijn diverse onderzoeken aangehaald waarin gevonden is dat soortenrijkdom van macrofauna en vissen afnam bij toenemende oeververdediging.

Andere onderzoeken laten zien dat de relatie van natuurvriendelijke inrichting van oevers met vis lastiger te leggen is. Ervaringen met natuurvriendelijke oevers in scheepvaartkanalen wijzen uit dat bij beperkte lengtes aan natuurvriendelijke oevers de visstand niet noemenswaardig verandert qua soortensamenstelling (Emmerik, 2002; Emmerik & Kranenbarg, 2001). De reden hiervoor is dat vis een combinatie van habitattypen gebruikt voor verschillende fasen in de levenscyclus en voor verschillende activiteiten en dus afhankelijk is van de inrichting op grotere schaal (meso- en macroschaal).

Het bodemgebruik van de oeverzone beïnvloedt de habitatcondities van een watersysteem. In agrarisch gebied leidt van afspoeling van nutriënten tot een verhoging van de belasting (Productiviteit water (ESF 1)) van een watersysteem. Indien oevers bereikbaar zijn voor grazers (koeien, schapen en/of vogels heeft dit direct invloed op de vegetatiestructuur (Verwijdering (ESF 6)). Het is bekend dat natuurlijk ingerichte oevers (natuurlijke omgeving) geschikte oeverstructuren voor specifieke levensstadium van macrofauna (bijvoorbeeld libellen) (Habitatgeschiktheid (ESF 4)) leveren (Heikoop, *et al.*, 2003). Met name het onderscheid tussen agrarisch gebied, natuurgebied en stedelijk gebied is relevant in dit project.

2.5.2 | Waar speelt de omgeving een rol?

De invloed van beschaduwing is voornamelijk relevant in lijnvormige wateren, waarbij het percentage beschaduwing een goede maat is. In meren en plassen is beschaduwing lokaal (op de oevers) van invloed. Het type oever en het bodemgebruik is relevant in zowel lijnvormige wateren als in meren en plassen.

2.5.3 | Op welke schaal speelt de omgeving een rol?

Op microschaal is er een directe invloed van schaduw op de standplaats. Op mesoschaal is het interessant te bekijken welk percentage van een oever van een water(gang) beschaduwd is. Het oevertype is van belang op lokaal niveau als het gaat om de soortgroepen macrofyten en macrofauna. Voor vis is het nuttig om gewenste oevertypen op mesoschaal te beschouwen. Voor de parameter bodemgebruik geldt dat er op microschaal sprake is van een directe invloed van begrazing/vertrapping op de ontwikkeling van oeverplanten. Ook de aanwezigheid van geschikt habitat voor macrofauna op de oever speelt voornamelijk op microschaal. Bodemgebruik is van grote invloed op de uit- en afspoeling van nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen, geneesmiddelen en biociden. Afspoeling van stoffen beïnvloedt een groter oppervlak (mesoschaal tot macroschaal).

2.6 | CONNECTIVITEIT

connectiviteit

Hydrologische connectiviteit speelt een belangrijke rol bij de verspreiding van organismen, en wordt bepaald door de mate waarin een watersysteem is verbonden met andere (stromende of stagnante) watersystemen. In stromende wateren speelt met name de longitudinale connectiviteit een rol, oftewel de connectiviteit stroomopwaarts van een waterlichaam. In min of meer stagnante wateren in overstromingsvlakte, maar ook in sloten, kan de laterale connectiviteit, oftewel de connectiviteit met de hoofdstroom, ook een rol spelen. Niet alleen voor vissen speelt connectiviteit een rol, maar ook voor propagulen (zaden of plantendelen) van macrofyten en voor invertebraten (Cottenie & Meester, 2003; Beisner, *et al.*, 2006).

2.6.1 | Effect op aquatische organismen en relatie tot ESF-systematiek

Verspreiding (ESF 5) heeft een directe relatie met de connectiviteit. Voor de duurzame vestiging van organismen in een habitat, is niet alleen belangrijk dat de habitat geschikt is (Habitatgeschiktheid (ESF 4)) maar ook dat ze er kunnen komen door actieve of passieve verspreiding. Vissen verplaatsen zich dagelijks op kleine schaal, om bijvoorbeeld goed voedsel te vinden of een schuilplek (Heerman & Borcherding, 2006), maar kunnen zich ook over grotere afstanden verplaatsen tussen paai-, opgroei- en overwinteringsgebieden. Op welke schaal vissen zich verplaatsen is soort en levensstadium afhankelijk. Waar de trekvis Europese paling continenten overbrugt, verplaatsen snoeken zich over korte afstanden in een watersysteem. Om deze actieve vorm van verspreiding mogelijk te maken is zowel longitudinale(paling) als laterale connectiviteit (snoek) van belang. Bij passieve verspreiding (zaden, propagulen, maar ook invertebraten) speelt niet alleen hydrologische connectiviteit een rol, maar- als zaden door watervogels worden verspreid- ook de geografische afstand (Mueller & Van der Valk, 2002). Daarom kan de diversiteit van macrofyten ook positief beïnvloed worden, door de aanwezigheid van andere-niet verbonden- wateren in de nabijheid van een watersysteem zijn (Arthaud, 2013). Er wordt een sterke positieve relatie gevonden tussen hydrologische connectiviteit en inheemse soortenrijkdom van zowel macrofyten (Akasaka & Takamura, 2011), vissen (Amoros & Bornette, 2002) als invertebraten (Shurin, 2000). Een hoge hydrologische connectiviteit kan echter ook zorgen voor een snellere verspreiding van exoten, zoals de quagga, de Amerikaanse rivierkreeft of cabomba, wat in eerste instantie vaak gepaard gaat met een afname van de rijkdom van inheemse soorten (Crowl, 2008) en uiteindelijk kan leiden tot mondiale nivellering.

2.6.2 | Waar speelt connectiviteit een belangrijke rol?

Connectiviteit speelt een rol in vrijwel alle wateren. In lijnvormige wateren speelt de connectiviteit met de hoofdwatergang een grote rol, maar ook in plassen en meren kan een connectiviteit met het boezemwater een grote rol spelen in de verspreiding van organismen (Kroes & Monden, 2004). In stadswateren is de hydrologische isolatie vaak een knelpunt voor de duurzame vestiging van een gevarieerde flora en fauna.

2.6.3 | Op welk schaalniveau speelt connectiviteit een rol?

Afhankelijk van de soort en het ontwikkelingsstadium speelt connectiviteit een rol op meso- en macroschaal.

3.7 | VEGETATIE

Vegetatie is de begroeiing van plantensoorten. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de oevervegetatie, oftewel de vegetatie die rond de waterlijn groeit die tegen langdurige overstroming en/of droogval bestand is, en de watervegetatie, oftewel planten die zich onder, op en/of gedeeltelijk boven water bevinden. Voor de KRW-beoordeling volgens het handboek Hydrobiologie (Bijkerk, 2010–28) wordt de vegetatie opgenomen in verschillende lagen: de submerse, drijvende en emerse laag, kroos, flab of oeverbegroeiing. Soorten kunnen in meerdere lagen voorkomen, afhankelijk van hun groeivorm.

De structurele complexiteit van een vegetatie wordt in belangrijke mate bepaald door het voorkomen en de verscheidenheid aan groeivormen (Dibble & Thomaz, 2006; Thomaz & Cunha, 2010). De in de KRW-monitoring gehanteerde indeling in vegetatielagen is te grof om recht te doen aan de verscheidenheid aan groeivormen. De morfologie van een plant, zoals bijvoorbeeld de omtrek van bladeren in verhouding tot het oppervlak en de dichtheid van stengels, zijn aspecten die de structurele complexiteit van een vegetatie bepalen (Levi, 2015; Dionne & Folt, 1991; McAbendroth, *et al.*, 2005). In Zicht op Structuur is er voor gekozen om de diversiteit van een vegetatie als een benadering te zien voor de verscheidenheid aan groeivormen, omdat er in de praktijk van het waterbeheer geen data zijn over de morfologie van de aanwezige planten.

2.7.1 | Effect op aquatische organismen en relatie tot ESF-systematiek

Het voorkomen van vegetatie wordt in sterke mate bepaald door de productiviteit van het systeem (Productiviteit water (ESF 1) en Productiviteit Bodem (ESF 3)) en door het Licht (ESF 2). Met name in ondiepe systemen, niet stratificerende systemen (< 6 m) vind je met toenemende productiviteit dat de waterplant gedomineerde toestand wordt vervangen door een fytoplankton gedomineerde toestand (Scheffer, 2004). Naast de productiviteit speelt ook het onderwaterlichtklimaat een belangrijke rol in het voorkomen van met name ondergedoken waterplanten (Licht (ESF 2)), in troebele systemen is de beperkte lichtbeschikbaarheid een belemmerende parameter voor waterplantengroei (Nes, *et al.*, 2002). Daarnaast speelt begrazing (Verwijdering (ESF 6)) een belangrijke rol in het voorkomen van vegetatie, niet alleen in de totaal bedekking van vegetatie, maar ook in de soortensamenstelling van de vegetatie (Donk & Otte, 1996; Lauridsen, *et al.*, 1993).

Er is een sterke relatie tussen de structurele complexiteit van vegetatie en het voorkomen van andere aquatische organismen (Thomaz & Cunha, 2010). Dit maakt onderdeel uit van

Habitatgeschiktheid (ESF 4). Vegetatie kan substraat bieden voor eieren van zowel vertebrate als invertebrate organismen (Snickars, *et al.*, 2010), maar biedt ook substraat voor algengroei (perifyton) (Dodds & Biggs, 2002). Macrofyten kunnen verder voedsel bieden aan vertebrate en invertebrate grazers, zowel direct als indirect door het perifyton wat op de bladeren en stengels groeit. Vegetatie kan ook een schuilplek zijn voor zowel vertebrate als invertebrate prooi, waarbij er een positieve relatie wordt gevonden tussen de structurele complexiteit van de vegetatie en prooidichtheid (Nelson & Bonsdorff, 1990). Structurele complexiteit van een vegetatie kan tenslotte ook een positief effect hebben op de diversiteit van vis (Eadie & Keast, 1984) en macrofauna (Kurashov, *et al.*, 1996; Nilsson, *et al.*, 1994). De diversiteit van een vegetatie is over het algemeen het hoogst bij een gemiddelde vegetatiedichtheid, zodat er een optimale balans is tussen het positieve effect dat waterplanten hebben op sedimentstabiliteit en het negatieve effect dat planten ondervinden door overschaduwing door hoge vegetatiedichtheden (Bakker, *et al.*, 2013).

2.7.2 | Waar speelt structurele complexiteit van vegetatie een belangrijke rol?

De structurele complexiteit van vegetatie speelt in alle type watersystemen een rol. Waar in meren de ecosysteemtoestanden worden bepaald door een dominantie van ondergedoken waterplanten versus een dominantie van fytoplankton, wordt in lijnvormige wateren in plaats van een fytoplankton gedomineerde toestand ook vaak een kroos gedomineerde toestand waargenomen (Gerven, *et al.*, 2015).

2.7.3 | Op welke schaalniveau(s) speelt de structurele complexiteit van vegetatie een belangrijke rol?

De structurele complexiteit van een vegetatie speelt op verschillende ruimtelijke schalen een rol. Voor kleinere organismen, zoals macrofauna en pelagische filterfeeders is de structurele complexiteit op microschaal van belang (Dibble & Thomaz, 2006), terwijl voor grotere organismen zoals vissen de structurele complexiteit op mesoschaal een grotere rol speelt (Azovsky, 2009; Romare, *et al.*, 2005). Voor vissen speelt ook de ruimtelijke variabiliteit van structurele complexiteit een rol (Crowder & Cooper , 1982; Brzezinski, *et al.*, 2010).

2.8 | BEHEER EN ONDERHOUD

Beheer en onderhoud worden uitgewerkt onder Verwijdering (ESF 6). Beheer en onderhoud van en in een watersysteem zijn op zichzelf geen structuurparameters binnen Habitatgeschiktheid (ESF 4), maar deze parameters beïnvloeden direct de structuur van een watersysteem en bepalen daarmee de habitatgeschiktheid.

Baggeren beïnvloedt de bodemsamenstelling (slibdikte en bodemsamenstelling) en maaien grijpt direct in op de vegetatiesamenstelling en daarmee indirect op habitat voor vis en macrofauna. Vanwege hun invloed op structuur is deze categorie in dit project meegenomen.

2.8.1 | Effect op aquatische organismen en relatie tot ESF-systematiek

Elke waterbeheerder voert maaibeheer uit om overlast van waterplanten tegen te gaan. In voedselrijke systemen (Productiviteit water (ESF 1) en Productiviteit Bodem (ESF 3)), waar voldoende Licht (ESF 2) is, kunnen waterplanten hard gaan groeien (Lamers, *et al.*, 2012), zeker wanneer deze een belemmering vormen voor andere functies (Cooke, *et al.*, 2016).
Binnen het maaibeheer kan onderscheid worden gemaakt tussen het maaien van de oever en het maaien van het natte profiel. Oeverbeheer is nodig om biodiversiteit van planten op de oever te stimuleren. Het terugzetten van vegetatie in successie is in sommige gevallen

noodzakelijk om dominantie van ruigtesoorten en wilgenopslag te voorkomen. Maaien in het natte profiel heeft vaak tot doel om de doorstroming te garanderen (Viaene, *et al.*, 2001), of om overlast voor recreanten te verminderen (Hensens & Grimm, 2001).

Maaien heeft direct invloed op de structuurparameter Vegetatie. Het grijpt direct in op de samenstelling en ook op de bedekking van water- en oeverplanten. Maaien is niet altijd negatief voor vegetatieontwikkeling. Indien maaibeheer goed wordt uitgevoerd, gefaseerd in tijd en ruimte, ontstaat een grotere variatie in vegetatiestructuur. Hierbij is het van belang aandacht te besteden aan tijdstip, materieel en wijze van verwerking van maaisel (Heerdt, *et al.*, 2014).

Baggerbeheer verandert de structuurparameter bodem door het verwijderen van slib. Het heeft direct invloed op de structuurparameter Bodem en daarmee op de habitatgeschiktheid voor diverse soortgroepen, via diverse parameters als Diepte, Licht (ESF 2), Voedingsstoffen (Productiviteit Bodem (ESF 3)) (Anderson & Kalff, 1988), Toxische stoffen (ESF 8), Standplaats/substraat (Habitatgeschiktheid (ESF 4)), Zuurstof (Arcadis, 2011; Cooke, *et al.*, 2016). Bij baggeren ontstaat tijdelijke vertroebeling van het water en verhoging van nutriëntenconcentraties in de waterkolom en bijvoorbeeld kroosontwikkeling. Enkele tijd na baggeren is vaak verbetering zichtbaar in bovengenoemde parameters, ten gunste van de ecologische toestand (Gylstra, *et al.*, 2015).

2.8.2 | Waar speelt beheer en onderhoud een rol?

Maaibeheer speelt voornamelijk een rol in lijnvormige wateren, die voldoende doorstroomprofiel moeten behouden. Over het algemeen worden grote wateren niet gemaaid, met uitzondering van wateren waar een recreatiefunctie (zeilen/zwemmen) dit vereist.
Baggerbeheer vindt ook voornamelijk plaats in lijnvormige wateren. In de grotere meren en plassen blijft dit meestal beperkt tot de vaargeulen.

2.8.3 | Op welke schaal speelt beheer en onderhoud een rol

Maaibeheer beïnvloedt direct de habitatgeschiktheid op microschaal. Planten worden weggemaaid (bedekking neemt af; soortensamenstelling kan veranderen na hergroei) en habitat voor vissen en macrofauna verdwijnt of verandert. Ruimtelijk variatie in maairegime levert een ruimtelijke diversiteit op aan habitattypen op mesoschaal.

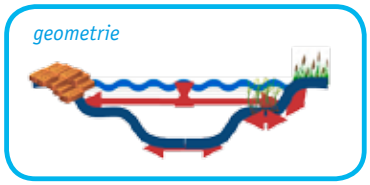
Net als maaibeheer beïnvloedt baggerbeheer de microschaal, maar ook op mesoschaal is de invloed van baggeren zichtbaar. Het effect van processen als vertroebeling en nalevering breiden zich immers verder uit dan de standplaats.

3

MEETMETHODIEKEN

Waterbeheerders gaan verschillend om met het uitvoeren van metingen aan structuurparameters. Tijdens het project Zicht op Structuur werd duidelijk dat er niet alleen erg grote verschillen zijn tussen Nederland en de rest van Europa, maar ook verschillen tussen waterschappen onderling. In tegenstelling tot de KRW-monitoring voor stromende wateren zijn structuurparameters geen integraal onderdeel van de monitoring in stagnante of zeer langzaam stromende wateren. Ook al biedt het handboek Hydromorfologie (Osté, *et al.*, 2013) een eerste aanzet tot het gestandaardiseerd meten van structuur gerelateerde morfologie, lijkt de toepasbaarheid op dit soort wateren (anders dan bij de grotere rijkswateren) van beperkt nut. In dit hoofdstuk wordt voor de ecologische relevante structuurparameters (zie Hoofdstuk 2) besproken welke meetmethoden er beschikbaar zijn, en welke gebruikt worden door de waterschappen.

3.1 GEOMETRIE



In Tabel 3.1 staan vier methodieken genoemd die gebruikt worden voor het bepalen van alle aan geometrie gerelateerde parameters. De daadwerkelijk ingemeten parameters zijn dan de hoogte van de ondergrond (onderwaterbodem of de oever) in NAP op een bepaalde locatie (x, y) en het waterpeil. Deze data zijn nodig om het begroeibaar areaal en het talud te kunnen berekenen.

Het uitvoeren van puntmetingen is de minst tijdrovende methode. Alle parameters (diepte, breedte, talud en begroeibaar areaal) worden dan allen op hetzelfde punt gemeten. Het grote nadeel van deze methode is dat er niet bekend is of het punt waarvan de diepte gemeten is ook meteen het diepste punt is, vanwege gebrek aan vergelijkingsmateriaal binnen het profiel. Ook is het op het oog bepalen van het talud en begroeibaar areaal een stuk minder

TABEL 3.1 | *Overzicht parameters en meetmethodieken voor geometrie*

Parameter	Methodiek	Meetinspanning	Informatiegehalte voor zicht op structuur	Bij welke waterschap?
Diepte, breedte, begroeibaar areaal, talud	Puntmetingen	Laag	Laag	HHSK
Diepte, breedte, begroeibaar areaal, talud	Dwarsprofielen inmeten	Gemiddeld	Gemiddeld	WS Scheldestromen, HDSR, HHNK
Diepte, breedte, begroeibaar areaal, talud	Diepte inmeten met sonar	Hoog	Hoog	WSHD, WS Fryslân (Slotermeer)
Diepte, breedte, begroeibaar areaal, talud	Diepte inmeten met Laseraltimetrie	Hoog	Hoog	Geen

nauwkeurig dan een berekening met behulp van gedetailleerde dwarsprofielen. Daarnaast is het lastig om meetpunten te vinden die representatief zijn voor de geometrie van het gehele waterlichaam.

Een wat uitgebreidere manier om alle parameters in beeld te krijgen, is het inmeten van dwarsprofielen (zoals gedaan is door Waterschap Scheldestromen en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden). Hierbij kan dan het best van insteek tot insteek worden gemeten, zodat ook het bovenwater talud kan worden berekend. Het is dan wel van belang dat duidelijk staat beschreven waar zich de waterlijn bevindt (bijv. bovenwater >0 en onderwater <0). Ook is het van belang dat elke individuele meting binnen het profiel gekoppeld is aan een coördinaat, omdat het anders onmogelijk is om de diepteprofielen op kaart te zetten. Bij het visualiseren is er wel een verschil tussen brede en smalle watersystemen. In brede systemen is het mogelijk om alle metingen binnen een dwarsprofiel weer te geven en zo een beeld te krijgen van de dieptes in het gehele watersysteem, maar in smalle watergangen wordt dit al snel onoverzichtelijk. Daar liggen de punten te dicht op elkaar, waardoor een 'puntenwolk' ontstaat die niet meer geïnterpreteerd kan worden. In deze gevallen kunnen de data dan met een enkele punt per doorsnede worden weergegeven op kaart, met daaraan een gekoppelde samenvattende waarde, zoals 'maximale diepte'. Voor smalle watergangen met relatief weinig meetpunten is het mogelijk om grafieken per dwarsprofiel te maken en deze ruimtelijk op een kaart weer te geven, om zo toch de waterdiepteverdeling inzichtelijk te krijgen.

De meest uitgebreide manier die in dit project gebruikt is om de geometrie in beeld te brengen, is met behulp van een sonar. Hierbij ontstaat een vlakdekkende en hooggedetailleerde kaart. Zowel Waterschap Hollandse Delta als Wetterskip Fryslân hebben een diepteverdeling gemaakt met behulp van sonar. Waterschap Hollandse Delta heeft Brielse Meer en Bernisse op deze manier ingemeten, maar daarbij is de oeverzone overgeslagen. Om de geometrie goed te beschrijven, is het echter wel van belang om juist ook de oeverzone mee te nemen in de metingen, omdat deze ecologisch gezien zeer relevant is. Probleem hierbij is dat met een ondiepe boot pas vanaf 30-40 centimeter diepte gemeten kan worden: voor de ondiepere zone zal met handmatige metingen en het gebruik van de AHN-kaart een interpolatie moeten worden uitgevoerd. Deze AHN-kaart kan ook gebruikt worden voor de oeverdelen die boven het waterpeil uitkomen.

De parallelle meetraaien die voor het Slotermeer zijn opgenomen (er is wel nauwkeurig gemeten in de raaien), blijken echter ongeschikt te zijn voor een interpolatie. Het was niet goed mogelijk om deze data te interpoleren omdat de lijnen uit een hele dichte wolk van meetpunten bestaan (in hoofdstuk 5.1.1 wordt dit verder toegelicht). Het is dus van groot belang om bij het opzetten van een meetmethodiek goed na te denken over de meetstrategie en de benodigde informatie voor de interpolatietechnieken. Bij het voorbeeld van het Slotermeer was het voor de interpolatiemethodieken bijvoorbeeld veel beter geweest om ervoor te zorgen dat alle raaien elkaar gekruist hadden, waardoor interpolatie wel mogelijk was geweest.

3.1.1 Nieuwe methoden

Vlakdekkende beelden van de diepte kunnen tegenwoordig ook gemaakt worden door een sonar te bevestigen aan een varende drone. Deze drone kan dan een geautomatiseerde route op het meer varen (mits de aanwezige scheepvaart geen belemmering vormt). Op deze manier vormt de diepgang van de boot geen belemmering meer.
Een andere techniek die momenteel in opkomst is, is laseraltimetrie. Bij deze techniek worden twee lasers bevestigd aan een vliegtuig of drone. Eén van deze lasers is groen en kan water penetreren, terwijl de andere laser rood is en afkaatst op het wateroppervlak. Het verschil tussen deze 2 afstanden beschrijft de waterdiepte. Deze methode heeft een onnauwkeurigheid van minder dan 5 cm. Deze methode wordt al veel gebruikt om de diepte van kuststroken en zeeën in beeld te brengen. In 2015 hebben Waternet en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden een pilot uit laten voeren in de gebieden ten zuiden van Vinkeveen, waaruit is gebleken dat het toch nog wat lastig is om de omstandigheden in dit veenweidegebied goed in beeld te krijgen. Daarom is er nu een vervolgonderzoek aan de gang, waarvan de resultaten eind 2016 bekend zullen zijn.

3.1.2 Optimale balans tussen meetinspanning en informatiegehalte

De methodiek waarbij vlakdekkend de diepte wordt ingemeten met een sonar geeft de meest uitgebreide informatie op het meest gedetailleerde niveau. Dit detailniveau is echter helemaal niet altijd nodig. Voor (smalle) lijnvormige watersystemen geven dwarsprofielen bijvoorbeeld ook al voldoende informatie. Voor grotere meren is het vaak wel raadzaam om gedetailleerdere sonarbeelden tot beschikking te hebben. Het doen van puntmetingen wordt met betrekking tot de analyse van de geometrie afgeraden, omdat hierbij het informatiegehalte te summier is en omdat de resultaten vaak in twijfel zijn te trekken. In sommige gevallen kunnen puntmetingen wel wenselijk zijn, bijvoorbeeld om een (grof) beeld te krijgen van veranderingen in de waterdiepte over tijd door bijvoorbeeld slibaanwas.

3.2 | STRIJKLENGTE EN GOLFSLAG

Om de strijklengte te berekenen is een shapefile nodig van het te beschouwen wateroppervlak en zijn er winddata nodig. Een shapefile van het wateroppervlak was bij alle waterschappen beschikbaar. Een aandachtspunt is wel de begrenzing; aanliggend water dat niet tot hetzelfde watersysteem wordt gerekend, is namelijk wel relevant voor de berekening van de strijklengte. Winddata (op dagbasis) zijn vrij beschikbaar via de website van het KNMI, waarbij altijd het dichtstbijzijnde meetstation wordt gebruikt (www.knmi.nl). De meetinspanning voor een strijklengte kaart is zeer gering, maar geeft al wel veel inzicht in de blootstelling aan de wind.

TABEL 3.2 | *Overzicht parameters en meetmethodieken voor strijklengte en golfslag.*

Parameter	Methodiek	Meetinspanning	Informatiegehalte voor zicht op structuur	Bij welke waterschap?
Strijklengte	GIS-analyse aan de hand van watervlak en winddata	Laag	Gemiddeld (primair van belang voor niet-lijnvormige wateren)	Benodigde shapes waren bij iedereen beschikbaar
Golfslag	Strijklengte koppelen aan een gedetailleerde dieptekaart	Hoog	Hoog (primair van belang voor niet-lijnvormig wateren)	Geen

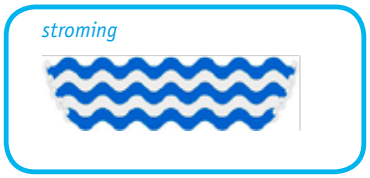
3.2.1 | Nieuwe methoden

Er kan meer informatie worden verkregen als de strijklengtekaart wordt gecombineerd met een dieptekaart. Hiervoor is een vlakdekkende gedetailleerde dieptekaart nodig, die met behulp van sonarapparatuur wordt opgesteld. Dit kost veel meetinspanning (zie paragraaf 3.1). Op basis van de berekende strijklengte en de gemeten waterdiepte, kunnen golfbewegingen (zoals de golflengte) berekend worden. De golfslagkaart zal ten opzichte van de strijklengtekaart extra informatie geven over de daadwerkelijke lokale effecten van golfslag in meren.

3.2.2 | Optimale balans tussen meetinspanning en informatiegehalte

Voor zicht op structuur van niet-lijnvormige wateren is het aan te bevelen om altijd een strijklengtekaart te maken. De strijklengtekaarten, zoals die in dit project gemaakt zijn, kunnen verbeterd worden door de strijklengte niet vanuit acht, maar vanuit meerdere windrichtingen te bepalen. Dit kost aanzienlijk meer rekentijd, maar geen extra meetinspanning. Een golfslagkaart kan vooral nuttig zijn in specifieke situaties waarin vermoed wordt dat de wind een dominante rol in het ecosysteem speelt.

3.3 | STROMING



Om de structuurparameter stroming in beeld te brengen zijn geen (directe) meetdata nodig, maar een SOBEK-model. Vaak kan gebruikt gemaakt worden van een reeds bestaand SOBEK-model. Metingen van debieten, waterstanden en de geometrie van watergangen

TABEL 3.3 | *Overzicht parameters en meetmethodieken voor stroming*

Parameter	Methodiek	Meetinspanning	Informatiegehalte voor zicht op structuur	Bij welke waterschap?
Stromingssnelheid en -richting	Ruimtelijke SOBEK-output voor bewuste parameters	Laag (als het SOBEK-model er al is)	Laag	HHNK, WS Scheldestromen
Stromingssnelheid en -richting	Ruimtelijke SOBEK-output voor bewuste parameters	Gemiddeld (als het SOBEK-model er al is)	Laag tot hoog, afhankelijk van het watersysteem	HH Delfland, HHRL, HDSR, HHSK
Stromingssnelheid en -richting	3D-beeld via DELWAQ	Hoog	Laag tot hoog, afhankelijk van het watersysteem	Geen

kunnen eventueel gebruikt worden om het model te verbeteren. Voor Zicht op Structuur is het belangrijk dat het model geschikt is voor een historische neerslagreeks, zodat inzicht wordt verkregen in de effecten van uiteenlopende weerscondities op de stroming. Een model voor alleen een afvoersituatie geeft minder informatie, omdat dan slechts inzicht wordt verkregen over de stroming onder één specifieke omstandigheid, namelijk een natte periode met een neerslagoverschot.

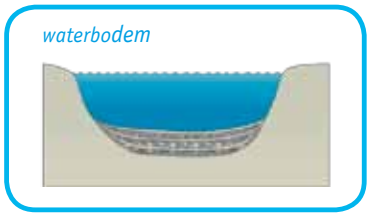
3.3.1 Nieuwe methoden

Voor een zeer gedetailleerd beeld van de stroming kan een 3D-model gemaakt worden. Met een 3D-model als DELWAQ kan bijvoorbeeld voor meren inzicht worden verkregen in het verschil in stroming aan het wateroppervlak en aan de waterbodem.

3.3.2 | Optimale balans tussen meetinspanning en informatiegehalte

Voor inzicht in de ruimtelijke stroming is een SOBEK-model gewenst dat gekalibreerd is op een historische neerslagreeks. Vooral voor lijnvormige watersystemen kan dit veel zicht op structuur geven. Een afvoermodel geeft veel minder informatie, omdat geen inzicht wordt verkregen in de stroming gedurende een drogere periode. Een 3D-modellering wordt niet aanbevolen, want dit geeft niet per se een beter zicht op structuur. Bovendien vergt een 3D-model veel inspanning qua reken- en voorbereidingstijd en er is een vlakdekkende dieptekaart nodig.

3.4 | WATERBODEM



Met de sub-bottom profiler (Buscombe, *et al.*, 2016) wordt met behulp van radiografische golven een statistische analyse van de bodemsamenstelling gemaakt, de korrelgrootte als belangrijkste parameter. Doordat met deze methode veel textuurdata verzameld kunnen worden, kan met interpolatie een vlakdekkend beeld verkregen worden van korrelgrootte verdeling over een bepaalde waterbodemdiepte. Dit is zeer waardevol voor het inzicht in de structuur van een waterlichaam. Het alternatief is het nemen van bodemmonsters. De analyse van deze monsters is redelijk arbeids- en daarmee kostenintensief. Daarom worden meestal bodemmonsters genomen van representatieve punten in het waterlichaam, zoals Hoogheemraadschap van Rijnland heeft gedaan bij de Kagerplassen. Bij deze methode ontbreekt echter een compleet beeld van de bodemsamenstelling en slibdikte doordat deze van plaats tot plaats erg kunnen variëren.

TABEL 3.4 | *Overzicht parameters en meetmethodieken voor waterbodem*

Parameter	Methodiek	Meetinspanning	Informatiegehalte voor zicht op structuur	Bij welke waterschap?
Waterbodemtype/ slibdiktemeting	Sonar (Sub bottom profiler) vlakdekkend	Gemiddeld	Hoog	HHSK, HHNK, HDSR, HH Delfland
Waterbodemtype/ slibdiktemeting	Puntbemonstering (Handboek hydromorfologie)	Gemiddeld	Laag	HH Rijnland
Waterbodem-samenstelling	Medusa grondradar	Gemiddeld	Hoog	Geen

3.4.1 | Nieuwe methoden

Een techniek om de waterbodem nauwkeurig in te meten is met behulp van de Medusa grondradar. De Medusatechniek is gebaseerd op radioactieve straling die verschillende sedimentdeeltjes uitstralen en met kristalglas gedetecteerd worden. In combinatie met radiografische golven waarmee laagovergangen en objecten gedetecteerd worden, is een nauwkeurig beeld van de samenstelling van de bovenste 50 centimeter van het sediment in te verkrijgen.

3.4.2 | Optimale balans tussen meetinspanning en informatiegehalte

Het bepalen van het waterbodemtype via sonar is aan te raden wanneer vermoed wordt dat er variatie in waterbodemtype binnen een gebied aanwezig is. In wateren waar slib een grote rol speelt (bijvoorbeeld in grote wateren waar opwerveling van slib leidt tot vertroebeling) is het verstandig om met sonar een beeld te krijgen van de slib(dikte)verdeling. In wateren waar dit een minder grote/geen rol speelt is het voldoende om op representatieve punten in een watersysteem de slibdikte te bepalen. De benodigde minimale meetfrequentie is erg afhankelijk van de dynamiek van het watersysteem. Sterk veranderende watersystemen verdienen de voorkeur om jaarlijks ingemeten te worden. Meer stagnante wateren kunnen met een lagere frequentie ingemeten worden voor een goed zicht op structuur.

3.5 | OMGEVING

Het inzichtelijk maken van het landgebruik in de omgeving van de watergangen kan op basis van vlakdekkende beschrijvingen langs de oevers van de waterlichamen. Deze inventarisatie is eenmaal nodig, waarna enkel de bestemmingsplanwijzigingen door gevoerd hoeven te worden. Omdat deze data beperkt beschikbaar zijn, is er voor gekozen om gebruik te maken van data van het Centraal Bureau voor Statistiek (CBS). Hiervoor is de meetinspanning laag, maar het inzicht op het daadwerkelijk landgebruik blijft beperkt.

Het type oeververdediging kan op verschillende manieren beschreven en vastgelegd worden. Bij het uitvoeren van vegetatie inventarisaties is een beschrijving van het oevertype vaak meegenomen. De meetinspanning hiervoor is laag, omdat de inventarisatie zicht beperkt tot de KRW-meetpunten. Hierdoor is de informatiegehalte ook laag. Een beter inzicht in structuur zou een vlakdekkend oevertype bestand zijn. Dit kost eenmalig een vrij intensieve inventarisatieslag, maar kan vervolgens bij het onderhoud van de oevers actueel gehouden worden.
Voor de structuurparameter beschaduwing is gebruikt gemaakt van het AHN2. De database bevat gedetailleerde hoogtedata van elke vierkante meter in Nederland op basismetingen laseraltimetrie-metingen. De database is samengesteld binnen het samenwerkingsverband van RWS, provincies en waterschappen en wordt voor meerdere doeleinden toegepast. Hierdoor is de meetinspanning laag. De rekencapaciteit die nodig om het model te draaien is wel aanzienlijk. De schaduwkaarten hebben een hoog informatiegehalte.

3.5.1 | Nieuwe methoden

De omgeving van een watersysteem kan in kaart gebracht worden met behulp van luchtfotografie (drones). Op een snelle manier wordt landgebruik en oevertype vastgelegd. Met behulp van GIS kan er vervolgens een analyse van de luchtfoto's plaatsvinden. Met multispectrale technieken kan onderscheid gemaakt worden tussen vegetatie en harde beschoeiing. Er zijn echter nog wel testen en verbetering van technieken noodzakelijk om de nauwkeurigheid hiervan te kunnen optimaliseren.

TABEL 3.5 | *Overzicht parameters en meetmethodieken voor omgeving*

Parameter	Methodiek	Meetinspanning	Informatiegehalte voor zicht op structuur	Bij welke waterschap?
Bodemgebruik	Beschrijving van het landgebruik op de oeverstrook, 0-20 m vanaf bovenkant talud	Gemiddeld	Gemiddeld	Geen
Bodemgebruik bodemgebruik	Data CBS-bestand	Laag	Laag	Allen
Oevertype	Beschrijving (KRW-)meetpunt via visuele waarneming	Laag	Laag	HH Delfland
Oevertype	Visuele waarneming, vlakdekkend	Hoog	Hoog	WS Fryslân, WS Scheldestromen, HHSK, HDSR
Oevertype/Landgebruik	Drones/Luchtfoto's	Laag	Hoog	Geen
Schaduw water-oppervlak/oevers	Data AHK2	Hoog (Rekenmodel)	Hoog Afhankelijk van vorm waterlichaam	Alle waterschappen

3.5.2 | Optimale balans tussen meetinspanning en informatiegehalte

Het eenmalig vlakdekkend in kaart brengen van de omgeving en het aanwezige oevertype is zeer nuttig, voor alle waterlichaamtypen. Dit levert veel informatie over de aanwezige structuur van oevers in een watersysteem. Het draaien van het schaduwmodel is aan te bevelen voor meren en plassen wanneer er sprake is van veel bomen rondom het water. In sloten en kanalen is het altijd verstandig de invloed van schaduw te bepalen, ten behoeve van de Habitatgeschiktheid (ESF 4) en Organische belasting (ESF 7).

3.6 | CONNECTIVITEIT

connectiviteit

In Tabel 3.6 staan vier methoden om de connectiviteit van een waterlichaam met omliggende wateren te visualiseren. Op basis van de aanwezigheid van de kunstwerken, dam, gemaal, en stuw kan een weergave voor de blokkades voor verspreiding worden gemaakt. Een dam wordt gekenmerkt als een volledige blokkade volgens het handboek Vismigratie (Kroes & Monden, 2004), een gemaal tegen de stroomrichting als een volledige blokkade, en een stuw afhankelijk bij een situatie met geringe afvoer als een volledige blokkade (Schep, *et al.*, 2012). Deze kaart is op de waterschappen Wetterskip Fryslân en Waterschap Hollandse Delta na, voor alle waterschappen te maken. Het informatiegehalte van deze kaart wordt als gering ervaren door de meeste waterschappen, omdat (1) met name in poldersystemen, de veelheid aan gemalen de kaart erg onoverzichtelijk maakt, en (2) voor de meeste blokkades is de stroomrichting en de afstand tot bijv. een hoofdwatergang van belang. Het informatiegehalte van een kaart waar met behulp van expert knowledge of zelfs metingen (Spiers & Beers, 2013) de passeerbaarheid is vastgesteld is aanzienlijk hoger. Van alle waterschappen heeft alleen Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier aanvullende data over migratie verstrekt. De actualiteit van de kunstwerkenkaart, door de aanleg van dammen en sifonen door bijv. boeren zonder

TABEL 3.6 | *Overzicht parameters en meetmethodieken voor connectiviteit*

Parameter	Methodiek	Meetinspanning	Informatiegehalte voor zicht op structuur	Bij welke waterschap?
Passeerbaarheid	Shape van voor vissen	Geen niet-passeerbare kunstwerken: stuw, dam, gemaal	Laag (een weging van individuele kunstwerken ontbreekt)	Allen, behalve WSHD en WS Fryslân
Migratieknelpunten	Shape van migratie-knelpunten op basis van expert knowledge	Gemiddeld	Hoog	HHNK (WS Fryslân maar niet aangeleverd)
Vispassages	Shape van vispassages	Gemiddeld	Hoog	Geen (WS Fryslân maar niet aangeleverd)
Hydrologisch netwerk	GIS-analyses van connectiviteit van waterlichamen op basis van SOBEK-model, expert knowledge, en afbakening waterlichaam	Hoog	Hoog	Geen

dat dit bij het waterschap gerapporteerd wordt kan ook een complicerende parameter zijn. Deze kaart krijgt een hoger informatiegehalte door een combinatie te maken met de stroomrichtingkaart en alleen die blokkades weer te geven die niet passeerbaar zijn voor vissen en/of propagulen.

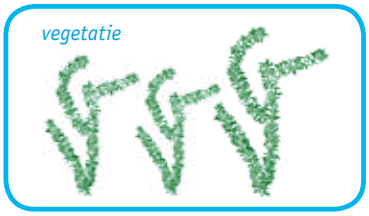
3.6.1 | Nieuwe methoden

Een hydrologische netwerkanalyse, waarin op basis van afstanden tussen het waterlichaam en nabijgelegen wateren, de stroomrichting, en het voorkomen van blokkades een connectiviteitskaart wordt gemaakt.

3.6.2 | Optimale balans tussen meetinspanning en informatiegehalte

Door de passeerbaarheidskaart te combineren met de stroomrichtingskaart en alleen de stroom afwaartse blokkades weer te geven, waarvan met behulp van expert knowledge een weging is gegeven aan de mate van blokkades wordt met een relatief geringe meetinspanning het informatiegehalte van de passeerbaarheidskaart sterk verhoogt. Daarnaast maakt elke GIS-informatie over aangewezen knelpunten of passages het informatiegehalte van de passeerbaarheidskaart groter.

3.7 | VEGETATIE



In Tabel 3.7 staan vijf verschillende methoden om de structurele complexiteit van de vegetatie in beeld te krijgen. De kaarten op basis van data over de (verdeling) van functionele groepen uit de reguliere vegetatiemonitoring zijn op basis van puntdata of vlakdekkende data gemaakt (alle functionele groepen: Waterschap Fryslân; rietkraag: Waterschap Scheldestromen en Waterschap van Rijnland). In de meeste waterschappen is de monitoring van de bedekking van functionele groepen apart van de monitoring van de soorten gedocumenteerd, bij twee waterschappen zijn de soorten handmatig in een functionele groep geplaatst. Bij Water-

schap van Rijnland is de soortensamenstelling van de oever apart van de soortensamenstelling van het water gedocumenteerd, hier is een gemiddelde voor elke soort voor de locatie berekend. Op basis van puntdata is met name bij de grotere waterlichamen (Westboezem van Delfland, Kagerplassen) een goed beeld van de structurele complexiteit van de vegetatie te zien. Vlakdekkende data van (een deel van) de functionele groepen zijn alleen door het Wetterskip Fryslân, Waterschap van Rijnland en Waterschap Scheldestromen geleverd, en laten zien dat de informatiegehalte dan sterk verhoogd wordt. Door bijvoorbeeld, de strijklengtekaart met de vlakdekkende rietkraagkaart in de Kagerplassen te combineren, wordt duidelijk dat de breedte van de rietkraag sterk afneemt met toenemende invloed van strijklengte.

TABEL 3.7 | *Overzicht parameters en meetmethodieken voor structurele complexiteit voor vegetatie*

Parameter	Methodiek	Meetinspanning	Informatiegehalte voor zicht op structuur	Bij welke waterschap?
Bedekking functionele groepen, puntmetingen	KRW-monitoring, blauw-groene diensten monitoring	Gemiddeld, maar in geval van KRW maakt de meetinspanning deel uit van reguliere en verplichte monitoring	Gemiddeld	Alle waterschappen
Bedekking functionele groepen, vlakdekkende metingen	KRW-monitoring, blauw-groene diensten monitoring	Hoog	Hoog	Voor bedekking/ Aanwezigheid rietkraag: WS Scheldestromen, HH Rijnland. Voor alle functionele groepen: WS Fryslân
Soortenrijkdom van macrofyten, puntmetingen	KRW-monitoring, blauw-groene diensten monitoring	Gemiddeld, maar in geval van KRW maakt de meetinspanning deel uit van reguliere en verplichte monitoring	Gemiddeld	Alle waterschappen, behalve WS Fryslân: alleen data over dominante soorten aangeleverd
Alpha-diversiteit van macrofyten, puntmetingen	KRW monitoring, blauw-groene diensten monitoring	Gemiddeld, maar in geval van KRW maakt de meetinspanning deel uit van reguliere en verplichte monitoring	Hoog	Alle waterschappen, behalve WS Fryslân: alleen data over dominante soorten aangeleverd
Lokale bijdrage aan bèta-diversiteit	KRW-monitoring, blauw-groene diensten monitoring	Gemiddeld, maar in geval van KRW maakt de meetinspanning deel uit van reguliere en verplichte monitoring	Hoog	Alle waterschappen, behalve WS Fryslân: alleen data over dominante soorten aangeleverd; WS Scheldestromen en HHNK: alleen data van twee meetpunten

Verschillende aspecten van de diversiteit van de vegetatie zijn weergegeven in drie aparte kaarten, de soortenrijkdomskaart, de alpha-diversiteitkaart en de lokale bijdrage aan bèta-diversiteit (op basis van de aan- en afwezigheid van soorten). Zoals beschreven in hoofdstuk 2 wordt diversiteit gezien als een proxy voor de structurele complexiteit van een vegetatie. Door het ontbreken van (de juiste) data was de alpha-diversiteitkaart niet voor Wetterskip Fryslân

en de lokale bèta-diversiteitskaart niet voor het Wetterskip Fryslân, Waterschap Scheldestromen en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier te maken. De soortenrijkdomkaart wordt gemaakt op basis van de aan-en afwezigheid van macrofytensoorten en geeft het aantal soorten op een locatie weer. De alpha-diversiteitskaart wordt gemaakt op basis van de abundantie en de soortensamenstelling van de vegetatie en geeft het aantal soort equivalenten weer, i.e. het aantal soorten dat in gelijke mate bijdraagt aan de soortensamenstelling. Ter illustratie, een monotone vegetatie gedomineerd door één soort, zal gekenmerkt worden door een lage alpha-diversiteit (zelfs als het totaal aantal soorten hoog is), terwijl een gevarieerde vegetatie wordt gekenmerkt door een hoge alpha-diversiteit. Een hogere alpha-diversiteit is een indicatie voor een hoge structurele complexiteit van een vegetatie. De bèta-diversiteitskaart geeft de ecologische uniciteit van een locatie weer met betrekking tot de vegetatiesamenstelling. Voor het maken van deze kaart wordt de lokale soorten samenstelling paarsgewijs vergeleken met de soortensamenstelling op andere locaties en de totale soortenpool die in het analysegebied wordt gevonden (Legendre, *et al.*, 2005; Legendre, *et al.*, 2010). Als de ecologische uniciteit van een locatie hoog is, wil dat niet zeggen dat de soortensamenstelling op deze locatie bestaat uit de gewenste soorten, het betekent dat op die locatie de soortensamenstelling afwijkt van andere locaties. Een hoge lokale bijdrage aan bèta-diversiteit suggereert dat de structurele complexiteit van de vegetatie op die locatie afwijkt van de andere locaties in het analysegebied.

3.7.1 | Nieuwe methoden

Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen nieuwe methoden voor het maken van kaarten, en nieuwe methoden voor het meten van parameters. In toenemende mate wordt voor de opname van vegetatie gebruik gemaakt van nieuwe technieken, zoals echo sounding, remote sensing of het gebruik van hype spectrale drones. Deze technieken lijken veelbelovend te zijn voor het vlakdekkend karteren van de verscheidenheid aan functionele groepen in een waterlichaam (Haga, *et al.*, 2007).

3.7.2 | Optimale balans tussen meetinspanning en informatiegehalte

Vlakdekkende data geven de meeste informatie over de structurele complexiteit van de vegetatie. Het verschil in vegetatiesamenstelling van relatief dichtbijgelegen meetpunten in de Kagerplassen laat zien, dat de ruimtelijke heterogeniteit in vegetatiesamenstelling in een waterlichaam potentieel groot is, en niet altijd gedekt wordt door puntmetingen. Waar het vlakdekkend inmeten van soorten een te grote meetinspanning vergt, verdient het aanbeveling om de nieuwe technieken (zie boven) in te zetten om functionele groepen vlakdekkend in te meten.

3.8 | BEHEER EN ONDERHOUD

Een aantal waterschappen heeft een gedetailleerde baggerbeheer planning (Hoogheemraadschap van Delfland) en maaibeheer planning (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Wetterskip Fryslân). Hierin is vastgelegd wat de frequentie/moment van het onderhoud is en voor een aantal casus ook een methode van maaien (techniek en gedeelte van oever of waterprofiel). Waterschappen hebben echter geen bruikbare gegevens beschikbaar over het daadwerkelijk uitgevoerde onderhoud. En dát geeft juist het beste inzicht van beheer en onderhoud op bodem- en vegetatiestructuur van een watersysteem. Waterschappen besteden het onderhoud van bagger en vegetatie vaak uit aan andere partijen. Om een compleet beeld op de structuur te krijgen zouden deze uitvoerende partijen het daadwerkelijk uitgevoerde

TABEL 3.8 | *Overzicht parameters en meetmethodieken voor Beheer en onderhoud*

Parameter	Methodiek	Meetinspanning	Informatiegehalte voor zicht op structuur	Bij welke waterschap?
Maaibeheer	Gepland beheer	Laag	Laag, indien onzeker of gepland beheer daadwerkelijk is uitgevoerd	HDSR, HHSK, WS Fryslân
Baggerbeheer	Gepland beheer	Laag	Laag, indien onzeker of gepland beheer daadwerkelijk is uitgevoerd	Delfland
Maaibeheer	Vlakdekkend bijhouden van maaistrategie oever en waterprofiel (moment, frequentie, techniek) met behulp van een informatie-management systeem	Laag	Hoog	Geen
Baggerbeheer	Vlakdekkend bijhouden van baggerstrategie (moment, techniek, frequentie, diepte) met behulp van een informatiemanagement systeem	Laag	Hoog	Geen

onderhoud moeten vastleggen. Hierbij zou het bijhouden van de vaarsnelheid tijdens het maaien met een boot extra inzicht geven, aangezien dit vaak een bepalende factor is van de mate van verstoring en de hoeveelheid verwijderde vegetatie.

3.8.1 | Nieuwe methoden

Gebiedsbeheerders maken steeds vaker gebruik van informatiemanagementsystemen voor het opstellen van risicogestuurde beheer- en onderhoudsplannen van bijvoorbeeld infrastructuur. Een voorbeeld is TRIMS[1], wat ook toepasbaar is voor beheer- en onderhoudsgegevens van watersystemen. Met behulp van het systeem zijn gegevens op een overzichtelijke en georganiseerde manier te structureren. Dit zijn bijvoorbeeld gegevens over de huidige staat van het areaal, risico's en wanneer welk onderhoud noodzakelijk is. Een nieuwe toepassing van TRIMS om daadwerkelijk uitgevoerd beheer- en onderhoud daar aan te koppelen, is in ontwikkeling. Hiermee zal het mogelijk zijn om uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden in kaart te brengen.

3.8.2 | Optimale balans tussen meetinspanning en informatiegehalte

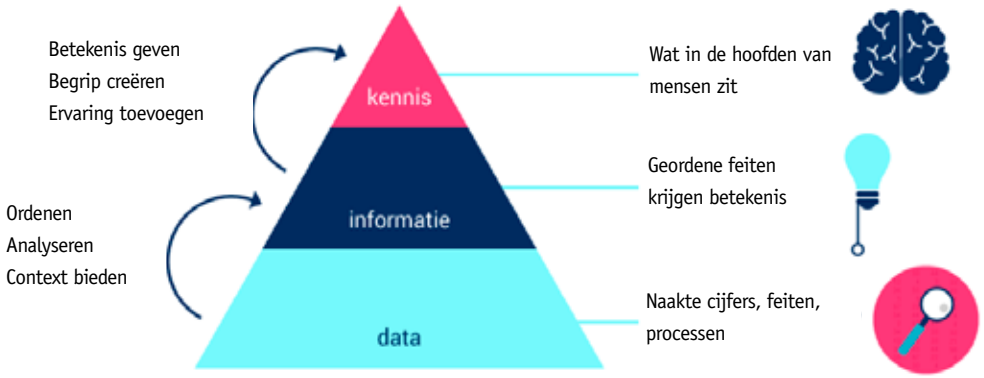
Voor een goed zicht van het beheer op structuur in een watersysteem is het van belang om te weten welk beheer daadwerkelijk is uitgevoerd. De planning van het beheer geeft niet altijd de juiste informatie. Het bijhouden van uitgevoerd beheer vereist een informatiestroom van de uitvoerende partij naar het waterschap.

