



Het functioneren van het Eems estuarium voor vis: literatuurstudie en meerjarig onderzoeksplan

Auteur(s): Ingrid Tulp ¹, Ben Griffioen ¹, Erwin Winter¹, Bram Couperus ¹, Inge van der Knaap ², Jeroen Huisman ², Klemens Eriksson ³, Donne Mathijssen ^{2,4} en Zwanette Jager ⁵

Wageningen University &
Research rapport C029/24

1 Wageningen Marine Research, 2 Van Hall Larenstein, 3 Rijks Universiteit Groningen, 4 Wageningen Universiteit, 5 Ziltwater Advies

Het functioneren van het Eems estuarium voor vis: literatuurstudie en meerjarig onderzoeksplan

Auteur(s): Ingrid Tulp ¹, Ben Griffioen ¹, Erwin Winter¹, Bram Couperus ¹, Inge van der Knaap ², Jeroen Huisman ², Klemens Eriksson ³, Donne Mathijssen ^{2,4} en Zwanette Jager ⁵

1 Wageningen Marine Research

2 van Hall Larenstein

3 Rijks Universiteit Groningen

4 Wageningen Universiteit

5 Ziltwater Advies

Wageningen Marine Research
IJmuiden, Mei 2024

Wageningen Marine Research rapport C029/24

Keywords: Eems estuarium, vis, ecosysteem functioneren, slib

Opdrachtgever RWS-WVL
T.a.v.: Charlotte Schmidt
Zuiderwagenplein 2
8224 AD Lelystad

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/658456>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Oscar Bos

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut binnen de
rechtspersoon Stichting Wageningen Research,
hierbij vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt
worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V33 (2023)

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	9
2 Kennisvraag	10
3 Methoden	11
3.1 Literatuurstudie	11
3.2 Onderzoeksplan	11
3.2.1 Werkwijze	11
3.2.2 Workshop	11
3.2.3 Input workshop voor breed gedragen onderzoeksplan	12
4 Literatuurstudie vis in het Eems estuarium	13
4.1 Estuaria en vis: randvoorwaarden	13
4.2 Het Eems estuarium: historische ontwikkeling	14
4.2.1 Korte kenschets van inpolderingen en baggerwerkzaamheden	14
4.2.2 Doorwerking vertroebeling op biota	15
4.2.3 Effect van andere relevante factoren op vis	17
4.2.4 Vissoorten en beleidsrichtlijnen	17
4.3 Ontwikkelingen in visfauna in het Eems estuarium	18
4.3.1 Overzicht visgemeenschap	18
4.3.2 Kaderrichtlijn Water (KRW) monitoring en beoordeling	25
4.3.3 Vergelijking Eems estuarium met andere estuaria	26
4.3.4 'Elke vis telt'	34
4.3.5 Studies functioneren intergetijdegebied Eems	35
4.4 Ander (lopend) onderzoek Eems estuarium	36
4.4.1 'Waddentools Swimway'	36
4.4.2 'Eemsvissen in beeld'	36
5.1 Enkele soorten uitgelicht	39
5.1.1 Diadrome soorten	39
5.1.2 Mariene soorten	41
5.2 Voor welke soorten zijn er belemmeringen in het Eems-estuarium?	44
6 Onderzoeksplan vis in Eems estuarium	46
6.1 Vanuit informatiebehoefte naar aanbevelingen	46
6.1.1 Informatiebehoefte	46
6.1.2 Hoe verhoudt de informatiebehoefte zich tot bestaande kennis en monitoringprogramma's?	46
6.2 Onderzoeksplan: aanbevelingen	48
6.2.1 Integrale coördinatie onderzoeken	48
6.2.2 Onderscheid monitoring en onderzoek	48
6.2.3 Traject basismonitoring	49
6.2.4 Benodigde aanvullende monitoring en onderzoek	50

6.2.5 Concretisering en prioritering: een ecosysteemgerichte aanpak	57
7 Kwaliteitsborging	61
Literatuur	62
Verantwoording	66

Samenvatting

Rijkswaterstaat (RWS) maakt zich zorgen over het Eems-Dollardgebied als leefgebied voor vissen. De hoge slibconcentratie in het water, de hoge slibdepositie in het centrale en zuidelijke deel, de vaargeulverdiepingen en de weinig-natuurlijke land-water-overgangen hebben mogelijk geleid tot suboptimale levensomstandigheden voor verschillende vissoorten. Het verminderen van het slibgehalte en de verbetering van de habitatkwaliteit worden gezien als mogelijke oplossingen. Daarnaast zijn er ook wettelijke opgaven vanuit Natura2000 en de Kaderrichtlijn Water voor het behalen van bepaalde beleidsdoelen voor vis.

RWS heeft behoefte aan een kennisprogramma over vis in het Eems estuarium in relatie tot de slibproblematiek en maar ook breder in relatie tot het functioneren van het estuarium. In de afgelopen jaren is er vooral ingezet op veelal kortlopende onderzoeksprojecten waarbij ingespeeld werd op actuele ontwikkelingen en voortkomen uit bilaterale contacten tussen beheerders en onderzoekers. Een bredere visie met een langetermijn aanpak biedt aanknopingspunten om het onderzoek strategischer en doeltreffender vorm te geven en beter aan te laten sluiten bij het beheer.

Wageningen Marine Research (WMR) is gevraagd om een langere termijnplan te maken met draagvlak onder regionale beheerders en deskundigen, gericht op het functioneren van het huidige systeem voor vis, de invloed van verhoogde slibconcentraties op verschillende vissoorten, en mogelijke (inrichtings)maatregelen ter verbetering.

Gestart is met een literatuurstudie naar het voorkomen van verschillende vissoorten in het estuarium en hun habitatvereisten, het gebruik van het gebied (zoals paai, voedsel, opgroei, doortrek), en eventuele knelpunten in (delen van) het Eems estuarium. Op basis van literatuur en expertoordelen is tevens een shortlist opgesteld van vissoorten die potentieel in het gebied kunnen voorkomen. Alle vissoortgroepen zijn hierin meegenomen, waaronder kinderkamersoorten, residente soorten, diadrome soorten, en zowel bodemgebonden als pelagische vis. Aan de hand van de geïdentificeerde kennislacunes is een breed ecosysteemgericht onderzoek gesuggereerd. Het onderzoeksplan beoogt deze kennislacunes in te vullen, met als doel het begrip van het functioneren van het Eems-Dollard estuarium voor vis te verbeteren en passende verbetermaatregelen te vinden.

Literatuurstudie

Natuurlijk goed functionerende estuaria worden gekenmerkt door een trechtervormige riviermonding, menging van zoet en zout water, getijverschillen, hoogproductieve voedselrijke omgevingen, sedimentgradiënten, variatie in dynamiek en habitats, aanwezigheid van structuurvormende elementen en goede waterkwaliteit. Estuaria bestaan uit een mozaïek van ecotopen, variërend van watervlaktes en geulen tot droogvallende platen, mossel- en kokkelbanken, zeegrasvelden en natuurlijke landwaterovergangen met schorren/natuurlijke kwelders. De afmetingen en dynamiek van een estuarium bepalen het functioneren en het voorkomen van verschillende habitats. Estuaria zijn cruciale gebieden voor jonge vissen vanwege gunstige foerageermogelijkheden, beschutting tegen predatie en een diversiteit aan habitats. Hoewel minder soortenrijk dan rivieren of open zeeën, zijn estuaria essentieel voor soorten die aangepast zijn aan de dynamische omgeving. Factoren zoals zoet-zout gradiënten, zuurstofgehalte, temperatuur en natuurlijke landwaterovergangen bepalen de geschiktheid van een estuarium als paai-, opgroeiplaats of doortrekgebied voor trekvis. Sommige soorten vereisen specifieke omgevingsomstandigheden (water en habitat) voor elk levensstadium.

Het Eems-estuarium, onderhevig aan zowel natuurlijke processen als menselijke ingrepen, vertoont significante veranderingen in morfologie door baggerwerkzaamheden en landaanwinning. Dit heeft geleid tot grotendeels onnatuurlijke landwaterovergangen, toegenomen zwevend-stofslibconcentraties in een groot deel van het estuarium en zuurstoftekorten in de Eemsrivier, met negatieve gevolgen voor habitatdiversiteit, voedselbeschikbaarheid en migratiepatronen van vissen. Troebel water

belemmert foerageersucces en zuurstoftekorten leiden tot fysiologische stress bij vissen. Daarnaast beïnvloeden habitatveranderingen, temperatuurstijgingen en connectiviteitsproblemen de vispopulaties in het estuarium. Veranderingen in hydrodynamiek kunnen migratie en paaisucces van vissen beïnvloeden, terwijl temperatuurstijgingen de voedselbeschikbaarheid, conditie en groei en daarmee de overleving beïnvloeden. Begrip van deze complexe interacties is cruciaal voor het beheer van het Eems-estuarium en de daar levende vispopulaties.

De visgemeenschap in het Eems estuarium wordt gemonitord in verschillende surveys, waaronder de jaarlijkse Demersal Fish Survey (DFS) en de halfjaarlijkse ankerkuilsurvey. De DFS richt zich voornamelijk op het vangen van jonge platvis, kleinere residente vissoorten en garnalen in het geheel estuarium, terwijl de ankerkuilsurvey wordt uitgevoerd op drie locaties in het estuarium waarbij de vispopulatie in verschillende zoutwaterzones en over de hele waterkolom wordt gemonitord. Aan de hand van monitoringsgegevens en andere onderzoeksprogramma's is een overzicht gegeven van het voorkomen van verschillende vissoorten in het Eems estuarium. Vergelijkingen tussen het Eems estuarium en andere (nog open) estuaria, zoals de Westerschelde en de Duitse estuaria Elbe en Weser geven inzicht in verschillen in soortensamenstelling, trefkansen en trends van vispopulaties. Op basis hiervan is een lijst samengesteld van soorten waarop het onderzoeksprogramma zich zou moeten richten. Hieronder vallen soorten die kenmerkend zijn voor estuaria, waarvoor aanwijsbare oorzaken zijn voor bepaalde trends, soorten waarvoor het Eems-estuarium nu niet goed functioneert en soorten die voor het paaien afhankelijk zijn van gezonde estuaria.

Onderzoeksplan

Op basis van de bevindingen uit de literatuurstudie en de informatiebehoefte is in het tweede deel van het rapport een onderzoeksplan gepresenteerd.

RWS heeft de informatiebehoefte met betrekking tot het functioneren van het Eems-Dollard estuarium voor vis als volgt gedefinieerd:

1. Welke soort(groep)en maken gebruik van het systeem?
2. Welke soorten 'zouden moeten voorkomen' in een natuurlijk functionerend estuarium?
3. Hoe functioneert het huidige systeem voor verschillende vissoorten?
4. Voor welke soorten zijn de verhoogde slibconcentraties een probleem?
5. Welke maatregelen kunnen genomen worden om het functioneren van het Eems-Dollard estuarium voor vis te verbeteren?

Deze informatiebehoefte vormde het uitgangspunt voor de formulering van het onderzoeksplan. Hierbij was de aanpak analoog aan het proces rondom de Basismonitoring Waddenzee, waarbij vanuit de beleidsopgaven (N2000 en KRW) vastgelegd in het beheerplan Waddenzee de beleidsdoelen vertaald zijn naar meetbare indicatoren en bijbehorende meetparameters.

Als eerste stap is de informatiebehoefte uitgedrukt in meetbare omschrijvingen en indicatoren die nodig zijn om de vragen te beantwoorden. In stap twee is een overzicht gemaakt van lopende monitoring- en onderzoeksactiviteiten, die vervolgens zijn geconfronteerd met de informatiebehoefte om na te gaan of en hoe goed die momenteel worden geadresseerd. Hieruit volgt een set van kennislacunes die zijn uitgewerkt in een aanvullend programma van meetactiviteiten en ondersteunend onderzoek.

In dit kennisprogramma wordt een geïntegreerde ecosysteemgerichte aanpak voor monitoring en onderzoek voorgesteld om een volledig beeld te krijgen van de vispopulaties in het Eems estuarium en de factoren die het functioneren van het systeem voor vis beïnvloeden. Hieronder schetsen we wat voor aanvullende monitoring/onderzoek nodig is voor de vragen specifiek voor het Eems estuarium en de relatie met de slibproblematiek aan de hand van drie verschillende informatie-aspecten.

Aantallen, trends en verspreiding

De soort(groepen) die niet goed zijn afgedekt in de huidige monitoring zijn grote snelzwemmende vis, trekvissoorten en kleine diadrome vis, omdat de gebruikte technieken niet geschikt zijn of omdat de timing niet aansluit bij het voorkomen. Om het hele spectrum van soorten goed af te dekken is een combinatie van methodieken nodig. Ook geven de huidige monitoringlocaties niet een jaarrond beeld. Omdat soorten specifieke doortrekperiodes hebben, piekperiodes soms erg kort duren, klimaatverandering vaak tot verschuivingen leidt in de timing en er in bepaalde belangrijke periodes (zoals broedperiode sterns) is het nodig om maandelijks (of voor sommige doelen nog vaker) te monitoren. Een combinatie van methoden is nodig om alle soorten adequaat te monitoren.

Geïntegreerde en gevarieerde monitoringmethoden zijn cruciaal voor een beter begrip van sturende factoren voor vispopulaties en hun habitatgebruik in het estuarium. De huidige bemonsteringen bieden slechts een beperkt beeld van visaantallen en ruimtelijk gebruik in het estuarium. Met name vanwege de specifieke slibgerelateerde vragen moeten metingen in gebieden met hoge slibbelasting geïntensiveerd worden. Aanvullende methoden zoals telemetrie, akoestische methoden en microchemistry aan otolieten kunnen helpen bij het volgen van visgedrag en migratiepatronen. Een goede afstemming met vogelonderzoek, vooral met betrekking tot voedselvoorziening in de broedtijd, is belangrijk. Ruimtelijke dekking van monitoringpunten moet verbeterd worden, vooral in gebieden met hoge slibbelasting zoals de Dollard.

Demografische indicatoren

De analyse van demografische indicatoren zoals groei, overleving en reproductie is essentieel voor het begrijpen van populatiedynamica. Vanwege de migratie van vissen tussen verschillende habitats en levensstadia binnen het estuarium en daarbuiten is dit complex. Afgeleiden van deze indicatoren, zoals lengte of leeftijdsverdeling per soort, geven enig inzicht in het functioneren van het gebied. Beschikbare monitoringdata zijn echter nog niet volledig benut voor dit soort analyses. Een uitgebreidere analyse van deze data geeft meer duidelijkheid over het functioneren van het gebied voor specifieke soorten.

Voor de Waddenzee als geheel, inclusief het Eems-estuarium, ontbreekt informatie over jonge levensstadia zoals eieren en larven. Dit is vooral relevant voor residente soorten en soorten die in het gebied paaien. Het monitoren van eieren en larven kan worden uitgevoerd met fijnmazige netten of structuren waarop eieren worden afgezet.

De jaarlijkse aanwas aan het eind van de zomer wordt gebruikt als maat voor de recrutering van kinderkamersoorten. Groeisnelheid kan worden gevolgd door de gemiddelde lengte van vis door het seizoen te volgen, maar door migratie kunnen beide signalen verstoord worden. Een alternatief is de inzet van energetische modellen (DEB) waarbij het verschil tussen gerealiseerde groei en optimale groei inzicht biedt in de kwaliteit van het opgroei gebied.

Om de functie van het gebied beter te begrijpen en bijvoorbeeld vast te stellen of het gebied dienstdoet als paaigebied, is het noodzakelijk behalve soorten, aantallen en lengtes ook informatie te verzamelen over bijvoorbeeld geslachtsrijpheid en conditie. Waarnemingen van paaiactiviteit is het meest directe bewijs, maar dat is voor veel soorten lastig vast te stellen. Paaistadium kan bepaald worden bij vissen die tijdens de reguliere monitoring gevangen worden.

Visserijsterfte (inclusief bijvangst) wordt niet goed geregistreerd in het Eems-estuarium. Predatiedruk kan worden geschat door middel van tellingen van vogels en zeezoogdieren. Voor het identificeren van predatoren kan telemetrie met predatietags worden ingezet.

Kwaliteit van het leefgebied

Het onderwaterhabitat speelt een cruciale rol voor verschillende vissoorten met voor elke soort specifieke habitatvereisten voor hun levensstadia. De kwaliteit van alle verschillende habitats als leefgebied zoals geulen, prielen, wadplaten, schelpdierbanken en kwelders in het Eems-estuarium wordt beïnvloed door diverse abiotische en biotische factoren, zoals temperatuur, zuurstofniveaus, stroomsnelheid, voedselbeschikbaarheid en predatiedruk. Statistische analyses van abiotische

omstandigheden in relatie tot visvoorkomen kunnen mogelijke knelpunten in de levenscyclus van vissoorten identificeren. Daarvoor zijn al veel gegevens beschikbaar die nog maar zeer ten dele zijn gebruikt. Voedselbeschikbaarheid, zowel in de bodemfauna als in de waterkolom, is een belangrijk aspect van het leefgebied. Het monitoren van voedselaanbod en voedselwebanalyses kunnen inzicht bieden in voedselrelaties en de bijdrage van lokale primaire productie zowel door fytoplankton, macrofytobenthos, als kweldervegetatie. Onderzoek naar habitatgebruik en migratiepatronen kan worden ondersteund met de inzet van trackingmethoden, passieve akoestische methoden en fjnjschalige monitoring.

De hoge slibbelasting in het Eems estuarium is een belangrijk abiotisch kenmerk. Meer onderzoek naar de relatie tussen slibbelasting en vispopulaties, zowel via monitoring als experimenten, is van belang. Experimenten in een gecontroleerde setting geven inzicht in de effecten van slibconcentraties op visgedrag en voedselopname.

Daarnaast kunnen vergelijkingen met andere estuaria, zoals de Duitse estuaria en de Westerschelde, geven inzicht in het functioneren van het Eems estuarium.

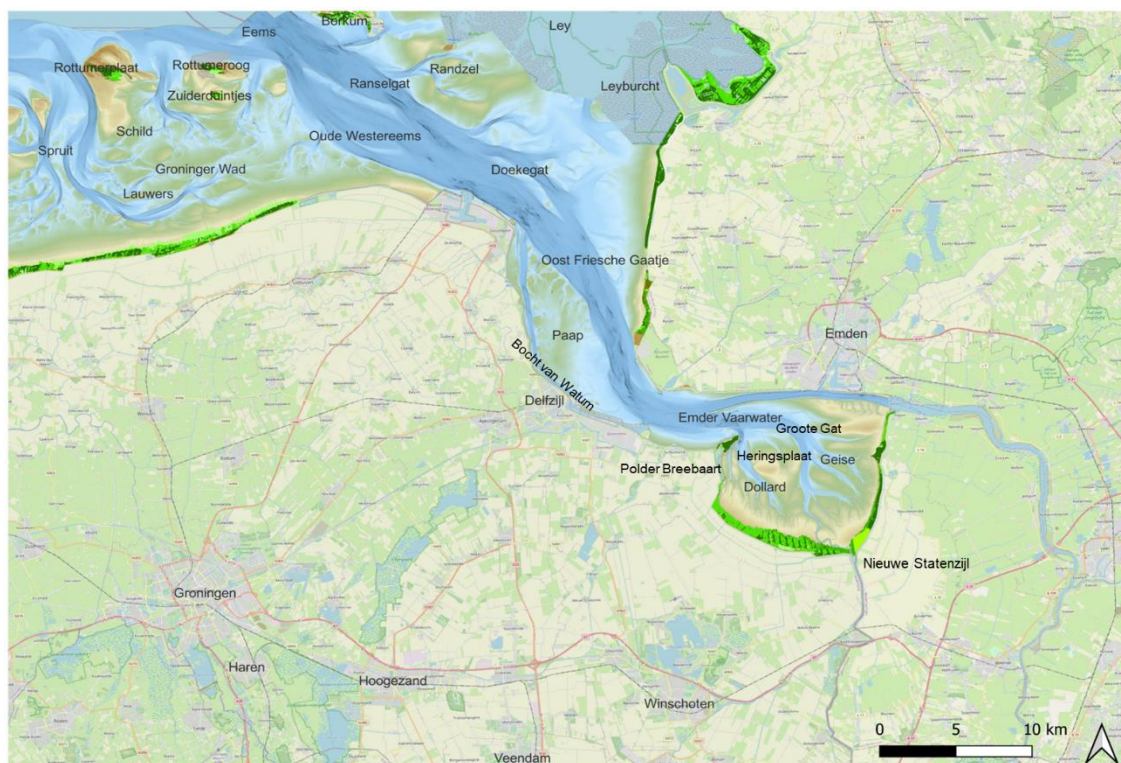
Concretisering en prioritering: een ecosteemgerichte aanpak

Uitgaande van de informatiebehoefte is in hoofdstuk 6 een breed onderzoeksplan beschreven bestaande uit verschillende onderdelen. Om tot een prioritering te komen van het voorgestelde onderzoek is het raadzaam in te zetten op een op het hele ecosysteem gericht adaptief onderzoeks- en monitoringsprogramma. Dus niet alleen soortgericht onderzoek, maar onderzoek aan vis en zijn omgeving, waarbij opgedane kennis meteen omgezet wordt in beheeracties dat vervolgens weer geëvalueerd wordt op effectiviteit. Voortschrijdend inzicht en bevindingen uit het onderzoek kunnen dan direct gekoppeld worden aan stappen in beheer. Van groot belang daarbij is dat de coördinatie van het onderzoeksprogramma gezamenlijk door de beheerders plaatsvindt zodat krachten, initiatieven en budgetten van beheerders gebundeld worden. Prioritering moet in onderling overleg plaatsvinden waarbij een set van criteria gehanteerd wordt zoals logistieke haalbaarheid, kennisopbrengst ten opzichte van de inzet in tijd en geld, gericht op specifieke kenmerkende soorten, habitats of functies, aansluitend aan bestaande (of aflopende) initiatieven.

1 Inleiding

Voor het Eems estuarium gelden wettelijke opgaven vanuit Natura2000 en de Kaderrichtlijn Water voor het behalen van bepaalde beleidsdoelen voor vis. Vanwege het hoge slibgehalte maakt Rijkswaterstaat (RWS) zich zorgen over het functioneren van het Eems estuarium in het algemeen en daarmee ook als leefgebied voor vissen en het halen van de gestelde beleidsdoelen. Met name het centrale en zuidelijke deel hebben te maken met sterk verhoogde slibconcentraties. Als het functioneren van het systeem wordt belemmerd, kan dit leiden tot suboptimale levensomstandigheden voor vissen in allerlei levensstadia, zowel voor dieren die het gebied gebruiken om op te groeien, er permanent verblijven of er doorheen trekken. De verwachting is dat het functioneren van het systeem zal verbeteren als het lukt om het slibgehalte terug te dringen (inclusief doorwerking daarvan op het hele abiotische milieu), waardoor naar verwachting de algenproductie toeneemt en leefomstandigheden voor bodemdieren, vissen en vogels verbeteren.

Naast het hoge slibgehalte, onder andere als gevolg van het verdiepen van de vaargeul baren ook mogelijke toekomstige activiteiten, als verdiepingen met hogere slibdepositie tot gevolg, zorgen. Beroepsvisserij meldt dat door de storting van slib in het Groote Gat, in het midden van de Dollard, door Groningen Seaports vissoorten als spiering het gebied lijken te mijden. In het kader van ED2050 zijn er al veel studies uitgevoerd, waarbij de nadruk tot nu toe gelegen heeft op de abiotische omstandigheden en de basis van het voedselweb (algen, bodemfauna). De hogere niveaus zoals vissen en vogels zijn tot nu toe minder belicht. In twee recente studies (Couperus *et al.* 2022; Tulp *et al.* 2022b) uitgevoerd in 2022/2023, is de functie van het gebied als foerageergebied en opgroeigebied voor kinderkamersoorten nader onderzocht. Uit deze studies kwamen een aantal aanbevelingen naar voren. De belangrijkste daarvan is dat het functioneren van het Eems estuarium voor vis breder onderzocht moet worden om vast te kunnen stellen waar de knelpunten liggen en waar mogelijke maatregelen genomen kunnen worden. Daarbij is een vergelijking met andere estuaria in binnen- en buitenland (bv Westerschelde, Elbe, Jade, Weser) onontbeerlijk.



Figuur 1. Kaart van het Eems estuarium.

2 Kennisvraag

RWS heeft de wens om tot een breed en langjarig kennisprogramma te komen omtrent vis in het Eems estuarium in relatie tot de slibproblematiek, maar ook breder in relatie tot het functioneren van het estuarium. In de afgelopen jaren is er vooral ingezet op veelal kortlopende onderzoeksprojecten inspelend op actuele ontwikkelingen en voortkomend uit bilaterale contacten tussen beheerders en onderzoekers. Een bredere visie met een langetermijn aanpak biedt aanknopingspunten om het onderzoek strategischer en doeltreffender vorm te geven en beter aan te laten sluiten bij het beheer.

Wageningen Marine Research (WMR) is gevraagd om een plan te maken voor een dergelijke aanpak met betrekking tot vis, gericht op de volgende informatiebehoefte:

- welke soort(groep)en maken gebruik van het systeem en welke soorten zouden in principe moeten/kunnen voorkomen in een natuurlijk functionerend estuarium?
- hoe functioneert het huidige systeem voor verschillende vissoorten?
- voor welke soorten zijn de verhoogde slibconcentraties een probleem?
- welke maatregelen kunnen genomen worden om het functioneren van het Eems estuarium voor vis te verbeteren?

In dit project is beoogd om in een gefaseerde opzet te komen tot een gedegen en een breed gedragen onderzoeksvoorstel. De daarbij onderscheiden stappen zijn:

1. Literatuurstudie: op basis van literatuur en expert judgement is een shortlist van een soortenlijst van vissoorten opgesteld die (in principe) in het gebied (zouden kunnen) voorkomen. Op basis van de eigenschappen van die soorten is beredeneerd voor welke soorten het gebied nu niet goed functioneert en wat de beperkende factoren zouden kunnen zijn. Hierbij gaat het om alle vissoortgroepen (gildes): kinderkamersoorten, residente soorten, diadrome soorten en zowel bodemgebonden als pelagische vis. Op basis van deze literatuurstudie is vervolgens ingezoomd op een afgebakende selectie van onderwerpen waarop het kennisprogramma zich zou moeten richten. De literatuurstudie omvat dus een evaluatie van het voorkomen van verschillende vissoorten in het estuarium, voor zover bekend de habitatvereisten van verschillende soorten, het gebruik van het gebied (bv paai, voedsel, opgroei, doortrek) en (indien bekend) mogelijke knelpunten in (delen van) het Eems estuarium. Hierbij zijn geen nieuwe analyses uitgevoerd maar wel gepubliceerde resultaten van bestaande studies meegenomen.
2. Op basis hiervan is een eerste opzet gemaakt van mogelijke onderdelen van een kennisprogramma dat de komende jaren verder ingevuld kan worden en waarbij het oplossen van belangrijke kennishiaten leidend zal zijn.
3. Vervolgens is dit voorgestelde kennisprogramma voorgelegd aan een breder forum van visexperts (van Hall Larenstein, NIOZ, RUG, WMR, Bioconsult) in de vorm van een workshop. Hierbij waren ook NGO's uitgenodigd om te zorgen dat zij aangehaakt zijn. Ideeën uit deze workshop zijn vervolgens gebruikt om het kennisprogramma verder in te vullen en uit te werken.

3 Methoden

3.1 Literatuurstudie

In de literatuurstudie zijn een aantal bronnen meegenomen:

- Overzicht literatuur over werking estuaria voor vis
- Overzicht recente en eerder uitgevoerde studies in het Eems estuarium (wetenschappelijke en grijze literatuur). Hierbij is gefocust op trends in aantallen en andere ontwikkelingen op basis van langlopende monitoringreeksen en kortdurende onderzoeken
- Studies in andere estuaria

Naast een overzicht van de bestaande literatuur zijn er nog enkele aanvullende analyses uitgevoerd op beschikbare data van monitoringprogramma's in het Eems estuarium en elders in de Waddenzee en andere estuaria.

3.2 Onderzoeksplan

3.2.1 Werkwijze

De informatiebehoefte vanuit RWS vormde het uitgangspunt voor de formulering van het onderzoeksplan. Omdat dit proces veel parallellen vertoont met de fasering die gebruikt is bij het opstellen van het Analysedocument Basismonitoring Vis is in grote lijnen de fasering gevolgd die ook wordt gebruikt in dat traject (Tulp & Baptist 2020). Als eerste stap is de informatiebehoefte geïnventariseerd en uitgedrukt in meetbare omschrijvingen en indicatoren (tabel 2 in hoofdstuk 5). In stap twee is een overzicht gemaakt van lopende monitoring- en onderzoeksactiviteiten, die vervolgens zijn geconfronteerd met de onderzoeksvragen om na te gaan of en hoe goed die momenteel worden geadresseerd. Op basis van deze keuze en de confrontatie worden lacunes benoemd, die leiden tot aanbevelingen in de vorm van een schets van een programma van meetactiviteiten en ondersteunend onderzoek. De analyse is gebaseerd op documenten en rapportages over de huidige programma's en kennis over lopend visonderzoek in het Eems estuarium.

3.2.2 Workshop

Op 8 november is in het provinciehuis Groningen een workshop gehouden met als doel om ideeën op te halen voor onderzoek om aan de informatiebehoefte van RWS te voldoen.

Charlotte Schmidt hield een inleiding over de achtergrond en historie van het Eems estuarium. Vervolgens gaf WMR een overzicht van het functioneren van het gebied aan de hand van recente en minder recente studies.

