Samenvatting

# Handreiking beoordeling functionele prestatie biodiversiteit

## Kwantificering, overwegingen en maatregelen

Hieronder vindt u een kennisbijdrage over de vraag hoe natte kunstwerken binnen een netwerk presteren wat betreft biodiversiteit. In hoeverre dragen ze bij of kunnen ze bijdragen aan de natuurinclusieve instandhouding van het watersysteem? Vanuit Europa en Nederland worden op het vlak van biodiversiteit steeds meer eisen gesteld aan het watersysteem. Tot nu toe was er minder aandacht voor wat dit voor de kunstwerken betekent, onder andere door het ontbreken van kennis en methodieken om specifiek deze functionele netwerkprestatie te kunnen beoordelen en inschatten. Inmiddels hebben we daar wel meer kennis over. Dit rapport wil een handreiking bieden om de invloed van een kunstwerk op de habitatgeschiktheid te kunnen bepalen en om die in een vroeg stadium mee te kunnen nemen in het VenR-besluitvormingsproces conform de iteratieve werkwijze.

**Aanleiding en probleemstelling**
In de 'Leidraad waterkwaliteit en natuur' van Rijkswaterstaat zijn eisen vastgelegd voor ecologie en natuur. Op basis hiervan en op basis van andere bronnen onderscheiden wij bij de natuurinclusieve instandhouding drie aspecten van het brede begrip biodiversiteit:

1. Habitat: welke soorten horen te leven in welke Rijkswateren en hoe zien die leefgebieden er dan uit?
2. Connectiviteit tussen waterlichamen: hoe zorg je ervoor dat een kunstwerk nauwelijks of geen belemmering vormt voor (bijvoorbeeld) vismigratie en dat ook een eventuele maatregel daartoe een of meer andere functies van het kunstwerk niet negatief beïnvloedt?
3. Management van natuur en biodiversiteit op het kunstwerkcomplex zelf (nestelmogelijkheden, oversteekmogelijkheden, voldoende voedsel e.d.).

**Onderzoeksvragen (WAT)**
Hoe kunnen we een handreiking bieden om de functionele prestaties van een kunstwerk binnen het netwerk ten aanzien van bovenstaande drie aspecten van biodiversiteit beter in te schatten?

**Onderzoeksaanpak en -methode (HOE)**
Om de doelen uit de Kaderrichtlijn Water (2024) volledig te realiseren hebben we onder andere recente publicaties van de PAGW (Programmatische Aanpak Grote Wateren) geraadpleegd. Hierin zijn maatregelen genoemd die specifiek voor het natuurinclusief instandhouden van de natte kunstwerken genomen kunnen worden of die daarvoor als voorbeeld kunnen dienen. Ook hebben we er enkele aan toegevoegd. Vervolgens beschrijven we hoe maatregelen beoordeeld en afgewogen kunnen worden als het gaat om bevordering van biodiversiteit.

**Onderzoeksresultaten en synthese**
Mogelijke maatregelen die de natuurinclusiviteit bij de instandhouding van een kunstwerk ten goede komen en die ter plaatse van het kunstwerk uitgevoerd worden, moeten in een vroeg stadium van het VenR-proces meegenomen worden. Dit is nodig om de ruimtelijke en

kostenimplicaties op netwerkniveau transparant in kaart te brengen bij het ontwikkelen en afwegen van oplossingsrichtingen.

Het onderzoeksrapport volgt direct achter deze samenvatting.

**Evaluatie en vooruitblik**
De mogelijke maatregelen en tooling voor de natuurinclusieve instandhouding bij natte kunstwerken worden in de weergegeven onderzoeken hierna uiteengezet. Zoals de analysetool vispasseerbaarheid die gekoppeld is aan de verkenningstool habitatgeschiktheid KRW.

Deltares

# Functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit

Kwantificering, overwegingen en maatregelen



**Functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit**
Kwantificering, overwegingen en maatregelen

**Auteur(s)**
Tom O'Mahoney
Erik Ruijgh

# Inhoud


| | | |
|---|---|---|
| | **Samenvatting** | **4** |
| **1** | **Inleiding** | **7** |
| 1.1 | Biodiversiteit en natte kunstwerken | 7 |
| 1.2 | Verantwoording en Afbakening | 9 |
| 1.3 | Functionele prestatie – iteratieve werkwijze | 10 |
| **2** | **Stap 2: Inventariseren en ontrafelen van het probleem** | **12** |
| 2.1 | Kunstwerklocatie in het systeem | 12 |
| 2.2 | Welke functies voert het kunstwerk uit? | 12 |
| 2.3 | Eisen en wensen, en lopende ontwikkelingen | 14 |
| 2.3.1 | Kaderrichtlijn Water | 14 |
| 2.3.2 | Programmatische Aanpak Grote Wateren | 14 |
| 2.3.3 | Natura 2000 | 14 |
| 2.3.4 | Overige eisen | 15 |
| 2.4 | Drivers | 15 |
| 2.4.1 | Klimaatdrivers | 15 |
| 2.4.2 | Socio-economische drivers | 16 |
| 2.4.3 | Verandering in wet- en regelgeving of beleidsmatige drivers | 16 |
| 2.5 | Functionele prestatie van de huidige situatie | 16 |
| **3** | **Stap 3: Ontwikkelen van oplossingsrichtingen, varianten en voorkeursvariant** | **17** |
| 3.1 | Kunstwerk verwijderen | 17 |
| 3.2 | Bestaande kunstwerk anders gebruiken | 17 |
| 3.3 | Kunstwerk geschikt maken voor dynamisch peilbeheer | 18 |
| 3.4 | Vismigratievoorzieningen | 18 |
| **4** | **Stap 4: Bepalen van de toekomstige functionele prestatie** | **20** |
| 4.1 | Connectiviteit van het watersysteem bij het kunstwerk | 20 |
| 4.2 | Habitat in het systeem gefaciliteerd door het kunstwerk | 21 |
| 4.3 | Netwerk prestatie – KRW-Verkenner | 22 |
| 4.4 | Computational Fluid Dynamics – CFD | 23 |
| 4.5 | D-HYDRO | 24 |
| **5** | **Conclusies en aanbevelingen** | **25** |
| 5.1 | Conclusies | 25 |
| **6** | **Referenties** | **26** |
| **A** | **Workshop 23 mei 2023** | **29** |

A.1 Samen nadenken 29

A.2 Voorbeeldcases – toetsing van de toepasbaarheid van het raamwerk 30
A.2.1 Case A: Bathse Spuisluis en zoet-zout overgangen 31
A.2.2 Case B: Krammersluizen en zoet-zout overgangen 33
A.2.3 Case C: Maasstuwen 35
A.2.4 Mogelijke toekomstige cases 36
A.2.5 Samenvattend 36

**B Workshop 21 mei 2024 Trechter in Utrecht 37**

**C Interviews “Lessons learned” zout-zoet overgangen 41**

C.1 Rijkswaterstaat medewerker betrokken bij project Krammer 41

C.2 Deltares medewerker betrokken bij PAGW Streefbeelden 42

C.3 Deltares medewerker betrokken bij Haringvliet 42

C.4 Deltares medewerker betrokken bij Lauwersmeer 42

C.5 Rijkswaterstaat medewerker betrokken bij PAGW 43

# 1 Inleiding

In het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK) ontwikkelen en bundelen Deltares, MARIN, TNO en Rijkswaterstaat de technische, functionele en economische kennis die nodig is om de besluitvorming omtrent de Vervanging- en Renovatie (VenR-)opgave[1] bij de civiele en bewegende delen van natte kunstwerken effectief, efficiënt, transparant en toekomstbestendig te onderbouwen. In het KpNK is door Rijkswaterstaat en Deltares ten behoeve van het doorlopen van de Regioanalyse en Planfase volgens de VenR-doorklikplaat een iteratieve werkwijze ontwikkeld (zie het hoofdrapport over de iteratieve werkwijze KpNK (2024a)). Het bepalen van de functionele prestatie is één van de stappen in deze iteratieve werkwijze.

De functionele prestatie van een kunstwerk geeft aan in welke mate een kunstwerk presteert ten aanzien van de eisen of wensen voor een bepaalde functie die aan dat kunstwerk gesteld worden. Door de functionele prestatie te kwantificeren kan een beeld worden gevormd van de mate waarin een kunstwerk zijn functies vervult, zowel in de huidige situatie als onder een veranderende toekomst. Een uitgebreide algemene beschrijving van het begrip functionele prestatie en de toepassing daarvan is beschikbaar in KpNK (2024d). Een eerste verkenning van de mogelijkheden om biodiversiteit te beschouwen bij de kwantificering van de functionele prestatie van natte kunstwerken is opgenomen in KpNK (2024o). Het voorliggende rapport biedt een verdieping ten aanzien van de functionele prestatie van natte kunstwerken rond biodiversiteit. Daarmee vormt dit rapport de “**Handreiking Biodiversiteit**” bij de iteratieve werkwijze (zie KpNK (2024a)).

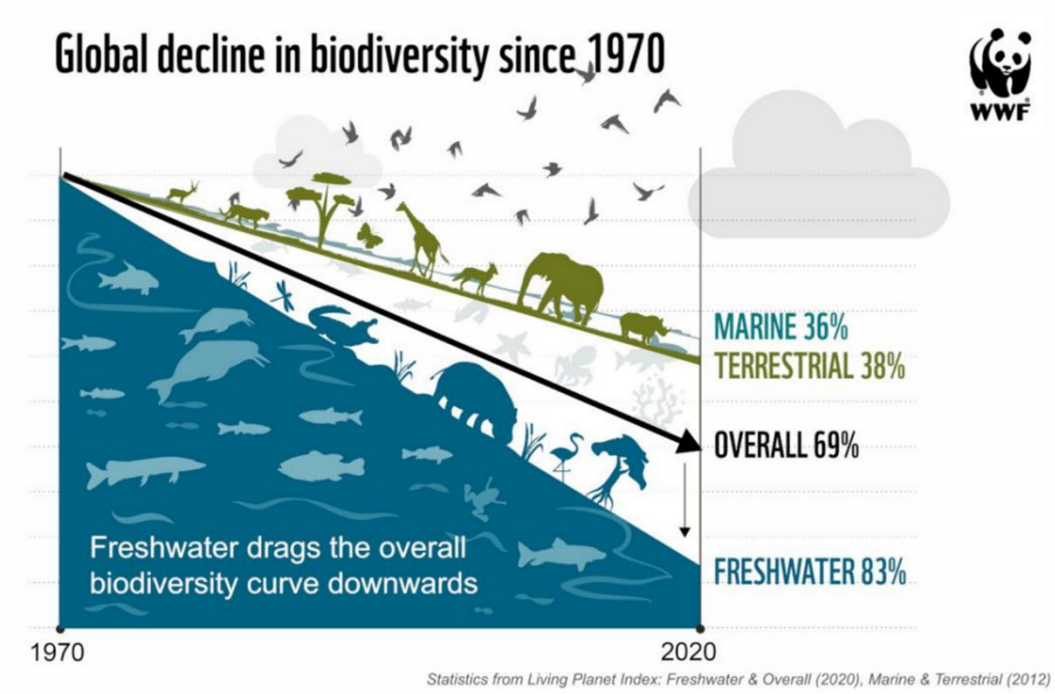
De begrippen “biodiversiteit” en “natte kunstwerken” kunnen op verschillende manieren worden ingevuld. Dit rapport richt zich qua “biodiversiteit” voornamelijk op aspecten van natuur en ecologie waar Rijkswaterstaat mee te maken heeft, namelijk die in het Hoofdwatersysteem van Nederland, en qua “natte kunstwerken” op schutsluizen, stuwen en spuisluizen.

## 1.1 Biodiversiteit en natte kunstwerken

De biodiversiteit in de natuur staat erg onder druk (zie Figuur 1-1) (WWF, 2022), vooral in zoetwater systemen (Funge-Smith & Bennett, 2019). Natte kunstwerken zijn aanwezig in en/of langs watersystemen en zijn per definitie geen natuur. Echter, natte kunstwerken spelen een belangrijke rol in de watersystemen waar de natuur zich bevindt.

Barrières van natte kunstwerken (zoals stuwen en dammen) onderbreken de connectiviteit van ecosystemen en hebben daardoor vaak grote, negatieve, gevolgen op de biodiversiteit (Belletti, et al., 2020). In het EU AMBER project (Amber Barrier Atlas) is een overzicht gemaakt van de barrières voor vismigratie in Europa (Belletti, et al., 2020). In dit onderzoek zijn maar liefst 1.2 miljoen barrières in 36 Europese landen geïnventariseerd (met een gemiddelde dichtheid van 0.74 barrières per kilometer), waarvan 68 procent bestaat uit constructies die lager zijn dan 2 meter. Organisaties zoals Dam Removal Europe (Home - Dam Removal Europe)[2] maken zich daarom sterk voor het verwijderen van zoveel mogelijk barrières, met name de barrières die in het verleden zijn aangelegd, maar inmiddels hun functie hebben verloren.

[1] Per 2024 gebruikt Rijkswaterstaat in plaats van “VenR” de naam “Vernieuwing”.
[2] https://damremoval.eu/




*Figuur 1-1: Wereldwijde afname van de biodiversiteit sinds 1970 (WWF, 2022).*

De EU Biodiversity Strategy 2030 (EU, 2022) legt ook de nadruk op het verwijderen van obstakels en barrières om de doelen voor biodiversiteit te halen, maar geeft toe dat dit in het watersysteem moeilijk haalbaar is (natte kunstwerken zijn namelijk van groot belang voor de waterveiligheid, -beschikbaarheid en voor scheepvaart).

Toch is biodiversiteit (of het herstel daarvan) in watersystemen gewenst of zelfs geëist door Europese richtlijnen of wetgeving (zoals de Kaderrichtlijn Water (KRW) (EU, 2000)). De KRW schrijft sinds 2000 normen voor waaraan alle wateren in Europa uiterlijk in 2027 moeten voldoen, met als doel het landoppervlaktewater, overgangswater, kustwateren en grondwater te beschermen. De doelen van de KRW zijn in Nederland echter nog verre van gerealiseerd. Zo voldeed in 2021 90% van de oppervlaktewateren in Nederland niet aan de normen voor chemische waterkwaliteit, en werd de biologische waterkwaliteit van 85% van de Nederlandse oppervlaktewateren als matig, ontoereikend of slecht beoordeeld (Waterkwaliteit KRW, 2022 | Compendium voor de Leefomgeving (clo.nl))[3].

Buiten richtlijnen en wetgeving dwingen de wereldwijde biodiversiteitscrisis en de kosten hiervan tot actie (Dasgupta, 2021). Waar het niet mogelijk is (of waar het wordt gezien als maatschappelijk te kostbaar) om de vrij-stromende eigenschap van een rivier helemaal te herstellen, zullen natte kunstwerken (barrières) de biodiversiteit zo min mogelijk moeten belemmeren. De type eisen die dan aan het kunstwerk gesteld zullen worden, kunnen gegroepeerd worden in de volgende drie categorieën:

- **Connectiviteit binnen het watersysteem bij het kunstwerk** (van sediment, nutriënten en vis) – bijv. het percentage van een bepaalde vissensoort dat een barrière (stuw, dam) moet kunnen passeren. Hierbij is het belangrijk om naar het hele systeem te kijken: als bij een reeks opeenvolgende stuwcomplexen (waar zich ook sluizen, vistrappen en waterkrachtcentrales bevinden) zoals in de Maas, steeds 10% van de passerende vissen verloren gaat, blijft er aan het eind een zeer klein percentage over.

[3] https://www.clo.nl/indicatoren/nl143809-waterkwaliteit-krw-2022

- **Habitat in het systeem gefaciliteerd door het kunstwerk** bijvoorbeeld eisen aan de stroomsnelheid van de rivier of de saliniteit van het watersysteem, en daarmee de hoeveelheid water die een kunstwerk doorlaat, of hoe flexibel het debiet geregeld kan worden voor dynamisch peilbeheer.
- **Habitat op het kunstwerkcomplex zelf** – bijvoorbeeld het aantal broedparen van landgebonden vogels dat gebruik moet kunnen maken van een voorziening (bijvoorbeeld een hoge toren).