1) Tauw Risicogestuurd Informatie Management Systeem (Tauw, 2016)

4

DATABESCHIKBAARHEID EN -BRUIKBAARHEID

Een belangrijk onderdeel van het project Zicht op Structuur is om relevante structuurparameters voor stilstaande en langzaam stromende wateren te ontsluiten en te visualiseren. Het is de bedoeling om de aangeleverde data om te zetten in informatie. Onderstaande afbeelding illustreert dit. De onderste laag van de piramide gaat over data, oftewel de ruwe gegevens. De tweede laag, informatie, dient de data inzichtelijk, leesbaar en visueel te maken. De stap van data naar informatie heeft in dit project vorm gekregen door de projectie van de relevante structuurparameters op kaart. De laatste stap van informatie naar kennis, waarin informatie wordt omgezet naar begrip (en echt betekenis krijgt), maakt geen onderdeel uit van dit project. De focus in Zicht op Structuur ligt nadrukkelijk op de visualisatie van data naar informatie.



FIGUUR 4.1 | *Verschillende stappen waarlangs data via informatie uiteindelijk tot kennis leidt*

In de eerste fase van het project is onderbouwd welke parameters relevant zijn met betrekking tot de fysieke structuur voor aquatische organismen (hoofdstuk 2). In de vervolgfase van het project zijn alle participerende waterschappen gevraagd data aan te leveren van de relevante structuurparameters. Vervolgens hebben de deelnemende waterschappers getracht om al deze benodigde data bij elkaar te krijgen. Dit bleek niet altijd mee te vallen. Soms bleken data überhaupt niet aanwezig te zijn, of wel aanwezig maar niet beschikbaar voor dit project. Sommige data waren bijvoorbeeld alleen beschikbaar als pdf-document. Op zich kunnen dit goede data zijn, maar de data zijn niet goed bewerkbaar. In al deze gevallen kon de data dus niet (op een optimale manier) worden omgezet in informatie.
Aangezien een goede beschikbaarheid van data over structuurparameters van cruciaal belang is voor de visualisatiestap (om van data naar informatie te gaan) en het vervolgtraject dat tot begrip dient te leiden (waarin informatie wordt omgezet naar kennis), wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan een aantal thema's die ingaan op de databeschikbaarheid en -bruikbaarheid omtrent structuurparameters bij de waterschappen. De informatie in dit hoofdstuk is grotendeels afkomstig uit een enquête die ingevuld is door de participerende waterschappen in dit project.

4.1 | DATABESCHIKBAARHEID CASUSSEN

Per casus en per structuurparameter is nagegaan of het mogelijk was om de data te vertalen naar informatie. Hiervoor zijn telkens een viertal vragen gesteld: Is de gewenste data aanwezig bij het waterschap? Is deze data ook daadwerkelijk beschikbaar? Is de data beschikbaar in een juist formaat (d.w.z. goed bewerkbaar bestandsformaat in databaseformaat, en niet bijvoorbeeld als pdf- of word-bestand)? En is de juiste metadata (data die de karakteristieken van bepaalde data beschrijven, oftewel de data over data) aanwezig om de data te begrijpen en op kaart te projecteren?

Deze vragen zijn beantwoord door de deelnemende waterschappen. De uitkomsten zijn vervolgens aangevuld met de ervaring van de partijen uit het consortium, die de uiteindelijke visualisatie hebben gemaakt. De resultaten van deze inventarisatie staan samengevoegd in Tabel 4.1. Hieruit volgen de volgende algemene uitkomsten, waarbij de resultaten per structuurparameters na Tabel 4.1 zijn benoemd:

- Een deel van de gevraagde basisdata zijn überhaupt niet aanwezig (rood);
- In een paar gevallen zijn er wel data aanwezig bij het waterschap, maar deze zijn niet beschikbaar voor dit project (oranje);
- Een deel van de data is weliswaar beschikbaar, maar niet in het juiste formaat (geel). Voor deze categorie vraagt het veel handwerk om de kaarten aan te maken;
- Een deel van de data is in het juiste formaat beschikbaar, maar miste de goede metadata (blauw). Slechts in enkele gevallen was alle metadata, waaronder tabellen waarin staat uitgelegd wat er in elke kolom van de datafile staat, beschikbaar. Deze 'blauwe' data kunnen meestal wel gevisualiseerd worden, maar dit kost extra inspanning doordat de metadata niet op orde is;
- Voor sommige parameters zijn de data en de goede metadata beschikbaar (groen). Deze data kunnen zonder een extra inspanning worden omgezet in informatie op kaarten.

4.1.1 | Geometrie

In de meeste casussen waren er data beschikbaar over de geometrie van het watersysteem. Voor de waterdiepte is in bovenstaande tabel onderscheid gemaakt tussen losse metingen (bijvoorbeeld in het midden van de watergang) en profielmetingen (waarbij de diepte op meerdere punten dwars in de watergang zijn gemeten). Meestal zijn profielmetingen beschikbaar, maar niet altijd in het juiste formaat (bijvoorbeeld beschikbaar als pdf- of word-

TABEL 4.1 | *Beschikbaarheid en bruikbaarheid van verschillende structuurparameters in verschillende gebieden*

Parametergroep	Parameter	**Wetterskip** *Polderwater Sneek*	**HDSR** *Polder Zegveld*	**HHD** *Westboezem*	**HHNK** *Schulpvaart*	**HHSK** *Capelle a/d IJssel*	**Wetterskip** *Slotermeer*	**Schelde-stromen** *Braakman-kreek*	**WSHD** *Brielse meer*	**Rijnland** *Kagerplassen*
Geometerie	Diepte (profielen of punten)		Profielen		Profielen	Punten	Profielen	Profielen	Profielen	Profielen
	Breedte									
	Talud									
	Begroeibaar areaal						Niet oevers		Niet oevers	
Strijklengte en golfslag	Omtrek watervlak voor strijklengtekaart									
Stroming	Stromingssnelheid									
	Stromingsrichting									
Waterbodem	Waterbodemtype									
	Slibdikte									
Omgeving	Bodemgebruik	PDOK	PDOK	PDOK	PDOK	PDOK	PDOK	PDOK	PDOK	PDOK
	Omtrek watervlak voor schaduwkaart									
	Oevertype									
Connectiviteit	Passeerbaarheid									
Vegetatie	Bedekking functionele groepen									
	Bedekking soortniveau									
	Aanwezigheid rietkraag									
Beheer en onderhoud	Maaibeheer									
	Baggerbeheer									

Niet van toepassing

Data niet aanwezig

Data aanwezig, maar niet beschikbaar

Data beschikbaar, maar niet in juist format

Data beschikbaar in juist formaat, geen metadata beschikbaar

Data beschikbaar in juist formaat, metadata beschikbaar

bestand), of zonder metadata. Belangrijke metadata zijn de manier van meten, de datum, wat precies is gemeten (waterdiepte of bodemhoogte) en de hoogte van de waterlijn.

4.1.2 | Strijklengte en golfslag

Voor de strijklengtekaart is alleen een shapefile nodig van de omtrek van het bewuste watersysteem. In vrijwel alle gevallen beschikt het waterschap over dergelijke kaarten, inclusief de benodigde metadata. Overigens geldt dit niet voor de golfslagkaart; hiervoor waren geen gegevens beschikbaar.

4.1.3 | Stroming

Voor de structuurparameter stroming is SOBEK-output gebruikt. Met enige toelichting zijn deze data vrij gemakkelijk om te zetten naar informatie. Echte metadata in de vorm van een database was echter in geen van de gevallen beschikbaar.

4.1.4 | Waterbodem

Data over het waterbodemtype en slibdikte bleken meestal in het geheel niet aanwezig. De data die wel beschikbaar waren van waterbodemtypes en slibdiktes, waren vervolgens eenvoudig te visualiseren, en de benodigde metadata was aanwezig.

4.1.5 | Omgeving

Data over het oevertype zijn doorgaans aanwezig, en vaak in het juiste formaat en inclusief metadata. Metadata zijn belangrijk om te kunnen ontcijferen welk oevertype hoort bij de gebruikte codes. Voor het maken van kaarten over schaduw (shapefile van de omtrek van het watersysteem) en het bodemgebruik in de omgeving (PDOK-kaarten) zijn data gebruikt die algemeen voorhanden is. De specifieke data die over het bodemgebruik zijn aangeleverd door Waterschap Scheldestromen, was niet ontsluitbaar.

4.1.6 | Connectiviteit

Voor de passeerbaarheid van kunstwerken geldt dat er vaak wel een shapefile beschikbaar is met alle kunstwerken, maar dat er geen metadata aanwezig zijn over of het betreffende kunstwerk wel of niet passeerbaar is. Aanvullende data over vismigratiepunten ontbraken in de meeste casussen.

4.1.7 | Vegetatie

De aanwezigheid en/of dikte van een rietkraag was beschikbaar voor de meeste meren, maar niet voor lijnvormige wateren. Op het Wetterskip Fryslân na, ontbraken de metadata bij de data over de rietkraag, Dit zijn niet alleen data over welke methode is gebruikt bij de kartering, maar ook essentiële analysedata als de eenheid van de meting of de informatie die aangeeft of het om waterriet/landriet betreft.

De bedekking van vegetatie op het niveau van soorten of functionele groepen is aanwezig bij alle waterschappen en doorgaans ook in het juiste formaat. De juiste metadata ontbreken vrijwel altijd. Alleen het Wetterskip Fryslân hadden metadata beschikbaar in de vorm van een achtergronddocument. Voor het opwerken van vegetatiedata zijn metadata (en de uitleg daarvan) essentieel (zoals XY-coördinaten, beschrijving van alle kolommen, toelichting eenheden en afkortingen etc.).

4.1.8 | Beheer en onderhoud

Beheerdata zijn vrijwel altijd wel aanwezig, maar vaak in de vorm van bijvoorbeeld een pdf-bestand of een mondelinge uitleg. Bijvoorbeeld: ‘Alleen de hoofdvaarwegen worden zo nodig

gebaggerd'. Deze data zijn niet locatie en tijd specifiek, waardoor er geen kaart gemaakt kan worden. Verder gaven de aangeleverde beheerdata enkel informatie over de planning en niet over het daadwerkelijk uitgevoerde beheer. Dit betreft vooral het baggerbeheer. De data omtrent maaibeheer zijn wel vaker in het juiste formaat beschikbaar.

4.2 | DATAVERZAMELING BINNEN DE ORGANISATIE

Aan de deelnemende waterschappen is ook gevraagd bij welke afdeling (binnen de organisatie) de benodigde data beschikbaar waren, en hoeveel inzet het koste om de data te verkrijgen (laag, gemiddeld of hoog). De uitkomsten staan in Bijlage 2.
Het is duidelijk geworden dat ieder waterschap dit op zijn eigen manier geregeld heeft. Voor alle waterschappen geldt de benodigde structuurdata niet binnen één afdeling beschikbaar waren, maar bij sommige waterschappen was het leeuwendeel van de data wel afkomstig van één afdeling: bij het Hoogheemraadschap van Rijnland (team monitoring en kerngegevens), bij het Wetterskip Fryslân (Gegevensbeheer) en bij het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (watersystemen, team beleid). Bij andere waterschappen komen de data van meer verschillende afdelingen: bij hetHoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (beheerregister, afdeling OSA Team Monitoring, afdeling OSA Team Kennis, Afdeling Waterbeheer, Afdeling Uitvoering), bij het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (GIS, Onderzoek, Algemeen, Beheer) en bij het Hoogheemraadschap van Delfland (Watersysteemkwaliteit, Onderhoud Waterkeringen en Watergangen, Waterhuishouding, Waterkeringen).

De meeste waterschappen hebben aangegeven dat het opvragen van de data relatief weinig tijd kostte. Dit geldt ook voor de waterschappen waar de data bij veel verschillende afdelingen vandaan moesten komen. Bij Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard en Hoogheemraadschap van Delfland hebben de betrokken medewerkers echter de ervaring dat het opvragen van veel van de structuurdata wel een relatief grote inspanning vergt. Over het algemeen kost het de ecologen binnen een waterschap weinig tijd om data over vegetatie, rietkraag, bodem- en oevertype beschikbaar te maken. Voor data omtrent maaibeheer, passeerbaarheid, slibdikte, stroming en geometrie was soms een gemiddelde tot hoge inzet nodig. Voor data over het baggerbeheer was in vier van de zes gevallen een hoge inzet nodig.

4.3 | CONCLUSIE, DISCUSSIE EN ADVIES

In dit hoofdstuk is ingegaan op de problemen die zich voordoen bij het omzetten van data naar informatie. Uit de tabel met databeschikbaarheid blijkt dat voor de meeste casussen veel van de benodigde data weliswaar beschikbaar waren, maar meestal niet in het juiste bestandsformaat of zonder goede metadata.

Om data te kunnen omzetten in informatie (en deze informatie vervolgens te kunnen interpreteren en begrijpen) is het van belang dat data op een goede manier worden opgeslagen. Borer *et al.* (2009) geven een aantal praktische richtlijnen voor een effectief beheer van (ecologische) data. Een belangrijke richtlijn is om altijd gebruik te maken van goede metadata. Zonder goede metadata is het vrijwel onmogelijk om van data informatie te maken. Het lijkt erop dat het aanleveren van data met de daarmee geassocieerde metadata niet structureel geregeld is bij de waterschappen. In dit project bleken metadata namelijk vaak te missen. Goede metadata zorgen er voor dat data makkelijk overdraagbaar zijn, en bewaard kunnen worden voor toekomstige gebruikers, zonder dat daarbij intensief contact nodig is met de oorspronkelijke dataverzamelaars.

Metadata geven de informatie over het 'wie, wat, waar, wanneer, waarom en hoe' een (ecologische) dataset is verzameld (Fegraus *et al.*, 2005). In hun document geven Fegraus *et al.* (2005) een toelichting op de principes van metadata in het veld van de ecologie. Een dataset is eigenlijk onbruikbaar wanneer metadata in het geheel afwezig zijn. Door het opstellen van metadata wordt een dataset beter bruikbaar. Fegraus *et al*. (2005) onderscheiden de volgende categorieën metadata die eigenlijk allemaal opgenomen zouden moeten worden (zie onderstaande tabel). Voor het visualiseren van (structuur)parameters met aangeleverde data zijn vooral metadata over de taxonomie, methode en de database belangrijk. Voor het zoeken naar data (binnen een organisatie) zijn ook juist de andere vormen van metadata belangrijk (algemeen, geografisch en tijdspanne).

TABEL 4.2 | *Voorbeeld metadata*

Type metadata	Onderdelen
Algemeen	Samenvatting over verzamelde data, kernwoorden, rechten, contactpersoon
Geografisch	Beschrijving onderzoeksgebied en afbakening (coördinaten)
Tijdspanne	Over welke periode zijn de data verzameld
Taxonomisch	Gebruikt systeem, ordening
Methode (zoals daadwerkelijk toegepast in het veld)	Algemene toelichting op de bemonstering, beschrijving van de methode per onderdeel, kwaliteitscontrole
Database	Hierin staat een toelichting op de eigenlijke dataset: bestandsnaam, aantal records en opbouw van de database. Daarnaast wordt een toelichting gegeven op alle kolommen in de database: naam van de kolom, een label met uitgebreidere beschrijving, een definitie, eenheid, type, missende data, nauwkeurigheid, attribuut beschrijving (met definities van gebruikte codes).

5

VISUALISATIE 'ZICHT OP STRUCTUUR'

In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe de data van de verschillende parameters gebruikt zijn om tot de gewenste visualisaties van belangrijke structuurelementen te komen. Oftewel, hoe krijg je als waterschap op basis van de reeds verzamelde berg aan data zo goed en efficiënt mogelijk zicht op de structuur van je watersystemen? Bij het visualiseren van de structuurparameters is voornamelijk gebruik gemaakt van kaartbeelden, omdat alleen op deze wijze eventuele ruimtelijke verbanden in beeld kunnen worden gebracht.

De visualisaties zijn per structuurparameter uitgevoerd. Vooralsnog zijn er dus geen kaarten gemaakt waarin verschillende structuurparameters gecombineerd worden in één visualisatie. Op basis van de opgeleverde kaarten (alle bestanden zijn opgeleverd en kunnen dus in ArcGIS verder worden bewerkt) zou dit wel gemakkelijk gedaan kunnen worden. Er is bewust voor gekozen om geen combinatiekaarten te maken en alleen de basiskaarten op te leveren, omdat deze integratiestap sterk afhangt van de vragen die er in een watersysteem spelen. Het integreren van structuurparameters is dus een interpretatiestap van een systeemanalyse die deel uit kan maken van een eventuele vervolgstap van het huidige project.
Voor iedere structuurparameter is er zoveel mogelijk naar gestreefd om bij elke casus steeds dezelfde methodiek te gebruiken bij het maken van de kaarten. De visualisatiemethodiek is echter wel sterk afhankelijk van de datadichtheid van de desbetreffende structuurparameter in een specifieke casus. Dit bepaald bijvoorbeeld of data geïnterpoleerd kunnen worden, of dat er wel/niet gebruik gemaakt moet worden van inzoomopties. Daarnaast is er voor sommige structuurparameters om redenen van systeemeigenschappen bewust voor gekozen om bij slootsystemen een andere methodiek te gebruiken dan bij meren, of zelfs geen visualisaties uit te voeren.

In de volgende paragrafen wordt per structuurparameter ingegaan op de gebruikte methodieken waarmee de visualisaties zijn uitgevoerd.

5.1 | GEOMETRIE

In Tabel 5.1 is beschreven welke kaarten er zijn gemaakt om de parameter 'geometrie' te visualiseren. Tevens is aangegeven voor welke type watersystemen deze kaarten zijn gemaakt.

TABEL5.1 | *Beschrijving kaarten 'geometrie'*

Kaart	Beschrijving	Type watersysteem
Dieptekaart	Maximale diepte	Lijnvormige wateren en meren
Breedtekaart	Waterbreedte	Lijnvormige wateren
Taludkaart	Gemiddelde afstand vanuit de oever tot 1 meter diepte (1:X)	Lijnvormige wateren en meren
Kaart van begroeibaar areaal emers en drijfbladplanten	Gebied waar diepte kleiner dan 1 m is	Lijnvormige wateren en meren
Kaart van begroeibaar areaal submers	Gebied waar diepte kleiner dan 3 m is	Lijnvormige wateren en meren

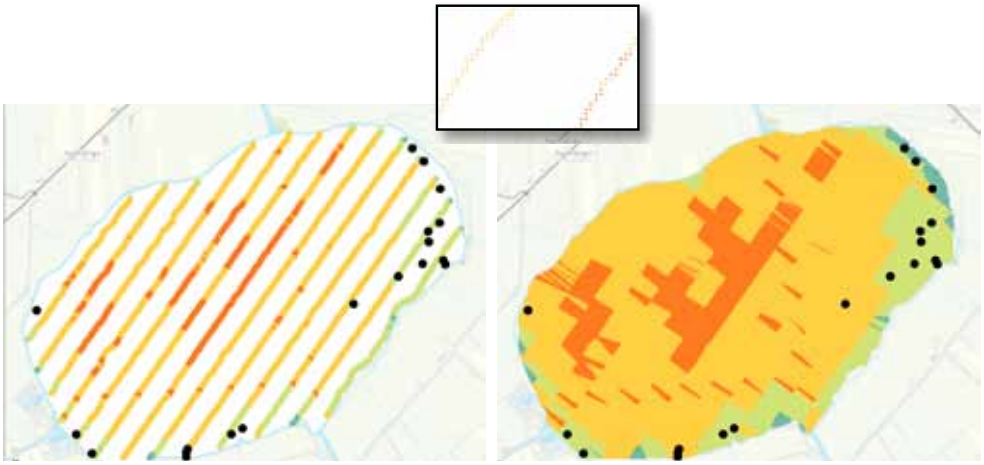
5.1.1 | Dieptekaart

De dieptekaart geeft de maximale diepte van een watergang weer. Afhankelijk van de geleverde data is de diepte puntsgewijs of vlakdekkend weergegeven. De diepte is bij sommige casussen direct door het waterschap aangeleverd en bij andere casussen bepaald aan de hand van dwarsprofielen (Tabel 5.2). Voor Polder Zegveld waren meerdere bestanden beschikbaar die de waterdiepte beschreven. Om de analyse zo consistent mogelijk te houden, is ervoor gekozen om de maximale diepte uit de beschikbaar gestelde profielen te visualiseren. Er is ook voor gekozen om alleen de daadwerkelijk gemeten dieptes te visualiseren voor de casussen en dus niet de leggerdiepte, omdat de daadwerkelijke diepte flink kan afwijken van de leggerdiepte als gevolg van verslibbing.

TABEL5.2 | *Overzicht van casussen waarbij de diepte direct is aangeleverd door het waterschap en casussen waarbij de maximale diepte bepaald is aan hand van dwarsprofielen.*

	Direct aangeleverd	Bepaald a.h.v. dwarsprofielen
Casussen	Capelle aan den IJssel, Brielse Meer en Bernisse, Slotermeer	Polder Zegveld, Braakmankreek, Schulpvaart

Wanneer er genoeg datapunten beschikbaar zijn, is het wenselijk om de dieptes te interpoleren. Dit kan met behulp van de Kriging-methode in ArcGIS. De data van het Brielse Meer en Bernisse waren hier uitstekend geschikt voor. Hierbij dient wel vermeld te worden dat er alleen maar data aanwezig waren van de delen van het meer die dieper waren dan 2 m. Ook voor het Slotermeer is getracht om een vlakdekkende dieptekaart te maken. De parallelle meetraaien van het Slotermeer (waar wel nauwkeurig gemeten is in de raaien) zijn echter ongeschikt voor een interpolatie. Het was niet mogelijk om deze data te interpoleren (Figuur 5.1), omdat de lijnen uit een hele dichte wolk van meetpunten bestaan. Hierdoor wordt er tijdens de gebruikte interpolatietechniek (Kriging) geen continue diepteverdeling weergegeven, maar een diepteverdeling waarin de raaien nog duidelijk zichtbaar zijn (Figuur 5.1). Het is dus van groot belang om bij het opzetten van een meetmethodiek goed na te denken over de meetstrategie en de benodigde informatie voor de interpolatietechnieken. Bij het voorbeeld van het Slotermeer (Figuur 5.1) was het voor de interpolatiemethodieken bijvoorbeeld beter geweest om ervoor te zorgen dat alle raaien elkaar gekruist hadden, waardoor interpolatie wel mogelijk was geweest.



FIGUUR 5.1 | *Links: De dieptemetingen van het Slotermeer gemeten in raaien met detail van de dichte puntenwolk die ontstaat tijdens deze metingen. Rechts: Diepte geïnterpoleerd met de Kriging-methode. De raaien blijven hierin zichtbaar.*

5.1.2 | Breedtekaart

Op de breedtekaart is de breedte van lijnvormige wateren puntsgewijs weergegeven. Voor het visualiseren van de breedte is alleen de daadwerkelijk gemeten breedte gebruikt, dus geen leggerdata. Hierdoor is er geen breedtekaart gemaakt voor de Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer, de Westboezem van Delfland en Capelle aan den IJssel.

5.1.3 | Taludkaart

De taludkaart geeft de helling van de waterbodem aan tot een diepte van 1,0 m. Bij de taludkaart is gekozen om de volgende categorieën te visualiseren: 1:0-1:3 (steil), 1:3-1:10 (vlak) en 1:>10 (zeer vlak), waarbij het elke keer verticaal: horizontaal is. Het talud is alleen gevisualiseerd voor casussen waarvan dwarsprofielen in een bewerkbaar formaat zijn aangeleverd, namelijk voor Polder Zegveld en de Braakmankreek. Voor het Slotermeer en het Brielse Meer en Bernisse was het niet mogelijk om het talud te berekenen, omdat hiervan alleen data zijn aangeleverd van de diepere zones in het meer. Voor Polder Zegveld zijn twee taludkaarten beschikbaar ('Talud begin' en 'Talud einde'), aangezien elk watersysteem twee oevers heeft en er in veel gevallen (met name in lijnvormige wateren) niet duidelijk is bij welke oever de diepteprofielen beginnen.

5.1.4 | Begroeibaar areaal

Er is onderscheid gemaakt tussen het begroeibaar areaal van submerse vegetatie (<3 meter diep) en van emerse vegetatie en drijfbladplanten (<1 meter diep). Deze laatste kaart kon niet gemaakt worden voor het Brielse Meer en Bernisse, omdat de dieptemetingen hier pas bij 2 meter diepte begonnen. Het begroeibaar areaal van deze vegetatiezones kan op twee manieren worden gevisualiseerd, waarbij de methode afhangt van de aangeleverde data:

- bij vlakdekkende data is het begroeibaar areaal weergegeven als een zone met een bepaalde gunstige diepte;
- bij puntsgewijze data is het begroeibaar areaal uitgerekend als de fractie van de totale waterbreedte die geschikt is voor een groeiwijze.

5.2 | STRIJKLENGTE EN GOLFSLAG

In Tabel 5.3 is beschreven welke kaart er is gemaakt om de parameter 'windinvloed' te visualiseren in dit project. De strijklengtekaart is alleen voor plassen en meren gemaakt, omdat

de wind hier veel invloed heeft vanwege het grote, onbeschutte wateroppervlak. Vanwege het ontbreken van data is er geen golfslagkaart gemaakt. In lijnvormige wateren heeft de wind ook invloed, maar de strijklengtekaart is geen geschikt middel om dit goed in beeld te brengen.

TABEL5.3 | *Beschrijving kaarten 'windinvloed'*

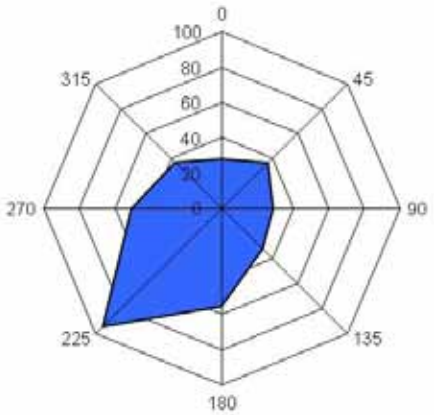
Kaart	Beschrijving	Type watersysteem
Strijklengtekaart	Vlakdekkend beeld van de strijklengte (gemiddelde voor acht windrichtingen)	Meren

5.2.1 | Strijklengtekaart

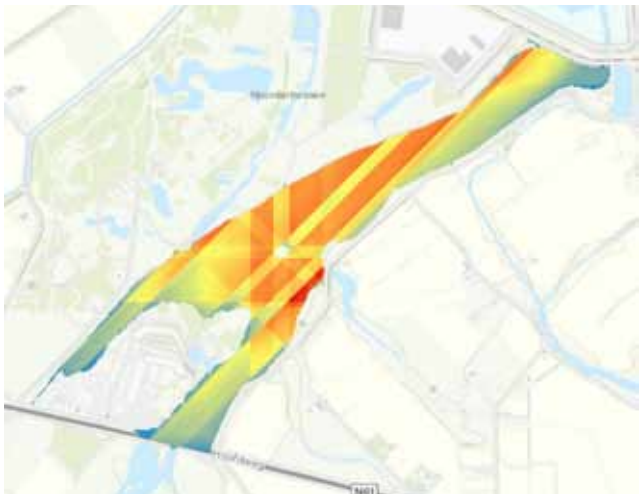
De strijklengtekaart geeft een vlakdekkend beeld van de gemiddelde strijklengte in het watersysteem op basis van enkel een shapefile met de begrenzing van het wateroppervlak. Per vakje (van 10 bij 10 m) is de strijklengte berekend vanuit acht verschillende windrichtingen (zie Figuur 5.2 voor de gebruikte gemiddelde verdeling van deze windrichtingen in Nederland; dit is afgeleid van de gemeten windrichting door het KNMI in De Bilt in de periode 2000 - 2009). De gemiddelde strijklengte per vakje is vervolgens op kaart getoond, waarbij de weging afhankelijk is gemaakt van de windrichting: zo weegt de strijklengte vanuit zuidwestelijke richting (die het vaakst voorkomt) het zwaarst.

De gehanteerde methode op basis van acht verschillende windrichtingen geeft een vrij grof beeld van de strijklengte. Hierdoor ontstaan er strakke lijnen in de strijklengtekaarten, zoals duidelijk te zien is in het voorbeeld van de Braakmankreek (Figuur 5.3). Er kan een fijner beeld verkregen worden door de strijklengte vanuit meerdere windrichtingen te bepalen. Dit kost echter aanzienlijk meer rekentijd en is daarom nu niet gedaan.

De strijklengtekaart geeft een eerste indruk van de invloed van de wind op een watersysteem, in het bijzonder op de oeverzone. Een oeverzone die aan de wind is blootgesteld (hoge strijklengte) is kwetsbaar voor bijvoorbeeld afkalving: de oevervegetatie kan hier qua ontwikkeling achterblijven. De daadwerkelijke fysieke verstoring, door golfslag op de oever, is echter ook afhankelijk van de waterdiepte. Voor een golfwerkingskaart is in aanvulling op de strijklengtekaart ook een gedetailleerd diepteprofiel nodig. Er is echter besloten geen golfwerkingskaart te maken, omdat voor geen van de casussen een geschikt diepteprofiel van het gehele meer beschikbaar was.



FIGUUR 5.2 | *Windroos met de windrichting vanuit acht richtingen in aantal dagen per jaar, afgeleid van de gemeten windrichting door het KNMI in De Bilt in de periode 2000 – 200.*



FIGUUR 5.3 | *Strijklengtekaart van de Braakmankreek*

5.3 | STROMING

In Tabel 5.4 is beschreven welke kaart er is gemaakt om de parameter 'stroming' te visualiseren in dit project. Tevens is aangegeven voor welke type watersystemen deze kaarten kunnen worden gemaakt.

TABEL5.4 | *Beschrijving kaarten 'windinvloed'*

Kaart	Beschrijving	Type watersysteem
Kaarten stromingssnelheid	Gemiddelde stroomsnelheid (m/s) in een natte en een droge periode	Lijnvormige wateren en meren (mits SOBEK-model aanwezig)
Kaarten stromingsrichting	Dominante stromingsrichting in een natte en een droge periode	Lijnvormige wateren en meren (mits SOBEK-model aanwezig)

5.3.1 | Stromingskaarten

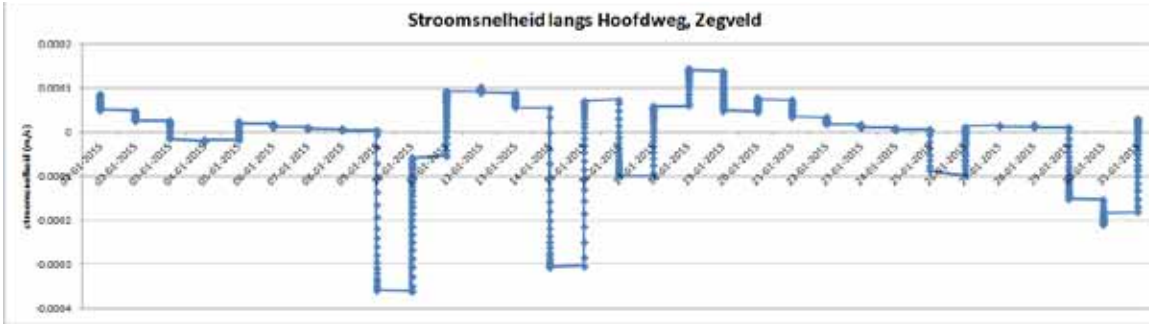
De kaarten met de stromingssnelheid tonen de absolute maandgemiddelde stromingssnelheid in het oppervlaktewatersysteem op een locatie. 'Absoluut' wil zeggen dat de gemiddelde snelheid per maand is berekend op basis van daggemiddelde snelheden die niet afhangen van de stromingsrichting. De kaarten met de stromingsrichting tonen met een pijltje de dominante stromingsrichting op een locatie. Hierbij wordt uitgegaan van een dominante stromingsrichting als het water in meer dan 2/3 van alle waarnemingen in die richting stroomt. Dit is dus het geval als het water vaker dan 20 dagen per maand dezelfde kant op stroomt. Als het water minder dan 20 dagen de zelfde kant op stroomt, is er geen dominante stromingsrichting. Dit is weergegeven met een onderbroken lijn.

Voor beide stromingskaarten (richting en snelheid) is grotendeels dezelfde voorbewerking nodig. Om stroming in beeld te brengen is een SOBEK-model nodig. In tegenstelling tot een waterbalans bevat een SOBEK-model een ruimtelijke schematisatie van het oppervlaktewater; hiermee kan dus een ruimtelijk beeld worden verkregen van de stromingssnelheid en -richting in een gebied. Voor het maken van de kaarten moet (1) de schematisatie van het model als shapefile beschikbaar zijn en (2) moet het model doorgerekend zijn met de stroomsnelheid als output. Deze stroomsnelheid is in SOBEK positief of negatief: bij een positieve stroomsnelheid stroomt het water in de gedefinieerde richting (in ArcMap een pijl met 'arrow at end') en bij een negatieve stroomsnelheid in de tegenovergestelde richting (in ArcMap een pijl met 'arrow at start').

Waar mogelijk, zijn beide stromingskaarten voor een natte en een droge periode gemaakt: hiermee wordt inzicht verkregen in de stroming in twee uiteenlopende perioden in het jaar. In deze studie is voor een natte periode uitgegaan van januari 2015 (deze maand kende een cumulatief neerslagoverschot van circa 100 mm, KNMI De Bilt) en voor een droge periode van juni 2015 (deze maand kende een cumulatief neerslagtekort van circa 70 mm, KNMI De Bilt). Het is echter wel van belang om goed op te letten voor welk doel het betreffende SOBEK-model gemaakt is. Sommige modellen zijn gemaakt om een afvoersituatie te simuleren en zijn dus alleen geschikt om de waterstromingen in een (erg) natte periode te berekenen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de Schulpvaart. Andere modellen zijn echter gemaakt om historische neerslagreeksen door te rekenen, en kunnen dus een jaarrond beeld geven van de waterstromingen. Dit laatste type model verdient de voorkeur.

De kaarten met de stromingsrichtingen geven de dominante stromingsrichting weer. De stromingsrichting kan echter ook op andere manieren in beeld worden gebracht. Een alternatieve aanpak is om de stromingsrichting te bepalen op basis van de maandgemiddelde stroomsnelheid. Aan de hand van onderstaande afbeelding in Figuur 5.4 is het verschil tussen beide methoden goed te illustreren. De afbeelding toont de stroomsnelheid (m/s) per uur op een segment in Polder Zegveld. Doorgaans is sprake van een vrij geringe positieve stromingssnelheid. Op enkele dagen is echter sprake van een grote negatieve stromingssnelheid. De gemiddelde stromingssnelheid over de getoonde maand is negatief (wat zou duiden op een negatieve stromingsrichting). Het water stroomt echter vaker in de positieve richting (namelijk op 21 van de 31 dagen): de positieve stromingsrichting is dus dominant.

De gemaakte kaarten geven dus een algemeen beeld van de stroming in een natte of droge maand, zonder veel rekening te houden met verschillen binnen de maand. Voor nader inzicht in de lokale dynamiek in de waterstroming (zowel snelheid als richting) is het verstandig om ook naar de stromingsdynamiek in een bepaald karakteristiek gedeelte van het watersysteem te kijken, zoals in Figuur 5.4.



FIGUUR 5.4 | *Berekende stroomsnelheid (m/s) op uur basis in de maand januari 2015 in Polder Zegveld*

5.4 | WATERBODEM

In Tabel 5.5 is beschreven welke kaarten er zijn gemaakt om de parameter 'waterbodemtype' te visualiseren in dit project. Tevens is aangegeven voor welke type watersystemen deze kaarten kunnen worden gemaakt.

5.4.1 | Waterbodemtypekaart

De waterbodemtypekaart geeft het bodemtype ín het watersysteem weer. Het bodemtype van de bovenste bodemlaag is als puntmeting op kaart weergegeven. Per waterschap kan het detailniveau verschillen tot enkel hoofdgroepen (klei, veen, zand, slib) tot data over percen-

TABEL 5.5 | *Beschrijving kaarten 'waterbodemtype'*

Kaart	Beschrijving	Type watersysteem
Waterbodemtypekaart	Bodemsamenstelling bovenste bodemlaag (contact met water)	Lijnvormige wateren en meren
Slibdiktekaart	Dikte van de sliblaag	Lijnvormige wateren en meren

tage klei-, leem- en zandfracties. Alle data zijn terug gebracht tot klei, veen, zand en in een enkel geval slib. Deze hoofdtypen geven inzicht in de stabiliteit en samenstelling van de waterbodem. Er is overigens nergens geïnterpoleerd tussen punten, omdat het bodemtype daar lokaal te sterk voor kan verschillen.

5.4.2 | Slibdiktekaart

De slibdiktekaart geeft de dikte van de sliblaag in het watersysteem weer. Slibdiktedata zijn uitsluitend aangeleverd in de vorm van een aantal boorpunten, die als puntmetingen op kaart zijn weergegeven. Er is nergens geïnterpoleerd tussen punten, omdat de slibdikte lokaal te veel kan verschillen.

5.5 | OMGEVING

In Tabel 5.6 is beschreven welke kaarten er zijn gemaakt om de parameter 'omgeving' te visualiseren. Tevens is aangegeven voor welke type watersystemen deze kaart kan worden gemaakt.

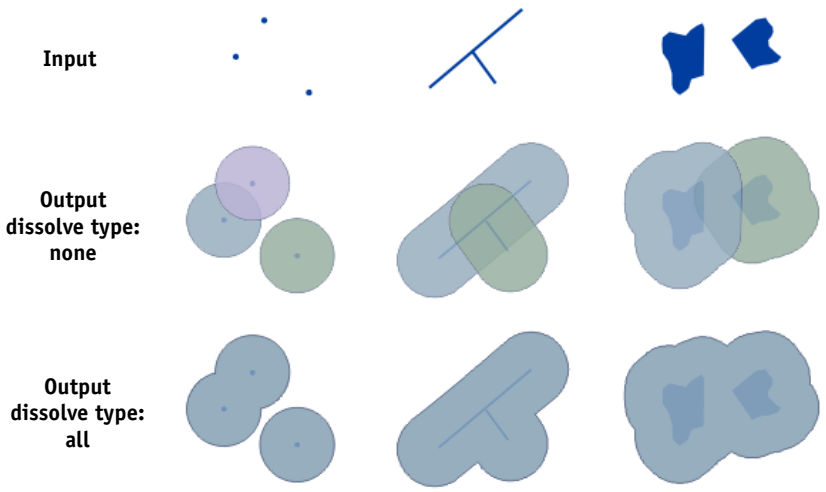
TABEL 5.6 | *Beschrijving kaarten 'omgeving'*

Kaart	Beschrijving	Type watersysteem
Omgevingskaart	Landgebruik in de omgeving van het watersysteem op basis van de CBS bestand bodemgebruik uit 2010	Lijnvormige wateren en meren
Schaduwkaart wateroppervlak	Mate van beschaduwing	Lijnvormige wateren en meren
Schaduwkaart oever	Locatie van beschaduwing	Lijnvormige wateren en meren
Oevertypekaart	Oevertype	Lijnvormige wateren en meren

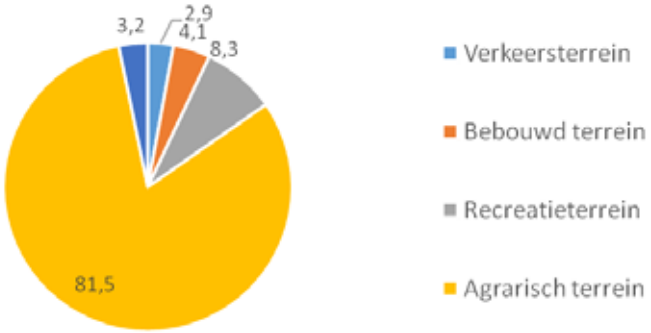
5.5.1 | Omgevingskaart

De omgevingskaart geeft inzicht in de verspreiding van verschillende vormen van ruimtegebruik in de omgeving van het waterlichaam. De vlakdekkende kaart is gebaseerd op het bestand bodemgebruik van het CBS uit 2010. Dit bestand is te downloaden via de website van het PDOK. Met behulp van de ARCGIS geoprocessing-tool is berekend wat het landgebruik is in de directe omgeving van het waterlichaam. Dit is gedaan in een straal van 20 meter (buffer). Het Handboek Hydromorfologie geeft aan dat het landgebruik in de eerste 0 - 20 meter (van de droge oever vanaf de bovenkant van het talud) bepalend is voor structuur. Een dergelijke buffer kan toegepast worden rond puntdata (bijvoorbeeld KRW-monitoringpunten), rond lijndata (bijvoorbeeld oevertypen) en rond polygonen (bijvoorbeeld hele waterlichamen), zoals in Figuur 5.5 is gevisualiseerd.

Een voorbeeld van hoe de toepassing van een buffer meer inzicht kan geven, is weergeven in Figuur 5.6. De gebruiker ziet in één oogopslag dat in de directe omgeving van de Kagerplassen voornamelijk agrarisch terrein te vinden is.



FIGUUR 5.5 | *Voorbeelden van buffergebruik met behulp van de ARCGIS geoprocessing-tool om meer inzicht te krijgen in het de verspreiding van landgebruik in de directe omgeving van een punt, lijn, of polygoon*



FIGUUR 5.6 | *Landgebruik in een straal van 250 meter van de Kagerplassen, waarbij water niet mee genomen is*

5.2.2 | Schaduwkaarten

Voor het maken van de schaduwkaarten is gebruik gemaakt van het actueel hoogtebestand Nederland (AHN2) en vlakbestanden van de watergangen. Uit het AHN2 zijn objecten met een minimale hoogte in een plangebied geselecteerd. Het schaduwmodel berekent op basis van de breedtegraad en de vorm van de objecten (waaronder de hoogte) de mate van beschaduwing van de gedefinieerde watervlakken. Het model heeft twee types output: de eerste optie berekent het percentage beschaduwing over een gedefinieerd watervlak; de tweede optie berekent de daadwerkelijke locaties van schaduwen. De schaduwkaart van het wateroppervlak laat vlakdekkend een gemiddelde beschaduwing zien voor een gedefinieerd watervlak in drie schaduwcategorieën, te weten niet beschaduwd (0 - 20 %), half beschaduwd (20 - 80 %) en beschaduwd (80 - 100 %). De schaduwkaart van de oever geeft aan waar er beschaduwing optreedt op de oevers van het watersysteem in de vorm van schaduwlijnen. Het detailniveau van deze schaduwlijnen is hoger dan de kaart meet gemiddelde schaduwpercentages, maar de benodigde tijd (en dus de kosten) zijn ook hoger. Ter illustratie is deze kaart dan ook alleen gemaakt voor een deel van het watersysteem.

5.5.3 | Oevertypekaart

Informatie over oevertypes komt uit oeverinventarisaties. Deze inventarisaties zijn meestal oever dekkend uitgevoerd, zodat een beeld over de gehele oever ontstaat op de kaart. Wan-

neer er puntmetingen zijn, is interpolatie niet mogelijk, omdat het oevertype sterk kan varieren over korte afstand.

De categorieën waarin de oevers zijn ingedeeld varieert per casus. Afhankelijk van de beschikbare data zijn de oevers onderverdeeld in bijvoorbeeld aan- of afwezigheid van natuurvriendelijke oevers (NVO's) en het type oeververdediging (wel/geen vooroever, houten beschoeiing, steenstort). De benaming uit de aangeleverde data is aangehouden.

5.6 | CONNECTIVITEIT

In Tabel 5.7 is beschreven welke kaart er is gemaakt om de parameter 'connectiviteit' te visualiseren in dit project. Tevens is aangegeven voor welke type watersystemen deze kaarten kunnen worden gemaakt.

TABEL 5.7 | *Beschrijving kaarten 'connectiviteit'*

Kaart	Beschrijving	Type watersysteem
Passeerbaarheidskaart	Weergave van de niet passeerbare barrières voor (migrerende) vis en propagulen van waterplanten	Lijnvormige wateren en meren

5.6.1 | Passeerbaarheidskaart

De passeerbaarheidskaart is een weergave van de aanwezigheid van niet-passeerbare barrières voor (migrerende) vissen en propagulen van waterplanten die van watertransport afhankelijk zijn. Deze kaart is gemaakt op basis van de aanwezigheid van de volgende kunstwerken: stuw, gemaal en dam. Deze kunstwerken zijn op basis van de aanwezige kennis gedefinieerd als niet tot slecht passeerbaar. In eerste instantie was het de bedoeling om andere kunstwerken, zoals sifons en duikers, ook weer te geven. De passeerbaarheid van deze kunstwerken is echter in grote mate afhankelijk van stroomrichting en waterpeil, en daarom zijn deze kunstwerken in dit project buiten beschouwing gelaten. Indien het waterschap aanvullende informatie beschikbaar heeft gesteld betreffende vismigratie, zoals alleen in de casus Schulpvaart het geval was, dan is dit wel weergegeven in de passeerbaarheidskaart.

5.7 | VEGETATIE

In Tabel 5.8 is beschreven welke kaarten er zijn gemaakt om de parameter 'vegetatie' te visualiseren in dit project. Tevens is aangegeven voor welke type watersystemen deze kaarten kunnen worden gemaakt.

5.7.1 | Kaart met soortenrijkdom van planten

De soortenrijkdomkaart is een weergave van het aantal soorten macrofyten op een bepaald tijdstip op een bepaalde locatie (vegetatieopname). Deze kaarten konden alleen gemaakt worden wanneer het waterschap data ter beschikking had gesteld over het aantal soorten en hun voorkomen. Op de kaarten is ook de gamma diversiteit weergegeven, oftewel de diversiteit van het gebied, uitgedrukt in het totaal aantal soorten dat in het gebied gevonden is.

Voor alle casussen zijn de data alleen op microschaal voor handen, afkomstig uit monitoring ten behoeve van de KRW of NVO's. Op de kaarten is alleen de meest recente soortdiversiteit op de locaties weergegeven. Wanneer monitoring van het watersysteem niet in één jaar plaats heeft gevonden, maar verspreid over meerdere jaren (bijvoorbeeld casus Capelle aan den IJssel), dan zijn de data van meerdere jaren gecombineerd op één kaart. Wanneer de

TABEL 5.8 | *Beschrijving kaarten 'vegetatie'*

Kaart	Beschrijving	Type watersysteem
Kaarten met soortenrijkdom van planten	Weergave van de diversiteit van de vegetatie uitgedrukt in aantal soorten	Lijnvormige wateren en meren
Kaart met alpha-diversiteit van planten	Weergave van de diversiteit van de vegetatie op een bepaald punt uitgedrukt in soortequivalenten (H')	Lijnvormige wateren en meren
Kaart met lokale bijdrage van planten aan de bèta-diversiteit	Weergave van de lokale bijdrage aan de bèta-diversiteit	Lijnvormige wateren en meren
Kaart met bedekking van functionele groepen	Weergave van bedekkingspercentage van functionele vegetatiegroepen, geschaald naar totaalbedekking	Lijnvormige wateren en meren
Kaarten met bedekking van elke individuele functionele groep	Weergave van bedekkingspercentage van submerse vegetatie, emerse vegetatie, oevervegetatie, en de lengte of aanwezigheid van een rietkraag	Lijnvormige wateren en meren

vegetatieopname op een locatie apart voor de oever en de waterkant werd opgenomen, werd het voorkomen van soorten gemiddeld over de locatie.

5.7.2 | Kaart met alpha-diversiteit van planten

Deze kaart is een weergave van de diversiteit van een vegetatieopname op één locatie. De gebruikte methode, de Shannon index (H') (zie kader), is niet alleen gebaseerd op het aantal soorten dat op een bepaalde locatie voorkomt, maar ook op hoe gelijkmatig deze soorten zijn verdeeld op deze locatie. De Shannon index (H') wordt uitgedrukt in zogenaamde soortequivalenten. Ter illustratie, een Shannon index van 15, betekent dat 15 soorten op de locatie in gelijke mate voorkomen. Op de kaarten is ook de gamma diversiteit weergegeven, oftewel de diversiteit van het gebied, uitgedrukt in het totaal aantal soorten dat in het gebied gevonden is.

$$\textbf{Shannon - Wiener index } H' = \sum_{i=1}^{S} (p_i \ln p_i)$$

$$\textbf{exponent Shannon} = \exp H'$$

Waar S= het aantal soorten, n_i = het aantal individuen van soort i (in geval van percentages, het afgeronde bedekkingspercentage), N het totaal aantal individuen (ingeval van percentages, het afgeronde totaalbedekkingspercentage, en p_i = het relatieve voorkomen van elke soort als het aantal individuen van soort i ten opzichte van het totaal aantal individuen $\frac{n_i}{N}$

Voor het maken van de alpha-diversiteit kaarten zijn dezelfde data gebruik gemaakt als voor de soortenrijkdomkaarten, en gelden dezelfde voorbewerkingstappen. Voor het berekenen van de Shannon index wordt echter ook gebruik gemaakt van de abundantie van een soort. Dat kan in aantallen, maar ook - zoals vaak het geval is in vegetatieopnames - in oppervlaktepercentages. Bij een aantal casussen werd het voorkomen van de soorten uitgedrukt in scores volgens de STOWA-schaal (handboek Hydrobiologie). Voor de data-analyses zijn de meetwaarden omgerekend naar de mediaan van de bedekkingsklasse (zie tabel 5.9).

TABEL 5.9 | *Gebruikte omrekeningen om bedekkingsklasse om te rekenen naar oppervlaktepercentages*

STOWA schaal	Tansley code	Bedekking in het proefvlak *	Gebruikte waarde (%)
s	sporadisch	1 %	1
r	zeldzaam	< 5 %	2.5
o	hier en daar	< 5 %	2.5
lf	lokaal frequent	< 5 %	2.5
f	frequent	< 5 %	2.5
la	lokaal abundant	5-12 %	8.5
a	abundant	13-25 %	19
ld	lokaal dominant	26-50 %	38
cd	co-dominant	51-75 %	63
d	dominant	76-100 %	88

5.7.3 | Kaart met lokale bijdrage van planten aan de bèta-diversiteit

Bèta-diversiteit wordt ook wel 'species turnover' genoemd en geeft inzicht in de mate van verandering in soortensamenstelling van een locatie ten op zichtte van een andere locatie langs een ecologische gradiënt. Een hoge bèta-diversiteit reflecteert een grote verandering in soortensamenstelling. Omdat bèta-diversiteit een relatieve maat is, wordt op de kaart de bijdrage van de soortengemeenschap op een bepaalde locatie aan de verandering in soortensamenstelling binnen een watersysteem weergegeven (Legendre & Caceres, 2013). Deze zogenaamde lokale bijdrage aan bèta-diversiteit geeft de ecologische uniciteit van een bepaalde locatie binnen een watersysteem aan.

Voor het maken van de LCDB-kaarten is van dezelfde data gebruik gemaakt als voor de soortenrijkdomkaarten, en gelden dus dezelfde voorbewerkingstappen. LCBD is berekend op basis van de aan- en afwezigheid van soorten op een bepaalde locatie. Hiertoe zijn data over de abundantie getransformeerd in 1 (aanwezig) en 0 (afwezig). Voor het berekenen van de LCBD is een methode (van 11 formules) gebruikt die uitgebreid beschreven is in Legendre & Caceres (2013). Binnen het project is een R script ontwikkeld die gebruikt kan worden voor berekening van de LCBD.

5.7.4 | Kaart met bedekking van functionele groepen

Deze kaart is de weergave van de relatieve verdeling van functionele vegetatiegroepen op een bepaalde locatie. Deze verdeling is op de kaarten afgebeeld als een taartdiagram, waarvan de grootte geschaald is naar de totaal bedekking. Dus hoe groter het taartdiagram is op een bepaalde locatie, hoe groter de totaal bedekking van de vegetatie op de desbetreffende locatie.