In de workshop is na de inleiding met vooral achtergrondinformatie, in drie groepen gediscussieerd over welke onderwerpen aan de orde zouden moeten komen in een onderzoeksplan voor vis in het Eems estuarium. Leidend hierbij was de informatiebehoefte vanuit RWS (zie hoofdstuk 2).

Uitgenodigde deelnemers aan de workshop waren:

Charlotte Schmidt (RWS)	Klemens Eriksson (RUG)
Floris van Bentum (RWS)	Anieke van Leeuwen (NIOZ)
Suzan van Lieshout (RWS)	Jeroen Huisman (van Hall/WUR)
Mervyn Roos (RWS)	Peter Paul Schollema, (Waterschap Hunze en Aa's)
Allix Brenninkmeier (Provincie Groningen)	Jurre Kerkhof (visser)
Erwin Winter (WMR)	Jörg Scholle (Bioconsult)
Bram Couperus (WMR)	Katja Philippart (Waddenacademie)
Ben Griffioen (WMR)	Donné Mathijssen (van Hall/WUR)
Zwanette Jager (ZiltWater Advies)	

Erwin Winter was afwezig maar had van tevoren input gegeven, Jeroen Huisman en Peter Paul Schollema en Jörg Scholle waren afwezig.

Twee weken na de workshop is nog een extra overleg ingelast om de al ontwikkelde plannen voor de korte termijn door Provincie Groningen (Allix Brenninkmeier) en van Hall (Jeroen Huisman) af te stemmen.

3.2.3 Input workshop voor breed gedragen onderzoeksplan

Naar aanleiding van de input vanuit de workshop is een eerste versie van het onderzoeksplan geschreven waarin de aangedragen voorstellen zijn verwerkt. De opzet voor het onderzoeksplan is in februari 2024 rondgestuurd voor commentaar en aanvullingen. Daarbij zijn ook nog een aantal overleggen gevoerd met betrokkenen en RWS. Na verwerking van het commentaar is een eindversie gemaakt (hoofdstuk 5).

4 Literatuurstudie vis in het Eems estuarium

4.1 Estuaria en vis: randvoorwaarden

Natuurlijk goed functionerende estuaria hebben een aantal kenmerken. Deze kenmerken worden in een aantal reviews uitgebreid beschreven: (Elliott & McLusky 2002; Potter *et al.* 2010; Mikhailov & Gorin 2012; Syvitski *et al.* 2022). Kenmerken die vaak genoemd worden zijn:

- Trechtervormige riviermonding
- Vrije aanvoer vanuit zoet water uit de rivier en vanuit zout water vanuit zee: menging van zoet en zout water
- Getijverschil (gering: microtidal, matig: mesotidal, of groot: macrotidal. Het Eems estuarium heeft een matig getijverschil, ca. 3,5 m achterin de Dollard).
- Veel voedsel: hoogproductief door combinatie van ondiepte en relatief warm water en aanvoer van nutriënten uit rivier
- Gradiënt in sediment van grof buiten naar fijn sediment binnen
- Veel schuilmogelijkheden
- Variatie in dynamiek en doorzicht
- Afwisseling van habitats: slikken, platen, kwelders, geulen en kreken
- Aanwezigheid van structuurvormende elementen, zeegras, schelpdierbanken, schelpkokerworm
- Goede waterkwaliteit (zowel chemisch als ecologisch: geen belasting met afvalstoffen, en voldoende zuurstofgehalte)

Een estuarium in gematigde gebieden bestaat uit een mozaïek van verschillende ecotopen zoals watervlaktes en geulen, bij eb droogvallende, hoge en lage, zandige en slibrijke platen, mosselbanken, kokkelbanken en zeegras- en ruppiavelden. De afmetingen van en de mate van dynamiek in een estuarium bepalen ook mede het functioneren. Die combinatie bepaalt bijvoorbeeld het voorkomen van eilanden en de oppervlakte van verschillende soorten habitats zoals intergetijdegebieden en kwelders.

Dit wordt goed geïllustreerd met een vergelijking van de enige twee Nederlandse overgebleven estuaria; Westerschelde en Eems estuarium op een aantal aspecten. Zo is in de Westerschelde het getijvolume veel groter, met relatief veel dynamiek, en veel intergetijdegebied en kwelders ten opzichte van de totale oppervlakte en veel eilanden. Voormalige estuaria zijn: Haringvliet, Grevelingen, Oosterschelde, Lauwerszee en Zuiderzee.

Nabijgelegen estuaria in het buitenland die vergelijkingsmateriaal bieden voor het Eems-estuarium zijn: Jade, Weser, Elbe in Duitsland en Gironde, Loire, Seine, Rance (St Malo) in Frankrijk en Severn, Thames en de Wash in het Verenigd Koninkrijk. Maar estuaria houden hun eigen kenmerkende eigenschappen wat ook wel duidelijk wordt uit twee algemene constatering van een studie waarin allerlei abiotische aspecten van Nederlandse en buitenlandse estuaria zijn vergeleken (Baptist *et al.* 2007):

- er is geen algemene regel voor de verhouding diepe/ondiepe delen
- er is ook geen vaste verhouding tussen hoogdynamische en laagdynamische delen in estuaria.

Hiervoor is de dynamiek te afhankelijk van de vorm en ligging van het estuarium ten opzichte van heersende wind en golfcondities.

Estuaria zijn onder andere belangrijk voor jonge vissen en bieden foerageermogelijkheden, schuilmogelijkheden en een mozaïek van diepte en habitats die geschikt zijn voor een verscheidenheid aan levensfasen (Dahlgren & Eggleston 2000; Peterson 2003; Nagelkerken *et al.* 2015). Jonge vissen moeten habitats opzoeken waar ze het beste kunnen opgroeien en de minste kans hebben om te worden opgegeten (Nagelkerken *et al.* 2015). Behalve als opgroeigebied hebben estuaria ook een rol als paaigebied of als doortrekgebied voor trekvis op weg van en naar hun paaigebieden. Over het algemeen is de soortenrijkdom van vissen lager dan die verblijven in de aangrenzende rivier of open zee. Dat komt omdat estuaria zeer dynamische ecosystemen zijn en relatief weinig vissoorten in staat zijn om om te gaan met de grote variatie in omgevingsfactoren (Whitfield & Elliott 2002; Whitfield & Harrison 2021). Voor de specifiek aan de dynamische leefomgevingen aangepaste soorten zijn estuaria van groot belang. Hoewel het aantal soorten dat langere tijd verblijft in een estuarium relatief laag is, is het aantal vissoorten dat estuaria passeert wel erg groot: zowel zoet- als zoutwater vissen zwemmen er doorheen.

Of een estuarium alle functies kan vervullen, hangt van een groot aantal factoren af. Voor vissen zijn zoet-zout gradiënten, zuurstofgehalte, temperatuur, doorzicht en de aanwezigheid van geschikt habitat voor functies als paaïen en schuilen essentieel. Voor sommige soorten geldt dat tegelijkertijd aan meerdere voorwaarden voldaan moet worden. Zo heeft bijvoorbeeld de fint naast een goed bereikbare stroomopwaarts gelegen paaïplek (in de vorm van grindbeddingen in de benedenloop, of zoals in de Schelde en Weser in het brakwatergetijdgebied) onder invloed van (zoetwater)getijde ook geschikte opgroeiplekken in ondiepere nevengeulen en zijarmen voor de larven nodig voor hun ontwikkeling (Breine *et al.* 2017). Voor een levensvatbare lokale populatie moet aan de voorwaarden voor elk levensstadium voldaan worden.

4.2 Het Eems estuarium: historische ontwikkeling

4.2.1 Korte kenschets van inpolderingen en baggerwerkzaamheden

Het Eems estuarium heeft al sinds de middeleeuwen drastische veranderingen ondergaan door natuurlijke processen en menselijke beïnvloeding. Dit leidde tot een enorme uitbreiding van overstroomde gebieden door stormvloed in de 13e tot 16e eeuw en opeenvolgende terugpolderingen tussen 1550 en 2005 (polder Breebaart). De getijslag werd door uitgevoerde hydromorfologische werken (Herrling & Niemeyer 2007) groter. Door de inpolderingen gingen er grote arealen sedimentatiegebieden verloren.

In 1707 werd de eerste sluis nabij Nieuwe Statenzijl aangelegd om het (slibrijke brakke) water te scheiden van het zoete Westerwoldse Aa-water. Tussen 1900 en 1928 werd in de Eems-rivier de stuw bij Herbrum gebouwd en werden meanders afgesneden, waardoor de rivierlengte tussen Herbrum en Leer met 15% afnam. Omstreeks 1950 werden omvangrijke onderhoudsbaggerwerkzaamheden gestart om de vaargeuldiepte bovenstrooms van Emden te vergroten, waardoor de baggervolumes begin jaren '70 sterk toenamen. Na de vaargeulverdieping van 1984/1985 zakten de onderhoudsbaggervolumes tijdelijk, om daarna bij verdere verdiepingen verder te stijgen. In 2003 werd de stuw bij Gandersum aangelegd (Scholle & Schuchardt 2012).

Wat betreft baggeren wordt er onderscheid gemaakt tussen initieel baggeren (om een vaargeul op een structureel grotere diepte te brengen), en onderhoudsbaggeren (om de vaargeul op de nieuwe diepte te houden). In verschillende perioden is er in verschillende delen van het estuarium gebaggerd om de vaargeul te verdiepen, recent nog (2017-2018) voor de verdieping van de vaargeul Noordzee-Eemshaven (van 15 m naar 16.1 m). Een recente samenvatting van de ecologische effecten van baggeren en verspreiden van slib op het Eems estuarium is te vinden in Dankers (2022).

Landaanwinningswerken in de Dollard en vaargeulverdiepingen tot aan Papenburg hebben in het Eems estuarium geleid tot morfologische aanpassingen met een lange responstijd: zoals sedimentatie op het Eemshornwad in de buiten Eems, sedimentatie in de Bocht van Watum in het middendeel van het

estuarium, verdieping van het Oost-Friesche Gaatje (tegenwoordig de hoofdvaargeul van Emden naar de Noordzee).

De inpolderingen en de morfologische aanpassingen hebben geleid tot een toename van de zwevende-stofconcentraties (*suspended sediment concentration* SSC) in de Eems-rivier, in het middengebied (rond Hond-Paap) en in de Dollard. Het slibgehalte in het estuarium laat daarbij langjarige (en grootschalige) fluctuaties zien met relatief hoge SSC in de periode 2004-2012, in de Dollard neemt SSC over de periode 1990-2020 trendmatig toe. De grootste toename is al voor de 1990 opgetreden, sinds 1950. Het slibgehalte van de toplaag van Heringsplaat in de Dollard is toegenomen sinds 1970. Dit alles heeft ook geleid tot een toegenomen getijslag (hoogteverschil tussen laag- en hoogwaterstand) in het Eems estuarium, vooral bovenstrooms, toegenomen stroomsnelheden in de geulen en toegenomen slibconcentratie.

Behalve landaanwinning en vaargeulverdiepingen was er tot 2020 sprake van zand- en schelpenwinning en gaswinning (vanuit gaslocatie Bierum met boringen onder de Eems) met een voorspelde bodemdaling van ca. 20 cm tot 2050. Verspreidingslocaties en baggervolumes zijn gedocumenteerd (www.eemsdollard2050.nl).

4.2.2 Doorwerking vertroebeling op biota

Troebelheid wordt vaak uitgedrukt in zichtdiepte, en wordt in belangrijke mate bepaald door de fijnste fractie van zwevend stof. Zwevend stof wordt meestal uitgedrukt in mg/l of ppm, en is alleen een maat voor het totale gewicht aan deeltjes. Het in suspensie brengen van gelijke gewichtshoeveelheden fijn zand en slib resulteert in een heel verschillende troebelheid. Beide parameters hebben effect op verschillende biologische processen. Troebelheid beïnvloedt processen die afhankelijk zijn van de lichtcondities. Zwevend-stofconcentratie en met name de fractie van de anorganische grotere deeltjes kan directe gevolgen hebben voor vissen (Kjelland *et al.* 2015). vertroebeling van het water kan doorwerken op het functioneren van diverse vissoorten, met name voor zichtjagers. Er zijn verschillende mogelijke mechanismen waardoor de verhoogde slibniveaus en de troebelheid de functie voor vissen kunnen beïnvloeden. Zowel directe als indirecte effecten van troebelheid en de concentratie zwevende stof in het water kunnen van invloed zijn op het functioneren van vissen.

Doorzicht

Het doorzicht werkt door via het foerageersucces van (met name pelagische) vissen. Dit heeft vooral invloed op visueel foeragerende vissen die zich voeden met deeltjes in de waterkolom. Het werkt anders door voor vissen die hun voedsel op de bodem zoeken dan voor vissen die voedseldeeltjes uit het water filteren. Over het algemeen foerageren pelagische soorten zoals haring en spiering op zicht. Als foerageersucces afhangt van de vraag of de vissen voedseldeeltjes (bijvoorbeeld zoöplankton) visueel kunnen detecteren te midden van andere zwevende deeltjes (bijvoorbeeld slib), dan kan een hoge concentratie van 'verstorende' deeltjes hun voedselopname belemmeren (Weis & Khan 1991; Shaw & Jenkins 1992; Rowe & Dean 1998; Nurminen *et al.* 2010; Manning *et al.* 2013; Chapman *et al.* 2014; Gayosso-Morales *et al.* 2019). Voor haringlarven en spiering is deze relatie in verschillende onderzoeken onderzocht (Boehlert & Morgan 1985; Fiksen *et al.* 1998; Sirois & Dodson 2000; Utne-Palm 2004; Griffin *et al.* 2012). Utne-Palm (2004) rapporteerde meer succesvolle 'aanvallen' door haring bij lagere troebelheidsniveaus (van ongeveer 35 mg/l) in vergelijking met hogere niveaus (80 mg/l). In een mesocosmstudie leidden hoge slibconcentraties (200-400 mg/l deeltjes <50 µm groot) niet tot een verhoogde sterfte onder *Clupea pallasii*-larven van Pacifische haring (Griffin *et al.* 2012). De troebelheidsniveaus in het Eems-Dollard-gebied variëren ruwweg tussen 500 en 2000 mg/l op de meest troebele locaties (Schmidt & Iedema 2019), en zijn dus over het algemeen veel hoger dan de niveaus die in deze onderzoeken zijn gebruikt. Hoe dergelijke niveaus zowel de oudere als de jongere levensfasen van pelagische vissen beïnvloeden, is, voor zover bekend, niet onderzocht.

Naast effecten op foerageersucces zijn effecten van het lichtklimaat via een veranderd metabolisme, verticale migratie en paaigedrag mogelijk. Hierover is echter nog minder bekend.

In een recente studie waarin het dieet van haring in het Eems estuarium is bestudeerd, zijn verschillen in conditie gevonden voor haring in verschillende delen van het Eems estuarium (Couperus *et al.* 2022). Om erachter te komen welk mechanisme dergelijke patronen zou kunnen veroorzaken en of de slibniveaus een rol spelen, is aanvullend onderzoek nodig.

Door hoge slibconcentraties wordt er ook veel 'slurrie' op de platen afgezet: met name bodembewonende vissen kunnen hier mee te maken krijgen doordat bijvoorbeeld voedsel slechter bereikbaar wordt, er minder voedsel aanwezig is of er minder zuurstof in het water of sediment zit.

Troebel water kan ook indirect doorwerken, omdat vissen minder zichtbaar worden voor roofdieren. In een modelstudie in het Schelde-estuarium is in de troebelere wateren een aanzienlijke toename van de overlevingskans van nuljarige vissen gevonden in vergelijking met de open zee, waarschijnlijk door minder predatie (Maes *et al.* 2005). Dit ging echter gepaard met een lagere conditie en daarmee dus ook een lagere overlevingskans op de langere termijn. Migratie naar veiliger estuariene wateren gaat blijkbaar samen met slechtere groeimogelijkheden dan in de open zee.

Zuurstof

Hoge sedimentgehalten kunnen, door afbraak van daaraan gebonden organisch materiaal, ook leiden tot zuurstofverbruik met lage zuurstofgehalten als gevolg. Dit speelt vooral in de rivier de Eems (Schmidt en Iedema 2019). Een verlaging van de zuurstofconcentratie heeft een negatieve invloed op de fysiologische toestand van vissen, omdat het de capaciteit van de bloedsomloop en ventilatiesystemen beperkt om aan de zuurstofbehoefte te voldoen. Een dergelijke beperking heeft invloed op alle hogere functies (activiteit, gedrag, groei en voortplanting). Bovendien zijn de temperatuurtolerantieniveaus afhankelijk van de zuurstofconcentratie (Pörtner *et al.* 2001), met verminderde tolerantie voor hogere temperaturen bij lagere zuurstofconcentraties. Sommige soorten zijn zeer gevoelig voor lage zuurstofgehalten (zoals spiering) en ook kunnen de afgezette eieren en vislarven last hebben van verlaagde zuurstofwaarden (Maes *et al.* 1998; Keskinen *et al.* 2012). Dit speelt met name in het bovenstroomse deel van de Eemsrivier (paaigebieden voor fint en spiering). In de bovenloop van de Eemsrivier, in het traject Leer-Herbrum, komen perioden met zeer lage zuurstofgehalten voor (Herrling & Niemeyer 2007). Jaarlijks kan de mate waarin dit fenomeen zich voordoet variëren. In het Europees onderzoeksprogramma Harbasins WP2 is onderzocht in hoeverre deze periodiek ontoereikende zuurstofcondities leiden tot habitatverlies voor vissen. Uit deze studie in de Schelde bleek een duidelijke link tussen de brakwater index voor biologische integriteit (een gecombineerde index bestaande uit diverse visparameters) en zuurstofconcentratie (Stevens *et al.* 2005). Lagere zuurstofconcentraties resulteerden in lagere aantallen vis.

Vissen die worden blootgesteld aan verhoogde niveaus van zwevende stof kunnen ook kieuwschade oplopen na direct contact met sedimenten in het water (Bruton 1985; Sutherland & Meyer 2007). Kieuwschade kan het zuurstofopnamevermogen van vissen beperken en als gevolg daarvan hun groei en conditie beïnvloeden wat weer kan leiden tot verhoogde sterfte.

Voedselbeschikbaarheid

Hoge slibconcentraties in het water hebben ook invloed op de hele voedselketen. Wanneer verhoogde slibconcentraties leiden tot een verminderde fytoplanktonproductie (Herman *et al.* 2001), dan leidt dat tot minder voedsel in de hogere trofische niveaus, zoals zoöplankton en bentische ongewervelde dieren. Waarschijnlijk als gevolg van de toename in bodemslibgehalte is in de Dollard en op Hond-Paap de totale biomassa van bodemdieren afgenomen sinds 1974 (Schmidt & Iedema 2019), en is een verschuiving vastgesteld van tweekleppige schelpdieren naar meer slibtolerante bodemdiersoorten zoals borstelwormen, slakken en het wadkreeftje of slijkgarnaal (*Corophium*) (Boonstra & Wanink 2016).

4.2.3 Effect van andere relevante factoren op vis

Habitats

Veranderingen in de overstromingsfrequentie van wadplaten of dynamiek kunnen effecten hebben op de migratie, het paaisucces en het foerageren van vissen. Jonge platvissen en garnalen migreren tijdens opkomend water en passeren zo platen die gedurende eb weer droogvallen. Bij ophoging van platen nemen beschikbaar areaal en tijdsduur voor foerageren door vissen af. Bij eb trekken jonge vissen en garnalen zich terug in de geulen, maar ze zijn daar waarschijnlijk kwetsbaarder voor predatie dan boven de getijdeplaten.

Verandering in bodemsamenstelling en slibconcentratie in het water werkt via schelpdierbanken en zeegrasvoorkomen door op sommige vissoorten die deze habitats nodig hebben voor voortplanting of als schuilplek. Van de geep wordt bijvoorbeeld vermoed dat deze soort het Eems-estuarium bezoekt om eieren af te zetten op zeegras of wieren (Polte & Asmus 2006).

Ook de overgangen tussen verschillende habitats is belangrijk. Veel van de oorspronkelijk natuurlijke geleidelijke overgangen zijn veel harder geworden waardoor migratie tussen verschillende habitats beperkt wordt.

Temperatuur (klimaatverandering)

Temperatuur heeft een sterk effect op de groei van jonge platvis en vooral in warme zomers wordt de voedselbeschikbaarheid beperkend om de groei in stand te houden onder energetisch kostbare warme omstandigheden (Teal et al. 2012). Elke soort heeft een optimale temperatuur voor groei.

Fysiologische prestaties (zoals groei) nemen toe met de temperatuur totdat een maximale snelheid wordt bereikt (de optimale temperatuur), gevolgd door een abrupte daling naar nul. Verschillen in deze optima kunnen ontwikkelingen tussen soorten veroorzaken. De studie aan de kinderkamerfunctie van het Eems estuarium (Tulp et al. 2022b) liet zien dat de afname in kinderkamersoorten sinds de jaren 1980 Waddenzeebreed is en niet beperkt is tot het Eems estuarium. Temperatuur kan wel verschillend doorwerken voor verschillende levensfasen en soorten. Zo liet een studie aan residente soorten in de Waddenzee zien dat sommige soorten tegenwoordig grotere lengtes bereiken dan in het verleden onder koudere condities (Bolle et al. 2021).

Connectiviteit

Veel vissoorten moeten in hun leven van het ene gebied naar het andere trekken, gedreven door voedselbehoefte, schuilmogelijkheden of om zich voort te planten. Met name trekvissoorten die het binnenwater op willen worden daarin vaak beperkt door obstakels. De Eemsrivier is vrij optrekbaar, maar alle andere zoet-zoutovergangen veel minder. Bij de sluizen en/of gemalen bij Nieuwe Statenzijl, Termunterzijl, Delfzijl, Knock en Oldersum, kunnen ze via de hiervoor aangelegde vispassages in- of uittrekken. Echter, vispassages verschillen in effectiviteit per vissoort en het functioneren is veelal afhankelijk van lokale omstandigheden.

4.2.4 Vissoorten en beleidsrichtlijnen

In het N2000-aanwijzingsbesluit zijn instandhoudingsdoelstellingen opgenomen voor fint, rivierprik en zeeprik. Voor Duitsland zijn dat dezelfde soorten (<https://natura2000.eea.europa.eu/>).

In de Wet Natuurbescherming (Wnb) zijn enkele vissoorten beschreven als typische soorten voor Habitatype H1130 Estuaria, die kenmerkend worden geacht voor een goede abiotische en/of biotische toestand. Vissoorten Wnb H1130 (zowel bodemgebonden als pelagisch), met relevantie voor de kinderkamer/opgroeifunctie en de migratieroute van diadrome soorten en de connectiviteit van watersystemen, zijn:

Ansjovis	Bot
Harnasmannetje	Puitaal
Schar	Slakdolf
Spiering	Schol
Tong	Wijting
Zeedonderpad	

Daarnaast zijn er in de Wnb diverse opgaven benoemd met relevantie voor vis:

- behoud diversiteit typische soorten in de habitats permanent overstroomde zandbanken (H1110A) slik en zandbanken (H1140A) en estuaria (H1130)
- kernopgave 1.03: overstroomde zandbanken en biogene structuren o.a. als kraamkamer voor vis
- kernopgave 1.09: behoud verbinding Schelde/Eems ten behoeve van paaifunctie fint
- kernopgave 1.10: verbetering kwaliteit slik en zandplaten getijdengebied (H1140A tbv vergroting van de diversiteit

In de KRW zijn vissen een biologisch kwaliteitselement voor overgangswateren (O2), waarvoor een visindex is ontwikkeld en Europees afgestemd. Dit zijn de vissoorten die kwantitatief worden beoordeeld in de KRW-visindex O2:

Fint
Spiering
Haring
Bot
Slakdolf
Pos

Daarnaast is er een kwalitatieve beoordeling van het aantal vissoorten, verdeeld over de ecologische functionele gilden, vergeleken met een historische referentiesituatie (ca. 1850).

Naast het voorkomen van biotische structuren (zeegrasvelden en schelpdierbanken) zijn een hoge productiviteit, biodiversiteit, migratieroute voor diadrome vissen, en de kinderkamer- en opgroefunctie voor vissen belangrijke kenmerken van een goed functionerend estuarium (Sierdsma *et al.* 2022). De voedselfunctie voor vogels wordt ook genoemd, waarbij predatie door visetende vogels (met name pelagische vis) effect kan hebben op het voorkomen van vissen in het estuarium.

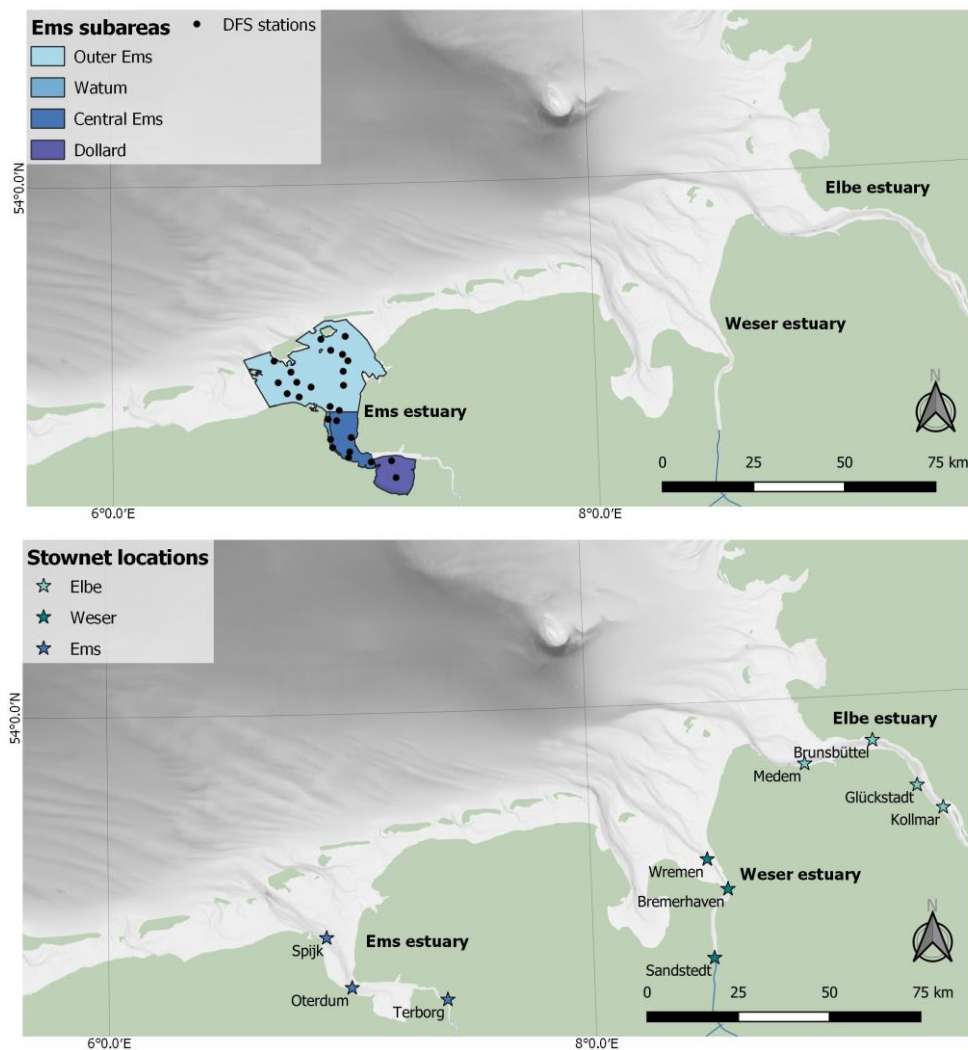
4.3 Ontwikkelingen in visfauna in het Eems estuarium

4.3.1 Overzicht visgemeenschap

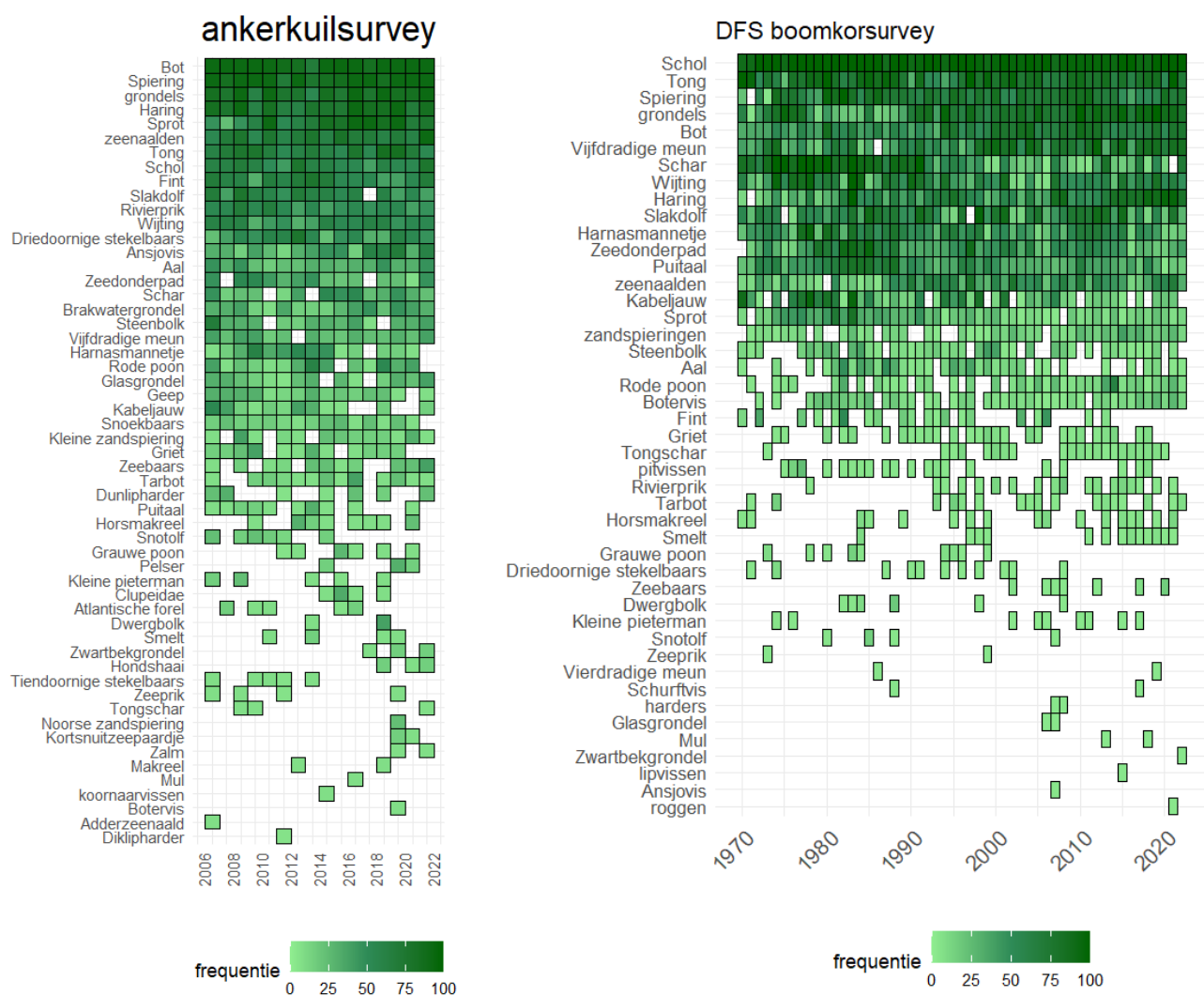
De monsterpunten van de lopende monitoring (DFS) en ankerkuil (voor KRW uitgevoerd door Bioconsult) zijn weergegeven in figuur 2. De Demersal Fish Survey (DFS, sinds 1970) is een internationaal programma dat wordt uitgevoerd met een garnalenkor en oorspronkelijk gericht was op 0- en 1-jarige tong en schol en garnalen in de continentale kustgebieden van de Noordzee, de Waddenzee, het Eems estuarium en de Ooster- en Westerschelde. Er wordt gevist met een garnalenkor. Het net dat gebruikt wordt in het Eems estuarium is 3 m breed. De maaswijdte van het net is 35 mm, de zak is 20 mm. Binnen de survey zijn gebieden ingedeeld en de te bevissen stations zijn verdeeld over dieptestrata. Alle stations hebben in principe een vaste positie maar kunnen geleidelijk verschuiven door langzame verplaatsing van geulen.