Er zullen afwegingen gemaakt moeten worden, bijvoorbeeld tussen de functies “scheepvaart faciliteren” en “biodiversiteit bevorderen”. Deze functies stellen vaak tegenovergestelde eisen aan de inrichting van de rivier (Klijn, Leushsuis, Treurniet, van Heusden, & van Vuren, 2022). Historisch gezien zijn veel bestaande natte kunstwerken ontworpen zonder het effect op biodiversiteit mee te nemen, de vaarwegen zijn geoptimaliseerd voor scheepvaart en de werkvelden van ecologen en waterbouwkundige ingenieurs zijn lang gescheiden geweest (Felder, et al., 2021). Om de biodiversiteit te bevorderen en te voldoen aan de eisen die wettelijk gesteld zijn wat betreft biodiversiteit zal in de toekomst er meer samenwerking moeten plaatsvinden.

Dat is als volgt verwoord in de IAHR White paper (Felder, et al., 2021):
*“Ecologists, biologists, conservationists and other flora and fauna experts should be consulted during the planning stages of a water project to assess the existing local flora and fauna population and potential adverse effects of new water infrastructure. The involvement of such specialists is important to fully evaluate the environmental impacts of existing or planned infrastructure projects, and their assessment may even result in the cancelation of a project. In other instances, potential adverse ecological impacts can be mitigated through engineering creativity.”*

Vanwege de beoogde lange levensduur en de grote invloed van natte kunstwerken vormt het Vervangings- en Renovatie (VenR) proces van natte kunstwerken een uitstekende gelegenheid om na te denken over het verbeteren of herstellen van de connectiviteit en toelaten van stromend habitat in de rivieren (Rijkswaterstaat, 2021a) of het herstellen van zout-zoet overgangen. Het van belang om biodiversiteit in een vroeg stadium in het VenR-besluitvormingsproces mee te kunnen nemen in een integrale afweging, en dus om de invloed van een kunstwerk op biodiversiteit op een eenvoudige manier te kunnen bepalen. Door het ontbreken van kennis en methodieken voor een snelle inschatting wordt biodiversiteit vaak pas laat in het VenR-proces beschouwd, of op een manier die onvolledig is of niet voldoende aansluit op het VenR-proces. Dit rapport heeft als doel om handvatten te geven aan VenR teams om het aspect biodiversiteit transparant en navolgbaar in ogenschouw te nemen.

## 1.2 Verantwoording en Afbakening

Dit rapport is het resultaat van werk binnen het Kennisprogramma Natte Kunstwerken en richt zich daarom op het VenR-Proces. Er worden verwijzingen gedaan naar concepten vanuit het KpNK zonder verder toelichting. De lezer wordt verwezen naar de volgende rapporten:

- Rapporten met achtergrond over het Kennisprogramma Natte Kunstwerken:
    - (KpNK, 2024a) Iteratieve werkwijze om te komen tot een advies in Regio-analyse en Planfase. 11207401-007-HYE-0005;
    - (KpNK, 2024b) Inventariseren en probleem ontrafelen – Stap 2 in de iteratieve werkwijze.11207401-009-HYE-0004;
    - (KpNK, 2024c) Ontwikkelen van oplossingsrichtingen, varianten en voorkeursvariant – Stap 3 in de iteratieve werkwijze. 11207401-007-HYE-0006;

- (KpNK, 2024d) Bepalen van functionele prestaties – Stap 4 in de iteratieve werkwijze. 11207401-009-HYE-0005;
- (KpNK, 2024l) Kwantificering van de functionele prestatie van sluizen met een zoutbeheerfunctie. 11207401-021-HYE-0012.

Daarnaast zijn er andere rapporten van het KpNK over de functie biodiversiteit verschenen. Delen van de tekst van deze rapporten zijn gebruikt in het huidige rapport:

- (KpNK, 2024k) Functionele prestatie van stuwcomplexen voor migrerende vis. 11207401-028-HYE-0001;
- (KpNK, 2024o) Functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit. 11207401-009-HYE-0002.

De inhoud van dit rapport is verder gebaseerd op een, door Deltares gemaakte, samenvatting van gesprekken en workshops met ecologische en waterbouwkundige experts bij Rijkswaterstaat en Deltares. Deze gesprekken en workshops worden niet als expliciete referenties gebruikt in de hoofdtekst, maar worden wel beschreven in de bijlagen van dit rapport. Er zijn twee workshops gehouden: één in mei 2023 en één in mei 2024 met experts van Deltares en Rijkswaterstaat (ongeveer 10 á 12 mensen per workshop). Daarnaast zijn enkele één-op-één interviews gehouden met experts van specifieke projecten. De interviews richtten zich op zout-zoetovergangen maar de inzichten hiervan zijn verwerkt in dit rapport waar het algemene inzichten betreft of worden gegeven als voorbeeld wanneer het specifiek om zout - zoetovergangen gaat.

## 1.3 Functionele prestatie – iteratieve werkwijze

De functionele prestatie van een kunstwerk is de mate waarin dat kunstwerk presteert op de gestelde functionele eisen. Als het beschouwde kunstwerk niet aan de functionele eisen voldoet treedt einde functionele levensduur op. Het bepalen van de functionele prestatie van een kunstwerk kan helpen bij het identificeren van de huidige situatie, vaststellen van beslismomenten voor VenR, en het afwegen van de VenR-oplossingsrichtingen. Een uitgebreide algemene beschrijving van het begrip functionele prestatie en bijbehorende aspecten zoals eisen, wensen en drivers is beschikbaar in KpNK (2024d; 2024b); het voorliggende rapport gaat specifiek in op de functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit.

Er zijn op dit moment nog niet veel manieren om de functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit eenduidig te bepalen en te kwantificeren. Daarnaast is het nog niet duidelijk aan welke eisen kunstwerken moeten voldoen om (voldoende) bij te dragen aan biodiversiteit. De methodes en tools om de functionele prestatie van kunstwerken voor biodiversiteit te kwantificeren zijn nog volop in ontwikkeling. Dit rapport geeft een overzicht van de huidige stand van de kennis en beschikbare methodes en tools. In de toekomst zal (hopelijk) nieuwe kennis en informatie beschikbaar komen om de methodes en tools te verbeteren.

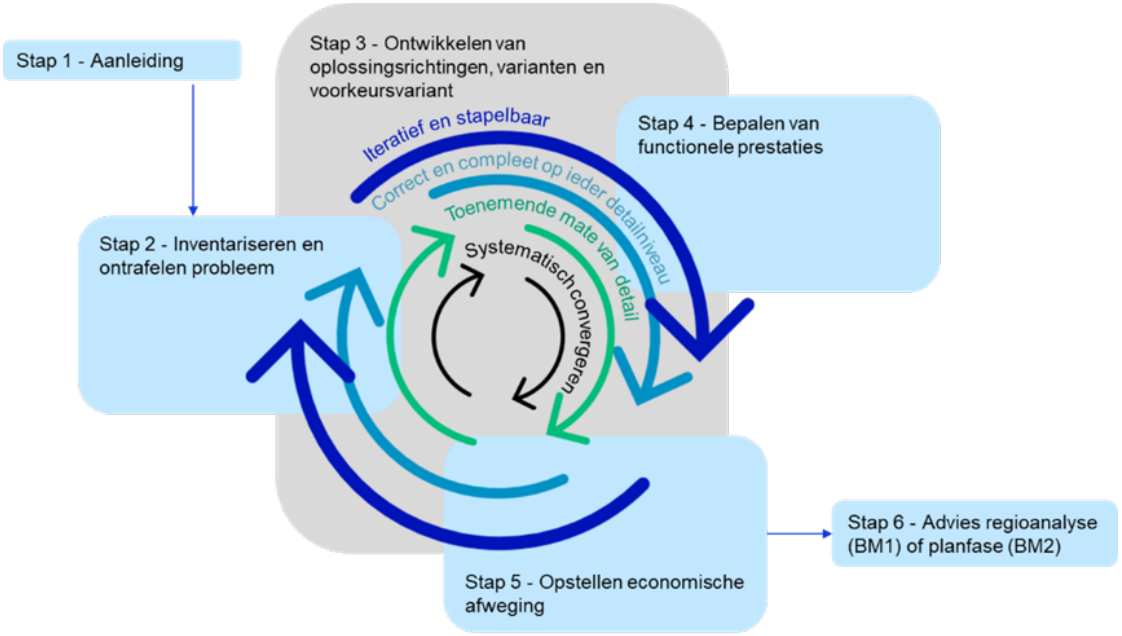
In het KpNK is een iteratieve werkwijze ontwikkeld (zie het hoofdrapport over de iteratieve werkwijze (KpNK, 2024a) (zie ook Figuur 1-2). Aan de hand van deze iteratieve werkwijze kunnen de adviezen richting beslismoment 1 (BM1[4]) en beslismoment 2 (BM2[5]) stapsgewijs onderbouwd worden. In de iteratieve werkwijze staat de prestatie van een netwerk of

[4] de Regioanalyse: Hier wordt onderbouwd afgewogen wat een realistische oplossingsrichting is; dit wordt vastgelegd in het Regioadvies wat de basis is voor BM1 (BeslisMoment 1)
;

[5] de Planfase: Hier worden varianten binnen de oplossingsrichting VenR ontwikkeld en onderbouwd en afgewogen wat de voorkeursvariant is; dit is de basis voor BM2 (BeslisMoment 2);

kunstwerk – i.e. de mate waarin het voldoet aan de gestelde eisen en/of wensen - centraal. Zo wordt de functionele prestatie (KpNK, 2024d) gebruikt om het huidige en toekomstige functioneren van een kunstwerk of netwerk(deel) te bepalen, knelpunten op beide niveaus vast te stellen en (daarmee) systematisch oplossingsrichtingen en varianten uit te werken. Het concept van prestatie is uiteraard breder toepasbaar; bevindingen van het KpNK zijn daarom ook los van de iteratieve werkwijze te gebruiken.

De beschreven iteratieve werkwijze is bedoeld als hulpmiddel voor de teams (onder leiding van de betreffende regionale directie van Rijkswaterstaat) die gezamenlijk het werkproces volgens de VenR-Doorklikplaat doorlopen. Het biedt de VenR-coördinator van de regio een handvat om systematisch te komen tot een goede onderbouwing voor oplossingsrichtingen voor BM1 (regio-advies) en varianten voor BM2 (planfase)in het VenR-werkproces.




*Figuur 1-2 Iteratieve werkwijze om onderbouwd te komen tot oplossingsrichting, varianten en voorkeursvariant voor objecten met einde levensduur.*

De volgende 6 stappen zijn in de iteratieve werkwijze onderscheiden (Figuur 1-2):

*Stap 1: Aanleiding*
*Stap 2: Inventariseren en ontrafelen van het probleem*
*Stap 3: Ontwikkelen van oplossingsrichtingen, varianten en voorkeursvariant*
*Stap 4: Bepalen van functionele prestaties*
*Stap 5: Opstellen economische afweging*
*Stap 6: Advies regioanalyse (Beslismoment 1) of planfase (Beslismoment 2)*

De Aanleiding (Stap 1) voor VenR is in de regel gerelateerd aan de technische status van het kunstwerk of de wijze waarop de functie scheepvaart, hoogwaterbescherming of watervoorziening wordt bediend. In Paragraaf 1.1 is de bredere aandacht rond biodiversiteit aan de orde gekomen. Hoofdstuk 2, 3 en 4 van dit rapport gaan in meer detail in op de wijze waarop in Stap 2, Stap 3 en Stap 4 de functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit kan worden betrokken in de iteratieve werkwijze. Stap 5 en Stap 6 zijn in deze handreiking verder niet behandeld omdat in het Kennis Programma geen specifieke ontwikkelingen zijn gemaakt voor het onderwerp biodiversiteit binnen deze stappen.

# 2 Stap 2: Inventariseren en ontrafelen van het probleem

## 2.1 Kunstwerklocatie in het systeem

Vanuit het oogpunt van biodiversiteit kan een kunstwerk in een watersysteem op twee manieren relevant zijn, namelijk door het effect op de connectiviteit (verbinding) tussen waterlichamen en het effect op de aanwezige habitat (omgevingsfactoren). Zie ook Paragraaf 1.1.

Een kunstwerk vormt meestal een belemmering in de ***connectiviteit*** tussen verschillende waterlichamen. Dat geldt met name voor vissen in het watersysteem: sommige soorten kunnen het kunstwerk moeilijk (of helemaal niet) passeren. Dat kan verschillend zijn qua richting: sommige soorten kunnen een bepaald kunstwerk juist wel stroomafwaarts passeren en niet stroomopwaarts, voor andere soorten en kunstwerken kan dat andersom gelden. Denk bijvoorbeeld aan een schutsluis, een (lage) stuw, een (hoge) dam of een waterkrachtcentrale. De mate van belemmering in de connectiviteit is mede afhankelijk van de wijze van operatie van het kunstwerk.

Voor migrerende soorten, waarbij het paaigebied elders ligt dan het leefgebied, is dit een extra groot probleem. Die soorten zijn immers voor reproductie afhankelijk van de migratie naar een ander gebied. Wanneer de migratie door de aanwezigheid van (een reeks van) kunstwerken beperkt wordt, komt ook het voltooien van de levenscyclus van de soort in gevaar.

Ook voor het sedimenttransport in een rivier kan een kunstwerk gevolgen hebben. Het effect op biodiversiteit daarvan valt buiten de scope van dit rapport.

Naast de gevolgen van (de operatie van) een kunstwerk voor de connectiviteit tussen waterlichamen beïnvloeden kunstwerken ook de ***habitatcondities*** in de waterlichamen, zoals bijvoorbeeld de stroomsnelheid, de waterdiepte, de temperatuur, het zoutgehalte en het zuurstofgehalte. De kunstwerken hebben ook effect op de variatie in dit soort parameters over de tijd.

Dit heeft gevolgen voor allerlei soorten die in het waterlichaam voorkomen, niet alleen voor vissen, maar ook voor waterplanten, vogels, amfibieën en insecten. Via het grondwater kunnen ook terrestrische ecosystemen worden beïnvloed.

De locatie van het kunstwerk in het watersysteem is dus relevant voor biodiversiteit. Door bijvoorbeeld een stuwcomplex net bovenstrooms van de monding met een zijrivier te plaatsen, blijft die zijrivier bereikbaar voor migrerende vissen. Een ander voorbeeld is het plaatsen van een zout-zoet scheiding verder landinwaarts waardoor mogelijk een brakwaterzone ontstaat.

## 2.2 Welke functies voert het kunstwerk uit?

Het effect van natte kunstwerken voor de habitat in het waterlichaam en de connectiviteit tussen de waterlichamen is niet voor elk type kunstwerk identiek. Tabel 2-1 geeft een overzicht van de wijze waarop verschillende type kunstwerken effect hebben op de habitat van stromende wateren en Tabel 2-2 geeft de wijze waarop het type kunstwerk de connectiviteit beïnvloedt.

*Tabel 2-1 Samenvatting van het effect op stromende wateren habitat voor specifieke kunstwerktypes, onderverdeeld per type hydraulisch effect die het kunstwerk heeft op het waterlichaam*

| | Hydraulisch effect | Effect op habitat |
|---|---|---|
| **Stuwen/WKC** | Stuwende effect – waterdiepte en regelen van peil – minder dynamica | Stroomsnelheid<br><br>Temperatuur<br><br>Doorzicht<br><br>Verdrinkingsgraad beekmondingen<br><br>Oeverinnundatie |
| | Regelen van debiet | Stroomsnelheid<br><br>Temperatuur |
| | Onderbreking in de stroming | Verkleinen leefgebied |
| **Schutsluizen** | Onderbreking in de stroming | *Voorhavens en schutkolken zijn in het algemeen geen geschikte habitat* |
| | Overgang zout-zoet | Bij zeesluizen een grote bron van zoutindringing |
| **Spuisluizen/ gemalen/ Inlaatwerken** | Regelen van peil – minder dynamica | Stroomsnelheid<br><br>Temperatuur<br><br>Doorzicht<br><br>Oeverinnundatie |
| | Regelen van debiet | Stroomrichting – in het algemeen voorkomt stroming in een richting<br><br>Duur van stroming (aan uit ipv continu) |
| | Overgang zout-zoet | Een bron van zoutindringing<br><br>Afvoeren van zoutwater dat via sluizen en andere bronnen is binnengedrongen |

*Tabel 2-2 Samenvatting per kunstwerk type van het effect op connectiviteit tussen waterlichamen*

| | Connectiviteit |
|---|---|
| **Stuwen/WKC** | Meerderheid van afwaartse vismigratie gaat via de stuw of WKC (volgt het debiet)<br>Creëert stromingscondities (lokstroom) voor opwaartse migratie (via vispassages)<br>Afname vismigratiemogelijkheden (incl. vertraging)<br>Richting van afvoer/debiet (bijv. Haringvliet/Nieuwe Waterweg<br>Toename predatie<br>Toename verdrinkingsgraad beekmondingen |
| **Schutsluizen** | Enige vismigratie via schutkolken mogelijk – afhankelijk van de relatieve afvoer in het complex dat door de schutkolken gaat |
| **Spuisluizen/ gemalen** | Meerderheid van afwaartse vismigratie gaat via de spuisluizen (volgt het debiet)<br><br>Creëert stromingscondities (lokstroom) voor opwaartse migratie (via passages)<br>Vissterfte/-schade<br>Gebiedsvreemd water (samenstelling) bij inlaatwerken |

## 2.3 Eisen en wensen, en lopende ontwikkelingen

De eisen voor de functie biodiversiteit zijn vooral gedefinieerd als eisen aan het systeem. Er zal dus een vertaling nodig zijn om van deze eisen aan de nabijgelegen waterlichamen naar eisen aan het kunstwerk te komen. De eisen die gesteld worden aan de watersystemen onder beheer van Rijkswaterstaat komen van 3 belangrijke bronnen: de KRW, de PAGW en vanuit Natura 2000 gebieden. Als voldaan wordt aan de normen binnen deze 3 aspecten zal het overgrote deel van de functie biodiversiteit vervuld worden.