Voor het maken van deze kaarten is gebruik gemaakt van de door het waterschap verstrekte data over de functionele groep-verdeling, behalve bij de casus Polder Zegveld en Braakmankreek waar de soorten handmatig zijn ingedeeld in functionele groepen. Hierbij is de lijst met soorten (toegekend aan vegetatielagen) uit het Handboek Hydrobiologie als basis gebruikt. Voor de casussen waar de bedekking werd uitgedrukt in bedekkingsklasse, is Tabel 5.9 gebruikt om de data om te rekenen naar oppervlaktepercentages.

5.7.5 | Kaart met bedekking van elke individuele functionele groep

Deze reeks van kaarten zijn een weergave van de bedekking van individuele functionele groepen, oftewel emerse vegetatie, submerse vegetatie en oevervegetatie. Voor sommige casussen (bijvoorbeeld de casussen Kagerplassen, Zoete polderkanalen ten noorden van het

Sneekermeer en Slotermeer) waren naast data van de gebruikelijke KRW/NVO-monitoring ook vlakdekkende data over de aanwezigheid of lengte van de rietkraag verstrekt.

5.8 | BEHEER

In Tabel 5.10 is beschreven welke kaarten er zijn gemaakt om de parameter 'beheer' te visualiseren in dit project. Tevens is aangegeven voor welke type watersystemen deze kaarten kunnen worden gemaakt.

TABEL 5.10 | *Beschrijving kaarten 'beheer'*

Kaart	Beschrijving	Type watersysteem
Baggerbeheerkaart	Planning van baggerwerkzaamheden (vaak niet beschikbaar)	Lijnvormige wateren en meren
Maaibeheerkaart	Frequentie, percentage en methode maaibeheer van natprofielen en oevers	Lijnvormige wateren en meren

5.8.1 | Baggerbeheerkaart

De baggerbeheerkaart is vlakdekkend en laat de planning van de baggerwerkzaamheden zien van voornamelijk lijnvormige watergangen. De kaarten die zijn gemaakt gaan over gepland onderhoud, en dus niet over daadwerkelijk uitgevoerd onderhoud. Alleen het Hoog-heemraadschap van Delfland heeft data overhandigd over geplande jaren om watergangen in een bepaald gebied te baggeren, terwijl geen enkel waterschap data heeft aangeleverd over het uitgevoerde baggerbeheer. Dat de watergang op de planning staat om gebaggerd te worden geeft nog niet de garantie dat deze watergang daadwerkelijk gebaggerd gaat worden. Dit geeft dus geen informatie over de frequentie.

5.8.2 | Maaibeheerkaart

Data van maaibeheer omvatten maaimethode, frequentie, periode en/of insteekafstand. Er is voor gekozen om de frequentie, periode en methode in één kaart weer te geven, omdat dit vaak als één pakket voor een oever is opgesteld. De verschillende onderdelen zijn dus op elkaar afgestemd en niet los van elkaar te beschouwen. Ook voor het maaibeheer, evenals voor het baggerbeheer, gaan alle aangeleverde data in op gepland onderhoud, en dus niet op daadwerkelijk uitgevoerd onderhoud. Zo mogelijk is er een onderscheid gemaakt tussen het maaibeheer van het natte profiel en de oever.

6

RESULTATEN ZICHT OP STRUCTUUR

In onderstaande paragrafen wordt per casus inzicht gegeven in de huidige toestand van de verschillende structuurparameters. De parameters worden per casus besproken en niet per structuurparameter, omdat het expliciet niet de bedoeling van dit project is om de verkregen structuurvisualisaties als 'goed' of 'slecht' te beoordelen of om structuurparameters van verschillende casussen met elkaar te vergelijken. Voor dergelijke vergelijkingen zijn grenswaarden nodig, die veelal nog onbekend of slecht onderbouwd zijn. In dit project gaat het puur om het ontsluiten en visualiseren van structuur en niet om het beoordelen van de structuur.

Per casus wordt allereerst een beschrijving van het watersysteem gegeven. Vervolgens volgt een beknopte beschrijving van de toestand van de structuur die volgt uit de visualisatie van de structuurparameters. Het gaat om (a) een beschrijving van hoe goed de visualisatie is gelukt op basis van de beschikbare data en (b) een beschrijving van wat dat aan informatie oplevert. Er wordt dus expliciet niet een oordeel gegeven over de structuur. Tenslotte worden er aanbevelingen gegeven waarmee de structuur in de toekomst beter gevisualiseerd zou kunnen worden.

De kaarten, cirkel- en staafdiagrammen zelf staan vanwege de leesbaarheid van het hoofdstuk overigens niet in het rapport zelf, maar zijn als bijlagen (2 tot 10) opgenomen.
Polder Zegveld (HDSR)

6.1 | ALGEMENE BESCHRIJVING VAN HET WATERSYSTEEM

Polder Zegveld is een laagveenpolder ten noordoosten van Woerden (Figuur 6.1), dat als waterlichaam onder het watertype gebufferde laagveensloten valt (M8). De polder heeft een totaal oppervlak van 19,5 km^2, waarvan 11 % uit water bestaat. 85 % van dit water is geclassificeerd als tertiaire watergang en 15 % als primaire watergang. Ondanks dit grote aandeel van tertiaire watergangen, is het overgrote deel van de data verzameld in primaire watergangen.

6.1.2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

In Bijlage 2 zijn de structuurkaarten te vinden die voor Polder Zegveld zijn opgesteld. Over de geometrie van Polder Zegveld waren alle benodigde data aanwezig om alle kaarten te kunnen maken. Voor het maken van een oevertypekaart waren onvoldoende data aangeleverd. Over de waterbodem waren alleen slibdata beschikbaar. Voor beheer is alleen een kaart gemaakt van de maaifrequentie en -methode. Verder zijn alle kaarten opgeleverd met betrekking tot omgeving, beschaduwing, stroming, connectiviteit en vegetatie.

Polder Zegveld bestaat grotendeels uit agrarisch land, met een klein aandeel van bebouwing en natuurgebied. Het grootste deel van de polder is onbeschaduwd, met wat uitzonderingen door bomen (bijvoorbeeld in het noorden in de Haeck, zie detailkaart) en bebouwing (bijvoorbeeld rond het dorp Zegveld). De vispasseerbaarheidkaart laat zien dat aan de rand van de polder één object vispasseerbaar is. Dit is niet het geval voor de andere objecten.

De stroomrichting is in droge periodes aanvoerend richting tertiaire watergangen en in natte periodes afvoerend via primaire watergang richting de gemalen. In zowel droge periodes als natte periodes is de stroomsnelheid in primaire watergangen gemiddeld (0,0014-0,13 m/s) en laag (<0,0014 m/s) in tertiaire watergangen, met wat lokale uitschieters in stroomsnelheid tijdens natte periodes. Over het algemeen genomen is de stroomsnelheid hoger tijdens natte periodes dan tijdens droge periodes.

Het water is op de meeste meetpunten, die in het hoofdnetwerk liggen, meer dan 4 meter breed. De diepte is op het merendeel van de meetpunten meer dan 1,5 meter diep, waarbij er op de meeste locaties een dikke sliblaag aanwezig is van meer dan 50 cm. In de meeste primaire watergangen wordt een tegennatuurlijk peil gehanteerd, met uitzondering van een watergang in het noorden (bij gebied de Heack) en rond het dorp Zegveld. Het talud is meest-

FIGUUR 6.1 | *Topografische ligging van Polder Zegveld*

FIGUUR 6.2 | *Topografische Topografische ligging van de Westboezem van Delfland*

al aan 2 kanten steil, met wat uitzonderingen waarbij het talud aan één of twee zijden vlak of zeer vlak is. Het begroeibaar areaal aan emerse planten is op de meeste plekken 0-30 %, lokaal soms meer. Submers is deze vrijwel overal 75-100 %.
De alpha-diversiteit op basis van de Shannon-index is het hoogste op het punt in gebied 'De Haeck' en op het punt in het noordwesten, die zich nabij een inlaat met goede waterkwaliteit bevindt. Deze hogere alpha-diversiteit betekent echter niet dat de absolute soortenrijkdom op deze punten ook het hoogst is. Dit kan doordat de alpha-diversiteit niet alleen bepaald wordt op basis van de absolute soortenrijkdom, maar ook op basis van de 'eveness' (verdeling van de soortenrijkdom door het gebied). Bijvoorbeeld het meest noordelijke punt heeft een relatief lage soortenrijkdom, maar een relatief hoge LCBD. Dit betekent dat de soorten die op die locatie voorkomen voornamelijk unieke soorten zijn die niet in de rest van het gebied gevonden zijn. De variatie in functionele groepen op de locaties verschilt per meetpunt. Op een aantal locaties bestaat de vegetatie alleen uit kroos of alleen uit emerse soorten, terwijl op andere locaties (zoals de NVO's) verschillende functionele groepen voorkomen. De NVO's hebben ook het hoogste bedekkingspercentage van submerse soorten, die veelal afwezig zijn op de andere punten.

De vegetatie wordt veelal beheerd door middel van maaibeheer met de maaikorf of veegboot, in het westen 2x per jaar en in het oosten 1x per jaar. Maaibeheer en -frequentie van een aantal primaire watergangen en van alle tertiaire watergangen is onbekend.

6.1.3 | Aanbevelingen

Het zicht op structuur is in Polder Zegveld vooral goed in beeld gebracht voor de primaire watergangen. Echter, in Polder Zegveld is 85 % van het totale wateroppervlakte geclassificeerd als tertiaire watergang. Dit betekent dat de zicht op structuur zich op dit moment eigenlijk beperkt tot 15 % van de watergangen. Een belangrijke aanbeveling is dan ook om het meetnetwerk uit te breiden met meetpunten in de verschillende tertiaire watergangen.

6.2 | WESTBOEZEM VAN DELFLAND (HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND)

6.2.1 | Algemene beschrijving van het watersysteem

De Westboezem van Delfland is gelegen in het beheergebied van Hoogheemraadschap van Delfland (Figuur 6.2). De Westboezem bestaat uit een stelsel van gebufferde regionale kanalen (M3). Het totaal oppervlak van het waterlichaam beslaat 3,3 km^2. Het noorden van de Westboezem is gelegen in het Westland en bestaat uit een fijn netwerk van relatief smalle en ondiepe kanalen die als aan- en afvoer van de kassen fungeren. Het zuiden van de Westboezem is gelegen in het veenweidegebied van Midden-Delfland, waarin de kanalen functioneren als aan- en afvoer voor de veenweidepolders die op peil moeten worden gehouden. Naast de smalle, ondiepe wateren zijn er ook bredere, diepere kanalen in de Westboezem aanwezig die zijn aangewezen als vaarroute voor de recreatievaart.

6.2.2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

De kaarten voor de Westboezem van Delfland zijn in Bijlage 3 opgenomen. Door het ontbreken van actuele data over de geometrie van het waterlichaam, waarbij bewust geen gebruik is gemaakt van leggerdata (zie hoofdstuk 5), waren de volgende kaarten niet te maken: diepte, talud, breedte en het begroeibaar areaal van submerse, emerse en drijfbladvegetaties. Omdat strijklengte slechts een beperkte rol speelt in lijnvormige waterlichamen, is ervoor gekozen deze kaart niet te maken. Ondanks dat regelmatig gemaaid wordt in de watergangen van Westboezem is dat niet digitaal vastgelegd, en kon de maaibeheerkaart niet gemaakt worden.

De meeste watergangen van de Westboezem liggen in agrarisch gebied of semi-bebouwd gebied. Waar de watergangen in het zuiden van de Westboezem over het algemeen onbeschaduwd zijn, variëren de watergangen in het noorden van de Westboezem van deels beschaduwd tot beschaduwd, waarbij het opvalt dat de watergangen in het (semi-)bebouwde gebied in westen van Den Haag volledig beschaduwd zijn. Het merendeel van de oevers is beschoeid. Waar het waterbodemtype zich in het gebied tussen 's Gravenzande en Monster wordt kenmerkt door klei, wordt het waterbodemtype in gebied rondom Naaldwijk gekenmerkt door zandgronden. De slibdikte is in het overgrote deel van de Westboezem is tussen de 20 en 50 cm. In het zuiden van de Westboezem, in de watergang die loopt tussen Maassluis en Schipluiden is de slibdikte zelfs dikker dan 50 cm. Voor het merendeel van de watergangen zijn de baggerwerkzaamheden reeds uitgevoerd of worden op korte termijn uitgevoerd (periode 206-2018). De watergangen in het stedelijke gebied van Den Haag worden pas na 2018 gebaggerd.

In de Westboezem wordt in de droge periodes water ingelaten van het Brielse Meer, terwijl er in de natte periodes water wordt afgevoerd. De stroomrichting is in droge periodes aanvoerend richting tertiaire watergangen en in natte periodes afvoerend via primaire watergang richting de gemalen. De stroomsnelheid is in de droge periodes in de kleine boezemkanaaltjes over het algemeen lager dan in de natte periodes, in de hoofdwatergangen is de stroomsnelheid jaarrond hoger dan in de kleine kanaaltjes.

In het fijnmazige netwerk van kleine boezemkanaaltjes in het noorden van de Westboezem is het aantal barrières voor vismigratie laag of zelfs afwezig. De aanvoerroutes naar deze kleine boezemkanaaltjes kennen echter wel veel blokkades. Het zuiden van de Westboezem, waar zich de grotere watergangen bevinden, kenmerkt zich door een hoge dichtheid van blokkades, dat wil zeggen stuwen, sluizen of gemalen.

In de watergangen in het Westland wordt de vegetatie gedomineerd door oevervegetatie. In de watergangen die zich bevinden tussen Maassluis en Schipluiden is het aandeel van emerse vegetatie relatief hoog vergeleken met de rest van de Westboezem. Het aandeel van de submerse vegetatie in de totaal bedekking is relatief laag in de hele Westboezem. De totale soortenpoel van de Westboezem (gammadiversiteit) bestaat uit 181 soorten. Er is veel ruimtelijke variatie in soortenrijkdom en alpha-diversiteit, relatief nabijgelegen monitoringspunten verschillen sterk in het aantal soorten of soortequivalenten (soorten die in gelijke mate aan de vegetatiesamenstelling bijdragen). Op plekken met een hoge alpha-diversiteit, die vaker in de grotere watergangen lijken voor te komen, dragen 24 tot 50 soorten in gelijke mate toe aan de soortensamenstelling. Ook de lokale bijdrage aan bèta-diversiteit, een maat voor de ecologische uniciteit van een locatie kent veel ruimtelijke variatie. Over het algemeen zijn er relatief veel locaties die ecologisch uniek zijn ten opzichte van de rest van de locaties.

6.2.3 | Aanbevelingen

Door de veelheid aan data die voor de Westboezem beschikbaar zijn gesteld, is een vrij compleet beeld te zien van de structuur in dit waterlichaam, ook op landschappelijke (macro) schaal. Het zicht op structuur wordt echter beperkt door het ontbreken van data over de geometrie van het waterlichaam. Een belangrijke aanbeveling is dan ook om de actuele diepte, breedte en talud van het waterlichaam te bepalen. De vispasseerbaarheidskaart is nu erg onoverzichtelijk door de velen kunstwerken die in de Westboezem voorkomen. Het is raadzaam een extra weging te geven aan de kunstwerken die de belangrijkste aanvoerroutes blokkeren.

6.3 | SCHULPVAART (HOOGHEEMRAADSCHAP HOLLANDS NOORDERKWARTIER)

6.3.1 | Algemene beschrijving van het watersysteem

De Schulpvaart is een gebufferd regionaal kanaal (M3) met een wateroppervlakte van 38.237 m^2 dat ten zuiden ligt van Limmen. Het is onderdeel van de hoofdwatergang richting gemaal Groot Limmer Zuid, dat voornamelijk water vanuit de Groot-Limmerpolder afvoert.

6.3.2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

In Bijlage 4 zijn alle gemaakte kaarten voor de Schulpvaart weergegeven. Voor de Schulpvaart is geometrie deels in beeld gebracht (alleen diepte en breedte), evenals de waterbodem (alleen slibdikte). Er waren geen data beschikbaar over oevertype, al is er bekend dat er een NVO aanwezig is. Er zijn geen gedetailleerde data beschikbaar over het maaibeheer, waardoor hier geen kaart van gemaakt is. Wel is bekend dat de oever aan de noordzijde in beheer is van Landschap Noord-Holland. Deze oever wordt jaarlijks 50% gemaaid met een maaikorf. Het maaisel wordt afgevoerd. De eerste maaironde is in augustus en de tweede in oktober. Opslag van houtige gewassen wordt ook verwijderd. Voor het berekenen van de alpha-diversiteit en LCBD van de vegetatie waren te weinig meetpunten beschikbaar. De andere kaarten over de vegetatie (soortenrijkdom en bedekkingen) zijn wel gemaakt. Van de parameters omgeving, beschaduwing, stroming en connectiviteit zijn alle kaarten gemaakt.

De maximale diepte van de Schulpvaart ligt tussen de 0,8 en 1,1 m, met de diepere locaties in het oosten van het gebied. De slibdikte is op bijna alle meetpunten 1 tot 10 cm. De breedte varieert tussen 11 en 25 meter, waarbij de bredere delen gelegen zijn in het noorden. De Schulpvaart is grotendeel onbeschaduwd, met uitzondering van een klein gedeelte in het noordoosten. In natte periodes is de stroomrichting in de Schulpvaart van west naar oost en van zuid naar west met een relatief hoge stroomsnelheid. De gehele Groot-Limmerpolder en Schulpvaart zijn niet vispasseerbaar. De vegetatie bestaat op de KRW-meetpunten voornamelijk uit submerse vegetatie en oevervegetatie. Op de NVO bestaat de vegetatie vooral uit submerse waterplanten, met wat draadalg en drijflaagvegetatie.

FIGUUR 6.3 | *Topografische ligging van de Schulpvaart*

6.3.3 | Aanbevelingen

Het zicht op structuur van de Schulpvaart is redelijk compleet, al zou deze met een aantal kleine aanpassingen in de datasets nog relatief makkelijk verbeterd kunnen worden. Zo zijn de diepteprofielen binnen het waterschap alleen aangeleverd in pdf-files door het uitvoerende bedrijf. Dit maakt het een zeer tijdrovende klus om de data aan coördinaten te koppelen en in kaart te brengen. Alle data benodigd voor geometrie zijn dan ook wel beschikbaar en zeer uitgebreid, maar vanwege het beschikbare datatype konden verschillende onderdelen dus niet op kaart worden gezet.

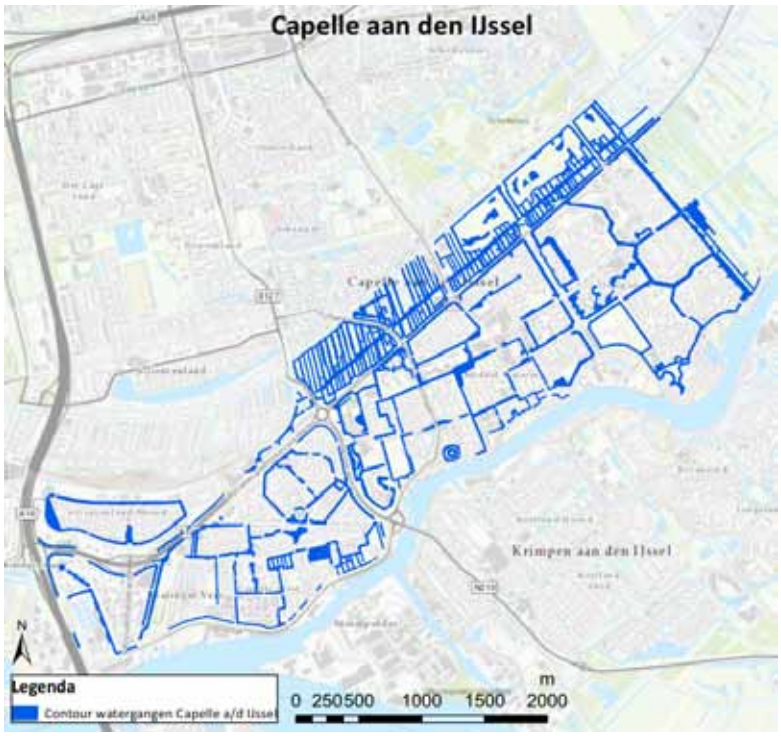
Het gebruikte deel van de Schulpvaart is ongeveer 1,5 kilometer lang en over deze lengte zijn 3 meetpunten voor vegetatie aanwezig. Dit is in principe genoeg binnen een hoofdwatergang, maar binnen dit project waren dit te weinig meetpunten om de alpha-diversiteit en LCBD te berekenen.

Tenslotte wordt geadviseerd om het zicht op structuur voor dit gebied uit te breiden naar het gehele poldersysteem waar de Schulpvaart deel van uitmaakt. Door dit hogere schaalniveau mee te nemen, zullen zaken als connectiviteit en vispasseerbaarheid beter in beeld gebracht kunnen worden.

6.4 | CAPELLE AAN DEN IJSSEL (HOOGHEEMRAADSCHAP VAN SCHIELAND EN DE KRIMPENERWAARD)

6.4.1 | Algemene beschrijving van het watersysteem

Het stedelijk watersysteem van Capelle aan den IJssel, ten zuiden van de Ringvaart, bestaat overwegend uit lijnvormige waterpartijen. Het beschouwde gebied is circa 900 hectare groot met ongeveer 10% open water. Het watersysteem is geen KRW-waterlichaam, maar valt onder overig water. Voor het stedelijk watersysteem van Capelle aan den IJssel zijn relatief veel data beschikbaar, en het hoogheemraadschap is op zoek naar een verbetering van het beheer en onderhoud waarbij de fysieke structuur een belangrijk aandachtspunt is.



FIGUUR 6.4 | *Topografische ligging van de watergangen in Capelle aan den IJssel*

6.4..2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

De meeste structuurparameters zijn op kaart gevisualiseerd. Er kon echter geen kaart gemaakt worden van het bodemtype. Het bodemtype in stedelijk gebied is sterk beïnvloed door de bebouwing, waardoor een algemene regionale bodemkaart weinig hoeft te zeggen over de daadwerkelijke aard van de waterbodem. Ook is er geen kaart gemaakt met het baggerbeheer. Deze data zijn wel aanwezig bij het waterschap, maar deze waren niet beschikbaar voor dit project. De geometrie van de watergangen is slechts beperkt in beeld gebracht (Bijlage 5), doordat er alleen puntmetingen beschikbaar waren van de waterdiepte midden in de watergang. Er zijn daarom geen kaarten gemaakt van de taludhelling of de breedte van de watergang. Wegens afwezigheid van data is er ook geen kaart gemaakt van de dikte van de rietkraag. Tevens is er geen kaart gemaakt van de strijklengte, omdat het watersysteem vrijwel volledig uit lijnvormige wateren bestaat.

De omgevingskaart op basis van CBS hoofdgroepen toont overwegend bebouwd terrein, en daarnaast enig recreatie- en agrarisch terrein. De oevertypenkaarten (op basis van data van het Hoogheemraadschap) geven geen volledig beeld (niet alle watergangen zijn ingevuld), maar maken wel duidelijk dat een deel van de oevers beschoeid is (die overigens vaak als natuurontwikkelingsoever zijn aangewezen). Uit de dieptekaart blijkt dat de meeste watergangen 0,5 à 1 of 1 à 1,5 meter diep zijn; enkele watergangen zijn dieper dan anderhalve meter. Voor enkele watergangen is tevens de slibdikte gemeten. De slibdiktekaart toont dat op de meeste plekken een dikke laag slib ligt. Uit de schaduwkaart blijkt dat vrijwel alle watergangen deels beschaduwd zijn en dat enkele watergangen volledig beschaduwd zijn.

Er zijn diverse visualisaties gemaakt met betrekking tot de vegetatie. De bedekkingskaarten laten zien dat in het zuidelijk deel van Capelle aan den IJssel de bedekking met submerse vegetatie maximaal 35 % bedraagt, en dat op twee locaties helemaal geen submerse waterplanten voorkomen. De bedekking met emerse vegetatie is maximaal 5%. De functionele groep-verdeling laat zien dat op sommige locaties draadalgen of drijflaagvegetatie dominant aanwezig zijn. De soortenrijkdom aan macrofyten loopt uiteen van tien tot enkele tientallen soorten. Voor het maaibeheer hanteert het Hoogheemraadschap de Ecokleurenkoers. Het geplande maaibeheer staat gedetailleerd op kaart voor het waterprofiel (ecokleuren) en voor de oeverzone (typen). Het daadwerkelijk uitgevoerde beheer kan echter afwijken van het geplande beheer; dit is niet goed in beeld.

Uit de stromingskaarten blijkt dat er geen sterke verschillen zijn in stromingssnelheid of -richting tussen natte en droge periodes. Het watersysteem heeft overwegend een tegennatuurlijk peil of een vast peil. Op basis van de aanwezigheid van kunstwerken is een barrièrekaart gemaakt. Hieruit blijkt dat er veel barrières zijn in het gebied.

6.4.3 | Aanbevelingen

De gevisualiseerde data geven redelijk zicht op de fysieke structuur van het watersysteem. Veel oevers zijn natuurvriendelijk ingericht, maar er is geen zicht op de taludhelling. Hierdoor is het begroeibare areaal voor relevante soorten niet bekend. Uit de puntmetingen van de diepte in veel watergangen wordt een goed beeld verkregen van de waterdiepte. Verder blijkt dat in vrijwel alle bemonsterde watergangen veel slib ligt. Omdat dit mogelijk een knelpunt vormt, wordt aangeraden om het baggerbeheer alsnog in beeld te brengen en af te stemmen met andere structuurparameters, zoals de waterdiepte en aanwezigheid van bomen (schaduw en bladval).

De vegetatieopnamen op meerdere locaties in het watersysteem laten zien dat submerse waterplanten niet algemeen aanwezig zijn en dat de totale soortenrijkdom aan macrofyten behoorlijk gering is. Een gebiedsdekkende inventarisatie van de soorten is aan te bevelen om meer grip te krijgen op de ecologische toestand, en om deze te vergelijken met de gebiedsbrede structuurparameters zoals waterdiepte, oevertype en beschaduwing.

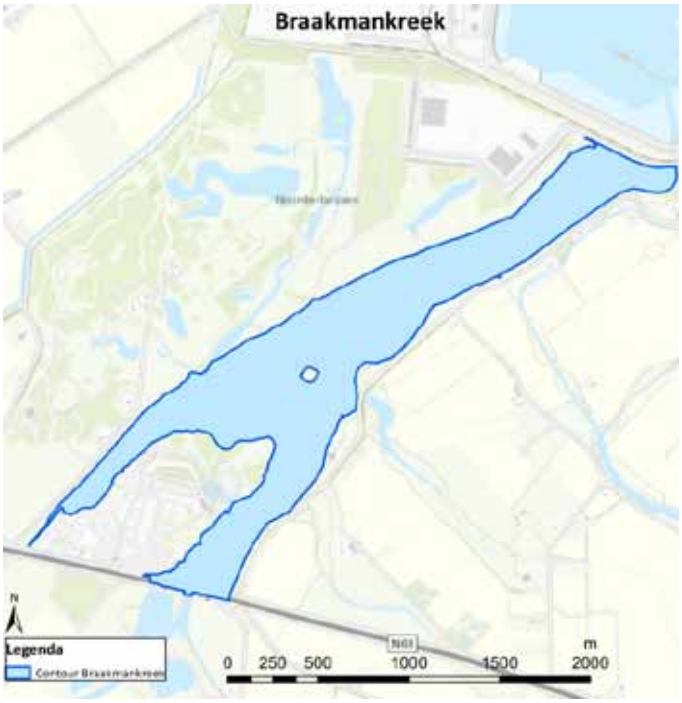
6.5 | BRAAKMANKREEK (WATERSCHAP SCHELDESTROMEN)

6.5.1 | Algemene beschrijving van het watersysteem

De Braakmankreek (Zeeuws-Vlaanderen) is halverwege de twintigste eeuw afgesloten van de Westerschelde en functioneert sindsdien als afvoersysteem voor de diverse omliggende polders en twee uitmondende kanalen. Met het oog op waterberging wordt een tegennatuurlijk streefpeil aangehouden. Dagelijks kan tijdens eb in de Westerschelde water onder vrij verval worden uitgelaten. Hierdoor ontstaat enige dagelijkse peilfluctuatie, maar dit is verre van de natuurlijke situatie toen de Braakmankreek nog in open verbinding met de Westerschelde stond. Het water in de Braakmankreek is brak en helder, maar er groeien nauwelijks submerse waterplanten. Het beschouwde projectgebied Braakmankreek heeft een wateroppervlak van ruim 150 hectare en is een KRW-waterlichaam (M30).

6.5.2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

De kaarten van de Braakmankreek zijn opgenomen in Bijlage 6. Voor veel structuurparameters zijn data beschikbaar, maar niet altijd in een databaseformaat dat in bewerkingen door ons gebruikt kon worden. Hierdoor is het lastig om sommige parameters (goed) te visualiseren. Er zijn geen (meet)data over de waterbodem of slibdikte, maar het waterschap vermoedt dat de bodem vooral uit zand bestaat. Het is echter niet uit te sluiten dat op sommige delen slib ligt. Maai- en baggerbeheerkaarten zijn niet gemaakt, aangezien er in de afgelopen 25 jaar nooit is gemaaid of gebaggerd. Vegetatiedata zijn beschikbaar voor twee meetpunten. Voor het oevertype zijn specifieke data van het waterschap beschikbaar, terwijl voor het



FIGUUR 6.5 | *Topografische ligging van de Braakmankreek*

FIGUUR 6.6 | *Topografische ligging van het Slotermeer*

landgebruik is uitgegaan van algemene data van PDOK. De geometrie is in beeld gebracht, met als kanttekening dat niet alle coördinaten van de ingemeten profielen beschikbaar waren, maar slechts de coördinaten van het startpunt. Voor stroming is gebruik gemaakt van een afvoermodel van het waterschap.

De omgeving van de kreek betreft agrarisch gebied, natuur en recreatie. Langs een groot deel van de noordwestelijke oever groeit riet, de overige oevers zijn van steen of beschoeid en er is weinig beschaduwing vanaf de oever. De strijklengte is het grootst op de noordwestelijke oever.

Veel oevers hebben een (zeer) vlak talud, behalve in het noorden van de kreek nabij het gemaal. Hierdoor is er ruimte voor groei van emerse vegetatie. Het potentieel begroeibare areaal voor submerse planten bedraagt in een groot deel van de kreek circa 50% van de totale waterbreedte, behalve in de noordelijke helft (waar het een stuk dieper is). De twee bemonsterde meetpunten in de Braakmankreek duiden echter op een arme vegetatie, waarbij submerse waterplanten in het geheel ontbreken.

De stromingsrichting is altijd in de richting van het gemaal en de stromingssnelheid is zeer gering (orde grootte enkele mm/s). De vispasseerbaarheidskaart toont veel barrières tussen de Braakmankreek en de achterliggende polders. Wel is uitwisseling mogelijk tussen de Braakmankreek en de Westerschelde, en kan de vis ver in zuidelijke richting zwemmen.

6.5.3 | Aanbevelingen

Een belangrijke vraag van het Waterschap is waarom er geen submerse waterplanten groeien. Een eerste blik op de kaarten doet vermoeden dat diverse structuurparameters in ieder geval geen belemmering vormen: er is een potentieel begroeibaar areaal, er is weinig schaduw en er is betrekkelijk weinig invloed van stroming of wind.
Bij gebrek aan metingen zijn niet alle structuurparameters gevisualiseerd, zoals de samenstelling van de waterbodem. Het kan lonen om sommige parameters aanvullend te meten. Daarnaast zijn de vegetatiedata summier, omdat slechts twee locaties worden bemonsterd. Op basis van deze metingen kan zeker niet worden uitgesloten dat elders in de Braakmankreek wel waterplanten groeien.

6.6 | SLOTERMEER (WETTERSKIP FRYSLÂN)

6.6.1 | Algemene beschrijving van het watersysteem

Het Slotermeer is een ondiep gebufferd meer (M14) dat gelegen is in het beheergebied van WS Fryslân in het zuidwesten van Friesland, tussen Sloten, Balk en Woudsend (Figuur 6.6). Het meer heeft een oppervlak van ruim 11 km^2 met een oeverlengte van bijna 15,5 km. De gemiddelde diepte ligt tussen de 1,5 en 2,0 m.

6.6.2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

De kaarten van het Slotermeer zijn opgenomen in Bijlage 7. Door het ontbreken van data zijn er niet van alle structuurparameters kaarten gemaakt. Dit geldt voor stroming, waterbodemtype, slibdikte, connectiviteit en baggerbeheer. Wel is bekend dat de waterbodem uit veen bestaat, waarbij het richting het zuidoosten meer zandig wordt. Ook heeft het WS Fryslân laten weten dat de sliblaag ongeveer 10 centimeter dik is. Verder worden de hoofdvaarwegen gebaggerd en vindt er geen maaionderhoud plaats. Voor het Slotermeer waren dieptedata van de diepere delen aanwezig, maar niet van de oeverzones. Er is dan ook geen taludkaart gemaakt.

De oeverbegroeiing bestaat voornamelijk uit grasland, ruigte en bomen, waarbij de noordwestoever enkel grasland is. (Gedeeltelijke) beschaduwing van de oever is aanwezig in de natuurzone op de noordoostoever, aan de oostoever en rond de haven van Balk. Voor de rest is het meer onbeschaduwd.

Omdat het meer niet dieper is dan 3 meter strekt het begroeibaar areaal voor submerse vegetatie zich uit over het gehele meer. De submerse vegetatie komt echter alleen voor in het noordoosten van het meer, langs de zone met natuurgebied en in het zuidwesten bij de haven van Balk. Drijfblad- en emerse vegetatie zouden langs de gehele noord-, oost- en zuidoever voor kunnen komen. De kaart met bedekkingspercentage van emerse waterplanten laat in deze zones ook de hoogste bedekking zien. De rietkragen van land- en waterriet zijn ook in deze zones het breedst met 7 tot 8 meter. De zone met weinig vegetatie heeft een stortstenen oeververdediging. Doordat er enkel data bekend waren over de dominante soorten, zijn er geen kaarten over de soortendiversiteit. De strijklengte is het grootst op de noordwestelijke oever.

6.6.3 | Aanbevelingen

Om een actueel en compleet beeld van de structuur van het Slotermeer te krijgen, is het van belang om ook meetdata van het bodemtype, slibdikte en talud te hebben. Bij het uitvoeren van de dieptemetingen is de vaarrichting steeds parallel geweest. Hierdoor kan er geen nauwkeurige interpolatie voor het gehele meer worden gemaakt zonder veel van de informatie samen te bundelen, wat in principe ongewenst is als er zo nauwkeurig data zijn verzameld. Om een vlakdekkende dieptekaart te maken, kunnen tijdens het uitvoeren van de dieptemetingen het beste kruisende vaarbewegingen worden gemaakt. Verder is de aanbeveling om, naast dominante soorten, ook data te ontsluiten van de aantallen van alle soorten. Hiermee is een completer beeld te vormen over de diversiteit in het Slotermeer. Een mooie toevoeging zou daarbij zijn om de passeerbaarheid van kunstwerken in de aan- en afvoer sloten van het Slotermeer inzichtelijk te hebben.

6.7 | ZOETE POLDERKANALEN TEN NOORDEN VAN SNEEKERMEER (WETTERSKIP FRYSLÂN)

6.7.1 | Algemene beschrijving van het watersysteem

De Zoete polderkanalen ten noorden van het Sneekermeer zijn in beheer van WS Fryslân. Het kanalenstelsel strekt zich uit over een gebied van 9 bij 9 kilometer tussen het Sneekermeer en Grou (Figuur 6.7). De totale lengte van het kanalenstelsel is ruim 38 km. Daarnaast zijn er in het gebied veel kleine sloten aanwezig. Hiervoor zijn geen data aangeleverd.

6.7.2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

De kaarten van de Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer zijn opgenomen in Bijlage 8.

Veel data van de polderkanalen ontbreken of zijn ongeschikt om op een kaart weer te geven. Daarom zijn er geen kaarten gemaakt van het talud, het begroeibaar areaal van submerse vegetatie, slibdikte, waterbodemtype, viscositeit, connectiviteit, stroming, passeerbaarheid, soortendiversiteit en baggerbeheer. De gemiddelde diepte per watergang is wel aangeleverd, maar dit geeft weinig inzicht in de diepteverdeling door de watergangen heen (ruimtelijke variatie). Daarom is er voor gekozen hier geen kaart van te maken. Aangezien de afmetingen die in de leggerdata zijn vastgelegd vaak niet overeenkomen met de actuele data van de geometrie van een watergang is ervoor gekozen deze data niet te gebruiken. Omdat strijklengte slechts een beperkte rol speelt in lijnvormige waterlichamen, is ervoor gekozen deze kaart niet te maken.

Voor het oevertype kon zowel een kaart worden gemaakt van de oeverbegroeiing als de oeverbeschoeiing. Er waren tevens voldoende data om omgevings-, schaduw- en maaibeheerkaarten te maken. Voor het visualiseren van de vegetatie is gekozen voor taartdiagrammen om de verdeling van functionele groeivormen weer te geven. Daarnaast zijn er kaarten van de bedekking van de afzonderlijke groeivormen gemaakt.

Het kanalenstelsel is gelegen in agrarisch gebied. De meeste oevers zijn onbeschoeid en betreft grasland of ruigte, waarbij land- en waterriet vrijwel afwezig is. De meeste watergangen en oevers zijn dan ook onbeschaduwd. De bedekkingspercentages op de meetpunten variëren tussen de 0 en 13 % voor submerse waterplanten en tussen de 0 en 9 % voor emerse waterplanten. Het maaien wordt grotendeels uitgevoerd in het najaar met een maaikorf, waarbij de insteek vanaf de oever afhankelijk is van de breedte van de watergang. Slechts in enkele gevallen wordt de gehele watergang gemaaid of vindt er tweemaal per jaar een maaironde plaats, in de zomer en het najaar. Door het ontbreken van de waterbodem-, diepte-, breedte-, stromings- en biodiversiteitskaarten is er voor dit gebied geen inzicht verkregen in deze structuurparameters. Ook het inzicht op de verspreidingsmogelijkheid van soorten ontbreekt.

6.7.3 | Aanbevelingen

Door het ontbreken van actuele en gedetailleerde data van de waterbodem, diepte, breedte, stroming en biodiversiteit is het zicht op (de heterogeniteit van de) structuur beperkt. Het is aan te bevelen om deze data te verzamelen en te ontsluiten ten behoeve van meer zicht op structuur. Verder is de aanbeveling om, naast dominante soorten, ook data te ontsluiten van de aantallen van alle soorten. Hiermee is een completer beeld te vormen over de structurele complexiteit van de vegetatie in het gebied. Daarnaast zijn enkel data van de hoofdwatergan-

FIGUUR 6.7 | *Topografische ligging van de Zoete polderkanalen ten noorden van het Sneekermeer*

gen bekeken. Voor het verkrijgen van een completer beeld van de aanwezige structuren wordt dan ook aangeraden het meetnetwerk uit te breiden met meetpunten in de verschillende kleinere watergangen.

6.8 | BRIELSE MEER EN BERNISSE (WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA)

6.8.1 | Algemene beschrijving van het watersysteem

Het Brielse Meer en Bernisse zijn gelegen in Zuid-Holland, ten noorden van Brielle (Figuur 6.8) en zijn in het beheer van waterschap Hollandse Delta. Het langgerekte meer was oorspronkelijk onderdeel van de Maas, maar is sinds de jaren '50 van de vorige eeuw afgedamd. Het meer wordt gevoed vanuit een aftakking van de Oude Maas bij Spijkenisse en via de Bernisse. Het totale oppervlak met alle aftakkingen en nevengeulen is bijna 480 ha. De diepte varieert tussen de 2 meter nabij de oevers en in de nevengeulen tot 14 meter in het midden van de bredere gedeelten. Het KRW-waterlichaam val onder het M20-type, oftewel een matig groot diep gebufferd meer.

6.8.2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

De kaarten van het Brielse Meer en Bernisse zijn opgenomen in Bijlage 9. Meetdata over de waterbodem, slibdikte, stroming en oevertype zijn niet beschikbaar, waardoor er geen kaarten hiervan zijn gemaakt. Wel geeft het waterschap aan dat er waarschijnlijk geen slib aanwezig is. Er vindt geen bagger- en maaibeheer plaats. De dieptemetingen zijn enkel uitgevoerd voor de diepere zones van het meer, waardoor de taludkaart niet gemaakt kon worden en ook het begroeibaar areaal voor emerse vegetatie niet inzichtelijk gemaakt kon worden.
Het bodemgebruik ten noorden van het Brielse Meer en rond Bernisse wordt gedomineerd door agrarische activiteiten. Direct aan het water bevinden zich recreatieterreinen en in kleine delen natuur- en bosterrein. De schaduwkaart laat zien dat het grootste gedeelte van de oeverzone van het Brielse Meer, half beschaduwd is, terwijl de Bernisse grotendeels onbeschaduwd is.

FIGUUR 6.8 | *Topografische ligging van het Brielse Meer en Bernisse*

FIGUUR 6.9 | *Topografische ligging van de Kagerplassen*

Met uitzondering van de diepere geulen, is het gehele Brielse Meer en de Bernisse begroeibaar voor submerse vegetatie. De bedekkingspercentages van submerse vegetatie op de bemonsterde KRW-punten variëren tussen 0 en 35%. De emerse vegetatie komt voornamelijk voor in het meest westelijke gedeelte van het meer. Flab, kroos en drijfbladvegetatie zijn nauwelijks aanwezig. Het is verder opvallend dat de soorten bij het Kleine bos 'uniek' zijn voor het meer, ondanks dat bij dit meetpunt de minste vegetatie aanwezig is. De Bernisse heeft daarentegen een relatief hoge bedekking van submerse vegetatie, maar onderscheidt zich niet in diversiteit.

6.8.3 | Aanbevelingen

Door de afwezigheid van data over oevertypes, bodem en talud, de beperkte hoeveelheid meetpunten voor vegetatie en de grofheid van de schaduwmodel, is de relatie tussen deze structuurparameters lastig te maken. Het advies is om op meerdere locaties vegetatie te inventariseren en meer inzicht te krijgen in de oevertypes en taluds.

6.9 | KAGERPLASSEN (HOOGHEEMRAADSCHAP VAN RIJNLAND)

6.9.1 | Algemene beschrijving van het watersysteem

De Kagerplassen zijn gelegen in het beheergebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland (Figuur 6.9). De Kagerplassen bestaat uit acht met elkaar verbonden ondiepe, matig grote, gebufferde plassen (M14). Ze zijn gelegen in het veenweidegebied in het noorden van de provincie Zuid-Holland. Ze maken onderdeel uit van het boezemstelsel, en hebben derhalve een belangrijke functie als aan- en afvoergebied voor de omliggende polders. De acht meren hebben een totaal oppervlak van 4 km^2, en een gemiddelde diepte van 3,4 m. Naast waterberging, kennen de Kagerplassen ook recreatieve gebruiksfuncties, zoals zwemwater, viswater en recreatiewater.

6.9.2 | Beschrijving visualisatie structuurparameters

De kaarten van de Kagerplassen zijn opgenomen in Bijlage 10. Het formaat van de door Hoogheemraadschap van Rijnland beschikbaar gestelde dieptekaart uit 1991 stelde ons niet in staat geometrie gerelateerde kaarten (diepte, talud, begroeibaar areaal van watervegetatie) te maken – los van het feit dat sinds 1991 door slibaanwas en/of baggerwerkzaamheden de diepteprofielen van de Kagerplassen waarschijnlijk veranderd zijn. Doordat bagger- en/of maaibeheer in de Kagerplassen niet digitaal wordt gedocumenteerd door Hoogheemraadschap van Rijnland, was het niet mogelijk om de bagger- dan wel maaibeheerkaarten te maken.

De Kagerplassen liggen in een agrarisch gebied met relatief weinig bebouwing. Waar het westelijk deel van de Kagerplassen onbeschaduwd is, is het oostelijk deel van de Kagerplassen deels tot volledig beschaduwd.

De kleine plassen in het zuidoostelijk deel van de Kagerplassen, zoals het Vennemeer, de Koppoel, de Kleipoel en de plas bij de polder het Noordveen, kennen een relatief kleine strijklengte. De noordwestelijke kant van de grotere plassen, bijvoorbeeld het Zweiland, het Norremeer en de Dieperpoel, hebben ook te maken met een relatief kleine strijklengte. De overstaande oevers in deze plassen hebben daarentegen te maken met een relatief grote strijklengte. De strijklengte in het open water van deze grotere plassen is ook relatief groot.
Het overgrote deel van de oevers van de Kagerplassen is verdedigd met een talud van stortstenen of grof puin. Op een aantal locaties in er een vooroever met talud aanwezig, bijvoorbeeld in de Balgerij en in de Polder het Noordveen. Waar de plassen in het oostelijk deel van de Kagerplassen gekenmerkt worden door een slibbodem, wordt het westelijk deel gekenmerkt

door een veenbodem. Op die veenbodem is de sliblaag afwezig, terwijl de sliblaag in het oostelijk deel oploopt tot 50 centimeter (Kever en Koppoel).

Het achterland van de Kagerplassen wordt gekenmerkt door een hoog aantal blokkades voor vismigratie. In het zuidelijk deel van de Kagerplassen wordt water aangevoerd, vanuit de Zweilanderpolder, de Waterloospolder en de Buurterpolder. In het noordelijk deel van de Kagerplassen wordt zowel in de natter als droge periode water afgevoerd richting de polders bij Oosteinde en Sassenheim.

Op de meeste monitoringslocaties in de Kagerplassen wordt de vegetatie gedomineerd door oevervegetatie en emerse vegetatie. Slechts op een aantal locaties, namelijk de Dierperpoel en de plas bij de polder het Noordveen, staat submerse vegetatie. Het totaal aantal soorten dat voorkomt in de Kagerplassen is laag (18). Het maximaal aantal soorten dat op een plek aanwezig is, en in gelijke mate bijdraagt aan de soortensamenstelling, is 4. Het lijkt of de soortenaantal en alpha-diversiteit op locaties met een relatief lage strijklengte hoger is dan op locaties met een relatief hoge strijklengte. Op deze 'beschutte' locaties is de rietkraag over het algemeen ook breder. De lokale bijdrage aan bèta-diversiteit - een maat voor de ecologische uniciteit van een locatie - kent veel ruimtelijke spreiding, waarbij nabijgelegen locaties verschillen in hun mate van ecologische uniciteit.

6.9.3 | Aanbevelingen

Door het ontbreken of het niet digitaal ontsluitbaar zijn van data over de geometrie van de Kagerplassen konden deze kaarten niet gemaakt worden. Het verdiend daarom aanbeveling om met een sonar een dieptekaart van de Kagerplassen te maken, omdat het lijkt dat windwerking/golfslag/strijklengte een rol speelt in het bepalen van de habitatstructuur. Met een meer geavanceerde sonartechniek is het ook mogelijk een vlakdekkend beeld te krijgen van de dikte van de sliblaag. De KRW-monitoring in de Kagerplassen wijkt af van de monitoring in de andere casussen. Dit levert meer informatie over ruimtelijke heterogeniteit, maar standaardisering is moeilijker.

7

DISCUSSIE EN CONCLUSIE

Het project Zicht op Structuur maakt onderdeel uit van het opzetten van een methodiek waarmee de fysieke structuur van een watersysteem beoordeeld kan worden. Voor een beoordeling is het nodig om de huidige structuur in beeld te brengen, de gewenste structuur te bepalen, en vervolgens deze met elkaar te vergelijken. Daaruit volgt waar aanpassingen aan het watersysteem nodig zijn. In het project Zicht op Structuur is de eerste stap gezet: zicht krijgen op de huidige structuur. Dit vormt de basis voor vervolgstappen waarin de huidige structuur beoordeeld wordt.

Het doel van het project 'Zicht op Structuur' was drieledig:

- Opstellen van een methodiek waarmee de structuur van een watersysteem zo goed mogelijk in beeld gebracht kan worden. De uitgangspunten bij de methodiek zijn als volgt:
  - Het product leidt tot inzicht in structuur(opbouw) in een watersysteem;
  - Bij het opstellen van de methodiek wordt gebruik gemaakt van bestaande kennis en data.
- Het beschrijven van de meetmethode(n) voor structuurparameters om dataverzameling te stroomlijnen en ervoor te zorgen dat data zo bruikbaar mogelijk zijn voor de opgestelde methodiek.
- Het uitwisselen van ervaringen/werkwijze tussen deelnemende waterschappen, en het gebruik van deze ervaringskennis bij het maken van de producten en het vormgeven van vervolgtrajecten.

Om de doelen te bereiken is het project begonnen met het definiëren van 'structuur' en het identificeren van belangrijke structuurparameters. In paragraaf 7.1 wordt ingegaan op het relatieve belang van de structuurparameters zoals die zijn beschreven in hoofdstuk 2. Oftewel, zijn bepaalde parameters bijvoorbeeld belangrijker dan anderen in het inzicht op structuur? Op basis van de ontvangen data van de geïdentificeerde parameters (middels cases)

werd duidelijk welke van deze parameters gemeten worden door de waterschappen en op welke wijze. Aan de waterschappen is gevraagd welke inspanning de monitoring kost en welke informatiedichtheid voor structuur dat oplevert. Op basis van deze informatie is een optimale balans tussen meetinspanning en informatieopbrengst geformuleerd (paragraaf 7.2). Bij de dataverzameling is gebleken dat het 'boven tafel' krijgen van de goede en volledige informatie niet makkelijk is (hoofdstuk 4). In paragraaf 7.3 worden de bevindingen hiervan samengevat en aanbevelingen gegeven. Na het verzamelen van de data zijn deze gevisualiseerd in kaarten. In paragraaf 7.4 wordt besproken of de gekozen visualisatietechniek een goed beeld geeft van de structuur van watersystemen, gerelateerd aan de behandelde cases. Tenslotte worde de bevindingen samengevat en geven een korte doorkijk naar het vervolgtraject van uitwerking van Habitatgeschiktheid (ESF 4) (paragraaf 7.5 en 7.6).

7.1 | ECOLOGISCH RELEVANTE STRUCTUURPARAMETERS

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke parameters van belang zijn voor structuur, en waarom. De keuze van de structuurparameters komt sterk overeen met ander (literatuur)onderzoek vanuit STOWA (Coops & Geest, 2016-W-02). Niet alle parameters zijn echter van even groot belang voor het bieden van structuur voor aquatische organismen en waterplanten. De ecologische relevantie van een parameter is bijvoorbeeld afhankelijk van het type systeem en de schaalgrootte waarop gekeken.

Het belang van de parameters wordt hieronder verwoord en in tabel 7.1 als oordeel (in een cijfer) weergegeven. Dit is gebaseerd op ervaringen met cases en literatuur, én op het oordeel van de deelnemende waterschappen van het consortium.
Belangrijk is om te beseffen dat de gekozen parameters te onderscheiden zijn in twee typen:
Parameters die fysieke structuur vormen/bieden op micro-, meso- of macroschaal. Dit zijn geometrie, strijklengte en golfslag, stroming, waterbodem, omgeving en connectiviteit. Vegetatie is een bijzondere parameter: het biedt structuur voor andere soortgroepen, én is zelf afhankelijk van habitatstructuur.
Parameters die van invloed zijn op de fysieke structuur. Dit zijn maai- en baggerbeheer.

7.1.1 | Parameters die structuur vormen/bieden

Geometrie is een parameter die in alle onderzochte systemen als zeer belangrijk wordt ervaren door zowel de waterschappers als het consortium. Het geeft inzicht in de fysieke vorm het watersysteem, de variatie daarin en in mogelijkheden voor vestiging van met name waterplanten (begroeibaar areaal).