In de ankerkuilsurvey wordt sinds 2007 gevist met een ankerkuil op drie locaties in het Eems estuarium. Het monitoringsgebied ligt in zowel de oligohaline (brak water), mesohaline (matig zout water) als polyhaline (zout water) zone van het estuarium. Het net dat in de meeste jaren is gebruikt, is 13 m breed en wordt afhankelijk van de waterdiepte op 6-10 m hoogte ingesteld. De maaswijdte in de zak is 10 mm. In het voorjaar wordt er gevist in de eerste week van mei en in het najaar in de derde week van september. Op elk station wordt er zowel tijdens eb en tijdens vloed gevist. Een ankerkuil staat in de stroom van het water. Er wordt dus in totaal zes maal per seizoen gevist. De sta-duur is steeds tussen de 2,5 - 3 uur.

Op basis van beide surveys is een soortenlijst gegenereerd van de gevangen soorten en de trefkans (% trekken) door de jaren heen (figuur 3).



Figuur 2. Kaartje met locaties DFS (boven) en ankerkuil (onder) in het Eems estuarium, Elbe en Weser estuaria (overgenomen uit Tulp et al. (2022b)).

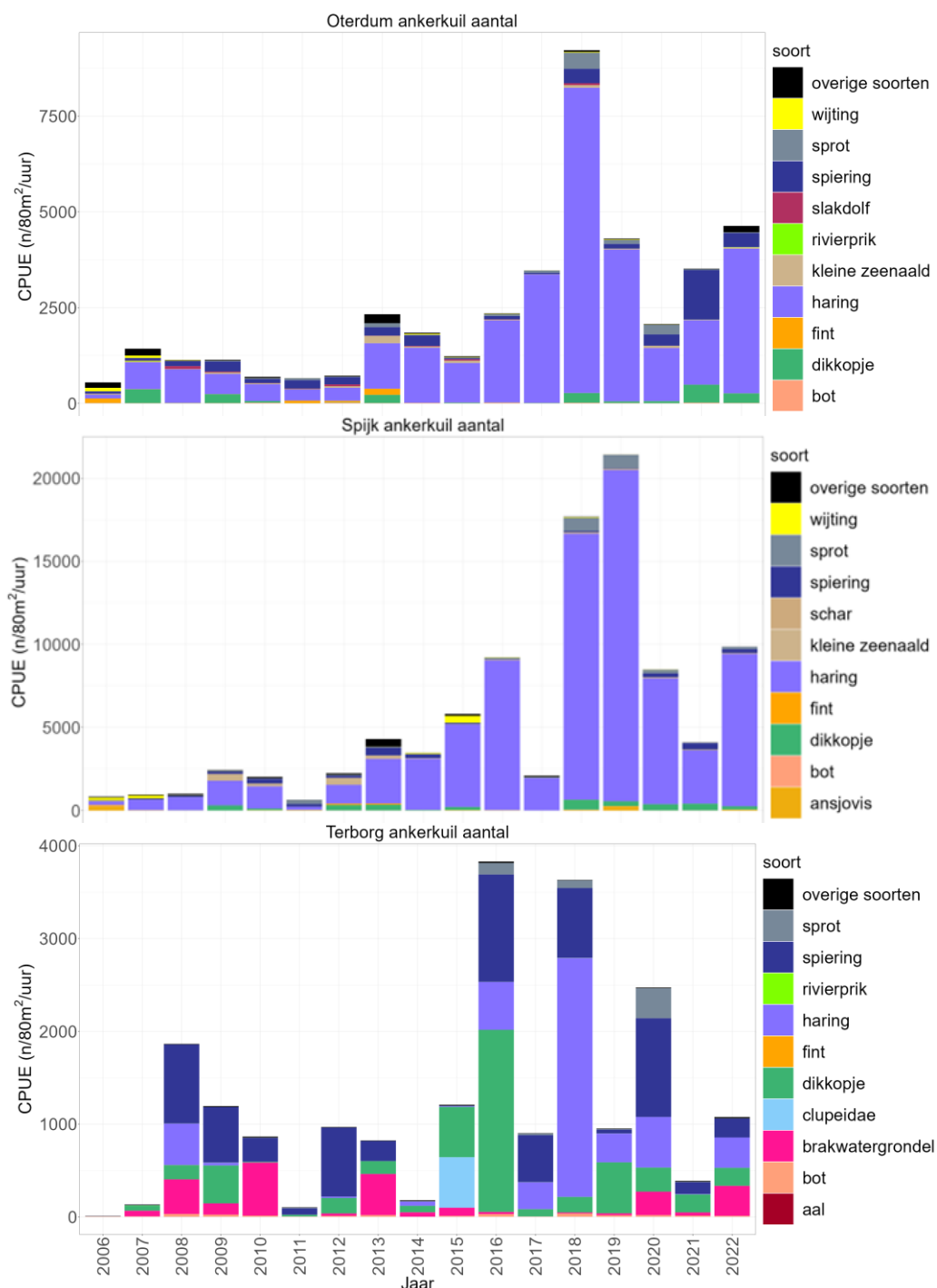


Figuur 3. Trefkans van mariene soorten in het Eems estuarium op basis van ankerkuilgegevens (KRW monitoring 2006-2022) en trefkans op basis van garnalenkorgegegevens (DFS 1970-2022).

4.3.1.1 Ankerkuilsurvey

De exacte ankerkuillocaties verschillen jaarlijks, afhankelijk van wind en stroming, en dat vooral op de locatie Spijk. De drie locaties representeren polyhaliene (Spijk), mesohaliene (Oterdum) en oligohaliene (Terborg) saliniteitszones.

Jaarlijks worden rapportages gemaakt over de hele tijdreeks (van Rijssel *et al.* 2023). Ook zijn de gegevens voor de pelagische soorten gebruikt in het Quality Status Report (Tulp *et al.* 2022a).



Figuur 4. Gemiddelde CPUE van de tien meest algemene vissoorten en overige vissoorten in het open water gevangen met een ankerkuil (n/80m²/uur-kg/80m²/uur) in het Eems estuarium, bemonsteringslocatie Oterdum, Spijk en Terborg tijdens de monitoring van 2006-2022 (van Rijssel *et al.* 2023).

De tien meest algemene soorten in het Eems estuarium bij Spijk voor de gehele periode 2007-2021 zijn: wijting, sprot, spiering, schar, kleine zeenaald, haring, fint, dikkopje, bot en ansjovis. De haring is veruit de dominante soort in de vangsten. Wat opvalt is de sterke toename van haring in de tijd met 2019 als hoogtepunt, iets wat we ook in andere (brakke/zoute) waterlichamen zien. Andere soorten die regelmatig gevangen worden zijn sprot, dikkopje, spiering en ansjovis. De meeste soorten lijken relatief stabiel, met af en toe fluctuaties van jaar tot jaar. Er lijkt een lichte toename van sprot en ansjovis de laatste jaren. De toename van ansjovis is wellicht een effect van toenemende reproductie van ansjovis in de Duitse bocht (voor het eerst sinds 50 jaar in de late 2000s, (Heessen *et al.* 2015)) en op overige plekken in het oostelijk deel van de Waddenzee. De noordelijke uitbreiding van het leef- en paaigebied van ansjovis zou een effect van klimaatverandering kunnen zijn volgens Kopetsch & Scholle (2022).

De tien meest algemene soorten in het Eems estuarium bij Oterdum voor de gehele periode 2007-2021 zijn: wijting, sprot, spiering, slakdolf, rivierprik, kleine zeenaald, haring, fint, dikkopje, bot. In vergelijking met Spijk vallen de schar en ansjovis buiten de tien meest algemene soorten. Deze zijn vervangen door de slakdolf en de rivierprik. Dit zou te maken kunnen hebben met het meer stroomopwaarts liggen van deze bemonsteringslocatie. Dit is de enige locatie (samen met Terborg) in het MWTL-vismonitoringprogramma waar deze laatste soort in de top tien voorkomt. Net als bij Spijk is de haring de dominante soort in de vangsten. Wat ook hier opvalt is de sterke toename van haring in de tijd met 2018 als hoogtepunt. Andere soorten die regelmatig gevangen worden zijn sprot, spiering, bot en in afnemende mate fint. De meeste soorten lijken relatief stabiel, met af en toe fluctuaties van jaar tot jaar. Er lijkt een lichte toename van sprot te zijn in de laatste jaren. Verder vallen de vrij hoge spieringvangsten van 2021 op.

De tien meest algemene soorten verder stroomopwaarts, in de Eems-rivier bij Terborg, voor de gehele periode 2007-2022 zijn: sprot, spiering, rivierprik, haring, fint, dikkopje, clupeidae (haringachtigen), brakwatergrondel, bot en aal. Met 'clupeidae' worden kleine haring/sprotachtigen bedoeld, die nog te klein waren om aan boord tot op de soort te kunnen worden gedetermineerd. In vergelijking met Oterdum vallen de wijting, slakdolf en kleine zeenaald buiten de tien meest algemene soorten en zijn deze vervangen door de clupeidae, brakwatergrondel en aal. De Eems-rivier is qua zoutgehalte sterk verschillend van de andere twee bemonsteringslocaties (brak/zoet water vs zout) wat dit verschil verklaart. In tegenstelling tot de andere twee bemonsteringslocaties domineren niet alleen haring maar ook spiering, dikkopje en bot de vangsten. Wat ook hier opvalt is de sterke toename van haring in de tijd (vanaf 2016) met 2018 als hoogtepunt. Daarnaast lijken het dikkopje en de spiering sinds 2016 ook in grotere aantallen te worden gevangen. Fint en aal lijken de laatste jaren wat minder te worden gevangen. De meeste andere soorten lijken relatief stabiel, met af en toe fluctuaties van jaar tot jaar.

Naast het verschil in soortensamenstelling tussen de drie bemonsteringslocaties valt ook op dat de totale biomassa afneemt met de estuariene zout gradiënt van polyhalien (Spijk) naar oligohalien (Terborg). Dit zou deels door de stroomopwaarts toenemende slibconcentratie kunnen, maar is een verschijnsel dat bijvoorbeeld ook in Westerschelde voorkomt (de Boois & Couperus 2022).

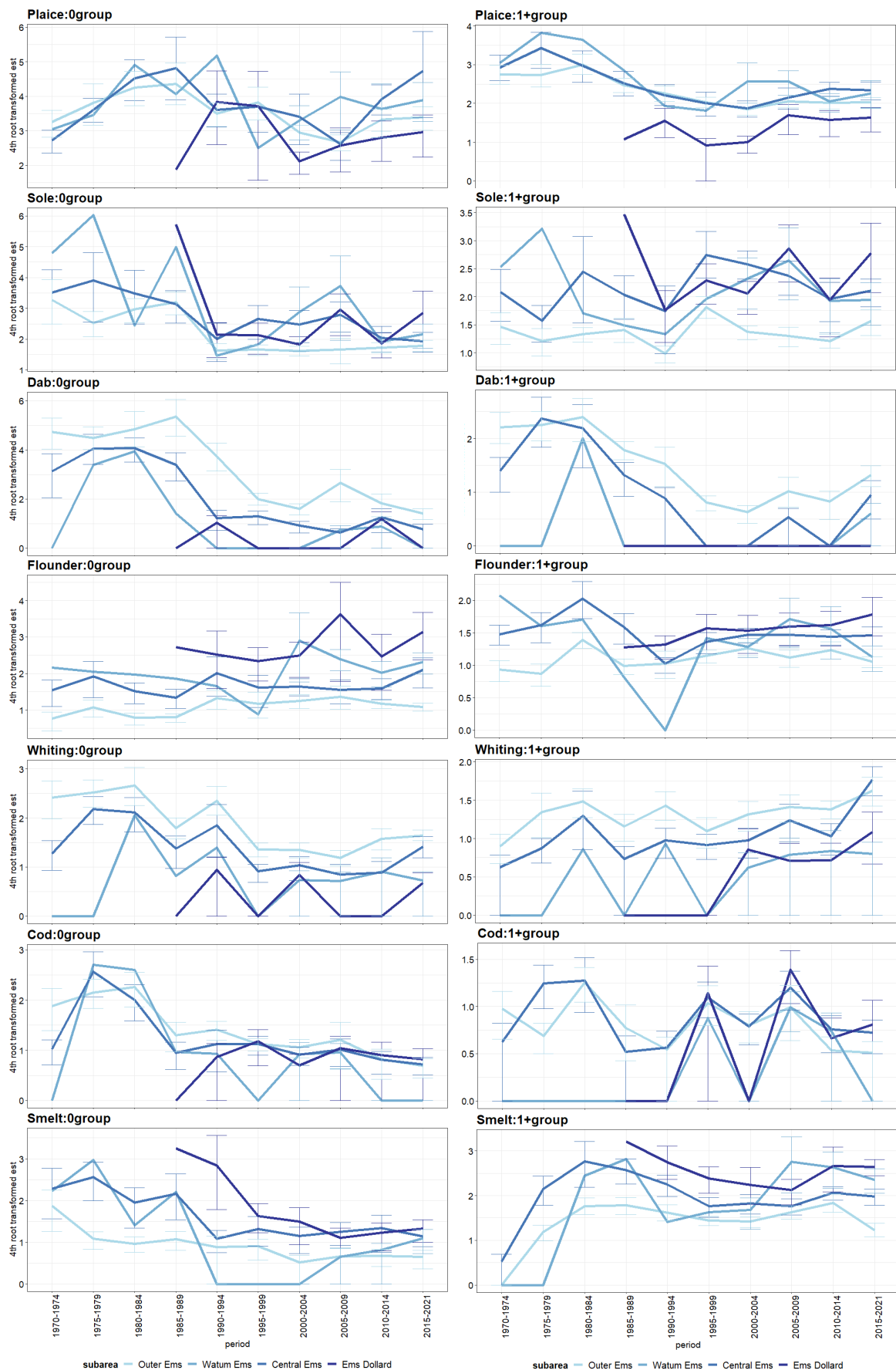
4.3.1.2 Garnalenkorsurvey

In de DFS zijn de vaakst aangetroffen soorten schol, grondels, tong, haring, bot, schar, spiering en wijting, vijfdradige meun (figuur 3). Soorten die de laatste decennia vaker waargenomen worden zijn haring, vijfdradige meun, zeenaalden en rode poon. Schar, harnasmannetje, puitaal, kabeljauw worden juist minder vaak gevangen. Op basis van de DFS survey is een aparte analyse uitgevoerd naar de functie van het Eems estuarium als kinderkamer voor vis (Tulp *et al.* 2022b)(figuur 4). Hieronder volgt een korte weergave van de resultaten uit die studie.

De totale dichtheid van 0-groep kinderkamersoorten vertoont een vergelijkbare trend in alle deelgebieden binnen het Eems estuarium, met een maximum in de jaren zeventig en tachtig en een

sterke daling daarna, en stabiliseert zich de afgelopen decennia op een lager niveau. Dit patroon is niet beperkt tot het Eems estuarium maar zien we ook elders in de Waddenzee. De absolute dichtheden verschillen van jaar tot jaar zonder duidelijk verschil in deelgebieden. Schar en wijting komen gedurende de hele tijdreeks in het buitengebied van het Eems estuarium in de hoogste dichtheden voor. Spiering en bot komen het meest voor in de Dollard en nemen af richting het buitengebied van het Eems estuarium langs de zoutgradiënt.

Trends per soort volgen hetzelfde patroon in alle deelgebieden voor de meeste soorten en leeftijden. Het maximum in de jaren tachtig komt voor in alle deelgebieden en zowel bij 0 als bij 1+ groep vissen. In groep 1+ spiering en bot zijn de visdichtheden in het buitengebied van het Eems estuarium aanzienlijk lager dan in de andere deelgebieden, overeenkomstig met hun voorkeur voor brak water. Voor wijting, schar en schol is dat patroon juist omgekeerd. Dit reflecteert de hogere saliniteitvoorkeur van de mariene soorten.



Figuur 5. Trends van gemiddelde dichtheden van of 0-groep (links) en 1+ groep (rechts) kinderkamersoorten per 5-jaarperiode. De 95% intervallen zijn geschat dmv bootstrapping. Overgenomen uit (Tulp et al. 2022b). Voor onderscheiden deelgebieden zie figuur 2.

4.3.2 Kaderrichtlijn Water (KRW) monitoring en beoordeling

Conform KRW wordt een beoordeling voor vis in overgangswateren (Eems estuarium) uitgevoerd. De KRW beoordeling van de visfauna vindt plaats op basis van de ankerkuilmonitoring. De resultaten van de KRW-ankerkuilmonitoring in het Eems estuarium worden jaarlijks gerapporteerd (Kopetsch 2023; van Rijssel *et al.* 2023).

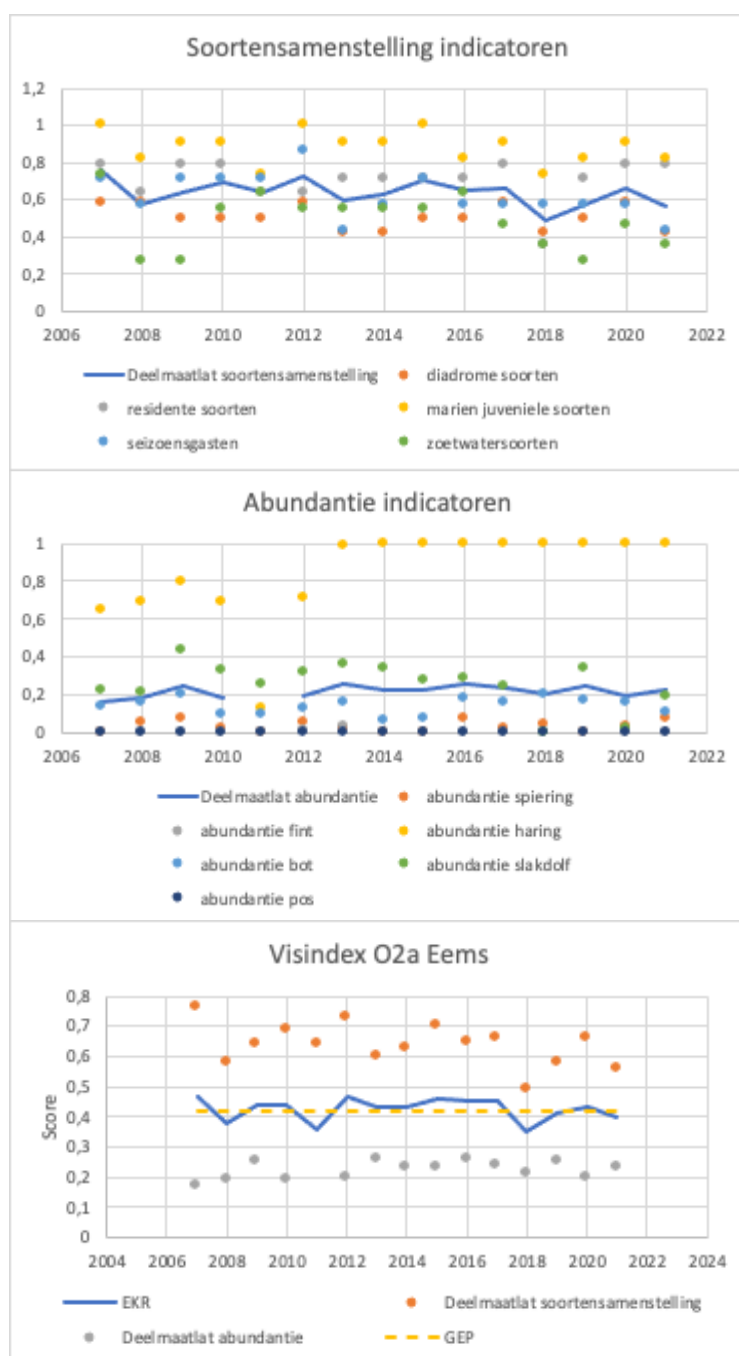
De KRW-beoordelingen worden gebaseerd op de soortensamenstelling en abundantie van vissoorten in het overgangswater O2 met behulp van een daartoe ontwikkelde rekentool (Aquokit). De deelmaatlat soortensamenstelling (aantal soorten, ingedeeld naar ecologisch gilde) en deelmaatlat abundantie (abundantie in de ankerkuil, met een specifieke selectie van locatie en seizoen per soort) wordt vergeleken met een referentiewaarde. De EKR-score (Ecologische Kwaliteits Ratio) van het waterlichaam is het gemiddelde van de deelmaatlatscores. Rekening houdend met de sterk veranderde toestand van het estuarium is het goed ecologisch potentieel (GEP) door de overheid gesteld op een EKR van 0,42. Dit betekent dat een goede toestand gelijk staat aan 0,42 in plaats van een goede ecologische toestand (GET) van 1,0. Voor de volledigheid is het resultaat van de KRW beoordeling hier opgenomen, maar het zegt weinig over het functioneren van het Eems estuarium.

De visfauna van het Eems estuarium omvatte in de periode 2006-2023 in totaal ongeveer 80 soorten. Hierbij zijn sommige soorten samengevoegd in groepen, bv harders, zandspieringen en grondels, omdat deze niet altijd konden worden onderscheiden). De aan- en afwezigheid van de verschillende vissoorten in het Eems estuarium is weergegeven in figuur 3.

De berekende EKR-scores (van Rijssel *et al.* 2023) zijn in figuur 6 weergegeven en laten zien dat de EKR-score gemiddeld genomen voldoet aan het GEP (EKR=0,42, gele stippellijn). De deelmaatlat soortensamenstelling is gemiddeld 64%, en de deelmaat abundantie 22% van de gedefinieerde referentietoestand. Dit betekent dat er wel voldoende soorten aanwezig zijn, maar de abundantie van deze soorten niet voldoet. Daarbij is het ook belangrijk om te realiseren dat de deelmaatlat abundantie alleen voldoet als gevolg van de grote aantallen haring. Ondanks teruglopende abundanties van haring, is de score van haring nog steeds overeenkomstig de referentiewaarde (score 1). De abundantie van de andere soorten haalt echter de vereiste 0,42 niet.

In de jaarlijkse rapportage over de ankerkuilbemonstering worden ook suggesties voor oorzaken van waargenomen veranderingen gegeven. Wat betreft fint concludeert Kopetsch (2023) dat de Eems-rivier ongeschikt is voor voortplanting (tussen 2008-2020 zijn nooit eieren of larven van fint aangetroffen in specifieke planktonmonitoring, er zijn geen 0+ individuen gevonden in de ankerkuil-monitoring in het najaar). Subadulte finten, in het buitenestuarium gevangen, zijn vermoedelijk afkomstig uit andere Waddenzee estuaria. De vraag is echter of de timing van de ankerkuilbemonsteringen optimaal is voor fint. Er worden bijvoorbeeld ook adulte exemplaren gevangen als bijvangst tijdens schieraalonderzoek in het Eems estuarium met fuiken.

De knelpunten in de Eems-rivier, weerspiegeld in de verarmde visfauna (gemonitord bij Terborg), worden door Kopetsch (2023) duidelijk benoemd: zuurstofloosheid, troebelheid, vloeibare modder. Over het midden- en buiten-estuarium worden geen uitspraken gedaan. Kopetsch (2023) adviseert om de populatie-ontwikkeling van spiering nauwlettend te volgen, aangezien er in naburige estuaria aanwijzingen zijn dat spiering achteruitgaat.



Figuur 6. KRW Visindex met a. scores van indicatoren soortensamenstelling, b. EKR-scores en deelmaatlatscores, c. scores van abundantie indicatoren Visindex O2a. Gebaseerd op van Rijssel et al. (2023).

4.3.3 Vergelijking Eems estuarium met andere estuaria

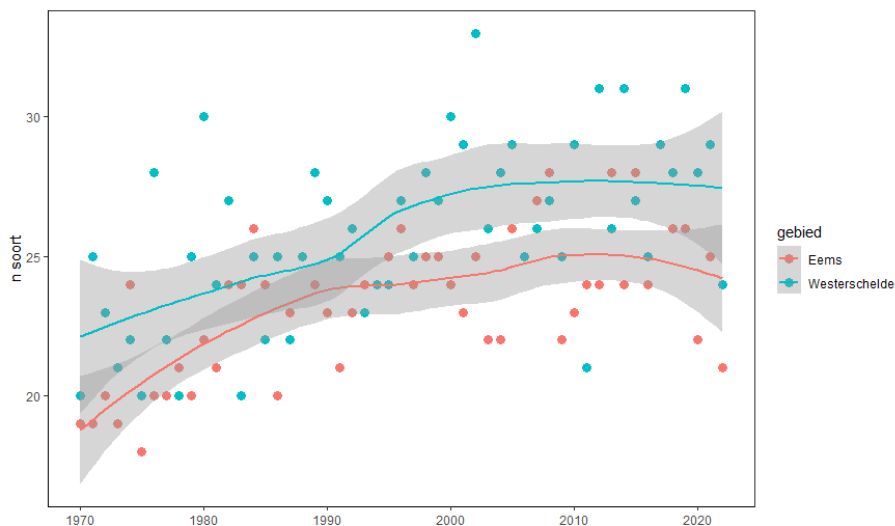
4.3.3.1 Eems-Westerschelde

Om een betere inschatting te maken van het functioneren van het Eems estuarium, is het van belang de situatie te vergelijken met een referentiesituatie. Dat kan een naburig estuarium zijn dat veel overeenkomsten heeft met het Eems estuarium of een historische periode in het Eems-Dollard estuarium. Historische data zijn schaars en meestal niet systematisch ingewonnen. Een echt goede referentiesituatie ontbreekt ook, omdat er eigenlijk geen enkel estuarium binnen Europa is dat nog geheel natuurlijk functioneert. Desondanks hebben we toch een poging gedaan, zoals gepresenteerd

in de workshop en Quality Status Report (QSR) (Tulp *et al.* 2022a) en in een recente studie over de kinderkamerfunctie van het Eems estuarium (Tulp *et al.* 2022b). Vergelijkingen zijn gemaakt met de Westerschelde (figuren 7-12), het enige andere open estuarium in Nederland (maar ook sterk onder invloed van menselijke activiteiten) en de Duitse estuaria Elbe en Weser (figuur 13). In de Westerschelde worden analoog aan het Eems estuarium zowel in voor- als najaar ankerkuilbemonsteringen uitgevoerd op vier locaties van oost naar west, tussen Hansweert en Borssele. Voor details zie de Boois & Couperus (2022). Hieronder worden een aantal voorbeelden van dergelijke vergelijkingen gepresenteerd die deels al gepubliceerd zijn (Tulp *et al.* 2022a; Tulp *et al.* 2022b), en deels aangevuld voor dit project, maar dit is zeker geen uitputtend overzicht. We beperken ons tot veranderingen in trefkans en vergelijken hier geen trends in dichtheden of gemiddelde groottes.