### 2.3.1 Kaderrichtlijn Water

De Kaderrichtlijn Water (KRW) is een Europese richtlijn die op 22 december 2000 van kracht is geworden. Doelstelling is het realiseren en behouden van chemisch schoon en ecologisch gezond oppervlaktewater en grondwater. De EU-lidstaten moeten deze 'goede toestand' uiterlijk in 2027 realiseren.

Informatie over de implementatie van de KRW is beschikbaar via een algemene landingspagina op het Rijkswaterstaat publicatieplatform: https://open.rijkswaterstaat.nl/@279273/leidraad-waterkwaliteit-natuur/.
Tevens een interne Rijkswaterstaat viewer tool beschikbaar (Rijkswaterstaat, Viewer Doelbereik KRW, 2024).

Voor de uitwerking van de KRW doelen is een leidraad beschikbaar voor Oost-Nederland (Marijs, et al., 2020). Daarnaast zijn in opdracht van Rijkswaterstaat leidraden in ontwikkeling voor rivieren (Waardenburg Ecology & RHDHV, 2024a in prep), meren (Waardenburg Ecology & RHDHV, 2024b in prep) en zoute en brakke wateren (Waardenburg Ecology & RHDHV, 2024c in prep).

### 2.3.2 Programmatische Aanpak Grote Wateren

De Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Landbouw, 2024) is een programma van de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN). Het programma is opgezet om de ecosystemen in de grote wateren te versterken. In het programma worden omstandigheden gecreëerd waaronder de ecologische waterkwaliteit verbetert en de natuur robuuster wordt. Zie ook Home | PAGW.

Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) voeren in opdracht van de ministeries de afgesproken maatregelen uit. Dat doen ze in samenwerking met regionale partijen. Op landelijk niveau zorgen ze samen voor sturing, en op regionaal niveau voeren ze de projecten uit. De PAGW is in 2018 gestart en loopt tot 2050. Op dit moment is een (eerste, incomplete proeve) van de ecologische PAGW streefbeelden beschikbaar (RHDHV, 2022).

### 2.3.3 Natura 2000

Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden. In deze Natura 2000-gebieden worden bepaalde dieren, planten en hun natuurlijke leefomgeving beschermd om de biodiversiteit (soortenrijkdom) te behouden.

Nederland kent 162 Natura 2000-gebieden. Dit Natura 2000-netwerk bestaat uit gebieden die zijn aangewezen onder de Vogelrichtlijn en onder de Habitatrichtlijn. Beide Europese richtlijnen zijn belangrijke instrumenten om de Europese biodiversiteit te waarborgen. Alle gebieden zijn geselecteerd op grond van het voorkomen van soorten en habitattypen die vanuit Europees oogpunt bescherming nodig hebben. De KRW maatregelen die Rijkswaterstaat uitvoert moeten ook bijdragen aan Natura 2000 doelen.

Voor alle Natura 2000 gebieden zijn beheerplannen beschikbaar, via de algemene site van N2000: Natura 2000 gebieden | natura 2000 Voor de gebieden waar Rijkswaterstaat voortouwnemer van is, zijn deze ook ontsloten via: Natura 2000 Rijkswaterstaat | Natura 2000 Rijkswaterstaat (rwsnatura2000.nl)

### 2.3.4 Overige eisen

Andere bronnen van eisen vanuit biodiversiteit richten zich op specifieke doelen (zoals de Aalverordening[6]) en er zijn ook andere lopende ontwikkelingen zoals de net aangenomen EU Nature Restoration Law die nog niet in detail is uitgewerkt.

## 2.4 Drivers

Externe ontwikkelingen waar een kunstwerk in de toekomst mee te maken kan krijgen worden ‘drivers’ genoemd. Deze drivers kunnen ervoor zorgen dat een kunstwerk in de toekomst niet meer aan de gestelde functionele eisen voldoet. Onder de drivers maken we vaak onderscheid tussen de effecten van klimaatverandering, socio-economische ontwikkelingen en veranderingen in beleid en wet- en regelgeving.

### 2.4.1 Klimaatdrivers

De klimaatdrivers die belangrijk zijn voor de functie biodiversiteit zijn zeespiegelstijging, de verandering van de rivierafvoeren en de temperatuur:

- Zeespiegelstijging zorgt via de hogere waterstand aan de zeezijde ook voor hogere waterstanden in het benedenrivieren gebied, in combinatie met meer getijdewerking verder landinwaarts. Daarnaast kan een toename verwacht worden van de hoeveelheid zout die het zoetwatersysteem binnen dringt.
- Klimaatverandering zal ook zorgen voor een verandering in de rivierafvoer: de algemene trend is dat de winters natter worden en de zomers droger, én dat de variabiliteit toeneemt.
- Tenslotte neemt de temperatuur toe waardoor de winters milder worden en de zomers warmer.

Er zijn verschillende klimaatscenario’s beschikbaar die regulier vernieuwd worden, zoals de KNMI- (KNMI, 2023) of Deltascenario’s (Deltares, 2024). Deze klimaatscenario’s geven inzicht in de mogelijke veranderingen in de zeespiegelstand, de rivierafvoer en de temperatuur. De effecten daarvan op de biodiversiteit zijn niet eenvoudig te duiden maar de consensus is wel dat de biodiversiteit hierdoor extra onder druk zal komen te staan.

Een paar logische trends kunnen echter wel geïdentificeerd worden. Periodes van droogte zullen vaker voorkomen en extremer worden. Bij natte kunstwerken zorgt dat voor een moeilijke afweging tussen functies die het schaarse zoetwater gebruiken, waaronder de functie biodiversiteit, die het nodig heeft voor stromend habitat en vismigratie (debiet via een vispassage bijvoorbeeld), en de functie scheepvaart, die het nodig heeft voor het schutten van schepen. Hier speelt ook mee dat bij watersystemen dicht bij de kust, vanwege de toename van zoutindringing, het steeds moeilijker wordt om een zoetwatersysteem zoet te houden ten behoeve van zoetwaterbeschikbaarheid voor landbouw en drinkwater of zelfs zoetwater ecosystemen.  Het creëren van een zout-zoetovergangsgebied kan hierbij een

[6] Om de bedreigde aal populaties in Europa te beschermen en in de toekomst te beheren, heeft de Europese Unie in juni 2007 een verordening uitgevaardigd (nr. 1100/2007) waarin het herstel van het aalbestand en de reductie van de antropogeen veroorzaakte sterfte van de aal op de voorgrond is geplaatst. In het kader van de implementatie van deze verordening hebben alle EU-lidstaten waar de aal van nature voorkomt nationale aal beheerplannen opgesteld, die op stroomgebiedsniveau zijn gecombineerd door bv. de Internationale Rijncommissie (ICBR, 2018) en de Internationale Maascommissie (IMC, 2022).

optie zijn met veel mogelijke voordelen voor biodiversiteit (andere habitats met andere soorten).

### 2.4.2 Socio-economische drivers

Socio-economische ontwikkelingen vormen ook onderdeel van de Deltascenario's (Deltares, 2024). Deze geven inzicht in de mogelijke economische groei en bevolkingsgroei per regio. Voor het watersysteem van Nederland heeft dat gevolgen voor het waterverbruik (grotere watervraag vanuit landbouw of industrie) de scheepsvaart intensiteit in de vaarwegen en de mogelijke verontreiniging van het watersysteem. Expliciete gevolgen voor de biodiversiteit zijn niet direct af te leiden uit deze scenario's. Dit vereist over het algemeen een aanvullende studie.

### 2.4.3 Verandering in wet- en regelgeving of beleidsmatige drivers

Veranderingen in de eisen en wensen vanuit de maatschappij ten aanzien van biodiversiteit leiden (uiteindelijk) tot een verandering in beleid. Zowel voor het Rijnstroomgebied als voor het Maasstroomgebied bestaan internationale afspraken over het verbeteren van de mogelijkheden voor trekvissen. Zie bijvoorbeeld IMC (IMC, 2022) en ICBR (ICBR, 2018). Europese regelgeving (Kaderrichtlijn Water) draagt bij aan de implementatie van deze afspraken. Ook de recente EU Nature Restoration Law, die een onderdeel vormt van de EU Biodiversity Strategy, is relevant voor de verbetering van de biodiversiteit in de watersystemen in Nederland maar de concrete gevolgen hiervan op de Nederlandse regelgeving zijn nog niet bekend.

## 2.5 Functionele prestatie van de huidige situatie

Voor het bepalen van de functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit in de huidige situatie worden veelal meetgegevens verzameld. Er lopen zowel meerjarige monitoringsprojecten als meer incidentele onderzoeksprojecten.

Deze meetgegevens zijn tevens waardevol om numerieke modellen te verbeteren waarmee causale verbanden kunnen worden verklaard. En met die numerieke modellen is het vervolgens mogelijk om de functionele prestatie van mogelijke alternatieven in te schatten. Daarmee is duidelijk dat zowel meetgegevens (monitoring) als berekeningen (numerieke modellen) nuttig zijn om de functionele prestatie te bepalen van kunstwerken voor biodiversiteit.

De actuele monitoring is ook essentieel voor het 'lerend implementeren'. Bij de implementatie van het Kierbesluit voor de Haringvlietsluizen worden de beschikbare meetgegevens (over zoutgehaltes in het Haringvliet en de visintrek vanuit de Noordzee) steeds gerelateerd aan actuele bediening van de Haringvlietsluizen. Op deze wijze wordt naast de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening ook de natuur bediend.

# 3 Stap 3: Ontwikkelen van oplossingsrichtingen, varianten en voorkeursvariant

In Stap 3 van de iteratieve werkwijze (KpNK, 2024c) staat het steeds verder ontwikkelen en onderbouwen van een oplossingsrichting voor de Regio-analyse centraal (oplossingsrichtingen zijn: niets doen, levensduurverlengend onderhoud, vervanging en renovatie (VenR) en aanleg (MIRT)). Indien de oplossingsrichting VenR is, worden er daarna varianten en een voorkeursvariant voor de Planfase onderbouwd ontwikkeld.

Er zijn verschillende maatregelen mogelijk aan of nabij het natte kunstwerkcomplex om de functie biodiversiteit te bedienen. Waar dit KRW-doelen betreft (die veelal niet worden behaald in de huidige watersystemen) zal dit waarschijnlijk betekenen dat er een verbetering van de huidige prestatie nodig is en dat aanvullende maatregelen getroffen moeten worden bovenop vervanging van de huidige objecten. Er zijn al KRW leidraden beschikbaar die het ontwerp van mogelijke maatregelen faciliteren (Marijs, et al., 2020).

Niet alle KRW-maatregelen zijn geschikt om te combineren met een VenR project. Maar soms kan een kleine aanpassing in het VenR project een belangrijke bijdrage leveren aan het halen van de KRW-doelen. Om misinvesteringen en vertraging te voorkomen is het verstandig om bij het ontwikkelen van VenR oplossingsrichtingen en varianten al rekening te houden met de interactie met de benodigde KRW-maatregelen.

Hieronder wordt een aantal type maatregelen kort beschreven en worden de meest effectieve maatregelen uitgelicht. De werking van enkele Rijkswaterstaat KRW maatregelen en hun relatie met het watersysteem (waaronder de kunstwerken daarin) zijn ook beschreven in Deltares (2016).

## 3.1 Kunstwerk verwijderen

Een nogal rigoureuze maatregel zou kunnen zijn om een kunstwerk te verwijderen. Daarmee wordt natuurlijk de connectiviteit van de waterlichamen hersteld. In het algemeen is deze maatregel alleen van toepassing voor kunstwerken die geen functie meer hebben. In 2023 zijn 487 barrières uit Europese rivieren verwijderd, tegenover 325 in 2022 (Dam Removal Europe). In Nederland wordt – met name door de waterschappen - ook gewerkt aan het verwijderen van natte kunstwerken in het kader van beekherstel (zoals in de Slinge en de Dommel). Voor de grote rivieren vormt het verwijderen van kunstwerken in algemene zin geen realistische optie in verband met het belang voor de functies scheepvaart, hoogwaterbescherming en/of waterbeschikbaarheid.

Wat wel eventueel mogelijk zou kunnen zijn is om een (verouderd, buitengebruik geraakt) deel van een complex te verwijderen. Zo wordt/is de Roggebotsluis afgebroken bij de aanleg van de by-pass van Kampen. Ook zouden overtollige (kleine) sluiskolken kunnen worden afgebroken als nieuwe (grotere) kolken worden opgeleverd of een WKC bij een stuwcomplex ontmanteld kunnen worden.

## 3.2 Bestaande kunstwerk anders gebruiken

Er zijn veel voorbeelden van aanpassingen in het beheer van kunstwerken in Nederland om ecologische doeleinden enigszins tegenmoet te komen. Er wordt op veel plaatsen visvriendelijk gespuid en geschut of fluctuerend peilbeheer toepast. Er worden hierdoor andere sturingsregels toegepast zodat de doelstellingen ten aanzien van

hoogwaterbescherming en waterbeschikbaarheid gehaald kunnen worden (in een extreem natte of een extreem droge situatie), en de scheepvaart door kan gaan met minimale hinder, maar op een manier dat er wel meer ruimte komt voor de sturing op biodiversiteit. Echter veel kunstwerken die nu aandacht vergen van het VenR-proces zijn in de vorige eeuw ontworpen zonder strenge eisen vanuit de functie biodiversiteit. Om te voldoen aan deze eisen kunnen in het VenR-proces aanpassingen gemaakt worden zodat deze objecten in de toekomst wel kunnen voldoen aan de eisen vanuit de functie biodiversiteit.

Voor de spuisluizen zou bijvoorbeeld het spuivenster verlengd kunnen worden om de vismigratie te bevorderen. In overleg met ecologen kan worden bekeken of de vormgeving van de spuikokers geschikt is om vismigratie te faciliteren. Een naastgelegen vismigratie rivier kan deze functie dan mogelijk beter vervullen maar vraagt veel ruimte en aanleg kosten die dienen te worden meegenomen in de afweging als onderdeel van het VenR-proces.

Voor stuwen in de rivier kan een vispassage naast een stuw geplaatst worden, waarbij het van belang is dat voldoende afvoer door de vispassage stroomt (momenteel ligt dit voor de Maas bij elk stuwcomplex in de orde van 4 $m^3/s$). Wellicht zou de vormgeving van de vispassage aangepast moeten worden zodat steeds ongeveer 1-5% van de afvoer via de vispassage kan stromen (Larinier, 2002).

## 3.3 Kunstwerk geschikt maken voor dynamisch peilbeheer

Dynamisch peilbeheer wordt gemotiveerd vanuit een wens om een natuurlijkere variatie in waterstanden te creëren en hierbij de natuur te verbeteren. Gezien de eisen vanuit andere functies kan dit maar een deel zijn van de natuurlijke variatie zonder aanwezigheid van het kunstwerk. Het is niet altijd wenselijk om variatie te hebben als de natuur in het waterlichaam al op het huidige peil is ingesteld en men deze natuur wenst te behouden. De variaties in peil moeten de juiste habitat in het waterlichaam creëren waarvan de eisen voortvloeien vanuit de KRW (zie Sectie 2.3.1).