Strijklengte en golfslag worden in lijnvormige wateren als minder belangrijk beschouwd. Zowel de waterschappers als het consortium geven dit aan. De strijklengte is klein en golfslag door wind speelt hier geen grote rol. Wel is de ligging van watergangen ten opzichte van de dominante windrichting van invloed op de verspreiding van bijvoorbeeld kroosdekken of waterplanten. Met een strijklengtekaart wordt dit echter niet goed in beeld gebracht. Daarnaast kan golfslag door boten in kanalen van grote invloed zijn. Het effect hiervan is echter niet in kaart gebracht vanwege het ontbreken van accurate data over scheepvaart in de cases. In plassen is strijklengte en de impact van golven op oevers zeer belangrijk bevonden door zowel de waterschappers als het consortium. Het heeft grote invloed op de mogelijkheden voor planten om te vestigen en bijvoorbeeld op de slagingskans van natuurvriendelijke oevers.

De **stromingssnelheid en -richting** blijkt vaak te variëren tussen in- en uitlaatsituatie/zomer-wintersituatie. Deze parameters kunnen van belang zijn voor de verspreiding van

zaden en plantendelen, vooral in lijnvormige wateren. Zowel de waterschappers als de consortiumleden geven aan dat deze parameters op zichzelf minder belangrijk zijn als structuurparameter in M-typen (meren en plassen), omdat deze systemen langzaam stromen en/of geen voorkeursrichting hebben. Het consortium is echter van mening dat de stromingsdynamiek bij voorkeur in veel gevallen toch meegenomen dient te worden, omdat die in combinatie met passeerbaarheid van kunstwerken inzicht geeft in de mogelijkheden voor verspreiding van soorten.

De **waterbodem** speelt een grote rol vanuit het oogpunt van structuur. De waterbodemsamenstelling (type en slibdikte) beïnvloedt direct de vestiging van waterplanten (kieming en worteling) en het voorkomen van macrofauna. Dit is voornamelijk belangrijk in ondiepere zones, waar de meeste macrofauna en macrofyten voorkomen. Deze structuurparameter wordt door de waterschappen iets minder belangrijk gevonden in diepe wateren dan in ondiepe- en lijnvormige wateren.

De parameters die in de categorie **omgeving** zijn uitgewerkt, worden belangrijker gevonden door de waterschappen in lijnvormige wateren dan in meren en plassen. Door relatief grote oeverlengte in lijnvormige wateren, is de invloed van de omgeving ook groter. Het oevertype wordt door het consortium belangrijker ingeschat dan de waterschappen, omdat de inrichting van een oever grote invloed heeft op vestigingsmogelijkheden voor planten en dieren. Dit heeft een directe relatie met de oevergeometrie van het systeem. De schaduwkaart gaf goed inzicht in beschaduwing van de oeverzone. In meren en plassen speelt schaduw buiten de oeverzone geen rol, terwijl voor lijnvormige wateren het gehele oppervlak onder invloed van schaduw kan staan. Vooral op microschaal is dit van grote invloed.

Connectiviteit wordt erg belangrijk gevonden door zowel de waterschappers als de consortiumleden, maar is moeilijk in kaart te brengen. De gemaakte kaarten in dit project geven weinig inzicht in connectiviteit, omdat van elk kunstwerk niet duidelijk is of het passeerbaar is of niet. Het is aan te bevelen om, met behulp van expert kennis of metingen, in een database over kunstwerken aan te geven of een kunstwerk passeerbaar is of niet (als metadata).

De bedekking van **vegetatie** geeft goed inzicht in zowel de huidige vegetatietoestand als in de aanwezigheid van structuren voor macrofauna en vis. Deze parameter wordt dan ook als belangrijk benoemd door de waterschappers en de consortiumleden. De soortendiversiteit wordt als minder belangrijk beschouwd door de waterschappers, omdat men de groeivorm als belangrijker beschouwd dan de daadwerkelijke soort. Het consortium vindt de soortendiversiteit echter wel een belangrijke structuurparameter, omdat uit verschillende onderzoeken blijkt dat een diversiteit aan planten leidt tot een grotere diversiteit aan macrofauna en vis (Thomaz & Cunha, 2010).

Parameters met invloed op structuur

Beheer en onderhoud heeft direct invloed op aanwezige structuur. Het is uiteraard alleen zinvol deze parameters in beeld te brengen in systemen waar beheer en onderhoud plaatsvindt. Dit is vaker in lijnvormige systemen dan in meren en plassen. In meren en plassen wordt vaak geen maaibeheer van onderwatervegetatie uitgevoerd en is baggerbeheer beperkt tot de vaargeulen.

TABEL 7.1 | *Oordeel van het belang van structuurparameters. Zowel het oordeel van de deelnemende waterschappen (gemiddelde) als van het consortium is opgenomen. Er is een schaal van 1-5 gebruik, waarbij 1 = onbelangrijk, 5 = zeer belangrijk.*

Kaart	Oordeel waterschappen		Oordeel consortium	
	Gemiddelde plas/meer (n=3)	Gemiddelde lijnvormig (n=3)	Plas/meer	Lijnvormig
Geometrie				
Diepte	5,0	4,7	5	4
Breedte	3,7	3,3	1	4
Talud 4,5	5,0	4	5	
Begroeibaar areaal submers	4,7	3,3	5	4
Begroeibaar areaal emers en drijfbladplanten	4,7	3,3	5	4
Strijklengte en golfslag				
Strijklengte	3,3	3,0	5	1
Stroming				
Stromingssnelheid	5,0	2,3	1	3
Stromingsrichting	2,0	3,3	1	3
Waterbodem				
Waterbodemtype	4,0	5,0	5*	5*
Slibdikte	4,0	4,3	5	5
Omgeving				
Bodemgebruik	3,3	5,0	3	4
Schaduw wateroppervlak	3,7	4,0	1	4
Schaduw oever	3,3	4,0	3	3
Oevertype	2,0	4,0	4	5
Connectiviteit				
Passeerbaarheid	2,0	3,3	5*	5*
Vegetatie				
Soortenrijkdom van planten	3,3	4,7	3	3
Lokale bijdrage van planten aan de beta-diversiteit	4,7	3,3	4	4
Bedekking van functionele groepen	5,0	3,7	4	4
Bedekking van elke individuele functionele groep	5,0	4,7	5	5
Beheer				
Baggerbeheer	3,3	4,7	3**	5**
Maaibeheer	3,7	4,7	1**	5**

* Passeerbaarheid en waterbodem is zeer belangrijke als structuurparameter. De visualisatie in dit project heeft echter geen goed zicht op structuur met betrekking tot passeerbaarheid en waterbodem opgeleverd in verband met het ontbreken van informatie over passeerbaarheid per kunstwerk, en informatie over de fysische eigenschappen van de waterbodem.

** Dit oordeel is gebaseerd wanneer er inzicht is in het daadwerkelijk uitgevoerde beheer en onderhoud.

7.2 | MEETMETHODIEKEN

In hoofdstuk 3 is beschreven welke meetmethoden er beschikbaar zijn voor elk van de parameters, wat de meetinspanning is en hoeveel zicht dat geeft op structuur. Meerdere waterschappen hebben aangegeven graag een (uniforme) methodiek aangereikt te krijgen om structuurparameters in beeld te brengen, welke zoveel mogelijk aansluit op bestaande monitoringsmethodieken. Uit de gegevens en ervaringen van deelnemende waterschappen is een advies te geven over de meest optimale verhouding tussen meetinspanning en zicht op structuur. Dit advies is uitgebreider beschreven in hoofdstuk 3. Samengevat wordt de waterschappen aangeraden de volgende metingen uit te voeren voor een goed zicht op structuur:
Voor (smalle) lijnvormige watersystemen geven dwarsprofielen goede informatie over de **geometrie** van een systeem. Wel is hierbij een aandachtspunt om de reële geometrie in beeld te brengen. De legger is weliswaar beschikbaar, maar de werkelijkheid wijkt vaak af van de legger, bijvoorbeeld door erosie en slibaanwas. Voor grotere meren wordt een eenmalige inmeting met gedetailleerdere sonarbeelden aangeraden. Puntmetingen hebben in alle gevallen een te laag informatiegehalte.

Voor niet-lijnvormige wateren is een strijklengtekaart belangrijk, eventueel aangevuld met een golfslagkaart (in geval wind een dominante rol speelt in het ecosysteem). Het maken van deze kaarten kost voornamelijk rekentijd (weinig meetinspanning). Voor lijnvormige wateren geldt dat strijklengte en golfslag door wind niet tot nauwelijks een rol speelt.

Stroming in lijnvormige watersystemen wordt het best inzichtelijk via een SOBEK-model dat gekalibreerd is op een historische neerslagreeks. In meren en plassen is het maken van kaarten van de stroming niet nodig. Stroming is daar vaak niet dominant.

Het bepalen van het type **waterbodem** via sonar is aan te raden wanneer variatie in waterbodemtype binnen een systeem vermoed wordt. Waar vertroebeling door slib een probleem is, of waar bekend is dat slib een belemmering lijkt in de vestiging van waterplanten is het aan te raden een vlakdekkende meting van de slibdikte te doen (sonar). In overige gevallen zijn puntmetingen voldoende. De meetfrequentie is afhankelijk van de dynamiek van het watersysteem.

Het eenmalig vlakdekkend in kaart brengen van de **omgeving** en het aanwezige oevertype is zeer nuttig. In sloten en kanalen is het altijd verstandig de invloed van schaduw te bepalen, net als in meren en plassen met veel bomen rondom het water.

Het is aan te raden voor elk systeem **connectiviteit** in beeld te brengen. Door de passeerbaarheidskaart te combineren met de stroomrichtingskaart en alleen de stroom-afwaartse blokkades weer te geven (waarvan met behulp van expert knowledge een weging is gegeven aan de mate van blokkade) wordt met een relatief geringe meetinspanning het informatiegehalte van de passeerbaarheidskaart sterk verhoogd.

Het wordt aangeraden om de structurele complexiteit van **vegetatie** vlakdekkend (oever) in kaart te brengen. Nieuwe technieken, zoals echosounding, remote sensing of het gebruik van hyperspectrale drones lijken daarvoor veelbelovend. Voor een goed zicht van het beheer en onderhoud op structuur in een watersysteem is het van belang om het daadwerkelijk uitgevoerd beheer en onderhoud inzichtelijk te hebben. Het is opvallend dat waterschappen geen informatie hebben kunnen leveren over het uitgevoerd **beheer en onderhoud**. Er is wel informatie over gepland beheer, maar het daadwerkelijk uitgevoerde beheer is niet bekend. En juist het uitgevoerde beheer is van groot belang, waarbij tijdstip en ruimtelijke

variatie maar ook het gebruikte materieel impact hebben op de habitatstructuur. Het is aan te raden voor waterbeheerders om het daadwerkelijk uitgevoerde beheer te registeren ten behoeve van watersysteemanalyses.

7.3 | DATABESCHIKBAARHEID EN –BRUIKBAARHEID

Data zijn de drijvende kracht achter inzicht. Alleen met goed verzamelde en goed ontsloten data kan inzicht verkregen worden. In dit project is dat duidelijk gebleken: er is een directe relatie tussen de hoeveelheid beschikbare data, de bruikbaarheid van de data en het zicht op structuur dat eruit volgt. Cases met weinig meetpunten, en puntmetingen met een lage dichtheid leveren veel minder informatie op dan cases waarvan veel data (van verschillende parameters) aangeleverd zijn en/of waar vlakdekkende informatie is.

In hoofdstuk 4 is ingegaan op de problemen die zich voordoen bij het omzetten van gegevens naar informatie. Het blijkt dat voor de meeste casussen veel van de benodigde gegevens beschikbaar waren. De waterschappen geven aan dat het opvragen van de data relatief weinig tijd kost. Vooral data die binnen de eigen afdeling aanwezig zijn, zijn snel voorhanden. Data vanuit andere afdelingen, zoals beheergegevens, kostte meer inspanning om op te vragen. Echter, de data waren vaak niet in het juiste bestandsformaat of werden zonder goede metadata opgeleverd. In het project bleek veel data beschikbaar in rapporten, PDF bestanden of Word-documenten, vaak zonder metadata. Hierdoor blijven waardevolle data onbenut.

Enkele waterschappen hebben aangegeven dat ze, als ze van tevoren hadden geweten dat door gebrek aan bruikbare data dit weinig zicht op structuur in hun case heeft opgeleverd, ze een andere case hadden ingebracht. Voor dit project is het echter zinvol geweest om deze cases wel mee te nemen, omdat daarmee duidelijk is geworden wanneer er géén goed zicht op structuur verkregen kan worden.

Om data om te kunnen zetten in informatie (en deze informatie vervolgens te kunnen interpreteren en begrijpen, waardoor kennis ontstaat) is het van belang dat data op een goede manier worden opgeslagen. (Borer, *et al.*, 2009) geven een aantal praktische richtlijnen voor een effectief beheer van (ecologische) data. Een belangrijke richtlijn is om altijd gebruik te maken van goede metadata. Metadata geven de informatie over het 'wie, wat, waar, wanneer, waarom en hoe' een (ecologische) dataset is verzameld. In dit project bleken metadata echter vaak te missen. Tevens wordt aangeraden om data op te slaan in een bewerkbare vorm (database).

7.4 | VISUALISATIE ZICHT OP STRUCTUUR

7.4.1 | Methodiek visualisatie

Om een uniforme methode te ontwikkelen is gebruik gemaakt van zoveel mogelijk verschillende cases. Dit betekent dat zoetwatersystemen systemen verspreid door Nederland zijn gekozen; lijn- en vlakvormige wateren, in landelijk en stedelijk gebied én wateren met veel en weinig meetpunten. De set van 9 cases bevat deze variatie. Daarmee is getest in hoeverre de gevolgde methodiek toepasbaar was voor veel verschillende omstandigheden. En dit heeft inzicht opgeleverd.

In dit project is gekozen om de structuurparameters op kaart weer te geven. Zo wordt ruimtelijk inzicht in de structuur gecreëerd, wat niet lukt met bijvoorbeeld tabellen. Grafieken en (frequentie)tabellen zijn wel een zinvolle aanvulling om de structuur te kwantificeren en/of watersystemen te vergelijken met elkaar.

Voor het succesvol visualiseren van structuurparameters is de beschikbaarheid van data én de meetpuntdichtheid in een watersysteem belangrijk. Hieronder wordt het belang van 'vlakdekkende' informatie besproken. Daarna wordt ingegaan op de wensen vanuit waterbeheerders om afzonderlijke parameters te combineren in één kaart. Tenslotte wordt de vraag in hoeverre de visualisatie een goed zicht geeft op structuur besproken.

7.4.2 | Meetpuntdichtheid

De kaarten met vlakdekkende informatie geven het beste zicht op de structuurparameters, op alle schaalniveaus. De kaart geeft inzicht op macro- en mesoschaal, en bij inzoomen op een gebied kan ook de weergegeven parameter op standplaatsniveau worden 'afgelezen'. Bij puntmetingen is het vaak niet mogelijk om een extra- of interpolatie uit te voeren naar een geheel gebied en zal uitspraak over structuur voor een geheel watersysteem voor een groot deel gebaseerd zijn op inschatting (in plaats van metingen en/of inventarisatie). De uitspraak wordt hiermee minder betrouwbaar.

Op basis van de beschikbaar gestelde gegevens blijkt het voor slechts een paar structuurparameters mogelijk om een vlakdekkend beeld te maken: strijklengte, bodemgebruik en schaduw. Deze kaarten kunnen gemaakt worden met algemeen beschikbare informatie. Indien een SOBEK model beschikbaar is, kunnen ook de parameters stroomsnelheid en -richting vlakdekkend worden gevisualiseerd. Voor de overige parameters geldt dat het afhankelijk is van de meetmethodiek van de waterschappen in hoeverre vlakdekkende kaarten te maken zijn. Gegevens over geometrie en slibdikte kunnen met behulp van sonar redelijk eenvoudig (eenmalig) zeer nauwkeurig worden ingemeten om een goed en vlakdekkend beeld te krijgen op alle schaalniveaus. Vegetatie is op soortniveau lastig vlakdekkend in beeld te brengen, omdat deze parameter op kleine schaal erg kan variëren (lokale heterogeniteit), maar op het niveau van functionele groepen is dit in potentie wel mogelijk. Wetterskip Fryslân heeft dit al gedaan. Indien puntmetingen van bedekking en soortensamenstelling in (te) lage dichtheid zijn uitgevoerd, geven ze geen goed zicht op structuur, juist vanwege de lokale heterogeniteit. In de huidige KRW systematiek bestaat geen indeling in groeivormen. Soortdiversiteit is hier een benadering voor.

De puntmetingen zijn wel zinvol voor het bepalen van de zogenaamde alpha- en beta-diversiteit. Deze parameters geven de variatie van vegetatie lokaal (alpha-diversiteit) en binnen een gebied (beta-diversiteit) aan.

7.4.3 | Combineren structuurparameters

In dit project zijn kaarten gemaakt van de afzonderlijke parameters. Het bleek in de looptijd van het project niet mogelijk om parameters te combineren in de visualisaties. Alle kaarten zijn echter digitaal in GIS opgeleverd en waterschappen kunnen zelf combinaties van de parameters maken in hun GEO-applicatie, afhankelijk van hun specifieke vragen en wensen. Het combineren van de kaarten is daardoor gemakkelijk uit te voeren.

Aan de waterbeheerders is gevraagd welke kaarten ze in de toekomst gecombineerd zouden willen zien. Wetterskip Fryslân zou graag een kaart zien waarop de relatie gelegd kan worden tussen oevertype en aanwezige vegetatie. Indien er meerdere meetjaren zijn kan door middel van animatie de ontwikkeling van de vegetatie in kaart worden gebracht. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden geeft aan dat één kaart voor stromingssnelheid en -richting een beter overzicht geeft dan de twee losse kaarten. Op basis van de gegevens uit SOBEK is dit echter niet op een overzichtelijke manier te doen. Het kan handmatig, maar dit is zeer arbeidsintensief. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden stelt ook één kaart voor

het talud voor. Voor het in kaart brengen van grote gebieden is dit niet haalbaar; de meetpunten liggen zo dicht op elkaar dat het niet meer onderscheidend is. Voor kleinere gebieden is dit wel toepasbaar. HH Rijnland tenslotte ziet graag diepte en strijklengte samengevoegd tot een golfslagkaart.

7.4.4 | Hoe goed is het zicht op structuur?

Een belangrijke vraag aan de waterschappen was of ze met de set van kaarten goed zicht op structuur hebben gekregen in hun case. De ervaringen zijn wisselend. Duidelijk is dat de waterschappen die goed bewerkbare data op hebben geleverd, de meeste kaarten en daarmee ook het meeste inzicht hebben gekregen. Voor cases met slechts twee meetpunten blijkt het zeer moeilijk om goed inzicht te krijgen in de (ruimtelijke variatie van) structuur in het systeem. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden is van mening dat de kaarten van toegevoegde waarde zijn, net als Waterschap Rivierenland en Hoogheemraadschap van Rijnland. Ook Waterschap Hollandse Delta is positief en gaat de informatie over strijklengte direct gebruiken in de locatiekeuze voor natuurvriendelijke oevers. Waterschap Hollandse Delta geeft echter wel aan dat er meer te halen is uit de aangeleverde informatie, maar dat dat op dit moment niet mogelijk was door het format van de data. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier geeft aan dat zij de aanpak meer geschikt vindt voor macroschaal dan voor meso- en microschaal. Achteraf had ze liever een andere case gekozen (een groter boezemsysteem met veel meetpunten). Een systeem met weinig meetpunten levert geen goed zicht op structuur. Rijnland heeft het creëren van overzicht als nuttig beschouwd, maar geeft aan dat het maken van bijvoorbeeld frequentietabellen in sommige gevallen meer inzicht kunnen geven dan de kaarten. Wetterskip Fryslân heeft vegetatiegegevens van dominante groepen aangeleverd, in plaats van de standaard KRW opnames. Deze vlakdekkende informatie levert veel inzicht op indien deze vegetatielagen afzonderlijk bekeken worden. Het is dan echter niet mogelijk de functionele groepsverdeling te bekijken.

7.5 | CONCLUSIE

Hieronder wordt beschreven in hoeverre de gestelde doelen van het project zijn behaald.
Opstellen van een methodiek waarmee de structuur van een watersysteem zo goed mogelijk in beeld gebracht kan worden.

In dit project zijn de relevante parameters om habitatstructuur te omschrijven gedefinieerd. Dit is een complete set van structuurparameters die getoetst is aan (inter)nationaal onderzoek. De parameters zijn onderverdeeld in parameters die fysieke structuur bieden én parameters die van invloed zijn op fysieke structuur. Aan de hand van uitgewerkte cases is duidelijk geworden hoe belangrijk elk van de parameters is voor een goede ecologische kwaliteit (zie tabel 7.1).

Er is gekozen voor een visualisatiemethodiek met kaarten. Daarnaast zijn diverse mogelijkheden gepresenteerd om de data op een andere wijze weer te geven, bijvoorbeeld in taartdiagrammen. Het in beeld brengen van structuur van een watersysteem is direct afhankelijk van de beschikbare data. De methodiek blijkt niet te voldoen voor cases waar weinig data beschikbaar zijn. Dit project heeft duidelijk gemaakt dat waterbeheerders voor veel watersystemen nog een grote stap moeten zetten in het verzamelen, managen en ontsluiten van data. Er zijn aanbevelingen gedaan voor monitoring van de relevante parameters, zodat data gegenereerd kunnen worden ten behoeve van zicht op structuur.

Gedurende het project is besloten om, gezien de beschikbare tijd en budget, de afzonderlijke parameters te visualiseren. Een volgende stap is om, afhankelijk van specifieke vragen die er

voor een watersysteem leven, kaarten verder te combineren. De gegevens zijn zodanig opgeleverd dat waterschappen daar zelf mee aan de slag kunnen.

De kaarten zijn geproduceerd op macroschaal; een heel watersysteem is weergegeven. Door in te zoomen op de kaart ontstaat zicht op meso- en microschaal. Dit is goed mogelijk bij vlakdekkende informatie; dan kan naar elk willekeurig punt gekeken worden. Bij puntmetingen is het zicht op structuur op mesoschaal lastig, doordat slechts op microschaal informatie beschikbaar is. Dit is een algemeen probleem van KRW monitoring: in hoeverre kunnen standplaats gegevens gebruikt worden om een uitspraak te doen op waterlichaam (mesoschaal) niveau. De ruimtelijke heterogeniteit in puntgegevens laat zien, dat dit vaak een uitspraak is met een behoorlijke onzekerheid. Tegelijkertijd is er steeds meer behoefte om watersystemen op grotere schaal te beschouwen.

- Het beschrijven van de meetmethode(n) voor structuurparameters om dataverzameling te stroomlijnen en ervoor te zorgen dat data zo bruikbaar mogelijk zijn voor de opgestelde methodiek.

Op basis van bestaande meetmethoden van waterschappen, gekoppeld aan de data en informatie die dat op heeft geleverd, zijn aanbevelingen gedaan over de optimale balans tussen de meetinspanning en het informatiegehalte.

- Het uitwisselen van ervaringen / werkwijze tussen deelnemende waterschappen, en het gebruik van deze ervaringskennis bij het maken van de producten en het vormgeven van vervolgtrajecten.

Dit project was een samenwerking van negen waterschappen, STOWA en een consortium van drie partijen. Hierbij is een bottom-up approach gekozen: de input en ervaringen van waterbeheerders zijn belangrijk om te toetsen of producten en uitkomsten bruikbaar, herkenbaar en praktisch toepasbaar zijn. In het project zijn daarom meerdere bijeenkomsten geweest met alle deelnemers. In een startoverleg is gesproken over ecologisch relevante parameters en is een keuze gemaakt voor de cases. Vervolgens zijn de gegevens van deze cases opgevraagd bij de waterschappen en in een inloopsessie, kort daarna, is 1-op-1 gesproken over de bruikbaarheid en volledigheid van de gegevens. Het bleek vaak een uitdaging om alle benodigde data ‘boven tafel’ te krijgen. Het project heeft dan ook (onderlinge) discussie aangewakkerd van uniformiteit in monitoring en datamanagement. In een werksessie is de uitwerking de wijze van visualisatie aan de hand van twee uitgewerkte cases gepresenteerd aan de gehele groep, waarna ook de rest van de cases zijn uitgewerkt. In wederom een inloopsessie zijn de resultaten besproken met de waterbeheerders. Het commentaar daarop en de aanbevelingen daarover zijn verzameld tijdens de inloopsessie, maar ook via een vragenlijst. Het commentaar is meegenomen in dit rapport. Het project eindigt in een symposium waarbij ervaringen teruggekoppeld en uitgewisseld worden. Hierbij zijn ook andere waterschappen uitgenodigd.

Naast de gezamenlijke overleggen is er nauw 1-op-1 overleg met de waterschappen geweest, voornamelijk bij het verzamelen van data. Tevens is het consortium meerdere malen bijeengekomen in zogenaamde samenwerkdagen.

Het project heeft geleid tot uitwisseling en verspreiding van kennis omtrent habitatstructuur. Tevens heeft het project reeds geleid tot initiatieven voor vervolgwerkzaamheden.

7.6 | VOORTZETTING ZICHT OP STRUCTUUR IN UITWERKING HABITATGESCHIKTHEID (ESF 4)

In Zicht op Structuur zijn goede stappen gezet om grip te krijgen op de fysieke structuur in watersystemen. Structuurparameters zijn geïdentificeerd en hun belang is beschreven. De benodigde vervolgstap is duidelijk: een oordeel geven over de aanwezige structuur. Een beoordeling is noodzakelijk om in te zien welke maatregelen er nodig zijn met betrekking tot structuur voor een goede ecologische kwaliteit.

Is er voldoende structuur? En in de juiste vorm? Voor welke soortgroepen mist een essentieel type structuur? Dit zijn allemaal vragen die in een vervolgtraject, bij het uitwerken van Habitatgeschiktheid (ESF 4), aan de orde komen. Het product zal een praktisch instrument zijn, onderbouwd met wetenschappelijke én ervaringskennis, waarin structuur in een watersysteem beoordeeld kan worden.

BIBLIOGRAFIE

Akasaka, M. & Takamura, N., 2011. The relative importance of dispersal and the local environment for species richness in two aquatic plant growth forms. Oikos, Issue 120(1), pp. 38-46.

Amoros, C. & Bornette, G., 2002. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains.. Freshwater Biology, Issue 47(4), pp. 761-776.

Anderson, M. R. & Kalff, J., 1988. Submerged aquatic macrophyte biomass in relation to sediment characteristics in ten temperate lakes. Freshwater Biology, pp. 115-121.

Arcadis, 2011. Verbetering van de ecologische waterkwaliteit van de Weteringen: onderzoek naar de bijdrage van kwaliteitsbaggeren, sl: Arcadis.

Arthaud, F., 2013. Short-term succession of aquatic plant species richness along ecosystem productivity and dispersal gradients in shallow lakes. Journal of Vegetation Science, Issue 24(1), pp. 148-156.

Azovsky, A. J., 2009. Structural complexity of species assemblages and spatial scale of community organization: A casus study of marine benthos. Ecological Complexity, Issue 6(3), pp. 308-315.

Bakker, E. S. *et al.*, 2013. Restoring macrophyte diversity in shallow temperate lakes: biotic versus abiotic constraints. Hydrobiologia, Issue 710(1), pp. 23-37.

Beisner, B. E. *et al.*, 2006. The role of environmental and spatiial processes in strcturing lake communities form bacteria to fish. Ecology, Issue 87(12), pp. 2985-2991.

Bell, S. S., McCoy , D. & Mushinky, H. R., 1991. Habitait structure: the physical arrangement of objects in space. Chapman and Hall.

Bijkerk, R., 2010–28. Handboek hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren, Amersfoort: STOWA.

Borer, E., Seabloom, E., Jones, M. & Schildhauer, M., 2009. Some simple guidelines for effective data management. Bulletin of the Ecological Society of Amerika, Volume 90, pp. 205-214.

Browne, G., Kwaadsteniet, P. d., Schmidt, G. & Kempen, J. v., 2016. Werken aan klimaatbestendige beken - Wat is het effect van beekbegeleidende beplanting op beektemperatuur?. H2O- online,, 18 03.

Brzezinski, T., Davidowicz, P. & Elert, E. v., 2010. The role of food quality in clonal succession in Daphnia: an experimental test. Oecologia, Issue 164(2), pp. 379-388.

Buscombe, D., Grams, P. E. & Smith, S. M. C., 2016. Automated Riverbed Sediment Classification Using Low-Cost Sidescan Sonar. J. Hydraul Eng-ASCE 142, 7.

Colwell, M. A. & Taft , O. W., 2000. Waterbird communities in managed wetlands of varying water depth. Waterbirds, Issue 23:, pp. 45-55.

Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S. & Nichols , S. A., 2016. Restoration and management of lakes and reservoirs. sl:CRC press.

Coops, H. & Geest , G. V., 2016-W-02. Habitat Suitability, an Ecological Key Factor in standing waters, Amersfoort: STOWA.

Cottenie , K. & Meester, L. d., 2003. Connectivity and cladoceren species richness in a metacommunity of shallow lakes. Freshwater Biology, Issue 45(5), pp. 823-832.

Crowder, L. B. & Cooper , W. E., 1982. Habitat Structural Complexity and the Interaction Between Bluegills and Their Prey. Ecology, Issue 63(6), pp. 1802-1813.

Crowl, T. e. a., 2008. The spread of invasive species and infectious disease as drivers of ecosystem change. Frontiers in Ecology and the Environment, Issue 6(5), pp. 238-246.

Dibble, E. & Thomaz, S., 2006. A simple method to estimate spatial complexity in aquatic plants. Brazilian Archives of Biology and Technology, Issue 49(3), pp. 421-428.

Dieter, C. D., 1990. The importance of emergent vegetation in reducing sediment resuspension in wetlands. Journal of Freshwater Ecology, pp. 467-473.

Dionne, M. & Folt, C., 1991. An experimental analysis of macrophyte growth forms as fish foraging habitat. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Issue 48(1), pp. 123-131.

DLG, 2007. Van Aardbeivlinder tot Zandhagedis. Actieplan bedreigde soorten Reconstructiegebied Noord- en Midden-Limburg. Soortenrapport. In opdracht van de Provincie Limburg., Roermond: DLG.

Dodds, W. K. & Biggs, B. J. F., 2002. Water velocity attenuation by stream periphyton and macrophytes in relation to growth form and architecture. Journal of the North American Benthological Society, Issue 21(1), pp. 2-15.

Donk, E. v. & Otte, A., 1996. Effects of grazing by fish and waterfowl on the biomass and species composition of submerged macrophytes. Hydrobiologia, Issue 340(1-3), pp. 285-290.

Eadie, J. M. & Keast, A., 1984. Resource heterogeneity and fish species-diversity in lakes.. Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie, Issue 62(9), pp. 1689-1695.

Emmerik, W. A. M. v., 2002. Effecten van natuurvriendelijke oevers op de visstand. Pilotstudy deel 2, Nieuwegein: Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij.

Emmerik, W. A. M. v. & Kranenbarg, J., 2001. Effecten van natuurvriendelijke oever op de visstand. Een pilotstudy, Nieuwegein: Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, RWS Directie Noord-Holland, RWS Direct Noord Brabant, Waterschap Hollands Kroon..

Fegraus, E., Andelman, S., Jones, M. & Schildhauer, M., 2005. Maximizing the value of ecological data with structured metadata; an introduction to ecological metadata language (EML) and principles for metadata creation. Bulletin of the Ecological Society of Amerika, Volume 86, pp. 158-168.

Geest, G. V. v. *et al.*, 2005. Water-level flunctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes. Hydrobiologia, pp. 239-248.

Gerven, L. P. v. *et al.*, 2015. Competition for Light and Nutrients in Layered Communities of Aquatic Plants. American Naturalist, Issue 186(1), pp. 72-83.

Gogh, I. v., 2014-30. Het onderste boven, Amersfoort: STOWA.

Gylstra, R. *et al.*, 2015. Baggeren en waterkwaliteit. Op zoek naar de optimale baggerfrequentie voor sloten in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. H2O-Online, 25 09.

Haga, H., Ohtsuka, T., Matsuda, M. & Ashiya, M., 2007. Echosounding observations of coverage, height, PVI, and biomass of submerged macrophytes in the southern basin of Lake Biwa, Japan. Limnology, Issue 8(2), pp. 95-10.

Heerdt, G. t. *et al.*, 2014. Waterplanten maaien, conserveren en verwerken, sl: sn

Heerman, L. & Borcherding, J., 2006. Winter short-distance mogration of juvenile fish between two floodplain water bodies of the Lower River Rhine. Ecology of Frashwater Fish, pp. 161-168.

Heikoop, L. J. E., Parrius, L. B. & Revet, W., 2003. Libellen en planten langs natuurvriendelijke oevers in Gouda. Brachytron, Issue 2(7), pp. 35-42.

Hensens, G. & Grimm, M. P., 2001. Overlast van waterplanten in diepe zwemplassen: een dilemma?: Stroombroek als voorbeeld, Deventer: Witteveen+Bos.

Hoogenboom, H., 2014. Aquatische ecologie in Nederland. Functioneren en beheren van zoete en brakke aquatische ecosystemen. sl:KNNV.

Jackson, H. O. & Starnett, W. C., 1959. Turbidity and sedimentation at Lake Chautauqua, Illinois. The Journal of Wildlife Management, pp. 157-168.

Kroes, M. & Monden, S., 2004. Vismigratie: Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland, Brussel: Ministerie van de Vlaamse gemeenschap, ANIMAL, afdeling Water.

Kurashov, E. A. *et al.*, 1996. Invertebrate communities associated with macrophytes in Lake Ladoga: effects of environmental factors. Hydrobiologia, Issue 322(1), pp. 49-55.

Kwaadsteniet, P. d., Berkel, T. v., Kruithof, A. & Pauw Kraan, E. v. d., 2014. Bomen en Baggerkosten.. Stadswerk magazine 10, pp. 8-19.

Lamers, L., Schep, S., Geurts, J. & Smolders, F., 2012. Erfenis fosfaatrijk verleden: helder water met woekerende waterplanten. H2O, Issue 44(13), pp. 29-31.

Lauridsen, T. L., Jeppesen, E. & Andersson, F. O., 1993. Colonization of submerged macrophytes in shallow fish manipulated lake Vaeng-impact of sediment composition and waterfowl grazing. Aquatic Botany, Issue 46(1), pp. 1-15.

Leeuwen, C. H. *et al.*, 2014. Hydrology, shore morphology and species traits affect seed dispersal, geminiation and communicty assembly in shoreline plant communities. Jourval of Ecology, pp. 998-1007.

Legendre, P., Borcard, D. & Peres-Neto, P. R., 2005. Analyzing beta diversity: Partitioning the spatial variation of community composition data. Ecological Monographs, Issue 75(4), pp. 435-450.

Legendre, P. & Caceres, M., 2013. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. Ecology Letters, 16(8), pp. 951-963.

Legendre, P., Caceres, M. D. & Borcard, D., 2010. Community surveys through space and time: testing the space–time interaction in the absence of replication. Ecology, Issue 91(1), pp. 262-272.

Levi, P. e. a., 2015. Macrophyte Complexity Controls Nutrient Uptake in Lowland Streams. Ecosystems, Volume 18(5), pp. 914-931.

McAbendroth, L. *et al.*, 2005. Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions?. Oikos, Issue 111(2), pp. 279-290.

Mueller, M. & Van der Valk, A., 2002. The potential role of ducks in wetland seed dispersal. Wetlands, Issue 22(1), pp. 170-178.

Nelson, W. G. & Bonsdorff, E., 1990. Fish predation and habitat complexity- are complexity tresholds real. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, Issue 141(2-3), pp. 183-194.

Nes, E. H. v., Scheffer, M., Berg, M. S. v. d. & Coops, H., 2002. Dominance of charophytes in eutrophic shallow lakes - when should we expect it to be an alternative stable state?. Aquatic Botany, Issue 72(3-4), pp. 275-296.

Nilsson, A. N., Elmberg, J. & Sjoberg, K., 1994. Abundance and species richness patterns of predaceous diving beetles (Coleoptera, Dytiscidae) in Swedish lakes. Journal of Biogeography, Issue 21(2), pp. 197-206.

Osté, A. J., Groot, B. d. & Dam, O. v., 2013. Handboek Hydromorfologie 2.0: afleiding en beoordeling hydromorfologische parameters Kaderrichtlijn Water, sl: Rijkswaterstaat.

Osté, L. A., 2011. Achtergronddocument bij de handreiking beoordelen waterbodems, Delft: Deltares.

OVB, sd Onderzoeksrapport OND 000109: 39 pp., sl: sn

Romare, P. *et al.*, 2005. Variation in spatial and temporal gradients in zooplankton spring development: the effect of climatic factors. Freshwater Biology, Issue 50(6), pp. 1007-1021.

Sarneel, J. M., 2010. Colonisation processes in riparian fen vegetation, Utrecht: Utrecht University.

Sarneel, J. M. & Soons, M. B., 2012. Post-dispersal probability of germination and establishment on the shorelines of slow-flowing or stagnant water bodies.. Journal of Vegetation Science, Issue 23:, pp. 517-225.

Scheffer, M., 2004. Ecology of shallow lakes. 22 red. London: Chapman & Hall..

Schep, S. A., Meijenfeldt, N. v. & Rip, W., 2012. Flexibel peil,. van denken naar doen, Utrecht: STOWA.

Shurin, J., 2000. Dispersal limitation, invasion resistance, and the structure of pond zooplankton communities. Ecology, Issue 81(11), pp. 3074-3086.

Snickars, M. *et al.*, 2010. Habitat selectivity of substrate-spawning fish: modelling requirements for the Eurasian perch Perca fluviatilis. Marine Ecology Progress Series, Issue 398, pp. 235-243..

Soesbergen, M. & Rozier, W., 2004. de betekenis van natuurvriendelijke oevers voor de Macrofauna. NEderlandse faunistische mededelingen, Issue 21, pp. 123-136.

Sollie, S., Brouwer, E. & Kwaadsteniet, P. d., 2011-19. Handreiking Natuurvriendelijke oevers. Een standplaatsbenadering., Amersfoort: STOWA.

Spiers, I. & Beers, M., 2013. Vissen met tunnelvisie. Onderzoek vispasseerbaarheid via PIT-telemetrie. Visionair., pp. 1-4.

STOWA, 2014. Ecologische sleutelfactoren, Amersfoort: STOWA 2014-19.

STOWA, 2014. Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling , Amersfoort: STOWA.

STOWA, 2014. Van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Deels aangepaste versie, Amersfoor: STOWA.

STOWA, 2015. Ecologische sleutelfactoren voor het herstel van onderwatervegetatie. Toepassing van de ecologische sleutelfactoren 1, 2 en 3 in de praktijk, Amersfoort: STOWA 2015-17.

Tauw, 2016. TRIMS helpt gebiedsbeheerders bij risicogestuurd beheer en onderhoud. [Online] Available at: http://www.tauw.nl/nieuws/artikel/trims-helpt-gebiedsbeheerders-bij-risicogestuurd-beheer-en-onderhoud/
[Geopend 22 November 2016].

Thomaz, S. & Cunha, E., 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity.. Acta Limnologica Brasiliensia,, Issue 22, pp. 218-236.

Vaate, A. d. & Vierssen, W. v., 1990. Licht en waterplanten: oorzaken van biomassafluctuaties van onderwatervegetaties in het Veluwemeer, Wageningen: Landbouwuniversiteit Wageningen, Vakgroep Natuurbeheer.

Verdonschot, R. C. M. *et al.*, 2016. Invloed van beekbegeleidende bomen op de ecologische kwaliteit van Noord-Brabantse beken.. H2O- online, 28 07.

Viaene, P., Vereecken, H. & Mostaert, F., 2001. Stromingsweerstand ten gevolge van waterplanten, sl: WL Rapporten.

Vijverberg, T., Winterwerp, J. C., Aarnickhof, S. G. J. & Drost, H., 2011. Fine sediment dynamics in a shallow lake and implication for design of hydraulic works. Ocean Dynamics, Issue 61, pp. 187-202.

BIJLAGEN

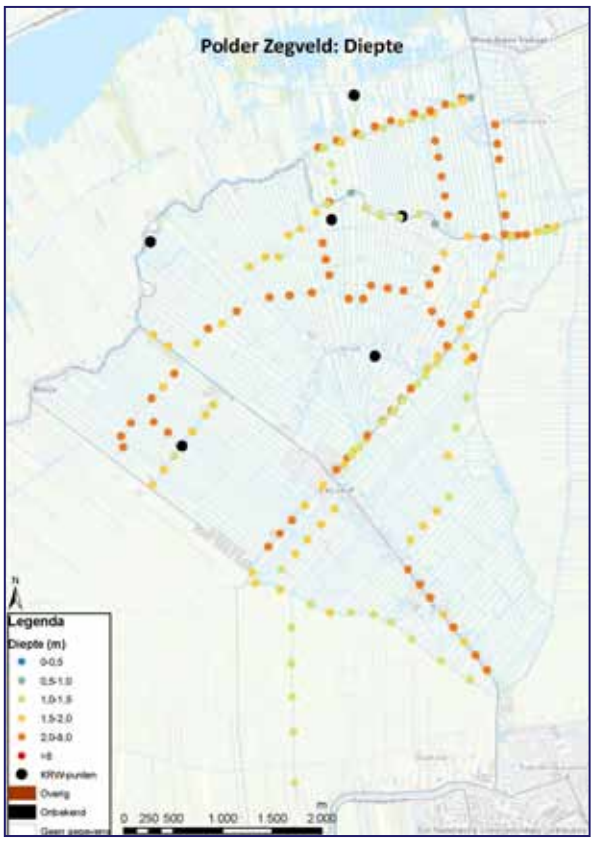
Bijlage 1: Inspanning vergaren gegevens
Bijlage 2: Kaarten Polder Zegveld
Bijlage 3: Kaarten Westboezem van Delfland
Bijlage 4: Kaarten Schulpvaart
Bijlage 5: Kaarten Capelle aan den IJssel
Bijlage 6: Kaarten Braakmankreek
Bijlage 7: Kaarten Slotermeer
Bijlage 8: Kaarten Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer
Bijlage 9: Kaarten Brielse Meer en Bernisse
Bijlage 10: Kaarten Kagerplassen

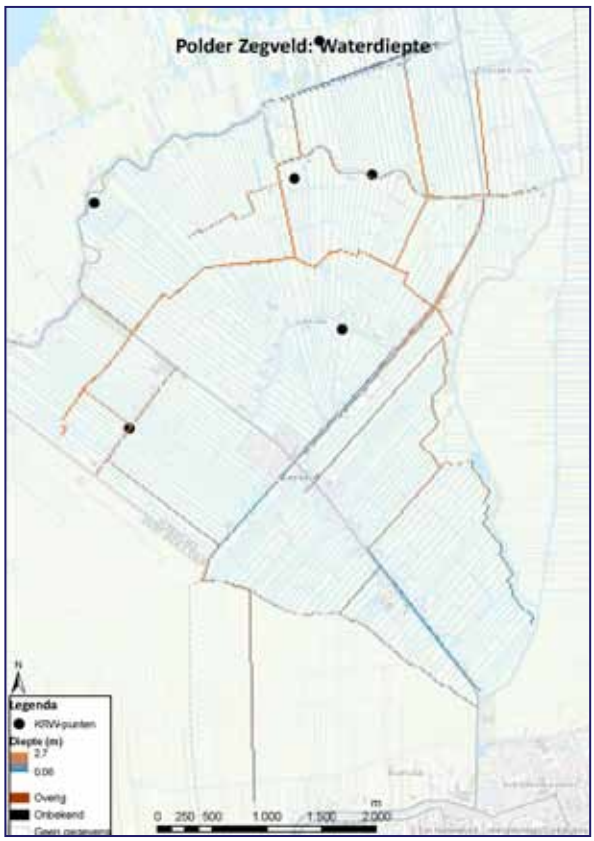
BIJLAGE 1 | INSPANNING VERGAREN GEGEVENS

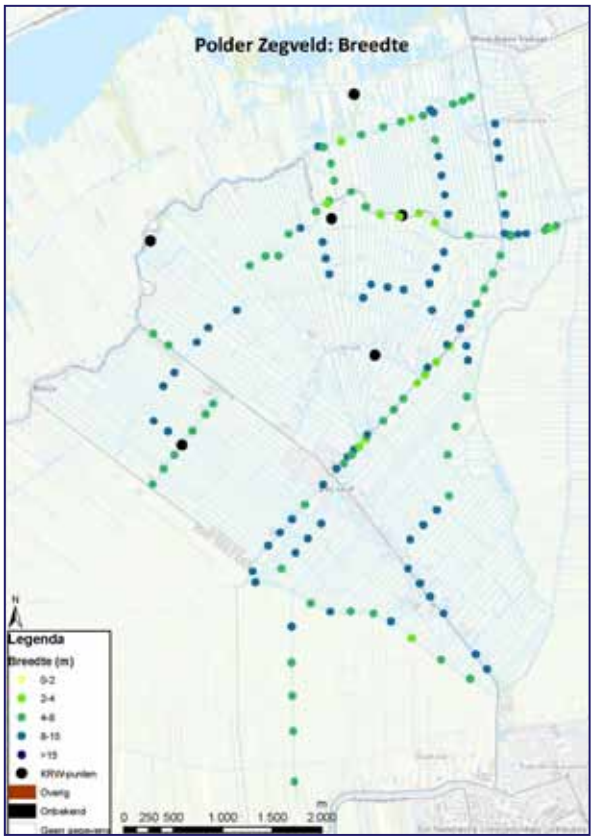
Categorie	Parameter	HHSK	HDSR	HHNK	HHD	Rijnland	WF-polderwater
Geometrie	Breedte watergang	Watersystemen, team beleid	Beheeregister		WH (Waterhuishouding)	Team monitoring en kerngegevens	Gegevensbeheer
	Waterdiepte	Watersystemen, team beleid	Beheeregister			Team monitoring en kerngegevens	Gegevensbeheer
	Taludkaart	Watersystemen, team beleid (bovenwater) of team realisatie (onderwater)	Beheeregister	Onderzoek			Gegevensbeheer
Stroming	Stroming		Afdeling OSA, Team Kennis	Onderzoek	WH (Waterhuishouding)	Team Integraal wateradvies	
Waterbodem	Waterbodemtype		Afdeling OSA, Team Kennis	Algemeen		Team monitoring en kerngegevens	LAB/Gegevensbeheer
	Slibdikte	Watersystemen, team realisatie	Beheeregister	Beheer	WSK (Watersysteemkwaliteit)		LAB/Gegevensbeheer
Omgeving	Oevertype	Watersystemen, team beleid plus ingehuurd bureau	Beheeregister	Algemeen		Team monitoring en kerngegevens	Gegevensbeheer
Connectiviteit	Passeerbaarheid	Geoinformatie	Beheeregister	GIS	WK (Waterkeringen)	Team Integraal wateradvies	Gegevensbeheer
Vegetatie	Aanwezigheid rietkragen					Team monitoring en kerngegevens	Gegevensbeheer
	Bedekking soortniveau	Watersystemen, team beleid	Afdeling OSA, Team Monitoring	Onderzoek	Watersysteemkwaliteit		
	Bedekking functionele groepen	Watersystemen, team beleid	Afdeling OSA, Team Monitoring	Onderzoek	Watersysteemkwaliteit	Team monitoring en kerngegevens	LAB/Gegevensbeheer
Beheer	Baggerbeheer	Watersystemen, team realisatie	Afdeling Waterbeheer	Beheer	Onderhoud Waterkeringen en Watergangen	Team monitoring en kerngegevens/ afd watersystemen	LAB/Gegevensbeheer
	Maaibeheer	Watersystemen, team beleid	Afdeling Uitvoering	Beheer	Onderhoud Waterkeringen en Watergangen	Team monitoring/ onderhoud	LAB/Gegevensbeheer

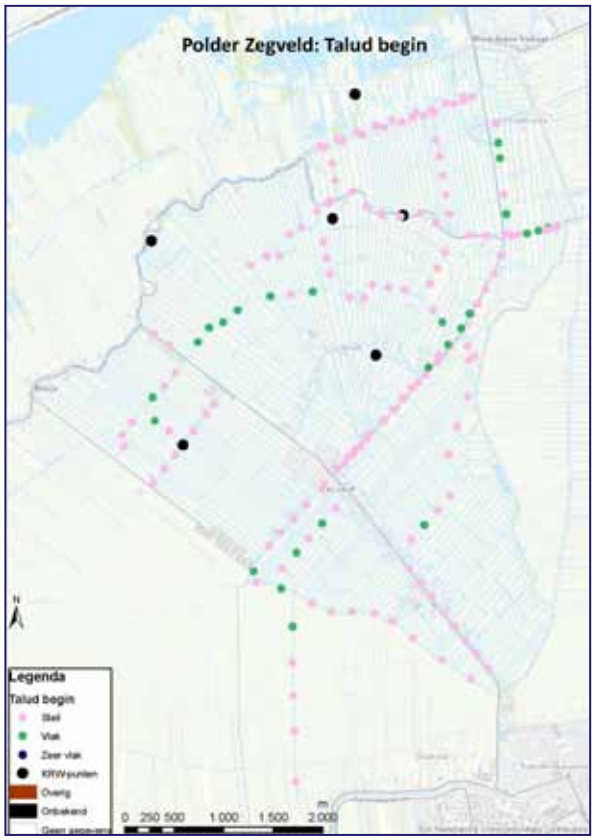
Inschatting van inspanning verkrijgen gegevens
Lage inspanning
Matige inspanning
Hoge inspanning