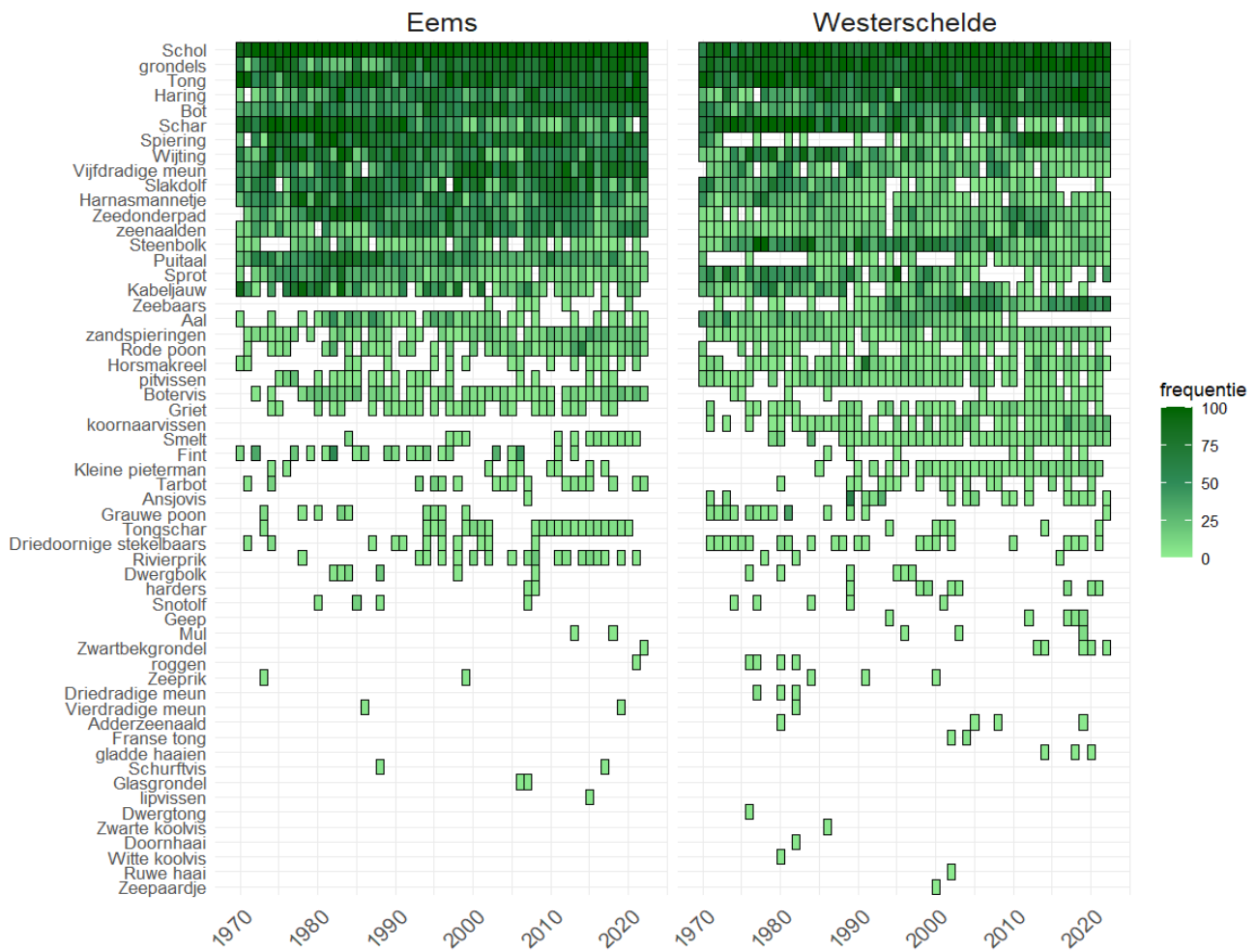
In vergelijking met het Westerschelde-estuarium komen er op basis van de DFS-survey in het Eems estuarium minder soorten voor (figuur 7). Dat verschil wordt vooral veroorzaakt door de typische Noordzeesoorten (bv. Zeebaars, horsmakreel, pitvissen) voor wie de Westerschelde betere Noordzeekenmerken heeft, zoals zoutgehalte, meer doorzicht, lagere temperatuur (figuur 8). De lijst met meest voorkomende soorten is vrijwel gelijk in beide gebieden (zowel op basis van ankerkuil als DFS data, figuur 8 en 9). Opvallende verschillen zijn koornaarvissen, zeebaars, kleine pieterman, harders en pelser (vaker in Westerschelde), tarbot en griet, aal en brakwatergrondel, vijfdradige meun en kabeljauw (vaker in Eems). Haaien en roggen worden weer vaker in de Westerschelde aangetroffen (figuur 8 en 9).

Figuur 9 en 10 illustreren de ontwikkeling in de tijd van de trefkans in beide gebieden op basis van de DFS voor algemene soorten (figuur 10) en zeldzamere soorten (figuur 11). Soorten die op de lijn liggen komen in beide gebieden even vaak voor. Soorten onder de lijn vaker in de Eems, soorten boven de lijn vaker in de Westerschelde. Variatie in trefkans geeft kleinere schommelingen weer dan variatie in dichtheden: dat is goed te zien aan schol: de scholstand is gekelderd maar komt nog steeds in bijna alle trekken voor en is nog steeds de meest algemene soort (in de DFS). De trefkans van een aantal soorten laten een duidelijke toename in de tijd zien in beide gebieden: bot, haring, spiering; een toename vooral in de Eems: rode poon, slakdolf, vijfdradige meun; of een toename vooral in de Westerschelde: grondels. Andere soorten nemen duidelijk af in beide gebieden: aal, kabeljauw, puitaal, wijting, zeedonderpad, sprong, schar, vooral in de Eems: puitaal en zeedonderpad of vooral in de Westerschelde: steenbolk.

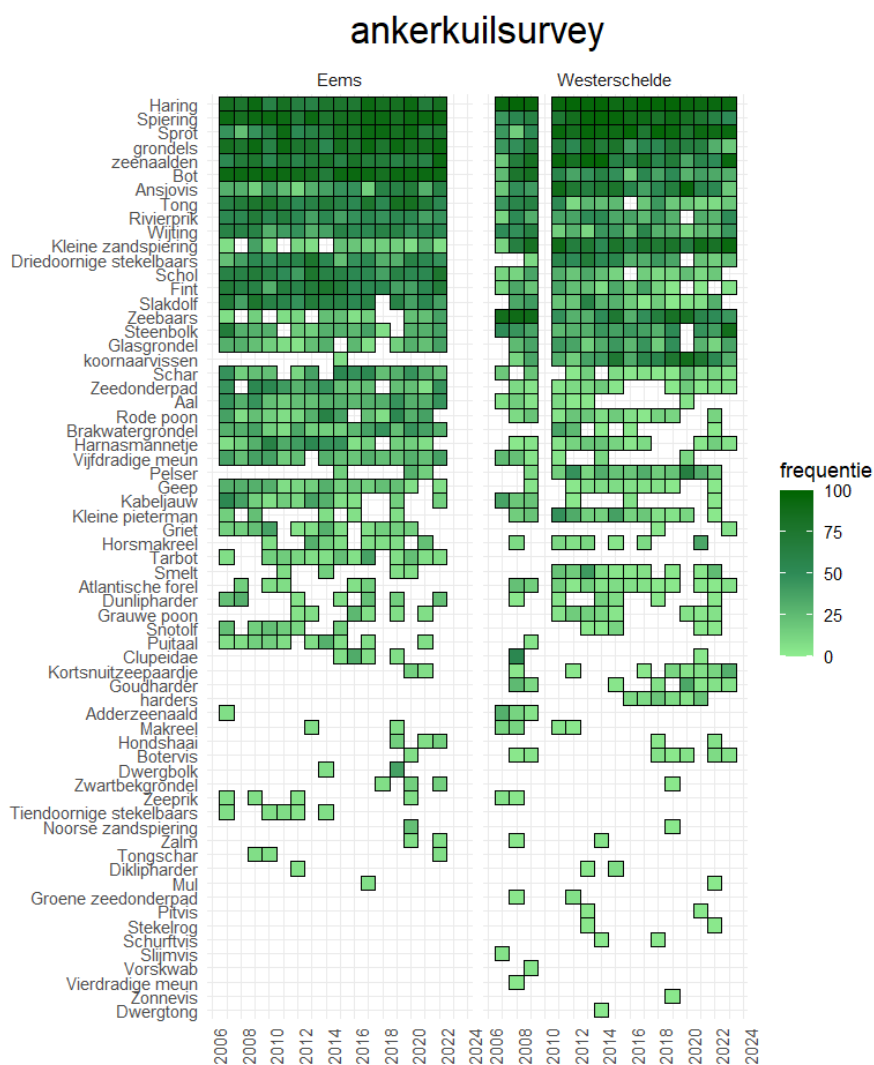


Figuur 7. Vergelijking aantal soorten in de DFS in de Westerschelde en de Eems.

DFS boomkorsurvey

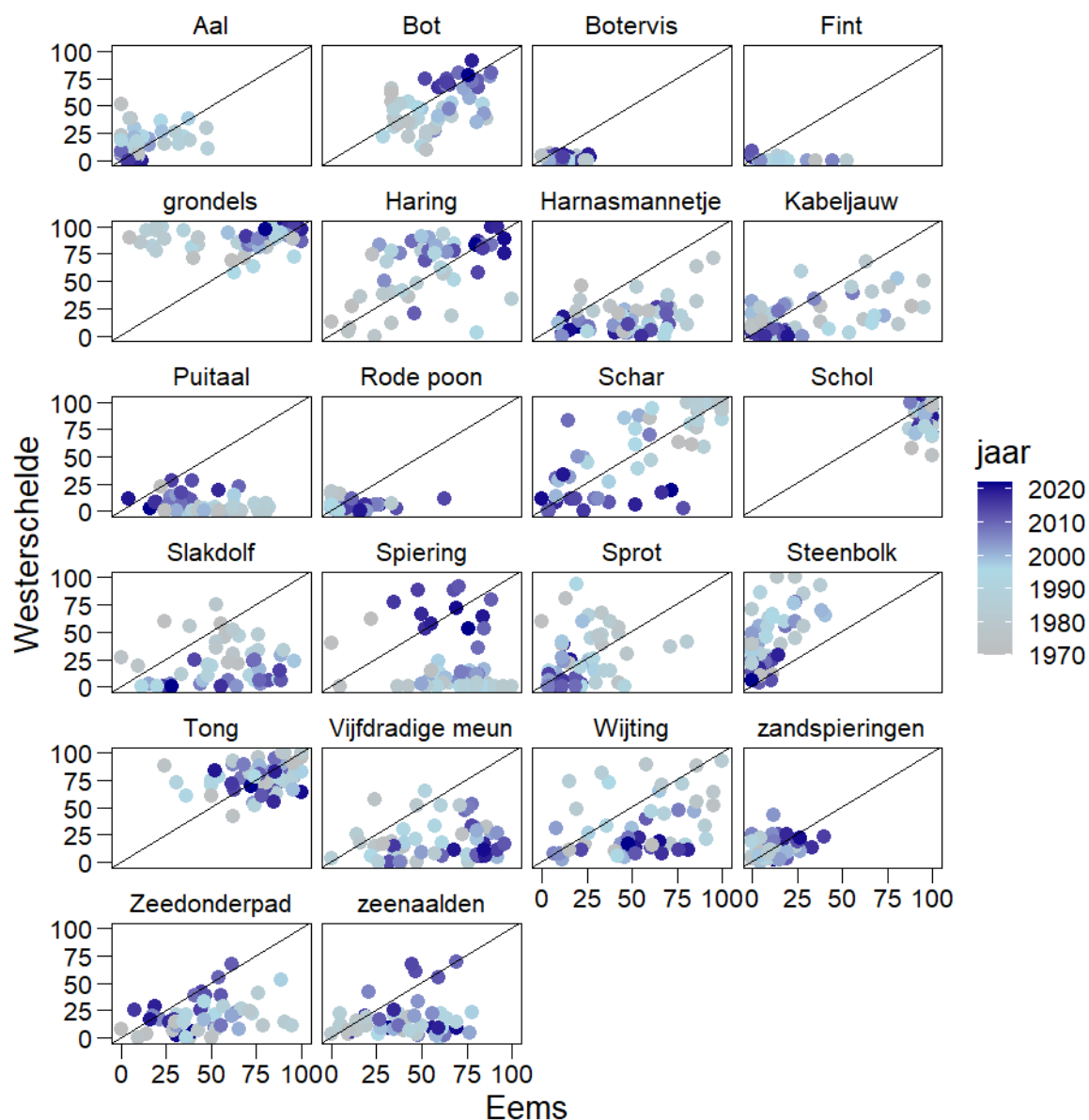


Figuur 8. Trefkans (frequentie van voorkomen) van verschillende vissoorten in de DFS survey in het gebied 620 (Eems estuarium) en (als vergelijking) in de Westerschelde.



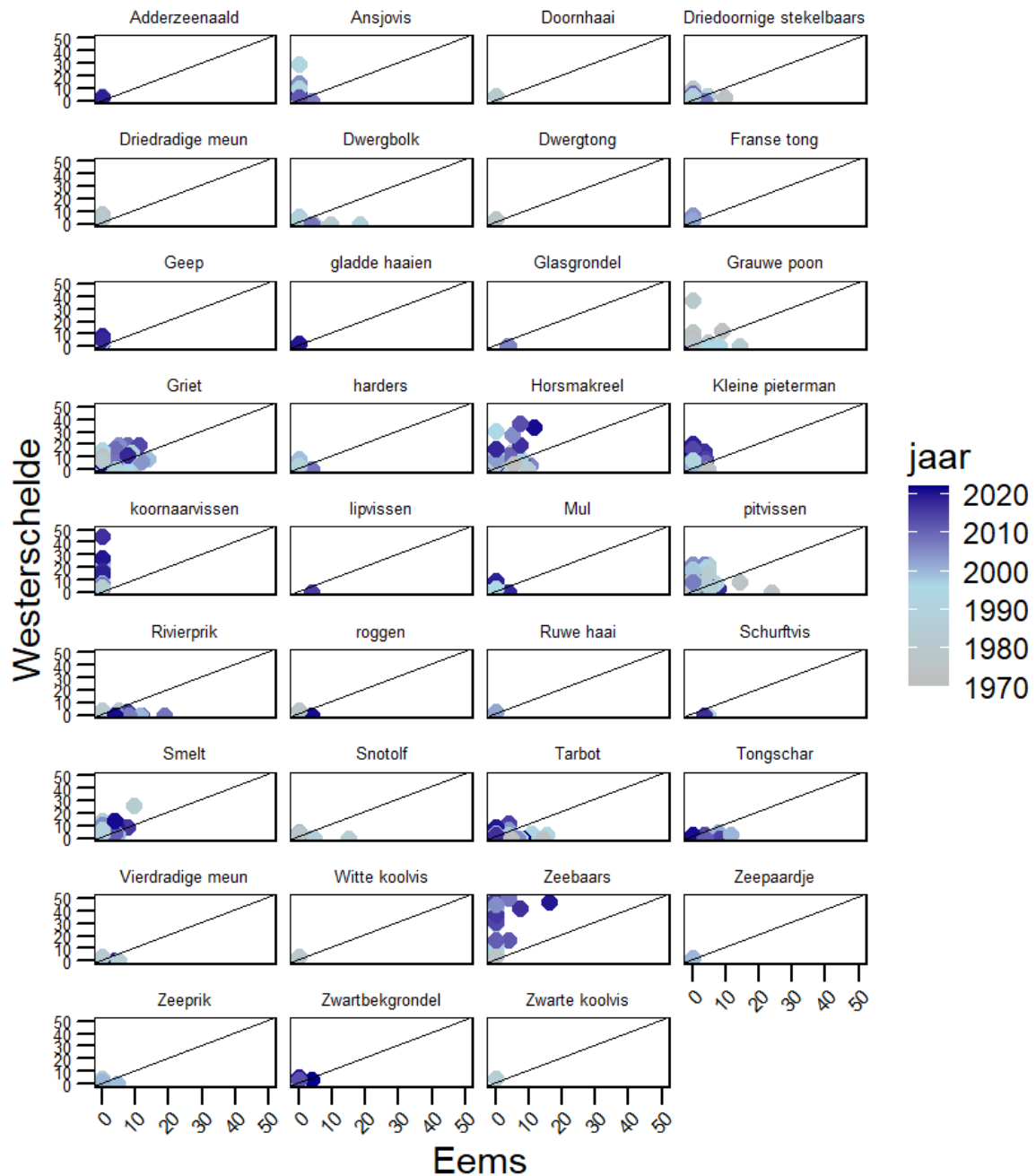
Figuur 9. Trefkans (frequentie van voorkomen) van mariene soorten in het Eems estuarium en (als vergelijking) de Westerschelde op basis van ankerkuilgegevens (KRW monitoring) 2006-2022. Gesorteerd op basis van meest voorkomende soorten (in beide estuaria).

frequentie van voorkomen algemene soorten



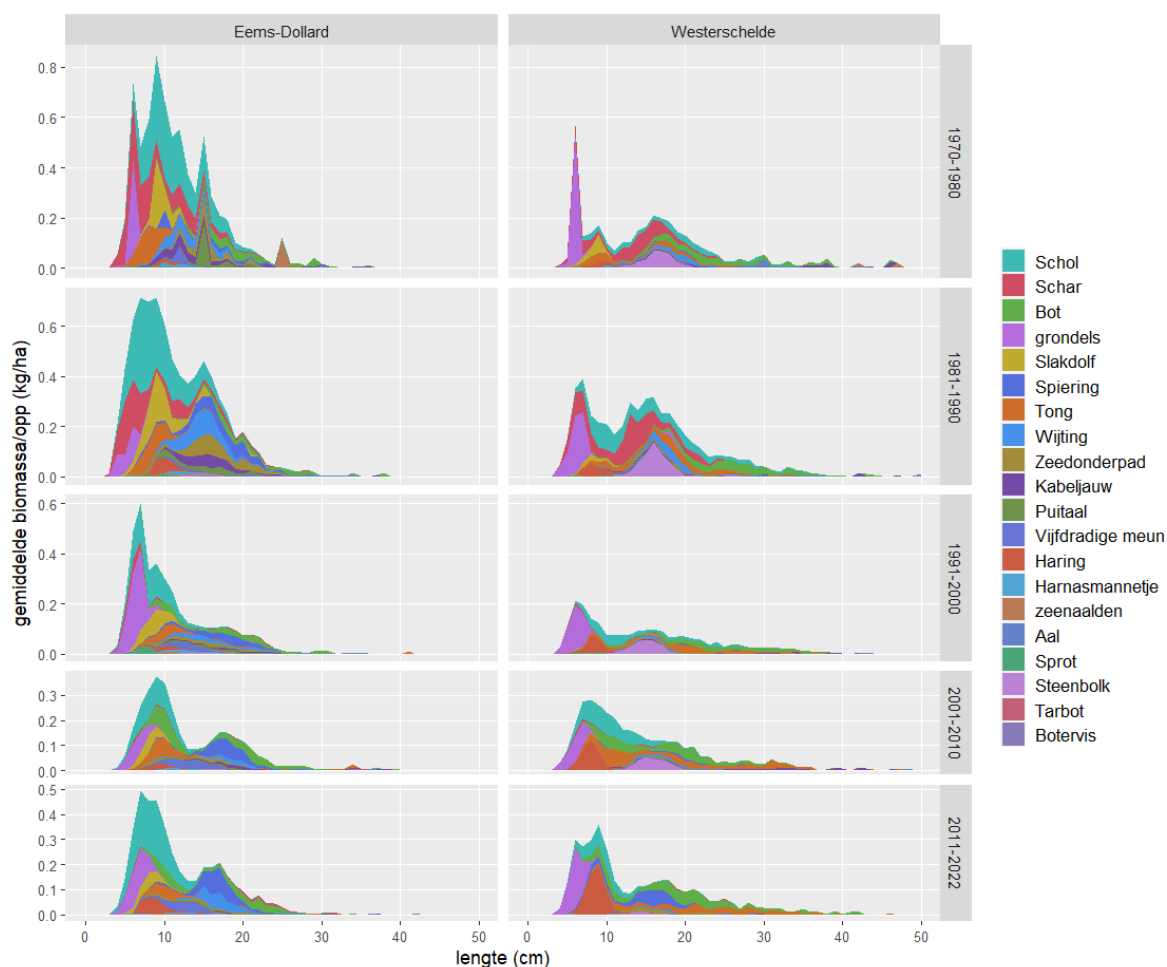
Figuur 10. Vergelijking trefkans (frequentie van voorkomen, % van totaal aantal trekken) van algemene soorten (>10%) in de DFS in de Westerschelde en de Eems. Soorten die op de lijn liggen komen in beide gebieden even vaak voor. Soorten onder de lijn vaker in de Eems, soorten boven de lijn vaker in de Westerschelde.

frequentie van voorkomen zeldzame soorten



Figuur 11. Vergelijking trefkans (frequentie van voorkomen, % van totaal aantal trekken) van zeldzame soorten ($\leq 10\%$) in de DFS in de Westerschelde en de Eems. Soorten die op de lijn liggen komen in beide gebieden even vaak voor. Soorten onder de lijn vaker in de Eems, soorten boven de lijn vaker in de Westerschelde.

De verdeling van de biomassa over de lengtes laat voor beide gebieden, maar vooral in het Eems-estuarium, zien dat met name het aantal grotere vissen achteruit is gegaan (figuur 12). Daardoor is ook de totale visbiomassa afgenomen. Over de hele tijdserie is de totale visbiomassa per oppervlakte in het Eems-estuarium wel hoger dan in de Westerschelde (hele oppervlakte in figuur 12), alhoewel dat verschil in de laatste decennia lijkt te verminderen.



Figuur 12. Lengte-biomassa verdeling (cumulatief) van de 20 meest voorkomende soorten in het Eems estuarium en de Westerschelde per periode van 10 jaar sinds 1970 in de DFS.

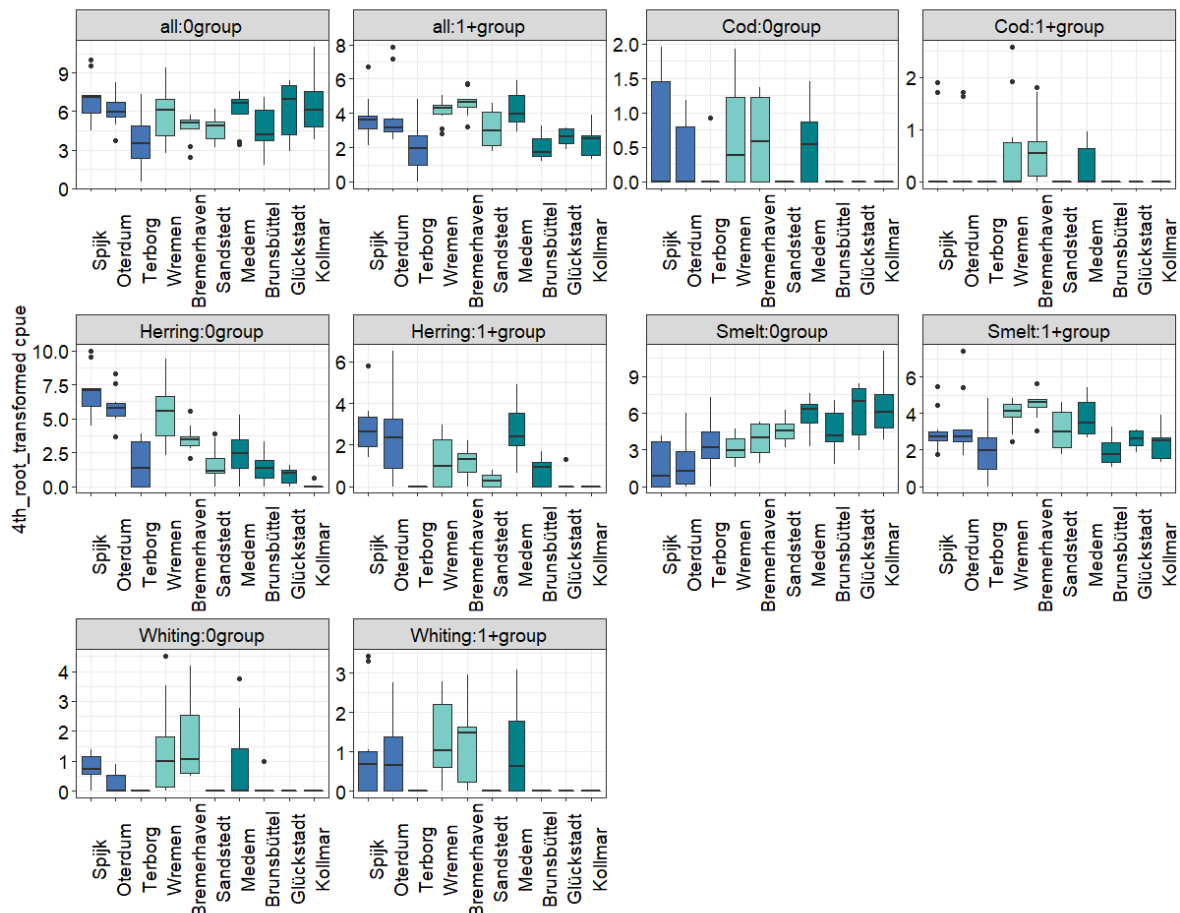
4.3.3.2 Eems-Duitse estuaria

In het laatste Quality Status Report (Tulp *et al.* 2022a) en in Tulp *et al.* (2022b) zijn een aantal vergelijkingen gemaakt tussen trends in het Eems estuarium en de Elbe en de Weser. Dat is met name gedaan voor de diadrome soorten (Quality Status Report) en voor de kinderkamerssoorten op basis van de ankerkuilsurveys.

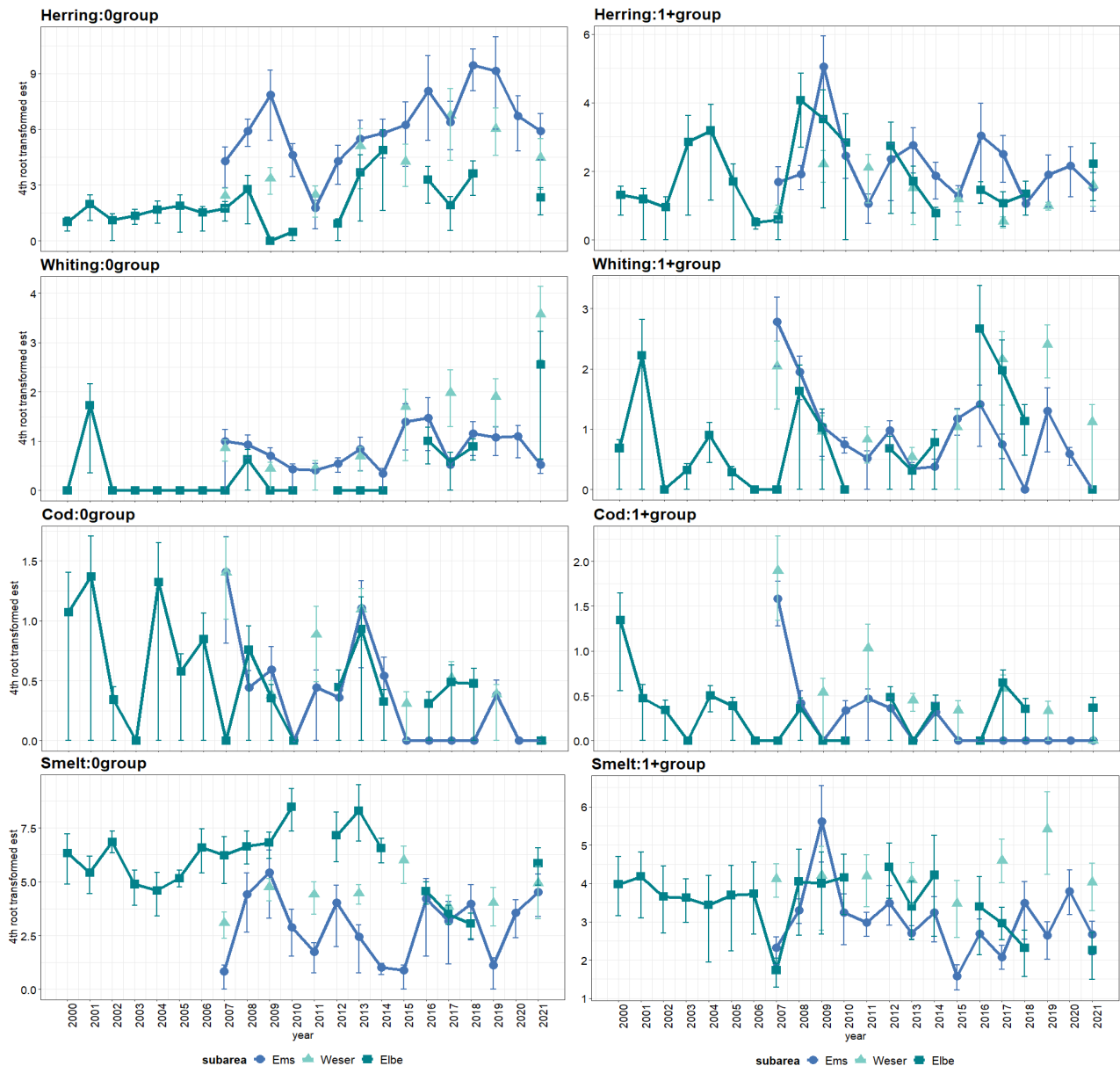
Bij het vergelijken van de drie estuaria op basis van ankerkuilbemonstering is het belangrijk te beseffen dat er aanzienlijke verschillen tussen de estuaria bestaan. Zo verschillen de drie estuaria aanzienlijk in diepte. Stations in het Eems estuarium zijn doorgaans ondieper dan 10 meter. De stations in de Weser zijn dieper dan 10 of zelfs 15 meter. De diepte in de Elbe bedraagt ongeveer 7,5 tot 12,5 meter. Terwijl de huidige slibniveaus in het oppervlaktewater aanzienlijk hoger zijn in de zoetwatergebieden van de rivier de Eems (>6000 mg/l) in vergelijking met de rivier de Elbe (50 mg/l), komen de slibniveaus in de Bocht van Watum (100-200 mg/l) meer overeen met die in het getijdengebied van de Elbe, ongeveer 100 mg/l (BioConsult 2020). De zoutgehalten op de opeenvolgende stations (met uitzondering van Kollmar aan de Elbe) in alledrie de estuaria kunnen worden gecategoriseerd als oligo- (0,5-5 ppt), meso- (5-18 ppt) en polyhalien (18-30 ppt) gaande van de rivier richting het estuarium (Stanev *et al.* 2019). Een ander probleem bij de vergelijking zijn verschillen in de lengte van de tijdreeksen en het interval tussen de bemonsteringsjaren. De Weserstations worden slechts om elke twee jaar bemonsterd, in de Elbe-reeks ontbreken jaren.