Kunstwerken zijn vaak ontworpen met enige robuustheid wat betreft watermanagement op peil en moeten in het algemeen andere peilen kunnen realiseren (binnen de grenzen van extreem hoogwater en extreem laagwater). De uitdaging voor een kunstwerk zal zitten in de frequentie van de wisselingen in peil. Het aandrijfsysteem moet geschikt zijn om veel bewegingen te kunnen maken en de afvoercapaciteit moet voldoende zijn om de gewenste variatie in peil te realiseren binnen de gewenste tijd. Waar het gaat om het aanbrengen van een quasi-getij werking in een waterlichaam kan het zijn dat het kunstwerk water moet inlaten in tegenovergestelde richting dan waarvoor het ontworpen is. Deze aanpassing vraagt extra aandacht en onderzoek en vermoedelijk ook grotere aanpassingen.

## 3.4 Vismigratievoorzieningen

Er bestaat een breed scala aan verschillende type vismigratievoorzieningen en er is veel informatie over hoe men vismigratievoorzieningen bij kunstwerken zou moeten ontwerpen. Het valt buiten de scope van dit rapport om deze hier te herhalen. Hiervoor wordt verwezen naar andere bronnen (Coenen, Antheunisse, Beekman, & Beers, 2013; Schmutz & Mielach, 2013; Ebel, 2018; Kroes & Monden, 2005).

Het belangrijkste aan een vispassage is dat deze gevonden wordt (attractiviteit) en dat de vis deze kan passeren (passeerbaarheid). In algemene zin zijn de belangrijkste principes dat: stroomafwaartse en -opwaartse migratie andere eisen stellen aan de voorzieningen; verschillende vissoorten verschillende condities eisen bij de passages; en dat de interactie tussen de vispassage en de rest van het complex een grote invloed heeft op de effectiviteit. Dit bij elkaar pleit voor het meenemen van de vismigratievoorzieningen in een vroeg stadium

van het besluitvormingsproces of omgevingsproces vanwege de ruimtelijke en kosten implicaties en de interactie met andere functies.

**Voorbeeld: Spuisluizen bij een zout-zoetovergang**

In een rapport van (Wageningen University & Research, 2022) is een inventarisatie gemaakt van verschillende maatregelen die mogelijk zijn om de ecologische prestatie van zout-zoetovergangen te kunnen vergroten. Deze maatregelen betreffen hoofdzakelijk maatregelen aan of nabij spuisluizen maar zou ook in een project voor een schutsluis gecombineerd kunnen worden. De lijst uit dit rapport is een goed uitgangspunt voor het ontwikkelen van maatregelen, varianten en voorkeursvariant ten behoeve van het VenR-besluitvormingsproces van een kunstwerkcomplex op de grens van zout-zoet.

Lijst van inrichtingsmaatregelen:

1. Afvoerdynamiek (rivier)
    - Creëren natuurlijke oever en meandering
    - Creëren permanente zoetwaterstroom
2. Getijdedynamiek (zee)
    - Introductie gedempt getij
3. Connectiviteit
    - Inlaten zout water
    - Aanpassen spuibeheer (bij afgaand water)
    - Innovatief sluisbeheer (bij opkomend water)
    - Plaatsen van vispassages
    - Locatie vispassages slim bepalen
    - Creëren van een lokstroom
    - Verwijderen van obstakels (dammen et cetera)

Zie het achterliggend rapport zelf voor meer informatie en toelichting van de verschillende maatregelen en voor de bijzondere ecologische eisen van zout-zoetovergangen. Een deel hiervan worden ook hieronder toegelicht omdat ze ook bruikbaar zijn in het algemeen.

# 4 Stap 4: Bepalen van de toekomstige functionele prestatie

Wanneer de huidige eisen en/of wensen bekend zijn dan kan (in Stap 2) de huidige functionele prestatie worden bepaald op basis van de huidige geometrie en de huidige omstandigheden. Hiervoor kunnen meetgegevens worden gebruikt (zoals het monitoren van de aantallen passerende vissen van een specifieke soort).

Om de functionele prestatie in de toekomstige situatie te bepalen (in Stap 4), is ook informatie nodig over de drivers en de toekomstige geometrie. De functionele prestatie in de toekomst kan alleen worden bepaald op basis van expert judgement of een berekening. Er zijn verschillende deterministische methodes beschikbaar om de functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit te kwantificeren. De beschikbare methodes worden hieronder toegelicht. Daarbij moet worden opgemerkt dat deze methodes nog in ontwikkeling zijn.

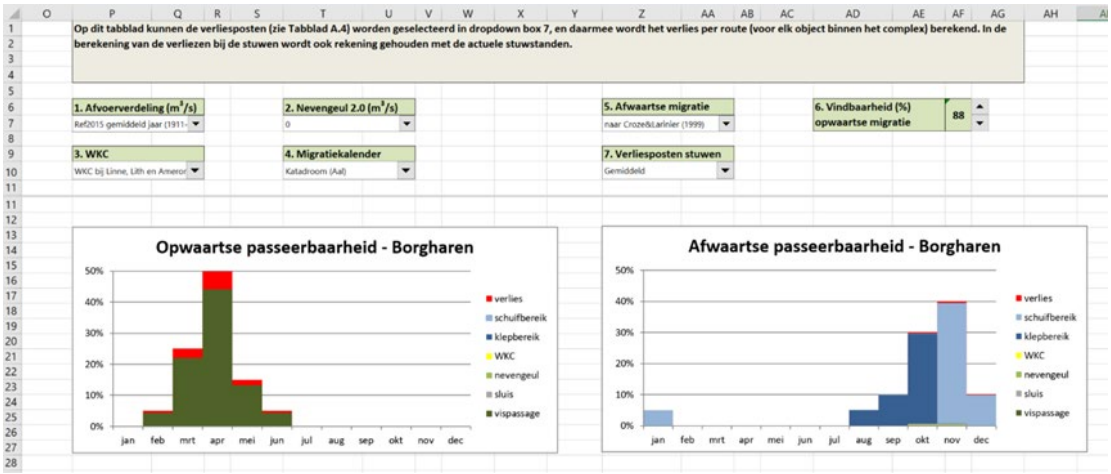
In het KpNK zijn ook voor enkele andere functies methodes opgesteld. Deze methodes komen ook aan de orde in KpNK (2024d).

## 4.1 Connectiviteit van het watersysteem bij het kunstwerk

Deltares heeft een analysetool ontwikkeld in de vorm van een Excel-spreadsheet waarmee de vispasseerbaarheid van stuwcomplexen geanalyseerd kan worden (Deltares, 2021b) en (Ruijgh, Brinkhof, Buijse, Van der Schee, & O'Mahoney, 2023). In deze analysetool wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende objecten van een stuwcomplex (stuw, schutsluis, vistrap, waterkrachtcentrale), waarbij de afvoerverdeling over de verschillende objecten de basis vormt. De invloed van een specifieke verdeling van debieten op op- en afwaarts migrerende vis kan hieruit worden afgeleid, en vervolgens kan ook de vismortaliteit per object worden bepaald.

Deze berekeningen worden gedaan op jaarbasis en voor een watersysteem dat uit meerdere stuwcomplexen kan bestaan. Er kunnen verschillende (natte of droge) scenario's, verschillende migratiekalenders en verschillende vissoorten worden geanalyseerd. De database waarop de berekeningen gebaseerd zijn is ontwikkeld aan de hand van literatuur en expert judgement. Deze analysetool is toegepast voor de Maas en Nederrijn (Deltares, 2021b).

Figuur 4-1 laat een voorbeeld van een resultaat voor de vispasseerbaarheid van stuw Borgharen zien, waarbij vispasseerbaarheid verwijst naar het percentage vis dat de stuw succesvol gepasseerd heeft. De analysetool kan op deze manier de effecten van het type stuw of de aanwezigheid van een waterkrachtcentrale of nevengeul op vispasseerbaarheid kwantificeren.




*Figuur 4-1 Uitkomst van de analysetool voor op- en afwaartse vispasseerbaarheid van stuw Borgharen. Het percentage passeerbaarheid wordt berekend als het percentage vis dat het object passeert min het verlies tijdens die passage (Deltares, 2021b)*

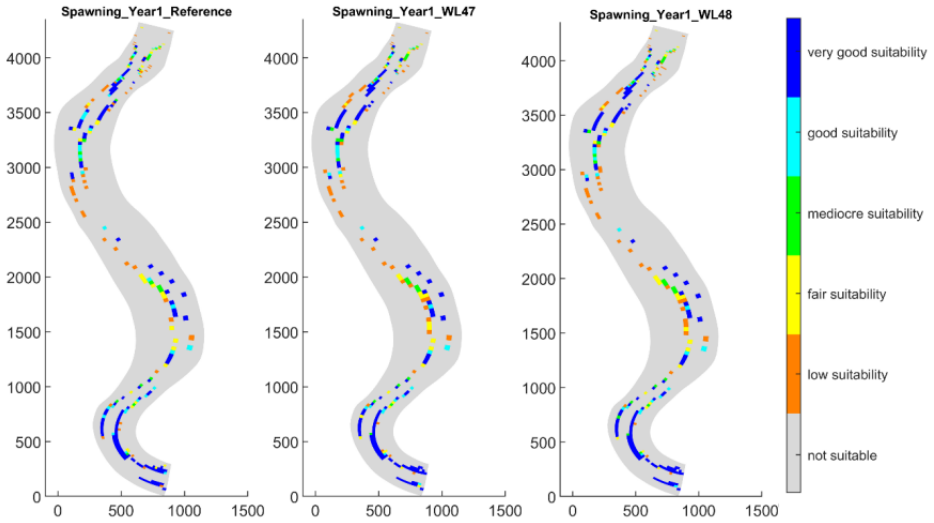
Om meer verschillende VenR-oplossingsrichtingen af te kunnen wegen wordt momenteel in het kader van het Corporate Innovation Programme van Rijkswaterstaat (CIP) gewerkt aan een tool die ook de rivierdam als optie mee kan nemen. Op termijn kunnen de resultaten van het CIP onderzoek worden opgenomen in de analysetool.

Momenteel richt de analysetool zich nog volledig op stuwcomplexen in rivieren. Voor spuisluizen (bij zout-zoet scheidingen) wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een tool om het effect van visvriendelijk spuien in beeld te brengen (spuisluisformulering, (Deltares, 2024)). Ook deze kennis zou op termijn in de analysetool kunnen worden verwerkt.

## 4.2 Habitat in het systeem gefaciliteerd door het kunstwerk

De HABITAT module[7] is een ruimtelijke analysetool die kan assisteren bij het ontwikkelen van beleid op het gebied van biodiversiteit. HABITAT kan op een systematische manier analyseren wat de gevolgen zijn van autonome ontwikkelingen en wat de haalbaarheid is van verschillende ecologische doelen. HABITAT wordt met name gebruikt voor het analyseren van de beschikbaarheid en kwaliteit van habitats voor verschillende soorten of groepen organismen, maar kan ook gebruikt worden voor het analyseren van overstromingsrisico's en schade aan landbouw- en stedelijke gebieden in geval van droogte of wateroverlast.
Figuur 4-2 laat een voorbeeld zien van een simulatie van de geschiktheid van een rivierpand als paaigebied.

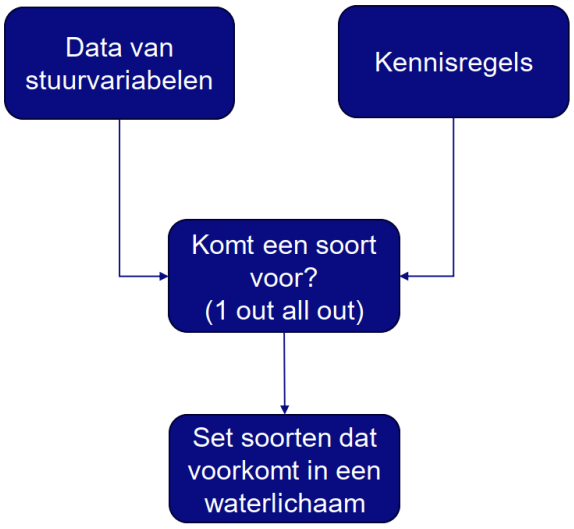
[7] Informatie over HABITAT is beschikbaar op Home - habitat - oss.deltares.nl. Momenteel wordt gewerkt aan een opvolger van HABITAT: D-Eco Impact. Ze ook Ecological modelling with D-Eco Impact | Deltares




*Figuur 4-2 Voorbeeld van een resultaat van de HABITAT tool voor de geschiktheid van een rivierpand als paaigebied in verschillende scenario's. Van links naar rechts zijn het een referentiescenario (50.6m boven zeeniveau), en twee verschillende scenario's met een aangepast waterstand (respectievelijk 47 en 48.5m) (Deltares, 2019).*

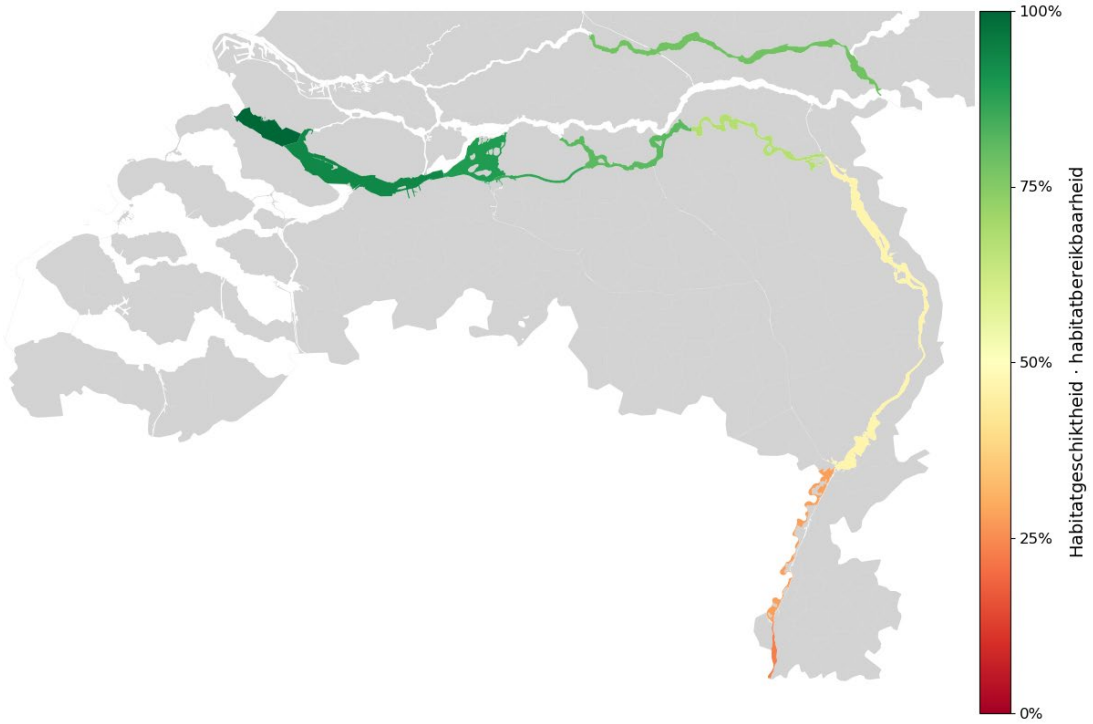
## 4.3 Netwerk prestatie – KRW-Verkenner

De KRW (KRW, 2000) is een Europese richtlijn met het doel een goede toestand te bereiken voor (het leven in) open wateren. Deze toestand wordt bepaald op basis van de aanwezige flora en fauna maar bijvoorbeeld ook op basis van nutriënten en verontreinigende stoffen concentraties. De KRW-Verkenner is een tool waarmee de effectiviteit van ecologische maatregelen, zoals het aanleggen van natuurvriendelijke oevers, kan worden geanalyseerd. De invoer van de KRW-Verkenner bestaat uit (zie Figuur 4-3): de kenmerken van het gebied (schaal: landelijk of regionaal), emissies, ecologische parameters en kaartmateriaal. De KRW-Verkenner maakt gebruik van externe databases met beschrijvingen van de hydrologie, emissies en kenmerken van open wateren. Op die manier wordt informatie opgehaald uit bestaande modellen. De maatregelen kunnen de vorm hebben van aanpassingen in de inrichting of aan het beheer en bronnen (lozingen). Maatregelen die de oorsprong hebben bij het kunstwerk worden in de KRW-Verkenner niet, of enkel indirect, meegenomen.