BIJLAGE 2 | KAARTEN POLDER ZEGVELD

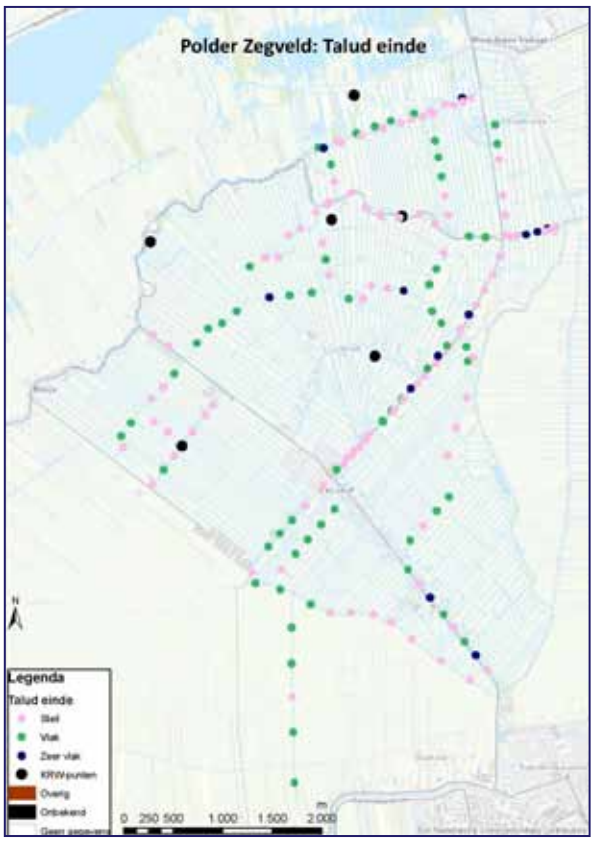


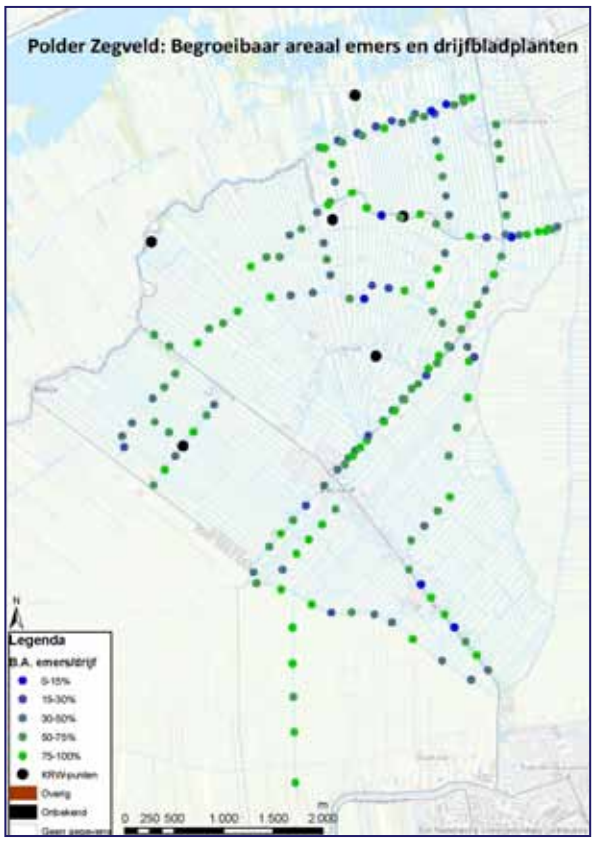


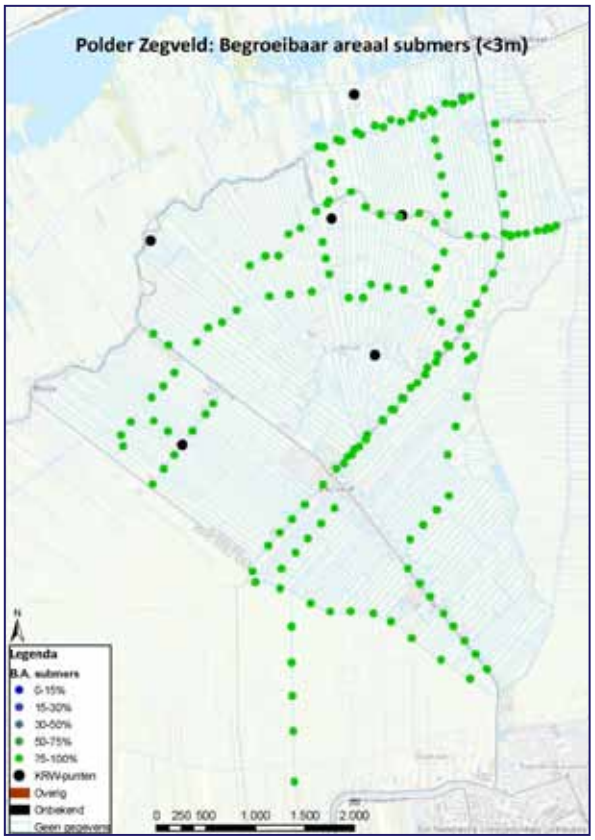


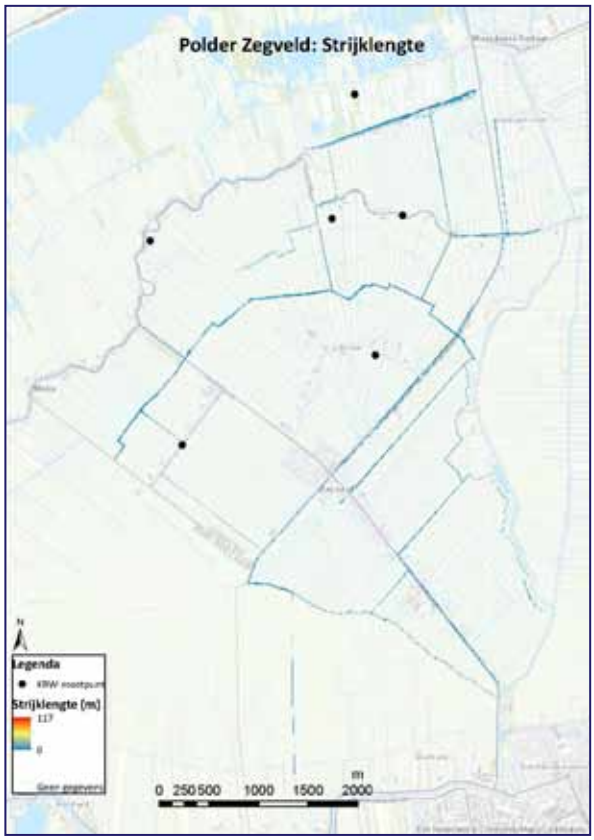


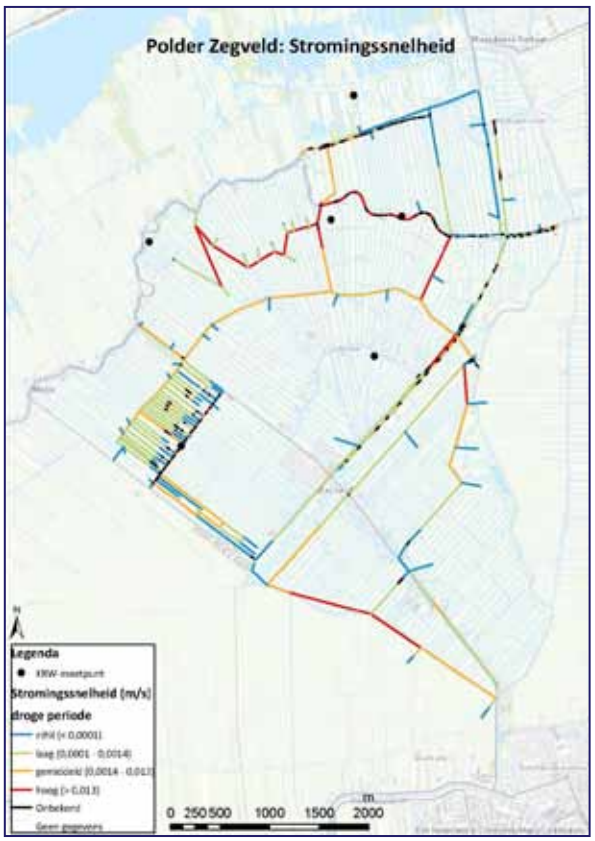
KAARTEN POLDER ZEGVELD

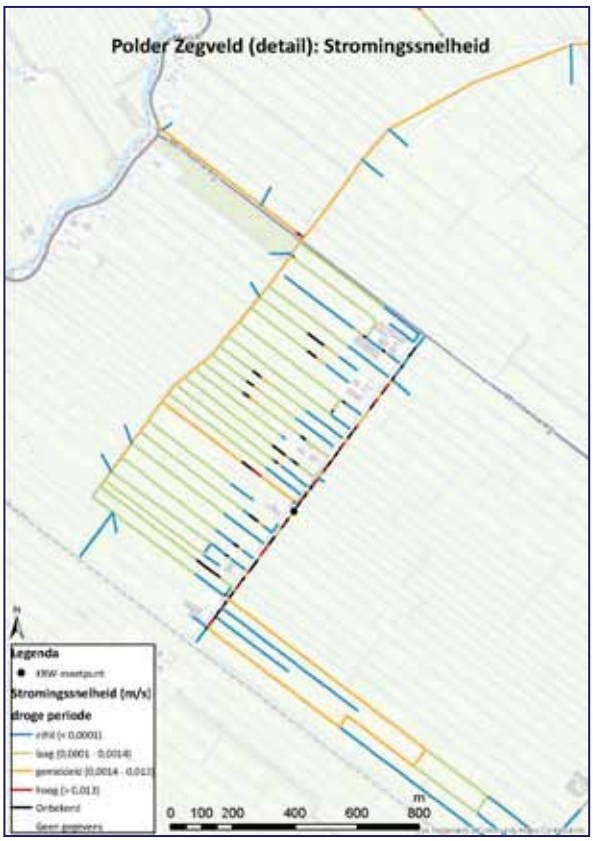


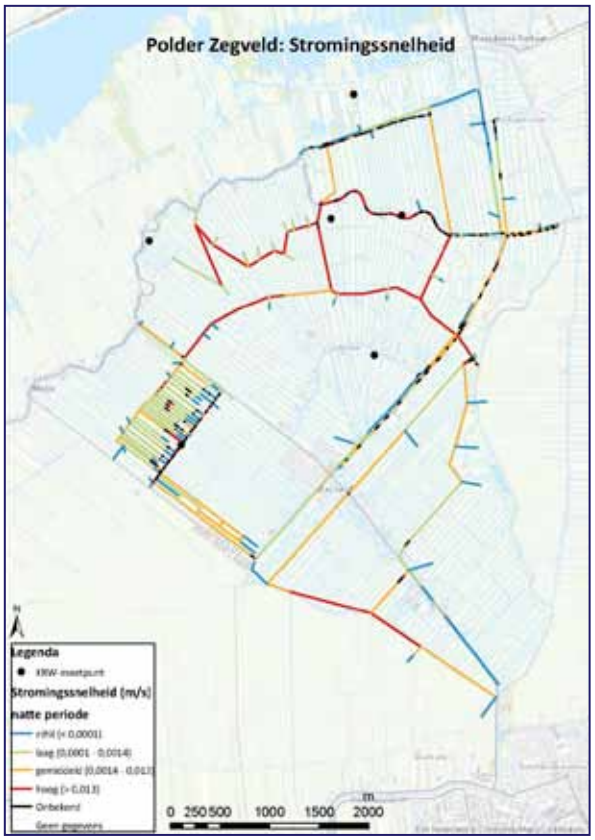


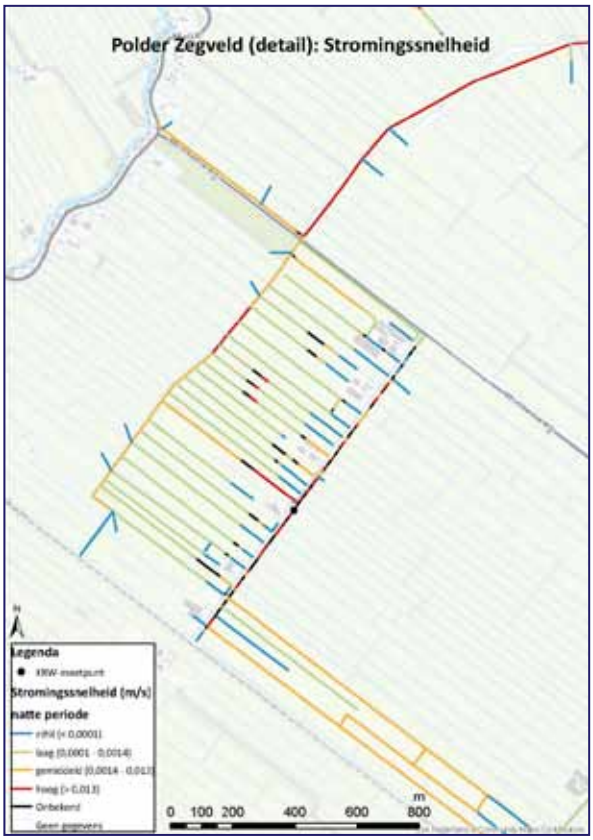




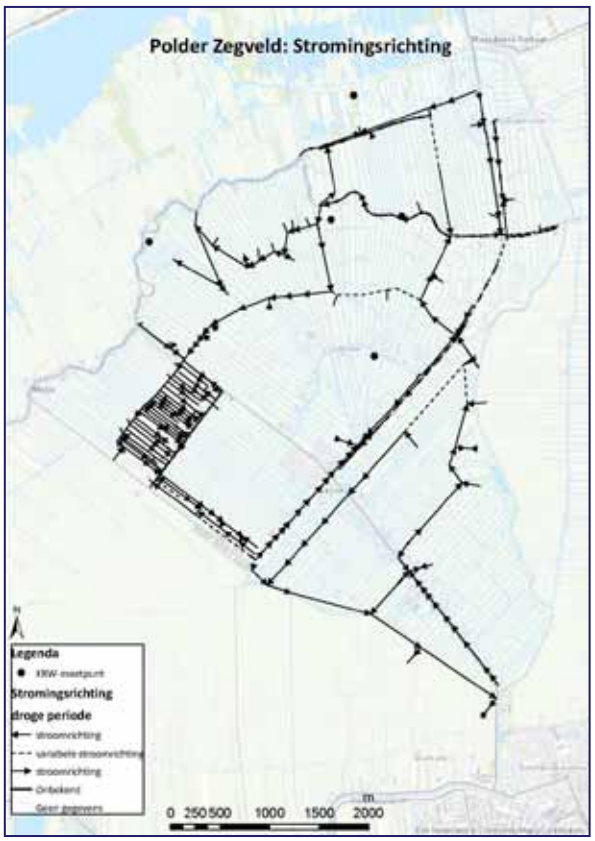

Polder Zegveld: Stromingssnelheid
Legenda
XRW-meetpunt
Stromingssnelheid (m/s)
droge periode
rdhl (< 0,0001)
laag (0,0001 - 0,0014)
gemiddeld (0,0014 - 0,013)
hoog (> 0,013)
Onbekend
Geen gegevens
0 250 500 1000 1500 2000
m

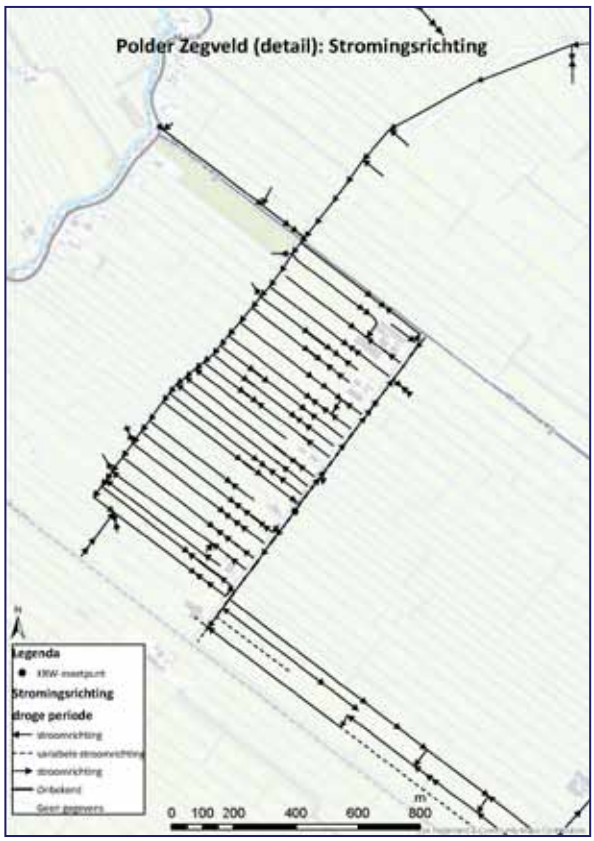

Polder Zegveld (detail): Stromingssnelheid
Legenda
XRW-meetpunt
Stromingssnelheid (m/s)
droge periode
rdhl (< 0,0001)
laag (0,0001 - 0,0014)
gemiddeld (0,0014 - 0,013)
hoog (> 0,013)
Onbekend
Geen gegevens
0 100 200 400 600 800
m

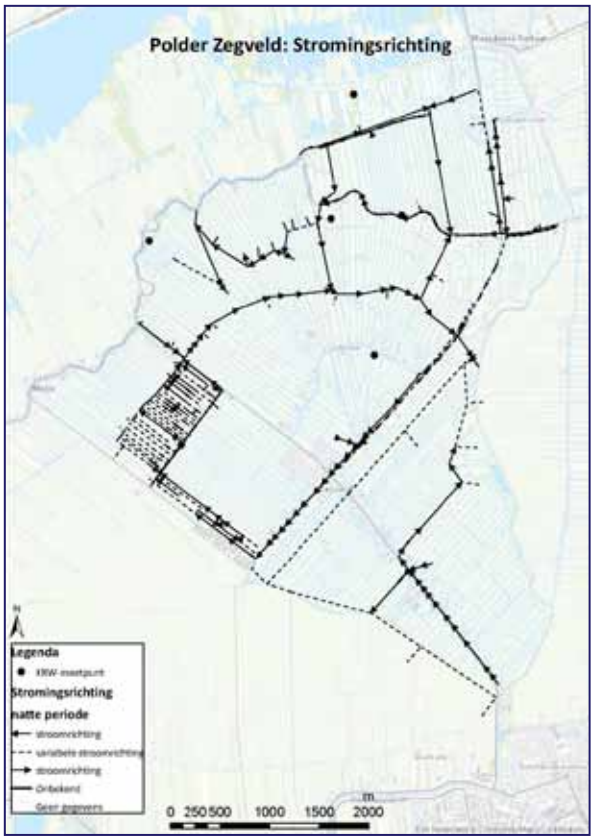

Polder Zegveld: Stromingssnelheid
Legenda
XRW-meetpunt
Stromingssnelheid (m/s)
natte periode
rdhl (< 0,0001)
laag (0,0001 - 0,0014)
gemiddeld (0,0014 - 0,013)
hoog (> 0,013)
Onbekend
Geen gegevens
0 250 500 1000 1500 2000
m

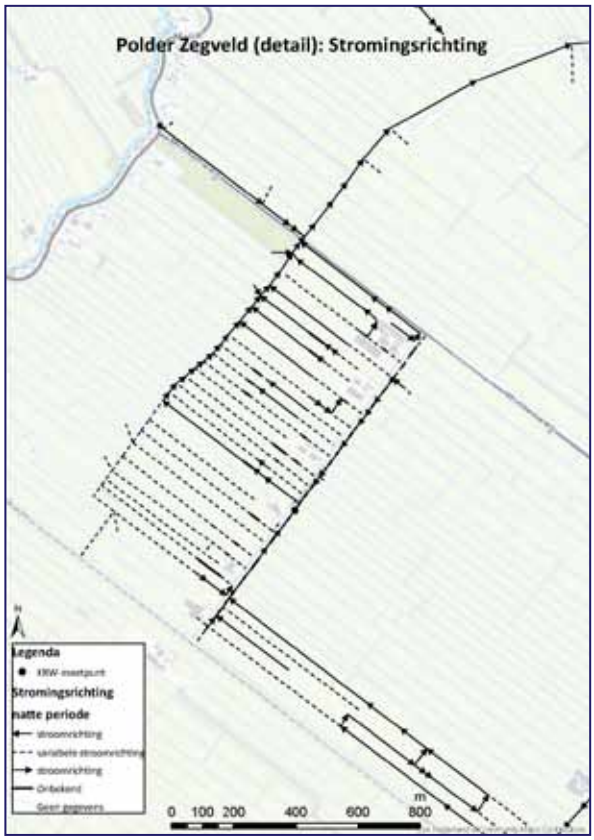

Polder Zegveld (detail): Stromingssnelheid
Legenda
XRW-meetpunt
Stromingssnelheid (m/s)
natte periode
rdhl (< 0,0001)
laag (0,0001 - 0,0014)
gemiddeld (0,0014 - 0,013)
hoog (> 0,013)
Onbekend
Geen gegevens
0 100 200 400 600 800
m

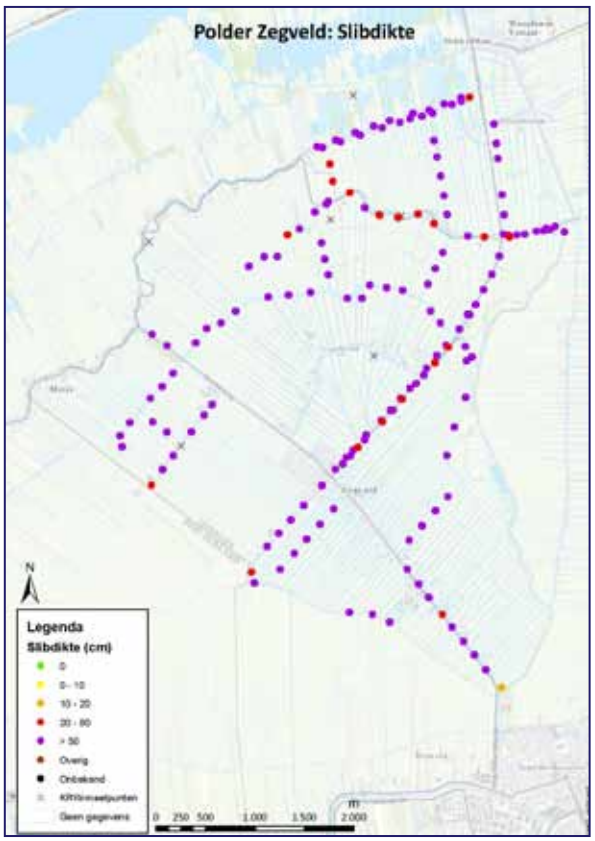
KAARTEN POLDER ZEGVELD



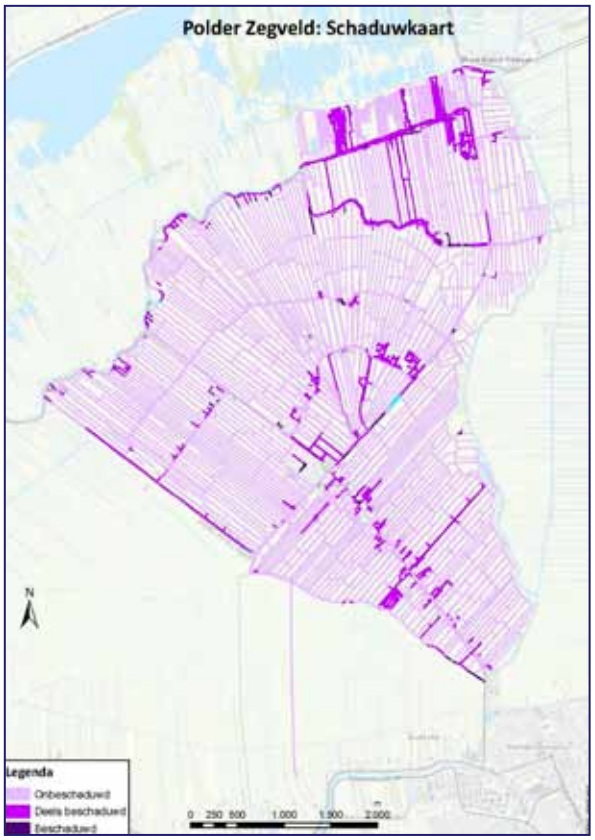


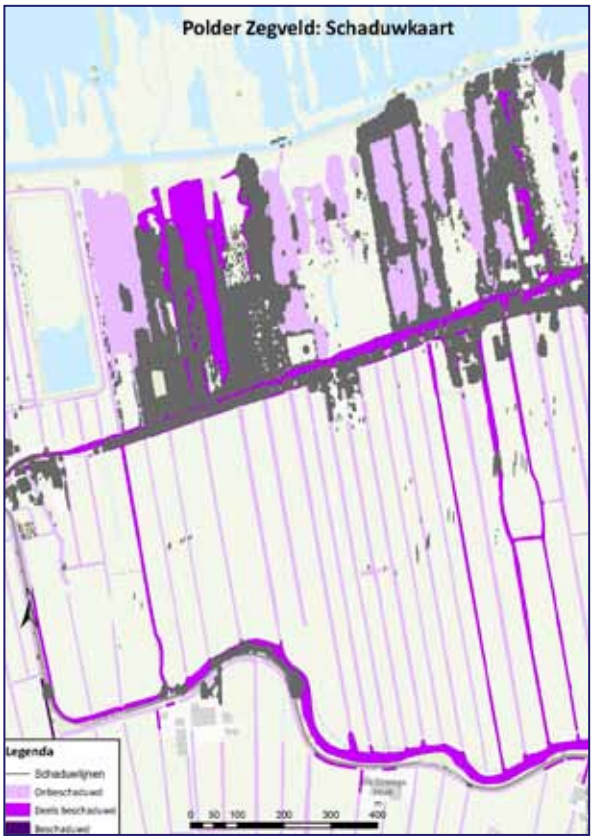




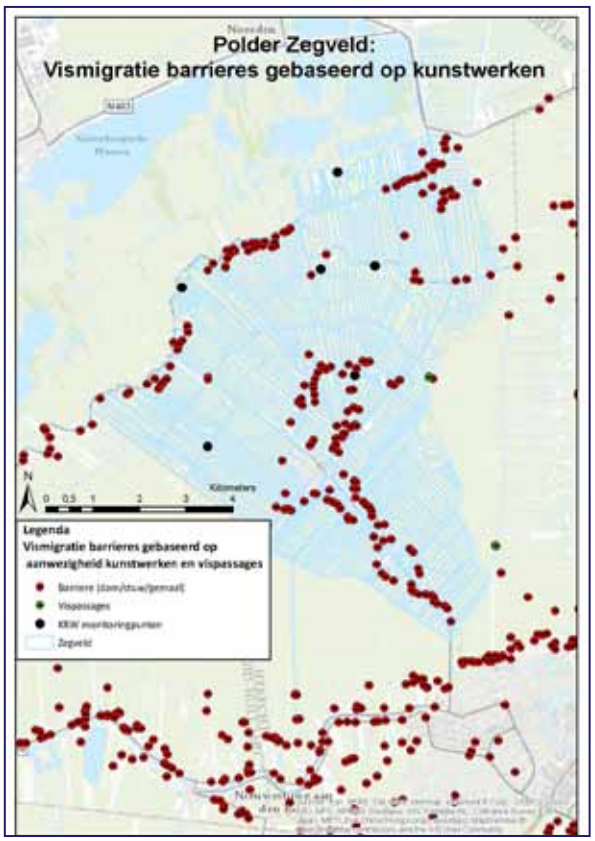

Polder Zegveld: Slibdikte
Legenda
Slibdikte (cm)
0
0 - 10
10 - 20
20 - 50
> 50
Overig
Onbekend
Geen gegevens
0 250 500 1.000 1.500 2.000

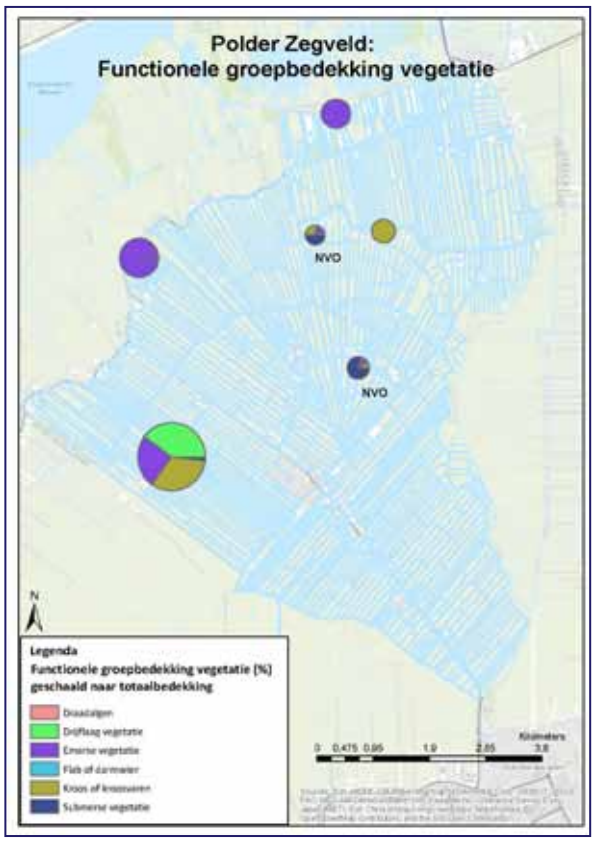
Polder Zegveld:
Omgevingskaart, gebaseerd op CBS bodemgebruik 2010
Legenda
CBS bodemgebruik 2010 (hoofdgroepen)

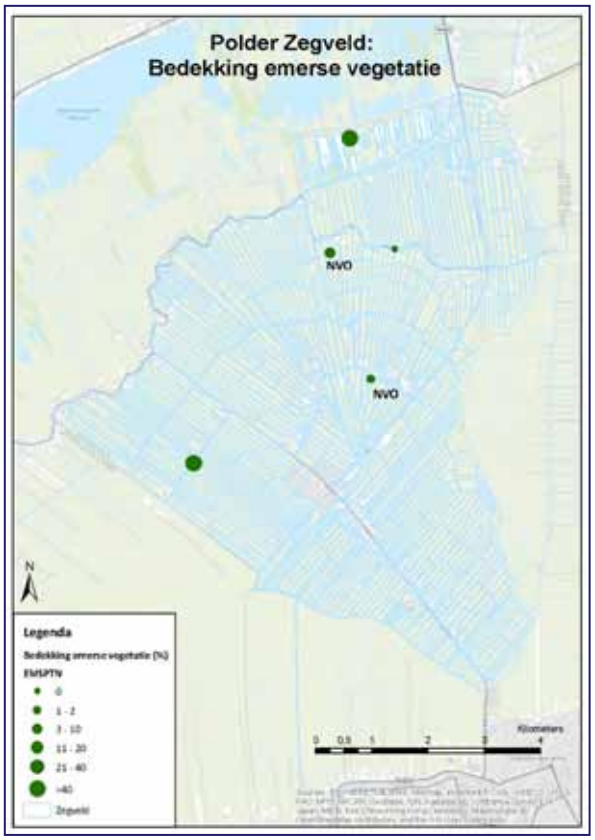

Polder Zegveld: Schaduwkaart
Legenda
Onbeschaduwd
Deels beschaduwd
Beschaduwd
0 250 500 1.000 1.500 2.000

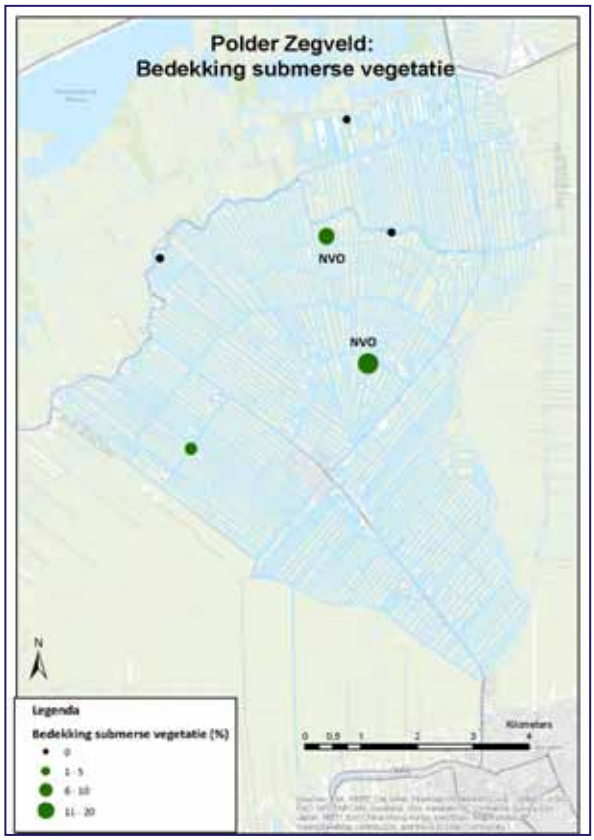

Polder Zegveld: Schaduwkaart
Legenda
Schaduwlijnen
Onbeschaduwd
Deels beschaduwd
Beschaduwd
0 50 100 200 300 400

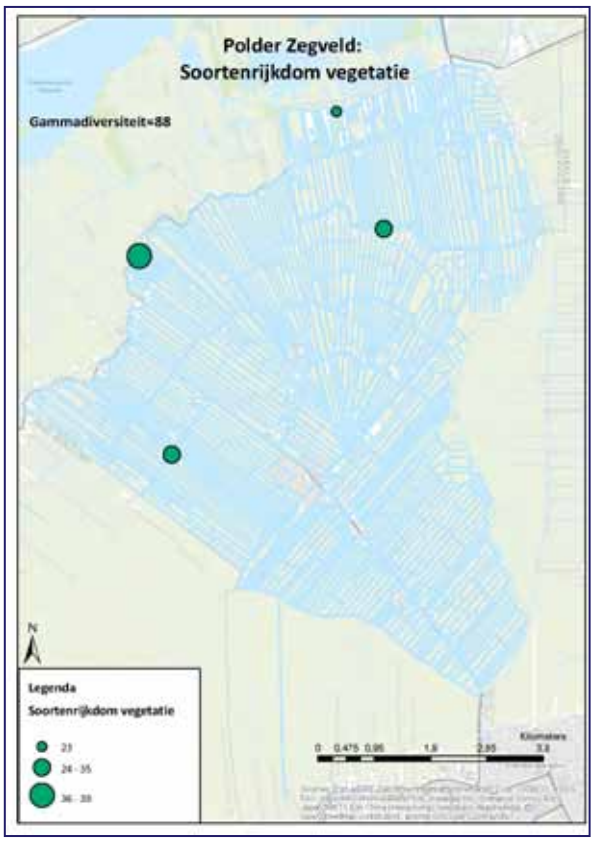
KAARTEN POLDER ZEGVELD

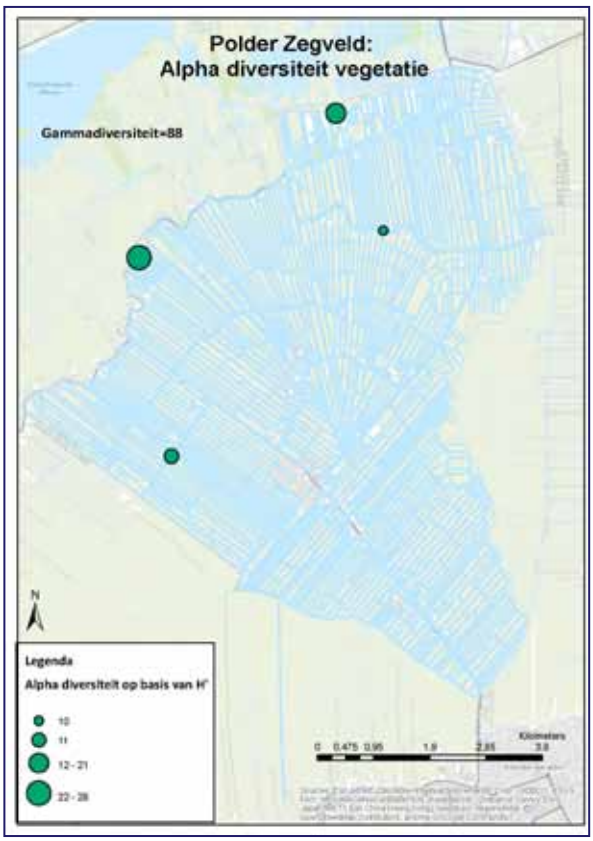


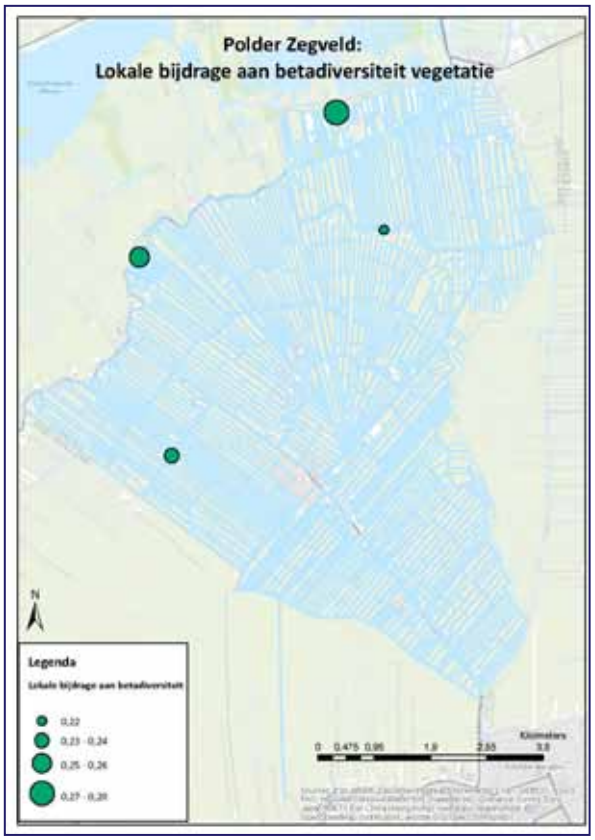


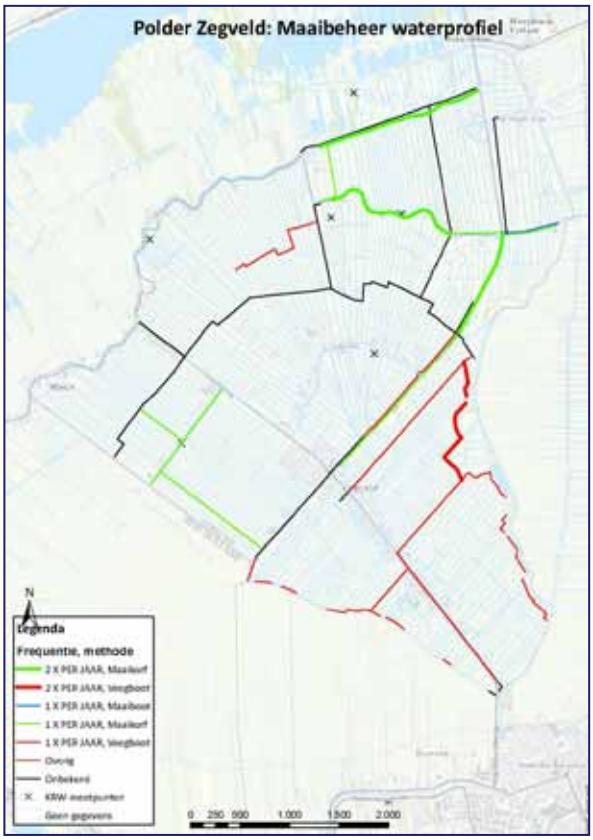




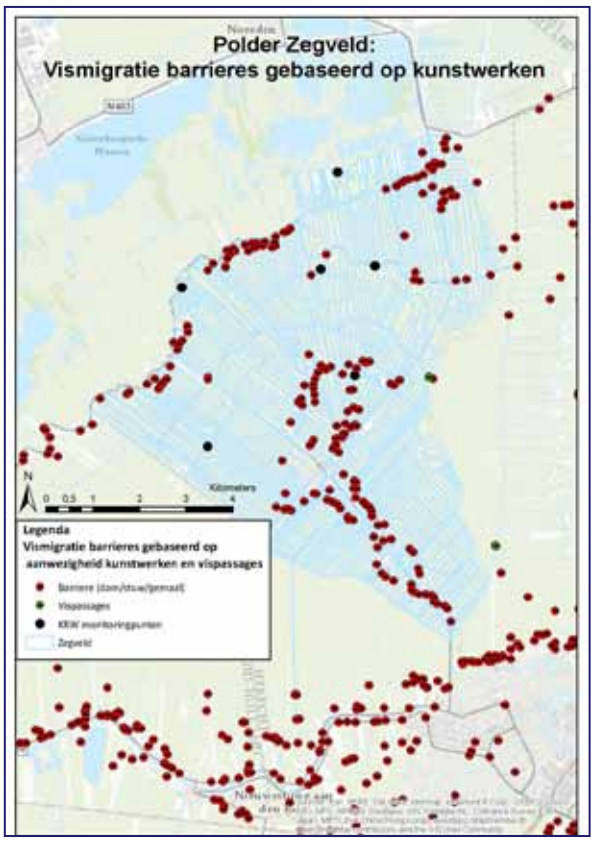

Polder Zegveld:
Soortenrijkdom vegetatie
Gammadiversiteit=88
N
Legenda
Soortenrijkdom vegetatie
23
24 - 35
36 - 39
0 0.475 0.95 1.9 2.85 3.8
Kilometers


Polder Zegveld:
Alpha diversiteit vegetatie
Gammadiversiteit=88
N
Legenda
Alpha diversiteit op basis van H'
10
11
12 - 21
22 - 28
0 0.475 0.95 1.9 2.85 3.8
Kilometers


Polder Zegveld:
Lokale bijdrage aan betadiversiteit vegetatie
N
Legenda
Lokale bijdrage aan betadiversiteit
0,22
0,23 - 0,24
0,25 - 0,26
0,27 - 0,28
0 0.475 0.95 1.9 2.85 3.8
Kilometers

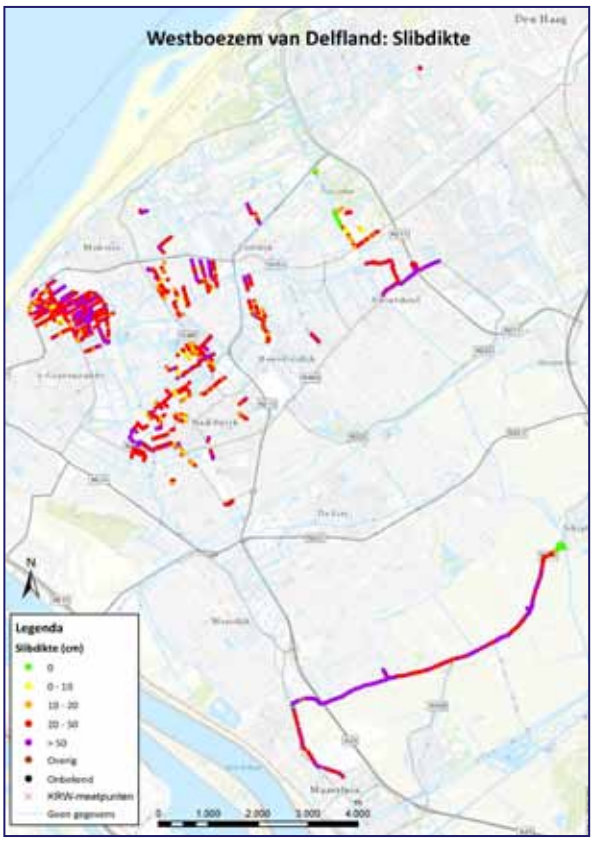

Polder Zegveld: Maaibeheer waterprofiel
N
Legenda
Frequentie, methode
2 X PER JAAR, Maaikorf
2 X PER JAAR, Veegboot
1 X PER JAAR, Maaiboot
1 X PER JAAR, Maaikorf
1 X PER JAAR, Veegboot
Overig
Onbekend
KRW meetpunten
Geen gegevens
0 250 500 1.000 1.500 2.000

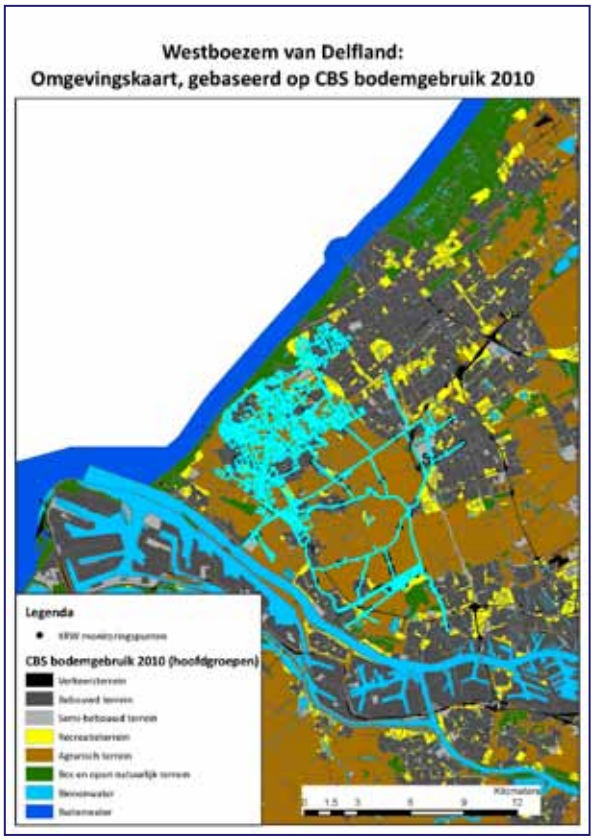
KAARTEN POLDER ZEGVELD

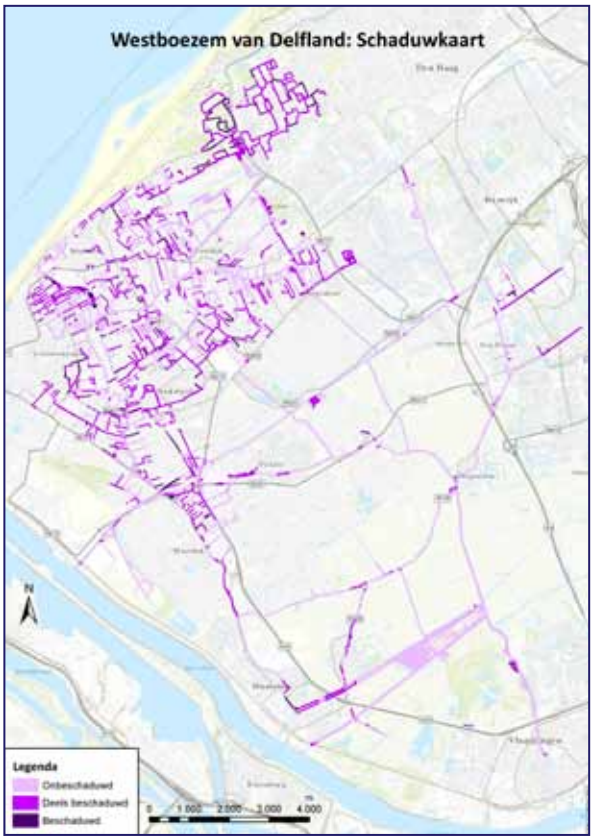


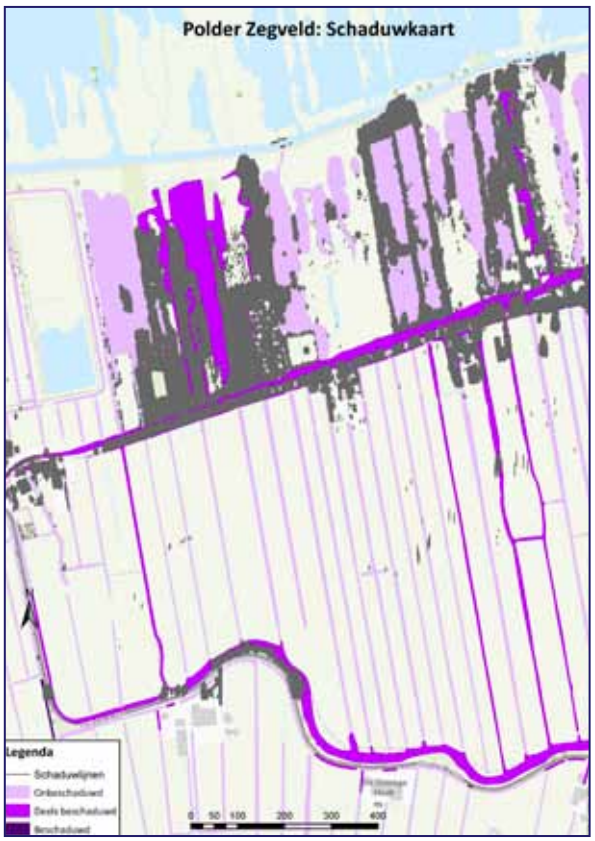
BIJLAGE 3 | KAARTEN WESTBOEZEM VAN DELFLAND

KAARTEN WESTBOEZEM VAN DELFLAND

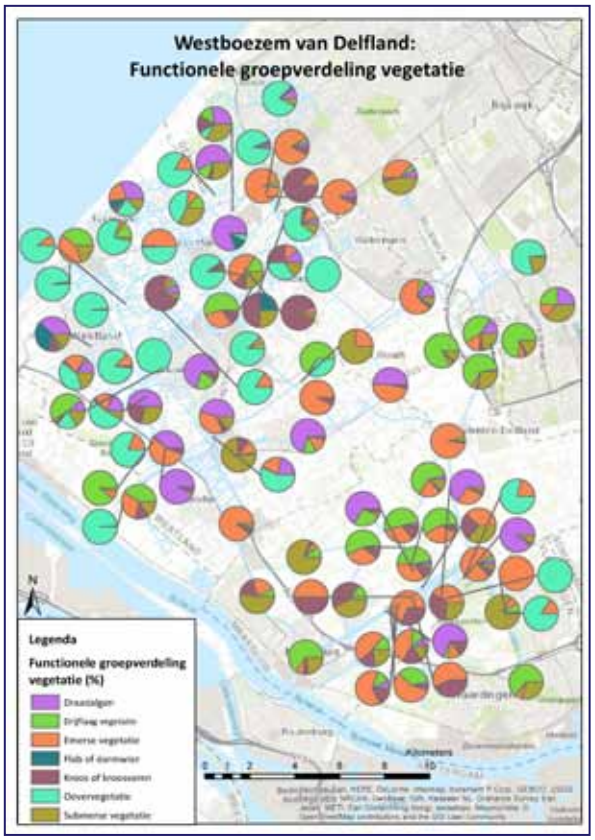


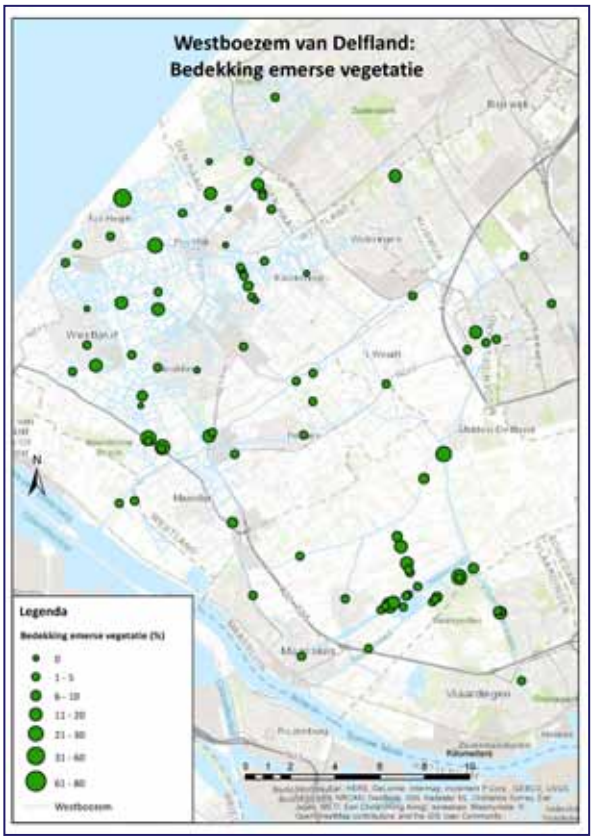




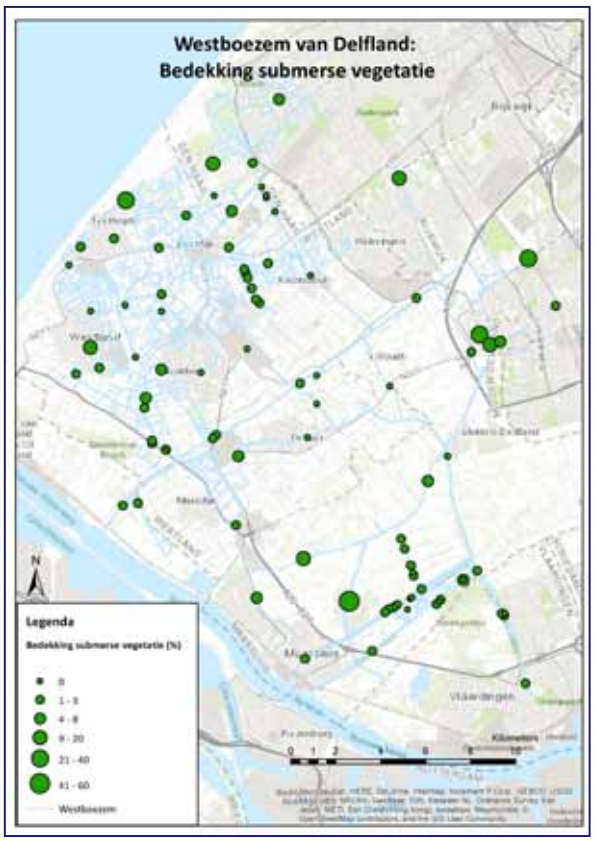

Polder Zegveld: Schaduwkaart
Legenda
Schaduwlijnen
Onbeschaduwd
Deels beschaduwd
Beschaduwd