De vergelijking tussen estuaria is gedaan voor de vijf jaar waarin alle gebieden zijn bemonsterd: 2007, 2009, 2013, 2017 en 2021. De algemene dichtheden liggen in alle drie de estuaria op een vergelijkbaar niveau voor 0 en 1+ vissen (figuur 13). Voor diadrome en zoutgevoelige soorten zoals spiering en haring is er een duidelijke afname van oligohalien naar polyhalien (spiering) of in tegengestelde richting (haring). De vergelijking tussen estuaria laat de hoogste spieringdichtheid zien in de Elbe en de laagste in het Eems estuarium, maar het tegenovergestelde patroon voor haring, met name de 0-groep (figuur 13). Bij beide soorten heeft de Weser een tussenpositie.

Inzoomen op de individuele stations binnen het Eems-estuarium laat zien dat de afname van het voorkomen van soorten van polyhalien (Spijk) naar oligohalien (Terborg) te zien is van Spijk tot Terborg voor kabeljauw, wijting en haring en een toename stroomopwaarts voor spiering.



Figuur 13. Dichtheden (vangst per inspanningseenheid (CPUE), 4e wortel getransformeerd) uit de ankerkuilmonitoring van de meest voorkomende kinderkamersoorten per leeftijd en vangstlocatie binnen het estuarium voor de vijf jaar waarin alle estuaria zijn bemonsterd: 2007, 2009, 2013, 2017, 2021 (Uit Tulp et al. (2022b)). Eems-Dollard: Spijk, Oterdum en Terborg, Weser: Wremen, Bremerhaven, Sandstedt Elbe: Medem, Brunsbüttel, Glückstadt en Kollmar.



Figuur 14. Trends in dichtheden (vangst per inspanningseenheid (CPUE) 4^e machtswortel getransformeerd) voor 0-groep (links) en 1+ (rechts) voor haring, wijting, kabeljauw en spiering in de drie estuaria.

De afname van de kabeljauw is in alle series duidelijk zichtbaar, en de toename van de wijting (0-groep) wordt ook door alledrie de series opgepikt (figuur 14). In het Eems estuarium en de Duitse estuaria neemt de trend van 0+ haring toe. Spiering is vrij constant in het Eems estuarium, maar neemt af in de Elbe, een patroon dat ook bij de oudere vissen te zien is (figuur 14) en eerder is gerapporteerd (Kopetsch 2023).

4.3.4 'Elke vis telt'

In 2019 is door de Waddenvereniging in het programma 'Elke vis telt' met een ankerkuil jaarrond (behalve de wintermaanden) gevist bij Oterdum (een van de locaties die ook in de KRW monitoring bemonsterd worden). Het doel van dit project was enerzijds het in beeld brengen van het jaarrond gebruik van het Eems estuarium door vis, en anderzijds het onderzoeken of er een alternatief/aanvulling op de huidige KRW methode mogelijk is, door een alternatieve techniek (staande kuil methode) parallel aan de huidige KRW monitoringsmethode (ankerkuil) uit te voeren. Hiernaast is gekeken of de resultaten van de staande kuil toegepast konden worden in de KRW methodiek voor het

beoordelen van 'goede ecologische potentieel' (Walker & Eriksson 2020). Er is tussen maart en november 2019 zeven keer met de ankerkuil en zes keer met de staande kuil gevist op de locatie Oterdum in de Eems. Uit deze bemonsteringen bleken sterke seizoenspatronen, die verschillend kunnen zijn voor verschillende soorten. Het resultaat van de KRW beoordeling (EKR-score) gaf echter geen verschil tussen beide methodes. De vraag is wel wat het KRW beoordelingsresultaat zegt over het functioneren van het Eems-estuarium voor vis.

4.3.5 Studies functioneren intergetijdegebied Eems

Afgezien van monitoring (aan/afwezigheid in dichtheid soorten) zijn er ook een aantal studies uitgevoerd naar het functioneren van het estuarium voor vis. In deze studies wordt onderzocht wat achterliggende oorzaken kunnen zijn van aantalsveranderingen. In de jaren '90 heeft Zwanette Jager promotieonderzoek verricht aan zowel platvis op de slikken van de Dollard als aan trekvis (Jager *et al.* 1993; Jager *et al.* 1995; Kleef & Jager 2002; Jager & Kleef 2003). Uit de studies naar het functioneren van het Eems estuarium voor platvis (Jager 2001), bleek dat jonge platvissen, waaronder schol, bot en tong, van april tot juli in hoge dichtheden in de Dollard voorkwamen. In de Eems waren de dichtheden lager voor schol en hoger voor bot, met een sterke ruimtelijke scheiding tussen de soorten. Saliniteit bleek een belangrijke factor voor hun voorkomen. De kleinste botten werden in het meest stroomopwaartse deel van de Eems aangetroffen en de grootste in de polyhaline zone. De hoeveelheid botlarven in het estuarium werd bepaald door de totale wateraanvoer (Jager 2001; Jager 2002).

Tussen 1999 en 2001 zijn diadrome vissen bemonsterd met een ankerkuil, in 1999 op één visstation in het Groote Gat van de Dollard, terwijl in 2000 een tweede locatie, Oterdum, werd gebruikt om inzicht te krijgen in ruimtelijke variaties (Kleef & Jager 2002). In 2001 werd een tweede station in het Groote Gat toegevoegd voor representativiteit. Bemonsteringen werden gelijktijdig uitgevoerd over vloed en eb, 10 keer per jaar. Van de 41 gevangen vissoorten waren 9 diadrome soorten, waaronder spiering, bot, driedoornige stekelbaars, paling, rivierprik, zeeprik, fint, zeeforel en dunlipharder. Zes van deze soorten waren algemeen voorkomend, zowel in de Dollard als bij Oterdum. De dunlipharder werd echter minder vaak gevonden in de Dollard, terwijl de zeeforel alleen bij Oterdum werd gevangen en de zeeprik alleen in de Dollard. Er is geen invloed van dag-nacht ritmiek of getijfasen op de vangsten gevonden. Spiering en bot waren het hele jaar aanwezig, met grotere aantallen in de Dollard dan bij Oterdum. Paling vertoonde een piek in de zomermaanden, terwijl driedoornige stekelbaars voornamelijk in het vroege voorjaar aanwezig was. Rivierprikken vertoonden een toename van augustus tot november, voornamelijk bij Oterdum. Finten werden voor het eerst gevangen in 1999, met een afname in 2000 en 2001, wat wijst op een zeldzame aanwezigheid in het estuarium.

In de Eems komt relatief veel jonge haring voor (Kopetsch 2023). Op verzoek van RWS is in het najaar 2021 onderzoek gedaan naar het dieet van haring, gevangen op twee plekken in de Eems (Spijk en Oterdum), waarbij met behulp van DNA metabarcoding de soortensamenstelling van de maaginhoud is geanalyseerd (Couperus *et al.* 2022). Behalve het dieet is ook de mate van gevuldheid van de maag, de staat van vertering en de conditie van de jonge haring geanalyseerd. Uit de DNA-metabarcoding analyse bleek dat het voedsel van de jonge haring vooral bestond uit Mysidae (aasgarnalen) en Acartidae (roeipootkreeften). In het dieet kwam ook relatief vaak haring voor. Dat wordt waarschijnlijk veroorzaakt door materiaal van de maagwand van de haringen zelf, maar consumptie van haringlarven kan niet uitgesloten worden. Er waren subtiele verschillen in dieet tussen vissen gevangen in verschillende gebieden, maar geen grote verschillen in het dieet van vissen gevangen bij eb of bij vloed. De haring bij (het zuidelijker gelegen) Oterdum had een slechtere conditie dan de haring gevangen bij Spijk. Dit onderzoek gaat echter over het midden en noordelijke deel, niet het deel met de grootste slibbelasting. Alhoewel vergelijkingsmateriaal met andere gebieden ontbreekt lijkt er in het onderzochte gebied de voedselsituatie voor haring niet beperkend te zijn.

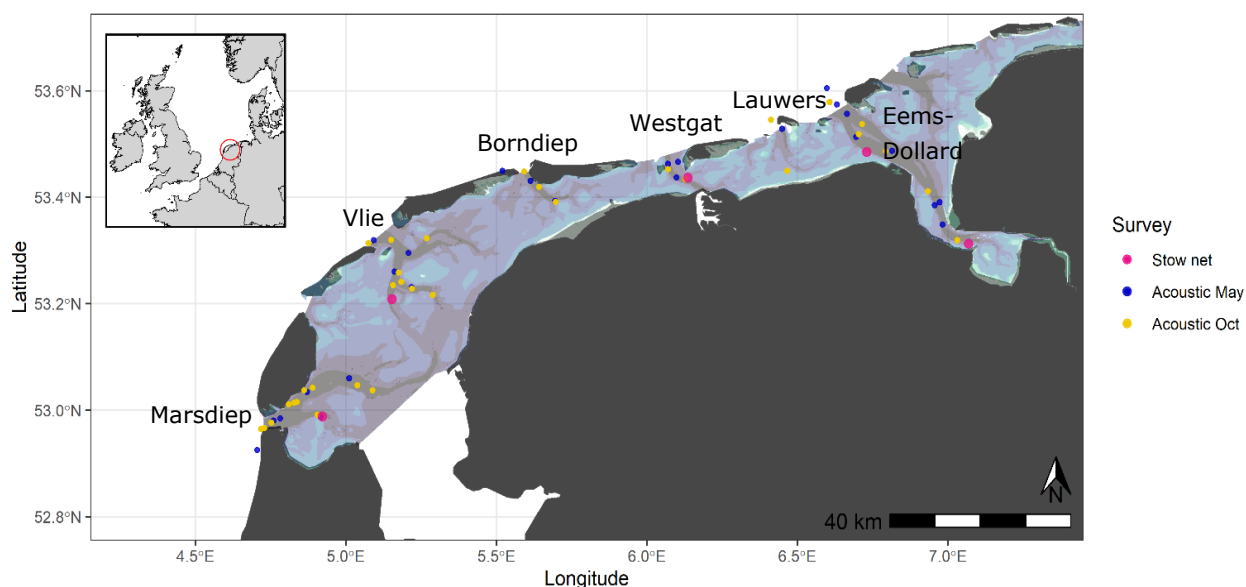
4.4 Ander (lopend) onderzoek Eems estuarium

Naast de hierboven besproken langjarige monitoringseries en oudere onderzoeken zijn er nog een aantal andere onderzoeken op projectbasis die op het moment lopen en waarvan op korte termijn resultaten verwacht worden. Dit betreft allemaal kortlopende onderzoeken.

4.4.1 'Waddentools Swimway'

In het kader van het programma Waddentools Swimway wordt de vis in een aantal kwelderkreken langs de Groninger en Friese kust en op Schiermonnikoog bemonsterd. Ook de met landaanwinningswerken aangelegde kwelders aan de zuidkant van de Dollard zijn gedurende twee jaar bemonsterd. Dit is onderdeel van het PhD project van Hannah Sharan-Dixon van de RUG. De resultaten van dit onderzoek komen voor eind 2024 beschikbaar.

In het deelproject over pelagische vis in het programma Waddentools Swimway (PhD Margot Maathuis, WMR) zijn er jaarrond (2021/2022) ankerkuilbemonsteringen uitgevoerd voor pelagische vis en zoöplankton op vier plekken in de Waddenzee, waaronder het Eems estuarium. Daarnaast is in 2022 een akoestische survey uitgevoerd in alle zeegaten (figuur 15). De resultaten van dit onderzoek komen eind 2024 beschikbaar. Daarnaast zijn er continue akoestische metingen aan pelagische vis uitgevoerd in het Marsdiep en het buitengebied van het Eems-estuarium ter hoogte van Borkum met behulp van een Wide Band Acoustic Tranceiver) (WBAT). Die resultaten zijn deels gepubliceerd (Maathuis *et al.* 2023).



Figuur 15. Treklocaties voor de twee verschillende surveys uitgevoerd in het kader van Waddentools Swimway: ankerkuil (stownet) roze, akoestische survey (acoustic) blauw (mei) en geel (okt).

4.4.2 'Eemsvissen in beeld'

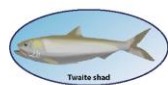
Het onderzoek Eemsvissen in Beeld maakt deel uit van het Waddenfondsproject Ruim Baan voor Vissen 2, dat zich richt op het verbeteren van vismigratie tussen de Waddenzee en het zoete achterland en op het inrichten van leefgebied voor vis. 'Eems-vissen in beeld' is een initiatief van Waterschap Hunze en Aa's en Hogeschool Van Hall Larenstein en wordt uitgevoerd in samenwerking met verschillende partners, waaronder twee Duitse hengelsportfederaties, het Niedersächsische

Landesamt für Wasserwirtschaft, Küsten und Naturschutz (NLWKN) en het Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA).

In dit kader is samen met Duitse collega's een vismigratienetwerk ingericht (figuur 16a). Dit netwerk sluit deels aan op het akoestische netwerk uit het project Swimway Waddentools in de westelijke Waddenzee (figuur 16b). Hiermee kunnen gezenderde vissen gedetecteerd worden van de Eemshaven tot aan Bourtange (NL) en Lingen (Duitsland). Het project richt zich op een aantal trekvissoorten (fint, spiering, paling, rivierprik, bot, driedoornige stekelbaars). Tevens wordt op diverse plekken in het gebied het visaanbod (vis die zich verzamelt bij intrekpunten) in kaart gebracht door te monitoren met fuiken en kruisnetten. Op de locaties Nieuwe Statenzijl, Delfzijl, Knock en Oldersum ontstaat er zo een beter beeld van het soortenspectrum in relatie tot vismigratie bij zoet-zout overgangen in het Eems-Dollard gebied. In aanvulling daarop worden vanaf Nieuwe Statenzijl enkele relevante vissoorten met behulp van pittags en strategisch geplaatste ontvangers gevolgd op het vervolg van hun reis in het binnenwater. Publicaties en rapporten volgen in 2024 onder andere door Donné Mathijssen van Wageningen Universiteit/van Hall Larenstein.

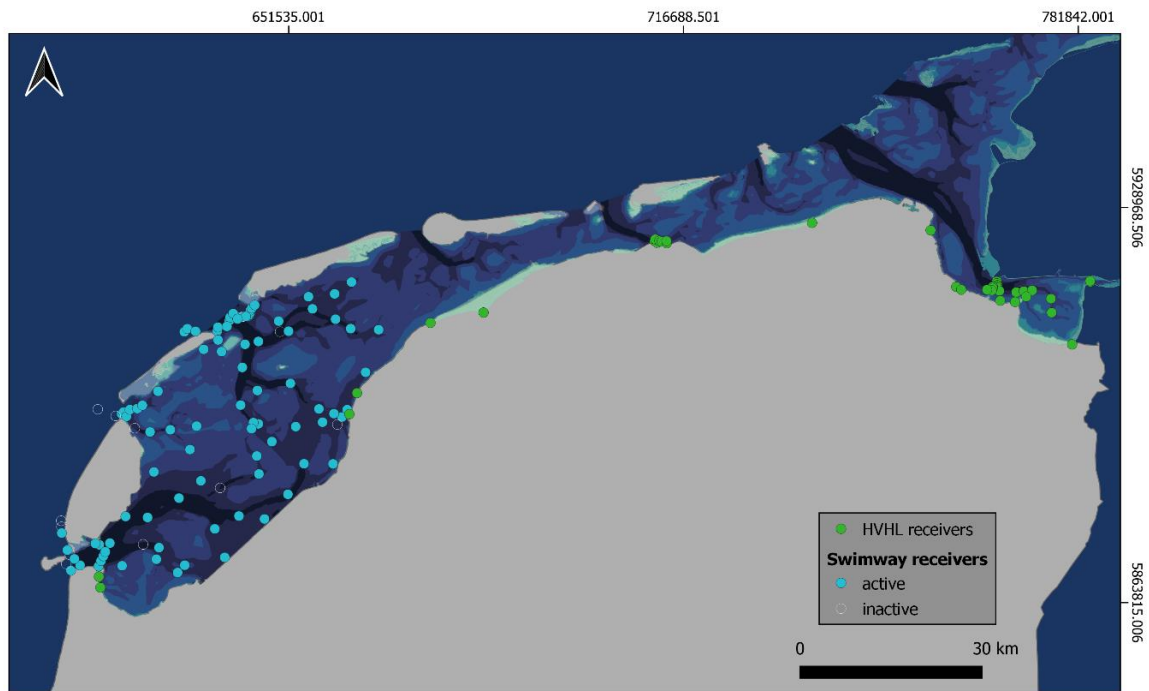
Bij de zeesluis van Nieuwe Statenzijl is sinds september 2022 een monitoringsfuik geplaatst aan de zeezijde. Hiermee wordt het visaanbod afkomstig van het Eems estuarium in kaart gebracht. Het onderzoek op deze locatie loopt door t/m medio 2024 en afhankelijk van financiering tot en met 2025. De resultaten worden in 2025 gerapporteerd. In samenwerking met de NLWKN is ook bij andere, kleinere zoet-zoutovergangen (zoals Delfzijl, Knock en Oldersum) in de afgelopen jaren gemonitord met kruisnetten.

Het project Ruim Baan voor Vissen 2 heeft een looptijd tot en met 31 december 2027. Rapportages en publicaties over de verschillende deelonderzoeken komen gedurende deze periode beschikbaar.



ruimbaanvoorvissen.nl

Figuur 16a. Kaartje met locaties van het akoestische netwerk binnen het waddenfondsproject Ruim Baan voor Vissen 2, deelproject "Eemsvissen in beeld".



Figuur 16b. Akoestische netwerken zoals gebruikt in de programma's Waddentools Swimway (blauw) en Eemsvissen in beeld (groen).

5.1 Enkele soorten uitgelicht

Op basis van voorgaande overzichten lichten we hier enkele soorten uit op basis van de volgende criteria:

- kenmerkende soort voor estuaria
- soort waarvoor aanwijsbare oorzaken zijn voor trends (zowel positief als negatief)
- soort waarvoor het Eems-estuarium nu niet goed functioneert
- soort met paaifunctie in estuaria

Op basis van de kenmerken van de soort en de status proberen we voor zover mogelijk te analyseren welke factoren mogelijk belemmerend zijn en of die factoren binnen het Eems estuarium liggen of erbuiten.

5.1.1 Diadrome soorten

Aal

Trend Eems-Dollard (QSR): vanaf 1980 afname.

Aal is een katadrome soort. Volwassen palingen migreren over grote afstanden van zoetwater naar zoutwater om zich voort te planten. De paai vindt plaats in de Sargassozee, een afgelegen gebied in de Atlantische Oceaan. Na het paaien sterven de volwassen palingen, terwijl de larven, de glasaaltjes, terugkeren naar de kustwateren van Europa. Glasaaltjes trekken de rivieren binnen en ontwikkelen zich tot rode aal. Ze groeien op in zoet water en na enkele jaren worden ze schier. De schieralen vertrekken uit zoetwater en beginnen aan de terugreis naar de Sargassozee om zich voort te planten. Over de zoutwaterfase van aal is weinig bekend. Ze gebruiken estuaria om doorheen te trekken maar of deze gebieden ook een belangrijk voedsel/leefgebied vormen in Nederland is niet duidelijk.

Bot

Trend Eems-Dollard (QSR): vanaf 1970 stabiel, toename 1990-2000, mogelijke lichte achteruitgang na 2000.

Bot is een kustgebonden soort met een uitgesproken voorkeur voor brakwater. De soort is algemeen in de Middellandse zee en komt voor tot en met de noordkust van Noorwegen. In het Eems estuarium is het een algemeen voorkomende residente soort die zich hier ook voortplant. In het Waddengebied fluctueren de aantallen (Tulp *et al.* 2022a; Tulp *et al.* 2022b).

Elft

De elft is een haringachtige anadrome trekvis die in de Schelde, Maas, Rijn en Eems is uitgestorven in de eerste helft van de 20^{ste} eeuw. De soort heeft zijn paaigebieden in de middenloop en bovenstroomse, snelstromende grindrivieren, en paait ook in de hoofdstroom. In Nederland lagen van oudsher geen paaigebieden, maar estuaria waren wel belangrijke opgroeigebieden. Jonge vissen verblijven dicht aan de kust, ouderen trekken zeewaarts (Hartgers *et al.* 2001). In 2008 is in de Rijn een herintroductieprogramma gestart met vooral recentelijk toenemende aantallen elften in de Rijn.

Fint

Trend Eems-Dollard (QSR): negatief sinds 2007, zowel onvolwassen als adult.

Fint is een diadrome vissoort die in het voorjaar de rivieren opzwemt om te paaien, waarna de juvenielen terugzwemmen naar het estuarium en kustwateren en zich voegen bij de oudere vissen. Hoewel de soort tot noord Noorwegen wordt waargenomen, ligt het zwaartepunt van het verspreidingsgebied langs de Zuid-Europese Atlantische kusten en het noordelijke Middellandse zeegebied en kan de soort toch als een zuidelijke soort worden beschouwd. In het Eems estuarium komt de soort in lage aantallen voor.

Fint lijkt twee verschillende paai-strategieën te hebben. Volwassen finten paaien in het algemeen in zoetwatergetijdegebieden, daar waar ongeveer de getijgrens ligt op grindbedden (Jager & Kleef 2003). In de Schelde en Weser is het beeld dat de paai meer pelagisch plaatsvindt in het brakwatergetijdegebied. De voor larven geschikte opgroeiplekken zijn ondiepere nevengeulen en zijarmen (Breine *et al.* 2017). Gemetamorfoseerde vissen groeien op in open zee.

Driedoornige stekelbaars

Trend Eems-Dollard: stabiel, algemeen.

Driedoornige stekelbaarzen die worden aangetroffen in de Eems zijn diadroom. Deze exemplaren verblijven in de winter op zee en zwemmen in het voorjaar de rivier op om zich voort te planten. Er bestaan ook populaties die niet migreren en hun levenscyclus voltooien in het zoete water danwel zoute water. Internationaal lijken de aantallen niet af te nemen in de Noordzee (Heessen *et al.* 2015) terwijl er lokaal wel zorgen zijn over de mogelijkheden voor deze soort om vanuit de zee het zoete water te bereiken. Volgens gegevens van RAVON

(<https://www.ravon.nl/Soorten/Soortinformatie/driedoornige-stekelbaars>) is er de laatste vijf jaar sprake van een lichte dalende trend.

Spiering

Trend Eems-Dollard (QSR): juvenielen 2007-nu: eerst negatief, sinds paar jaar positief. Adulten: stabiel.

De meest zuidelijke estuaria met paaiende populaties bevinden zich in de Golf van Biskaje. In estuaria zoals het Eems estuarium, komt in het voorjaar de volwassen spiering voor die in februari-maart de rivier opzwemt om te paaien. In de zomer, wanneer de watertemperatuur in het estuarium te hoog wordt, wordt het diepere zeewater opgezocht (Belyanina 1969, Sager 1989). Larven drijven stroomafwaarts en in september/oktober verspreidt de spiering zich verder stroomafwaarts, tot in het kustwater. In de winter bevinden de scholen spieringen zich meer bij de bodem, in de zomer zijn ze meer pelagisch. Spiering wordt beschouwd als een koudwatersoort (Elliott & Hemingway 2002): de soort heeft een hoge zuurstofbehoefte en verkiest daarom niet te warm water (vermoedelijk <13 °C) omdat de zuurstofconcentratie vaak hoger is in koeler water. Boven de 20 °C nadert de zuurstofconcentratie in het water een ondergrens en kunnen zich kritieke situaties voordoen. Spiering

is een zichtjager en het dieet verandert van zoöplankton naar geleidelijk meer vis naarmate de vis groeit. De aantallen van juveniele spiering gaan sinds 2007 achteruit in de Waddenzee. In het Eems estuarium zijn de aantallen de laatste jaren wat hoger. Aangenomen wordt dat dit gaat om juvenielen die niet zijn geboren in de Eemsrivier, omdat hier de omstandigheden niet geschikt zijn (Tulp *et al.* 2022a). In de Westerschelde is de spiering jarenlang vrijwel afwezig geweest maar recent nemen de aantallen sterk toe als gevolg van verbeterende waterkwaliteit. Op volle zee wordt spiering langs de kust gevangen tijdens vissurveys, zonder dat er een duidelijk trend te zien is (Heessen *et al.* 2015). Behalve de hier beschreven anadrome spiering, komt in het IJsselmeer/Markermeer ook spiering voor die niet naar het zoute water migreert.

Rivierprik

Trend Eems-Dollard (QSR): sinds 2007 afname, recent stabiel.

De soort staat bekend als een boreale soort (Elliott & Hemingway 2002), maar de Waddenzee en de Eems liggen toch vrij centraal in het verspreidingsgebied. In de westelijke Waddenzee is er een duidelijke dalende trend, terwijl de soort stabiel is in de Duitse Estuaria (Tulp *et al.* 2022a). Het is een anadrome soort die stroomopwaarts paait in de midden- en bovenlopen van rivieren. De larven groeien op in kleine stromende wateren. De soort is hierdoor sterk afhankelijk van de kwaliteit van het habitat stroomopwaarts én van het estuarium habitat zelf. De volgroeide vissen verblijven vlak bij de kust en in estuaria. In de Eems trekken jaarlijks minimaal 10.000en rivierprikken op om te paaien, en er is een beperkte paaitrek via het Eemskanaal naar de Drentsche Aa (Winter *et al.* 2019).

Zeeprik

Trend Eems-Dollard: geen trendinfo, soort komt sporadisch voor. De zeeprik is een anadrome trekvis (trekt stroomopwaarts naar paaigebieden). Zeeprik paait in snelstromende grindrivieren, bijvoorbeeld bovenstrooms in de Maas of Rijn. De larven groeien op in slibrijke rivierbodems. De volwassen fase wordt in de mariene zone doorgebracht in het Noord Atlantische gebied (Hardisty, 1986; Hartgers *et al.* 2001). Een open estuarium (en het elders verbeteren van de trekroutes) is bevorderend voor het verdere herstel van de zeeprik.

5.1.2 Mariene soorten

Ansjovis

Trend Eems-Dollard (QSR): vanaf 2007 onzeker/stabiel.

Ansjovis is een vrij algemene mariene seizoensmigrant in de Eems. Het is een zuidelijke soort die zich in het Noordzeegebied aan de noordrand van het verspreidingsgebied bevindt. In het Noordzeegebied en de Golf van Biskaje paait de soort in estuaria. De soort paaide in de Zuiderzee, en de Ooster- en Westerschelde. De Zuiderzee (afsluiting) en de Westerschelde (verontreiniging) vielen weg in de 20^{ste} eeuw, waarna de Oosterschelde lange tijd gold als het enige paaigebied. In de Oosterschelde werd ansjovis bevestigd door middel van de weervisserij. De opbrengst van deze visserij werd na de aanleg van de Oesterdam (1980) steeds lager. In 2023 werd er in de Oosterschelde helemaal geen ansjovis meer gevangen.

Analyse van abiotische factoren in combinatie met de aanlandingen in de zuidwestelijke delta wijzen op een sterk effect van het moment in het jaar dat de watertemperatuur 14 °C bereikt en de afname van de saliniteit als gevolg van afname van zoetwater toevoer, met name na het voltooiën van de deltawerken (Stark 2023). Gegevens van de halfjaarlijkse ankerkuilbemonstering in de Westerschelde wijzen op beperkte paaiactiviteit en opgroei van jonge ansjovis. Het voorkomen van ansjovis in de Noordzee vertoont sinds de jaren 90 een lichte opwaartse trend. Langs de Nederlandse kust, in de Waddenzee en in de het Eems estuarium (richting zeegaten) worden in de zomer en in het najaar jonge ansjovis aangetroffen. Het is niet bekend waar deze ansjovis wordt geboren, in het gebied zelf of in andere estuaria.

Geep

Trend Eems-Dollard: Geen trendinfo.

De Noordzee ligt redelijk centraal in het verspreidingsgebied. Geep staat bekend als een mariene seizoensmigrant in het Eems-Dollard gebied (Elliott & Hemingway 2002). Het is de vraag of dit

helemaal terecht is, omdat de soort in het voorjaar (in Nederland mei-juni) naar de kust komt om te paaïen in betrekkelijk warm, ondiep water (Zorica & Kec 2011). De soort verlaat de Waddenzee in oktober om de lagere temperaturen in de wintermaanden te ontwijken (Rosenthal & Fonds 1973) en trekken weer naar open zee. In de Waddenzee zet de soort eieren af in zeegrasvelden en op zeewier. Mogelijk beschermt de zeegrasvegetatie de eieren in het ondiepe water en op droogvallende platen tegen uitdrogen (Polte & Asmus 2006). Voor de ei-ontwikkeling is een watertemperatuur 15-18 °C en zoutgehalte van 15-33 promille optimaal. Wanneer de gepen uit het ei komen zijn ze ruim 1 cm lang. Jonge gepen kunnen overleven bij temperaturen tussen 13 °C en 25 °C en een saliniteit van 7 tot 50 promille (Rosenthal & Fonds 1973). Het is een uitgesproken zichtjager, die zich voornamelijk voedt met kleine (jonge) haringachtigen. Op grond hiervan en op basis van het voorkeurspaaï habitat, heeft deze soort mogelijk te lijden onder de slibproblematiek in het Eems estuarium, maar er zijn geen data om dit te staven.

Harder soorten

Trend Eems-Dollard: geen info.

In Nederland komen drie soorten voor: de diklipharder (*Chelon labrosus*), dunlipharder (*Liza ramada*) en de goudharder (*Liza aurata*). In het veld wordt vaak geen onderscheid gemaakt tussen de soorten, vandaar dat ze als groep worden behandeld. Harders komen veel voor in zeer troebel water en zijn bijvoorbeeld ook vaak in havens en bij riooluitlaten te vinden. Dunlip- en goudharder zijn zuidelijke soorten. Het zwaartepunt van de verspreiding van diklipharder is in de Noordzee. Diklip- en dunlipharder kunnen voorkomen in water met zeer lage zoutconcentraties. Met name de diklipharder wordt ook in zoetwater aangetroffen. Goudharder heeft een voorkeur voor zouter water. Diklipharder wordt langs de hele kust aangetroffen, inclusief de Eems. Volgens de gegevens van RAVON, is er voor deze soort sinds 2015 sprake van een licht dalende trend. Volgens de ankerkuilbemonstering gaat het bij de harders in de Eems vooral om dunlipharders. In de ankerkuilbemonstering in de Westerschelde worden overwegend dunlip- en goudharders gevangen, net als in kornetbemonstering langs het strand bij IJmuiden (Couperus *et al.* 2021). Van alle drie de soorten wordt verondersteld dat ze ergens voor de kust paaïen, waarna de jongen en larven naar warm, ondiep en troebel water drijven en daar opgroeien (Harrison, 2003). Harders voeden zich met fytoplankton (o.a. algen), zoöplankton (o.a. diatomeeën) en detritus (Salvarina *et al.* 2018; García-Márquez *et al.* 2021). De diklipharder foerageert in de getijdenzones op dicht bij de bodem levende fyto- en zoöplankton die ze van de zandbodem grazen. Deze manier van foerageren laat duidelijke sporen na die waargenomen kunnen worden op drooggevalen stukken in de getijdenzone. De algen worden op dezelfde manier van de bodem, kademuuren en rotsen geschrapt.

Haring

Trend Eems-Dollard (QSR): sinds 2007 toename, recent stabiel.

Haring is zeer algemeen in het Eems-Dollard gebied. Deze soort is ook zeer algemeen in het noorden van de Atlantische oceaan. De soort heeft veel subpopulaties, in het Noordoost Atlantische gebied wordt de hoofdpopulatie gevormd door de Atlanto-Scandinavische haring of Noorse voorjaarspaaïers. In de rest van het gebied komen vele satelliet populaties voor. Sommige van deze subpopulaties zijn zeer lokaal en gebonden aan bijvoorbeeld één fjord of baai. Het bestand van de Noordzee najaars- en winterpaaïers is betrekkelijk groot. De grootste paaïplaats bevindt zich in het kanaal (*Down's*). De larven van dit bestand komen met de stroming terecht voor de Nederlandse kust. En groeien daar op tijdens hun eerste jaar. Ankerkuilgegevens van de Westerschelde en de Eems in combinatie met de voorlopige resultaten van het Swimway project lijken erop te wijzen dat 1-jarige haring zich in de zomer heel dichtbij het strand, in de brandingszone, ophoudt en heel algemeen is in de Westerschelde, de Waddenzee en de Eems. De grote hoeveelheden jonge haring die in het Eems estuarium worden aangetroffen zijn dus waarschijnlijk afkomstig van de Noordzee najaarspaaïerspopulatie, maar het is niet uitgesloten dat (een deel) afkomstig is van (een) lokale paaïende populatie(s).

Harnasmannetje

Trend Eems-Dollard (QSR): sinds 2007 variërend, sinds 2010 afname.

Het harnasmannetje is een residente soort, met een noordelijk verspreidingsgebied en plant zich voort en groeit op in het Eems estuarium. In de Noordzee is geen duidelijke trend waarneembaar (Heessen *et al.* 2015). De soort neemt af in de hele Waddenzee (QSR). In de Westerschelde lijkt de soort ook minder algemeen te worden (de Boois & Couperus 2022).

Slakdolf

Trend Eems-Dollard: stabiel (Tulp *et al.* 2017).

De soort komt in kleine aantallen voor in de DFS bemonstering en in de ankerkuil. Tijdens de najaarsbemonsteringen met de ankerkuil in het kader van het Swimway project werd de soort algemeen aangetroffen. Op de Noordzee is de soort stabiel (de Boois & Couperus 2022). Ook in de Westerschelde is er geen duidelijke trend waarneembaar. Het is een estuarine residente soort met een uitgesproken noordelijke verpreiding in Europa. De Noordzee vormt de zuidrand van het verspreidingsgebied.

Snotolf

Trend Eems-Dollard: geen info.

Jonge exemplaren worden regelmatig aangetroffen in de ankerkuilvangst. Snotolf is een pelagische soort die alleen in de kustzone komt om zich voort te planten. De soort komt voor in de hele Noordzee (de Boois & Couperus 2022) en is in pelagische vissurveys in de Noorse zee de soort die het vaakst wordt aangetroffen in de vangst (maar dan altijd slechts enkele exemplaren; Holst, 1993). Tijdens de voortplantingsperiode bewaakt het mannetje een nest met eieren en zuigt zich vast met de zuignap die zich op de buik bevindt. Hiervoor is hard substraat nodig. Het is onduidelijk wat het belang is van estuaria met zacht substraat voor het opgroeien van de jongen.

Puitaal

Trend Eems-Dollard (QSR): afname vanaf 1980, daarna variërend, verdere afname sinds 2015.

Noordelijke, residente mariene soort in estuaria met zachte ondergrond. Sinds 1970 fluctuerend, maar de algemene trend is dalend in de Waddenzee. De aanwezigheid in de lente hangt samen met de temperatuur en het zoutgehalte in de voorgaande winter en zomer, terwijl de aanwezigheid in de herfst verband houdt met de zomertemperatuur en de temperatuur en het zoutgehalte in de voorgaande winter (Mendez, 2014). Ook de daling in de jaren 90 in de gehele Noordzee en de blijvende lage stand sinds 2000, lijken erop te wijzen dat hogere temperaturen minder gunstig zijn voor de soort.

Schar

Trend Eems-Dollard (QSR): afname sinds 1980, daarna stabiel.

Schar is een soort met een betrekkelijk noordelijke verspreiding en heeft een voorkeur voor zandige bodem. Paai vindt plaats in het voorjaar en de vroege zomer. De larven zijn pelagisch en zwemmen naar warm ondiep water aan de kust. De juvenielen groeien vervolgens op in estuaria. Na een piek in de jaren 80, is deze soort flink afgenomen in het Eems estuarium. Sinds 2000 zijn de vangsten stabiel. Deze ontwikkeling volgt die van andere estuaria in de Waddenzee (QSR). Dit komt niet helemaal overeen met de aantalsontwikkeling in de Noordzee, waar de aantallen in de jaren 80 laag zijn en rond 1990 een piek laten zien, waarna de aantallen afnemen (Heessen *et al.* 2015). Recentelijk worden grotere (1+ groep) scharren in de Waddenzee vooral in de winter aangetroffen (Vrooman *et al.* 2021).

Sprot

Trend Eems-Dollard (QSR): geen info.

Elliot en Hemingway (2002) noemen sprot een zuidelijke soort. De Noordzee ligt in het centrum van het bekende verspreidingsgebied. De soort kan goed tegen lage zoutgehaltes (tot 4 PSU; Muus *et al.*, 1999) en is zeer algemeen in de Noordzee, met name langs de kust. Sprot paait overwegend in de periode mei – augustus op zee. In de Noordzee is dat vooral langs de Engelse kust in de Duitse bocht en ten westen en noorden van Schotland. Uit vislarven-surveys (Taylor *et al.*, ICES 2007) blijkt dat er

hoge concentraties sprouteieren en larven van haringachtigen voorkomen ten noorden van de Waddeneilanden en in de Duitse Bocht. De paaitijd van sprout strekt zich uit over een lange periode in het jaar (maart-augustus) met een piek in mei en juni. Een sprout paait meerdere keren in het paaiseizoen. De eieren (0.8-1.3 mm grootte) zweven in het water en komen na 3-4 dagen uit; de sprotlarven zijn dan 3.0-3.6 mm. Na 1 jaar is sprout geslachtsrijp bij een lengte van 10 cm. Sprout wordt maximaal ca. 6 jaar oud en kan een lengte van ca. 17 cm bereiken. In estuaria is sprout een seizoensmigrant. In bestandsopnames langs de Nederlandse kust is sprout de algemeenste soort. Opvallend is dat de soort heel dicht op het strand, in de delta en in de Waddenzee veel minder wordt gevangen dan jonge haring. Ook in de Eems is sprout veel minder algemeen dan haring. Gezien de paaistrategie, die duidelijk verschilt van haring (in de zomer versus winter; pelagisch versus afzetten op substraat) en het gescheiden voorkomen (verder van de kust versus in estuaria), hebben deze twee clupeïden-soorten een zeer verschillende natuurlijke historie/ecologische niche, ondanks het feit dat ze sterk op elkaar lijken en vaak in dezelfde vangst worden aangetroffen.

Vijfdradige meun

Trend Eems-Dollard (QSR): toename sinds 1990.

Dit is een algemene soort in het Eems-Dollard gebied, die zich in de winter en het vroege voorjaar voortplant in dieper water, wellicht buiten het gebied. In tegenstelling tot de meeste andere soorten in de Eems, heeft vijfdradige meun een voorkeur voor hard substraat. Exemplaren worden dan ook veel aangetroffen bij strekdammen, dijken en allerlei objecten en begroeiing. Het verspreidingsgebied strekt zich uit langs de kust van Spanje tot noord Noorwegen. Voor deze soort wordt in het QSR een toename geconstateerd voor in de periode 1990-2000 (hetzelfde patroon als bot). Het algemene patroon voor andere delen in de Waddenzee is een toename sinds eind jaren 1980, hetgeen waarschijnlijk samenhangt met een toename van de temperatuur en herstel van mossel- en oesterbanken.

Wijting

Trend Eems-Dollard (QSR): vanaf 1970 afname, sinds 2000 stabiel. In 2023 een plotselinge sterke toename in de Waddenzee.

Wijtingen gebruiken de Waddenzee voornamelijk als opgroeigebied. Het is een algemeen voorkomende soort in zowel DFS- als ankerkuilsurvey. Het voedsel bestaat uit kreeftachtigen als garnalen en krabben, en uit diverse weekdieren, borstelwormen en kleine visjes. Wijting paait in de Noordzee in het vroege voorjaar op de zeebodem.

Zeedonderpad

Trend Eems-Dollard (QSR): vanaf 1970 variërend, recent dalend.

De zeedonderpad is een residente soort en leeft op de bodem, zowel op zand als tussen stenen en wieren. Ze jagen vooral 's nachts. Het voedsel bestaat uit ongewervelde bodemdieren en kleine bodemvissen. De paaitijd duurt van december tot maart. De eieren worden in dikke kluiten tussen stenen afgezet en bewaakt door het mannetje.

5.2 Voor welke soorten zijn er belemmeringen in het Eems-estuarium?

Om de soorten te destilleren waarvoor het estuarium nu mogelijkwerijs niet goed functioneert hebben we op basis van beschikbare gegevens vergelijkingen gemaakt met andere estuaria. Daarnaast zijn ook de trendgegevens zoals gepresenteerd in de QSR apart voor het Eems estuarium samengevat in tabel 1. In de tabel staan alleen de soorten waarvoor de series lang genoeg waren (>10 jaar) en waarvan trends berekend konden worden. Van deze soorten zijn er een flink aantal die afnemende trends vertonen. Dat betekent automatisch dat zeldzamere soorten ontbreken.

Van verschillende soorten zijn de trends over de afgelopen 20 jaar heel vergelijkbaar tussen het Eems estuarium en de hele Nederlandse Waddenzee: bijvoorbeeld schol, schaar en wijting. Soorten die in het

Eems estuarium achteruit gaan zijn in ieder geval **tong, kabeljauw, puitaal, zeedonderpad, harnasmannetjes, aal, fint en ansjovis**. Dit zijn mogelijk soorten waarvoor het systeem niet goed functioneert, maar de oorzaak hiervan kan ook breder of elders liggen. Soorten die er in vergelijking met de Westerschelde negatief uitspringen zijn **puitaal en zeedonderpad**.

De **zeldzamere trekvissoorten** zijn zo zeldzaam dat er geen goede trends voor berekend kunnen worden. In een onderzoeksprogramma naar beperkende factoren (bv door slib) voor het functioneren van de soorten zouden bovengenoemde soorten extra aandacht moeten krijgen, aangevuld met soorten waarvan het vermoeden bestaat dat ze op basis van hun eigenschappen mogelijk hinder ondervinden van het hoge slibgehalte en soorten waarvan überhaupt weinig bekend is (zoals genoemde trekvissoorten). Afgezien van een soortgerichte aanpak is het echter ook essentieel in te zetten op een ecosysteembreed onderzoeksprogramma waarin habitat-visinteracties beter in beeld worden gebracht.

Tabel 1. Trendsamenvatting uit de QSR (Tulp et al. 2022a) aangevuld met trendsamenvatting voor het Eems estuarium.

		↓ =decrease	→ =stable	↑ =increase	0 =uncertain											
		Dutch Wadden Sea					German Wadden Sea				Eems					
		1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	
Marine juvenile species																
Pleuronectes platessa	plaice	↑	↓	→	→	→	→	↓	→	→	↑	→	→	→	→	
Solea solea	sole	↑	↓	↑	→	→	↓	↓	0	0	↓	↓	↑	↓	→	
Limanda limanda	dab	→	→	↓	↓	→	↓	↓	→	→	→	→	↓	→	→	
Merlangius merlangus	whiting	↑	→	↓	→	→	→	→	→	↑	↑	→	↓	→	→	
Gadus morhua	cod	0	↓	→	0	0	↓	0	0	↓	0	↓	0	↓	0	
Chelidonichthys lucerna	tub gurnard	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dicentrarchus labrax	sea bass	0	↑	↑	→	↓			0	0				0	0	
Clupea harengus	herring	0	↑	→	↓	0	→	0	→					0	0	
Estuarine resident species																
Platichthys flesus	flounder	→	→	→	→	→	→	→	→	0	→	→	↑	→	→	
Zoarces viviparus	eelpout	↑	↓	→	→	→	→	0	0	0	→	↓	→	→	↓	
Myoxocephalus scorpius	bullrout	↑	↓	→	→	↓	0	0	0	↓	↑	↓	→	→	↓	
Ciliata mustela	five-bearded rockling	→	→	→	→	→	→	→	→	0	→	→	↑	→	→	
Agonus cataphractus	hooknose	↑	→	↓	↑	↓	↑	↓	→	↓	↑	→	→	↑	↓	
Syngnathus sp.	pipefishes	0	↑	→	→	→	→	→	→	→	0	↑	0	0	0	
Diadromous species																
Anguilla anguilla	eel	0	↓	0	0	0		0	0	0	0	↓	0	↓	0	
Anguilla anguila (young)	eel	↓	↓	↓	→	↓				→	0	0	0	0	0	
Osmerus eperlanus (Apr-May)	smelt				↑	↓			0	↓				→	→	
Osmerus eperlanus (Aug-Oct)	smelt	0	0	0	0	↓	↓	→	→	→				0	→	
Alosa fallax (Apr-May)	twaite shad	↑	↓	→	0	↓			→	→				0	0	
Alosa fallax (Aug-Oct)	twaite shad	0	→	→	↓	↓	→	0	0	0				0	↓	
Lampetra fluviatilis	river lamprey				↓	→	0	↓	→					→	→	
Petromyzon marinus	sea lamprey				↓	↓			0	0						
Salmon salar	salmon								0	0						
Salmo trutta	sea trout	0	↓	→	→	↓			→	→						
Coregonus oxyrinchus	houting				↑	↑										
Marine adventitious and seasonal migrant species																
Sprattus sprattus	sprat	0	↑	↓	↓	0	0	↓	→					↑	↑	
Engraulis encrasicolus	anchovy	0	0	0	0	0	↑	0	0					0	↓	

6 Onderzoeksplan vis in Eems estuarium

6.1 Vanuit informatiebehoefte naar aanbevelingen

6.1.1 Informatiebehoefte

Vanuit RWS is er een duidelijke informatiebehoefte met betrekking tot het functioneren van het Eems-Dollard estuarium voor vis. RWS heeft de informatiebehoefte als volgt gedefinieerd:

1. Welke soort(groep)en maken gebruik van het systeem?
2. Welke soorten 'zouden moeten voorkomen' in een natuurlijk functionerend estuarium?
3. Hoe functioneert het huidige systeem voor verschillende vissoorten?
4. Voor welke soorten zijn de verhoogde slibconcentraties een probleem?
5. Welke maatregelen kunnen genomen worden om het functioneren van het Eems-Dollard estuarium voor vis te verbeteren?

Beantwoording van vraag 1 volgt (deels) uit lopende monitoringactiviteiten en is in hoofdstuk 4 (deels) beantwoord. Vraag 2 is beantwoord in de literatuurstudie (hoofdstuk 4). Voor het beantwoorden van vraag 3 (en indirect daarmee ook vraag 4) is kennis nodig over een aantal verschillende parameters die in tabel 2 zijn opgesomd. Van bovengenoemde vragen laten we vraag 5 nu nog even buiten beschouwing omdat dit meer een directe toepassingsvraag is, die pas beantwoord kan worden na beantwoording van de eerste vier vragen.

We maken voor vraag 3 en 4 onderscheid tussen de volgende drie informatie-aspecten:

- a) Informatie over aantallen, dichtheden, trends en verspreiding
- b) Informatie over demografische aspecten: sterfte, recrutering (aanwas jonge vis), groei, conditie
- c) Kwaliteit van het leefgebied: habitat en connectiviteit

6.1.2 Hoe verhoudt de informatiebehoefte zich tot bestaande kennis en monitoringprogramma's?

Voor wat betreft **vraag 1** over aanwezigheid van soorten zijn de huidige monitoringsprogramma's een goede basis. Dat is echter niet afdoende omdat deze voor sommige soorten minder geschikt zijn (geringe vangst-efficiëntie) en omdat seizoensvariatie slecht gedekt is. Het kan zijn dat soorten wel voorkomen maar nu worden gemist. **Vraag 2** is beantwoord in de literatuurstudie.

Vraag 3 behelst de meest complexe aanpak. Voor het onderzoeken van het functioneren van het systeem is meer nodig dan alleen aanwezigheid registreren. Daarvoor zijn metingen nodig aan demografische processen en sturende factoren daarin. Dan valt te denken aan parameters zoals voortplanting, groei, sterfte, dieet en conditie. Voor deze vraag is de kwaliteit van het leefgebied belangrijk. Daarbij gaat het om zaken als voedselaanbod, de aanwezigheid van predatoren, visserijdruk, de waterkwaliteit en de aanwezigheid van paai- en of schuil-habitat. En dat geldt dan voor allerlei verschillende habitats in het gebied: wadplaten, geulen, zeegrasvelden, kwelders. En voor migrerende soorten werken connectiviteit en knelpunten buiten het Eems estuarium ook door op hun voorkomen in het studiegebied.

Vraag 4 gaat specifiek over de mogelijke doorwerking van de hoge slibconcentraties. Naast de indicatoren nodig voor de beantwoording van de andere vragen, vergt deze vraag specifieke onderzoeken waarbij de relatie tussen slibvoorkomen en het functioneren van het gebied voor verschillende vissoorten onderzocht wordt. Daarnaast is het belangrijk om vast te stellen of dit probleem zich in alle levensfasen voordoet, en of een mogelijk effect afhangt van bepaalde drempelwaarden die zich soms voordoen of het continu een probleem vormt. In tabel 2 worden de suggesties, gedaan in de workshop, ingedeeld in de bovengenoemde drie informatie-aspecten, in deelaspecten en worden de indicatoren genoemd waarmee antwoord gegeven kan worden op de vragen 1 en 3. In de tabel is ook aangegeven of in de informatiebehoefte wordt voorzien met de bestaande langjarige monitoringprogramma's of in een project.

Tabel 2. Informatiebehoefte, indicatoren die nodig zijn om die vragen te beantwoorden en dekking in bestaande meetprogramma's. Gilde afkortingen: MJ=marien juveniel, CA=diadroom, ER=estuaria resident.

vraag	informatie-aspecten	deelaspect	indicatoren	gilde	dekking door geborgd meetnet	frequentie	dekking door andere activiteiten
1. Welke soort(groep) en maken gebruik van het systeem?	dichtheden, trends en verspreiding	aantallen	dichtheden irt populatie	alle	KRW ankerkuil	2 x pj voor/najaar	
			dichtheden irt populatie	MJ + ER	DFS	1 x pj, september	
		verspreiding	verspreiding soorten	MJ	DFS	1 x pj, september	
			verspreiding soorten	CA			Tracking (telemetrie) Eemsvissen in beeld
3. Hoe functioneert het huidige systeem voor verschillende vissoorten?	demografische processen	reproductie	dichtheden jonge vis	MJ, CA	DFS	1 x pj, september	
		sterfte	sterfte vis	-	-	-	
		conditie	conditie vis	MJ	DFS	1 x pj	
			conditie vis	overig e	-	-	
		kwaliteit foerageergebied	voedselaanbod pelagische vis	alle	-	-	Zoöplankton-bemonstering Swimway 2021
		kwaliteit foerageergebied	voedsel-aanbod demersale vis	alle	SIBES/WMR	1 x pj	
		kwaliteit rust/schuilgebied	dichtheid predatoren	alle	SOVON (vogels), WMR (zeehonden)	4 x pj	
		kwaliteit rust/schuilgebied	visserij-druk	alle	WMR (VMS)	continu	
		kwaliteit rust/schuilgebied/f oerageergebied onderbelichte habitats	dichtheden/die et vissen in kwelders	MJ en ER	-	-	Swimway kwelders
		kwaliteit doortrekgebied	connectiviteit	alle	-	-	tracking/fuiken Eemsvissen in beeld
		kwaliteit paaigebied	aanwezigheid paaigebied	alle	-	-	
		kwaliteit paaigebied	waterkwaliteit	alle	RWS	-	

6.2 Onderzoeksplan: aanbevelingen

6.2.1 Integrale coördinatie onderzoeken

De aanpak van alle relevante onderwerpen met betrekking tot de Eems Dollard zal idealiter moeten bestaan uit een combinatie van: 1. de analyse van bestaande vis en abiotische monitoringgegevens, zowel binnen als buiten het Eems estuarium, 2. aanvullende monitoring en veldstudies voor het verzamelen van nieuwe vis en abiotische gegevens, 3. lab- en veldexperimenten en 4. theoretische modelstudies. Tot nu toe zijn de uitgevoerde visstudies gericht geweest op kleine deelonderwerpen. De vragen rondom vis in het Eems estuarium kunnen alleen worden aangepakt als meerdere onderwerpen in samenhang worden bestudeerd. De beperking bij dit soort onderzoeken is ook dat de data nu nog versnipperd zijn opgeslagen.

In de Eems Dollard zijn diverse partijen en waterbeheerders betrokken die allemaal belang hebben bij een goed functionerend Eems-Dollard estuarium. Voor wat betreft vismigratie en visecologie in relatie tot habitat gebruik is het van groot belang dat de partijen samenwerken, prioriteiten stellen en integrale vraagstukken oppakken onder leiding van de waterbeheerder van de Eems Dollard. RWS is beheerder van het waterlichaam, Provincie Groningen van de kustgebieden, maar ook waterschappen en Duitse organisaties spelen een belangrijke rol. De vragen gesteld onder 5.1.1 en met name vraag 5 zou op basis van een lange termijn onderzoekstrategie moeten worden beantwoord. Een deel van deze organisaties zijn reeds verenigd in de Werkgroep Vis voor het Eems estuarium. Verder bestaat er ook het platform ED2050. Voor de uitvoering van een meerjarig onderzoeksplan is het noodzakelijk dat de regie vanuit een dergelijk platform plaatsvindt. Reeds bestaande onderzoekstrajecten (o.a. Swimway, WOT monitoringsprogramma, Ruim Baan voor vissen, etc) kunnen vanuit een integrale coördinatie als basis dienen voor een integraal Eems Dollard samenwerkingsverband. Voorbeelden van dergelijke samenwerkingsverbanden in andere stroomgebieden in Nederland zijn het samenwerkingsverband Rijn-West (<https://iplo.nl/thema/water/oppervlaktewater/kaderrichtlijn-water/uitvoering-kaderrichtlijn-water/rijn-west/>) en het samenwerkingsverband Ecologische Verbindingszone Noordzeekanaal (<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/ecologische-verbindingszone-noordzeekanaal/>). Binnen deze samenwerkingsverbanden wordt op basis van samenwerkingsovereenkomsten onderzoek uitgevoerd en gecoördineerd (vanuit RWS). Ook zijn er diverse overlegstructuren waarbij waterbeheerders, betrokkenen (zoals sportvisserij Nederland, havenbedrijven, gemeentes, etc) en onderzoekers aan tafel zitten om handelingsperspectieven, onderzoeksstrategieën en of onderzoeksresultaten te bespreken. Zeker ook gezien de plannen met betrekking tot de Tidesteuring in de Eemsrivier (<https://www.masterplan-ems.info/massnahmen/flexible-tidesteuerung>) is internationale samenwerking noodzakelijk.

Het voeren van de regie vanuit een hierboven geschetst gewenst samenwerkingsverband, houdt een fundamentele verandering in van de manier waarop onderzoek wordt uitgezet vanuit RWS en andere overheidsinstanties. Aan de hand van de inbreng van het samenwerkingsverband zullen de partijen onderling moeten afstemmen wie welke concreet voorgestelde activiteiten financieren.

In de volgende paragrafen wordt besproken wat er in een dergelijk samenwerkingsverband onderzocht zou moeten worden om te voldoen aan de informatiebehoefte (6.1.1), waarbij we hebben gepoogd om op basis van inhoud het benodigde onderzoek te formuleren vanuit een breed gedragen onderzoeksveld.

6.2.2 Onderscheid monitoring en onderzoek

Bij het nadenken over welk onderzoek er nodig is om de komende jaren antwoorden te vinden op de vijf vragen in 5.1.1 informatiebehoefte, is het belangrijk onderscheid te maken tussen monitoring en onderzoek. Een pragmatische definitie voor het onderscheid daartussen is dat monitoring een doorlopende activiteit is om ontwikkelingen te meten, terwijl een onderzoek kortdurender is en meer gericht op het verkrijgen van proceskennis en inzichten in onderliggende mechanismen en relaties, en

in principe afgesloten wordt door het beantwoorden van de onderzoeksvraag. In een monitoring-beheercyclus dient monitoring in eerste instantie om veranderingen in de toestand van het systeem te signaleren. Wanneer er een afwijkende ontwikkeling optreedt in één of andere indicator kan dat aanleiding zijn voor maatregelen. Daarnaast kunnen genomen maatregelen worden geëvalueerd: in welke mate hebben deze geleid tot de gewenste ontwikkelingen. Voor veel vragen zal monitoring alleen niet voldoende zijn. Voor deze vragen is gericht onderzoek nodig naar causale factoren of mechanismen. Dit betreft vaak kortere specifieke studies naar bepaalde onderwerpen op projectbasis. Deze verworven proceskennis kan vervolgens de interpretatiekracht van monitoringsreeksen weer verbeteren. Een goede balans tussen monitoring en onderzoek geeft de beste basis voor handelingsperspectief en identificeren van maatregelen die getroffen kunnen worden.

6.2.3 Traject basismonitoring

In het traject (onder regie van Rijkswaterstaat) om te komen tot een basismonitoring voor vis in de hele Waddenzee is in het analysedocument vis (<https://basismonitoringwadden.waddenzee.nl/werkwijze/analysedocumenten/vissen-swimway/>) al een voorzet gegeven voor de aspecten waarop de huidige monitoring tekortschiet en aangevuld zou moeten worden om de vragen vanuit het beleid goed te kunnen beantwoorden. Op basis van de wettelijke opgaven vanuit Natura2000 en KRW zijn meetbare indicatoren en bijbehorende meetparameters geformuleerd. De aanbevelingen wat betreft monitoring van soortensamenstelling, visstand, populatiestructuur, populatiedynamiek, kwantiteit en kwaliteit leefgebied, functie als kraam/kinderkamer, passeermogelijkheden Waddenzee naar binnenwater en seizoensdynamiek worden in onderstaande tabel kort samengevat.

Tabel 3. Samenvatting aanbevelingen uit het analysedocument vis (Tulp & Baptist 2020).

indicator	Benodigde aanvulling
Visstand Waddenzee	ontbrekende visgroepen en habitats: pelagische soorten, grote snelzwemmende soorten en soorten van onderbelichte habitats.
Soortensamenstelling visgemeenschap	onderbelichte soorten en habitats: Dat geldt voor pelagische soorten, snelzwemmende soorten en soorten die in niet bemonsterde habitats voorkomen. Bemonstering met andere tuigen (bv kubben, fuiken) nodig en inzet van environmental DNA.
Populatiestructuur (leeftijd/lengte opbouw)	onderbelichte soorten en habitats: oudere en jongere individuen verschillende voorkeuren voor verschillende soorten habitats, verschuivingen in dieptevoorkeuren. Hierdoor geeft de standaard monitoring niet altijd een representatief beeld van de lengte/leeftijd opbouw. Aanvulling op de bestaande programma's, focussen op bemonstering van de onderbelichte habitats en soorten.
Populatiedynamiek (reproductie/overleving/migratie)	Overleving is het resultaat van de aanwas en de totale sterfte. Hiervoor is een grote onderzoeksinspanning met meerdere meetmomenten per jaar nodig (Beverton & Iles 1992). Voor de grotere, snelzwemmende en minder algemene soorten zoals zeebaars en harders zijn geen goede commerciële vangstgegevens beschikbaar. Dit zijn essentiële gegevens voor populatiedynamiek. Bijvangstgegevens uit de garnalenvisserij: schatting van sterfte van zeldzamere soorten met een speciale N2000 status zoals rivierprik, zeeprik en fint en kinderkamersoorten. Hier is geen doorlopend programma voor. Het is de vraag of een dergelijk onderwerp onder monitoring of onder onderzoek zou moeten vallen.
Kwantiteit leefgebied voor vis	Het beeld van de verspreiding over de verschillende habitats is incompleet. Niet alle habitats kunnen op dezelfde manier bemonsterd worden. Voor de geulen wordt een gesleept tuig gebruikt, maar dat kan niet op mosselbanken. Om een beeld te krijgen van het gebruik van de nog niet bemonsterde habitats zijn andere methoden nodig. Daarbij kan gedacht worden aan fuiken, kubben, zegens en staand want en voor de

	<p>grotere soorten tracking studies. Ook environmental DNA is een mogelijkheid, maar de toepassing in dynamische gebieden met input van water vanuit het achterland is waarschijnlijk lastig</p>
Kwaliteit leefgebied voor vis	<p>Voor de functie als voedsel en schuilgebied moeten metingen gedaan worden aan de aanwezigheid en het functioneren van verschillende soorten in verschillende habitats. Hiervoor zijn regelmatige metingen (aanwezigheid, dichtheid, dieet, groei) in verschillende seizoenen in verschillende habitats nodig.</p>
Functie als kraamkamer/kinderkamer	<p>Groei kan gemeten worden door herhaalde metingen in de loop van het seizoen, door metingen aan otolieten of door indirectere methodes zoals RNA/DNA ratio's (Ciotti <i>et al.</i> 2013). Herhaalde metingen vinden nu plaats in de fuikenprogramma's en de maandelijkse garnalenkorbemonstering door de Krukel in de Zoutkamperlaag uitgevoerd onder de WOT monitoring. Otolieten worden verzameld binnen de DFS monitoring en de NIOZ-fuik, maar niet standaard geanalyseerd voor groei. Voor de kraamkamerfunctie van grotere soorten zoals de ruwe haai kunnen tracking studies inzicht geven. Voor de kraamkamerfunctie van overige soorten kan histologisch onderzoek aan de gonaden (paarrijheidsstadia) gebruikt worden. Een groot deel van dit werk valt meer in de categorie onderzoek.</p>
Passeermogelijkheden tussen Waddenzee en binnenwateren	<p>Kruisnetbemonstering, Elverfinder en fuikenmonitoring om het aanbod te meten. Om de passeermogelijkheden goed te bemonsteren dient er ook tracking op de binnenwateren plaats te vinden, met een basismeetnet en voor specifieke onderzoeksvragen extra inspanningen.</p>
Seizoensdynamiek	<p>Jaarrond metingen in het voorkomen van vis. Uitbreiding van de fuikenprogramma's naar jaarrond en voortzetten van een jaarronde demersale survey in steekproefgebieden (analoog aan Krukelsurvey als uitbreiding op de DFS).</p>

6.2.4 Benodigde aanvullende monitoring en onderzoek

Veel van de aanbevelingen uit het analysedocument Basismonitoring (tabel 2) gelden ook voor het Eems estuarium. Hieronder schetsen we wat voor aanvullende monitoring/onderzoek nodig is voor de vragen specifiek voor het Eems estuarium en de relatie met de slibproblematiek. Dit doen we aan de hand van de in paragraaf 5.1.1 genoemde informatie-aspecten: aantallen, trends en verspreiding, demografische aspecten en de kwaliteit van het leefgebied. In de volgende paragrafen staan kernparameters/soortgroepen/mechanismen vetgedrukt, samen vormen zij de kern van het voorgestelde programma. Naast de soortgerichte aanpak is het daarbij van belang om in te zetten op een ecosysteembrede aanpak, waarbij soort-habitatinteracties en het functioneren van het systeem een prominente rol spelen.

6.2.4.1 Aantallen, trends en verspreiding

De soort(groepen) die niet goed zijn afgedekt in de huidige monitoring zijn: **grote snelzwemmende vis, trekvissoorten en kleine diadrome vis**, omdat de gebruikte technieken niet geschikt zijn of omdat de timing van monitoring niet aansluit bij het voorkomen. Om het hele spectrum van soorten goed af te dekken is een combinatie van methodieken nodig. Niet voor elke soort is dezelfde monitoring optimaal. In het Quality Status Report is een verdeling gemaakt tussen welke soorten met welke monitoring gevolgd kunnen worden. Over het algemeen is de garnalenkor voor bodembewonende soorten geschikt, ankerkuil voor pelagische soorten en fuik voor **zeldzamere trekvissoorten**. Trekvissoorten worden vaak maar sporadisch gevangen in de ankerkuil. Het voordeel van fuiken is dat doordat het tuig langer staat de vangstinspanning groter is en de trefkans groter.

Het is wel belangrijk dat de fuiken op de goede plekken worden geplaatst ten opzichte van de intreklocaties (wat soms niet mogelijk is). Voor kleine diadrome vis zoals glasaal zijn kruisnetbemonstering en de Elverfinder goede methodes bij intrekpunten.

De jaarlijkse DFS garnalenkorsurvey en de halfjaarlijkse KRW ankerkuilbemonstering geven een goed beeld van de aantallen waarin diverse soorten die in die perioden in het estuarium verblijven. Hierbij ontbreekt echter nog een **jaarrond** beeld. Uit een proef met de ankerkuil in 2019 (Walker & Eriksson 2020) bleek dat soorten verschillende jaarpatronen laten zien en dat blijkt ook uit jaarrond garnalenkorbemonsteringen die met de Krukel in de komberging binnen de WOT-monitoring tussen Lauwersoog en Schiermonnikoog worden uitgevoerd (Vrooman *et al.* 2021). Er zijn drie redenen waarom dit belangrijke informatie is: 1. veel soorten pieken in voor- en of najaar, maar er zijn ook soorten die juist in de winter het gebied intrekken. Voor trekvissen zijn de soortspecifieke trekperiodes juist van belang. Zeker in het licht van klimaatverandering en de sterk sturende kracht van temperatuur is dit soort seizoensafhankelijke informatie van belang. Timing van soorten kan vervroegd worden door stijgende watertemperaturen, wat weer kan leiden tot bijvoorbeeld een mismatch met de aanwezigheid van voedsel. Voor sommige trekvissoorten zoals zalm of zeeforel zien we juist dat er geen duidelijke trek/piekperiode meer is waardoor jaarrond monitoring nodig is. 2. Daarnaast vertonen sommige soorten kortdurende pieken (zoals bijvoorbeeld stekelbaars), die alleen met een continue vangstinspanning geregistreerd kan worden. Pieken kunnen ook volgen op schommelingen in abiotische parameters, waardoor voor sommige vragen een nog frequentere bemonstering nodig is. 3. Verder is het voor de rol van vis als voedsel in het gebied belangrijk dat er in belangrijke periodes (zoals broedtijd sterns) informatie over vis beschikbaar is.

Een goede invulling daarvan zou zijn om dat met de ankerkuil te doen omdat daarmee een breed soortenspectrum wordt afgedekt. Vanwege de specifieke belangstelling van RWS voor het gebied met de zwaarste slibbelasting en de vereiste omstandigheden voor de methode (diep genoeg, voldoende, maar niet te veel stroming) zou een goede locatie daarvoor het Groote Gat in de Dollard zijn.

Een andere mogelijkheid is om met de Harder, één van de Waddenunitschepen die de Eems als werkgebied heeft, analoog aan het programma dat nu maandelijks door de Krukel uitgevoerd wordt een aantal treklocaties uit het DFS programma maandelijks te bemonsteren.

Voor trekvissen is het zinvol om de (huidige binnen project Eemsvissen in beeld uitgevoerde) fuikbemonstering bij intrekpunten (Nieuwe Statenzijl, polder Breebaart) jaarrond voort te zetten evenals kruisnetvisserij of vispassage monitoring voor kleine diadrome vis. Het akoestisch telemetrisch netwerk is een goed middel om ruimtelijk gebruik van habitats door estuariene en diadrome vis te bepalen. Omdat er steeds meer akoestische netwerken in Europa beschikbaar komen (zie European Tracking Network: <https://www.europeantrackingnetwork.org/en>), kan hiermee ook de rol van het Eems estuarium op grotere ruimtelijke schaal worden bepaald (afhankelijk van de migratiepatronen die de verschillende soorten vertonen om hun levenscyclus te voltooien). Naast vissen die in het Eemsgebied zijn gezenderd, zullen er ook vissen die in andere programma's buiten het Eems estuarium zijn gezenderd en gebruik maken van het Eems estuarium worden gedetecteerd.

Voor **kleine diadrome vis** (spiering, driedoornige stekelbaars, glasaal en botlarven) is kruisnet monitoring langs strategische zoet-zout overgangen nodig. Ook deze bemonstering moet gedurende langere perioden plaatsvinden om de intrek goed vast te kunnen leggen.

Aangezien het Eems estuarium ook een belangrijk gebied is voor visetende vogels (hiervoor zijn met name pelagische vissoorten zoals haring, sprot, zandspiering en spiering van belang), is het belangrijk een koppeling te leggen met het vogelonderzoek. De verbinding met de studies aan broedende sterns en aalscholvers is belangrijk (bv dieet, aanvoer vis voor kuikens, tracking van vogels). Aalscholvers broeden in kolonies en laten hier hun braakballen achter. Daarin zijn in meerdere kolonies PIT tags teruggevonden van gezenderde vissen. In aanvulling op telemetrisch onderzoek kunnen zulke aanvullende maatregelen ook inzicht geven in dieetsamenstelling en mogelijke foerageerlocaties (door te linken van PITtag aan locatie van de laatste detectie). Daarvoor is een goede afstemming van metingen aan bijvoorbeeld aanbod en dieetwaarnemingen in ruimte en tijd essentieel.

Qua ruimtelijke verdeling heeft de DFS-garnalenkorbemonstering een redelijke dekking met in totaal 28 monsterpunten in het Eems estuarium komberging. De dekking in het Dollardgebied zelf is karig met maar twee trekken. Gezien de lengte van de trekken en de benodigde diepte voor het tuig is er echter ook weinig ruimte voor meer. Voor de Dollard, het gebied met de hoogste slibbelasting en een

aandachtsgebied voor RWS, is aanvulling met extra garnalenkortrekken in de DFS geen oplossing. Daarvoor is een ankerkuil bemonstering geschikter.

Voor de **verspreiding van bodemvis in relatie tot abiotiek** (en met name sediment) is de resolutie van de garnalenkortrekken niet afdoende. Om visvoorkomen te kunnen koppelen aan abiotiek en habitats (en met name de slibbelasting) is een hogere ruimtelijke resolutie nodig (dus meer, maar kleinere steekproeven), vergelijkbaar met de studies door Zwanette Jager in de jaren 90 (Jager *et al.* 1993; Jager *et al.* 1995; Jager & Mulder 1999). Door gelijktijdige registratie van zowel de aanwezigheid van vis als verschillende abiotische parameters kunnen dichtheden van verschillende soorten beter verklaard worden.

Het gebieds- en jaarrond- gebruik en verspreiding in het estuarium (waar, wanneer, hoe lang) kan voor een aantal soorten goed in beeld worden gebracht met verschillende **telemetrie** methoden: akoestische telemetrie met behulp van een ontvangernetwerk en akoestische transmitters (zie Eemsvissen in beeld en akoestisch netwerk westelijke Waddenzee Swimway) en PIT-tags (vooral geschikt voor smallere doorgangen zoals in hevelpassages of rinketten in sluizen). Met beide technieken wordt een kleine tag onder verdoving inwendig ingebracht in de buikholte van de vis. Dit wordt al toegepast in het project Eemsvissen in beeld in het Eems estuarium, maar dit betreft een tijdelijk (en aflopend) programma. In dit programma zijn de volgende soorten gezenderd: winde, paling, spiering, stekelbaars, blankvoorn. Bot, rivierprik en fint zijn vooralsnog nog niet gelukt, maar staan nog op de planning. Er zijn ontwikkelingen voor een landelijk telemetrienetwerk (RWS) in de Rijkswateren als vervanging van het NEDAP-telemetriesysteem, in het Waddengebied en rivierendelta (nu nog op projectbasis) en op de Noordzee (beoogd binnen MONS) waarbij de Eems Dollard ook in opgenomen zou kunnen worden. Telemetrie is geschikt voor een breed spectrum aan vissoorten waarbij de technologische ontwikkelingen het mogelijk maken om ook steeds kleinere vissen te zenderen, zoals driedoornige stekelbaars en spiering. Ook het zenderen van gevoelige vissoorten als fint en elft is momenteel goed mogelijk. Dit kan veel inzicht geven in het jaarrond gebruik van verschillende gebieden, populatiedynamica en migratieknelpunten.

Aan de hand van de resultaten kan beoordeeld worden waar nog kennishiaten liggen. Gegevens uit telemetrische programma's lenen zich ook uitstekend om te koppelen aan abiotische omstandigheden en zo meer inzicht geven in welke omstandigheden gunstig of minder gunstig zijn voor bepaalde vissoorten. Als gevolg van klimaatverandering (temperatuur, zoetwaterafvoer) kunnen ook veranderingen verwacht worden in gedrag en fenologie van vissoorten. Soorten kunnen, doordat ze water van bepaalde temperatuur of saliniteit volgen, een andere seizoenstiming krijgen of andere (bv diepere) plekken opzoeken. Ook **uitwisseling met andere estuaria** (waar akoestische netwerken geïnstalleerd zijn) kan zo in beeld gebracht worden (in het Swimway akoestische netwerk worden bijvoorbeeld finten uit de Schelde geregistreerd (European Tracking Network, [lifewatch.be/etn/](https://www.europeantrackingnetwork.org/en/)) en in geheel Europa: <https://www.europeantrackingnetwork.org/en/>).

Een meer indirecte manier om het ruimtegebruik van vissen in kaart te brengen is door **microchemistry aan otolieten** (gehoorsteentjes) en schubben (niet-invasief, zodat deze bijvoorbeeld ook in combinatie met zenderonderzoek kan worden uitgevoerd zoals voor houting is uitgevoerd, (Borcherding *et al.* 2008). Voor met name trekvissoorten zoals spiering en fint is dit een goede methode, met name ook om de koppeling met herkomst/paaigebieden te kunnen vaststellen. Voor het IJsselmeergebied is deze techniek gebruikt om vast te stellen of Waddenzeespiering in het IJsselmeer bijdraagt aan de paaipopulatie (Tulp *et al.* 2013). Omdat het chemische profiel dat in de otolieten is vastgelegd, kan worden gekoppeld aan de chemische vingerafdruk van het estuarium, kan achterhaald worden welke estuaria een vis vanaf het larvenstadium heeft bezocht.

6.2.4.2 Demografische indicatoren

Het meten van demografische indicatoren zoals **groei**, **overleving** en **reproductie** zijn belangrijk om populatiedynamica te begrijpen, maar tegelijkertijd ook de lastigste. Dat heeft er vooral mee te maken dat vissen in verschillende levensstadia migreren binnen verschillende habitats binnen een estuarium, maar ook naar buiten.

Afgeleiden van deze indicatoren zoals lengte of leeftijdsverdeling per soort kunnen wel al indicaties geven over het functioneren van het gebied. Beschikbare monitoringdata zijn tot nu toe nog niet ten volle gebruikt voor dit soort analyses. Het verdient aanbeveling (en is ook relatief makkelijk te realiseren) de beschikbare data uitgebreider te analyseren op dit soort factoren dan tot nu toe is gedaan zodat er al meer duidelijkheid ontstaat over het functioneren van het gebied voor soorten, bijvoorbeeld voor (jonge) fint.

In de DFS wordt de nieuwe jaarlijkse aanwas aan het eind van de zomer gebruikt als een maat voor de recrutering van kinderkamersorten (het resultaat van aanwas en sterfte), zie bijvoorbeeld Tulp *et al.* (2022b). Een deel van die vis kan echter ook al het gebied verlaten hebben, zodat er ruis in dat signaal zit. Dat geldt ook voor groei. In principe kan groei gevolgd worden door de gemiddelde lengte van vis door het seizoen te volgen (van der Veer *et al.* 2022), maar ook hierbij zullen vissen die wegtrekken en erbij komen het signaal enigszins verstoren. Verder kan groei worden bepaald aan de hand van otoliet en/of schubben-aflezingen. Een handige hulp hierbij is om te werken met het **verschil tussen gerealiseerde groei en optimale groei** van vissoorten (DEB modellen). Als dat verschil groot is geeft het aan dat het opgroeigebied minder geschikt is.

Net als alle Nederlandse kustwateren heeft ook het Eems-estuarium te maken met opwarming. Als koudbloedige dieren reageren vissen (en hun voedsel) hier vrij direct op. Dat betekent dat bij verdere opwarming het gebied ongeschikt zal worden voor (bepaalde levensstadia van) sommige soorten. De achteruitgang van soorten als schol en schar kan hier waarschijnlijk al grotendeels mee verklaard worden (Teal *et al.* 2008). Ook noordelijke soorten als kabeljauw, harnasmannetje, zeedonderpad en puitaal laten een dalende trend zien. Daartegenover staan ook soorten die juist goed gedijen bij hogere temperaturen en die geen achteruitgang laten zien (bv zeebaars, bot, steenbolk, ansjovis).

Naast natuurlijke sterfte (predatie) is er ook onnatuurlijk (antropogene) sterfte, met name **visserijsterfte**. Dat wordt voor de Eems (en feitelijk voor de hele Waddenzee) niet goed geregistreerd. Belangrijkste visserijen zijn die (met gesleept tuig) op garnalen en (met vaste vistuigen) op spiering. Onttrekking aan het systeem is een belangrijke parameter en zou in kaart gebracht moeten worden. Bijvangstregistratie is wel enige jaren geregistreerd, maar goede doorrekeningen voor het effect op vis ontbreken nog voor veel soorten (Beier *et al.* 2023). **Natuurlijke sterfte** wordt onder andere veroorzaakt door predatie door vogels en zeezoogdieren. Van deze beide groepen zijn tellingen op meerdere momenten per jaar beschikbaar (SOVON), waardoor wel een inschatting gemaakt zou kunnen worden van de predatiedruk. Een manier om predatiedruk (en de identiteit van predatoren) te achterhalen is het gebruik van telemetrie met **predatietags**. Die worden inwendig in een vis ingebracht en zodra de prooi door een roofdier is ingeslikt, wordt de coating van de predatiesensor opgelost in maagzuur en zendt deze daarna een nieuwe unieke ID-code uit en de lichaamstemperatuur van de predator (waardoor onderscheid kan worden gemaakt in predatie door roofvis, zeezoogdieren en vogels). De nieuwe code (predatie-code gekoppeld aan unieke code van de gezenderde vis) en temperatuur direct na predatie wordt door de tag verzonden tot het einde van de levensduur van de tag en kan worden opgepikt door het netwerk van ontvangststations.

Om de functie van het gebied beter te begrijpen en bijvoorbeeld vast te stellen of het gebied dienstdoet als paaigebied, is het noodzakelijk behalve soorten, aantallen en lengtes ook informatie te verzamelen over bijvoorbeeld **geslachtsrijpheid** en **conditie**. Dat kan bepaald worden bij vissen die tijdens monitoringactiviteiten gevangen worden.

Voor de hele Waddenzee geldt (en dus ook voor het Eems estuarium) dat de **jongste levensstadia** onderbelicht zijn. Het voorkomen van eieren en larven en mogelijke paaiplaatsen worden niet

gemonitord. Met name voor residente soorten en soorten die (mogelijk) paaien in het gebied is dit relevante informatie. Geschikte methodes hiervoor zijn bemonsteringen met fijnmazige netten (bv MIK net) of de inzet van structuren waarop eieren afgezet kunnen worden, Standard Monitoring Units For the Recruitment of Fish (SMURFs) (Underwood & Jeffs 2023).

6.2.4.3 Kwaliteit van het leefgebied

De kwaliteit van het leefgebied hangt van een groot aantal factoren af. Voor elke functie die het gebied heeft (bijvoorbeeld als opgroeigebied, paaigebied of doortrekgebied) zijn andere vereisten nodig. Abiotische factoren, zoals temperatuur, zuurstof, saliniteit, sedimentsamenstelling, schuilmogelijkheden en biotische factoren, zoals voedselbeschikbaarheid en predatiedruk bepalen de kwaliteit van het leefgebied. In het programma ED2050 worden veel van deze abiotische factoren al gemeten. Deze factoren worden hieronder verder uitgewerkt.

Abiotiek (inclusief slibbelasting)

Voor het Eems-estuarium is een belangrijk abiotisch kenmerk de relatief hoge slibbelasting. Afgezien van het meten van de aanwezigheid van vis in verschillende delen van het gebied met verschillende slibbelasting (zoals in de lopende en voorgestelde extra monitoring) zijn er nog diverse andere onderzoeksmogelijkheden om de relatie slib-vis beter te onderzoeken. De doorwerking van de waterkwaliteit kan gemeten worden aan parameters in vis (bv groei, conditie, aanwezigheid paairijpe dieren, leeftijdsopbouw, lengtes, zie vorige paragraaf).

Het is belangrijk onderscheid te maken tussen het effect van de **permanent verhoogde slibconcentratie** en effecten van **baggerwerkzaamheden van beperkte duur** en het **storten van bagger** op specifieke plekken. Voor dat laatste is een logische aanpak om dergelijke werkzaamheden op te volgen in de tijd: dus voor en na storten metingen van de lokale visstand, liefst in combinatie met een referentiesituatie zonder ingreep (een zogenaamde Before After Control Impact (BACI) opzet) en in relatie met abiotische parameters zoals zuurstofgehalte. Vanzelfsprekend moet hier dan wel rekening gehouden worden met soortspecifieke trekperiodes.

Een directe manier om te meten hoe vissen reageren op slib in het water is om met behulp van **telemetrie** te onderzoeken hoe slibconcentraties doorwerken op oriëntatie en gedrag van trekvissoorten. De plekken die vissen kiezen om te verblijven of juist te vermijden in combinatie met ruimtelijke informatie over slibconcentraties kunnen hier uitsluitsel over geven. Hiervoor kan voortgebouwd worden op het **akoestische netwerk** dat in Eemsvissen in beeld is aangelegd. Ook in de Westelijke Waddenzee ligt een akoestisch netwerk (figuur 16b). Het is wenselijk dat die netwerken in stand worden gehouden en zelfs uitgebreid worden om zo een beter beeld te verkrijgen van het gebruik van de Waddenzee door vissen. Dat biedt een basis om het gebiedsgebruik van verschillende soorten in kaart te brengen door jaarlijks een aantal vissen van zenders te voorzien. Ook kan hiermee een beter beeld gekregen worden van de rol van de Eems en de relatieve verdeling van in- en uittrek naar het zoete water in zowel de Eems als via de spuisluizen naar het IJsselmeer. Een netwerk vergt wel onderhoud, ontvangers moeten ca 2 keer per jaar uitgelezen worden en de ervaring leert dat doordat de natuurlijke dynamiek erg groot is, er regelmatig ontvangers vervangen moeten worden.

Omdat de slibsituatie in het Eems estuarium typerend is en in andere estuaria veel minder een issue is, kunnen ook vergelijkingen met bv de Duitse estuaria (Elbe, Weser) of de Westerschelde verhelderend zijn. Naast de Elbe-, Weser- en Jade-estuaria is ook de Westerschelde een geschikt vergelijkingssysteem: ze monden allemaal uit in de Noordzee en delen een vergelijkbare visfauna. Daarvoor zijn al enige pogingen gedaan (Tulp *et al.* 2022a; Tulp *et al.* 2022b) en in dit rapport, maar de al beschikbare monitoringdata bieden nog meer aanknopingspunten. Helaas worden de Duitse estuaria niet elk jaar gemonitord. Zeker **in combinatie met abiotiekgegevens zou een geïntegreerde analyse** van bestaande data een beter begrip opleveren van hoe het Eems-estuarium functioneert ten opzichte van andere meer of minder vergelijkbare estuaria.

Om te begrijpen hoe verschillende vissoorten reageren op verschillende slibconcentraties, via welk mechanisme en bij welke concentraties problemen ontstaan, kunnen **experimenten** in een gecontroleerde setting waardevolle nieuwe inzichten opleveren. Observatie van visgedrag en groei of voedselopnamesnelheid als reactie op verschillende slibniveaus, geeft duidelijkheid over hoe slib kan doorwerken op het functioneren van vissen. Dergelijke onderzoeken zijn uitgevoerd voor vislarven, maar niet voor de hoge slibconcentraties zoals in de Eems Dollard en niet voor oudere vissen (Utne-Palm 2004). Een gecontroleerde opstelling in het laboratorium zou ideaal zijn om dit te onderzoeken en zou veel meer sluitend bewijs opleveren dan welk veldonderzoek dan ook. Uit ervaring weten we echter dat zo'n onderneming een zorgvuldig traject met een goede voorbereiding vergt en flink tijd en geld in beslag neemt. Om te toetsen of resultaten uit een experimentele setting ook representatief zijn voor de veldsituatie is het van belang om de uitslagen van de laboratoriumexperimenten te toetsen met veldstudies (zoals via telemetrie), maar ook te modelleren.

Individual Based Modelling (IBM) is een geschikte methode om individuele visbewegingen te koppelen aan hydrodynamische modellen. Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat IBM's nuttige hulpmiddelen zijn voor het onderzoeken van de respons van vissen op de hydrodynamica (Goodwin *et al.* 2006; Mawer *et al.* 2023). Maar ook om de invloed van de omgevingsvariatie op de vroege levensfasen van vissen te schatten (Daewel *et al.* 2011). IBM's kunnen individuele processen, gedragingen en reacties op parameters onder veranderende omstandigheden beschrijven en verklaren. Het koppelen van akoestische telemetriegegevens aan abiotische gegevens kan meer inzicht verschaffen in het gedrag van vissen. Als IBM modellen goed gevalideerd zijn kunnen deze ook in scenario-studies worden gebruikt om verschillende maatregelen op effectiviteit te verkennen en daarmee een krachtige beheer-tool zijn. Met een dergelijk samenspel tussen labexperimenten, veldstudies en modellering is het (in tegenstelling tot alleen maar monitoring) wel mogelijk om causale verbanden aan te tonen.

Voedsel

De bodemfauna (en daarmee een deel van de voedselsituatie voor vis) in het Eems estuarium wordt gemeten in diverse programma's. In het WMR WOT (Wettelijke Onderzoeks Taken) schelpdierprogramma worden sinds 1990 de schelpdieren in het intertidaal jaarlijks bemonsterd. Sinds 1995 worden de arealen schelpdierbanken in de hele Waddenzee gemeten. Daarnaast wordt op de Heringsplaat elke 3 jaar de bodemfauna uitgebreid bemonsterd in het MWTL-programma. In het SIBES-programma van het NIOZ wordt sinds 2008 in het intertidaal in een vlakdekkend grid de bodemfauna jaarlijks gemonitord.

Naast bodemfauna wordt door de vissen voedsel in de waterkolom verzameld dat vooral bestaat uit zoöplankton. Momenteel worden geen zoöplankton metingen uitgevoerd. Dit zou wel redelijk eenvoudig kunnen door monitoring van zoöplankton toe te voegen aan het halfjaarlijkse ankerkuilmonitoringsprogramma. In dit programma wordt de Dollard echter niet gemonitord. In tot nu toe uitgevoerde **voedselwebanalyses** in het Eems-estuarium (de Jonge *et al.* 2019), zijn voedselrelaties in beeld gebracht, maar hierin is vis als groep genomen, zonder soortonderscheid. Met voedselwebanalyses kan onderzocht worden wat de belangrijkste voedselrelaties zijn, en wat de bijdrage van lokale primaire productie is en van voedingsstoffen aangevoerd door de Eems rivier (zie bv Tack *et al.* (2024). Daarvoor is het nodig om vissen en voedsel tegelijkertijd te bemonsteren en dieetkeuzes te analyseren. Voor haring is een eerste studie verricht (Couperus *et al.* 2022) naar de maaginhoud om te bepalen wat haring eet, maar een voedselwebanalyse omvat veel meer relaties tussen prooien en predatoren. Trofische niveaus kunnen in kaart gebracht worden met behulp van stabiele isotopen onderzoek van verschillende weefsels en taxa.

Habitat

Het habitat is belangrijk voor verschillende levensstadia van verschillende vissoorten. Sommige soorten zullen een bepaald substraat nodig hebben om te paaien (bv grind, grof materiaal voor haring en fint, zeegras voor geep) of bepaalde structuren om te kunnen schuilen. Ook de overgang tussen verschillende habitats is essentieel zodat vissen via geleidelijke overgangen van het ene habitat naar het andere kunnen komen en zo hun levenscyclus kunnen vervolmaken. In de huidige situatie is het aantal natuurlijke geleidelijke habitatovergangen beperkt.

In sommige delen van het Eems estuarium komen veel zand/sedimentrichels voor op de bodem: bv bij de punt van Reide. Naast zichtbare barrières kan er ook sprake zijn van onzichtbare barrières (zuurstofloosheid, turbiditeit, geluid). Het totaal beschikbare habitat moet in kaart worden gebracht. Aan de hand daarvan kunnen monitoringslocaties beter gekozen worden en resultaten van verschillende monitoringen en onderzoeken beter geïnterpreteerd worden. Inzicht in hoe vissen dit soort plekken vermijden kan aanknopingspunten bieden voor maatregelen. Hiervoor is dus kleinschalige **habitatspecifieke monitoring** nodig, waarvoor verschillende technieken ingezet kunnen worden. Habitats zijn bv: geulen, wadplaten, kwelders, zeegrasvelden.

Hoe vissen de vaargeul gebruiken en of er getijgedreven migratie plaatsvindt en welke dieptes vooral belangrijk zijn kan gemeten worden met de inzet van (actieve) **akoestiek** via een Wideband Autonomous Transceiver (WBAT) geschikt zijn, waarmee een akoestisch signaal van alle voorbijzwemmende vis in een bepaalde kegelvormige bundel wordt opgevangen. Momenteel staat er vanuit het Swimway project een WBAT ten westen van Borkum in de vaargeul, waardoor continu de aanwezigheid van pelagische vis en de diepteverdeling in de waterkolom wordt geregistreerd. Voor de relatie tussen habitatgebruik en visvoorkomen zijn trackingmethodes zoals akoestische tags een voor de hand liggende aanpak.

Ander habitat dat in het Eems estuarium sterk veranderd is en dat een functie heeft voor vissen zijn kwelders. Een goed functionerend estuarium heeft een afwisseling van habitats nodig en begroeide delen zoals zeegras en kwelders in diverse ontwikkelingsstadia horen daarbij. Uitwisseling tussen land en water van nutriënten en voedsel zoals insecten is voor de onderwatergemeenschap relevant. Deze interacties zijn in het programma Waddentools Swimway bestudeerd, maar nog maar heel beperkt voor het Eems estuarium. De interactie tussen land en zee vergt een aanpak waarbij habitatgebruik en **voedselrelaties** onderzocht worden (cf Tack *et al.* (2024)). Om het belang van een specifiek habitat in beeld te brengen kan een strategische opzet van 3 of meer akoestische receivers rondom een habitat patch uitsluitend geven over het gebruik van dit gebied.

Binnen het programma Waddentools Swimway boeken we progressie met de inzet van **passieve akoestiek** (hydrofoons) om specifieke onderwaterhabitats te karakteriseren. Soortidentificatie op basis van geluid is nog niet mogelijk, maar wel karakterisering van de complexiteit en de activiteit van gemeenschappen (zowel vis als benthos). Dit is in de toekomst mogelijk een waardevolle uitbreiding op bestaande monitoringstechnieken, omdat het niet alleen antwoord kan geven op de aanwezigheid van bepaald gemeenschappen maar mogelijk ook op de functie van verschillende habitats.

In de Eemsrivier is aangetoond dat het functioneren van het gebied voor spiering gehinderd wordt door lage zuurstofconcentraties (Schuchardt & Scholle 2007). **Metingen en (statistische) modelleringen aan abiotiek** (minimaal temperatuur, zuurstof en turbiditeit) **in relatie tot visvoorkomen en functioneren** zijn een voorwaarde om te identificeren waar mogelijke bottlenecks zitten in de levenscyclus van een soort als spiering, die zijn hele levenscyclus in het gebied doorbrengt. Voor een levensvatbare lokale populatie moeten de voorwaarden voor elk levensstadium voldaan worden. Dat betekent in het geval van spiering goede paaiplekken (substraat) en goede opgroeigebieden voor jonge spiering (temperatuur en zuurstofgehalte). Ook voor fint, en met name voor de voortplanting (de eieren en jonge levensfasen), is het de vraag hoe de huidige abiotische omstandigheden doorwerken.

Wat betreft haring bestaat het vermoeden dat er wellicht een paaiplek is ten noorden van de Lauwers, het zeegat tussen Ameland en Schiermonnikoog (paairijpe haring aangetroffen in oktober 2022 en in de januari veel uitgepaaide haring op dezelfde locatie, alsmede veel jonge haring in het voorjaar, waarneming Bram Couperus en Margot Maathuis). Wellicht is er een verband tussen deze populatie en de grote aantallen haring in de Eems. Om dit verder te onderzoeken zou een ei en/of **larvenbemonstering in combinatie met een larventransportstudie** zinvol zijn.

In tabel 4 zijn alle in dit hoofdstuk voorgestelde aanvullende monitorings-en onderzoeksactiviteiten samengevat om aan de informatiebehoefte zoals die in hoofdstuk 1 en 6.1.1 is beschreven te voldoen.

6.2.5 Concretisering en prioritering: een ecosysteemgerichte aanpak

Uitgaande van de informatiebehoefte ontstaat een heel groot en breed onderzoeksplan bestaande uit verschillende onderdelen. Om tot een prioritering te komen van onderzoeksactiviteiten is het raadzaam in te zetten op een op het hele ecosysteem gericht adaptief onderzoeks- en monitoringsprogramma. Aangezien er binnen ED2050 al heel veel gemeten wordt, is het vooral belangrijk het functioneren van het systeem voor vis beter te koppelen aan andere meetprogramma's. Het voortschrijdend inzicht en bevindingen uit het onderzoek kunnen dan direct gekoppeld worden aan stappen in beheer en het identificeren van potentiële maatregelen. Daarbij is het wel essentieel dat vanuit de beheerderskant de coördinatie geïntegreerd plaatsvindt (zie 6.2.1) dus bundeling van krachten, initiatieven en budgetten.

De kennisvraag is erg breed geformuleerd en daardoor is het beschreven benodigde onderzoek ook breed. Een verdere prioritering kan plaatsvinden op basis van een aantal criteria:

- logistiek haalbaar
- relatief grote kennisopbrengst ten opzichte van de inzet in tijd en geld
- gericht op specifieke kenmerkende soorten
- goed aansluitend aan bestaande (of aflopende) initiatieven
- gericht op specifieke habitats of functies (bv paaihabitat)

Met de inzichten uit dit rapport als basis kan deze prioritering gemaakt worden in overleg met alle betrokken partijen.

Tabel 4. Voorgestelde aanvullende monitorings-en onderzoeksactiviteiten samengevat voor het Eems estuarium.

AANPAK							
informatie-aspecten	deelaspect	indicator	gilde	monitoring/veldmetingen	modellering	deskstudy bestaande data	Experiment (lab/veld)
1. dichtheden, trends en verspreiding	aantallen	dichtheden (irt populatie)	alle	jaarrond ankerkuil in Dollard (grote gat)			
		dichtheden (irt populatie)	MJ + ER	jaarrond DFS trekken met waddenunit schip Harder			
		dichtheden (irt populatie)	CA	fuiken intrek Nieuwe Statenzijl en Polder Breebaart			
	verspreiding	verspreiding soorten	alle	otolietmicrochemistry, telemetrie (voortzetting/aanpassing akoestisch netwerk Eemsvissen in beeld) en pittag netwerk voor intrek trekvis			
		verspreiding soorten	MJ + ER	hoge resolutie bemonstering bodemvis in aandachtsgebied gekoppeld aan abiotiek (cf Jager)	statistische modellering van voorkomen vis irt abiotiek		
2. demografische processen	reproductie	dichtheden jonge vis	MJ	jaarrond ankerkuil		analyse lengte/leeftijdsverdeling bestaande KRW ankerkuildata	
		geslachtsrijpheid	ER + CA				
	sterfte	visserijsterfte vis	doelsoorten visserij en bijvangstsoorten	registratie onttrekking door visserij			
		natuurlijke sterfte vis	alle			predatiedruk aan de hand van vogel/zeezoogdier tellingen	
	conditie	conditie vis	MJ			analyse conditie DFS	Conditie in relatie tot slib. Conditie in relatie tot migratiebarrières

		conditie vis	alle	wegen van vis tijdens ankerkuil			
	groeï	groeï kinderkamersorten	MJ	(maandelijkse ankerkuil/garnalenkor) lengtemetingen	DEB modellering: vergelijking groeï met optimale groeï		
			MJ			lengte einde groeïseizoen (DFS + KRW ankerkuil okt)	
3. kwaliteit leefgebied	kwaliteit foerageergebied	voedselaanbod pelagische vis	alle	Zooplanktonbemonstering icm ankerkuil			
	kwaliteit foerageergebied	voedselaanbod demersale vis	MJ + ER	MWTL bodemfauna evt aangevuld			
	kwaliteit foerageergebied	groeï/conditie vis		zie onder 1.			
	kwaliteit foerageergebied	functioneren voedselweb	alle	aanvullende metingen van elementen uit voedselweb (verzamelen tijdens surveys)	voedselwebanalyse	voedselwebanalyse	
	kwaliteit rust/schuilgebied	dichtheid/aantallen vogel en zeezoogdierpredatoren	alle			tellingen SOVON/WMR	
	kwaliteit rust/schuilgebied	visserijsterfte vis	doelsoorten visserij en bijvangstsoorten	zie onder 1.			
	kwaliteit doortrekgebied	connectiviteit	CA	akoestische tracking (grootschalig)/pittag (kleinschalig bij intrekpunten)			
	kwaliteit paaigebied	aanwezigheid paaihabitat	ER + MS	larvenbemonstering	larventransportmodellering		
	kwaliteit gebied	samenstelling gemeenschap vis en bentos	alle	passieve akoestiek (hydrofoons)			
	kwaliteit paaigebied	waterkwaliteit (temperatuur, saliniteit, zuurstof, fosfaat, nitraat, toxische stoffen)	alle			analyse monitoringgegevens MWTL	
	kwaliteit kwelders als leefgebied	voedselweb	MJ + ER	fuike, zegen, aanvullende metingen van elementen uit voedselweb	voedselwebanalyse		
4. Relatie met slib	Kwaliteit foerageergebied	Voedselopname in relatie tot slibdeeltjes	MJ (pelagische vis)				labexperimenten voedselopname irt slibconcentratie

	Kwaliteit foerageergebied	dichtheid bodembewonende vis	MJ + ER	metingen voor en na bagger- of stortwerkzaamheden			BACI opzet baggeren/storten
		dichtheden bodembewonende vis irt abiotiek	MJ + ER	hoge resolutie bemonstering bodemvis in aandachtsgebied gekoppeld aan abiotiek (cf Jager)	statistische modellering van voorkomen vis irt abiotiek		

7 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Baptist, M. J., I. G. d. Mesel, L. C. P. M. Stuyt, R. Henkes, H. d. Molenaar, J. W. M. Wijsman, N. M. J. A. Dankers en V. Kimmel (2007). Herstel van estuariene dynamiek in de zuidwestelijke Delta. IMARES, rapport. Texel.
- Beier, E. U., S. M. Neitzel en B. L. J. d. Reus (2023). A Co-sampling program to assess bycatch in the Dutch brown shrimp fishery. Wageningen Marine Research, rapport. IJmuiden.
- Beverton, R. J. H. en T. C. Iles (1992). Mortality rates of 0-group plaice (*Pleuronectes platessa* L.), dab (*Limanda limanda* L.) and turbot (*Scophthalmus maximus* L.) in European waters. Netherlands Journal of Sea Research 29: 49-59.
- BioConsult (2020). Analyse längerfristiger Daten zur Abundanz verschiedener Altersklassen des Stints (*Osmerus eperlanus*) im Elbästuar. Teil 2: Mögliche Einflussfaktoren. Report on behalf of Stiftung Lebensraum Elbe, Hamburg, rapport.
- Boehlert, G. W. en J. B. Morgan (1985). TURBIDITY ENHANCES FEEDING ABILITIES OF LARVAL PACIFIC HERRING, *CLUPEA-HARENGUS-PALLASI*. Hydrobiologia 123(2): 161-170.
- Bolle, L. J., R. Hoek, I. Pennock, S. S. H. Poiesz, J. van Beusekom, H. W. van der Veer, J. I. Witte en I. Tulp (2021). No evidence for reduced growth in resident fish species in the era of de-eutrophication in a coastal area in NW Europe. Marine Environmental Research 169.
- Boonstra, H. en J. H. Wanink (2016). Macrozoöbenthosonderzoek in de Zoute Rijkswateren, MWTL, voor- en najaar 2015 : waterlichaam: Eems-Dollard (Heringsplaat). BMnummer BM15.01 KenB rapportnummer 2015-080, rapport.
- Borcherding, J., C. Pickhardt, H. V. Winter en J. S. Becker (2008). Migratory history of North Sea Houting *Coregonus oxyrinchus* (L.) caught in Lake IJsselmeer (The Netherlands) inferred from scale transects of ⁸⁸Sr:⁴⁴Ca ratios. Aquatic Sciences 69: 47-56.
- Breine, J., I. S. Pauwels, P. Verhelst, L. Vandamme, R. Baeyens, J. Reubens en J. Coeck (2017). Successful external acoustic tagging of twaite shad *Alosa fallax* (Lacepede 1803). Fisheries Research 191: 36-40.
- Bruton, M. N. (1985). THE EFFECTS OF SUSPENSIDS ON FISH. Hydrobiologia 125(JUN): 221-241.
- Chapman, J. M., C. L. Proulx, M. A. N. Veilleux, C. Levert, S. Bliss, M. E. Andre, N. W. R. Lapointe en S. J. Cooke (2014). Clear as mud: A meta-analysis on the effects of sedimentation on freshwater fish and the effectiveness of sediment-control measures. Water Research 56: 190-202.
- Ciotti, B. J., T. E. Targett en M. T. Burrows (2013). Spatial variation in growth rate of early juvenile European plaice *Pleuronectes platessa*. Marine Ecology Progress Series 475: 213-232.
- Couperus, A. S., J. J. J. Volwater en R. v. Hal (2021). Kornetbemonstering in de brandingzone van IJmuiden. De Levende Natuur 122(5): 202-207.
- Couperus, B., R. Nijland, I. Tulp, D. van Berkel en S. Valk (2022). Dieet van jonge haring in het Eems-Dollard gebied in het najaar. Wageningen Marine Research rapport C074/22, rapport.
- Daewel, U., M. Peck en C. Schrum (2011). Life history strategy and impacts of environmental variability on early life stages of two marine fishes in the North Sea: An individual-based modelling approach. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68: 426-443.
- Dahlgren, C. P. en D. B. Eggleston (2000). ECOLOGICAL PROCESSES UNDERLYING ONTOGENETIC HABITAT SHIFTS IN A CORAL REEF FISH. Ecology 81(8): 2227-2240.
- Dankers, P. (2022). Samenvatting effecten baggeren en verspreiden. Samenvatting behorend bij: Cumulatieve effecten baggeren en verspreiden op habitatype H1130 in het Eems estuarium. In opdracht van RWS. Rapport BI1678-WM-RP-220715-0739. Deel 1: Abiotische effecten (Vroom et al., 2022), Deel 2: Biotische effecten (Sierdsma et al., 2022). rapport.
- de Boois, I. J. en A. S. Couperus (2022). Ankerkuilbemonstering in de Westerschelde : Resultaten 2022 en meerjarenoverzichten. Wageningen Marine Research, rapport. IJmuiden.
- de Jonge, V. N., U. Schückel en D. Baird (2019). Effects of spatial scale, species aggregation and balancing on carbon flows and ecological network analysis indicators of food webs. Marine Ecology Progress Series 613: 15-47.
- Elliott, M. en K. Hemingway (2002). Fishes in estuaries, Blackwell Science.

- Elliott, M. en D. S. McLusky (2002). The need for definitions in understanding estuaries. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 55(6): 815-827.
- Fiksen, O., A. C. W. Utne, D. L. Aksnes, K. Eiane, J. V. Helvik en S. Sundby (1998). Modelling the influence of light, turbulence and ontogeny on ingestion rates in larval cod and herring. *Fisheries Oceanography* 7(3-4): 355-363.
- García-Márquez, J., A. Galafat, F. J. Alarcón, F. L. Figueroa, E. Martínez-Manzanares, S. Arijo en R. T. Abdala-Díaz (2021). Cultivated and Wild Juvenile Thick-Lipped Grey Mullet, *Chelon labrosus*: A Comparison from a Nutritional Point of View. *Animals* 11(7).
- Gayosso-Morales, M. A., S. Nandini, F. F. Martinez-Jeronimo en S. S. S. Sarma (2019). Fish-mediated zooplankton community structure in shallow turbid waters: a mesocosm study. *Wetlands Ecology and Management* 27(5-6): 651-661.
- Goodwin, N. B., A. Grant, A. L. Perry, N. K. Dulvy en J. D. Reynolds (2006). Life history correlates of density-dependent recruitment in marine fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63(3): 494-509.
- Griffin, F. J., T. DiMarco, K. L. Menard, J. A. Newman, E. H. Smith, C. A. Vines en G. N. Cherr (2012). Larval Pacific Herring (*Clupea pallasii*) Survival in Suspended Sediment. *Estuaries and Coasts* 35(5): 1229-1236.
- Hartgers, E. M., J. J. G. M. Backx en T. Walhout (2001). Visintrek in het Deltagebied; Een inventarisatie van migratieknelpunten. RIKZ/RIZA, rapportnr. 2001.049/2001.057, rapport.
- Heessen, H., N. Daan en J. R. Ellis (2015). Fish atlas of the Celtic Sea, North Sea and Baltic Sea, KNNV publishing, Wageningen Academic Publishers.
- Herman, P. M. J., J. J. Middelburg en C. H. R. Heip (2001). Benthic community structure and sediment processes on an intertidal flat: results from the ECOFLAT project. *Continental Shelf Research* 21(18): 2055-2071.
- Herrling, G. en H. D. Niemeyer (2007). Long-term spatial development of habitats in the Ems-Dollard estuary. HARBASINS Report., rapport.
- Jager, Z., H. L. Kleef en P. Tydeman (1993). The distribution of 0-group flatfish in relation to abiotic factors on the tidal flats in the brackish Dollard (Ems Estuary, Wadden Sea). *Journal of Fish Biology* 43: 41-43.
- Jager, Z., H. L. Kleef en P. Tydeman (1995). Mortality and growth of 0-group flatfish in the brackish Dollard (Ems Estuary, Wadden Sea). *Netherlands Journal of Sea Research* 34(1-3): 119-129.
- Jager, Z. en H. P. J. Mulder (1999). Transport velocity of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 49(3): 327-346.
- Jager, Z. (2001). Transport and retention of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard nursery (Ems estuary). *Journal of Sea Research* 45(2): 153-171.
- Jager, Z. (2002). Across-channel distribution of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Ems-Dollard estuary and its effects on larval transport estimates. *Ices Journal of Marine Science* 59(6): 1187-1198.
- Jager, Z. en H. Kleef (2003). Verkenning van de paaihabitats van fint in het Ems-estuarium., rapport.
- Keskinen, T., J. Lilja, P. Högmänder, J. A. Holmes, J. Karjalainen en T. J. Marjomäki (2012). Collapse and recovery of the European smelt (*Osmerus eperlanus*) population in a small boreal lake - an early warning of the consequences of climate change. *Boreal Environment Research* 17(5): 398-410.
- Kjelland, M. E., C. M. Woodley, T. M. Swannack en D. L. Smith (2015). A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment Systems and Decisions* 35(3): 334-350.
- Kleef, H. L. en Z. Jager (2002). Het diadrome visbestand in het Ems-Dollard estuarium in de periode 1999 tot 2001, rapport nr: 2002.060.
- Kopetsch, D. (2023). Stow net fishery Ems 2023. Fish fauna monitoring in accordance with the WFD, rapport.
- Maathuis, M. A. M., B. Couperus, J. van der Molen, J. Poos, I. Tulp en S. Sakinan (2023). Resolving the variability in habitat use by juvenile small pelagic fish in a major tidal system by continuous echosounder measurements. *Marine Ecology Progress Series*.
- Maes, J., P. A. van Damme, A. Taillieu en F. Ollevier (1998). Fish communities along an oxygen-poor salinity gradient (Zeeschelde Estuary, Belgium). *Journal of Fish Biology* 52(3): 534-546.
- Maes, J., K. E. Limburg, A. Van de Putte en F. Ollevier (2005). A spatially explicit, individual-based model to assess the role of estuarine nurseries in the early life history of North Sea herring, *Clupea harengus*. *Fisheries Oceanography* 14(1): 17-31.
- Manning, L. M., C. H. Peterson en S. R. Fegley (2013). DEGRADATION OF SURF-FISH FORAGING HABITAT DRIVEN BY PERSISTENT SEDIMENTOLOGICAL MODIFICATIONS CAUSED BY BEACH NOURISHMENT. *Bulletin of Marine Science* 89(1): 83-106.
- Mawer, R., I. S. Pauwels, S. P. Bruneel, P. L. M. Goethals, I. Kopecki, J. Elings, J. Coeck en M. Schneider (2023). Individual based models for the simulation of fish movement near barriers: Current work and future directions. *Journal of Environmental Management* 335: 117538.
- Mikhailov, V. N. en S. L. Gorin (2012). New definitions, regionalization, and typification of river mouth areas and estuaries as their parts. *Water Resources* 39(3): 247-260.

- Nagelkerken, I., M. Sheaves, R. Baker, & en R. M. Connolly (2015). The seascape nursery: a novel spatial approach to identify and manage nurseries for coastal marine fauna. *Fish and Fisheries* 16: 362-371.
- Nurminen, L., Z. Pekcan-Hekim en J. Horppila (2010). Feeding efficiency of planktivorous perch *Perca fluviatilis* and roach *Rutilus rutilus* in varying turbidity: an individual-based approach. *Journal of Fish Biology* 76(7): 1848-1855.
- Peterson, M. S. (2003). A Conceptual View of Environment-Habitat-Production Linkages in Tidal River Estuaries. *Reviews in Fisheries Science* 11(4): 291-313.
- Polte, P. en H. Asmus (2006). Intertidal seagrass beds (*Zostera noltii*) as spawning grounds for transient fishes in the Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* 312: 235-243.
- Potter, I. C., B. M. Chuwen, S. D. Hoeksema en M. Elliott (2010). The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 87(3): 497-500.
- Rosenthal, H. en M. Fonds (1973). BIOLOGICAL OBSERVATIONS DURING REARING EXPERIMENTS WITH GARFISH BELONE-BELONE. *Marine Biology* 21(3): 203-218.
- Rowe, D. K. en T. L. Dean (1998). Effects of turbidity on the feeding ability of the juvenile migrant stage of six New Zealand freshwater fish species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 32(1): 21-29.
- Salvarina, I., E. Koutrakis en I. Leonardos (2018). Comparative study of feeding behaviour of five *Mugilidae* species juveniles from two estuarine systems in the North Aegean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 98(2): 283-297.
- Schmidt, C. en W. Iedema (2019). Meerjarig adaptief programma Eems-Dollard 2050. De toestand van de natuur, de projecten en het programma in 2018. Rapport Rijkswaterstaat, rapport.
- Scholle, J. en B. Schuchardt (2012). A fish-based index of biotic integrity – FAT-TW an assessment tool for transitional waters of the northern German tidal estuaries. EU coastline reports 18. ISSN 0928-2734 ISBN 978-3-939206-03-3., rapport.
- Schuchardt, J. en B. Scholle (2007). Situation of the smelt (*Osmerus eperlanus*) in the Ems estuary with regard to the aspects of spawning grounds and recruitment. Bioconsult, rapport.
- Shaw, M. en G. P. Jenkins (1992). SPATIAL VARIATION IN FEEDING, PREY DISTRIBUTION AND FOOD LIMITATION OF JUVENILE FLOUNDER RHOMBOLEA-TAPIRINA GUNTHER. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 165(1): 1-21.
- Sierdsma, F., S. Mulder en P. Dankers (2022). Cumulatieve effecten baggeren en verspreiden op habitatype H1130 in het Eems estuarium: Deel 2 Biotische effecten. RHDHV rapport BI1678-WM-RP-220715-0739, rapport.
- Sirois, P. en J. J. Dodson (2000). Influence of turbidity, food density and parasites on the ingestion and growth of larval rainbow smelt *Osmerus mordax* in an estuarine turbidity maximum. *Marine Ecology Progress Series* 193: 167-179.
- Stanev, E. V., B. Jacob en J. Pein (2019). German Bight estuaries: An inter-comparison on the basis of numerical modeling. *Continental Shelf Research* 174: 48-65.
- Stark, R. (2023). The function of the Eastern Scheldt as spawning ground for the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*). MSc rapport Wageningen University and Research, rapport.
- Stevens, M., J. Breine en U. Simoens (2005). Spatial and temporal trends in the fish community of the Zeeschelde. Harbasins WP2 rapport, rapport.
- Sutherland, A. B. en J. L. Meyer (2007). Effects of increased suspended sediment on growth rate and gill condition of two southern Appalachian minnows. *Environmental Biology of Fishes* 80(4): 389-403.
- Syvitski, J., E. Anthony, Y. Saito, F. Zainescu, J. Day, J. P. Bhattacharya en L. Giosan (2022). Large deltas, small deltas: Toward a more rigorous understanding of coastal marine deltas. *Global and Planetary Change* 218.
- Tack, L. F. J., J. A. Vonk, M. C. van Riel, J. J. de Leeuw, J. Koopman, M. A. M. Maathuis, K. Schilder, R. L. van Hall, J. Huisman en H. G. van der Geest (2024). Food webs in isolation: The food-web structure of a freshwater reservoir with armoured shores in a former coastal bay area. *Science of The Total Environment* 925: 171780.
- Teal, L. R., J. J. De Leeuw, H. W. Van der Veer en A. D. Rijnsdorp (2008). Effects of climate change on growth of 0-group Sole and Plaice. *Marine Ecology Progress Series* 357, doi: 10.3354/meps07367.
- Tulp, I., M. Keller, J. Navez, H. V. Winter, M. de Graaf en W. Baeyens (2013). Connectivity between Migrating and Landlocked Populations of a Diadromous Fish Species Investigated Using Otolith Microchemistry. *PLoS ONE* 8(7).
- Tulp, I., H. W. van der Veer, P. Walker, L. van Walraven en L. J. Bolle (2017). Can guild- or site-specific contrasts in trends or phenology explain the changed role of the Dutch Wadden Sea for fish? *Journal of Sea Research* 127: 150-163.

- Tulp, I. en M. J. Baptist (2020). Vissen en de Swimway. Analysedocumenten over het subthema "Vissen en de Swimway". Wageningen Marine Research.
<https://basismonitoringwadden.waddenzee.nl/werkwijze/analysedocumenten/vissen-swimway/>, rapport.
- Tulp, I., C. Chen, A. Danhardt, H. Haslob, N. Jepsen, A. van Leeuwen, S. S. H. Poiesz, J. Scholle, J. Vrooman, R. Vorberg en P. Walker (2022a). Quality Status Report. Chapter Fish. <https://qsr.waddensea-worldheritage.org/reports/fish>, rapport.
- Tulp, I., C. Chen en J. Vrooman (2022b). The nursery function of the Ems estuary for fish. Wageningen Marine Research, rapport. IJmuiden.
- Underwood, L. H. en A. G. Jeffs (2023). Settlement and recruitment of fish in mussel farms. *Aquaculture Environment Interactions* 15: 85-100.
- Utne-Palm, A. C. (2004). Effects of larvae ontogeny, turbidity, and turbulence on prey attack rate and swimming activity of Atlantic herring larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 310(2): 147-161.
- van der Veer, H. W., I. Tulp, J. I. J. Witte, S. S. H. Poiesz en L. J. Bolle (2022). Changes in functioning of the largest coastal North Sea flatfish nursery, the Wadden Sea, over the past half century. *Marine Ecology Progress Series* 693: 183-201.
- van Rijssel, J. C., O. A. van Keeken en J. J. de Leeuw (2023). Vismonitoring rijkswateren t/m 2023. Deel 1 toestand en trends. Wageningen University & Research rapport C079/23, rapport.
- Vrooman, J., M. de Vries en I. Tulp (2021). Seizoensveranderingen in vis en epibenthos in de Waddenzee. CVO rapport 21.006, rapport.
- Walker, P. A. en B. K. E. Eriksson (2020). Vis in het Eems estuarium beter in beeld rapportage visbemonstering 2019. Rapportage visbemonstering 2019. Tethys rapport 2020-01.
- Weis, J. S. en A. A. Khan (1991). REDUCTION IN PREY CAPTURE ABILITY AND CONDITION OF MUMMICHOGS FROM A POLLUTED HABITAT. *Transactions of the American Fisheries Society* 120(1): 127-129.
- Whitfield, A. K. en A. Elliott (2002). Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology* 61: 229-250.
- Whitfield, A. K. en T. D. Harrison (2021). Fish species redundancy in estuaries: A major conservation concern in temperate estuaries under global change pressures. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 31(4): 979-983.
- Winter, H. V., A. B. Griffioen en P. P. Schollemma (2019). Zijn de Ruiten Aa en Westerwoldsche Aa na beekherstel geschikt voor rivierprik? : Een vergelijkende studie met Gasterensche Diep (Drentsche Aa). Wageningen Marine Research, rapport. IJmuiden.
- Zorica, B. en V. C. Kec (2011). Phenotypic characteristics of garfish <i>Belone belone</i> (Linnaeus, 1761) in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica* 52(2): 269-277.

Verantwoording


Rapport C029/24

Projectnummer: 4316100350

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research.

Akkoord: Dr. J.C. van Rijssel
Onderzoeker


Handtekening:

DocuSigned by:

4D9CA0FED253413...

Datum: 15 Mei 2024

Akkoord: Dr. Ir. T.P. Bult
Director

Handtekening:

DocuSigned by:

B64E2991BD8A472...

Datum: 15 Mei 2024

Wageningen Marine Research
T +31 (0)317 48 70 00
E marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekersadres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.