*Figuur 4-3: Een overzicht van de dataflow in de KRW-Verkenner Rijkswateren*

In de KRW-Verkenner Rijkswateren is ook informatie opgenomen over de vispasseerbaarheid van de kunstwerken in het netwerk (connectiviteit is niet opgenomen in de KRW-Verkenner voor de niet-Rijkswateren). Deze informatie was tot voor kort gebaseerd op expert judgement. Recent is een koppeling gerealiseerd met de Analysetool vispasseerbaarheid (Paragraaf 4.1), en kunnen de resultaten daarvan gebruikt worden als invoer voor de KRW-Verkenner (KpNK, 2024k) (voor de berekende habitatgeschiktheid wordt rekening gehouden met de bereikbaarheid van het waterlichaam, zie bijvoorbeeld Figuur 4.4). Daarmee kunnen de effecten van toekomstige aanpassingen bij de kunstwerken voor de vispasseerbaarheid ook eenduidig worden meegenomen in de analyses met de KRW-Verkenner.




*Figuur 4.4: Het product van habitatgeschiktheid en -bereikbaarheid in de Maas voor vanuit zee stroomopwaarts migrerende volwassen Atlantische zalm zoals berekend door de KRW-V.*

## 4.4 Computational Fluid Dynamics – CFD

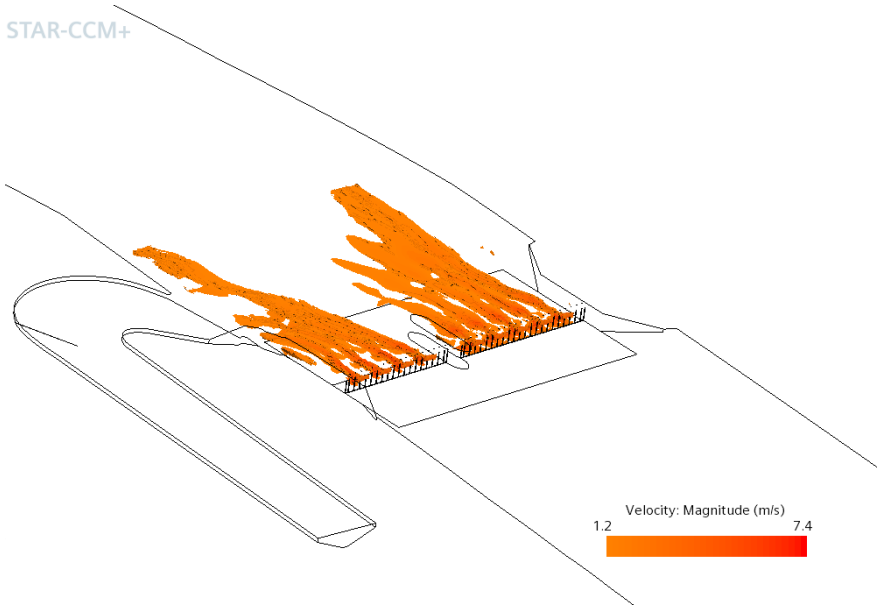
Bij het gedetailleerd ontwerp van kunstwerken wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van numerieke modellen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD)[8]. De ruimtelijke resolutie van de CFD-modellen is nauwkeuriger dan van Delft3D (of D-HYDRO) modellen. Met CFD-modellen kan het stromingspatroon nabij het kunstwerk en de krachten die daardoor ontstaan op de constructie (en de bodembescherming) berekend worden.

In de regel worden bij het gedetailleerd ontwerp maatgevende afvoer condities (d.w.z. hoge afvoeren) gebruikt. De CFD-modellen kunnen ook worden gebruikt voor berekeningen bij niet-maatgevende condities, zoals bij een gemiddelde of een lage afvoer. De informatie die daarbij beschikbaar komt over de stromingscondities nabij het kunstwerk kan zeer waardevol zijn bij het analyseren van de vispasseerbaarheid van het kunstwerk. Zo kunnen deze CFD-modellen inzicht geven in de stroomsnelheid en turbulentie bij de ingang van een vispassage (of zelfs binnen de vispassage).

[8] Deze gedetailleerd numerieke CFD modellen vervangen steeds vaker de fysische schaalmodellen die voorheen werden gebruikt bij het gedetailleerd ontwerp van kunstwerken.

In de internationale literatuur zijn tal van publicaties beschikbaar over het gebruik van CFD voor het ontwerp van een vispassage. Ook voor de stuw Grave is een analyse gemaakt met CFD van de vindbaarheid van de ingang van de vispassage voor stroomopwaartse migratie (Maijvis, 2024 (in prep)). Hieruit blijkt dat met CFD inderdaad een gedetailleerde analyse gemaakt kan worden van het stromingspatroon bij het stuwcomplex en de ingang van de vispassage. Door deze informatie te combineren met kennis over het gedrag van stroomopwaarts migrerende vis kan het ontwerp van een stuwcomplex en de ingang van de vispassage verbeterd worden.

Bij wijze van voorbeeld geeft Figuur 4-5 aan waar de berekende stroomsnelheid benedenstrooms van de stuw hoger is dan 1,2 m/s (bij een bepaalde afvoer van de Maas, en de gekozen operatie van de stuwdelen). Daarmee kan de vindbaarheid van de ingang van de vispassage (aan de linkerzijde van de figuur) worden geanalyseerd.




*Figuur 4-5: Voorbeeld resultaat berekening stroomsnelheid waarin het gebied wordt aangegeven met een te hoge snelheid voor veel vissen om tegenop te zwemmen.*

## 4.5 D-HYDRO

Waar CFD inzicht biedt in de stromingscondities nabij het kunstwerk, kunnen berekeningen met D-HYDRO (voorheen Delft3D) inzicht geven in de stromingscondities, zoutgehaltes en water temperatuur in het watersysteem in de verdere omgeving van het kunstwerk. D-HYDRO is een software pakket voor hydrodynamische modellen die de waterstanden en stroomsnelheden in een waterlichaam (meer, kanaal, rivier of kustgebied) kunnen modelleren. Die zijn gebaseerd op de vergelijkingen van vloeistof dynamica en zijn dus enigszins geschikt om voorspellingen te maken van het effect van veranderingen in het watersysteem (bij bijv. het kunstwerk) op de stromingscondities in het watersysteem. Naast waterstanden en stroomsnelheden zijn er ook modules of functies om zouttransport, temperatuur, waterkwaliteit en morfologie mee te nemen. Zo zijn bijvoorbeeld voor het Haringvliet en voor het Lauwersmeer, maar ook voor het Noordzeekanaal en Volkerak-Zoommeer numerieke modellen beschikbaar waarmee de effecten van de operatie van het kunstwerk voor het watersysteem kunnen worden onderzocht.

De resultaten van deze modellen kunnen worden gebruikt om een vertaling te maken naar de effecten voor de biodiversiteit in het watersysteem met bijvoorbeeld modellen die het voedselweb modelleren (PCLake of Ecopath).

# 5 Conclusies en aanbevelingen

## 5.1 Conclusies

Natte kunstwerken beïnvloeden de biodiversiteit in het watersysteem. Dit rapport vormt het achtergrondrapport om biodiversiteit mee te nemen in het VenR-proces, aan de hand van de iteratieve werkwijze die ontwikkeld is binnen het KpNK. Het doel van deze studie was om handvatten te geven aan VenR teams om het aspect biodiversiteit transparant en navolgbaar in ogenschouw te nemen binnen Stap 2, 3 en 4 van de iteratieve werkwijze. De belangrijkste conclusies zijn kort samengevat:

- De aspecten van het brede begrip “biodiversiteit” waar de natte kunstwerken van Rijkswaterstaat mee te maken hebben zijn:
    - de connectiviteit tussen waterlichamen (voor een groot deel van belang voor vismigratie);
    - het faciliteren van de juiste habitat binnen de invloedssfeer van het kunstwerk (door het regelen van het waterpeil en het verdelen van debiet);
    - en in mindere mate het management van natuur en biodiversiteit op het kunstwerkcomplex zelf.
- De eisen vanuit de functie biodiversiteit zijn vooral gesteld aan de waterlichamen via de KRW. De KRW doelen zijn wettelijk verplicht en worden breed niet gehaald. Er zullen dus KRW-maatregelen getroffen moeten worden en waar dat gecombineerd wordt met de VenR van een kunstwerkcomplex is het VenR-besluitvormingsproces een logische plek om deze mee te nemen. In ieder geval moet het VenR-proces niet in de weg staan van toekomstige KRW ontwikkelingen.
- Het meenemen van de KRW, PAGW en eventueel Natura 2000 doelstellingen in het VenR-proces dekt in belangrijke mate de functie biodiversiteit voor natte kunstwerken.
- Recente publicaties van de PAGW geven een overzicht van mogelijke maatregelen en aanbevelingen voor het halen van KRW doelen nu en in de toekomst al zullen de consequenties hiervan op de kunstwerken en het VenR-proces nog geconcretiseerd moeten worden.
- Het meenemen van mogelijke maatregelen ten behoeve van biodiversiteit in een vroeg stadium van het VenR-proces is nodig om de ruimtelijke en kosten implicaties transparant in kaart te brengen bij het ontwikkelen en afwegen van oplossingsrichtingen.

# 6 Referenties


Agostinho, A., Agostinho, C., Marques, E., & Pelicice, F. (2012). Fish ladders: Safe fish passage or hotspot for predation? *Neotropical Ichthyology, 10*(4), 687-696.

Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J., Bizzi, S., Börger, L., Segura, G., . . . Feierfeil, T. (2020). More than one million barriers fragment Europe's rivers. *Nature, 588*, 436-441. doi:10.1038/s41586-020-3005-2

Coenen, J. M., Antheunisse, J., Beekman, J., & Beers, M. (2013). *Handreiking Vispassages in Noord-Brabant.* Nijmegen: Waterschap De Dommel, waterschap Aa en Maas & waterschap Brabantse Delta.

Dasgupta, P. (2021). *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Abridged Version.* London: HM Treasury.

Deltares. (2016). *1220984-000 De werking van RWS KRW maatregelen in conceptuele relatieschema's.* Delft: Deltares.

Deltares. (2019). *System understanding and ecological modelling of the Tenryuu River: Habitat suitability modeling of Ayu downstream of the Funagira dam and understanding the cascading system of the Tenryuu River.* Deltares. van Oorschot, M., Yossef, M., Jeuken, M.

Deltares. (2019). *Wel visintrek, geen zoutindringing.* 11203690-004-BGS-0002.

Deltares. (2021b). *Vispasseerbaarheid stuwcomplexen - Kennisvragen beantwoorden en Analysetool ontwikkelen.* Deltares. 11201844-003-HYE-0002 v1.2.

Deltares. (2024). *11210363-002-ZKS-0002-Validatie Spuisluisformulering Haringvliet metingen.* Delft: Deltares.

Deltares. (2024). *Deltascenario's voor Nederland - Wateropgaven in 2050 en 2100.* Nationaal Deltaprogramma.

Ebel, G. (2018). *Fischschutz un Fischabstieg an Wasserkraftanlagen. Handbuch Rechen- und Bypasssysteme.* Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie (BGF).

EU. (2000). *Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlemant en De Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautiare maatregelen betreffende het waterbeleid.* Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen.

EU. (2022). *Biodiversity strategy for 2030 – Barrier removal for river restoration.* EU, https://data.europa.eu/doi/10.2779/181512.

Felder, S., Erpicum, S., Mulligan, S., Valero, D., Zhu, D., & Crookston, B. (2021). *Hydraulic structures at a crossroads towards the Sustainable Development Goals.* IAHR White Paper Series, Issue 2.

Funge-Smith, S., & Bennett, A. (2019). A fresh look at inland fisheries and their role in food security and livelihoods. *Fish and Fisheries, 20*(6), 1176-1195.

ICBR. (2018). *Masterplan trekvissen Rijn 2018. Rapport Nr. 247.* Int. Comm. Bescherming Rijnstroomgebied ICBR-IKSR-CIPR.

IMC. (2022). *Overkoepelend deel van het beheerplan voor het internationale stroomgebiedsdistrict van de Maas, 3e cyclus van de Kaderrichtlijn Water (2022-2027).* Int. Maas Comm. IMC-Liege.

Klijn, F., Leushsuis, H., Treurniet, M., van Heusden, W., & van Vuren, S. (2022). *Systeembeschouwing Rijn en Maas ten behoeve van ontwerp en besluitvorming.* Ministeie van Infrastructuur en Water. Den Haag: Programma Integral Rivier Management.

KNMI. (2023). *KNMI'23 Klimaatscenario's voor Nederland (gebruikersrapport).*

KpNK. (2024a). *Iteratieve werkwijze om te komen tot een advies in Regio-analyse en Planfase.* Deltares. 11207401-007-HYE-0005.

KpNK. (2024a). *Iteratieve werkwijze om te komen tot een advies in Regio-analyse en Planfase.* 11207401-007-HYE-0005.

KpNK. (2024b). *Inventarisaren en Probleem Ontrafelen - Stap 2 in de Iteratieve Werkwijze.* Deltares. 11207401-009-HYE-0004.
KpNK. (2024c). *Ontwikkelen van oplossingsrichtingen, varianten en voorkeursvariant - Stap 3 in de iteratieve werkwijze.* Deltares. 11207401-007-HYE-0006.
KpNK. (2024d). *Bepalen Functionele prestaties - Stap 4 in de Iteratieve Werkwijze.* Deltares. 11207401-009-HYE-0005.
KpNK. (2024k). *Functionele prestatie van stuwcomplexen voor migrerende vis.* Deltares. 11207401-028-HYE-0001.
KpNK. (2024l). *Functionele prestatie (algemeen, zout en biodiversiteit). Kwantificering van de functionele prestatie van sluizen met een zoutbeheerfunctie.* Deltares. 11207401-021-HYE-0012.
KpNK. (2024o). *Functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit.* Deltares. 11207401-009-HYE-0002.
Kroes, M. J., & Monden, S. (2005). *Handboek Vismigratie - Een handboek voor herstel in Vlaanderen en Nederland.* Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL.
KRW. (2000). Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en De Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen*.
KRW. (2021). KRW-Verkenner: Interactieve tool voor het doorrekenen van KRW maatregelen", Gebruikershandleiding versie 2.4.1.
Larinier, M. (2002). *Location of Fishways.* Bull. Fr. Pêche Piscic. 364 suppl., 39-53.
Maijvis. (2024 (in prep)). *Quantifying the Findability of Fishways by Computational Fluid Dynamics.* 11210364-010-ZWS-0001_v0.1.
Marijs, L., Achterkamp, B., Collas, F., De la Haye, M., Dorenbosch, M., Liefveld, W., . . . Van Kessel, N. (2020). *KRW Leidraad Rijkswaterstaat Oost-Nederland.* Rijkswaterstaat Oost-Nederland: Programmateam Kaderrrichtlijn Water.
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Landbouw, N. e. (2024, September 27). *PAGW*. Opgehaald van https://www.pagw.nl/
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. (2007). *Zouttolerantie van landbouwgewassen - Deelrapport Leven met zout water.* Wageningen.
RHDHV. (2022). *Ecologische streefbeelden PAGW 1.0. Hoofdrapport (eerste, incomplete proeve).* Martin de Haan, Saskia Mulder, Boris Everwijn, Roel Knoben.
Rijkswaterstaat. (2020). *Protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewaterlichamen KRW.*
Rijkswaterstaat. (2021a). *Ecologische aandachtspunten en ontwerpeisen voor vervangen en renoveren van stuwen in de Maas.* Rijkswaterstaat. Vercruijsse, W., Wezenberg, S.
Rijkswaterstaat. (2022). *Vervanging en Renovatie. Prognoserapport 2022. Prognose voor de periode 2023 tot en met 2050.*
Rijkswaterstaat. (2024, September 20). *Leidraad output tool*. Opgehaald van https://royalhaskoningdhv.shinyapps.io/Leidraad_Decompositie/
Rijkswaterstaat. (2024, September 20). *Natura 2000 Rijkswaterstaat*. Opgehaald van https://www.rwsnatura2000.nl/home/default.aspx
Rijkswaterstaat. (2024, September 20). *Viewer Doelbereik KRW*. Opgehaald van royalhaskoningdhv.shinyapps.io/VDKRW/
Ruijgh, E., Brinkhof, H., Buijse, T., Van der Schee, R., & O'Mahoney, T. (2023). Passability of weir complexes for fish in the river Meuse. Proceedings of the 40th IAHR World Congress (pp. 3155-3162), DOI: https://doi.org/10.3850/978-90-833476-1-5_iahr40wc-p0594-cd.
Schmutz, S., & Mielach, C. (2013). *Measures for ensuring fish migration at transversal structures.* Vienna: ICPDR - International Commission for the Protection of the Danube River.
Waardenburg Ecology & RHDHV. (2024a in prep). *KRW Leidraad Maas en benedenrivieren.* De la Haye, M.A.A., B. Reeze, G.J. van Geest, H. Coops, M. Dorenbosch, B. van

den Boogaard, G. Jenniskens, B.P.N. van Spronsen, F.C. Helsloot, I. de Bruin-van Gogh & W.M. Liefveld.
Waardenburg Ecology & RHDHV. (2024b in prep). *KRW Leidraad Meren.* De Haan, M.W., G.J. van Geest, H. Coops, B. Everwijn, B.P.N. van Spronsen, M.H.C. Robben & W.M. Liefveld.
Waardenburg Ecology & RHDHV. (2024c in prep). *KRW Leidraad Zoute en brakke wateren.* Olde Wolbers, R., K. Didderen, M. Dorenbosch, G. Jenniskens, T.M. Van der Have, L.R.E. Hoekema, J. Cuperus, S.J. Holthuijsen, F.C. Helsloot, J.M. Reitsma, R. Van de Haterd, G.J. Van Geest, H. Coops, B.P.N. van Spronsen & W.M. Liefveld.
Wageningen University & Research. (2022). *Zoet-zoutovergangen in Nederland onder de loep.* Yerseke: Wageningen Marine Research rapport C019/22. doi:https://doi.org/10.18174/567804
WWF. (2022). *Living Planet Report - Building a nature-positive society.* Gland, Switzerland: WWF.