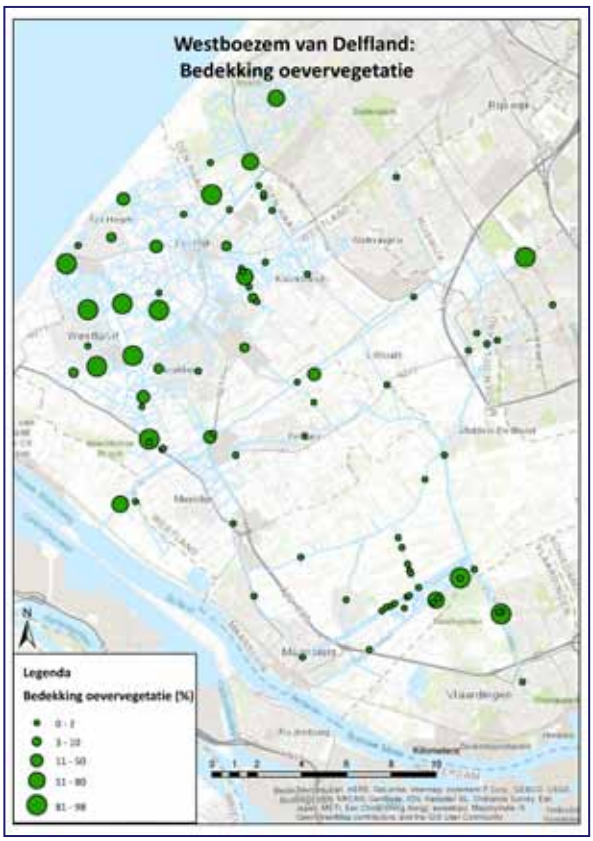
Westboezem van Delfland: Oevertype
Den Haag
Rijswijk
Naaldwijk
De Lier
Maasland
Maassluis
Vlaardingen

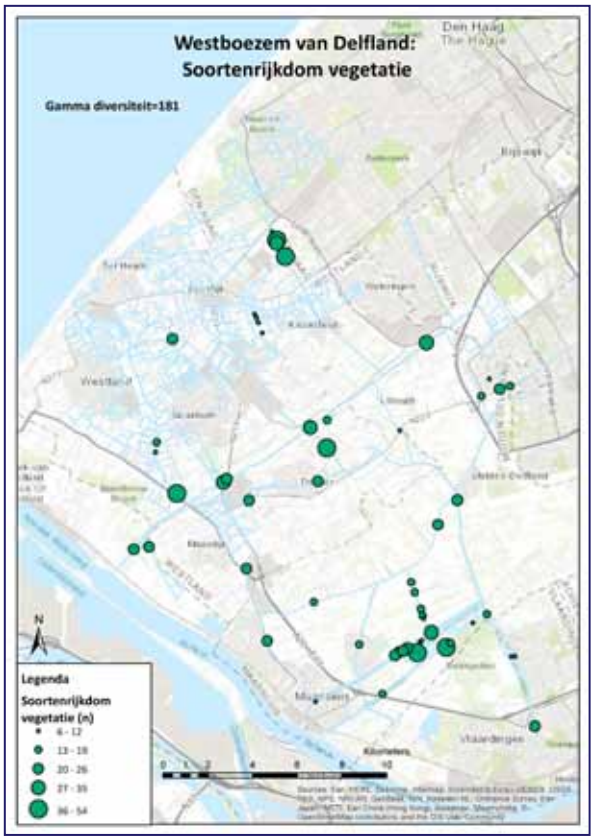

Westboezem van Delfland:
Functionele groepverdeling vegetatie
Legenda
Functionele groepverdeling vegetatie (%)
Draadalgen
Drijfvaag vegetatie
Emerse vegetatie
Fuik of dammwier
Knoos of knoosvormen
Oevervegetatie
Submerse vegetatie
Kilometers

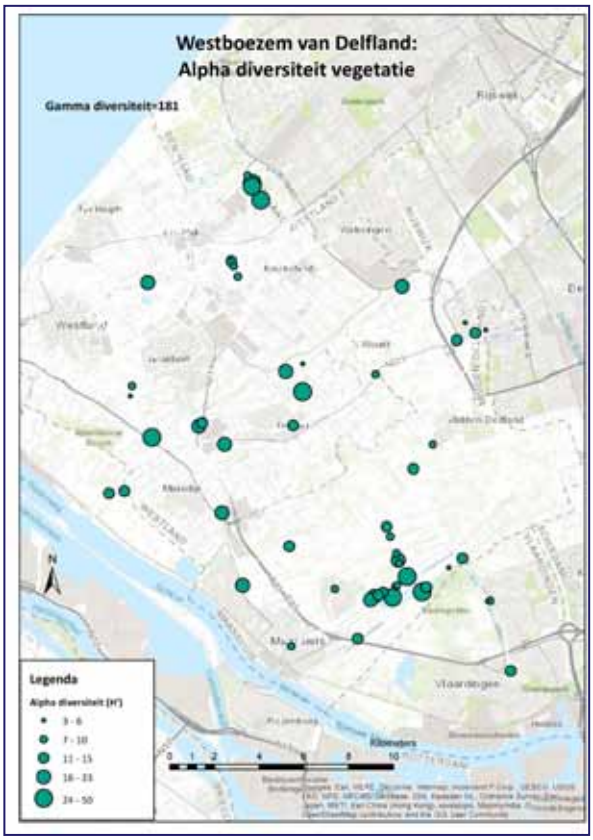

Westboezem van Delfland:
Bedekking emerse vegetatie
Legenda
Bedekking emerse vegetatie (%)
0
1 - 5
6 - 10
11 - 20
21 - 30
31 - 60
61 - 80
Westboezem
Kilometers

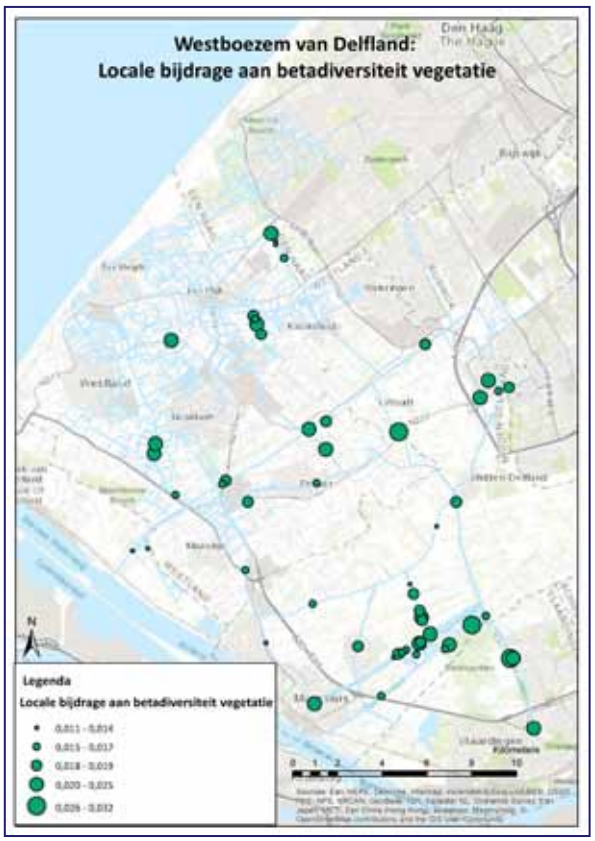
KAARTEN WESTBOEZEM VAN DELFLAND

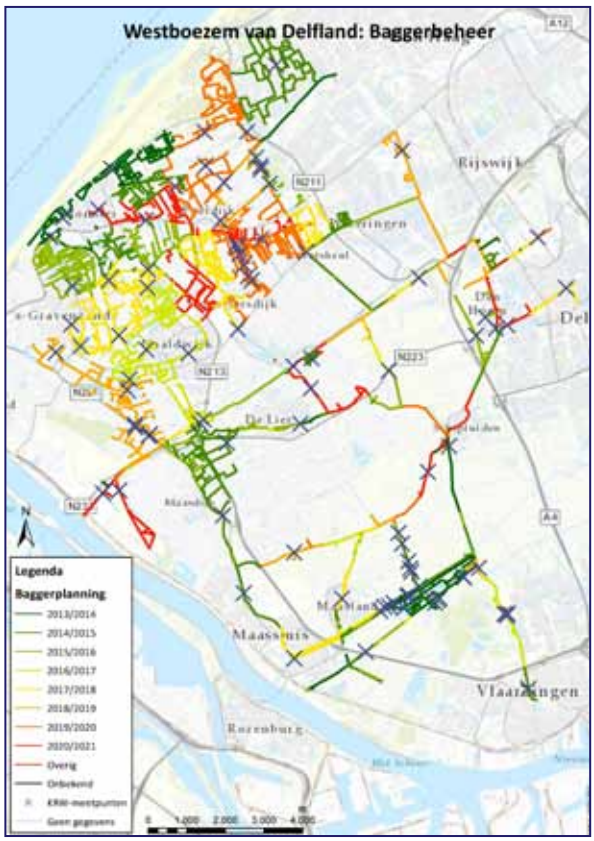




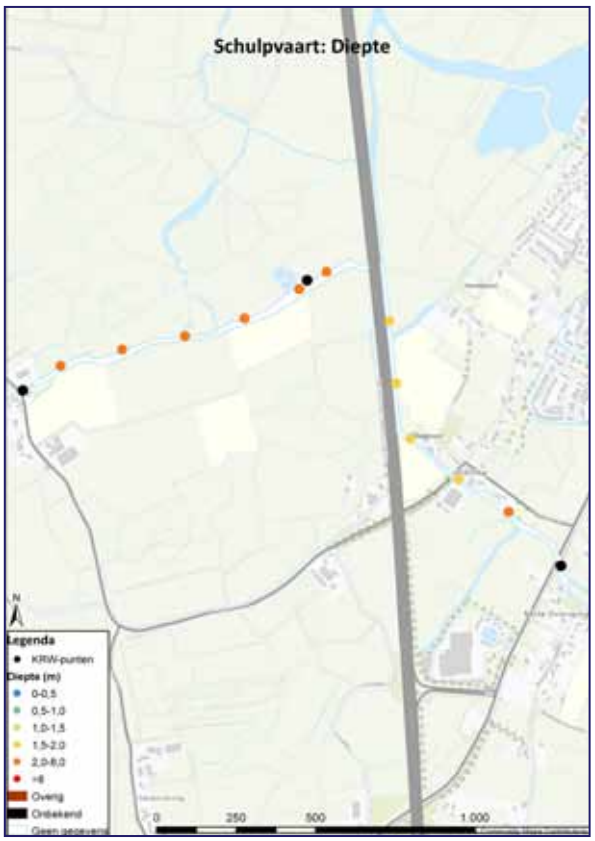


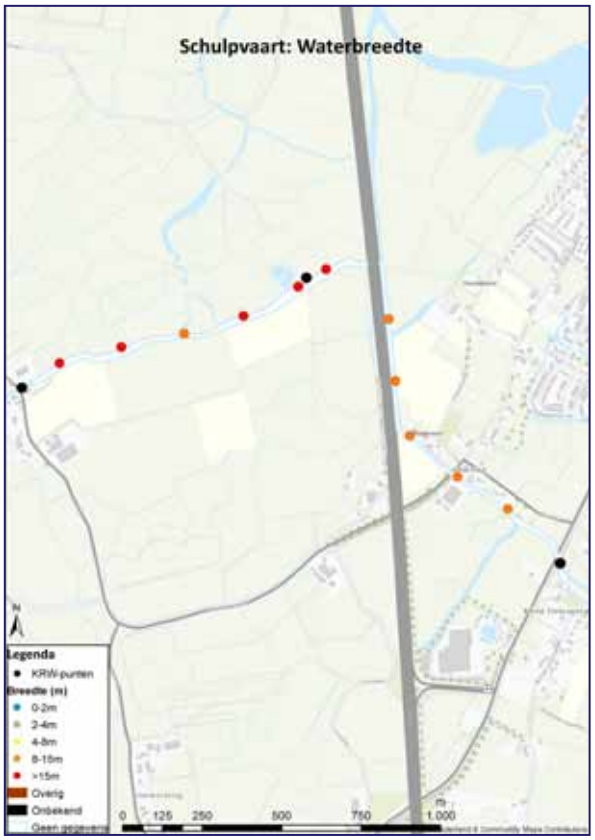



Westboezem van Delfland:
Locale bijdrage aan betadiversiteit vegetatie
Legenda
Locale bijdrage aan betadiversiteit vegetatie
0,011 - 0,014
0,015 - 0,017
0,018 - 0,019
0,020 - 0,025
0,026 - 0,032


Westboezem van Delfland: Baggerbeheer
Legenda
Baggerplanning
2013/2014
2014/2015
2015/2016
2016/2017
2017/2018
2018/2019
2019/2020
2020/2021
Overig
Onbekend
KRW-meetpunten
Geen gegevens

BIJLAGE 4 | KAARTEN SCHULPVAART

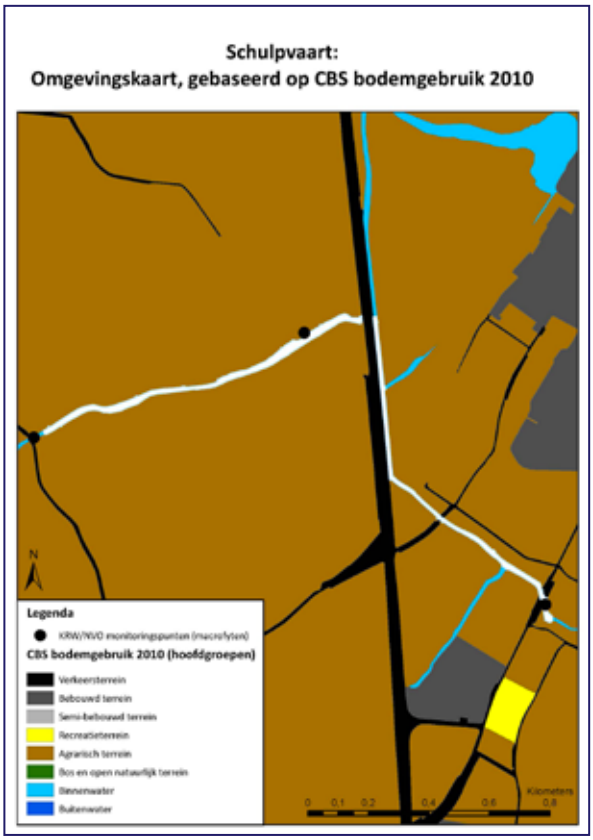




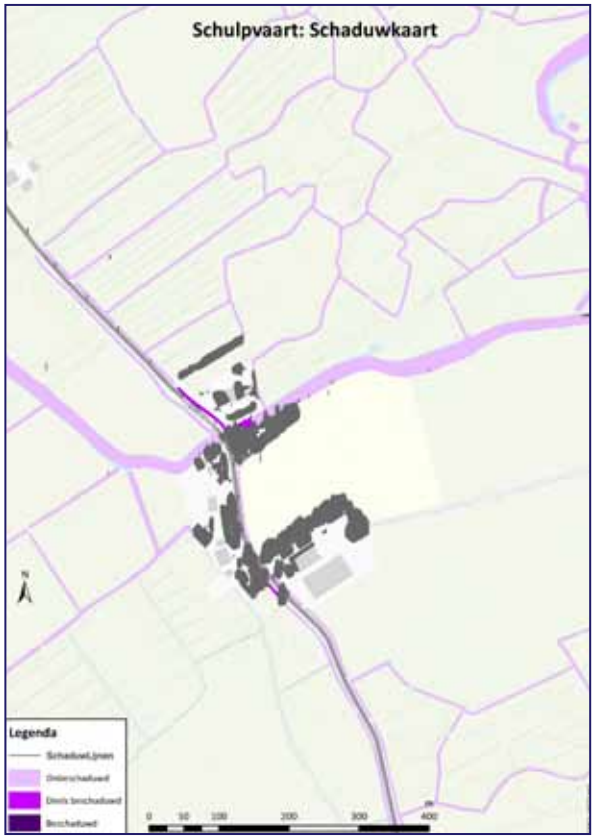
Schulpvaart: Stromingssnelheid
Legenda
Meetpunt
NVO
KRW
Stromingssnelheid (m/s)
natte periode
Onbekend
Geen gegevens
0 125 250 500 750 1000
m

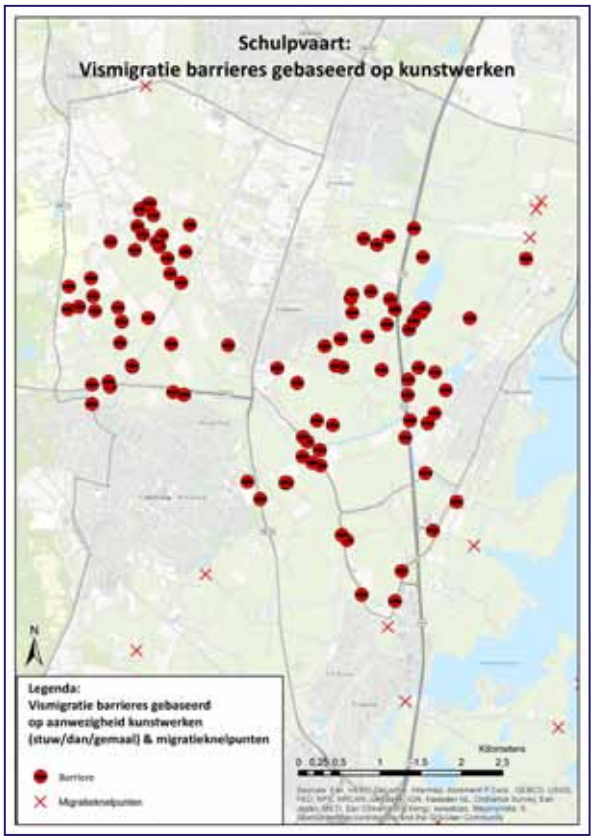
Schulpvaart: Stromingsrichting
Legenda
Meetpunt
NVO
KRW
Stromingsrichting
natte periode
stroomrichting
variabele stroomrichting
stroomrichting
Onbekend
Geen gegevens
0 125 250 500 750 1000
m

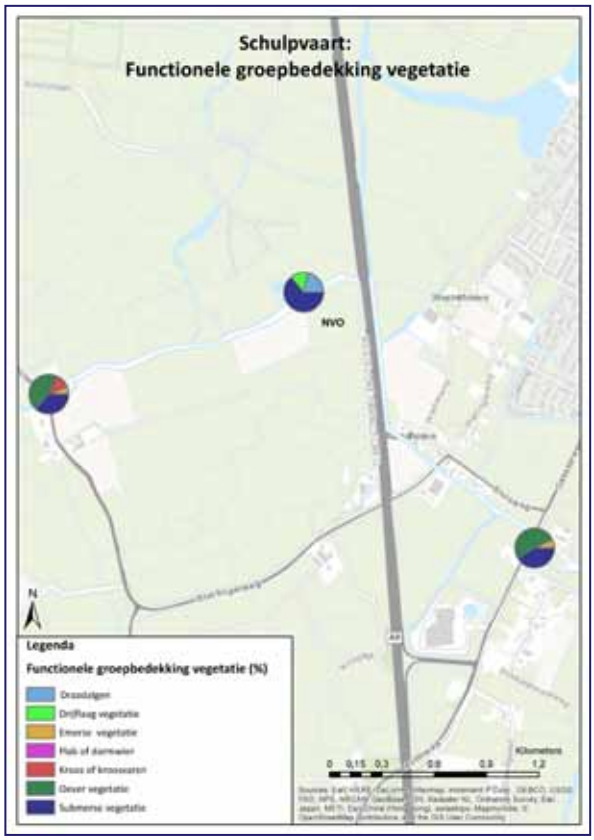
Schulpvaart: Slibdikte
Legenda
Slibdikte (cm)
0
1-10
10 - 20
20 - 50
>50
Overig
Onbekend
0 125 250 500 750 1.000
m


Schulpvaart:
Omgevingskaart, gebaseerd op CBS bodemgebruik 2010
Legenda
KRW/NVO monitoringspunten (macro/vissen)
CBS bodemgebruik 2010 (hoofdgroepen)
Verkeersterrein
Bebouwd terrein
Semi-bebouwd terrein
Recreatieterrein
Agrarisch terrein
Bos en open natuurlijk terrein
Binnenwater
Buitenwater
Kilometers

KAARTEN SCHULPVAART







Schulpvaart:
Totaalbedekking vegetatie
NVO
N
Legenda
Totaal bedekking vegetatie (%)
19
20 - 45
46 - 70
Kilometers

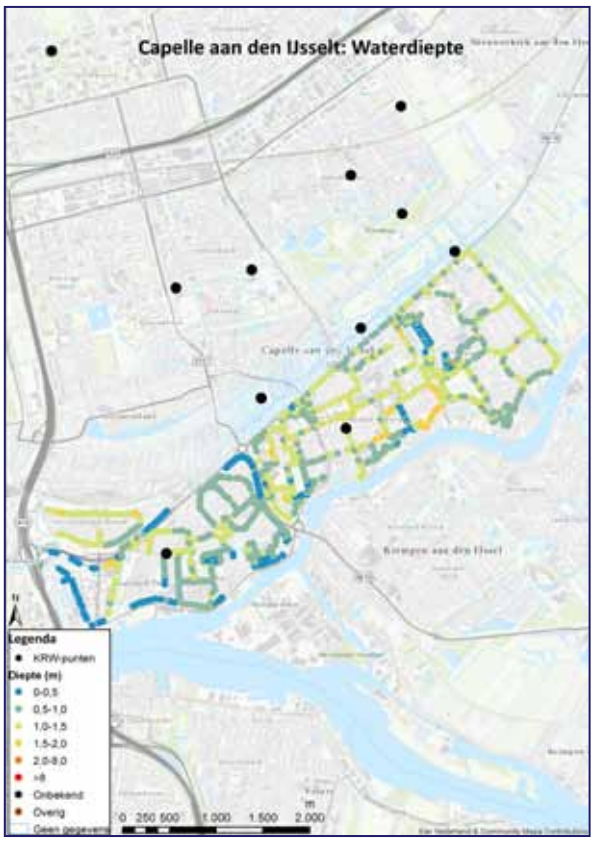
Schulpvaart:
Bedekking emerse vegetatie
NVO
N
Legenda
Bedekking emerse vegetatie (%)
0
1 - 5
6 - 10
Schulpvaart
Kilometers

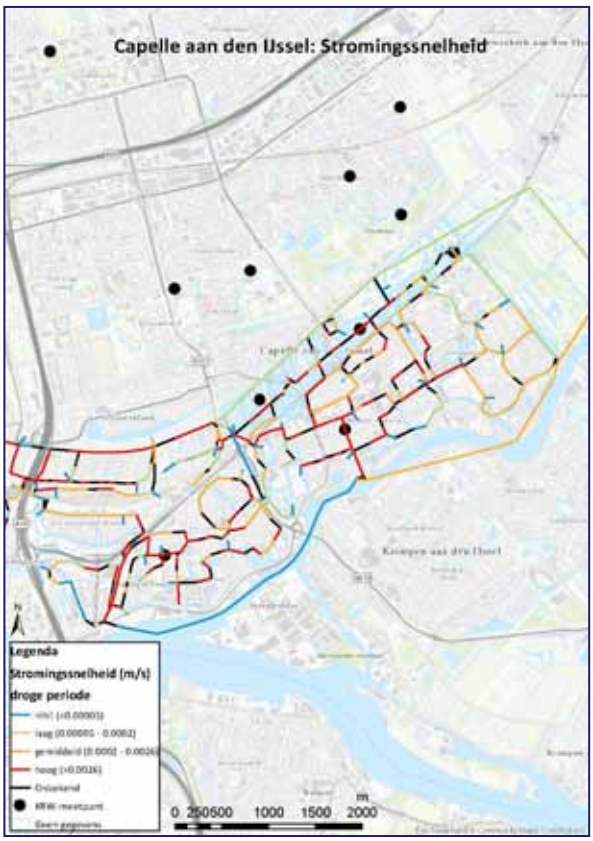
Schulpvaart:
Bedekking submerse vegetatie
NVO
N
Legenda
Bedekking submerse vegetatie (%)
21 - 40
41 - 60
Schulpvaart
Kilometers

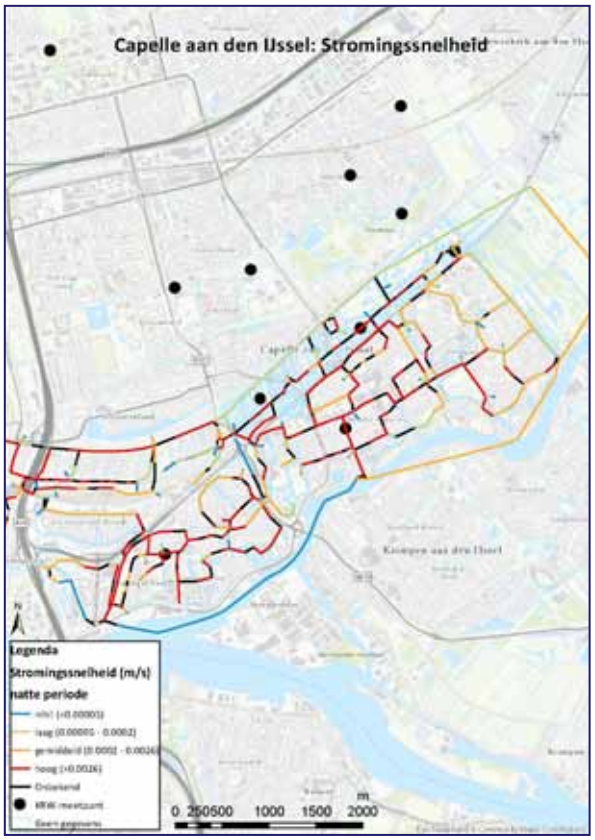
Schulpvaart:
Bedekking oevervegetatie
NVO
N
Legenda
Bedekking oever vegetatie (%)
0
1 - 50
51 - 75
Kilometers

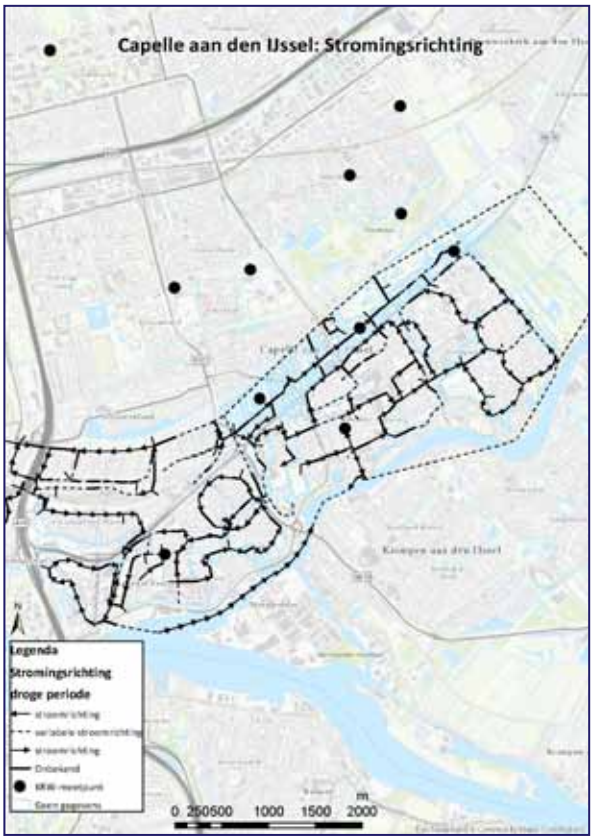
KAARTEN SCHULPVAART

BIJLAGE 5 | KAARTEN CAPELLE AAN DEN IJSSEL

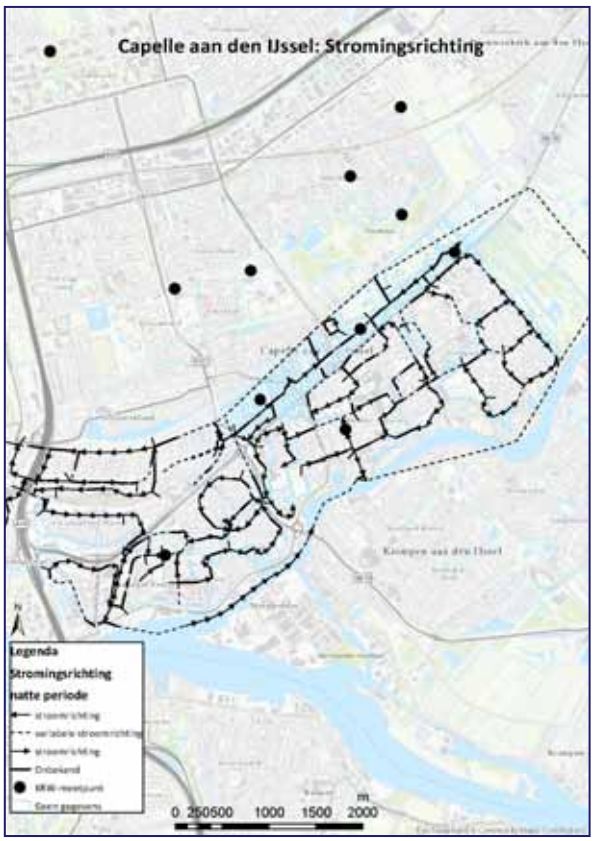


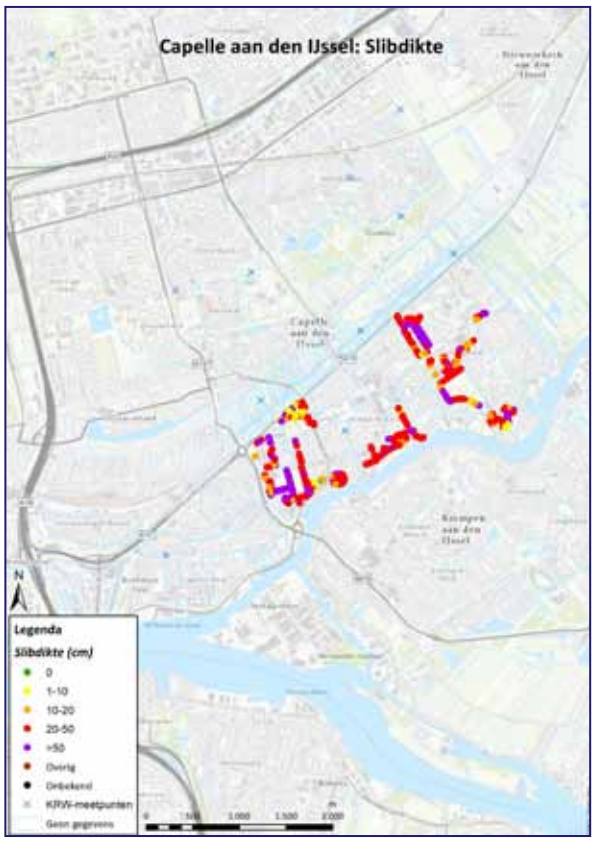


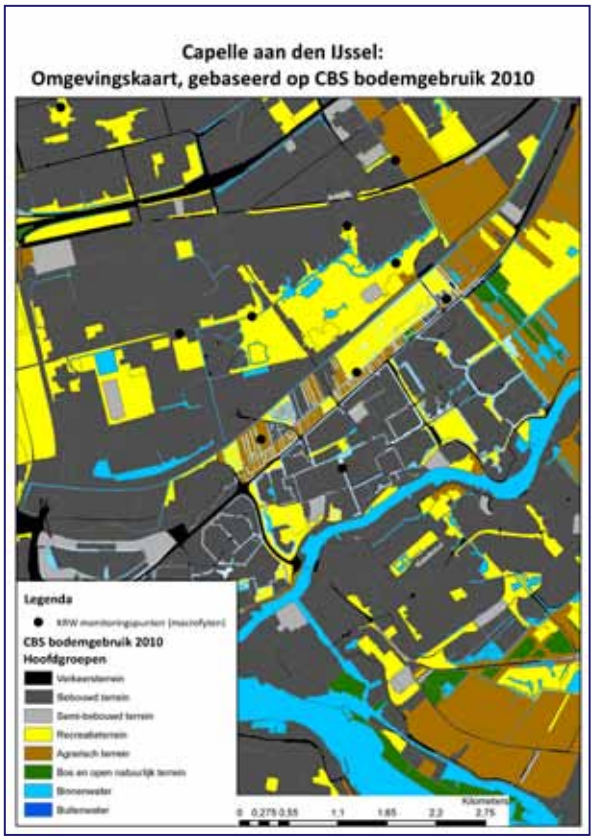


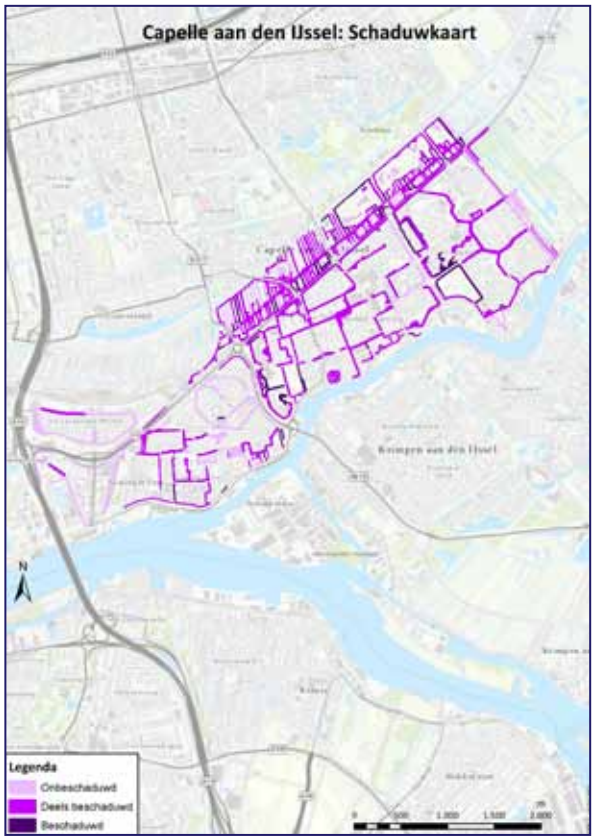


KAARTEN CAPELLE AAN DEN IJSSEL



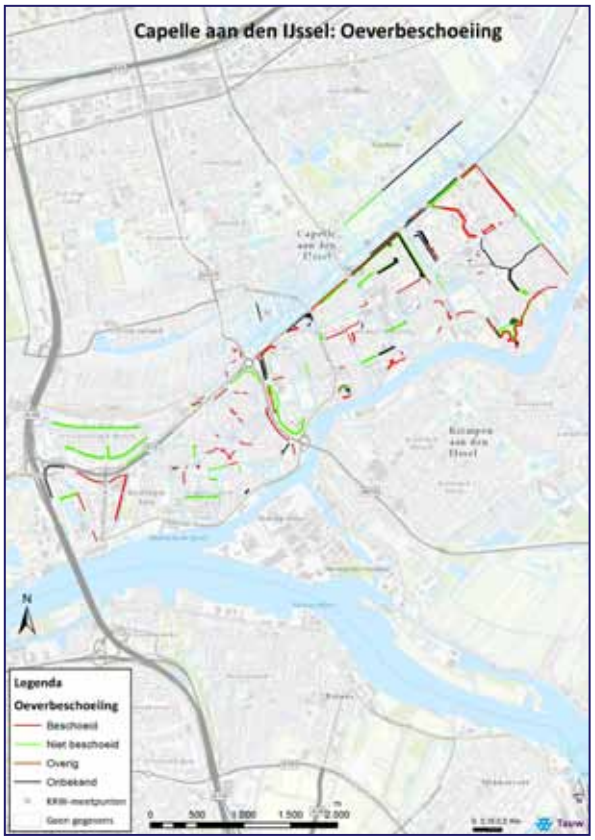


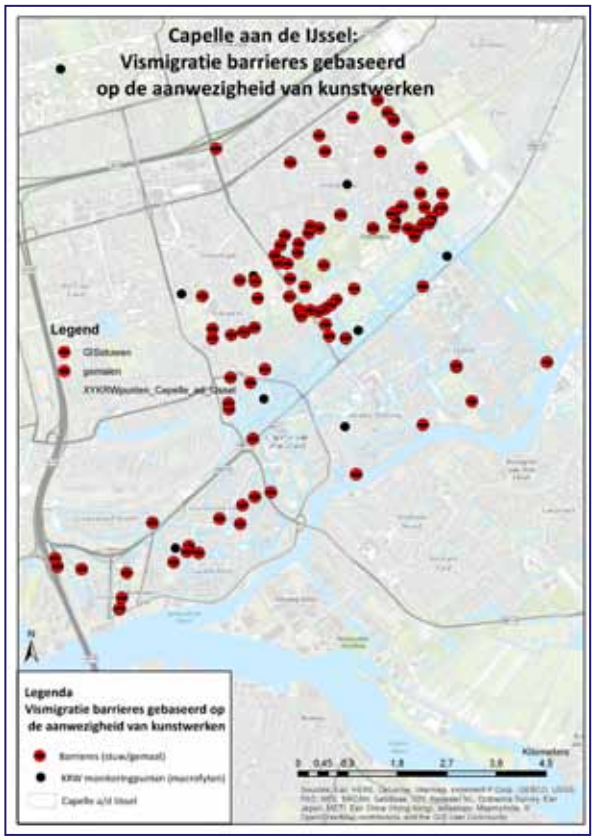




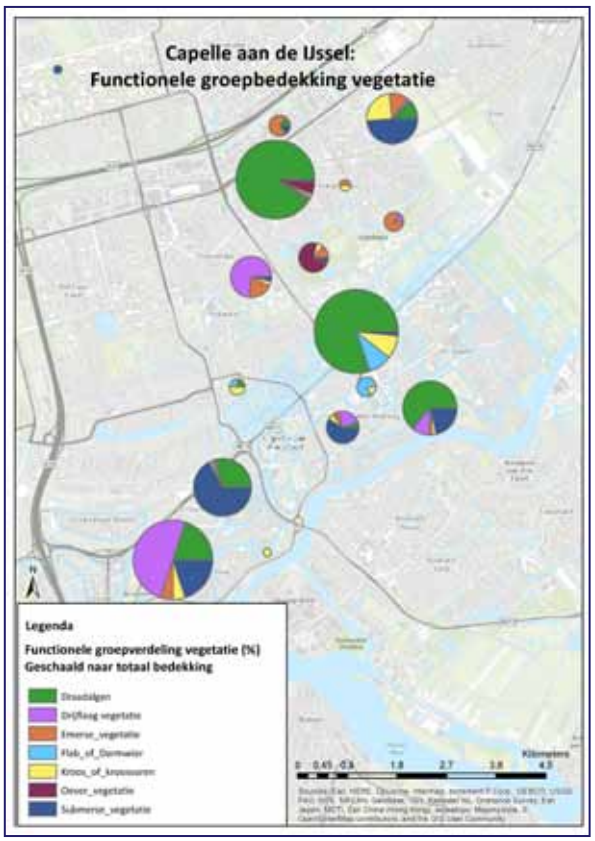
Capelle aan den IJssel: Schaduwkaart
Legenda
Schaduwlijnen
Onbeschaduwd
Deels beschaduwd
Beschaduwd

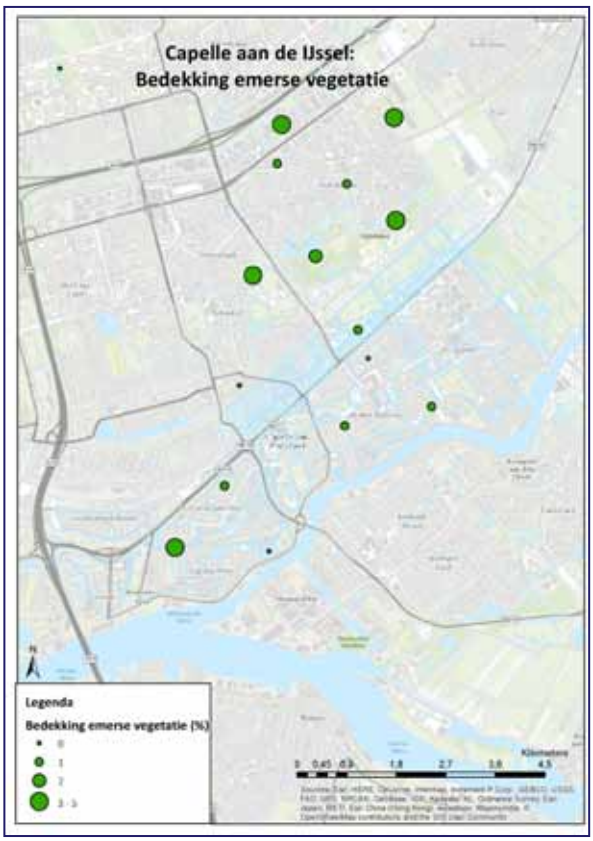
Capelle aan den IJssel: Oevertype
Legenda
Oevertype
Overig
Onbekend
Geen gegevens

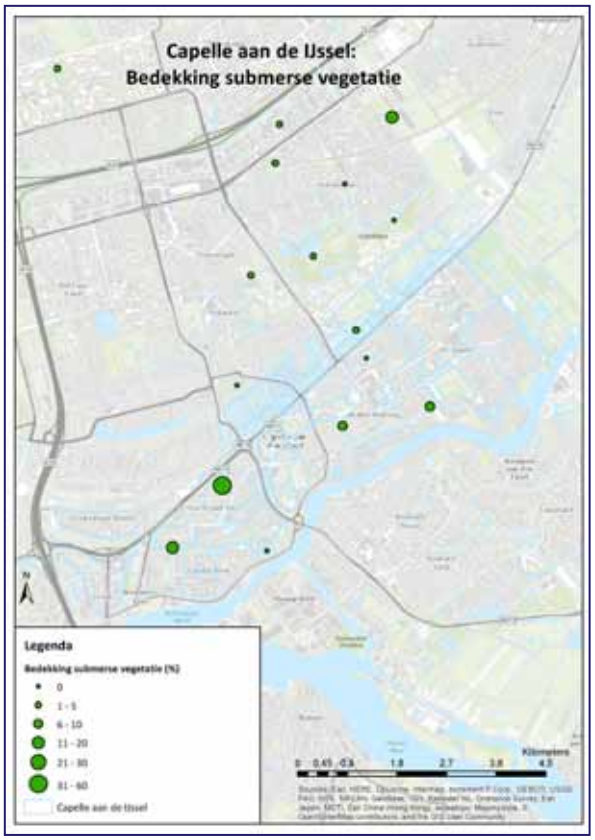

Capelle aan den IJssel: Oeverbeschoeiing
Legenda
Oeverbeschoeiing
Beschoeid
Niet beschoeid
Overig
Onbekend
Geen gegevens

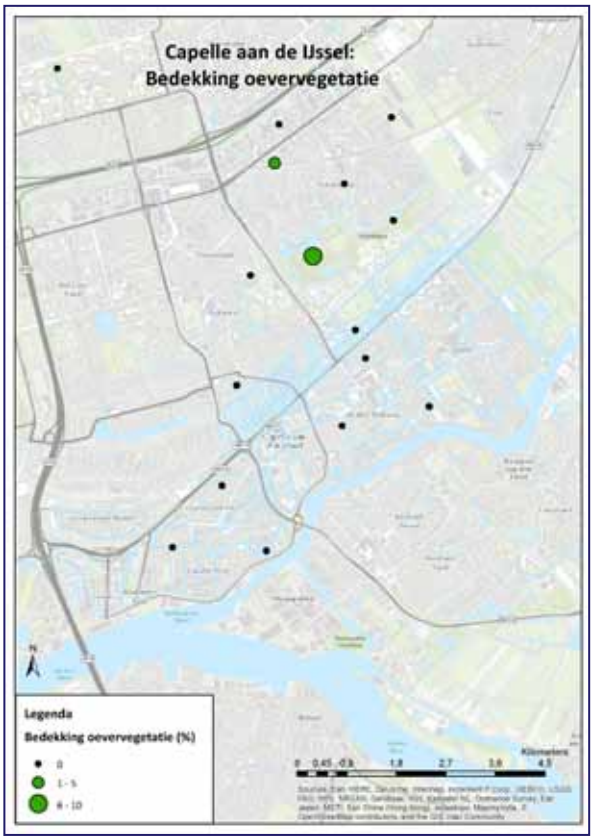

Capelle aan de IJssel:
Vismigratie barrieres gebaseerd
op de aanwezigheid van kunstwerken
Legend
Legenda
Vismigratie barrieres gebaseerd op
de aanwezigheid van kunstwerken
Barrieres (stuw/gemaal)
KRW monteringspunten (macrofyten)
Capelle a/d IJssel

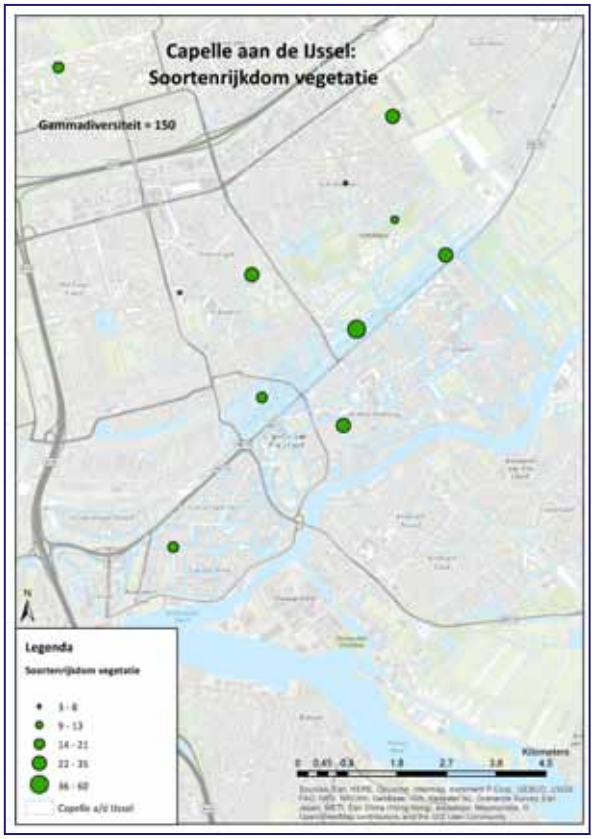
KAARTEN CAPELLE AAN DEN IJSSEL

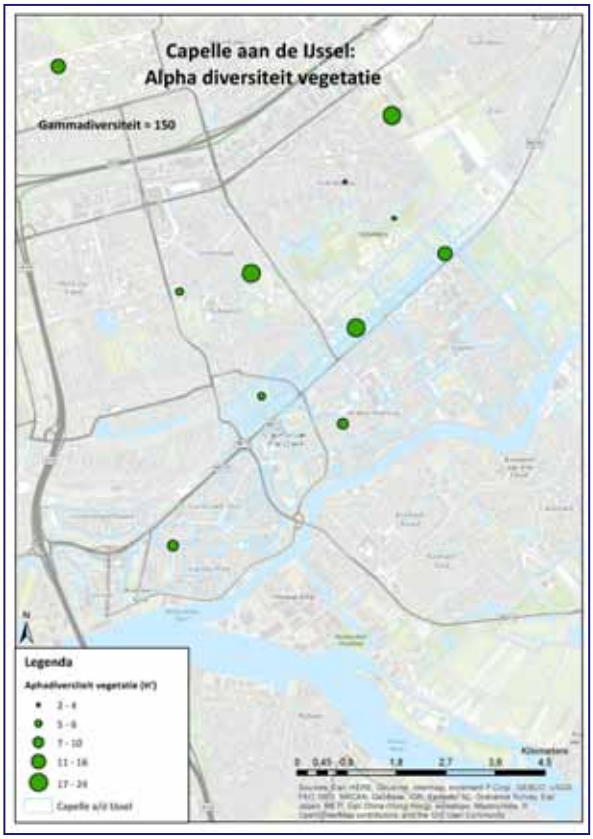


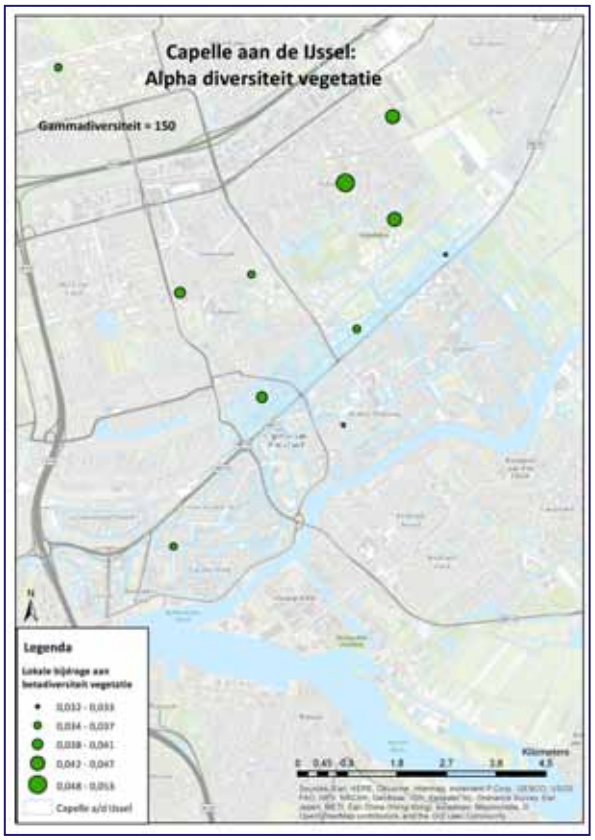


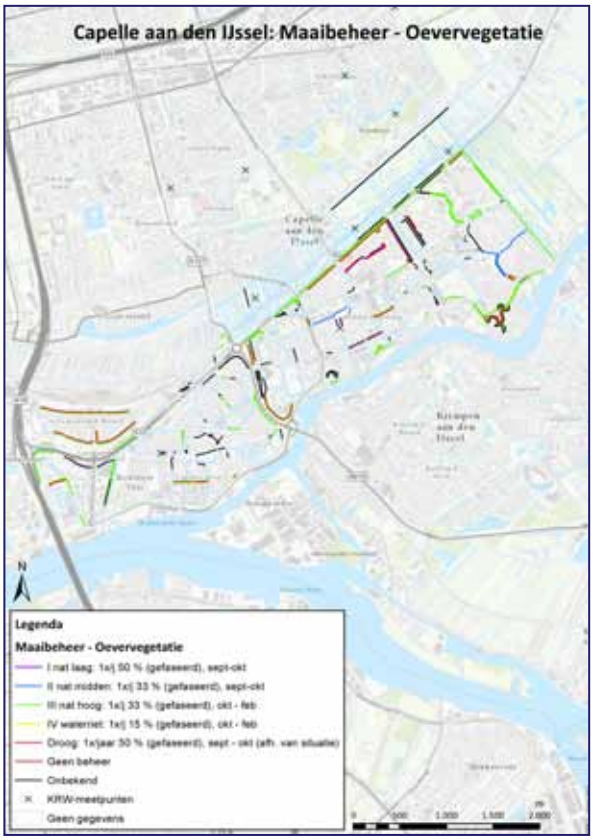




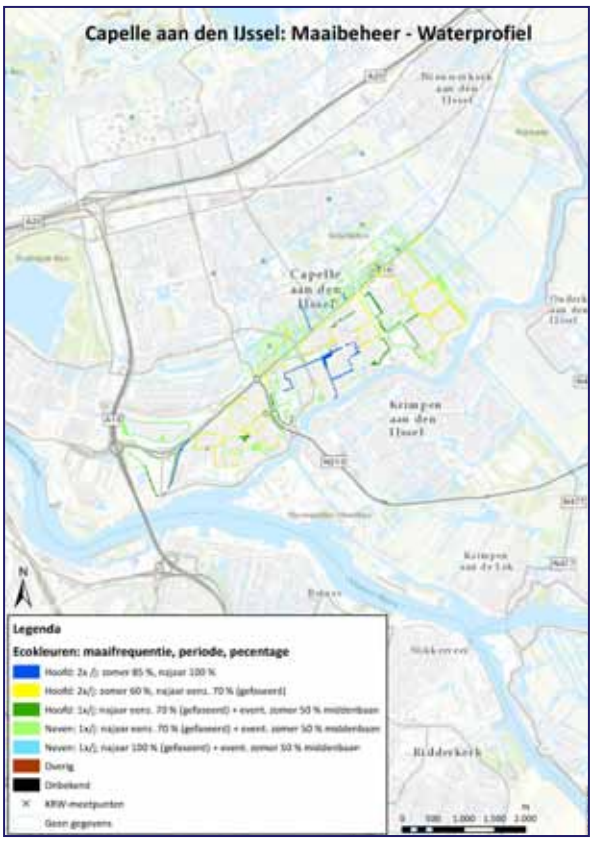

Capelle aan de IJssel:
Soortenrijkdom vegetatie
Gammadiversiteit = 150
Legenda
Soortenrijkdom vegetatie
1 - 8
9 - 13
14 - 21
22 - 35
36 - 60
Capelle a/d IJssel
Kilometers

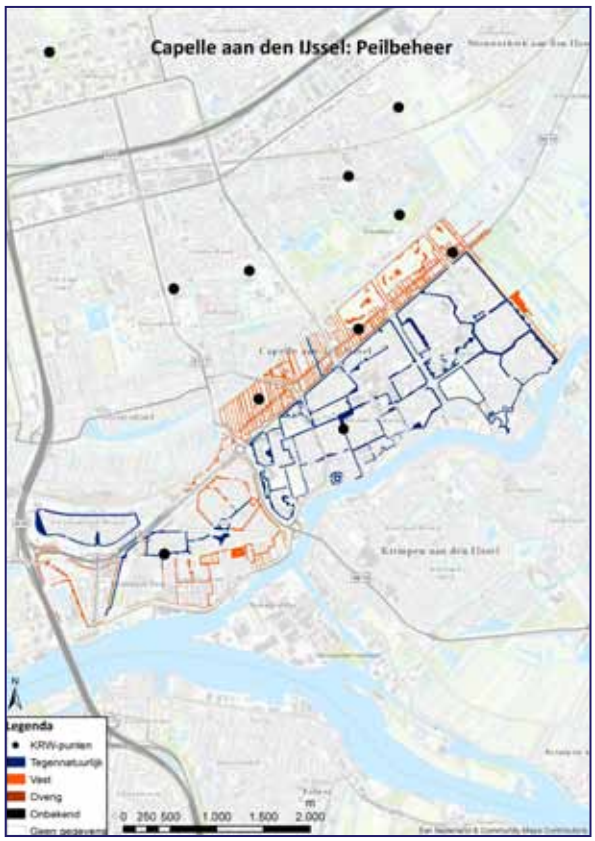

Capelle aan de IJssel:
Alpha diversiteit vegetatie
Gammadiversiteit = 150
Legenda
Alphadiversiteit vegetatie (H')
2 - 4
5 - 6
7 - 10
11 - 16
17 - 24
Capelle a/d IJssel
Kilometers


Capelle aan de IJssel:
Alpha diversiteit vegetatie
Gammadiversiteit = 150
Legenda
Lokale bijdrage aan betadiversiteit vegetatie
0,033 - 0,033
0,034 - 0,037
0,038 - 0,041
0,042 - 0,047
0,048 - 0,053
Capelle a/d IJssel
Kilometers

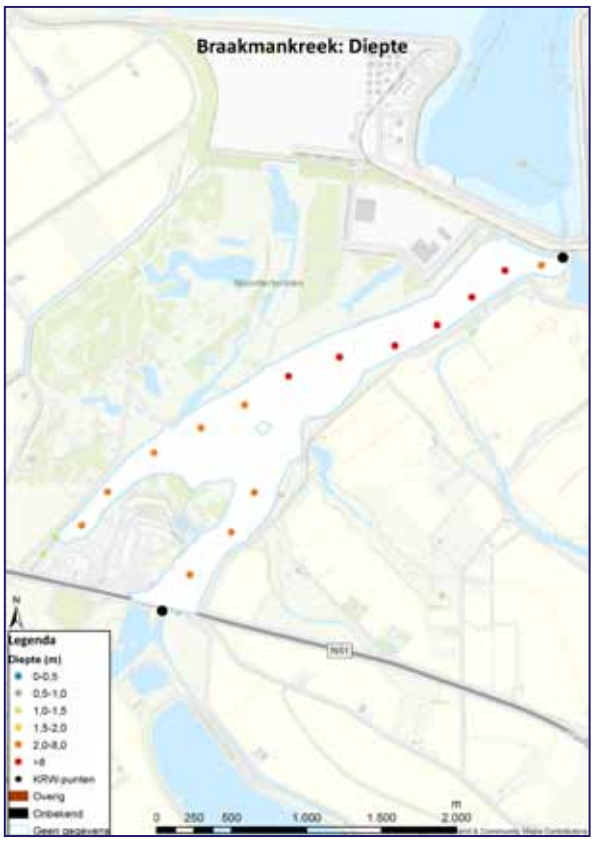

Capelle aan den IJssel: Maaibeheer - Oevervegetatie
Legenda
Maaibeheer - Oevervegetatie
I nat laag: 1x\| 50 % (gefaseerd), sept-okt
II nat midden: 1x\| 33 % (gefaseerd), sept-okt
III nat hoog: 1x\| 33 % (gefaseerd), okt - feb
IV waterriet: 1x\| 15 % (gefaseerd), okt - feb
Droog: 1x/jaar 50 % (gefaseerd), sept - okt (afh. van situatie)
Geen beheer
Onbekend
KRW-meetpunten
Geen gegevens

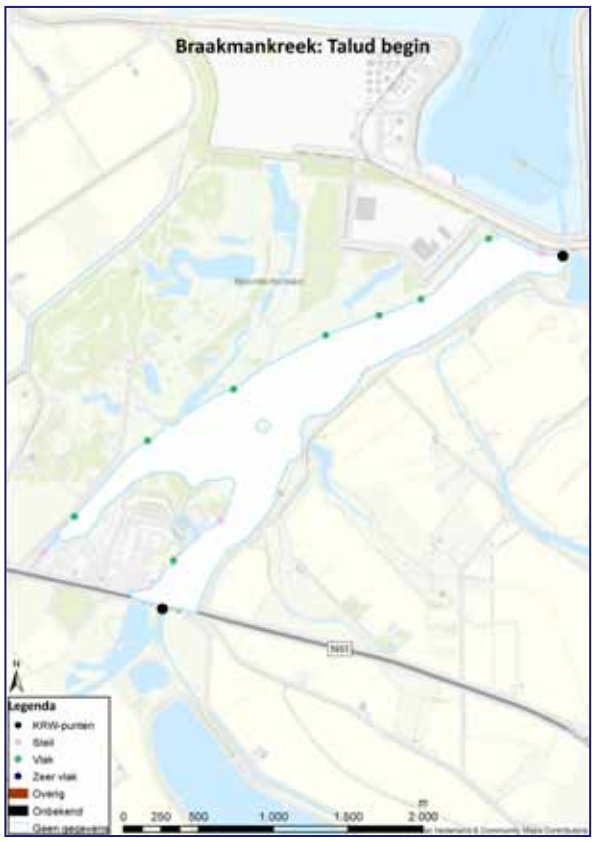
KAARTEN CAPELLE AAN DEN IJSSEL

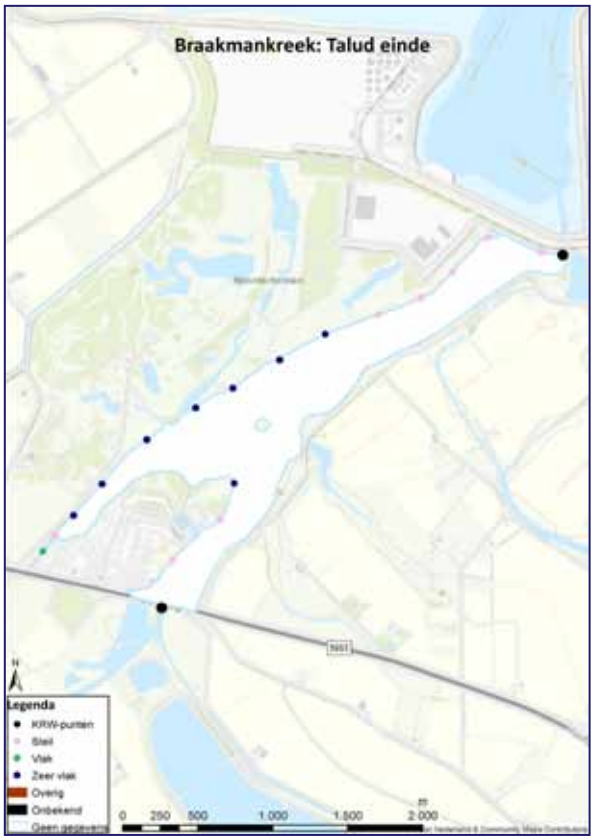


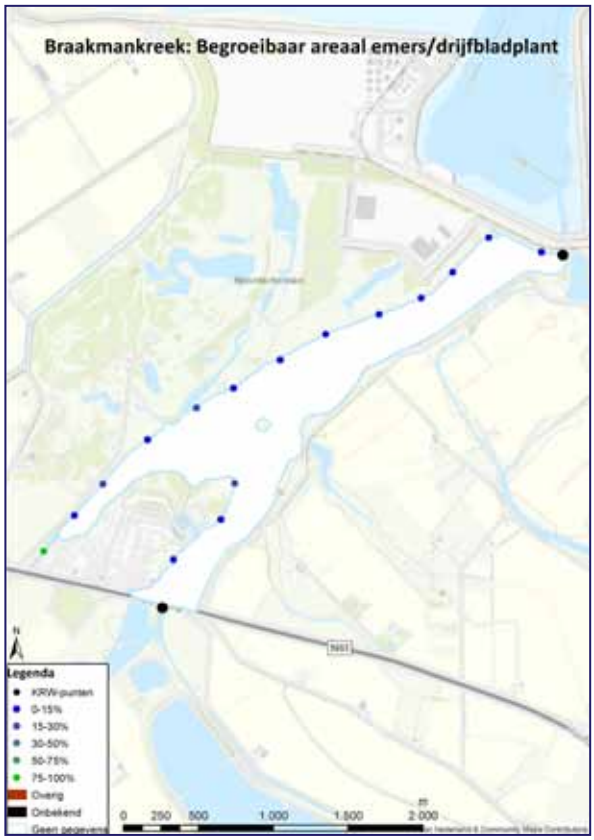


BIJLAGE 6 | KAARTEN BRAAKMANKREEK

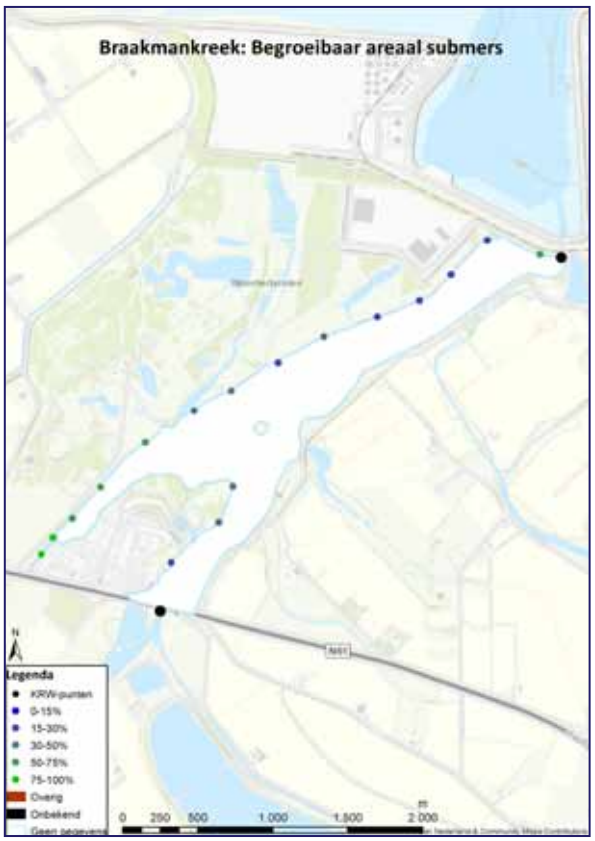


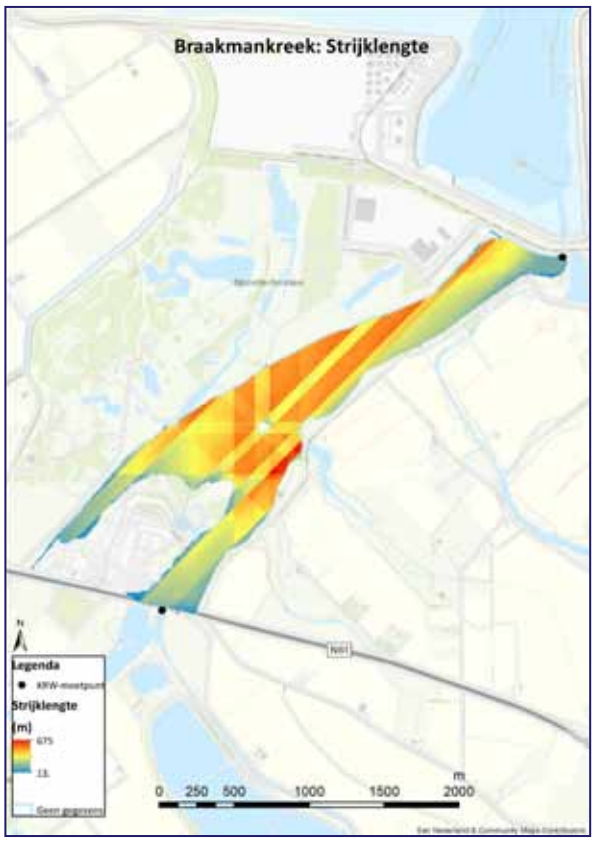






KAARTEN BRAAKMANKREEK





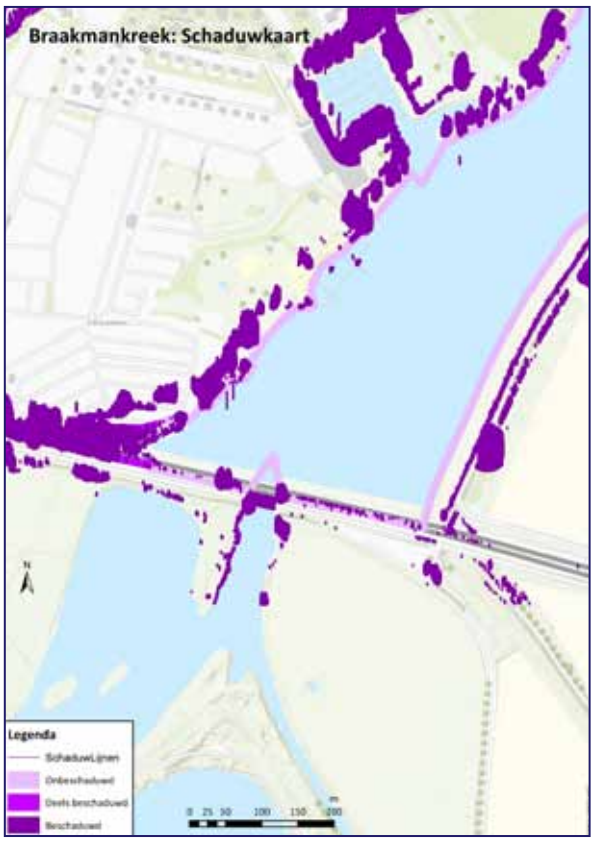
Braakmankreek: Stromingsrichting
Legenda
Stromingsrichting
HMA
0 250 500 1000 1500 2000
m

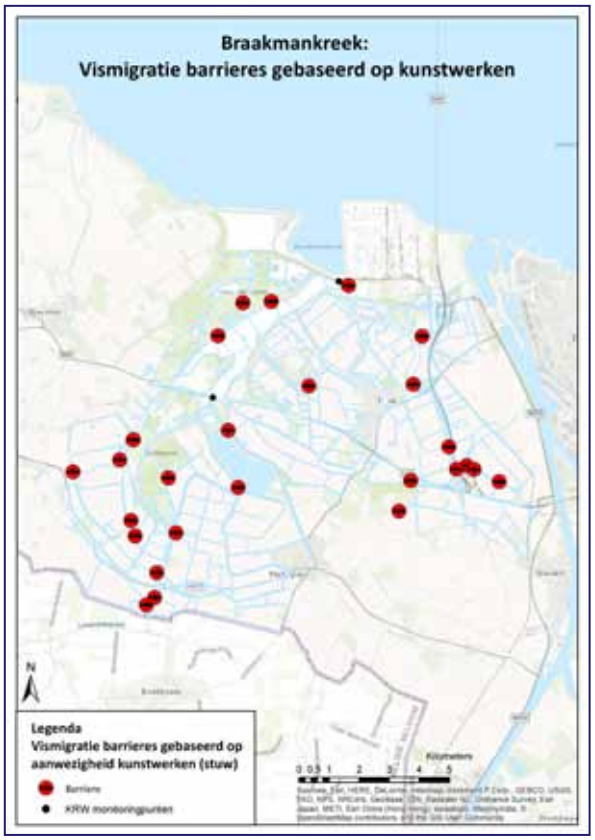
Braakmankreek: Stromingsrichting
Legenda
Stromingsrichting
NMA
0 250 500 1000 1500 2000
m

Braakmankreek:
Omgevingskaart, gebaseerd op CBS bodemgebruik 2010
Legenda
CBS Bodemgebruik 2010 (hoofdgroepen)

Braakmankreek: Schaduwkaart
Legenda
Onbeschaduwd
Deels beschaduwd
Beschaduwd

KAARTEN BRAAKMANKREEK



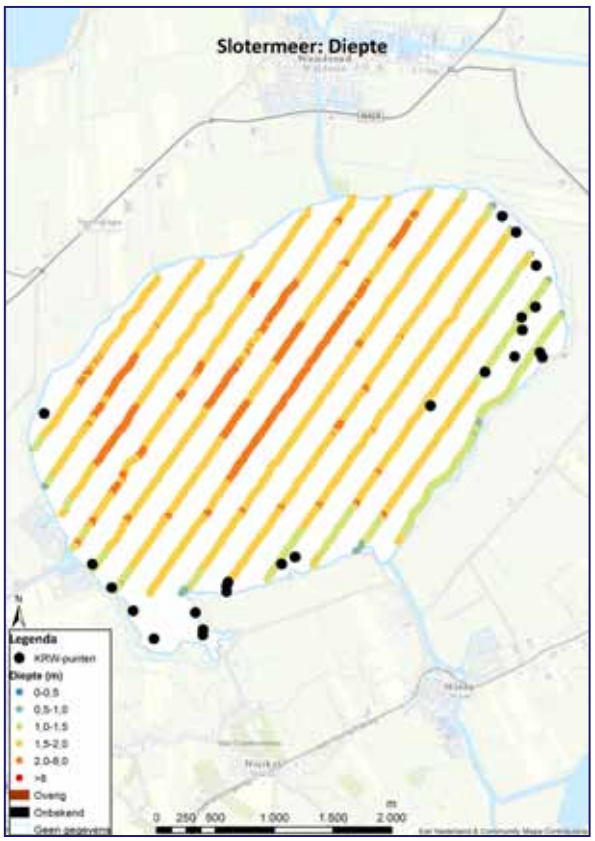


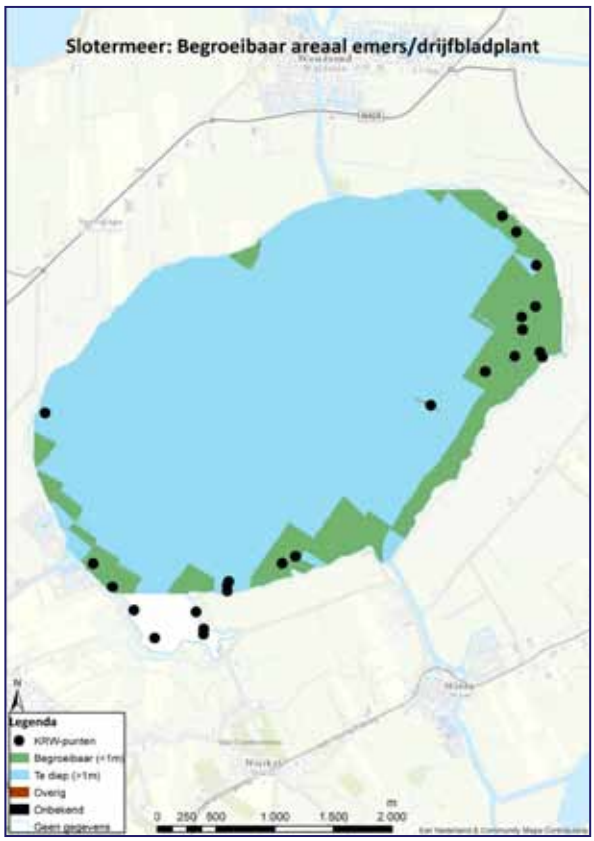
Braakmankreek:
Aanwezigheid riet
N
Legenda
Riet aanwezig
Kilometers

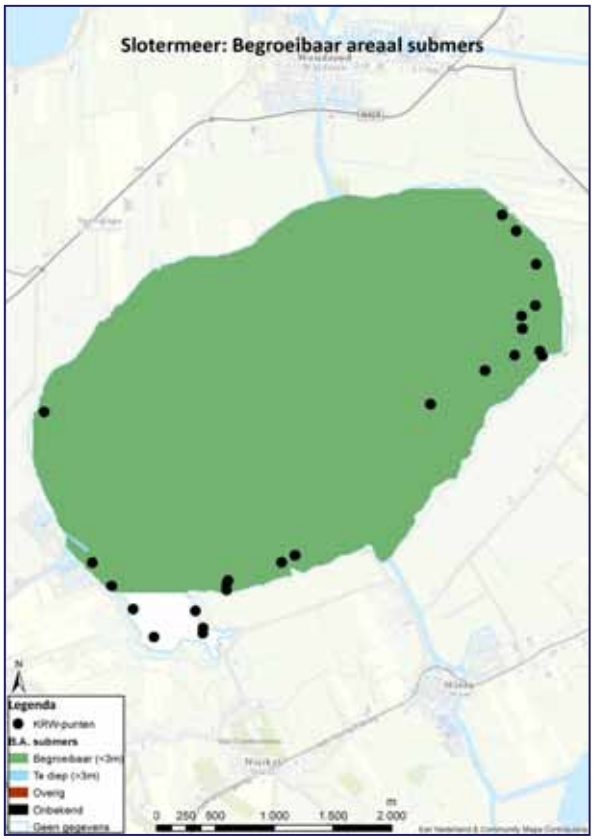
Braakmankreek:
Soortenrijkdom en totaalbedekking vegetatie
Gammadiversiteit=6
N
Legenda
Totaalbedekking vegetatie (%), label geeft aantal soorten aan op basis van data uit 2013
>10- 20
20- 40
40- 60
60- 80
80- 100
Braakmankreek
Kilometers

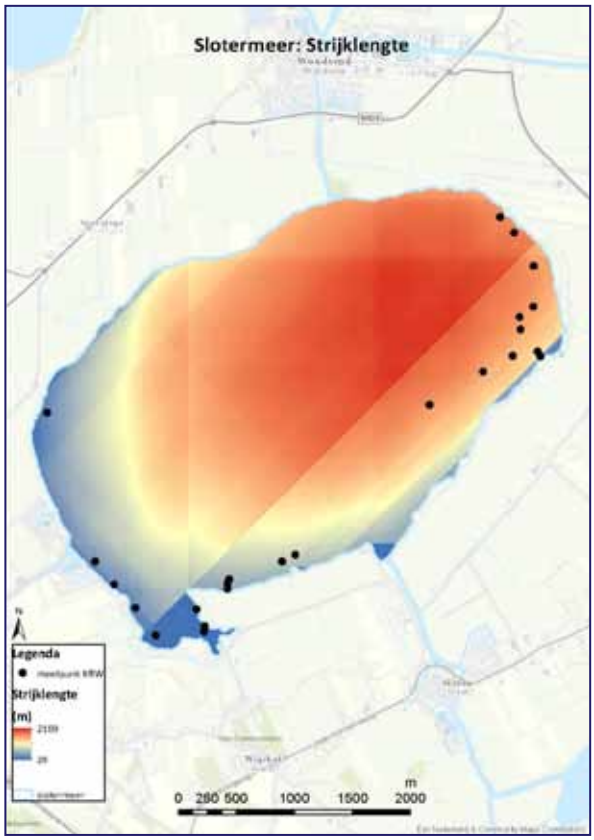
Braakmankreek:
Alphadiversiteit vegetatie
Gammadiversiteit=5
N
Legenda
Alphadiversiteit vegetatie (H')
1.5
1.6 - 3.5
braakmankreek_nieuw
Kilometers

BIJLAGE 7 | KAARTEN SLOTERMEER





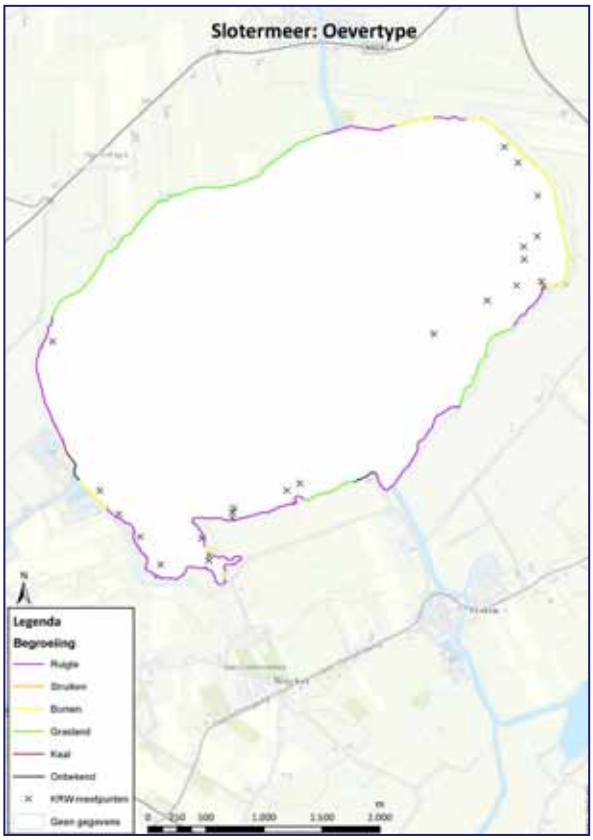




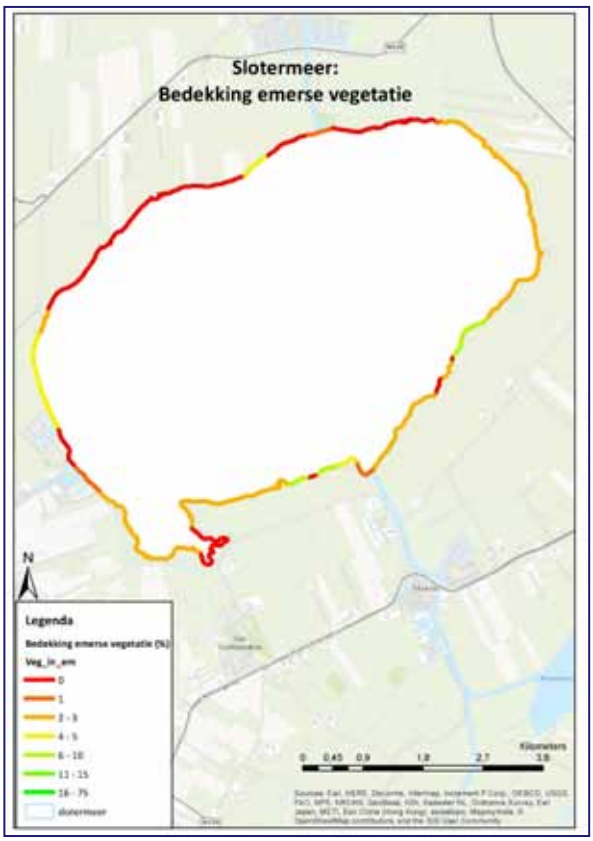
Slotermeer:
Omgevingskaart, gebaseerd op CBS bodemgebruik 2010
Legenda
CBS bodemgebruik 2010 (hoofdgroepen)

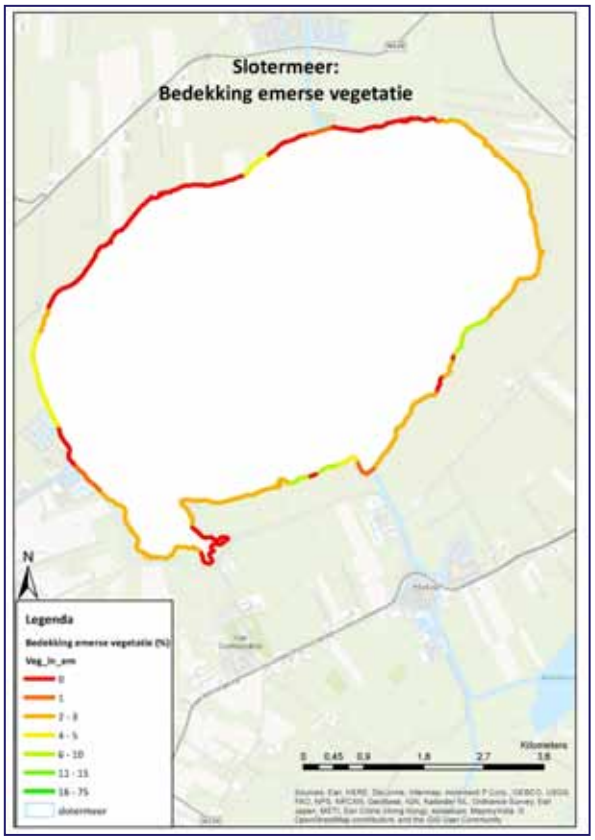
Slotermeer: Schaduwkaart
Legenda
Onbeschaduwd
Deels beschaduwd
Beschaduwd

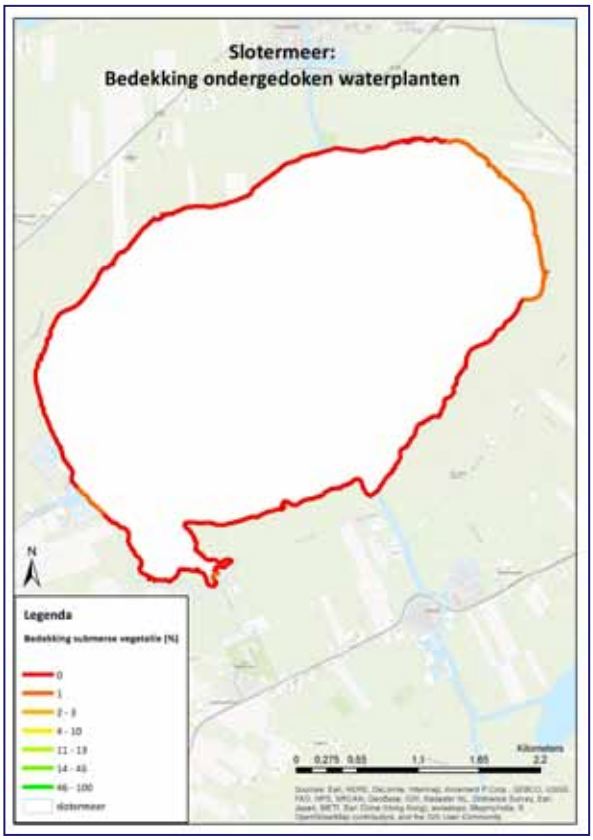
Slotermeer: Schaduwkaart
Legenda
Schaduwlijnen
Onbeschaduwd
Deels beschaduwd
Beschaduwd

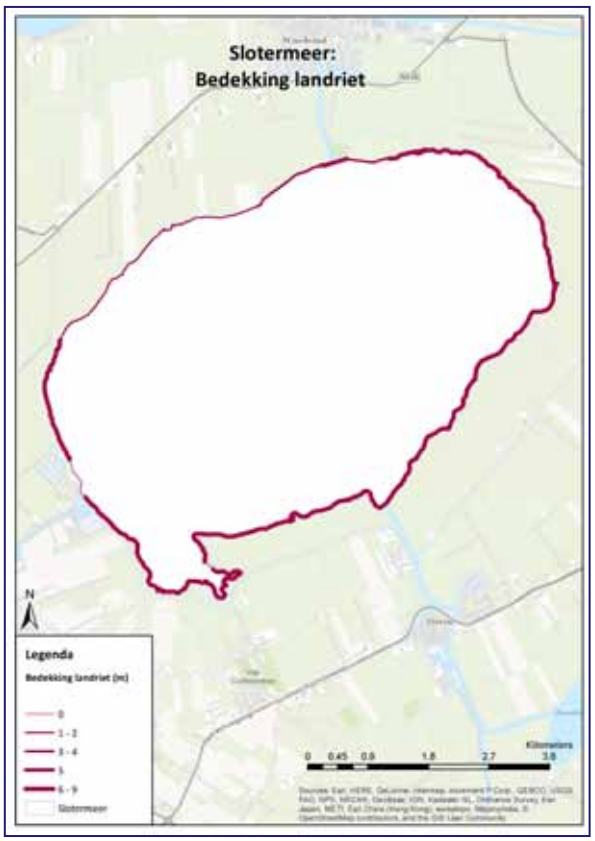

Slotermeer: Oevertype
Legenda
Begroeiing
Ruigte
Struiken
Bomen
Grasland
Kaal
Onbekend
KRW-meetpunten
Geen gegevens

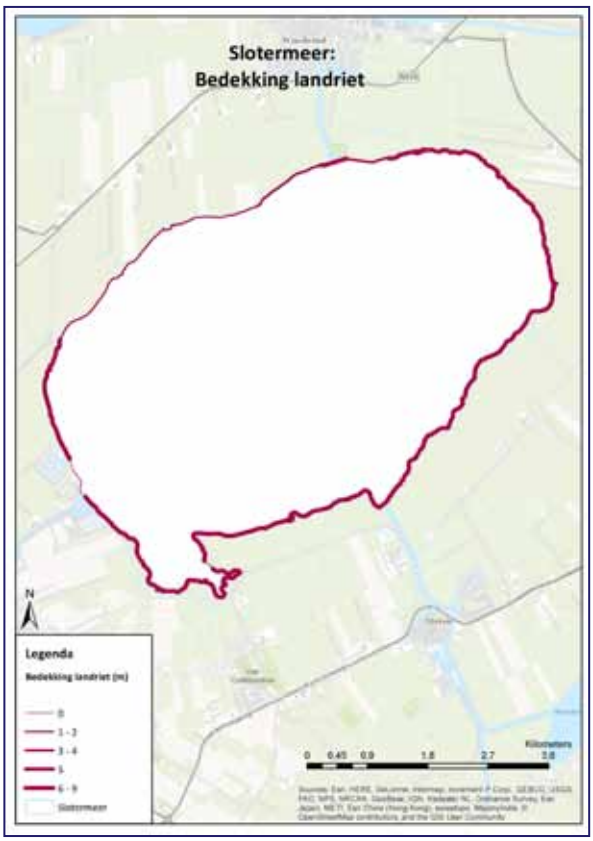
KAARTEN SLOTERMEER

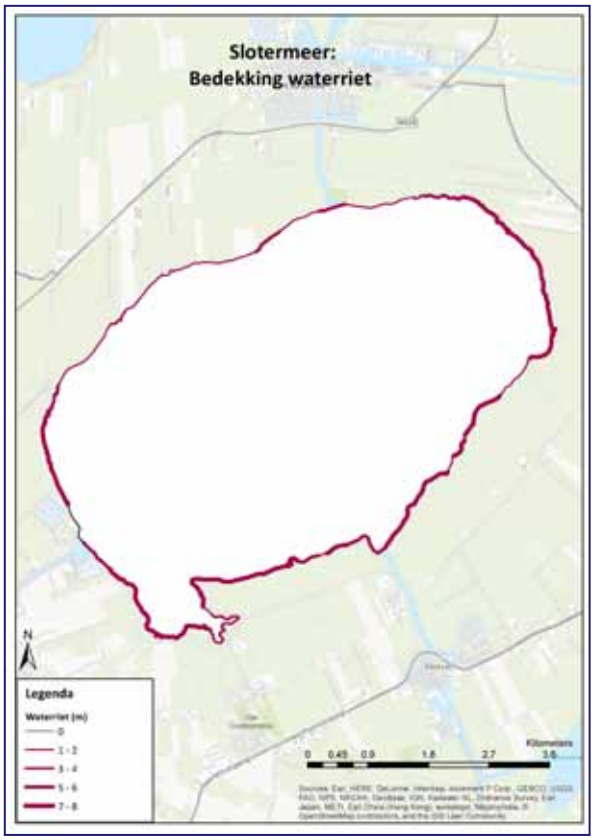


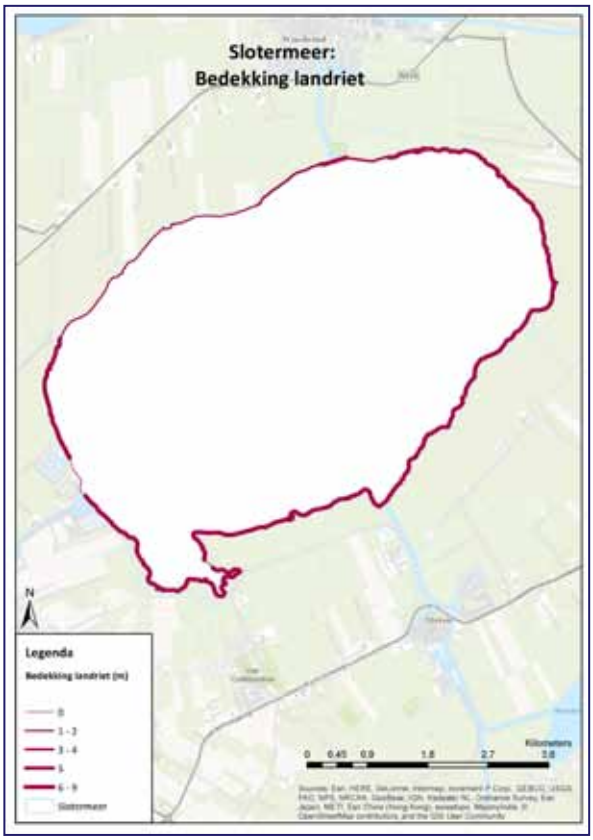




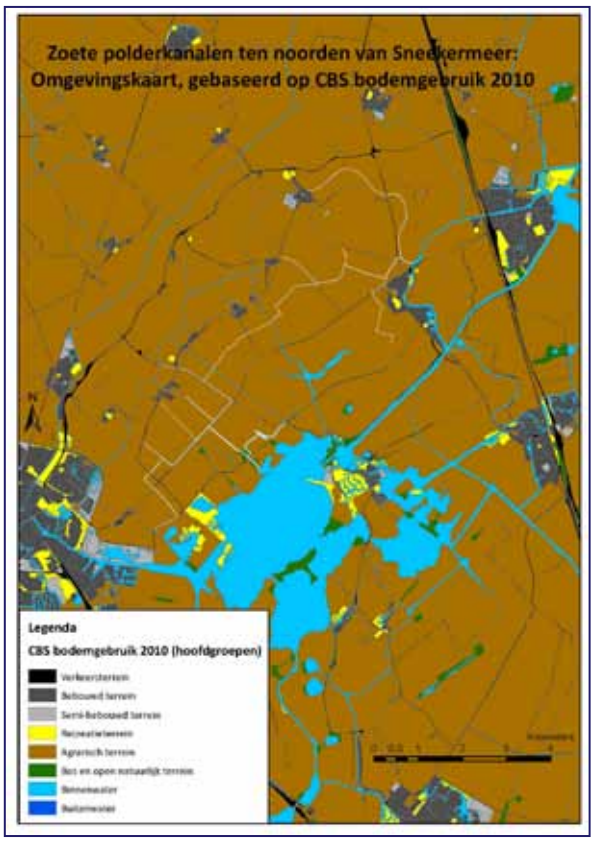

Slotermeer:
Bedekking landriet
N
Legenda
Bedekking landriet (m)
0
1 - 2
3 - 4
5
6 - 9
Slotermeer
0 0.45 0.9 1.8 2.7 3.6
Kilometers

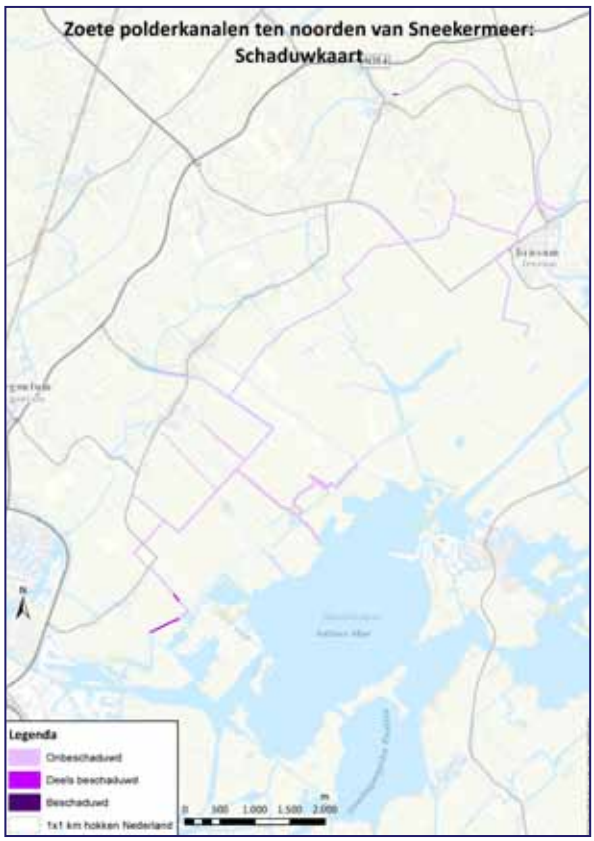

Slotermeer:
Bedekking landriet
N
Legenda
Bedekking landriet (m)
0
1 - 2
3 - 4
5
6 - 9
Slotermeer
0 0.45 0.9 1.8 2.7 3.6
Kilometers

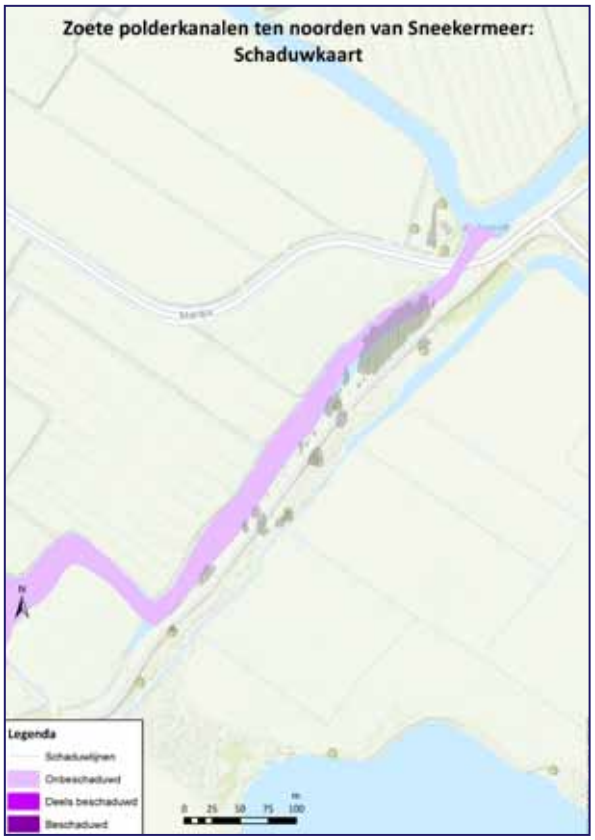

Slotermeer:
Bedekking waterriet
N
Legenda
Waterriet (m)
0
1 - 2
3 - 4
5 - 6
7 - 8
0 0.45 0.9 1.8 2.7 3.6
Kilometers

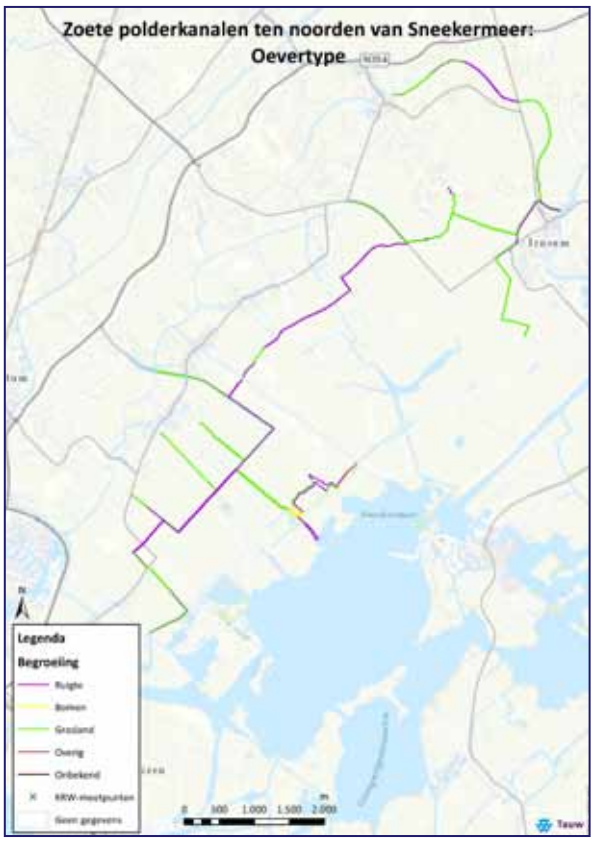

Slotermeer:
Bedekking landriet
N
Legenda
Bedekking landriet (m)
0
1 - 2
3 - 4
5
6 - 9
Slotermeer
0 0.45 0.9 1.8 2.7 3.6
Kilometers

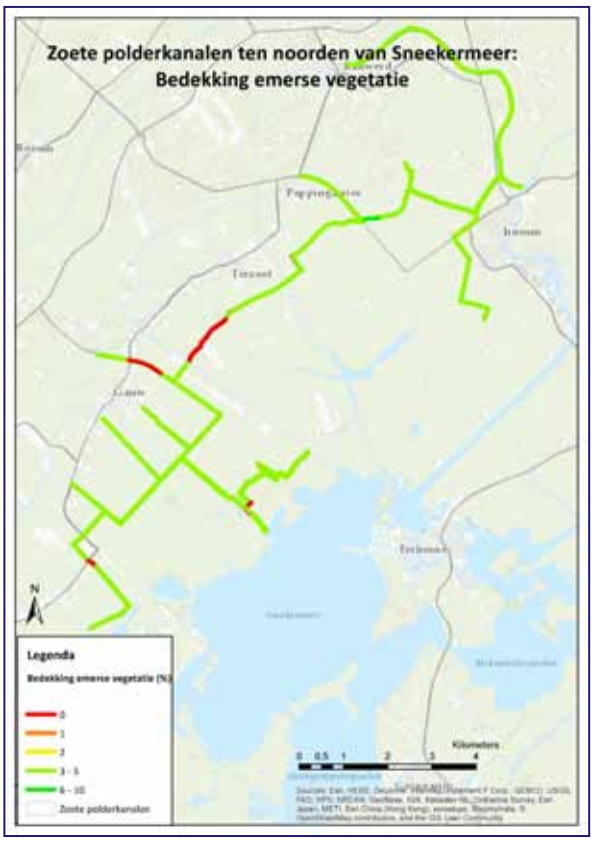
BIJLAGE 8 | KAARTEN ZOETE POLDERKANALEN TEN NOORDEN VAN SNEEKERMEER



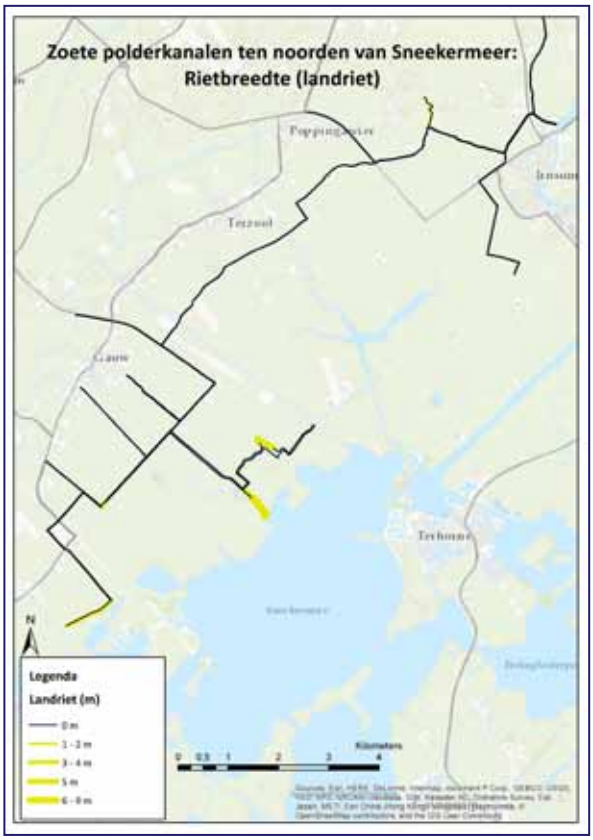




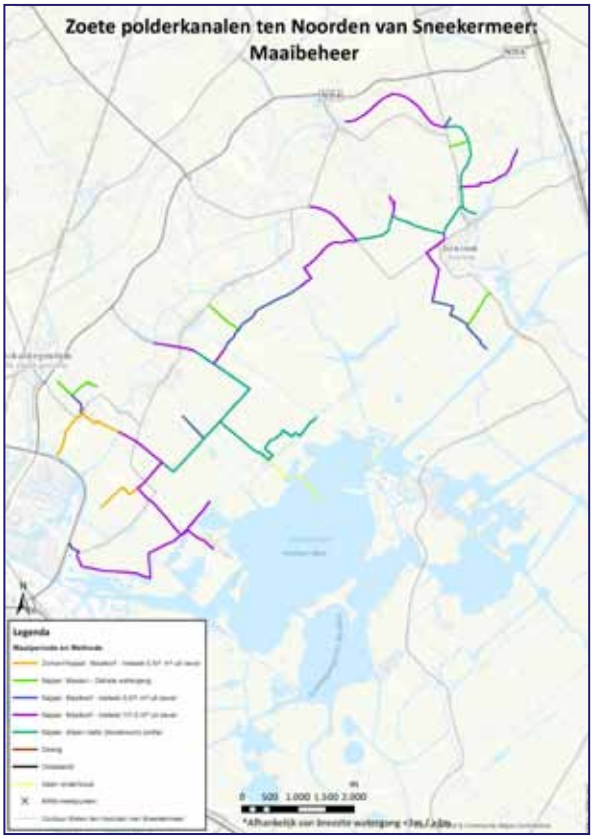

Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer:
Oevertype
Legenda
Begroeiing
Ruigte
Bomen
Grasland
Overig
Onbekend
KRW-meetpunten
Geen gegevens
0 500 1.000 1.500 2.000
m
Tauw


Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer:
Bedekking emerse vegetatie
Legenda
Bedekking emerse vegetatie (%)
0
1
2
3 - 5
6 - 10
Zoete polderkanalen
Kilometers
0 0.5 1 2 3 4

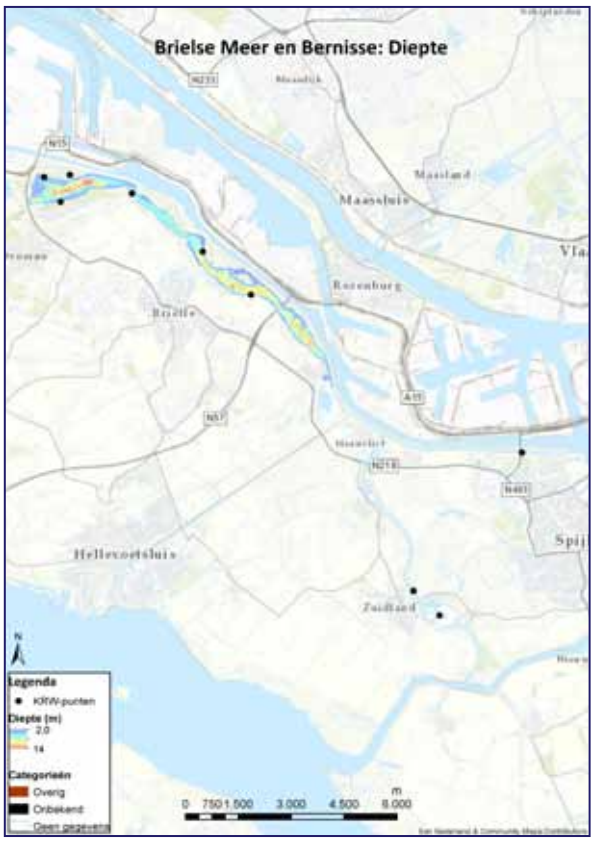
Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer:
Bedekking submerse vegetatie
Legenda
Bedekking submerse vegetatie (%)
0 - 1
2 - 5
6 - 8
9 - 10
11 - 13
Zoete polderkanalen
Kilometers
0 0.5 1 2 3 4

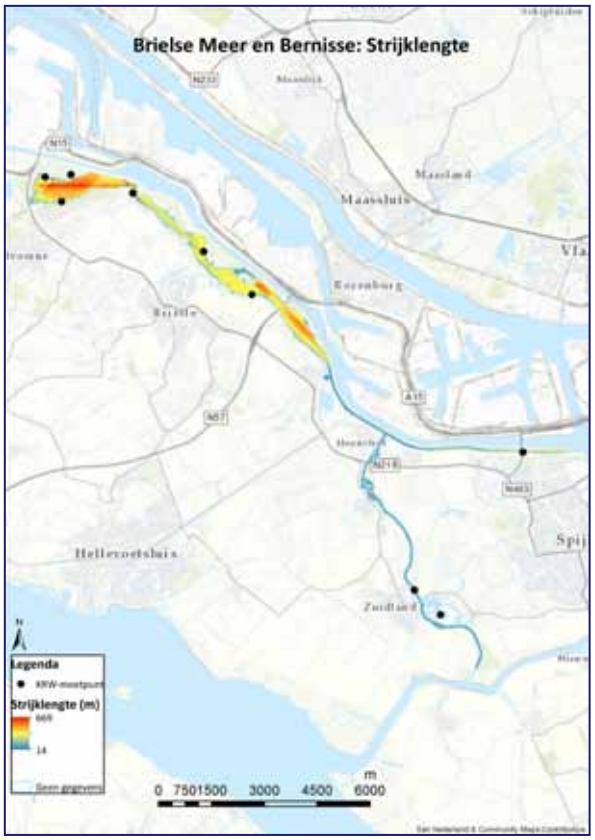

Zoete polderkanalen ten noorden van Sneekermeer:
Rietbreedte (landriet)
Legenda
Landriet (m)
0 m
1 - 2 m
3 - 4 m
5 m
6 - 8 m
Kilometers
0 0.5 1 2 3 4

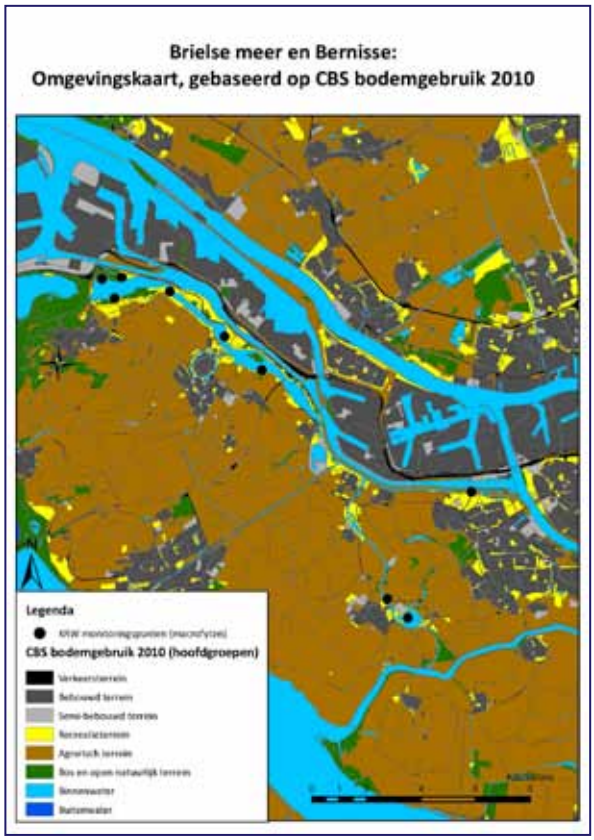
KAARTEN ZOETE POLDERKANALEN TEN NOORDEN VAN SNEEKERMEER



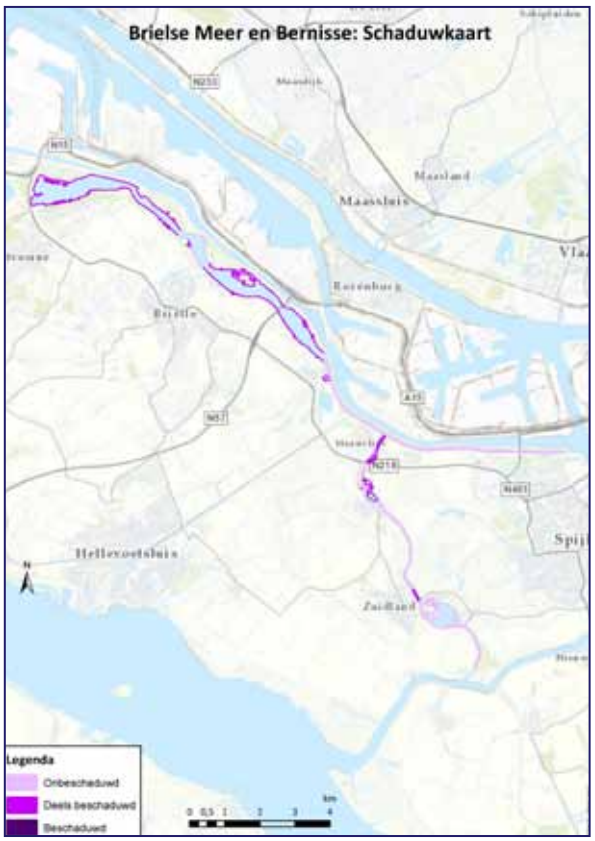
BIJLAGE 9 | KAARTEN BRIELSE MEER EN BERNISSE

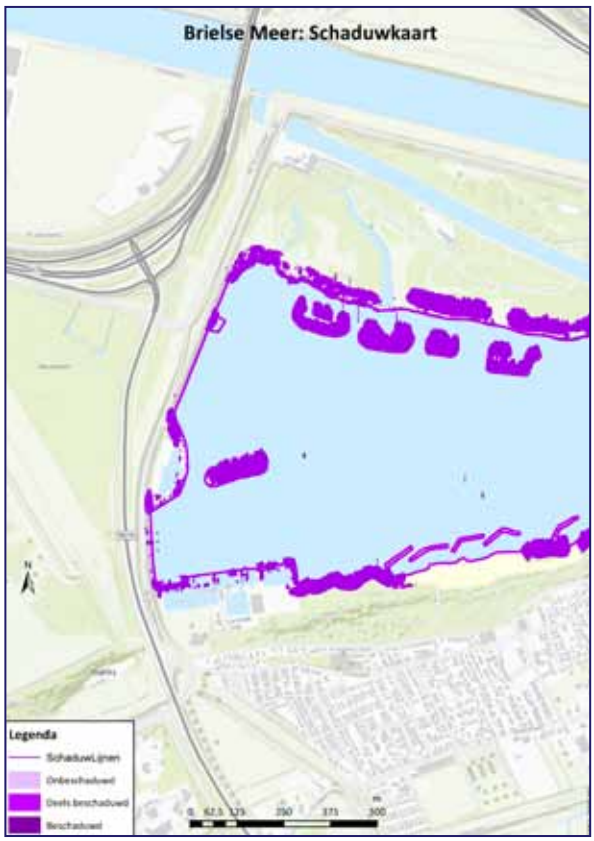


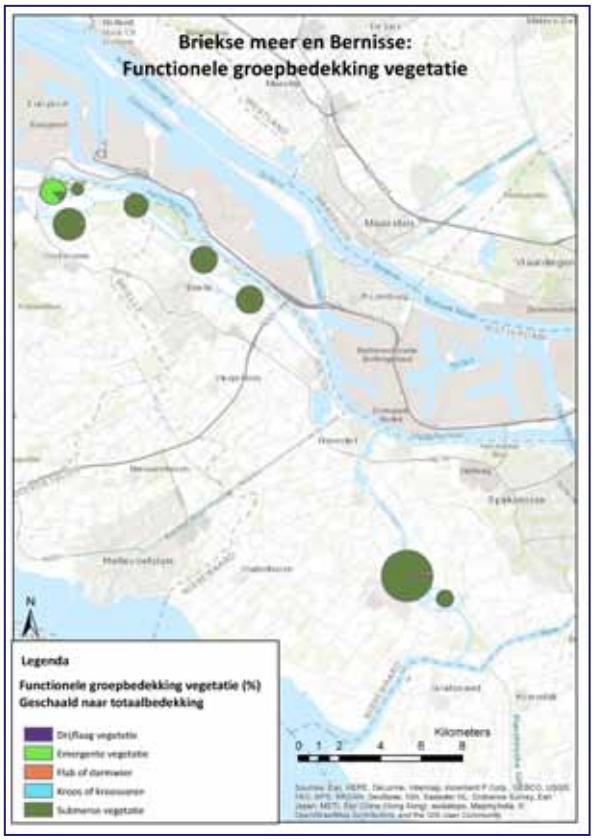


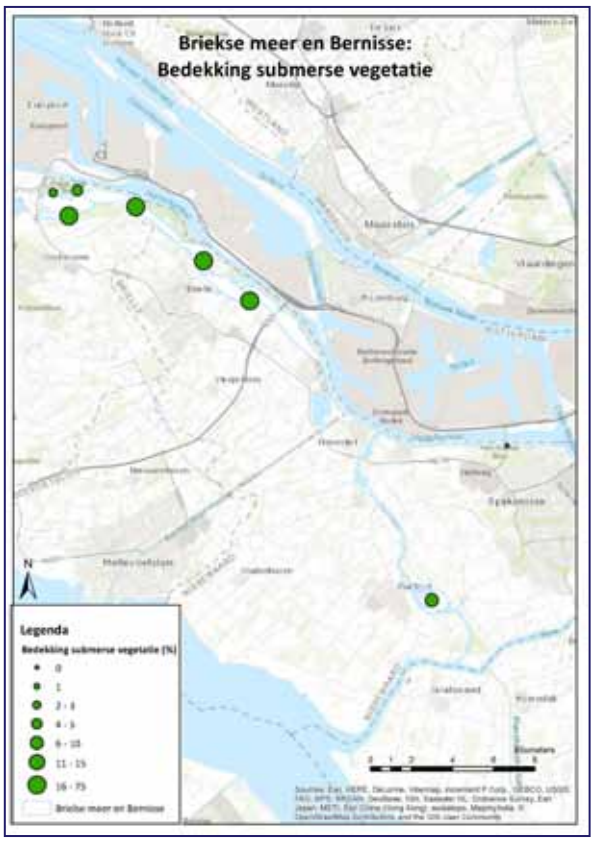


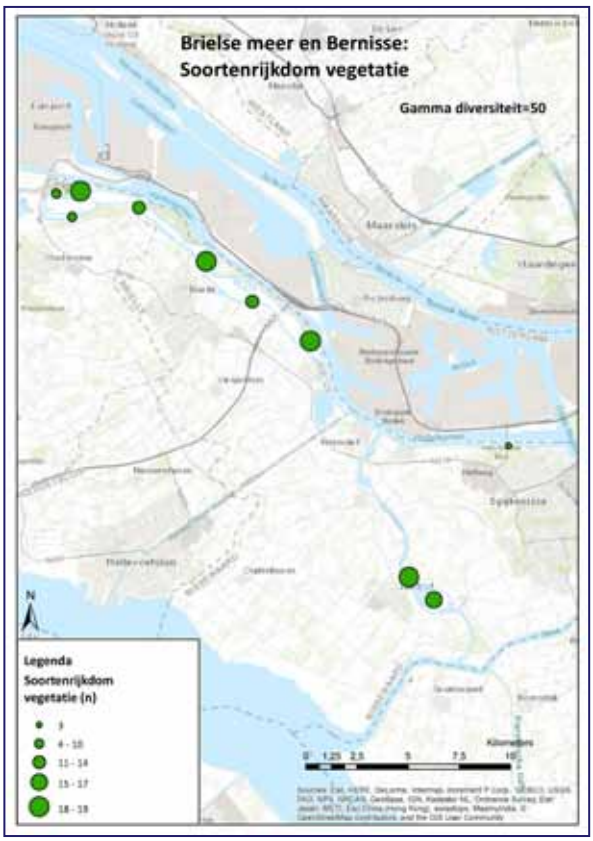
KAARTEN BRIELSE MEER EN BERNISSE

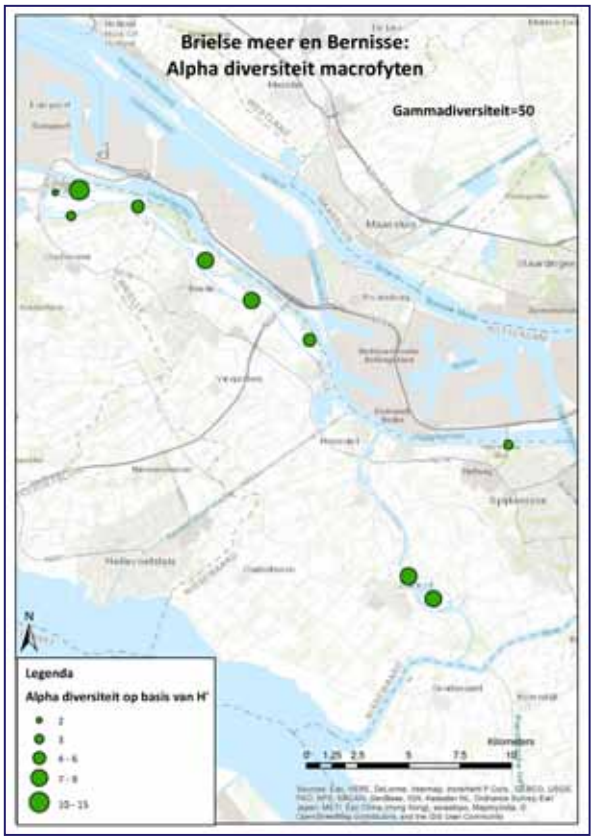


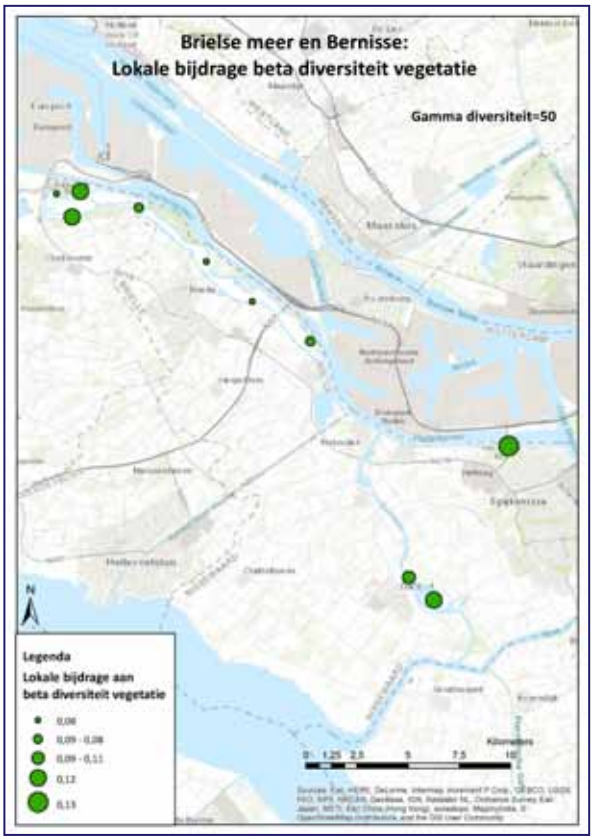




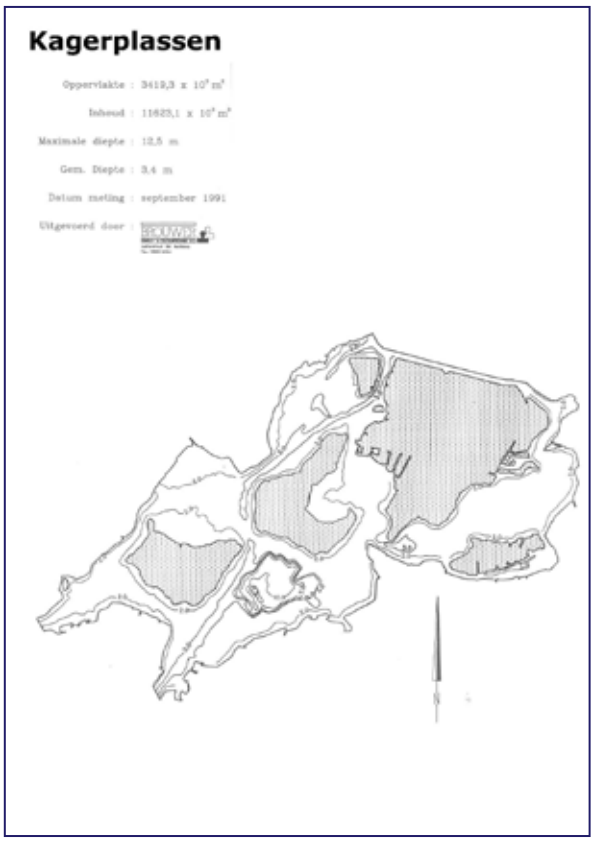

Briekse meer en Bernisse:
Bedekking submerse vegetatie
Legenda
Bedekking submerse vegetatie (%)
0
1
2 - 3
4 - 5
6 - 10
11 - 15
16 - 75
Briekse meer en Bernisse
N
Kilometers

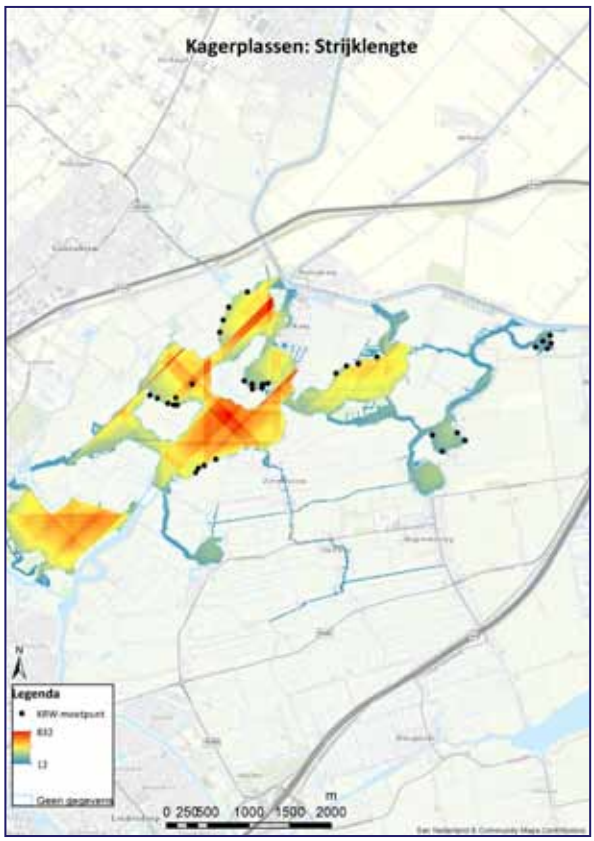

Brielse meer en Bernisse:
Soortenrijkdom vegetatie
Gamma diversiteit=50
Legenda
Soortenrijkdom
vegetatie (n)
3
4 - 10
11 - 14
15 - 17
18 - 19
N
Kilometers


Brielse meer en Bernisse:
Alpha diversiteit macrofyten
Gammadiversiteit=50
Legenda
Alpha diversiteit op basis van H'
2
3
4 - 6
7 - 9
10 - 15
N
Kilometers


Brielse meer en Bernisse:
Lokale bijdrage beta diversiteit vegetatie
Gamma diversiteit=50
Legenda
Lokale bijdrage aan
beta diversiteit vegetatie
0,08
0,09 - 0,09
0,09 - 0,11
0,12
0,13
N
Kilometers

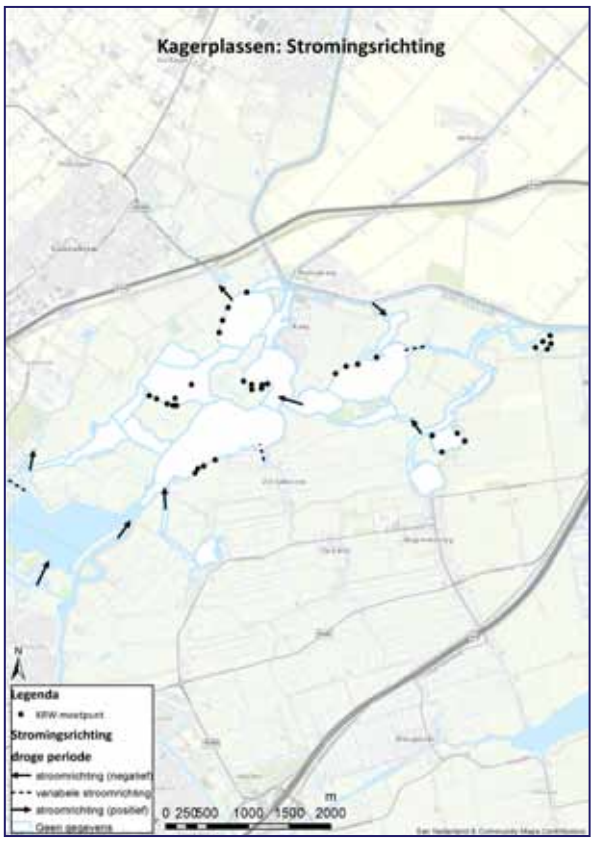
BIJLAGE 10 | KAARTEN KAGERPLASSEN

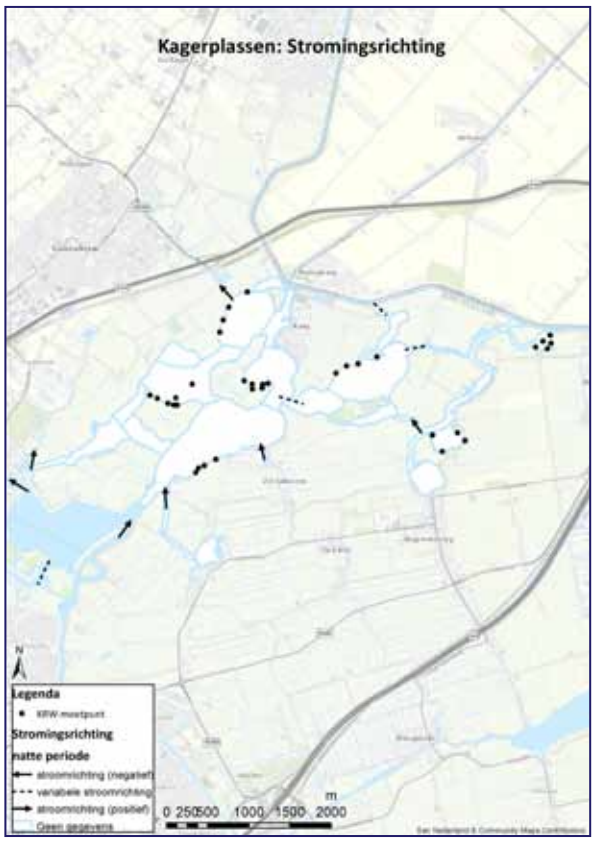


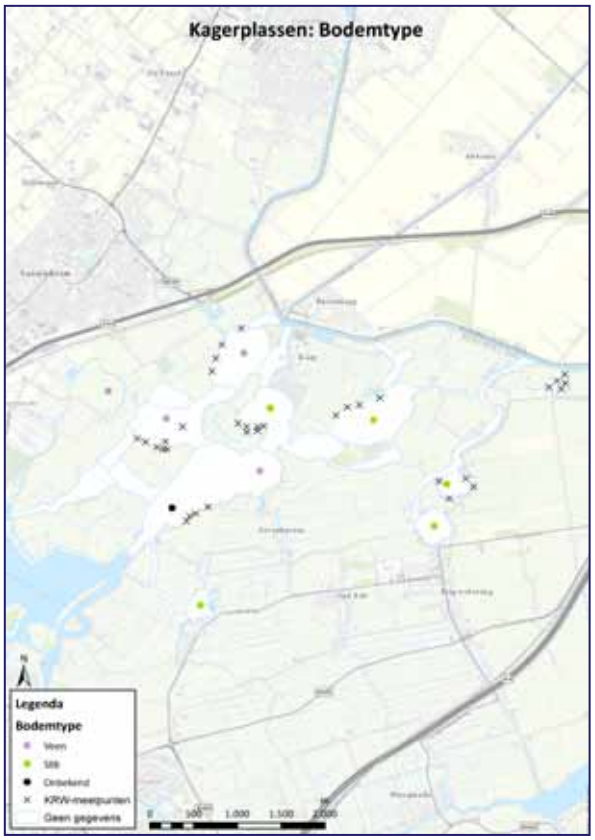


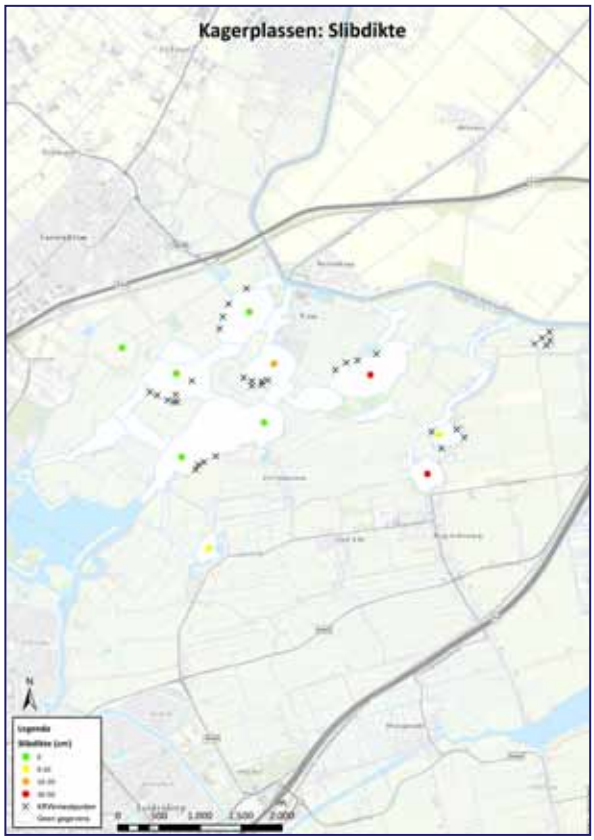
Hydrografische gegevens Kagerplassen

Dieptelijn m	Ingesloten oppervlakte door dieptelijn m²	%	Schijfdikte naar volgende dieptelijn m	m	Inhoud van schijf m³	%	Cummulatieve inhoud m³	%
0,0	3419,3x10³	100	0,0-2,0	2,0	9121,3x10³	78,5	11623,1x10³	100
2,0	2328,4x10³	68,1	2,0-3,0	1,0	1363,1x10³	11,7	2501,8x10³	21,5
3,0	397,7x10³	11,6	3,0-5,0	2,0	452,2x10³	3,9	1138,7x10³	9,8
5,0	168,5x10³	4,9	5,0-7,5	2,5	382,3x10³	3,3	686,5x10³	5,9
7,5	132,4x10³	3,9	7,5-10,0	2,5	247,9x10³	2,1	304,2x10³	2,6
10,0	67,6x10³	2,0	10,0-12,5	2,5	56,3x10³	0,5	56,3x10³	0,5

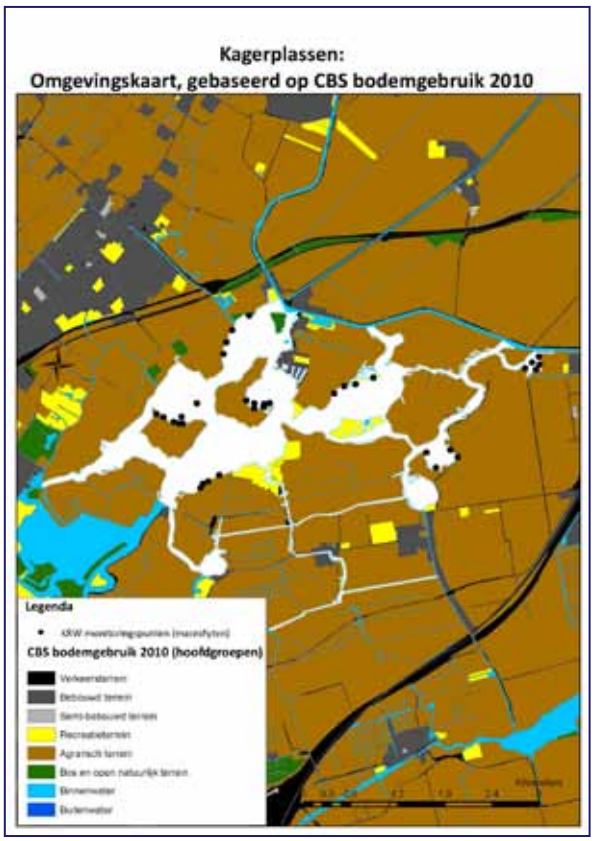

Kagerplassen: Stromingsrichting
Legenda
KRW-meetpunt
Stromingsrichting
droge periode
stroomrichting (negatief)
variabele stroomrichting
stroomrichting (positief)
Geen gegevens
0 250 500 1000 1500 2000
m

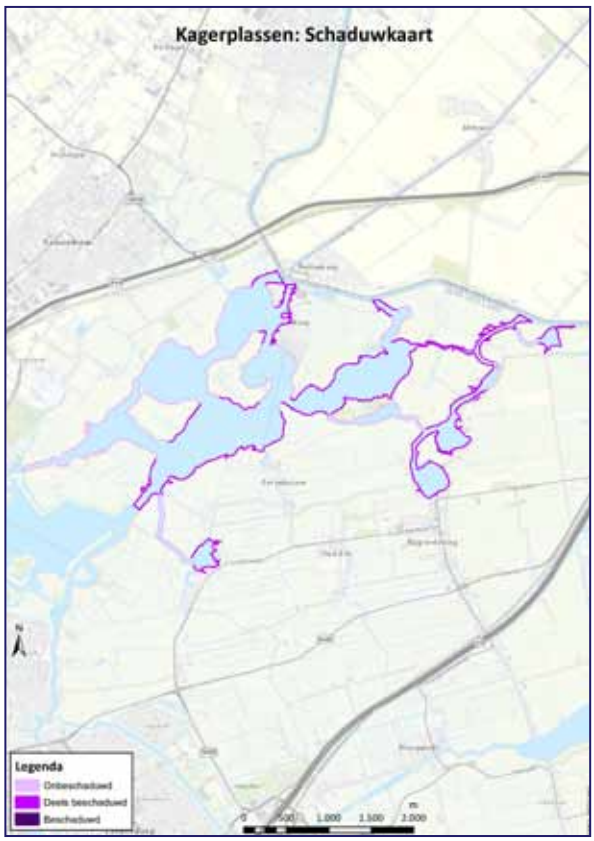

Kagerplassen: Stromingsrichting
Legenda
KRW-meetpunt
Stromingsrichting
natte periode
stroomrichting (negatief)
variabele stroomrichting
stroomrichting (positief)
Geen gegevens
0 250 500 1000 1500 2000
m

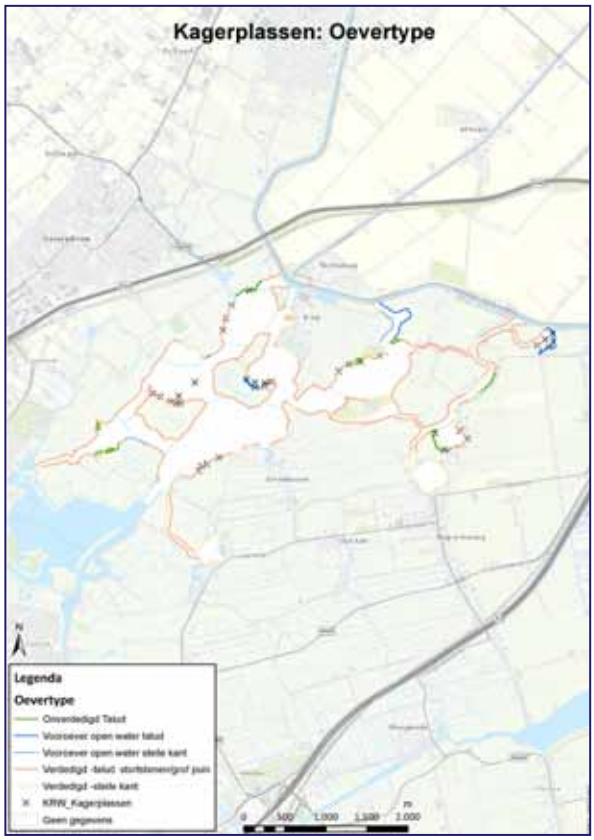

Kagerplassen: Bodemtype
Legenda
Bodemtype
Veen
Slib
Onbekend
KRW-meetpunten
Geen gegevens

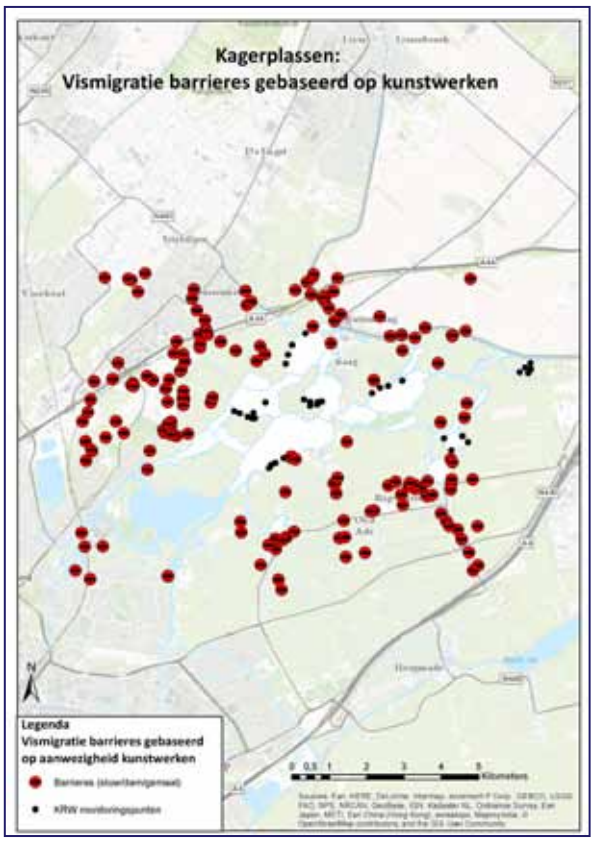

Kagerplassen: Slibdikte

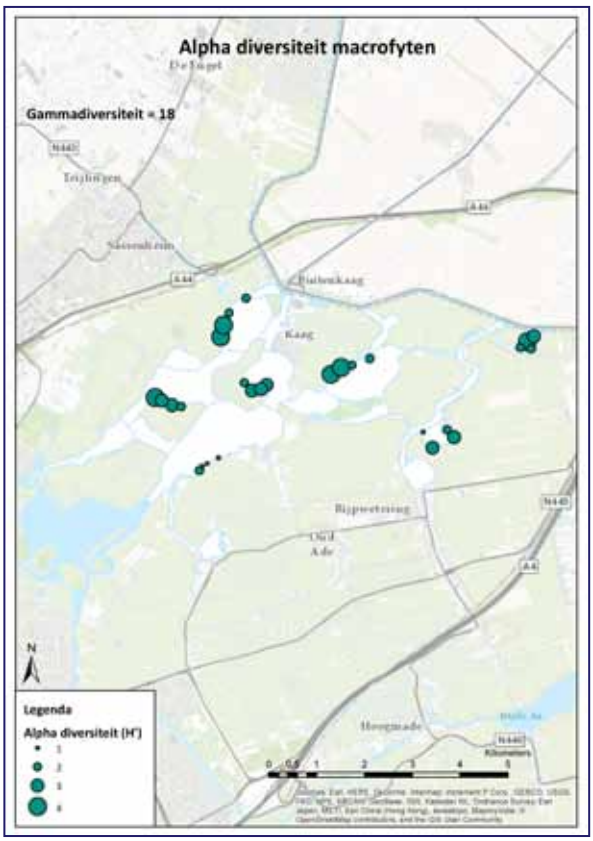
KAARTEN KAGERPLASSEN

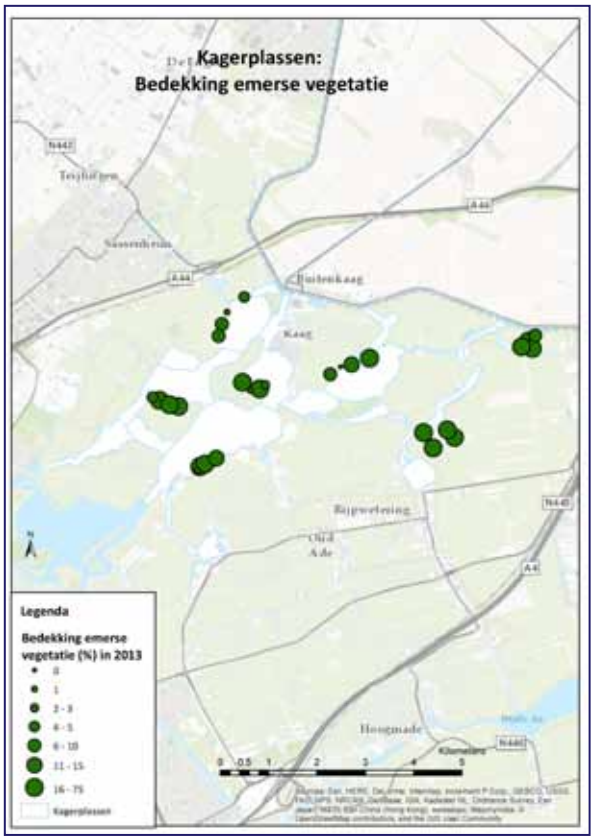


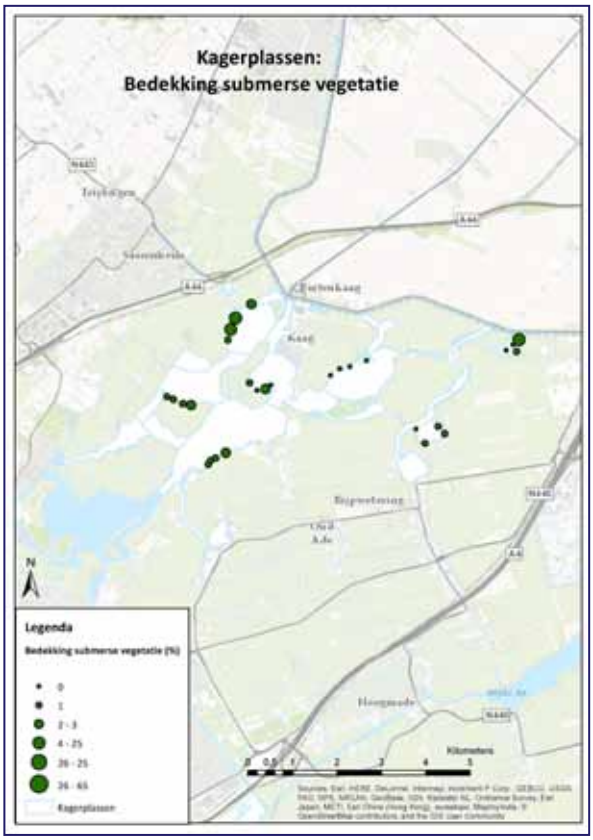




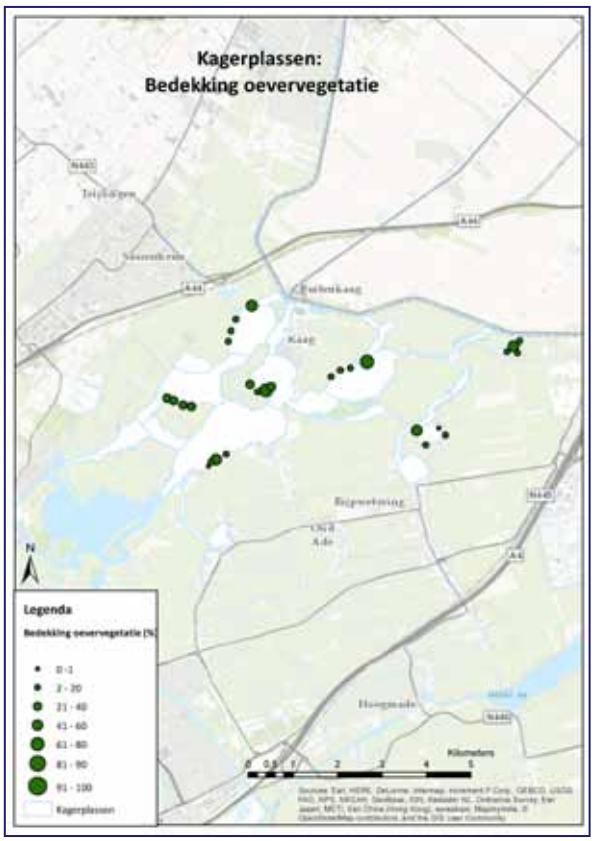

Kagerplassen:
Vismigratie barrieres gebaseerd op kunstwerken
Legenda
Vismigratie barrieres gebaseerd op aanwezigheid kunstwerken
Barrieres (stuwtiben/gemaal)
KRW monitoringspunten
N
Kilometers

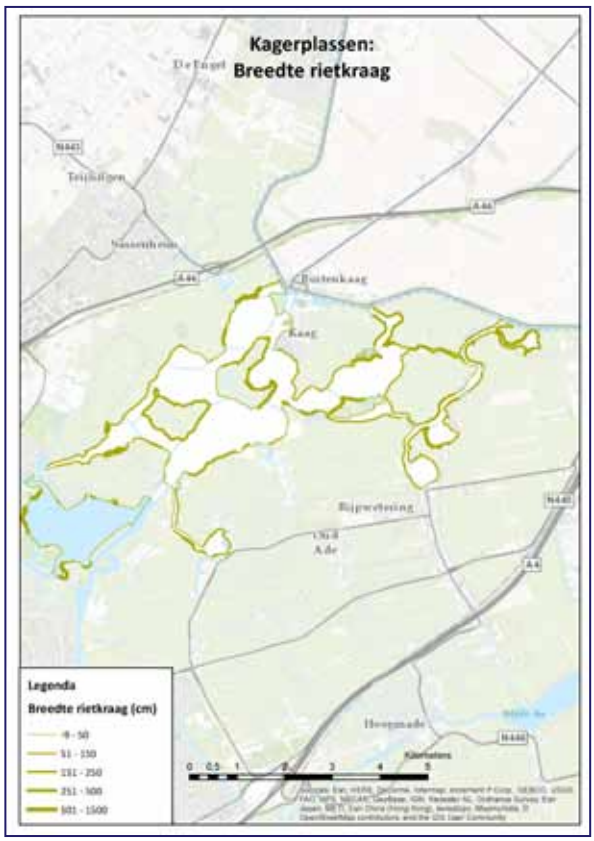

Alpha diversiteit macrofyten
Gammadiversiteit = 18
Legenda
Alpha diversiteit (H')
N
Kilometers

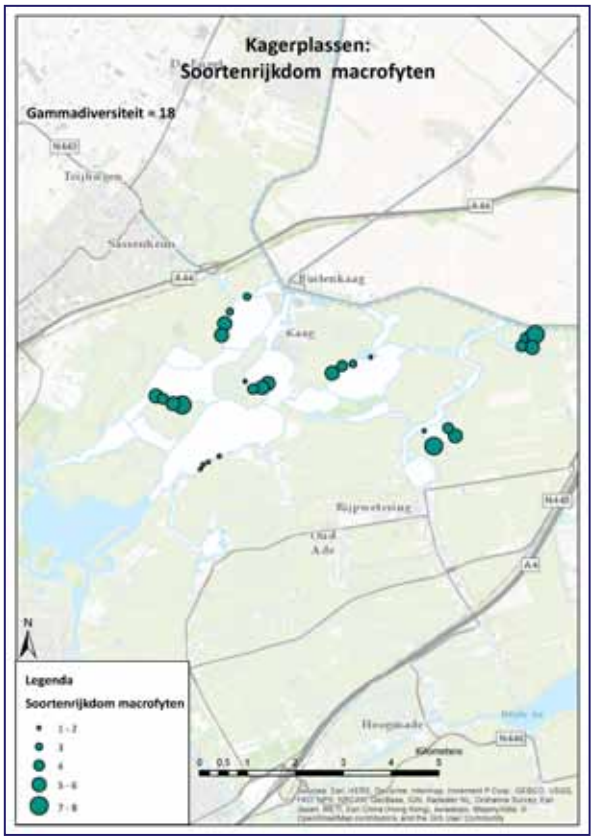

Kagerplassen:
Bedekking emerse vegetatie
Legenda
Bedekking emerse vegetatie (%) in 2013
0
1
2 - 3
4 - 5
6 - 10
11 - 15
16 - 75
Kagerplassen
N
Kilometers

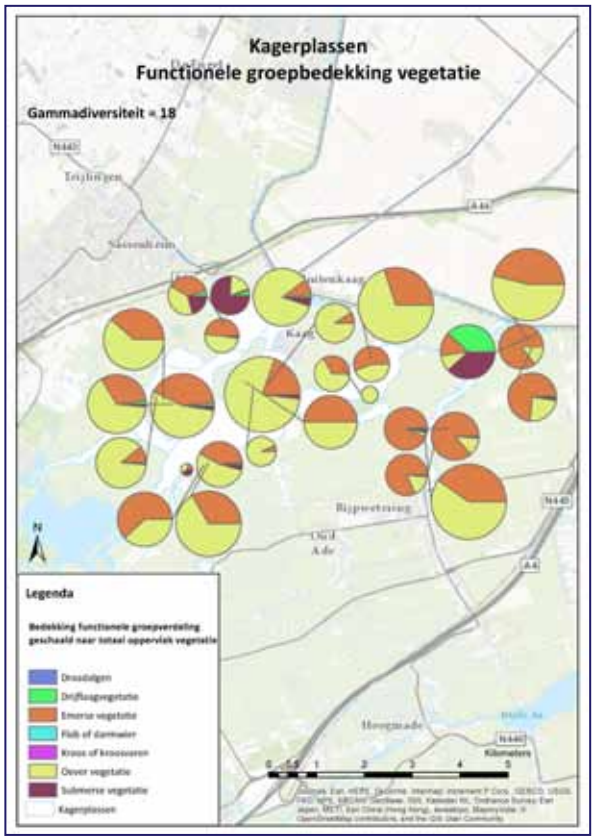

Kagerplassen:
Bedekking submerse vegetatie
Legenda
Bedekking submerse vegetatie (%)
0
1
2 - 3
4 - 25
26 - 35
36 - 65
Kagerplassen
N
Kilometers

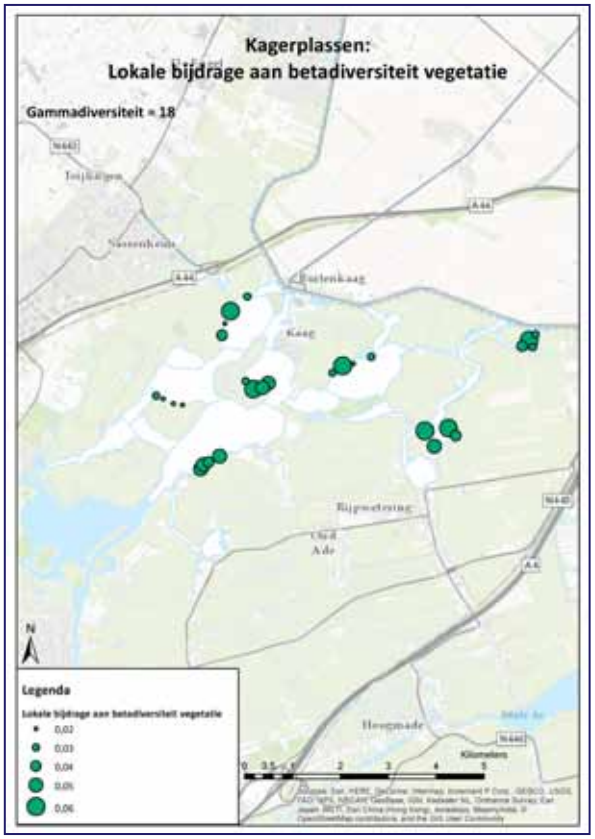
KAARTEN KAGERPLASSEN










Kagerplassen:
Lokale bijdrage aan betadiversiteit vegetatie
Gammadiversiteit = 18
N
Legenda
Lokale bijdrage aan betadiversiteit vegetatie
0,02
0,03
0,04
0,05
0,06
Kilometers