# A Workshop 23 mei 2023

## A.1 Samen nadenken

Er bestaat in de praktijk een grote afstand tussen experts die zich bezig houden met natte kunstwerken en experts op het gebied van ecologie. Deze paragraaf gaat verder in op hoe we binnen het KpNK ecologen en waterbouwkundigen proberen te verbinden door middel van een workshop en het werken aan kwantificering van functionele prestatie van kunstwerken voor biodiversiteit.

Deltares heeft in 2019 en in 2020 al eerder workshops (‘hackatons’) georganiseerd in het kader van biodiversiteit (connectiviteit en stromend habitat) en natte kunstwerken (Deltares, 2021b). Deze hackatons waren gericht op de implementatie van de Nevengeul 2.0, een stuwpassendere nevengeul die het boven- en benedenstroomse stuwpand met elkaar verbindt, met het doel stromend habitat te creëren. Ook in deze workshops was aandacht voor het verbinden van ecologen en waterbouwkundigen.

*Workshop*
Vanuit het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK) is op 23 mei 2023 een workshop georganiseerd met ecologen en waterbouwkundigen om de functie biodiversiteit voor natte kunstwerken te verkennen.
De volgende vraagstellingen zijn tijdens de workshop aan bod gekomen:

1. Waar denk je aan bij ‘functionele prestatie van natte kunstwerken voor de functie biodiversiteit’?
2. Kan je (concrete) voorbeelden noemen van functionele prestatie voor biodiversiteit?
3. Heb of ken je een voorbeeld waar dit op tijd en goed is uitgezocht? Hoe is dat gedaan? Wat kunnen we daarvan leren?
4. Wat is het gevolg van het te laat betrekken van ecologen? Zijn daar voorbeelden van?
5. Heb of ken je VenR of infrastructurele projecten waar de gezamenlijke kennis van kunstwerkexperts en ecologen beter verbonden zou moeten worden? Wat verwacht je van deze verbinding? Waarom gebeurt dat nu niet?

In de workshop is een eerste stap gezet in het bedenken op welke manier deze functie kan worden meegenomen in VenR-afwegingen, zowel op inhoudelijk als op procesmatig vlak. Tijdens de workshop is ook een gedeelte van het KpNK-raamwerk getoetst voor een aantal cases. Er is hiervoor gekeken naar het bepalen van de functionele prestatie in de tijd, de eisen of wensen vanuit biodiversiteit, de knelpunten en de mogelijkheden van het kunstwerk. In paragraaf A.2 worden de resultaten hiervan uitgebreid besproken. De overige resultaten van de workshop hebben de basis van deze rapportage gevormd. Daarnaast heeft de workshop gezorgd voor kennismaking van ecologen en waterbouwkundigen, verbetering van de onderlinge samenwerking en begrip en vergroting van de gezamenlijke kennisbasis.

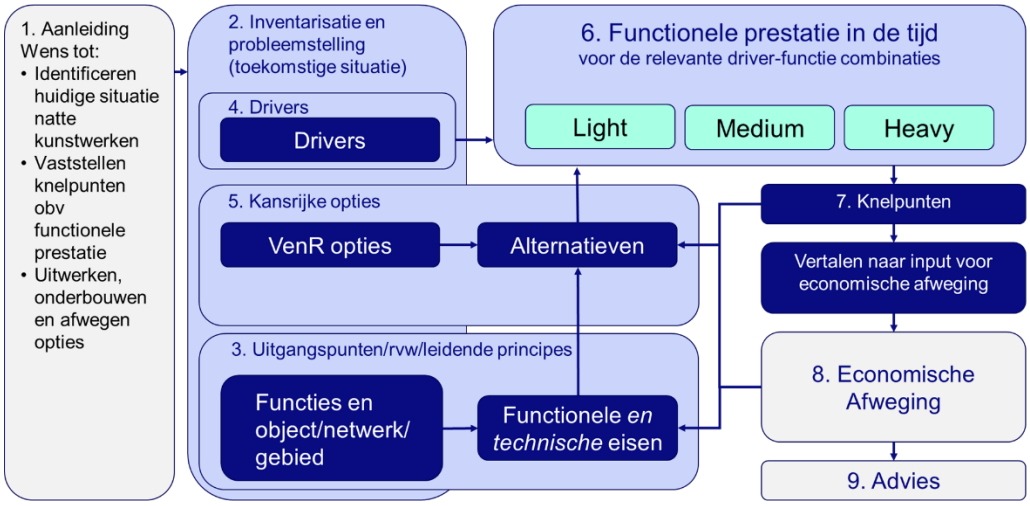


*Figuur A-1 Impressie van de workshop 'Functionele prestatie van natte kunstwerken voor biodiversiteit' op 23 mei 2023.*

## A.2 Voorbeeldcases – toetsing van de toepasbaarheid van het raamwerk

Binnen het KpNK is een raamwerk voor het uitwerken van VenR-opties ontwikkeld (zie Figuur A-2). Dit raamwerk vanuit 2023 is inmiddels vervangen door de iteratieve werkwijze die eerder in dit rapport beschreven wordt. De toepasbaarheid van enkele elementen uit het raamwerk op biodiversiteit bij kunstwerken is getoetst in de workshop met ecologen en waterbouwkundigen door deze te doorlopen aan de hand van cases. In deze paragraaf worden de bevindingen gedeeld van de cases, namelijk:

- Case A: Bathse spuisluis en zoet-zoutovergangen;
- Case B: Krammersluizen en zoet-zoutovergangen;
- Case C: Maasstuwen.




*Figuur A-2: Het KpNK raamwerk voor het uitwerken, onderbouwen en afwegen van VenR-opties.*

Voor de workshop zijn de volgende drie onderdelen van het raamwerk uitgelicht om aan de hand van een case uit te werken voor de functie biodiversiteit.

**Uitgangspunten/randvoorwaarden/leidende principes op object- netwerk- en gebiedsniveau**
Als onderdeel van de inventarisatie en probleemstelling wordt in stap 3 van het raamwerk een overzicht gemaakt van de functies van het object, netwerk en gebied en de bijbehorende eisen of wensen. Bij de indeling van functies wordt aangesloten bij de kerntaken van Rijkswaterstaat en de beleidsdoelen vanuit het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Deze kerntaken en beleidsdoelen kunnen weer verder onderverdeeld worden in functies.

De eisen of wensen voor het realiseren van de functies door de natte kunstwerken zijn vaak niet vastgesteld, of niet vertaald van systeemniveau naar objectniveau. Ze bestaan uit een combinatie van wettelijke normen, overeenkomsten en ambities of wensen van verschillende partijen en ze zijn vaak specifiek voor locatie- en object.

**Functionele prestatie in de tijd**
De functionele prestatie (stap 6) van een alternatief geeft aan hoe goed een alternatief voor een bepaalde functie voldoet aan de gestelde eisen of wensen onder de relevante drivers. De functionele prestatie en eventuele knelpunten in de tijd vormen input voor de economische afweging, maar kunnen ook aanleiding geven om de eisen of alternatieven te herzien.

**Knelpunten**
Knelpunten (stap 7) kunnen leiden tot aanpassing van de alternatieven en/of aanpassing van de functionele en/of technische eisen. Het resultaat van de uitwerking van de opties van de functionele prestatie kan vertaald worden naar een economische afweging.

Deze uitgelichte onderdelen van het raamwerk zijn doorlopen doormiddel van een versimpelde versie van het raamwerk (zie Tabel A-1 hieronder).

*Tabel A-1 Versimpeld raamwerk opgebouwd uit stap 3,6 en 7 van het generieke raamwerk.*

| **Case** | **Functionele prestatie in de tijd** |
|---|---|
| Bedenk een casus waar een Nat Kunstwerk en Biodiversiteit samenkomen, en beschrijf deze kort. | Hoe zou je de functionele prestatie voor biodiversiteit kunnen inschatten of uitrekenen? |
| **Eisen en wensen** | **Knelpunten** |
| 1. Waar moet het kunstwerk aan voldoen voor biodiversiteit (functionele eisen)? Wettelijke kaders? Andere afspraken?<br>2. Wat is aanvullend wenselijk voor biodiversiteit?<br>3. Hoe kan je dat vertalen naar bijv. parameters voor het kunstwerk? | 1. Wat zijn de belangrijkste knelpunten?<br>2. Veranderen die knelpunten onder invloed van drivers?<br>3. Welke impact zou dit op het ontwerp moeten of kunnen hebben (VenR opties)? Of: Wat zijn de mogelijkheden vanuit kunstwerken om beter te functioneren voor biodiversiteit? |

### A.2.1 Case A: Bathse Spuisluis en zoet-zout overgangen
De Bathse Spuisluis voert overtollig (zoet) water af naar de Westerschelde en vormt een harde scheiding tussen zoet en zout water. De Bathse Spuisluis grenst aan een kunstmatig aangelegd kanaal en is daardoor een voorbeeld van een case waarbij er geen inspiratie kan worden opgedaan uit een ideale beginsituatie, zoals dat het geval is bij de case van de Maasstuwen (zie Paragraaf 0), wat ooit een vrij-afstromende rivier was. Het onderscheid tussen een kunstwerk in een natuurlijk systeem of in een gekanaliseerd of onnatuurlijk

systeem kan hierdoor van belang zijn. Dit onderscheid wordt daarom ook gemaakt in richtlijnen zoals de KRW.

De vragen die tijdens de discussie ontstonden zijn:

- Wat is het invloedssfeer van de Bathse spuisluis: wat is het onderzoeksgebied en wat is het effect op biodiversiteit?
- Wat zou bij de Bathse spuisluis kunnen leiden tot een verbetering van de biodiversiteit?

Om de uitgangspunten en de invloedssfeer in beeld te krijgen werd vanuit de V's en de beweging van het water gedacht. Belangrijke aspecten die daarbij aan bod kwamen zijn dat er zouter water gewenst is voor de verbetering van biodiversiteit en het tegengaan van blauwalgengroei, waar tegenover staat dat de landbouw juist zoetwater nodig heeft voor irrigatie. Verschillende typen gewassen zijn in verschillende mate zouttolerant (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., 2007).

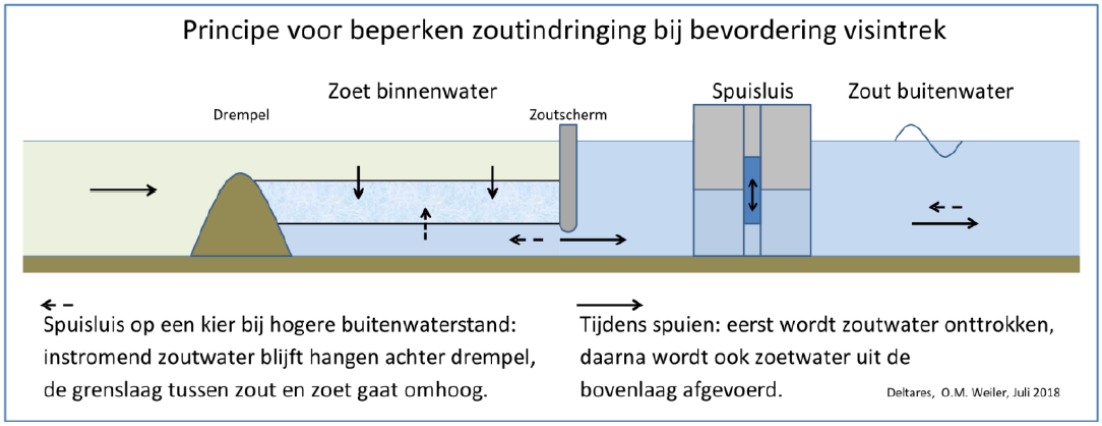
Om de functionele prestatie in de tijd in te schatten werd verwezen naar de KRW-Score en de Natura2000-doelstellingen. Daarnaast zou het nuttig kunnen zijn om de winst zichtbaar te kunnen maken als een andere norm gesteld wordt voor bijvoorbeeld het zoutgehalte, waardoor een meer geleidelijke overgang mogelijk wordt.

De belangrijkste knelpunten die ontstaan door het kunstwerk voor biodiversiteit worden hieronder beschreven:

- Het zoutgehalte van het water varieert sterk. Indien in korte tijd veel water moet worden afgevoerd, zal het gevormde evenwicht tussen zoet en zout abrupt en ongewenst verstoord worden. De afwisseling zorgt voor een moeilijke leefomstandigheden.
- Wanneer er tijdens droogte niet gespuid kan worden keert de harde scheiding terug en is er geen connectiviteit.
- Daarnaast ontstaat er door het gebrek aan doorstroming een ander probleem: blauwalg. Dit is het gevolg van gebrek aan stroming en de grote hoeveelheid nutriënten in het water. De aanwezigheid van blauwalg is schadelijk voor planten en dieren, maar ook voor mensen. Er zijn daardoor ook gevolgen voor het gebruik van het water voor recreatiedoeleinden.
- Naast aandacht voor de invloed van het kunstwerk op de ecologische aspecten van de waterlichamen moet ook worden gedacht aan het feit dat een kunstmatig aangelegd kanaal zoals het Bathse spuikanaal een barrière vormt voor dieren op het land.

Een aantal mogelijke maatregelen bij het kunstwerk werden ook genoemd:

- Een verbetering van de Verbinding van het gebied in een droge periode waarin niet gespuid kan worden is een aparte vissluis, die ‘on demand’ in bedrijf is. Een voorbeeld hiervan is de visdeurbel in de Weerdsluis in Utrecht.
- Door de schuiven van de Bathse spuisluis vaker open te zetten, zou een geleidelijke overgang van zoet naar zout water kunnen worden gerealiseerd. Vissen kunnen dan meebewegen met het evenwicht tussen zoet en zout, wat zal verplaatsen afhankelijk van de hoeveelheid zoet water dat afgevoerd wordt. Er is dan ook sprake van een betere Verbinding, waar onder andere de migrerende glasaal en driedoornige stekelbaars baat bij zullen hebben.
- Omdat er geen sprake is van eisen aan de waterdiepte (geen scheepvaart) kan een drempel worden gebouwd in het spuikanaal die de indringende zouttong tegenhoudt, zie Figuur A-3. (Deltares, 2019). Hierdoor kunnen de spuivensters langer gemaakt worden om visintrek te bevorderen.




*Figuur A-3: Schets van de werking van de bouw van een drempel en aangepast spuibeheer waardoor zoutindringing wordt beperkt en visintrek wordt bevorderd (Deltares, 2019).*

Invulling tijdens de workshop van het versimpelde raamwerk:

| **Case: Bathse Spuisluis** | **Functionele prestatie in de tijd** |
|---|---|
| - Harde sluiting<br>- Zoet/zout wisseling<br>- Droge tijden te weinig water<br>- Wordt gewerkt aan een geleidelijke overgang | Wat is de winst als je een andere grens stelt?<br>- KRW-score: bepaalde gemeenschappen leven positievere scores op. Bouwt reserves op in het systeem |
| **Eisen en wensen** | **Knelpunten** |
| Wat is de invloedsfeer: onderzoeksgebied en effect op biodiversiteit.<br>• Vanuit de V's denken.<br>• Kunstmatige situatie<br>• Zoet/zout overgangen.<br>• Beweging van water<br>Effect van spuien op de Schelde zelf – aanlokkende werking vissoorten.<br><br>Zouter water zuidelijk voor verbetering biodiversiteit, blauwalgengroei tegengaan, staat tegenover dat het zoet genoeg moet zijn voor landbouw.<br>In hoeverre gaat zoet/zout mengen, geen natuurlijke situatie.<br><br>Natura2000-doelstellingen | - Blauwalg<br>- Zoutgehalte afwisseling<br>- Harde grens, geen lange verbinding voor vissen om mee te bewegen met veranderingen in habitat.<br>- Connectiviteit<br>Randzones rondom de sluis. Wat heeft het spuien van water met blauwalg voor invloed op die zones.<br><br>Je kan niet spuien als het droog is, dus dan krijg je een probleem met blauwalg, wat zou je dan doen als het helemaal anders kon? Moet wel rekening gehouden worden met boeren?<br>Mogelijkheden: Zoetwater via een andere route aanvoeren; Losse vissendeur, on demand. |

### A.2.2 Case B: Krammersluizen en zoet-zout overgangen

De Krammersluizen hebben de functies hoogwaterveiligheid, het scheiden van zoet en zout water en scheepvaart. Vismigratie is mogelijk via het spui- en vismigratiemiddel (SPVM). De sluizen vormen nu een harde grens tussen zoet en zout waar een geleidelijke gradiënt meer gewenst zou zijn. Een knelpunt bij een geleidelijke overgang van zoet naar zout is de gewenste zoetwaterbeschikbaarheid in het Volkerak-Zoommeer.

Bij de Krammersluizen wordt aandacht besteed aan vis en vismigratie. Als de vis eenmaal het sluizencomplex gepasseerd is (Verbinding), is het wel belangrijk dat er vervolgens geschikt habitat beschikbaar is om te leven. Bij het creëren van een geschikte leefomgeving is het belangrijk om verder te kijken dan alleen vis. Ook in algemene zin is het belangrijk om niet alleen aandacht te besteden aan de vis omdat dat slechts één aspect van de

biodiversiteit is. Het is wel goed dat er al aandacht is voor de vis, de verwachting is dat hiermee ook plaats kan worden gemaakt voor andere aspecten van de biodiversiteit. Een aantal concrete mitigerende maatregelen voor de vis zijn de aanleg van glasaalgoten en pompen met een zo laag mogelijke vismortaliteit.

Om de functionele prestatie in de tijd in beeld te brengen worden de Analysetool Vispasseerbaarheid (Deltares, 2021b) en de KRW-verkenner genoemd (KRW, KRW-Verkenner: Interactieve tool voor het doorrekenen van KRW maatregelen", Gebruikershandleiding versie 2.4.1, 2021). Daarnaast kan het goed zijn om naast belangen ook maatschappelijke waarden af te wegen. Kunstwerken zijn regelwerken en verschillende groepen hebben hier verschillende belangen bij. Een kennisvraag is hoe de keuzes om aan bepaalde belangen te voldoen (en in welke mate) moeten worden afgewogen. Een knelpunt is hier vaak het ruimtegebrek om alle functies te vervullen. Dit kan ook een argument zijn om functies juist te scheiden en niet overal dezelfde functies te ondersteunen.

Daarnaast ontbreken de functionele ecologische eisen. Er zouden bijvoorbeeld eisen kunnen worden opgesteld met betrekking tot de dynamica van het water. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit dat de eisen verschillend zullen zijn in de verschillende seizoenen, denk bijvoorbeeld aan het trekseizoen, wat verschilt tussen soorten. Ook kunnen eisen en wensen in strijd met elkaar zijn, zoals de eis voor zoetwaterbeschikbaarheid en de wens voor een graduele zoet-zoutovergang voor de biodiversiteit.

Een driver die in deze discussie naar voren kwam is temperatuurverandering, welke kan zorgen voor een toename van invasieve exoten. Verbinding van gebieden is om die reden niet altijd positief: sommige soorten willen we juist buiten houden om inheemse soorten te beschermen. Met name in kanalen, waar invasieve exoten 'meeliften' met de scheepvaart, speelt dit een rol.

Invulling tijdens de workshop van het versimpelde raamwerk:

| **Case: Zoet/zout overgangen** | **Functionele prestatie in de tijd** |
|---|---|
| Ontbreken van functionele ecologische eis bij zoet-zoutovergangen.<br>1. Krammersluizen SPVM | - Analysetool Vispasseerbaarheid<br>- KRW-verkenner<br>- Afwegen waardes in plaats van belangen<br>- Meenemen in de tijd ontbreekt vaak in ontwerpeisen |
| **Eisen en wensen** | **Knelpunten** |
| - Verbinding – abiotisch – leefgebied – chemische waterkwaliteit<br>- Biodiversiteit – biota – KRW – Natura2000<br>- PAGW<br>Eis aan dynamica<br>Functionele gradiënt<br>Momenten v/h jaar<br>Vorm van uitstroom, ontwerp voor extreme condities | - Ruimtegebrek<br>- Zout toelaten maar niet te ver<br>- Ontbreken geleidelijke gradiënt<br>- Kennis is verspreid<br>- Visintrek lost niet alles op, moment v/h jaar<br>- Combinatie spuien en vissen?<br>- Conflict met andere functies (zoetwater)<br>- ME koppelen i.p.v. integraal denken<br>- Ontwikkeltijd<br>Mogelijkheden: Aalgoten, visvriendelijk pompen |

### A.2.3 Case C: Maasstuwen

In de Maas moet de afweging worden gemaakt tussen scheepvaart, biodiversiteit en hoogwaterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid. De zeven Maasstuwen zorgen ervoor dat het waterpeil in de Maas kunstmatig hooggehouden kan worden voor onder andere de scheepvaart en landbouw, maar hebben een negatief effect op de biodiversiteit door het wegnemen van de connectiviteit. Bij het verbeteren van de biodiversiteitssituatie in de Maas kan worden teruggegrepen naar de beginsituatie: een vrijstromende rivier. Om de biodiversiteit te stimuleren zou daarom de connectiviteit verbeterd moeten worden en moet ook geschikt (stromend) habitat worden gecreëerd. Een van de manieren om dit te bereiken zijn aanpassingen aan de (samenstelling van) de stuwcomplexen. De invloedzones van de stuwen zijn groot, zo zijn ook beekmondingen nu ingesteld op het stuwbeheer. Daarnaast zijn er begrenzingen in de breedte.

De eisen en wensen waar de kunstwerken aan moeten voldoen voor biodiversiteit vallen dan ook terug op de 'begin' situatie. Om de biodiversiteit te stimuleren moet er stromend habitat en connectiviteit zijn.

De functionele prestatie van de Maasstuwen zou kunnen worden gekwantificeerd op basis het populatieniveau, met als eis een geambieerd populatieniveau. Hierbij kan ook worden gedacht aan lokale overpopulatie en het bestrijden van invasieve exoten. Het niveau van de populatie zou dan bijvoorbeeld uitgedrukt kunnen worden in omvang, robuustheid of aanwezigheid. Het is mogelijk dat dit ook in de KRW is opgenomen, maar daarbij is vaak ook onduidelijk of er ook daadwerkelijk getoetst wordt op de KRW.

Een belangrijk knelpunt van de Maasstuwen is de vertraging van migrerende (met name jonge) vissen. De veranderde stroming rondom de stuwen zorgt ervoor dat jonge vissen gedesoriënteerd raken, hierdoor vallen zijn ze een gemakkelijke prooi voor predators die deze gebieden kennen. Daarnaast zijn sommige vistrapontwerpen niet voor alle verschillende vissen met ieder hun verschillende eigenschappen geschikt, en kunnen deze dus niet altijd passeren (Agostinho, Agostinho, Marques, & Pelicice, 2012). Een ander knelpunt is dat er extremen (in tegenstelling tot geleidelijke veranderingen) voorkomen in een gestuwde rivier, waardoor het evenwicht in het systeem verstoord wordt.

De oplossingen voor een watersysteem zoals de Maas kunnen ook bij het systeem liggen en niet de individuele kunstwerken. Denk bijvoorbeeld aan een meanderende nevengeul langs alle stuwen in plaats van een vistrap bij elke stuw.

Invulling tijdens de workshop van het versimpelde raamwerk:

| **Case: Stuwen Maas** | **Functionele prestatie in de tijd** |
|---|---|
| Habitat/connectiviteit<br>Stromend water<br>Feitelijk zouden er geen stuwen moeten zijn<br>Beekmondingen zijn ingesteld op stuwbeheer -> invloed zones zijn groot<br>Begrenzingen in de breedte | Populatie op bepaald niveau, ambitieniveau -> zit dat in KRW?<br><br>Omvang/robuustheid/aanwezigheid |
| **Eisen en wensen** | **Knelpunten** |
| Stromend water/habitat; op rivierschaal is droogvallen niet erg, zo min mogelijk stilstaand water<br>Connectiviteit<br>Wat is de functie van de Maas? Scheepvaart of natuurlijke habitat of zoetwater?<br>Waar zitten de meekoppel kansen | - Stuwen maken vertraging in populatie, vooral jonge vissen, predators weten dat.<br>- De extremen, kan de biodiversiteit dat aan<br>- Wordt er getoetst op de KRW? |

### A.2.4 Mogelijke toekomstige cases

Tijdens de discussies kwam een case naar voren waar de KRW is meegenomen: Trintelzand. Het zou interessant zijn om er achter te komen waar het verschil heeft gezeten in dit proces, bijvoorbeeld in de samenstelling van het IPM-team. Op deze manier kan inzicht gekregen worden in waarom het bij sommige projecten wel of juist niet lukt om aan de KRW te voldoen.

Onderstaande cases zijn in minder detail aan bod gekomen, maar kunnen mogelijk interessant zijn om uit te werken voor biodiversiteit:

- Sluis Weurt-Heumen, vervanging van het middenhoofd;
- Gemaal IJmuiden, vervanging van de pompen en visvriendelijkere mogelijkheden;
- Haringvlietsluizen;
- Afsluitdijk:
    - Vismigratierivier;
    - Vervanging en renovatie sluizen;
- Wilhelminakanaal, vervanging sluis II.

### A.2.5 Samenvattend

Een drietal cases is doorlopen aan de hand van enkele stappen uit het raamwerk (eisen en wensen, functionele prestatie in de tijd, knelpunten). In de bespreking van deze cases werd duidelijk op welke manier het kunstwerk de biodiversiteit verstoord en wat er nodig is om dit te verbeteren. Hierbij werd duidelijk dat er een onderscheid is tussen een kunstwerk in een natuurlijk systeem en in een gekanaliseerd/onnatuurlijk systeem. Dit is ook van invloed op de eisen die worden gesteld. De 'begin' situatie kan de invloedsfeer van kunstwerk een duidelijker beeld geven. Er wordt opgemerkt dat het van belang is om vanaf het begin goed af te bakenen in welk gebied het kunstwerk invloed heeft. Een van de belangrijkste punten die werd genoemd als leidend principe is connectiviteit.

Het inschatten of uitrekenen van de functionele prestatie in de tijd van een kunstwerk voor biodiversiteit blijkt lastig. Hierbij wordt voornamelijk verwezen naar de KRW-score en de Natura2000-doelstellingen. Verder zouden er eisen kunnen worden gesteld aan bijvoorbeeld populatieniveaus. Het nut van kwantificeren wordt wel ingezien, om zo de winst zichtbaar te kunnen maken bij bijvoorbeeld andere grenzen in zoutgehaltes.

De knelpunten liggen vaak bij de barrière die het kunstwerk vormt voor vissen. Ook werd de uitwisseling tussen zoet en zout en de variatie in de zoutgehaltes benoemd. Afsluitend werd er bij de cases gekeken naar mogelijkheden om vanuit kunstwerken beter te functioneren voor de biodiversiteit, waarbij verscheidene oplossingen werden genoemd.

# B Workshop 21 mei 2024 Trechter in Utrecht

Op 21 mei 2024 werd een workshop gehouden in de Trechter in Utrecht. Er waren 12 aanwezigen vanuit Rijkswaterstaat en Deltares, zowel ecologen als waterbouwers en leden van het KpNK Team. Doelen van de workshop was om input op te halen voor dit rapport. Er waren twee werksessies gehouden van elk ongeveer een uur lang. In de eerste sessie waren ervaringen van voorbeeld projecten gebruikt om te inventariseren hoe biodiversiteit nu in projecten wordt meegenomen. Er werd een mapping gemaakt vanuit dit projectvoorbeelden naar de iteratieve werkwijze van het KpNK: hoe werden de functionele samenhang bepaald in dat project? Waar kwamen de eisen vandaan? Welke opties waren ontwikkeld? En hoe werd de functionele prestatie bepaald? Hieronder worden een aantal van de resultaten van de eerste werksessie gepresenteerd.

In de tweede werksessie was een vroege versie van dit rapport (een draft inhoudsopgave) besproken. Input werd gevraagd over welke referenties nodig zijn en welke nieuwe kennis moet worden ontwikkeld. De resultaten van deze werksessie worden meegenomen in dit rapport. Een samenvatting van de input is als volgt: er staat al veel materie over welke eisen vanuit biodiversiteit aan de watersystemen worden gesteld. De uitdaging voor het VenR-proces is om dit te vertalen naar wat dat betekent voor natte kunstwerken en om maatregelen ten behoeve van de KRW doelen te integreren in projecten.

| **Project** | **Biomundo** |
|---|---|
| Korte beschrijving | Pilot Mekong – op basis van satelliet beelden het effect van dam plaatsingen op de biodiversiteit |
| Wat was het beeld van de biodiversiteit in het gebied voor het project? | Voor de dammen redelijk onaangetast<br><br>Na de dammen, opwaarts veel minder vis<br><br>Het schatten van “prestatie biodiversiteit” voor en na was integraal onderdeel van het proces |
| Welke studies waren er vooraf gedaan? Onderzoeken, methoden, tools. | Op basis van satelliet beelden werd kleur bepaald. Van de kleur werden andere indicatoren bepaald (sediment en turbidity, planten en algen)<br><br>Enigszins gekalibreerde op veldmetingen (Ground Truth Data) |
| Wat wilde je bereiken met het project? Welke doelen betreft biodiversiteit waren gesteld? Hoe werden ze gevormd? Welke KRW-doelen waren er in dat gebied? | In kaart brengen of satelliet beelden gebruikt kunnen worden om functionele prestatie te bepalen<br><br>Ook om de drivers te identificeren |
| Welke factoren van buiten hadden (of zal hebben) een effect op de biodiversiteit? Wat toekomstige ontwikkelingen/factoren moesten meegenomen worden? | Meer geplande dammen<br>Relatie dam aantal/dichtheid/afstand en achteruitgang biodiversiteit |
| Waren verschillende alternatieven beschouwd? Zo ja welke? | Nee niet echt |
| Hoe heb je het effect van een maatregel of alternatief in beeld gebracht of voorspeld? | Satelliet beelden gekalibreerd met velddata |

| | |
|---|---|
| Hoe werden de verschillende alternatieven met elkaar vergeleken? Hoe was de keuze gemaakt tussen alternatieven gemaakt? | Een relatie |
| Was er sprake van een compromis met andere functies of doelen? | Ja energie opwekken versus biodiversiteit |
| Als het project nog niet af is … denk je dat het gaat werken … waarom? En hoe is het achteraf geverifieerd dat het gewerkt heeft? Wat is een goed resultaat? | Bewustzijn creëren en een onderbouwd kosten-baten analysis |
| Wat had beter gekund in het proces? Waren er gemiste kansen? Waarom is het niet gelukt om het beter te doen? | Vietnam overheid te eenzijdig kijken naar energie opwekken |
| Wat ging er goed en wat zou in toekomstige projecten ook terug moeten komen? | Satelliet beelden gratis en goedkoop analyse<br>Ook in Markermeer toegepast (temperatuur, zwevende stof chlorophyll) |

| **Project** | **Den Oever spui- en schutsluizen** |
|---|---|
| Korte beschrijving | - Zoet-zoutovergang<br>- Verbetering vispasseerbaarheid en voorkomen uitspoelen van zoetwatervissen<br>- Uitbreiding spuicapaciteit<br>PAGW |
| Wat was het beeld van de biodiversiteit in het gebied voor het project? | - Er mist een zoet-zoutovergang zoals in een natuurlijk estuarium inclusief verticale en horizontale getij-beweging. Om dit te realiseren is eigenlijk een gebied ter grootte van de Biesbosch nodig, wat is een realistisch doel om te zetten?<br>Daarnaast Waddenzee heeft ook het hele jaar door zoetwater nodig. Dit geeft problemen wanneer er water geborgen wordt op het IJsselmeer. Aan de andere kant is er bij droogte problemen met te veel zout op het IJsselmeer. |
| Welke studies waren er vooraf gedaan? Onderzoeken, methoden, tools. | - PAGW-rapport met zoet-zoutovergangen en eisen<br>MER Wieringerhoek, met groot onderdeel voor dit project |
| Wat wilde je bereiken met het project? Welke doelen betreft biodiversiteit waren gesteld? Hoe werden ze gevormd? Welke KRW-doelen waren er in dat gebied? | - KRW (vis, onderwatervegetatie) & Natura2000: Waddenzee, PAGW<br>- Eisen/wensen verschillen met seizoen (seizoensvariatie per soort)<br>- Grote systeemingrepen om ecologie te ondersteunen<br>Projectdoel: volledige zoet-zoutovergang met bijbehorende habitats en permanente mogelijkheid tot vismigratie |
| Welke factoren van buiten hadden (of zal hebben) een effect op de biodiversiteit? Wat toekomstige ontwikkelingen/factoren moesten meegenomen worden? | - Zeespiegelstijging<br>- Scheepvaartontwikkelingen<br>(Geen driver - Defensie: niet boven water in het schotveld van defensie)<br><br>Niet meegenomen, wel relevant:<br>- Bij lage Rijnafvoeren heeft de Waddenzee ook zoetwater nodig.<br>- Er spelen ook morfologische veranderingen in de Waddenzee. |
| Waren verschillende alternatieven beschouwd? Zo ja welke? | Acht alternatieven beschouwd, drie daarvan in de MER<br>- Dam parallel aan de Afsluitdijk met daarin een gat, volledig leefgebied realiseren (kosten 800 miljoen €)<br>- Huidige vismigratie via huidig complex met extra kleine doorgang en optimaliseren leefgebied<br>Bijplaatsen pompen om zout uit diepe lagen te pompen |

| | |
|---|---|
| Hoe heb je het effect van een maatregel of alternatief in beeld gebracht of voorspeld? | - Studie Witteveen + Bos met verziltingsmodel van Deltares<br>- Onderzoek uitspoeling vis en modellering stroming gevalideerd met metingen<br>- Expert judgement op habitats en productiviteit<br>Aspecten zijn op verschillende detailniveaus meegenomen |
| Hoe werden de verschillende alternatieven met elkaar vergeleken? Hoe was de keuze gemaakt tussen alternatieven gemaakt? | Er is gebruik gemaakt van een kwalitatieve maatlat van Witteveen + Bos, die specifiek is ontwikkeld voor dit project. Deze maatlat meet de compleetheid van een habitat, maar heeft arbitraire schalen. |
| Was er sprake van een compromis met andere functies of doelen? | Compromis met zoutindringing en scheepvaart |
| Als het project nog niet af is … denk je dat het gaat werken … waarom? En hoe is het achteraf geverifieerd dat het gewerkt heeft? Wat is een goed resultaat? | |
| Wat had beter gekund in het proces? Waren er gemiste kansen? Waarom is het niet gelukt om het beter te doen? | |
| Wat ging er goed en wat zou in toekomstige projecten ook terug moeten komen? | PAGW-project, dus biodiversiteit was een uitgangspunt in het project |

| **Project** | **Spiegelwaal bij Nijmegen** |
|---|---|
| Korte beschrijving | Nevengeul (tweezijdig aangetakt)<br>“functie zwemmen toevoegen”<br><br>Onderstrooms aangetakt boven dicht (t.b.v. zwemmen)<br><br>Ruimte voor de Rivier |
| Wat was het beeld van de biodiversiteit in het gebied voor het project? | Biodiversiteit was goed voor het toevoegen van zwemfunctie (korte periode … nevengeul bestond maar twee jaar voordat zwemfunctie toegevoegd)<br><br>Dood hout, jonge vis in lente<br><br>RWZI stroomopwaarts, en bacteria hoog in de rivier dus bij het toevoegen van functie zwemmen moest de nevengeul dicht. |
| Welke studies waren er vooraf gedaan? Onderzoeken, methoden, tools. | Vissentelling onderzoek, chemische meetpunt, waarnemingen van geen blauwalg voor dicht zetten bovenstrooms |
| Wat wilde je bereiken met het project? Welke doelen betreft biodiversiteit waren gesteld? Hoe werden ze gevormd? Welke KRW-doelen waren er in dat gebied? | Blauwalg weg (of beter in balans)<br>Blauwalg protocol 2020<br><br>2 wekelijks gemeten – afgekeurd bij te hoge concentraties |
| Welke factoren van buiten hadden (of zal hebben) een effect op de biodiversiteit? Wat toekomstige ontwikkelingen/factoren moesten meegenomen worden? | Droogte en hitte |
| Waren verschillende alternatieven beschouwd? Zo ja welke? | Gedeeltelijk openzetten<br><br>Nu met zandzakken en platen dichtgezet bovenstrooms<br>Alternatief is aangedreven schuif, zodat er ook controle is over de afvoer |

| | |
|---|---|
| Hoe heb je het effect van een maatregel of alternatief in beeld gebracht of voorspeld? | Voorspelling gedaan op basis van vergelijkbare voorbeeld en expert judgement<br><br>Dit jaar een pilot doen, door niet te sluiten, evt. metingen van blauwalg en bacterie |
| Hoe werden de verschillende alternatieven met elkaar vergeleken? Hoe was de keuze gemaakt tussen alternatieven gemaakt? | |
| Was er sprake van een compromis met andere functies of doelen? | Ja zwemmen en biodiversiteit |
| Als het project nog niet af is … denk je dat het gaat werken … waarom? En hoe is het achteraf geverifieerd dat het gewerkt heeft? Wat is een goed resultaat? | Goed resultaat als KRW de voorkeur krijgt boven functie zwemmen |
| Wat had beter gekund in het proces? Waren er gemiste kansen? Waarom is het niet gelukt om het beter te doen? | Bij ontwerp functie zwemmen meenemen, modelstudie |
| Wat ging er goed en wat zou in toekomstige projecten ook terug moeten komen? | Politieke wil bij Gemeente.<br>Samenwerking RWS-Nijmegen (Gemeente) maar actie om KRW-doelen te handhaven is daar wel van afhankelijk. |

# C Interviews “Lessons learned” zout-zoet overgangen

In (KpNK, 2024l) wordt de functionele prestatie van sluizen behandeld voor zoutbeheer. Zout-zoet overgangen zijn (naast het beperken van de zout indringing) ook van groot belang voor de biodiversiteit. Er zijn namelijk soorten die voor hun reproductie migreren van zout naar zoet (of omgekeerd), en er zijn soorten die leven in brakke omstandigheden. Op diverse plaatsen in Nederland bestaat daarom ook aandacht voor het onderwerp biodiversiteit bij zout-zoet overgangen. In het kader van het onderhavige project zijn 5 interviews gehouden met ervaringsdeskundigen op dit gebied, met als doel om ‘lessons learned’ vanuit verschillende invalshoeken te verzamelen. Voor de interviews is een generieke vragenlijst opgesteld (questionnaire). De onderwerpen die tijdens deze interviews aan de orde kwamen worden onderstaand kort samengevat.

## C.1 Rijkswaterstaat medewerker betrokken bij project Krammer

Voor de Krammersluizen zijn de stroomsnelheden in de vismigratievoorziening vergeleken met de zwemcapaciteit van verschillende gidssoorten – de zwakste zwemmer is gebruikt in de analyse.

Daarbij is alleen gekeken naar de passeerbaarheid van het kunstwerk zelf, in relatie tot de zoutbelasting van het VZM (berekend met WANDA Locks); de effecten op de habitat beneden- en bovenstrooms van het kunstwerk zijn niet opgenomen in de beoordeling van de vismigratievoorziening.

Er ontbreekt ook nog kennis over de gevoeligheid van verschillende soorten vissen voor de zoutgradiënten. Met andere woorden: hoe snel kunnen vissen zich aanpassen aan een ander zoutgehalte, en wat betekent dat voor de benodigde omvang van de zout-zoet overgang.

In het ‘Protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewaterlichamen KRW’ (Rijkswaterstaat, Protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewaterlichamen KRW, 2020) staan de vereisten die voor waterbeheerders gelden bij het monitoren ten behoeve van de bepaling van de ecologische en chemische toestand van oppervlaktewaterlichamen voor de Kaderrichtlijn Water. Op basis daarvan voldoet de huidige status van het Volkerak Zoommeer (VZM) niet aan de KRW doelen (voor zowel Volkerak als voor Zoommeer, Eendracht). (Viewer doelbereik, in concept)
Maar, dat heeft betrekking op de huidige eisen vanuit de KRW. De PAGW geeft een beeld voor hoe in de toekomst de driver “beleid” kan veranderen. Op termijn voldoet VZM dus mogelijk niet meer aan de doelen.

Langs de Oosterschelde bestaat verschillende mogelijkheden om zout-zoet overgangen te creëren. Daarbij is het verstandig om de locaties te kiezen op basis van de vismigratie routes (aanbod van vissen in combinatie met de stroming) en niet alleen kijken naar waar er nu kunstwerken zijn.

Overigens, het is goed om nog eens op te merken dat de zalm wel een Natura 2000 habitatsoort is, maar niet is opgenomen in de KRW leidraad. De achterliggende reden is dat de zalm voor de rivieren in Nederland een passant is, en geen paai- of opgroeihabitat heeft. Daarentegen is zalm natuurlijk wel een relevante icoonsoort voor de belemmering van vismigratie langs kunstwerken.

## C.2 Deltares medewerker betrokken bij PAGW Streefbeelden

PAGW heeft (nog) geen wettelijke status, maar is gericht op het behalen van de doelen vanuit de KRW en Natura-2000 (in 2050, met een doorkijk naar 2100).

Voor het terugbrengen van zout-zoet overgangen is goed inzicht nodig in de balans tussen enerzijds de zoutindringing en anderzijds de zoetwaterbeschikbaarheid (doorspoeling), in relatie tot het benodigde/gewenste areaal met een zout-zoet overgang. Voor een screening kan een 1D-model voldoende zijn; voor een meer gedetailleerde invulling is een 3D model nodig (D-HYDRO).

Met D-Eco Impact kan een vertaling van de (abiotische) zoutgehaltes naar (biotische) ecologie worden gemaakt, zij het dat voor het kwantificeren van de biotische effecten nog behoefte bestaat aan extra kennis en tools.

Bij de (operatie van de) kunstwerken is de afweging tussen visintrek en zoutindringing relevant: hoeveel zoutindringing is acceptabel en wat levert dat op qua visintrek. Kunstwerken zijn vaak gedimensioneerd voor een erg hoge afvoer (waterveiligheid), en dat is meestal ruim voldoende afvoercapaciteit voor peilbeheer voor ecologische doelen. Dit kan anders zijn als een echte getij slag gerealiseerd moet worden (bv. in de Brouwersdam met betrekking tot getij in de Grevelingen).

Het lijkt wat ver gaan om overal in de Zuidwestelijke Delta de zout-zoet overgangen te herstellen, maar er zijn beslist mogelijkheden voor (het herstel van) zout-zoet overgangen op specifieke locaties, zoals bij de Slikken van Flakkee en bij de Bathse spuisluis.

## C.3 Deltares medewerker betrokken bij Haringvliet

In opdracht van Sportvisserij Nederland, heeft Deltares een literatuurstudie uitgevoerd rond het beheer van het Haringvliet. Daarbij is het effect van het openen van de schuiven voor de migratie van trekvissen (door de sluizen) beschouwd, alsmede het effect daarvan op de voedselketen in brak habitat in het Haringvliet zelf.

Het (langer) openen van de schuiven heeft positieve effecten op de vismigratie van trekvissen. Deze verblijven relatief kort in het Haringvliet en trekken verder het zoete watersysteem in.

Voor de soorten die in de brakwater overgangszone leven (en dus in het Haringvliet blijven, en daar ook paaien), zou de brakwater voedselketen hersteld moeten worden. Het is belangrijk om duidelijk te maken dat het ‘zoetspoelen’ van de Haringvliet op gespannen voet staat met het herstel van die voedselketen. Dat geldt ook voor andere zout-zoet overgangen in Nederland.

## C.4 Deltares medewerker betrokken bij Lauwersmeer

Deltares is betrokken bij een project (van Arcadis in opdracht van het Waterschap) rond het beheer van de bestaande kunstwerken bij het Lauwersmeer. Het betrof met name het langer openen van de Clevering spuisluizen, zodat vis naar binnen kan zwemmen (er is al een ‘visvriendelijk’ schutbeheer van de Robbengat schutsluis). In het project is specifiek aandacht besteed aan de opzet van een meetplan in het Lauwersmeer. Daarvoor is ook een numeriek model instrumentarium ontwikkeld (D-HYDRO voor het oppervlaktewater, LHM Modflow model voor het grondwater/kwel en RTC voor de kunstwerken).

Het project richtte zich op de gevolgen voor het zoutgehalte van het Lauwersmeer (monitoring en berekeningen met Delft3D), en minder aan de ecologische gevolgen daarvan. De KRW-doelstelling voor het Lauwersmeer is dat het een lichtbrak meer blijft.

Het project is een mooi voorbeeld van het “Lerend implementeren”: een meetcampagne én modelberekeningen én beleidsdoelen worden onderling verbonden. Daarbij zijn de gesprekken met de diverse stakeholders van groot belang. Biodiversiteit meenemen bij een herinrichting (vanwege andere functies) lijkt goed mogelijk, mits het proces goed wordt ingericht. Een herinrichting opzetten vanwege biodiversiteit kan ook, maar dat vereist wel nog veel meer aandacht voor het meenemen van alle belangen van andere stakeholders.

## C.5 Rijkswaterstaat medewerker betrokken bij PAGW

PAGW Streefbeelden geeft – op een hoog abstractieniveau – richting aan de ontwikkelingen voor heel Nederland, zonder in detail de keuzes te maken voor specifieke locaties. Een van de doelen is het herstellen van zout-zoutovergangen. Er zijn grote veranderingen nodig in het watersysteem om de doelen te halen, waarbij mogelijk ook de bestaande kunstwerken zullen moeten worden aangepast.

Uit ervaring blijkt dat het belangrijk is om vanaf het begin van een project een brede blik te bewaren, en het uiteindelijke doel goed in het oog te houden. Daarbij is het verstandig om vanaf het begin een ecoloog te betrekken in het projectteam om de consequenties van allerlei keuzes voor de biodiversiteit in beeld te houden.

Het Lauwersmeer zou een mogelijke locatie kunnen zijn om een nieuwe zout-zoet overgang te creëren ten behoeve van de biodiversiteit. De kennis en ervaring die daar wordt opgedaan zou ook gebruikt kunnen worden als input voor ontwikkelingen op andere plaatsen in Nederland (en daarbuiten).

Een belangrijke kennisvraag betreft de dynamiek in het systeem: hoeveel dynamiek is wenselijk vanuit het oogpunt van de biodiversiteit en hoeveel dynamiek is acceptabel voor andere functies zoals de scheepvaart, hoogwaterbescherming en waterbeschikbaarheid.

Qua tooling is monitoring van groot belang, met name voor de huidige situatie. Daarnaast is Delft Hydro Suite beschikbaar om berekeningen te maken over de mogelijke gevolgen van maatregelen voor zout en waterkwaliteit. De functionaliteit van D-Eco Impact (om de ecologische gevolgen te berekenen) is nog relatief beperkt; juist voor brakwater bestaat er een kennisleemte die verder ingevuld zou moeten worden.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl