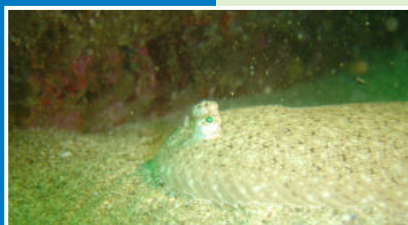
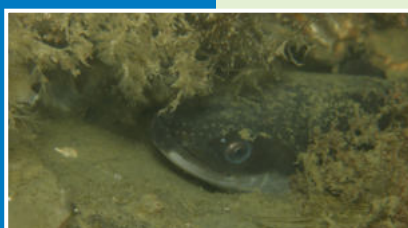


Vis in de Grevelingen



K. Dideren
W. Lengkeek
E.G.R. Bakker
J. Tummers (RAVON)
A. Gmelig Meyling (ANEMOON)





Vis in de Grevelingen

K. Didderen, W. Lengkeek, E.G.R. Bakker, J. Tummers, A. Gmelig Meyling

Status uitgave: definitief

Rapportnummer:	20-328
Projectnummer:	20-0740
Datum uitgave:	30 januari 2021
Foto's:	Udo van Dongen / Karin Didderen / Wouter Lengkeek / Bureau Waardenburg bv
Projectleider:	K. Didderen
Tweede lezer:	N. Van Kessel/ M.Dorenbosch
Opdrachtgever:	Staatsbosbeheer Afdeling projecten Marieke de Gast/ Sander Terlouw
Referentie opdrachtgever:	E5411007 LIFE-IP C3-6 Visonderzoek Grevelingen
Akkoord voor uitgave:	drs. W.M. Liefveld

Paraaf:

Graag citeren als: Didderen, K., W. Lengkeek, E.G.R. Bakker, J. Tummers, A. Gmelig Meyling, 2021. Vis in de Grevelingen. Bureau Waardenburg Rapportnr. 20-328. Bureau Waardenburg/RAVON/ANEMOON, Culemborg.

Trefwoorden: vis, kustwateren, estuaria, kraamkamer, vismigratie

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.

Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Staatsbosbeheer

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is gecertificeerd door EIK Certificering overeenkomstig ISO 9001:2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Bureau Waardenburg, Varkensmarkt 9 4101 CK Culemborg, 0345 51 27 10, info@buwa.nl, www.buwa.nl



Voorwoord

In het programma LIFE IP Deltanatuur staat verbinden centraal. Verbinden van mensen, organisaties, manier van denken, maar ook het verbinden van systemen. Vismigratie draait om verbinding en is een belangrijke factor in de ontwikkeling van een robuuste en veerkrachtige Delta van de toekomst.

Staatsbosbeheer ziet vissen als essentieel onderdeel van het interactieweb en daarom als belangrijke schakel om het systeem van de Grevelingen beter te begrijpen en vollediger te kunnen ontwikkelen. Een beter visbestand als zelfstandig doel is al waardevol op zichzelf, maar is vanuit het beleid ook belangrijk. Bijvoorbeeld als maatlat in de Kader Richtlijn Water maar ook als essentieel onderdeel om leefgebieden van andere beleidsdoelen te verbeteren (bv. visetende vogels vanuit Natura 2000).

De Programmatische Aanpak Grote Wateren beoogt de realisatie van toekomstbestendige grote wateren waar hoogwaardige natuur goed samengaat met een krachtige economie. Vissen zijn onderdeel van die hoogwaardige natuur, maar ook van duurzaam medegebruik. Een goede visstand is daarom essentieel voor een toekomstbestendig Grevelingen.

In dit rapport is kennis over vis in de Grevelingen bij elkaar gebracht en specifiek ingegaan op voor welke soort(groep)en de Grevelingen van belang is en kan zijn, wat hun rol is in het interactieweb en welke maatregelen kunnen bijdragen aan kansen voor vis in de Grevelingen.

We bedanken Sander Terlouw, Marieke de Gast en Ingrid van Beek van Staatsbosbeheer voor hun constructieve bijdragen aan het rapport. Aan dit rapport hebben naast de auteurs de volgende personen bijgedragen Malenthe Teunis (visecologie), Theo Boudewijn (voegecologie), Ruben Fijn (voegecologie), Nils van Kessel, Martijn Dorenbosch (visecologie, kwaliteitsborging).



Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	8
1.1 Achtergrond	8
1.2 Doel en onderzoeksvragen	9
2 De visgemeenschap van de Grevelingen	12
2.1 Veranderd waterbeheer	12
2.2 Visgilden	13
2.3 Visstand Grevelingen uit literatuur	14
2.4 Vrijwilligersdata	16
2.5 Visgemeenschap in de Grevelingen	21
2.6 Totaallijst	22
3 Vissen in kustwateren en estuaria	26
3.1 Functioneren van een natuurlijk estuarium	26
3.2 Vissen in de Grevelingen voor de afsluiting	27
3.3 Vissen in de Oosterschelde	28
3.4 Vissen in de Waddenzee, Noordzee en Voordeltakust	29
4 Leefgebieden voor vis in de Grevelingen	32
4.1 Typen leefgebieden en vissoorten	32
4.2 Leefgebieden vroeger en nu	36
5 Interactieweb	38
5.1 Voedselweb effecten van kleine prooivissen	38
5.2 Belang als prooi voor visetende vogels.	38
5.3 Kraamkamer voor (commerciële) vispopulaties op de Noordzee	39
5.4 Bedreigde en beschermde soorten	40
5.5 Interactie met de mens	40
6 Kansen voor vissoorten in de Grevelingen	44
6.1 Veranderingen na de openstelling	44
6.2 Visgilden in de Grevelingen na openstelling	46
7 Mogelijke Maatregelen	50
7.1 Maatregelen Vismigratie	50
7.2 Maatregelen verbetering leefgebieden	52
7.3 Maatregelen verbetering natuurbeleving	54
8 Conclusie	55
8.1 Conclusie	55
8.2 Kennisleemten	56



Samenvatting

De Grevelingen is een uniek gebied met een turbulente geschiedenis op het gebied van waterbeheer (Figuur 1). Na de afsluiting van de rivieren in 1964, door de Grevelingendam, gevolgd door de afsluiting van de Noordzee door de Brouwersdam in 1971 ontstond het grootste zoutwatermeer van Noord-West Europa (110 km²). Als gevolg van de beperkte wateruitwisseling treden er in het Grevelingenmeer tijdens de zomerperiode regelmatig zuurstofarme condities op in de diepere delen van het meer, met negatieve gevolgen voor het onderwaterleven en daarmee voor het hele ecosysteem. Er zijn in de afgelopen jaren stappen gemaakt in de planvorming om de natuurlijke dynamiek deels terug te brengen door het toelaten van beperkt getij via een grotere inlaat in de Brouwersdam om daarmee de wateruitwisseling met de Noordzee te bevorderen.

Vissen hebben de afgelopen jaren slechts een bijrol gehad in de studies naar de historische ontwikkeling van het watersysteem van de Grevelingen en de mogelijke effecten van het toelaten van beperkt getij (Mulder *et al.* 2019; Tangelder *et al.* 2019; Deltares *et al.*, 2020). In deze literatuurstudie staan vissen centraal en heeft als doel het inzicht te vergroten in: 1) de rol van vis in de Grevelingen, 2) de mogelijke effecten van een doorlaat op de visstand, 3) maatregelen die genomen kunnen worden om de visstand te verbeteren.

Huidige functie van de Grevelingen voor vis

Bestaande data van visstand bemonsteringen en een analyse van recente vrijwilligersdata laten zien dat het aantal soorten in de Grevelingen gedaald is na de afsluiting, en dat de visbiomassa met 90% is afgenomen. De soortenrijkdom neemt af van west naar oost en is hoger in het najaar dan in het voorjaar. Visbemonsteringen met de boomkor uit 2017 laten zien dat de kleine soorten haring, dikkopje en sprot dominant waren wat betreft aantallen en biomassa, vooral dicht bij de Brouwerssluis. Door vrijwilligers zijn er in de periode 2010-2020 in totaal 56 soorten aangetroffen, met name mariene juveniele soorten en estuarien residenten.

Visfauna in Nederlandse kustwateren en estuaria

Voor de realisatie van de Brouwersdam vervulde de Grevelingen een belangrijke rol als opgroeigebied voor juveniele mariene soorten, doortrek gebied voor diadrome soorten en leefgebied voor estuarien residenten. Het gebied leek op de Oosterschelde. Na de openstelling van de Brouwersdam is de huidige situatie van de Oosterschelde een mogelijk streefbeeld: Een zeearm met getijdenstroming maar zonder zoet-zout gradiënt. In de Oosterschelde bestaat de visbiomassa in de huidige situatie voornamelijk uit mariene juvenielen (schol en tong) en recent verschuivingen naar meer estuarien residenten. In de Oosterschelde is een afname in bodemvissen en van grote individuen waargenomen.

Leefgebieden voor vis in de Grevelingen

Leefgebieden voor vis in de Grevelingen bestaan uit zandige gebieden met harde randen van kunstmatig hard substraat. Ondiepe structuurrijke leefgebieden, zoals schorranden, zeegrasvelden en natuurlijke scheldierbanken zijn belangrijk voor jonge vis en in omvang afgenomen na de afsluiting.



Rol van vis in het interactieweb

Vissen vormen een diverse soortgroep die van laag tot hoog in het voedselweb zit, op zowel hard en zacht substraat, op de bodem en in de waterkolom (pelagiaal). Vissen vormen een belangrijke prooi voor o.a. visetende vogels en zeezoogdieren. De Grevelingen is van internationaal belang voor visetende vogelpopulaties (o.a. geoorde fuut). Het belang van de Grevelingen voor visetende vogels is recent sterk afgenomen. De vissen spelen daarnaast een rol in de verbinding met de omgeving: niet alleen leefgebieden binnen de Grevelingen, maar ook met de Oosterschelde en de Noordzee. Zo heeft de kraamkamerfunctie voor platvis invloed op (commerciële) Noordzeepopulaties. Andere ecosysteem diensten van de vissen in de Grevelingen zijn o.a. biodiversiteit, natuurbeleving (duiken, sportvissen) en (indirect) voedsel voor de mens.

Effecten van de nieuwe doorlaat in de Brouwersdam op de visstand

Een streefbeeld voor de Grevelingen na het realiseren van een grotere opening in de Brouwersdam lijkt op de Oosterschelde: Een grote baai met deels ondiepe platen en deels een harde rotsige kustlijn waar schelpdierriffen op groeien. De Grevelingen kan een visrijker systeem worden. Een zeearm met, door toegenomen primaire productie en verbeterde uitwisseling, een toename in de aantallen haring en sprat. Met dynamische plekken waar pelagische zeebaars en makreel jaagt op jonge haring en sprat. Een groot areaal zuurstofrijke geulbodem kan bijdragen aan de omvang van het leefgebied van diverse platvissoorten zoals tong, schaar en tarbot. In het warme structuurrijke water op de intergetijdenplaten en schorranden kan een opgroeigebied voor marien juveniele soorten ontstaan. Mogelijk kan de Grevelingen zelfs een bijdrage leveren aan de populaties van haaien en roggensorten in de Voordelta, en aan soorten typisch voor zeegrasvelden, zoals de zeestekelbaars en het zeepaardje. De Grevelingen vormt na de openstelling een geschikt leefgebied voor de bedreigde aal, zij het dat er met de realisatie van een nieuwe doorlaat geen geleidelijke zoet-zout overgang ontstaat en de doortrekmogelijkheden beperkt blijven¹.

Maatregelen voor vis

Er zijn maatregelen denkbaar die kansen voor vissen in de Grevelingen kunnen verbeteren, gericht op het verbeteren van vismigratie en leefgebieden voor vis: 1) Verbeterde uitwisseling met de Noordzee door een grotere opening in de Brouwersdam en een beperkte getijslag; 2) Verbeterde verbinding met zoete wateren en het achterland, zoals de Oosterschelde, omliggende polderwateren en Volkerak-Zoommeer; 3) Herstel van structuurrijke leefgebieden in ondiep water zoals schorranden, zeegrasvelden en schelpdierbanken; 4) overige maatregelen (kunstriffen, onderwaterreservaat, educatie). De belangrijkste maatregel op dit moment is de openstelling van de Brouwersdam, omdat niet alleen de zuurstofhuishouding nabij de bodem verbetert, maar ook de primaire productie en de connectiviteit. Ook ontstaat er bij het huidige voorkeursscenario van 40 cm getij rondom een middenpeil van -0,30 cm NAP 600 hectare intergetijdengebied: een productief en belangrijk gebied als kraamkamer voor mariene juvenielen en estuarien residenten. Er zijn diverse kennisleemten ten aanzien van aanvullende maatregelen voor vis.

¹ Maar zie maatregelen voor vis 2) voor aanvullende maatregelen

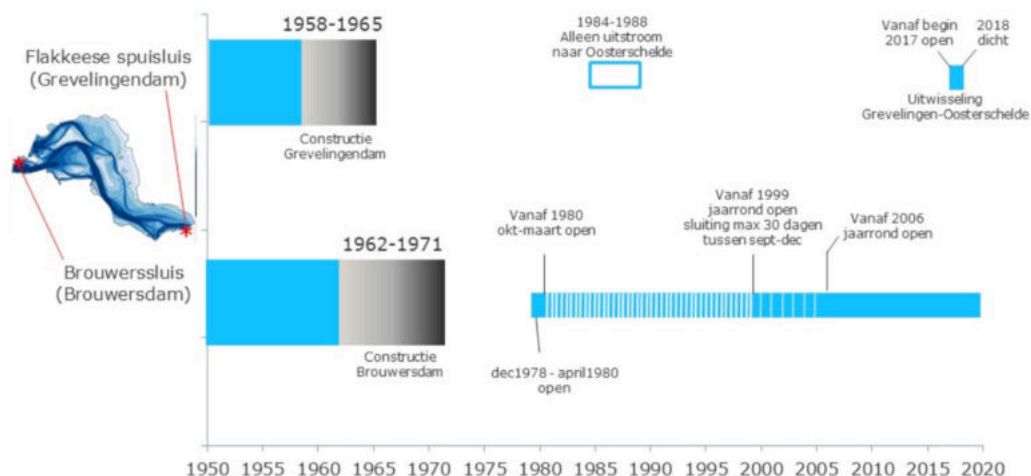




1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Grevelingen is een uniek gebied met een turbulente geschiedenis op het gebied van waterbeheer sinds de tweede helft van de vorige eeuw (Figuur 1). Na de afsluiting in 1964, door de Grevelingendam, gevolgd door de Brouwersdam in 1971 ontstond het grootste zoutwatermeer van Noord-West Europa (110 km²). Het meer staat in beperkte, maar constante, verbinding met de Noordzee via de Brouwerssluis. Als gevolg van de beperkte wateruitwisseling treden er in het Grevelingenmeer tijdens de zomerperiode regelmatig zuurstofarme condities op in de diepere delen van het meer, met negatieve gevolgen voor het onderwaterleven. Naast de openstelling van de Brouwerssluis in 1978 en de, voorsnog tijdelijke, opening van de Flakkeese Spuisluis in 2017 zijn er in de afgelopen jaren stappen gemaakt in de planvorming om de natuurlijke dynamiek weer deels terug te brengen door beperkt getij via een inlaat in de Brouwersdam en daarmee de wateruitwisseling met de Noordzee te bevorderen.



Figuur 1. Constructie en beheer van de Grevelingendam (met Flakkeese Spuisluis) en Brouwersdam (Brouwerssluis). (Bron: Tangelder et al. 2019)

Vissen vormen een belangrijke schakel in het voedselweb van kustwateren en estuaria (Figuur 2). Kustwateren en estuaria vervullen bovendien een belangrijke schakel voor vis als het gaat om hun leefgebieden en trekroute: een schakel tussen open zee en rivieren. Vissen gebruiken de Nederlandse estuaria en kustwateren van oudsher als paaigebied, kraamkamer, om te foerageren, te rusten en te overwinteren. Deze gebieden vormen daarmee een belangrijke rol in de levenscyclus en biomassa-productie van veel vissoorten. Vissen zijn belangrijke indicatoren voor de ecologische status (bv. Kaderrichtlijn Water, Mariene Strategie, Natura 2000), vormen een belangrijke schakel in het voedselweb, dienen als voedselbron voor beschermde vogelsoorten en zeezoogdieren, en zijn tegelijkertijd ook van hoge waarde voor mensen als voedselbron (commerciële vissoorten) en recreatie (sportvissen, sportduiken).



Figuur 2. Illustratie van soorten die voorkomen in kustwateren met schelpdierbanken (Bron: ©Jeroen Helmer via ark.eu).

De soortgroep vissen heeft de afgelopen jaren een bijrol gehad in de verschillende studies naar de historische ontwikkeling van het watersysteem van de Grevelingen en de mogelijke effecten van het toelaten van beperkt getij (Mulder *et al.* 2019; Tangelder *et al.* 2019; Deltares *et al.*, 2020). In deze literatuurstudie staat de soortgroep vissen centraal.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is drieledig en richt zich op het vergroten van inzicht in:

1. De rol van vis in het ecosysteem van de Grevelingen;
2. De effecten van het doorlaten van water in de Brouwersdam op de visstand in de Grevelingen;
3. Welke maatregelen kunnen bijdragen aan het verbeteren van de visstand in de Grevelingen.



De volgende onderzoeksvragen zijn geformuleerd:

1. Voor welke vissoorten en in welke levensfase (zoals paai-, opgroei- en doortrekgebied) is de Grevelingen in de huidige situatie van belang (Hoofdstuk 2)?
2. Voor welke vissoorten, in welke levensfase en leefgebieden, biedt de Grevelingen kansen in de nabije toekomst (Hoofdstuk 3 en 4)?
3. Wat is de bijdrage van vissoorten en -biomassa aan het functioneren van het voedselweb (Hoofdstuk 5)?
4. Voor welke vissoorten en in welke levensfase biedt de nieuwe doorlaat in de Brouwersdam kansen (Hoofdstuk 6)?
5. Welke maatregelen kunnen bijdragen aan het verbeteren van vismigratiemogelijkheden en de visstand in de Grevelingen (Hoofdstuk 7)?





2 De visgemeenschap van de Grevelingen

In dit hoofdstuk:

- Hoewel het aantal soorten in de Grevelingen niet sterk veranderd is na de afsluiting, is er wel een sterk neerwaartse trend waarneembaar in visbiomassa.
- Recente visbemonsteringen met de boomkor uit 2017 laten zien dat de kleine soorten haring, dikkopje en sprot, dominant waren in aantallen en biomassa, vooral dichtbij de Brouwerssluis.
- Verschillen in de soortenrijkdom tussen voor- en najaar zijn aanzienlijk, met respectievelijk 19 versus 23 gevangen vissoorten in 2017.
- De soortenrijkdom nam af van west naar oost, maar was wel weer enigszins verhoogd bij de Flakkeese Spuisluis.
- Op basis van data van vrijwilligers zijn er sinds 2010 56 soorten aangetroffen in de Grevelingen, waarbij de kleine soorten sprot, haring, koornaarvis, driedoornige stekelbaars en dikkopje het meest abundant waren.
- Op basis van data van sportduikers is er sinds 1994 een negatieve trend in aantallen waarneembaar voor 50% van de vissoorten, waarbij vooral kabeljauwachtigen sterk achteruitgingen. Ook bot, tong, zeedonderpad, pitvis en vijfdradige meun zijn recent minder talrijk.
- Tevens laat data van vrijwilligers zien dat de trekvis aal achteruitgaat en de migrerende vorm van driedoornige stekelbaars door de jaren heen sterk in aantallen schommelt.

2.1 Veranderd waterbeheer

De Grevelingen vormde van oudsher een belangrijk estuarium voor een scala aan vissoorten van verschillende levensstadia, welke verschilde tussen de seizoenen. Niet alleen vormde de Grevelingen een doorgang voor migrerende trekvis tussen zoet- en zoutwater, ook vormde de natuurlijke zoet-zoutovergang een belangrijke kraamkamer voor mariene en estuariene vissoorten. De bouw van de Deltawerken heeft de oorspronkelijke estuariene dynamiek ernstig verstoord waarbij behalve de zoet-zout overgang, de getijdendynamiek en het areaal aan zand- en slibplaten grotendeels verdwenen. In 1964 werd de Grevelingen afgesloten van het zoete water door de aanleg van de Grevelingendam die een niet-overbrugbare barrière vormde voor trekvis.

In 1971 werd de Grevelingen vervolgens door de aanleg van de Brouwersdam afgesloten van de Noordzee en werd het een stagnant zoutwatermeer. De Brouwersdam leidde tot het zoeter worden van de Grevelingen hetgeen negatieve effecten had (Saeijs & Stortelder 1982). Zo namen zoutwater vissoorten sterk af en liep de algehele visdiversiteit terug. De afsluiting van de zee en daarmee het verlies van getij heeft daarnaast geleid tot zuurstofarme condities, vooral in diepere waterlagen door zout en temperatuur stratificatie. Dit heeft vermoedelijk negatief uitgewerkt op de visstand. In de Brouwersdam is in 1978 een spuisluis gebouwd voor een verbeterde migratieverbinding voor vis tussen de



Noordzee en de Grevelingen, maar een hogere soortenrijkdom bleef echter uit. Het beheer van deze doorlaat is later aangepast, in 1999 is de Brouwerssluis jaarrond opengesteld, maar tot op heden is de uitwisseling met de Noordzee van zowel vis als water nog steeds gering.

In de huidige situatie is het water van de Grevelingen zout en is er alleen beperkte connectiviteit met de Noordzee (via de Brouwerssluis). De rol van de Grevelingen voor vis onder de huidige omstandigheden wordt vooral bepaald door de mate van migratie door de Brouwersdam. De hoogste visdiversiteit wordt ook aangetroffen op relatief korte afstand van de Brouwersdam.

In het verleden zijn meerdere pogingen ondernomen om een getijdencentrale te realiseren in de Grevelingendam. In november 2020 werd dit project nieuw leven ingeblazen met de geplande bouw van een getijdencentrale in 2021 (zie website AD.nl). De Flakkeese Spuisluis, die sinds 2018 stilligt, kan dan weer zoutwater vanuit de Oosterschelde de Grevelingen in spuien. Dit heeft meerwaarde voor de visfauna van de Grevelingen, welke in sterke mate wordt beïnvloed door het gebrek aan wateruitwisseling. Het spuibeheer zorgt waarschijnlijk voor minder structurele problemen met zuurstofdeficiëntie in de diepere waterlagen van de Grevelingen hetgeen gunstig is voor de ontwikkeling van de visfauna in de Grevelingen.

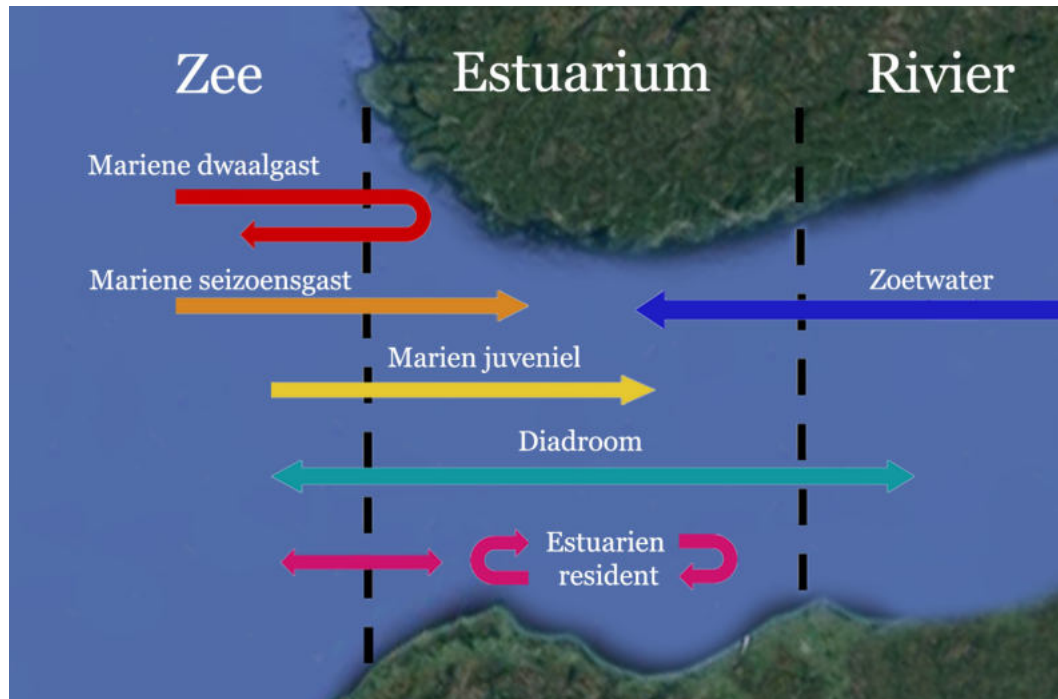
2.2 Visgilden

In welke mate een soort afhankelijk is van de Grevelingen als estuarium kan worden belicht door soorten in te delen op basis van hun habitatvoorkeur tijdens verschillende levensstadia. Onder volledig open verbinding met de zee en het achterland kan de Grevelingen door een scala aan vissen gebruikt worden voor verschillende doeleinden en gedurende diverse levensfasen, afhankelijk van migratietactiek en habitatvoorkeuren. De habitatgeschiktheid is afhankelijk van de connectiviteit met aangrenzende systemen (enerzijds de Noordzee, anderzijds de grote rivieren en latere verbinding met polderwateren) en de mate van aanwezigheid van getijdendynamiek. Deze kenmerken kunnen worden vertaald naar ecologische gilden (Elliott en Hemingway 2002), die worden gebruikt voor KRW doeleinden (Van der Molen & Pot 2007; 2019). Er worden voor kustwateren, overgangswateren en zoute meren zes ecologische gilden onderscheiden (Figuur 3; zie ook Bijlage III):

- Mariene soorten die het estuarium een deel van hun levenscyclus gebruiken. In de meeste gevallen gebruiken deze soorten het estuarium als kraamkamer (mariene juvenielen) of seizoensmatig (mariene seizoensgasten) of er sporadisch voorkomen (mariene dwaalgasten).
- Estuarien residenten soorten brengen hun gehele leven in estuaria door.
- Diadrome (anadrome of katadrome) soorten, trekvisen die migreren tussen zoet en zout water. Anadrome vissoorten, als fint en houting, migreren vanuit zout- naar zoetwater om te paaien. Omgekeerd brengt de katadrome aal zijn jonge en volwassen leven grotendeels door in zoet- of brakwater en migreert naar zee om zich voort te planten. Bijzonder voor de aal is dat het estuarium ook permanent leefgebied kan zijn voor de soort.



- Zoetwatervissen, wanneer zij een zekere mate van zouttolerantie bezitten.



Figuur 3. Weergave van de ruimtelijke overlevingsstrategie van elk van de zes ecologische gilden voorkomende in estuaria, conform KRW classificatie. Bron: Kranenbarg en Jager 2008. Zie ook Bijlage III.

Naast de indeling van vis in gilden op basis van hun ruimtelijke overlevingsstrategie is ook het foerageergedrag de basis van een gilden indeling (eet een vissoort bijvoorbeeld plantenmateriaal, of liever zooplankton of vis). Verder kan een onderscheid worden gemaakt op basis van de voortplantingsstrategie (eierlegend, levendbarend of de overlappende vorm 'eierlevendbarend'). Deze indelingen in gilden op basis van voedsel- en reproductiestrategie afkomstig uit Elliott et al. 2007 zijn weergegeven in Tabel IV.1 en Tabel IV.2 in Bijlage IV.

2.3 Visstand Grevelingen uit literatuur

Sinds 1960 vinden er door verschillende organisaties, o.a. BuWa, RAVON, RIVO en WMR, visstandbemonsteringen plaats in de Grevelingen (Tabel 1 in Bijlage II). Sinds de ingebruikname van de Brouwerssluis in december 1978 is er een verschil waarneembaar in de variëteit van de visstand tussen West- (heterogene gemeenschap, relatief hoge soortenrijkdom) en Oost-Grevelingen (homogeen, relatief lage soortenrijkdom; zie o.a. Meijer en Waardenburg, 1990). Afhankelijk van de gebruikte onderzoeksmethode variëren de resultaten en aangetroffen soorten. De meest gebruikte bemonsteringsmethode is echter de boomkor (Tabel 1 in Bijlage II), waardoor met name inzicht in bodemgebonden soorten van zachte substraten is verkregen. Soorten die

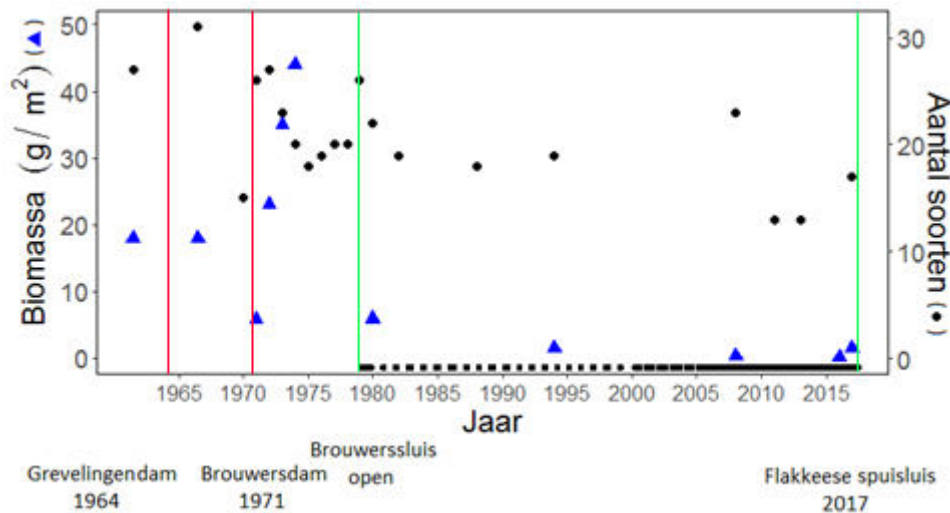


voornamelijk voorkomen in ondiep water en op hard substraat als de Japanse oesterriffen van de Grevelingen worden met deze methode niet effectief bemonsterd. Pelagische vissoorten zijn, in mindere mate, onderzocht met gebruik van netten (zoals de wonderkuil) en fuiken.

2.3.1 Visbiomassa

Met het oog op de verschillende kunstwerken die aangelegd zijn rond de Grevelingen sinds de jaren '60 van de vorige eeuw, is er een duidelijk negatieve trend waarneembaar in de totale visbiomassa (Figuur 4). In de eerste jaren na de bouw van de Grevelingendam bleek dat niet langer tong als meest algemene bodemvis werd gevangen, maar dat schar en schol de voornaamste bijdrage aan de totale biomassa van 120 kg/ha leverden (Vaas, 1978; Figuur 4).

Boomkorbemonsteringen uit 2013 toonden aan dat de totale biomassa in de Grevelingen vooral bepaald werd door de zwarte grondel, schol, dikkopje/brakwatergrondel (determinatie vaak uiterst lastig in het veld) en botervis. Met dezelfde methode waren in het voorjaar van 2017 haring, dikkopje/brakwatergrondel en sprout dominant, en vooral dichtbij de Brouwerssluis (Hop, 2017). Deze soorten hadden dan ook een relatief hoge biomassa dichtbij de Brouwerssluis in vergelijking met de totale gemiddelde biomassa in de Grevelingen: dikkopje/brakwatergrondel (31 kg/ha), haring (25 kg/ha) en sprout (11 kg/ha). De gemiddelde biomassa in de Grevelingen werd geschat op 13,6 kg/ha en 16,3 kg/ha, in respectievelijk het voorjaar en najaar van 2017 (Hop, 2017). Deze bestandschattingen werden gedomineerd door sprout, haring en dikkopje/brakwatergrondel, waarbij in het voorjaar 98% en in het najaar 97% van de visbiomassa door deze soorten bepaald werd. Verder bleken ook koornaarvis en driedoornige stekelbaars bovengemiddeld vertegenwoordigd in de Grevelingen (Hop, 2017).



Figuur 4. Totale biomassa (g/m^2 , linker y-as, ook wel $1/10$ van kg/ha) en aantal soorten gevangen per jaar (rechter y-as) gebaseerd op boomkorbemonsteringen in de Grevelingen in de periode 1960-2017. Periode van sluitingen en openstellingen van kunstwerken zijn weergegeven met respectievelijk rode en groene verticale lijnen.



2.3.2 Soortenrijkdom boomkor

In het winterhalfjaar 2012-2013 zijn op basis van boomkorbemonsteringen 13 verschillende vissoorten gevangen (Van Kessel *et al.* 2014). Dikkopje, zwarte grondel, schol en botervis domineerde de vangsten in aantallen, gevolgd door puitaal en sprat. Boomkorbemonsteringen in het voorjaar van 2017 (19 april - 24 mei; Hop, 2017) toonden vier nieuwe vissoorten aan die in het winterhalfjaar 2012-2013 niet zijn aangetroffen door Van Kessel *et al.* (2014), namelijk zeebaars, koornaarvis, adderzeenaald en haring. In totaal werden in de periode 19 april 2017 – 24 mei 2017, met zowel benthisch als pelagische bemonsteringen, 19 vissoorten gevangen. Hierbij bleek de soortenrijkdom af te nemen van west naar oost. Ter hoogte van de Flakkeese Spuisluis was de soortenrijkdom wel hoger. In het najaar 2017 (16 oktober - 9 november; Hop, 2017) zijn in totaal 23 vissoorten gevangen met minder variatie in de afzonderlijke bemonsteringsvakken van de Grevelingen dan in het voorjaar 2017.

Met de ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis in 2017 aan de oostelijke zijde van de Grevelingen werd een beperkte verbinding gelegd met de Oosterschelde, hetgeen bevorderend was, in beperkte mate, voor de soortenrijkdom nabij de Flakkeese Spuisluis (Hop, 2017).

2.4 Vrijwilligersdata

De huidige visstand in de Grevelingen wordt in deze paragraaf beschreven op basis van gegevens van vrijwilligers. Binnen Stichting ANEMOON en Stichting RAVON zijn grote groepen vrijwilligers actief die structureel waarnemingen verzamelen van vissoorten in de Grevelingen. Deze meldingen worden verwerkt via invoerportalen en geven inzicht in de huidige variatie van vissoorten. Eén van de projecten betreft het Monitoringproject Onderwater Oever (MOO), dat van 1994 tot op heden met een vast protocol soortenwaarnemingen van duikers vastlegt. Hierbij worden ook complexe substraten zoals mossel- en oesterriffen en stortsteenzones langs de dijk onderzocht.

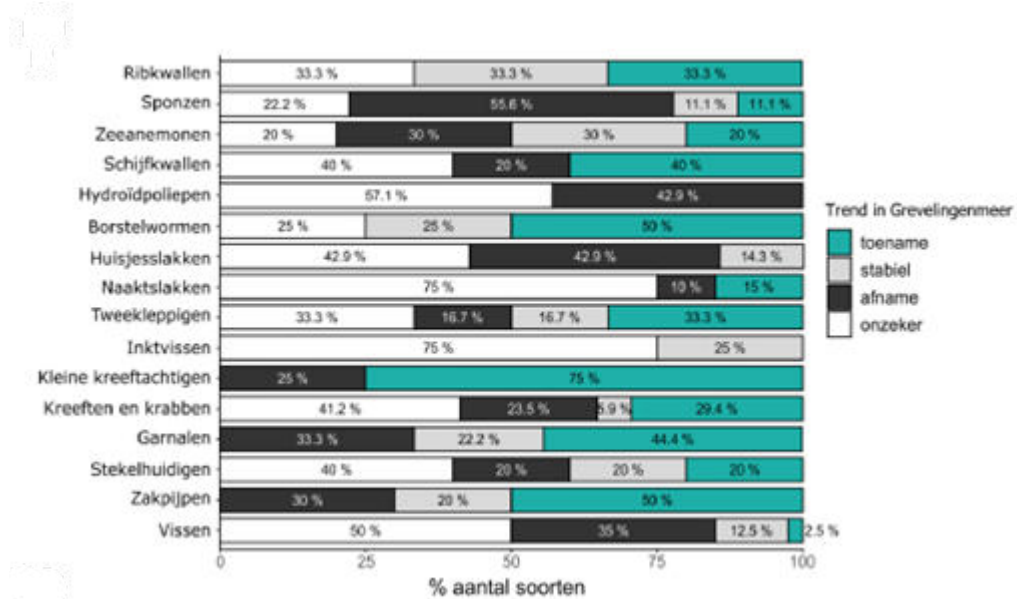
2.4.1 Het MOO project

In ruimtelijk opzicht is de duikinspanning van 1994 t/m 2020 verdeeld over een groot deel van de oeverzone van de Grevelingen (Bijlage II; Figuur II.1 en II.2), waarbij veel inspanning verricht is bij de Brouwerssluis, waar de stroming vanuit de Noordzee de dijkval bereikt. Ook ten westen hiervan werden relatief veel duikuren gemaakt (Figuur II.1 in Bijlage II). Het totaal aantal waarnemingen en totaal aantal verschillende soorten was het hoogst nabij de Brouwerssluis over de gehele onderzoeksperiode (Figuur II.2 in Bijlage II).

Verdere resultaten uit dit monitoringproject laten zien dat voor de onderzochte soortgroepen er een variatie in trends waarneembaar is in de Grevelingen (Figuur 5). De ontwikkeling van het aantal vissoorten per jaar was negatief: van de in totaal 41 soorten vis die in het MOO gemonitord zijn in de periode 1994 t/m 2018, nam in de Grevelingen een groot gedeelte (35%) van de soorten af (Figuur 5). Voor de Oosterschelde was eenzelfde patroon waarneembaar o.b.v. het MOO gegevensportaal. Omdat van schuwe, zeldzame soorten (zoals de geep en het harnasmannetje) slechts enkele waarnemingen



gedaan zijn, is deze trend voor de helft van de gemonitorde vissoorten niet met zekerheid vast te stellen.



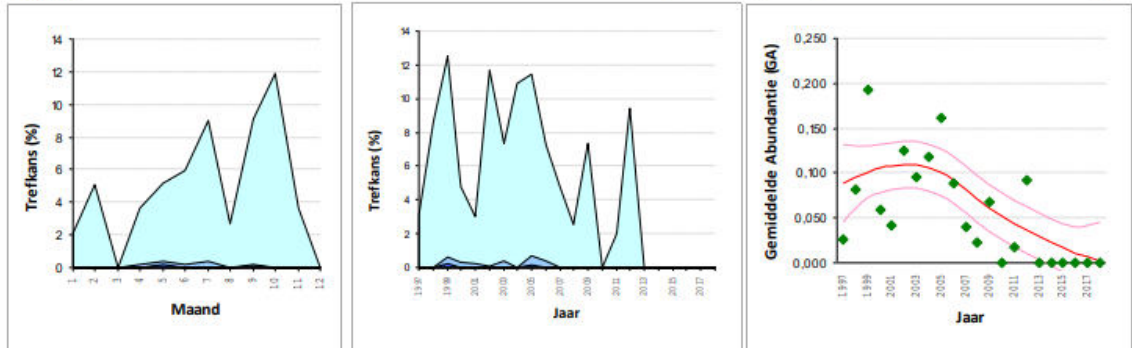
Figuur 5. Percentage van het aantal soorten per soortgroep (opgenomen in het MOO protocol) met een specifieke trend (toename, stabil, afname en onzeker) in de Grevelingen van 1994 t/m 2018. Bron: MOO gegevensportaal.

In de Grevelingen is één van de sterkste afnemende trends waarneembaar voor de kabeljauwachtigen: de kabeljauw, pollak (Figuur 6), steenbolk, dwergbolk en vorskwab nemen af. Voor geen enkele kabeljauwsoort is er een stabiele of positieve trend. Ook de platvissen bot en tong nemen af, hetzelfde geldt voor de pitvis, vijfdradige meun en de gewone zeedonderpad (Figuur 6). Alleen de platvissen schar en schol vertonen een stabiele trend.



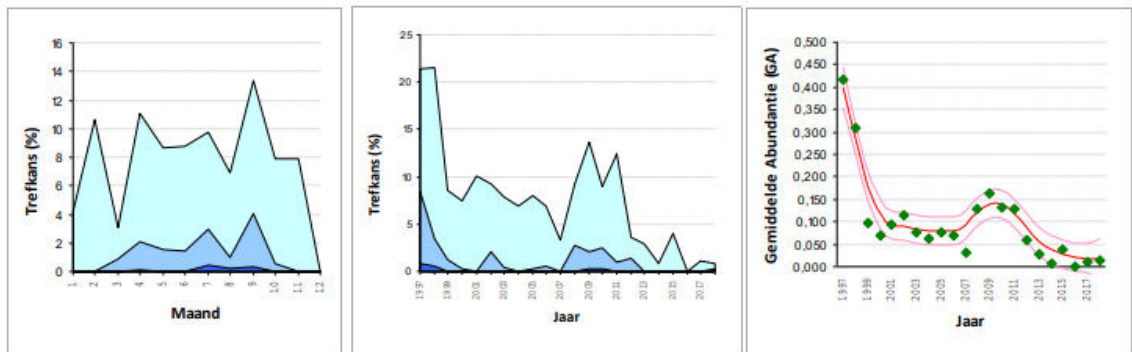
Pollak

Trendlijn laatste jaar: significante afname tov eerste jaar



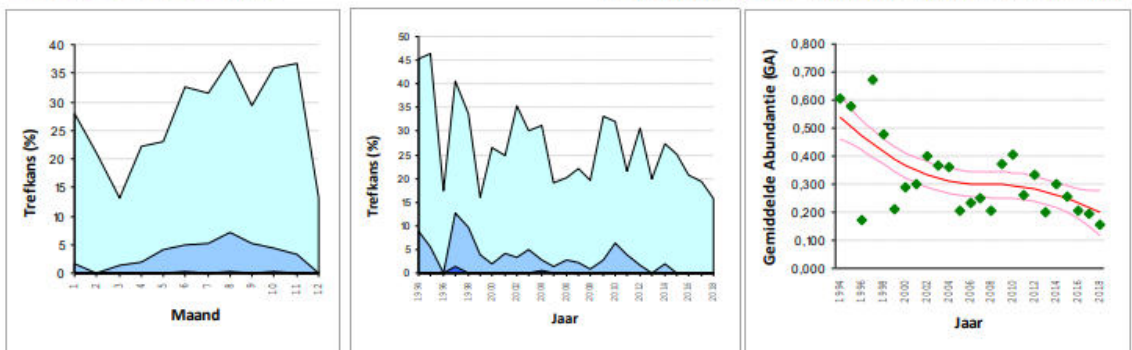
Bot

Trendlijn laatste jaar: significante afname tov eerste jaar



Gewone zeedonderpad

Trendlijn laatste jaar: significante afname tov eerste jaar



Figuur 6. Trefkans per maand (links), trefkans tussen jaren (midden) en gemiddelde abundantie (rechts) over de periode 1997 t/m 2018 voor drie soorten vis, waaronder een kabeljauwachtige (pollak, pelagisch, boven), een platvis (bot, benthisch, midden) en een donderpad (gewone zeedonderpad, benthisch, onder). Trefkans en Gemiddelde Abundantie (GA) zijn gemiddelden per duik per locatie per maand/jaar. Trefkans kleurindicatie: lichtblauw, blauw, donkerblauw: minimaal 1, 10 of 100 exemplaar/exemplaren, respectievelijk. Waarden zijn gecorrigeerd voor de onevenredige verdeling van de waarnemersinspanning in tijd en ruimte. Bron: MOO gegevensportaal.

Ter hoogte van de Brouwerssluis resulteert de instroom van zoutwater vanuit de Noordzee en de daaraan verwante dynamiek in een relatief hoge soortenrijkdom met duidelijke invloed van de Noordzee (Figuur II.2a,b in Bijlage II). Dichtbij de Brouwerssluis is een hoog aantal waarnemingen en een hoge mate van variëteit in het visbestand geregistreerd,



zowel in de periode 1994 – 2010 van het MOO project als meer recentelijk (2010-2020; Figuur II.2c,d in Bijlage II).

2.4.2 RAVON vrijwilligersdata

Vrijwilligersdata beheerd door RAVON omvat o.a. data uit kruisnetmonitoring, gestandaardiseerde kilometer-hok inventarisaties en waarnemingen uit invoerportalen als Telmee.nl en Waarneming.nl. Vanaf 2010 bestaan de waarnemingen van de visstand in de Grevelingen uit een relatief groot aantal soorten ($n = 58$; Bijlage I, Tabel I.1). In de afgelopen 5 jaar zijn er waarnemingen gemeld van 45 soorten. In deze periode kwamen sommige soorten zeer algemeen voor in de Grevelingen (o.a. sprong, haring, koornaarvis), terwijl andere slechts enkele malen waargenomen zijn (o.a. gehoornde slijmvis, grauwe poon; Bijlage I). De waarnemingen van zoetwatersoorten, zoals snoek, pos en rietvoorn, worden normaliter niet verwacht in een zoutwater meer als de Grevelingen, en duiden op uitspoeling.

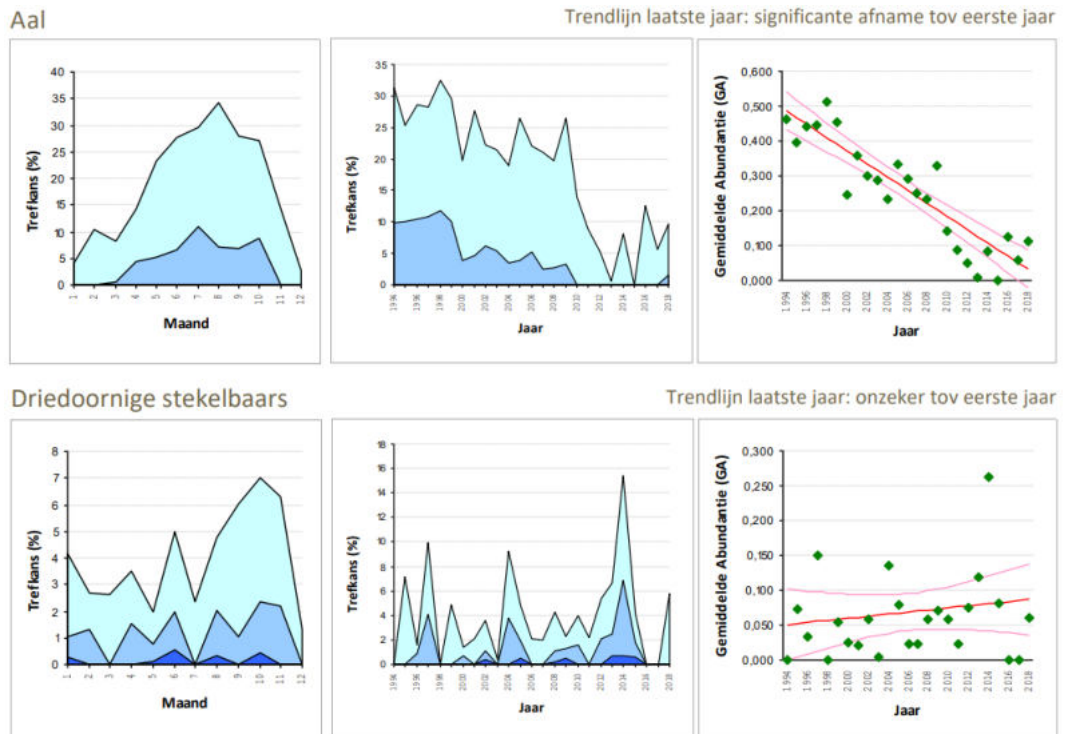
2.4.3 Voorkomen trekvisseren in vrijwilligersdata

Het voorkomen van twee trekvissoorten bij intrekpunten naar het achterland wordt sinds 2016 gemonitord bij drie gemalen langs de noordoever van de Grevelingen: gemaal Battenoord, gemaal Herkingen en gemaal Kilhaven (Figuur 7; Projectgroep Samen voor de Aal, 2019). Hierbij wordt bijgehouden welke aantallen aal en driedoornige stekelbaars aanwezig zijn tijdens bemonsteringen in maart/april. Hoewel driedoornige stekelbaars afhankelijk is van goede doortrek voor het ecotype dat migreert tussen het zoete en zoute milieu, zijn er nog twee varianten van de soort die niet strikt diadroom zijn.

Bij de drie gemonitorde gemalen is geen duidelijke trend waarneembaar voor zowel de aal als driedoornige stekelbaars. Bij Gemaal Herkingen is een hoger aantal van deze beide trekvisseren gevangen vóór begin 2017, toen de Flakkeese Spuisluis voor korte tijd openging, dan erna. Bij het gemaal het dichtst bij de Brouwersdam, Gemaal Kilhaven, fluctueren de vangstaantallen aal. Lage aantallen van beide soorten zijn gevangen in maart/april 2019/2020, hoewel de inspanning vergelijkbaar was met de drie jaren daarvoor. Hoewel de kruisnetvangsten laten zien dat het aandeel glasaal hoog is (>85% van totaal aan lengteklassen voor de drie locaties), wordt dit vooral veroorzaakt door de vangstmethode en periode van het jaar (intrekseizoen). Ook wordt glasaal uitgezet in de Grevelingen (Omroep Zeeland, 2018, 2020). Eenzelfde beeld van een afnemende populatie aal in de Grevelingen wordt ook verkregen van data afkomstig uit het MOO-project (Figuur 8). Driedoornige stekelbaars laat in deze data geen duidelijke trend zien.



Figuur 7. Locaties van kruisnetbemonsteringen uitgevoerd sinds 2016 in de Grevelingen, bij gemalen Kilhaven, Herkingen en Battenoord.



Figuur 8. Trefkans per maand (links), trefkans tussen jaren (midden) en gemiddelde abundantie (rechts) over de periode 1997 t/m 2018 voor aal en driedoornige stekelbaars. Trefkans en Gemiddelde Abundantie (GA) zijn gemiddelden per duik per locatie per maand/jaar. Trefkans kleurindicatie: lichtblauw, blauw, donkerblauw: minimaal 1, 10 of 100 exemplaar/exemplaren,



respectievelijk. Waarden zijn gecorrigeerd voor de onevenredige verdeling van de waarnemersinspanning in tijd en ruimte. Bron: MOO gegevensportaal.

2.5 Visgemeenschap in de Grevelingen

De soortenrijkdom in de Grevelingen is in ruimtelijk opzicht onregelmatig verdeeld waarbij vooral het homogene, diepere habitat soortenarm is. Hier zijn met boomkorbemonsteringen, uitgevoerd eind april 2011, het winterhalfjaar 2012-2013 (Van Kessel *et al.*, 2011, 2014) en in het voorjaar van 2017 (Hop, 2017), respectievelijk 15, 13 en 17 vissoorten gevangen in de Grevelingen. Dit staat in schril contrast met het aantal soorten dat waargenomen is tijdens de structurele duikinspanningen (14-30 soorten in de periode 1994-2020 o.b.v. MOO data, 45 soorten in de afgelopen 5 jaar o.b.v. RAVON vrijwilligersdata). Dit laat zien dat de oeverzone van de Grevelingen een cruciale bijdrage vormt voor de soortenrijkdom, doordat het structuurrijke substraat en de relatief hoge dynamiek habitat biedt voor veel soorten vis. De hoop was dat de ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis een positief effect zou hebben op de visstand, maar door de sluiting sinds 2017 ontbreekt deze kennis.

In de loop der jaren is de samenstelling van de visfauna veranderd van een dominantie van vooral soorten van relatief groot formaat (o.a. tong, schol) naar een gemeenschap met vooral kleinere soorten (haring, dikkopje en sprout; Hop, 2017). Van de soorten die voorafgaand aan de afsluiting van de Grevelingen het meest talrijk aanwezig waren, blijken acht soorten tegenwoordig nog steeds tot de meest talrijke soorten te behoren, namelijk schol, schar, bot, dikkopje, aal, sprout, haring en puitaal. De biomassa is echter sterk afgenomen, van 120 kg/ha naar 13-16 kg/ha.

De samenstelling van de visgemeenschap in de Grevelingen is niet alleen onregelmatig verspreid in ruimtelijk opzicht, ook in temporeel opzicht is er variatie. De aanwezigheid van soorten vertoont seizoenspatronen, o.a. als gevolg van de functie die de Grevelingen heeft voor de verschillende levensfasen van soorten (o.a. opgroei, paai en het foerageren). Ook de variëteit in abiotische factoren tussen de seizoenen kan de aan- of afwezigheid van soorten verklaren.

Ook als gekeken wordt naar de visgilden voorkomende in de Grevelingen nu in vergelijking met voor de afsluiting, is er een verschil waarneembaar. Zo komen estuarien residente soorten, die niet afhankelijk zijn van migratie tussen de Noordzee of tussen de rivieren, veel voor in de Grevelingen. Soorten als brakwatergrondel, zwarte grondel en botervis komen in relatief hoge dichtheden voor (Tabel III.1 in Bijlage III): zij gebruiken de Grevelingen zowel als voortplantings-, foerageer en opgroeigebied.

Hoewel estuarien residente soorten strikt genomen niet (sterk) afhankelijk zijn van connectiviteit met aangrenzende wateren, is dit wel van groot belang voor de andere visgilden (Figuur 3). Soorten als haring, wijting en pitvis, behorende bij de visgilden van mariene juvenielen, als ook mariene seizoens- en dwaalgasten zijn afhankelijk van een verbinding met de Noordzee. Verbinding, met zowel de Noordzee als het zoete achterland, is zelfs cruciaal voor diadrome soorten als de Europese aal, die voor de optrek naar het zoete water, en de uittrek naar de Sargassozee, ernstige hinder kan ondervinden van barrières. De aanwezigheid van soorten behorende bij deze gilden en afhankelijk van



connectiviteit, waren voor de afsluiting veelvuldiger aanwezig dan in de huidige situatie (Meijer en Waardenburg, 1990; Tabel III.1 in Bijlage III).

2.6 Totaallijst

Om tot een totaalbeeld te komen van de huidige visstand in de Grevelingen, is in *Tabel 1* weergegeven welke vissoorten ($n = 56$) onder de huidige omstandigheden (sinds 2010) voorkomen. Hierbij is tevens opgenomen tijdens welke levensfasen zij voorkomen in de Grevelingen, en tot welke ecologische gilde (KRW) zij behoren. Het betreft 16 mariene juvenielen (voornamelijke functie van de Grevelingen: opgroei-, foerageergebied), 11 mariene dwaalgasten (foerageergebied), 15 estuarien residente soorten (opgroei-, foerageer-, voortplantingsgebied), 6 diadrome soorten (doortrek- en foerageergebied) en 8 soorten zoetwatervissen (geen duidelijke functie).



Tabel 1. Vissoorten aanwezig in de Grevelingen sinds 2010 (o.b.v. RAVON vrijwilligersdata), levensfasen waarin zij gebruik maken van de Grevelingen, en KRW ecologische gilde(n) waar zij toe behoren. nb = niet bekende functie van Grevelingen voor desbetreffende soort.
Soort voorkomende in de Grevelingen **Binomiale naam** **Levensfase** **Ecologische gilde (KRW)**

aal	<i>Anguilla anguilla</i>	juveniel, subadult, adult	Diadrome soorten (CA)
bot	<i>Platichthys flesus</i>	subadult, adult	
driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	juveniel, subadult, adult	
dunlipharder	<i>Liza ramada</i>	juveniel, subadult, adult	
fint	<i>Alosa fallax</i>	adult	
spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	adult	
botervis	<i>Pholis gunnellus</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	Estuarien residente soorten (ER)
brakw atergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
dikkopje	<i>Pomatoschistus minutus</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
gehoornde slijmvis	<i>Parablennius gattorugine</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
gew one slijmvis	<i>Lipophrys pholis</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
glasgrondel	<i>Aphia minuta</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
groene zeedonderpad	<i>Taurulus bubalis</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
grote zeenaald	<i>Syngnathus acus</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
kleine zeenaald	<i>Syngnathus rostellatus</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
kleurige grondel	<i>Pomatoschistus pictus</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
ruthersparrs grondel	<i>Gobiusculus flavescens</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
zandspiering	<i>Ammodytes tobianus</i>	nb	
zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	larvaal, juveniel, subadult, adult	
zw arte grondel	<i>Gobius niger</i>	nb	
ansjovis	<i>Engraulis encrasicolus</i>	nb	Mariene juvenielen (MJ); Mariene seizoensgasten (MS)
diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>	nb	
dw ergbolk	<i>Trisopterus minutus</i>	nb	
geep	<i>Belone belone</i>	nb	
haring	<i>Clupea harengus</i>	juveniel, adult	
kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>	juveniel, subadult, adult (geen paai)	
koornaarvis	<i>Atherina presbyter</i>	juveniel, subadult, adult	
schar	<i>Limanda limanda</i>	nb	
schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	juveniel, subadult	
snotolf	<i>Cyclopterus lumpus</i>	juveniel, subadult, adult	
sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	nb	
steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	juveniel, subadult, adult	
tong	<i>Solea solea</i>	nb	
vijfdradige meun	<i>Ciliata mustela</i>	nb	
w ijting	<i>Merlangius merlangus</i>	nb	
zeebaars	<i>Dicentrarchus labrax</i>	nb	



Tabel 1 (vervolg): Vissoorten aanwezig in de Grevelingen sinds 2010 (o.b.v. RAVON vrijwilligersdata), levensfasen waarin zij gebruik maken van de Grevelingen, en KRW ecologische gilde(n) waar zij toe behoren. nb = niet bekende functie van Grevelingen voor desbetreffende soort.

Soort voorkomende in de Grevelingen	Binomiale naam	Levensfase	Ecologische gilde (KRW)
grauw e poon	<i>Eutrigla gurnardus</i>	adult	Mariene dw aalgasten (MA)
horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>	juveniel, subadult	
kristalgrondel	<i>Crystallogobius linearis</i>	adult	
lozano's grondel	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>		
makreel	<i>Scomber scombrus</i>	nb	
paganelgrondel	<i>Gobius paganellus</i>	juveniel, subadult, adult	
pitvis	<i>Callionymus lyra</i>	nb	
pollak	<i>Pollachius pollachius</i>	subadult	
stekelrog	<i>Raja clavata</i>	nb	
vorskw ab	<i>Raniceps raninus</i>	adult	
zw artooglipvis	<i>Symphodus melops</i>	adult	
blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	juveniel, subadult, adult	Zoetw atersoorten (FW)
pontische stroomgrondel	<i>Neogobius fluviatilis</i>	juveniel, subadult, adult	
pos	<i>Gymnocephalus cernua</i>	juveniel, subadult, adult	
rietvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmu</i>	juveniel, subadult, adult	
snoek	<i>Esox lucius</i>	juveniel, subadult, adult	
snoekbaars	<i>Sander lucioperca</i>	juveniel, subadult, adult	
tiendoornige stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>	juveniel, subadult, adult	
zw artbekgrondel	<i>Neogobius melanostomus</i>	juveniel, subadult, adult	
blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	juveniel, subadult, adult	Chloridetolerant (Z1+Z2)
giebel	<i>Carassius gibelio</i>	juveniel, subadult, adult	
karper	<i>Cyprinus carpio</i>	juveniel, subadult, adult	
pos	<i>Gymnocephalus cernua</i>	juveniel, subadult, adult	
snoekbaars	<i>Sander lucioperca</i>	juveniel, subadult, adult	
tiendoornige stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>	juveniel, subadult, adult	
rietvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmu</i>	juveniel, subadult, adult	Plantminnend (Z3)
snoek	<i>Esox lucius</i>	juveniel, subadult, adult	





3 Vissen in kustwateren en estuaria

In dit hoofdstuk

- Natuurlijk estuaria zijn dynamisch met een visgemeenschap die bestaat uit een mix van estuarien residenten, mariene juvenielen en diadrome soorten.
- Voor de afsluiting vervulde de Grevelingen een belangrijke rol als opgroeigebied voor juveniele mariene soorten, doortrek gebied voor diadrome soorten en leefgebied voor estuarien residenten. Het gebied leek op de Oosterschelde.
- In de Oosterschelde bestaat de visbiomassa voornamelijk uit mariene juvenielen, zoals schol en tong. Recente verschuivingen naar meer estuarien residenten, een afname van grote individuen en een afname van bodemvissen, zijn het duidelijkst waarneembaar aan de oostkant van de Grevelingen.
- In de kustgebieden en Waddenzee zijn vergelijkbare verschuivingen waargenomen. Veranderingen in watertemperatuur door klimaatverandering en regionale veranderingen zoals een afname in voedselaanbod, predatiedruk en visserij zijn mogelijke oorzaken.

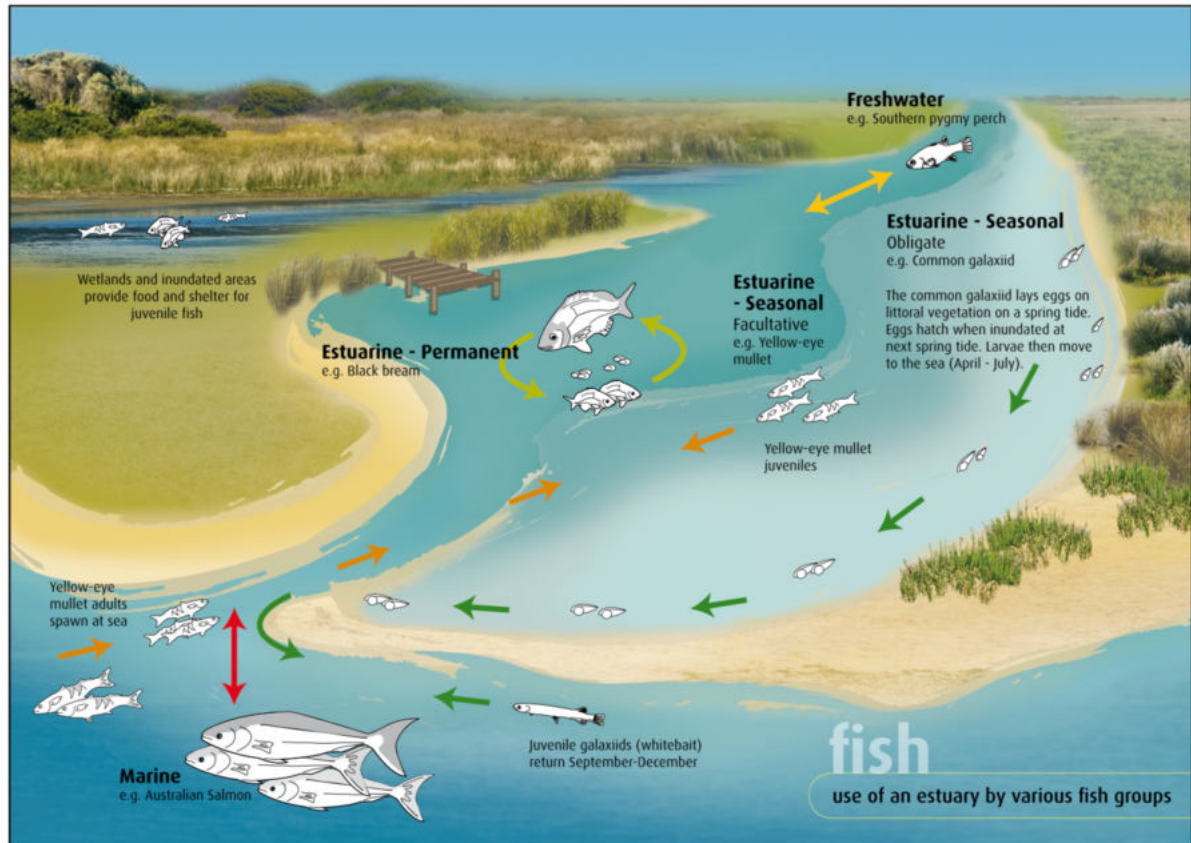
3.1 Functioneren van een natuurlijk estuarium

Estuaria en kustgebieden zijn zeer productieve en waardevolle ecosystemen die talrijke leefgebieden aan vissen bieden en ecologische verbanden met andere gebieden of delen van het voedselweb vormen (Beck *et al.* 2001; Able *et al.* 2005). Natuurlijke estuaria zijn zowel dynamisch als productief. Fysisch-chemische kenmerken van het estuarium (bijv. watertemperatuur, zoutgehalte, zuurstof) vertonen zowel seizoensvariatie als stochastische variatie (Costanza *et al.* 1995). Een gezond estuariene systeem herstelt snel van kortdurende verstoringen met grote wisselingen en is veerkrachtig, waardoor estuariene organismen gekenmerkt worden door hun hoge tolerantie voor veranderingen in de omgeving (McLusky 1989). De visgemeenschap bestaat uit zowel mariene soorten, estuarien residenten, diadrome soorten en soorten zoetwatervissen en de meeste vissoorten gebruiken estuaria slechts een deel van hun levenscyclus. Er zijn weinig endemische soorten aanwezig en er is weinig specialisatie, waardoor ook de soortenrijkdom lager is in vergelijking met o.a. dynamische riviersystemen en het mariene milieu (McLusky 1989). Het economische belang van estuaria en kustwateren, in termen van visproductie, is heel groot: meer dan 162 commerciële vissoorten en tot meer dan 50% van de productie zijn afhankelijk van Europese of kustwateren (Costa *et al.*, 2002) In dit licht kunnen estuaria worden gezien als natuurlijke eiwitboerderijen; de primaire productie is hoog en de energie van de primaire producenten wordt efficiënt overgebracht naar hogere trofische niveaus.

De kwaliteit van het watersysteem bepaalt de groei en overleving van juveniele mariene en estuarien residente soorten, en is gelinkt aan de omvang van volwassen populaties (Nicolas *et al.*, 2007). De beschikbaarheid van essentiële habitats, zoals zeegrasvelden en schorranden, die bescherming bieden en in een overvloedige voedselproductie voorzien,



worden beschouwd als belangrijke voorwaarde voor een goede visstand in estuaria (Beck *et al.*, 2001; Cabral *et al.*, 2007; Martinho *et al.*, 2007a).



Figuur 9. Ruimtelijk gebruik van een natuurlijk estuarium door diverse visgilden. (Bron: estuarywatch Australia).

3.2 Vissen in de Grevelingen voor de afsluiting

Voor de afsluiting was de Grevelingen een estuarium waar Rijn- en Maaswater zich mengde met Noordzeewater. Er bestond een geleidelijke gradiënt van zoet naar zout en een vrije doorgang tussen zee en achterland, inclusief de grote rivieren en hun vertakkingen. In dit estuarium bestond de bodemvisfauna voornamelijk uit mariene soorten zoals jonge schol en tong die de Grevelingen gebruikten als opgroeigebied. Ook vormde het een overgangszone voor diadrome vissen die migreerden tussen zoet en zout om bijvoorbeeld hun paaigronden te bereiken zoals fint, spiering, zee- en rivierprik (Bouma *et al.* 2008). Tevens was het estuarium een habitat voor estuariene soorten zoals zeenaalden, brakwatergrondels en harnasmannetjes (van der Linden, 2006). In deze periode in de totale bestond de visbiomassa (120 kg) vooral uit tong (56.5 kg) gevolgd door schol (26.5 kg) en de zeedonderpad (7 kg) (Vaas 1978).



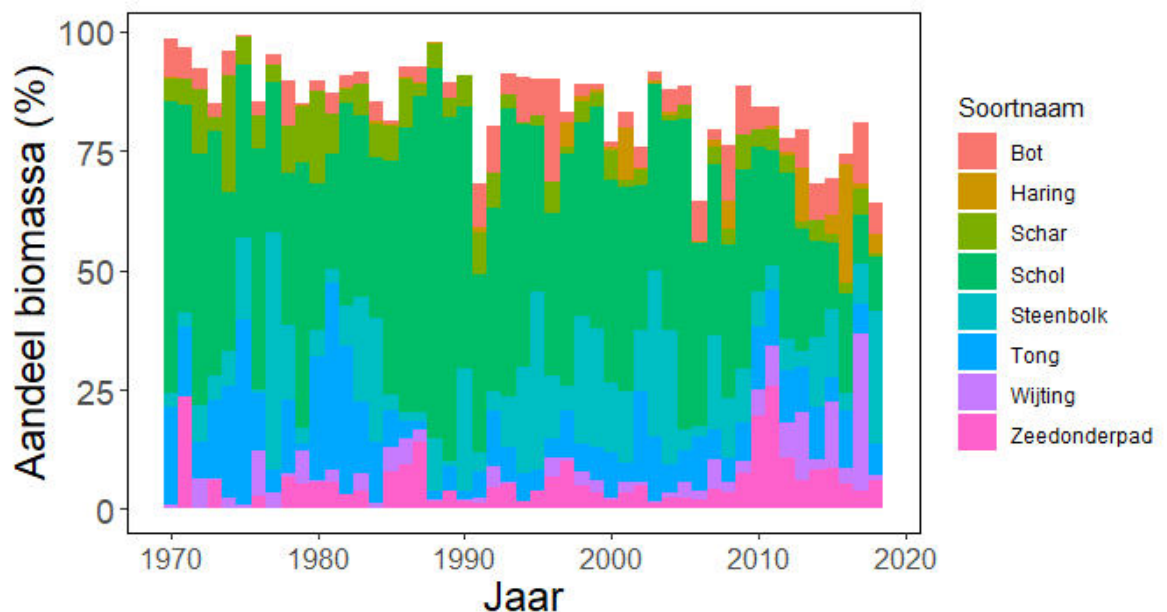
In 1964 werd de Grevelingen afgesloten van het zoete water door de aanleg van de Grevelingendam die een onoverkomelijke barrière vormde voor diadrome vissen en zoetwatervissoorten, waardoor het visbestand steeds meer vergelijkbaar werd met dat van de Oosterschelde.

In 1971 werd de Grevelingen door de aanleg van de Brouwersdam afgesloten van de Noordzee en daarmee een stagnant zoutwatermeer. Doordat het meer alleen nog maar gevoed werd door zoet polder- en regenwater trad er verzoeting op. Soorten zoals pitvis, zeebaars, tong en geep verdwenen en het aantal soorten dat gevangen werd met boomkorbemonsteringen liep terug van 31 naar 20 (Engelsma *et al.*, 1994).

3.3 Vissen in de Oosterschelde

In de Oosterschelde bestaat de visbiomassa vooral uit mariene juvenielen waaronder schol (*Pleuronectes platessa*), tong (*Solea solea*), schar (*Limanda limanda*), bot (*Platichthys flesus*), haring (*Clupea harengus*), steenbolk (*Trisopterus luscus*), en wijting (*Merlangius merlangus*; Figuur 10). Daarnaast dragen estuarien residenten zoals de zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*) en bot (*Platichthys flesus*) bij aan de biomassa. Bij vis dichtheden komen de estuarien residenten waaronder het dikkopje (*Pomatoschistus minutus*) en Lozano's grondel (*Pomatoschistus lozanoi*) in aantallen het meest voor (Bijlage II; Figuur II.3).

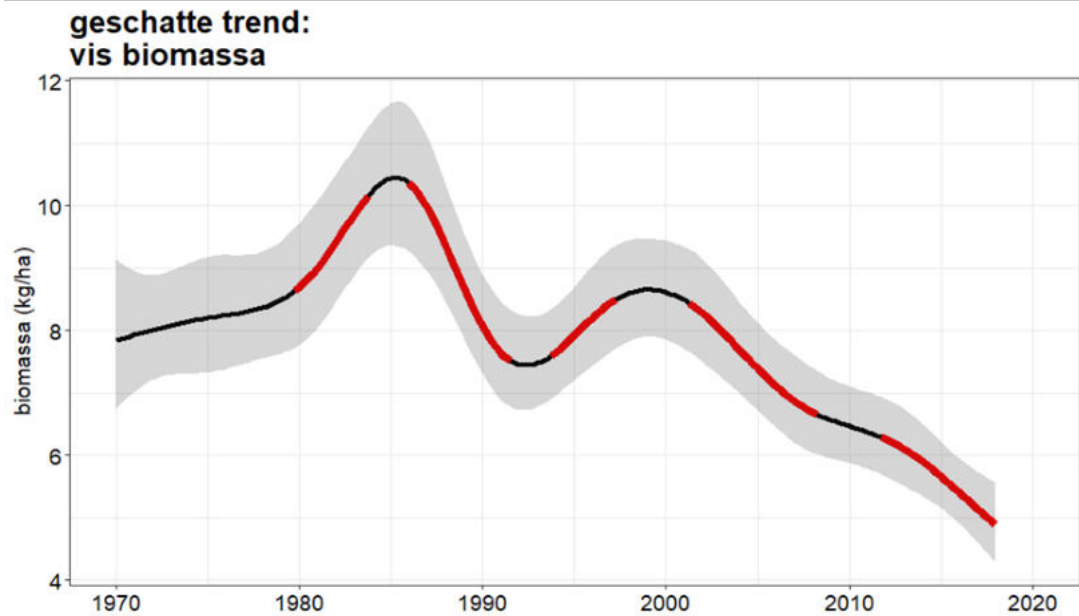
In de Oosterschelde zijn tussen 1970 en 2018 zijn in totaal 58 vissoorten waargenomen, met een jaarlijks gemiddelde van 26 vissoorten (Meijer *et al.*, 2002; Deerenberg *et al.* 2003; Mulder *et al.* 2020).



Figuur 10. Aandeel visbiomassa in de Oosterschelde voor de periode 1970-2018, weergegeven voor die vissoorten met de grootste bijdrage (Bron: Mulder *et al.* 2020).



Vanaf eind jaren '80 van de vorige eeuw is er een duidelijke daling te zien in visdichtheden en biomassa in de Oosterschelde (Figuur 11; Mulder *et al.* 2020)).



Figuur 10. De trend in visbiomassa in de Oosterschelde over de gehele bemonsteringsperiode (1970-2018) met in rood aangegeven de significante dalingen en stijgingen (Bron: Mulder *et al.* 2020).

Behalve veranderingen in het voorkomen van vissen, is er over de tijd ook verandering waargenomen in de lengteverdeling binnen soorten. Voor schol, schar en tong zijn een afname in grote individuen (>10 cm) geconstateerd. Ook zijn tussen de gilden van de verschillende vissoorten verschuivingen waargenomen. Waar voorheen voornamelijk mariene juvenielen, zoals schar en schol, voorkwamen in de Oosterschelde, zijn dit sinds 2010 voornamelijk estuarien residenten (grondels). In het deelgebied de Kom, het meest oostelijke deel, is deze verschuiving het sterkst. Ook zijn verschuivingen zichtbaar in voedselgildes waar planktoneters en viseters een steeds groter deel van de biomassa zijn gaan vertegenwoordigen ten opzichte van bodemgebonden vissen (Mulder *et al.* 2020).

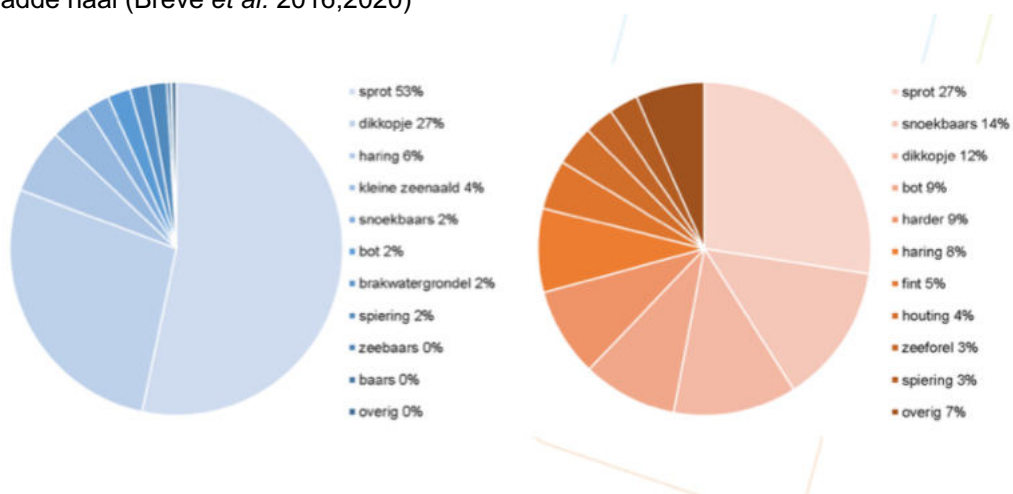
De afname van mariene juvenielen wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een afnemende kraamkamerfunctie van de Oosterschelde voor soorten zoals schol, tong en bot. Oorzaken die hiervoor worden aangedragen zijn veranderingen in watertemperatuur door klimaatverandering, waardoor de Oosterschelde minder geschikt is als kraamkamer. Ook zijn lokale veranderingen zoals een afname in voedselaanbod, predatiedruk en zandhonger mogelijke oorzaken (Mulder *et al.* 2020).

3.4 Vissen in de Waddenzee, Noordzee en Voordeltakust



Door Wageningen Marine Research wordt jaarlijks een bodemvis survey (DFS) uitgevoerd in de Waddenzee, Noordzee en Voordeltakust (Tulp 2015). Het grootste deel van de visbiomassa in de kustzone bestaat uit marien juvenielen, gevolgd door estuarien residenten. Daarnaast dragen in de kustzone seizoensgasten een substantieel deel bij in de visbiomassa, in de Eems-Dollard, Waddenzee en Scheldes ook diadrome soorten. In alle gebieden zijn soortgelijke dalende trends in visbiomassa waargenomen en is sprake van een verschuiving naar kleinere vis. In de Voordeltakust en de Waddenzee is er een verschuiving van biomassa van mariene juvenielen naar residente soorten en maken estuariene grondels een steeds groter deel uit van de biomassa. Visbiomassa's nemen in de Westerschelde en kustgebieden sinds 2000 weer toe, een trend die in de Waddenzee en Oosterschelde niet is waargenomen. Er is een flink aantal soorten die een vrij abrupte toename laten zien in de periode vanaf 2000 in de Voordelta, Hollandse kust, Waddenkust en Westerschelde: een aantal residente soorten (slakdolf, zeedonderpad, zeenaalden, vijfdradige meun), een diadrome soort (spiering) en twee mariene juvenielen (wijting, rode poon) (Tulp 2015).

Bemonstering in de Voordelta ter hoogte van het Haringvliet laat zien dat de visbiomassa en aantallen voornamelijk uit de mariene seizoensgast sprot bestaat. Daarnaast zijn snoekbaars, dikkopje, bot, harder en haring aanwezig en een klein aandeel diadrome soorten (spiering, houting, fint, zeeforel) en estuarien resident kleine zeenaald (figuur 11) (Hop 2016b). Ook is de Voordelta een leefgebied en vermoedelijk paaigebied voor gevlekte gladde haai (Brevé *et al.* 2016;2020)



Figuur 11. Verdeling van aantallen (blauw) en biomassa (rood) vis in de Voordelta op basis van MWTL data (Bron: RWS / Hop 2016).





4 Leefgebieden voor vis in de Grevelingen

In dit hoofdstuk

- Naast diepe zandige geulen, bestaan leefgebieden van vis uit ondiepe en structuurrijke habitats als schelpdierbanken, kunstmatig hard substraat, zeegrasvelden, schorranden, en ondiep water.
- Structuurrijk en ondiep water is vooral van belang voor mariene juvenielen die hier voedsel en bescherming tegen predatoren zoeken, met name in de zomer en het najaar.
- Estuarien residenten gebruiken structuurrijke leefgebieden zoals schelpdierbanken, kunstmatig hard substraat en zeegrasvelden als paai- en opgroeigebied.
- Voor trekvis zijn vooral vrije migratie en een natuurlijke zoet- zout overgang van belang.
- Leefgebieden in de Grevelingen bestonden voor de afsluiting hoofdzakelijk uit mosselbanken, zeegrasvelden en ondiep water
- De Grevelingen bestaat in de huidige situatie vooral uit diepe geulen en ondiep water met kunstmatig hard substraat aan de randen.

4.1 Typen leefgebieden en vissoorten

In deze paragraaf schetsen we een beeld van het functioneren van verschillende leefgebieden voor vis op basis van 1) wetenschappelijke literatuur, 2) kennis uit andere kustwateren (Oosterschelde, Waddenzee) en 3) kennis over het leefgebied in de Grevelingen zelf. Het betreft de leefgebieden:

- Geulen (diep water)
- Ondiep water en schorranden
- Zeegrasvelden
- Kunstmatig hard substraat
- Schelpdierbanken

Geulen (diep water)

Het habitat van diepe geulen beslaat een groot deel van de Grevelingen (ca. 4000 ha, 25% van totaal oppervlakte) en bestaat uit relatief diep water, tot 45 meter, met een overwegend zanderige of slikkige bodem.

In een dynamisch systeem zoals de westelijke Oosterschelde is de bodem zanderig, is er sprake van een sterke getijdenstroming en zijn de waterlagen goed gemengd. De bodembewoners bestaan met name uit tong, bot, schar, schol en grondelsoorten. Nabij de bodem is in recente jaren ook de wijting zeer talrijk (Mulder *et al.* 2020). Maar minder dominant aanwezige soorten zoals de pitvis, grauwe poon, zeedonderpad en enkele haaien- en roggensorten worden in de geulsystemen van de westelijke Oosterschelde met regelmaat aangetroffen. Het diepe water kent ook een omvangrijk pelagisch habitat, waar jonge haring en sprot zich bevindt tijdens laag water wanneer de platen droogvallen. Ook geep, zeebaars, horsmakreel en makreel komen met name in de zomer veelvuldig



voor in de geulen van de Oosterschelde. De geulen van de Grevelingen kennen in de huidige situatie die kenmerkende dynamische omstandigheden niet. Er is geen getijdenstroming en de geulen zijn te diep om veel dynamiek te ondervinden van wind gedreven stroming. Hierdoor is de bodem niet zanderig maar overwegend bedekt met een laag organisch slib. Tevens is er in de zomer sprake van zuurstofloosheid van de bodem en de diepere waterlagen met bijkomende ontwikkeling van bacteriematten (Didderen *et al.* 2017). Hierdoor is de visgemeenschap in de geulen anders dan in de Oosterschelde. Uit een recente visstandbemonstering blijkt dat jonge haring en sprout nog relatief talrijk zijn in het pelagische habitat van de Grevelingen nabij de Brouwersdam en dat op de bodem vooral de brakwatergrondel dominant is. Platvissoorten maken minder dan 1% uit van het visbestand (Hop 2017).

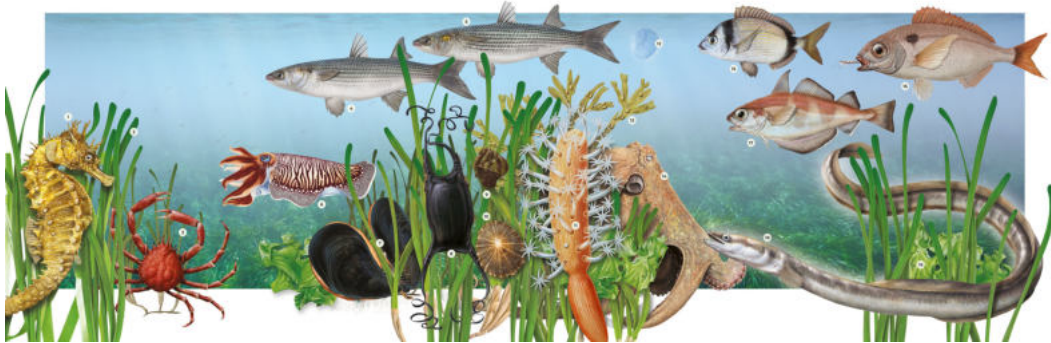
Schorranden en ondiep water

De Grevelingen omvat 7230 hectare ondiep water (ca 50%) en 190 hectare schorvegetaties (ca 1%) (Tangelder *et al.* 2019). Het belang van ondiep water en schorranden wordt vooral beschreven als opgroeigebied voor mariene seizoensgasten en estuarien residenten. Aangenomen wordt dat kwelders en ondiep water: 1) beschut water met een hogere temperatuur en voedselbeschikbaarheid bieden en daarmee de groeisnelheden van jonge vis stimuleren; 2) voedselbeschikbaarheid en overlevingskans vergroten als gevolg van minder predatie. Vertroebeling, ondiepte en vegetatiestructuur bieden immers schuilmogelijkheid voor jonge vis en tegelijkertijd de prooien van jonge vis (Deegan *et al.* 2002).

Recent richtten verschillende studies zich op het belang van intergetijdenkwelders als opgroeigebied voor vis in Europese estuaria. Zo is in de monding van de Eider in Duitsland in de Waddenzee in 2015/2016 met fuiken onderzocht welke vissen gebruik maken van kwelders. Brakwatergrondels (*Pomatoschistus microps*) waren het hele jaar in aantallen dominant en de verschillende levensstadia vertoonden seizoenspatronen. Ook haring, driedoornige stekelbaars en kleine zeenaald waren dominant en vertoonden seizoensgebonden patronen. Jonge haring kwam het meest voor in de zomer en winter, volwassen en juveniele stekelbaars in de lente en winter en volwassen en jonge kleine zeenaalden in de lente en winter. Overige soorten werden in veel kleinere aantallen gevangen. Een studie in 2010/2011 in Dieksanderkoog (Waddenzee, Duitsland) liet vergelijkbare patronen zien voor driedoornige stekelbaars en kleine zeenaald, terwijl haring voornamelijk in het voorjaar werd aangetroffen en grondels alleen in de herfst dominant waren. In de nazomer werden hier bovendien grote aantallen fint gevangen in de krekten tot 1,3 km stroomopwaarts van de kreekmonding (Tulp *et al.* 2017). Onderzoek in het Verdrongen land van Saefinghe (Westerschelde) laat zien dat zeebaars, bot en grondels gebruik maken van kwelderkrekten (Hostens *et al.* 1996). Een recente studie in de Oosterschelde en Westerschelde laat zien dat jonge vissen (o.a. grondels, harder, spiering) kwelders gebruiken als opgroeigebied, terwijl grotere vissen (zeebaars, harder) er foerageren (Mulder & Tulp 2020). In de Oosterschelde (schor bij St. Annaland) werden grondel, harder, kornaarsvis, aal, driedoornige stekelbaars, spiering, zandspiering, haring en zeebaars aangetroffen.



Zeegrasvelden



Figuur 12. Soorten die voorkomen in zeegrasvelden (Bron: Nuno Farinha via ocean-alive.org)

Het gebruik van zeegras als kinderkamer door jonge vissen en schelpdieren is uitgebreid wereldwijd bestudeerd (Beck *et al.* 2001) en ook in Nederland (van Goor 1919, geciteerd in de Jong & de Jonge 1989). Uit een review van Heck *et al.* (2003) komt naar voren dat zowel groei, aantallen en overleving van jonge vissen groter zijn in zeegrasvelden dan in habitats zonder structuur door: 1) hogere mate van voedselbeschikbaarheid en 2) lagere predatie. De visgemeenschappen die geassocieerd zijn met ondergedoken zeegrasvelden bestaan uit juveniele kabeljauwachtigen, sardien, zeebaars, harders, grondels, slijmvissen, lipvissen, zandspiering, aal, stekelrog, zeenaalden en zeepaardjes (Figuur 12, o.a. Pihl *et al.* 2006; Costa *et al.* 1994). Goor (1919) beschrijft de schuilmogelijkheden in sublitorale zeegrasvelden en het functioneren als kraamkamer voor vissen, zoals vier soorten zeenaalden en de zeestekelbaars. Andere studies in Europa duiden het belang voor jonge haring, pollak, kabeljauw en schol (Bertelli & Unsworth 2013; Liley & Unsworth 2016). Daarnaast speelt sublitoraal zeegras een belangrijke rol in de mogelijkheden voor andere biobouwers en leefgebieden, zo hechten mosselen en andere schelpdieren zich aan zeegras en vormen zeegrasvelden een heldere en stabiele omgeving in een doorgaans troebel en turbulent estuarium.

In het Grevelingenmeer bereikte groot zeegras *Zostera marina* een maximale bedekking van 4600 ha in 1978 (Nienhuis *et al.* 1996). Deze velden kwamen voor in de ondiepere delen (<2 m) en boden een goede leefomgeving voor kleine vissoorten zoals de brakwatergrondel, dikkopje en aal, maar fungeerden ook als paaigebied voor stekelbaarzen, zeenaalden en zeepaardjes (Tangelder *et al.* 2019). Echter na 1978, toen de grootste bedekking aan zeegras werd bereikt (4600 ha), nam het zeegrasareaal sterk af. Rond 1994 was zeegras vrijwel verdwenen. Vissoorten die gebonden zijn aan zeegras spelen sindsdien geen rol meer in de Grevelingen (De Vos & Twisk 1990, Meijer 1995). De afgelopen decennia zijn er pogingen gedaan zeegras te herstellen en de meest recente ontwikkeling laat zien dat het zeegras op kleine schaal is hersteld (pers. med. T. Van der Heide).

Hardsubstraat

Kunstmatig hardsubstraat in de vorm van stenen of beton wordt veelal gebruikt om (zee)dijken te versterken. Door het gebruik van hard substraat kunnen bepaalde soorten aangetrokken worden die normaal niet in zandige gebieden voorkomen en kan de totale



biodiversiteit stijgen. De gaten tussen de stenen en betonblokken bieden namelijk een schuilplaats voor (juvenile) vis, waar ze beschermd zijn tegen predatie van vogels of andere vis. Kleine/juvenile vissoorten zoals glasaal, botervis (*Pholis gunnellus*), gehoornde slijmvis (*Parablennius gattorugine*), zeenaald en zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*) zullen voornamelijk kleine gaten tussen de stenen opzoeken terwijl grotere (adulte) vissoorten zoals zeebaars (*Dicentrarchus labrax*) en aal (*Anguilla anguilla*) juist op zoek zijn naar grote structuren. Naast een schuilplaats biedt hardsubstraat ook een foerageer- en paaihabitat voor verschillende vissoorten. Onder andere gehoornde slijmvis, botervis en zeedonderpad zetten hun eitjes af op en tussen de stenen. Ook kunnen grotere mariene soorten zoals de hondshaai (*Scyliorhinus canicula*) en stekelrog (*Raja clavata*) in potentie gebruik maken van hard substraat voor de afzetting van eieren.

De foerageermogelijkheden op hardsubstraat worden sterk bepaald door de aangroei van voedselbronnen. Wanneer het hardsubstraat bijvoorbeeld de aangroei van schelpdieren zoals mosselen of oesters faciliteert, of wiergroei, kan dit een voedselbron en habitat vormen voor specifieke soorten. Afhankelijk van de locatie van het hard substraat ten opzichte van de Noordzee zullen meer mariene soorten, zoals snotolf en zwartooglipvis aangetroffen worden op het substraat of estuariene soorten zoals botervis en zeedonderpad. Diadrome soorten die een groot deel van hun leven in estuaria kunnen volbrengen, zoals fint, aal en driedoornige stekelbaars, gebruiken hardsubstraat als de schuil- en foerageergebied.

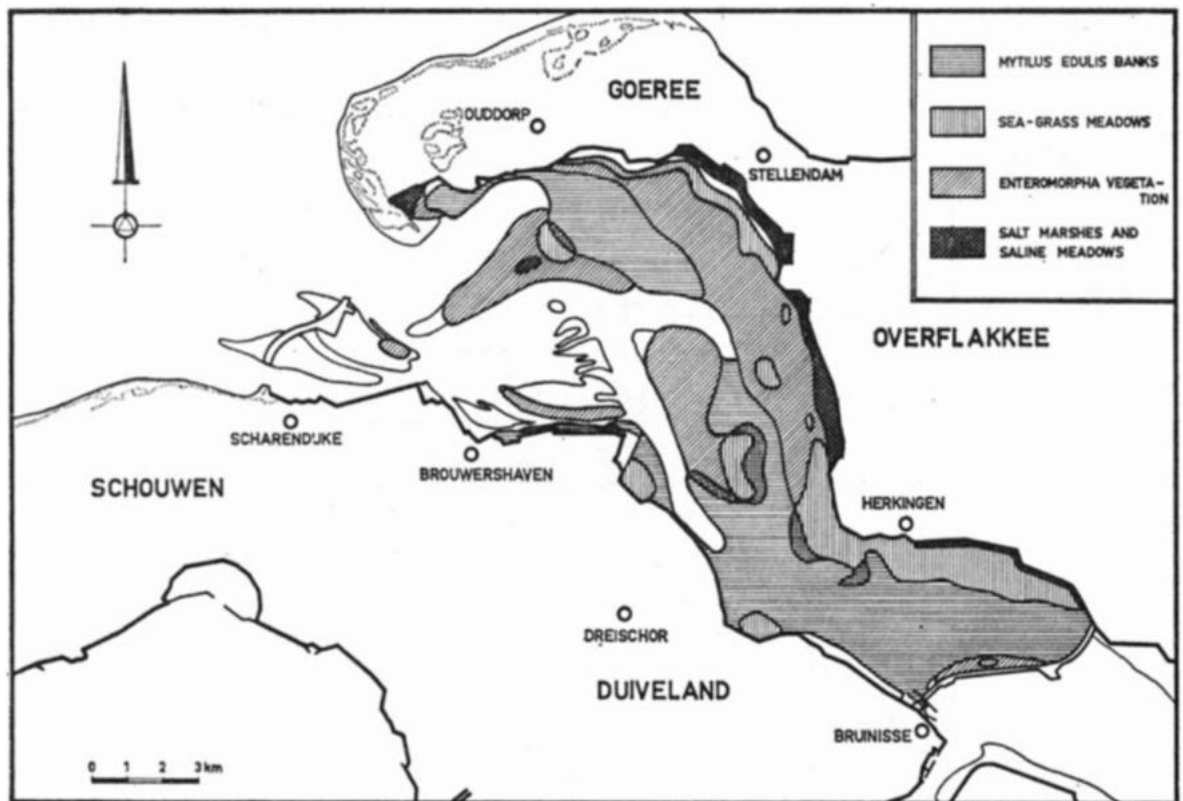
Schelpdierbanken

Vergelijkbaar met hardsubstraat bieden schelpdierbanken, waaronder oester- en mosselbanken een divers habitat voor tal van vissoorten, waaronder schuil-, foerageer en paaihabitat. Op een oesterbank worden 60% meer soorten aangetroffen dan op een zandbodem en is met name een toename zichtbaar onder mobiele kreeftachtigen zoals krabben en kreeften (Christianen *et al.* 2018), die een voedselbron vormen voor verschillende vissoorten zoals kabeljauwachtigen. De schelpdierbanken zelf vormen hardsubstraat waarop vissen hun eieren kunnen afzetten en de kleine openingen tussen de losse schelpdieren bieden schuilmogelijkheden voor kleine vissoorten. In een survey boven een sublitorale platte oesterbank in de Voordelta zijn in totaal 23 soorten vissen aangetroffen waaronder vijfdradige meun (*Ciliata mustela*), botervis (*Pholis gunnellus*), kabeljauw (*Gadus morhua*), gehoornde slijmvis (*Parablennius gattorugine*), gewone zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*), groene zeedonderpad (*Taurulus bubalis*), zwarte grondel (*Gobius niger*), Ruthensspar grondel (*Gobiusculus flavescens*) en de Kleine Koornaarvis (*Atherina boyeri*) (Didderen *et al.*, 2018).



4.2 Leefgebieden vroeger en nu

Voor de afsluiting van de Grevelingen bestond het grootste areaal uit mosselbanken, gevolgd door zeegrasvelden, wiervegetaties en schorranden en slechts een klein deel van de Grevelingen was zandig (Nienhuis 1970, figuur 14). In de huidige situatie bestaat het grootste areaal uit ondiep water en diep water (75%; Tangelder *et al.* 2019), voornamelijk zand en slib, waarbij en structuurrijke leefgebieden grotendeels ontbreken.



Figuur 13. Verdeling van structuurrijke leefgebieden in 1970 horizontaal gearceerd: mosselbanken; verticaal gearceerd: zeegrasvelden; schuin gearceerd wiervegetaties; donker gearceerd: schorren (Bron: Nienhuis 1970).





5 Interactieweb

In dit hoofdstuk

- Kleine prooivissen nemen wereldwijd een centrale positie in het voedselweb omdat ze energie en organisch materiaal overdragen van lagere naar hogere trofische niveaus. Naast vogels zijn ook roofvissen en zeezoogdieren consumenten van kleine vis.
- Vissen zijn van belang als prooi voor visetende vogels en voorheen was de Grevelingen van internationaal belang voor visetende vogelpopulaties (o.a. geoorde fuut). Het belang is recent sterk afgenomen.
- De kraamkamer functie van jonge (plat)vis is van belang voor de omvang van (commerciële) vispopulaties op de Noordzee.
- Voor biodiversiteit en beschermde soorten is een goede visstand in de Grevelingen van belang
- De mens gebruikt vis o.a. voor natuurbeleving, recreatieve visserij en sportduiken, voedsel, en educatie.

5.1 Voedselweb effecten van kleine prooivissen

Kleine vissoorten en juveniele vissen nemen wereldwijd een centrale positie in het mariene voedselweb omdat ze energie en organisch materiaal overdragen van lagere naar hogere trofische niveaus (Engelhard *et al.* 2013; Souza *et al.* 2008; Figuur 13). Bekende mariene prooivissen die dienen als stapelvoedsel zijn haring, sprot en zandspiering en naast een ecologische waarde hebben ze ook een economische waarde als consumptievis. Ook grondels, driedoornige stekelbaars, spiering en jonge platvissen kunnen dienen als talrijke prooi (Souza *et al.* 2008). Het belangrijkste voedsel van prooivissen bestaat uit zoöplankton (kreeftachtigen, copepoden; Figuur 13). De belangrijkste consumenten van kleine prooivissen in de kustzone en estuaria zijn visetende vogels (o.a. sternachtigen, zaagbekken, meeuwen, aalscholvers, futen), roofvissen (o.a. makreel, wijting) en zeezoogdieren (zeehonden, bruinvis) (Engelhard *et al.* 2013; Macleod *et al.* 2007; Figuur 13).

5.2 Belang als prooi voor visetende vogels.

Het Grevelingenmeer was in het Deltagebied een belangrijk systeem voor visetende vogels en van internationaal belang voor middelste zaagbek, fuut en geoorde fuut.

Het belang voor visetende vogels is direct na de afsluiting toegenomen door beschikbaarheid van luwe omstandigheden en voedselaanbod. Uit een maaganalyse van futen en middelste zaagbekken in de Grevelingen uit 1981 blijkt dat grondels, vooral dikkopje (*Pomatoschistus microps*), de belangrijkste voedselbron zijn, goed voor 60% van de totale inname (in gewicht). Daarnaast is haring belangrijk als voedselbron voor futen en zijn garnalen (*Crangon crangon*) belangrijk voor middelste zaagbek (Doornbos 1984). Uit een voedselkeuze onderzoek van aalscholver in de Grevelingen blijkt dat het grootste



aandeel in de biomassa bestaat uit aal en platvis (schar, tong, bot, schol, griet). Op basis van aantallen, komen grondels en pos talrijk voor in braakballen van de soort (Buckens & Raaijmakers 1992). Dit beeld wordt bevestigd door het voedselkeuze onderzoek in 1993-1994, waarbij op basis van biomassa platvis (vooral bot, maar ook schol, schar en tong) en aal belangrijk zijn, gevolgd door o.a. zwarte grondel en zeedonderpad en in het westen van de Grevelingen werd ook pelagische vis (haring, sprout) gegeten (Boudewijn *et al.* 1994). De geoorde fuut eet vermoedelijk naast vis ook kreeftachtigen (o.a. garnalen) (Hoeksema 2002). Van de kleine zilverreiger en lepelaar is bekend dat ze foerageren op brakwatergrondels (Van Haperen *et al.* 1999; Breedveld *et al.* 2004) Uit onderzoek naar visdieven op broedeilanden in het Haringvliet, blijkt dat er vooral gefoerageerd wordt rondom de kolonie en dat lokale prooibesikbaarheid van groot belang is (Prins *et al.* 2014, Fijn *et al.* 2015). Ook van dwergsterns is bekend dat zij met name vlak rond de kolonie foerageren (Beijersbergen 2016).

De laatste jaren is de trend van de visetende watervogels in de Grevelingen, met uitzondering van de aalscholver, negatief (Arts *et al.* 2019). De trend van visetende broedvogels in de Grevelingen, dwergstern, grote stern en visdief, is in het deltagebied negatief (Lilipaly *et al.* 2020), voor de Grevelingen stabiel (sovon.nl).

Voor fuut was de Grevelingen het belangrijkste overwinteringsgebied in Nederland, maar sinds de eeuwwisseling is het belang sterk afgenomen (Arts *et al.* 2019). Voor de middelste zaagbek is de Grevelingen nog steeds het belangrijkste overwinteringsgebied in Nederland, maar de aantallen lopen het laatste decennium terug (Arts *et al.* 2019, Hornman *et al.* 2020). Voor geoorde futen waren de ruiconcentraties in de nazomer van een unieke omvang voor Nederland, maar de aantallen zijn geleidelijk afgenomen en op het ogenblik is de Oosterschelde het belangrijkste ruigebied (Hornman *et al.* 2020). Voor de brilduiker, een benthoser die ook vis kan eten, was de Grevelingen het belangrijkste overwinteringsgebied (I&M 2016), maar de aantallen zijn hier afgenomen en de belangrijkste overwinteringsgebieden zijn nu het IJsselmeer en het Volkerakmeer (Hornman *et al.* 2020). Voor kuifduiker, dodaars, lepelaar en kleine zilverreiger was het gebied van grote betekenis (I&M 2016), maar de kuifduiker wordt hier nauwelijks meer gezien (www.sovon.nl, Hornman *et al.* 2020).

5.3 Kraamkamer voor (commerciële) vispopulaties op de Noordzee

De Grevelingen heeft voornamelijk een kraamkamerfunctie voor platvissen die het gebied gebruiken om te foerageren gedurende de lente en zomer (Riou *et al.* 2001). De kraamkamerfunctie is van belang voor de omvang van populaties van platvissen op de Noordzee. Uit voedselstudies in de Waddenzee blijkt dat jonge platvis voornamelijk benthos eet, waaronder wormen, schelpdieren en kleine kreeftachtigen (Vlas 1979). Platvissen zijn op hun beurt een prooivis voor roofvissen, visetende vogels en zeezoogdieren. Een recente afname van de kraamkamerfunctie voor platvissen in diverse estuaria in Nederland (Tulp 2015) wordt gerelateerd aan een temperatureffect veroorzaakt door klimaatverandering (Teal *et al.* 2015). Het interactieweb omvat zodoende diverse commerciële vispopulaties op de Noordzee.



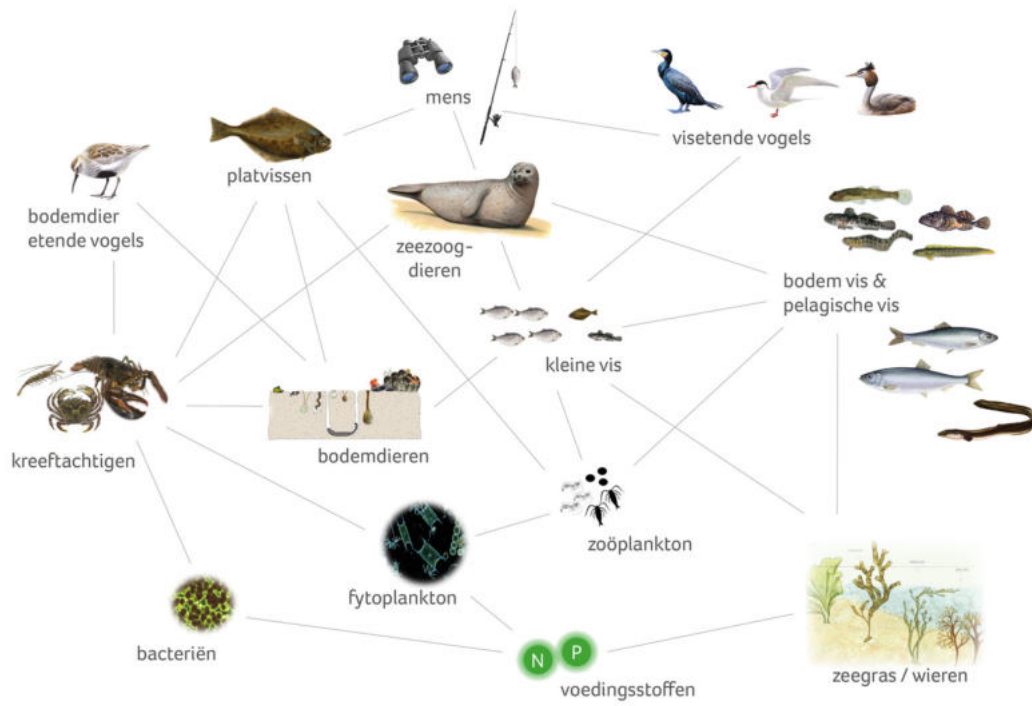
5.4 Bedreigde en beschermde soorten

De Grevelingen als zoutwatermeer omvat diverse habitats, met ondiep water, diepe geulen, en structuurrijke habitats zoals schelpdierriffen en mogelijk in de toekomst zeegrasvelden. De diversiteit aan habitats biedt kansen voor een hoge biodiversiteit aan vis. Er komen vissoorten voor uit verschillende visgilden en soorten met een status als beschermde soort of bedreigde soort. In de schelpdierriffen leven hardsubstraat bewoners, met een Rode Lijststatus (EZ 2015) zoals de steenslijmvis en de vorskwab. Wanneer zeegras terugkomt in de Grevelingen kunnen ook iconische soorten zoals de zeestekelbaars (verdwenen uit Nederland) en het kortsnuit zeepaardje (gevoelig) terugkeren. Ook voor zogenaamde typische soorten (o.a. botervis, vijfdradige meun, zeedonderpad) en Rode lijstsoorten (o.a. geep, slakdolf). Hoewel de soortenlijst omvangrijk is, gaat het bij veel soorten om weinig waarnemingen (Bijlage I).

De Europese aal komt in de Grevelingen voor, zowel als glasaal, rode aal en als schieraal en is sterk bedreigd. De Nederlandse maatregelen die voortvloeien uit het Aalbeheerplan van de Europese Unie richten zich op het opheffen van migratiebarrières, het uitzetten van jonge opgekweekte aal en het beperken van de visserij (EG, 2007; LNV 2009). De intrek van glasaal is inmiddels gedaald tot minder dan 1% van het oorspronkelijk niveau en de soort heeft de status 'ernstig bedreigd' in de internationale IUCN Rode Lijst. Estuaria en kustwateren vormen belangrijke onderdelen van de trekroute van deze vissoort en daarnaast vormt de Grevelingen voor een deel van de aalpopulatie ook een opgroei- en leefgebied. Onderzoek laat zien dat alle stadia van aal een groot deel van zijn leven kan volbrengen in het zoute water van estuaria (Bardonnnet & Riera 2005).

5.5 Interactie met de mens

Ook de mens maakt deel uit van het interactieweb van de Grevelingen: voor natuurbeleving, recreatieve visserij, sportduiken en voedsel is de mens afhankelijk van vis. Duizenden sportduikers komen jaarlijks naar de Grevelingen, aangetrokken door het heldere diepe water en het zeeleven wat zich met name rond de schelpdierriffen en het harde substraat van de dijkwal afspeelt. Vis speelt een belangrijke rol bij de natuurbeleving van deze recreanten (Nieuwkamer 2009). Daarnaast is er een recreatieve visserij: o.a. rondom de Brouwersluis vist men vanaf de kant en met boten op het meer op bijvoorbeeld haring, geep en wijting. Door de consumptie van commerciële Noordzeevis is er ook een indirecte link met de Grevelingen op het gebied van voedsel.

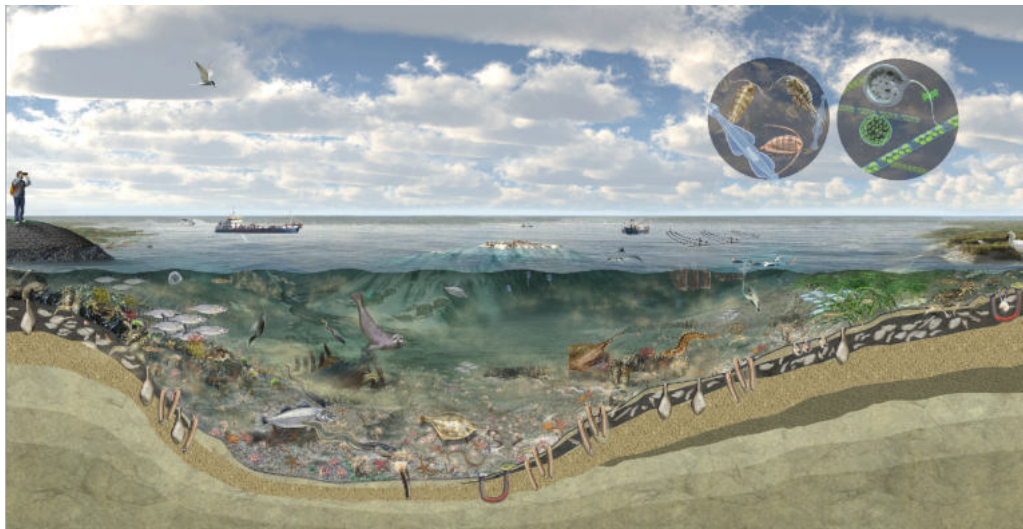


Figuur 13. Schematische weergave van het interactieweb van vis in de Grevelingen.



Case study Interactieweb Waddenzee

Van sommige kustwateren zoals de Waddenzee weten we nauwkeurig hoe het interactieweb eruitziet en zijn de relaties door middel van isotopen aangeduid (Christianen *et al.* 2017). Zo weten we dat voor de natuur in de Waddenzee onderwater de basis wordt gelegd. Plankton, mosselen, algen, wadpieren, bodemdieren, zeesterren, garnalen en vissen vormen hier een interactieweb. Alsnog treden er grote veranderingen op, zowel over kortere als langere tijdsperioden. In de Waddenzee speelt recent de vraag waar de vissen zijn gebleven, waarom de kraamkamerfunctie is verminderd en wat de ontwikkelingen in het interactieweb stuurt. Naast de aanleg van dammen (Afsluitdijk) en het verminderen van de nutriëntenaanvoer, lijkt nu ook temperatureffecten een rol te spelen. Eenduidige oorzaken van de daling zijn moeilijk te duiden. In projecten Swimway Waddenzee en Waddenmozaïek worden onderdelen van het voedselweb nader bestudeerd. Deze case study laat zien dat een interactieweb, met bijbehorende complexiteit, in de tijd kan veranderen.



PROGRAMMA NAAR EEN
RIJKE WADDENZEE



Figuur 14. Rijke Waddenzee. Bron: rijkwaddenzee.nl .





6 Kansen voor vissoorten in de Grevelingen

In dit hoofdstuk

- Een streefbeeld voor vis in de Grevelingen na de openstelling van de Brouwersdam lijkt op de Oosterschelde.
- De uitwisseling met de Noordzee via de opening in de Brouwersdam zorgt voor een toename in primaire productie, verbeterde zuurstofcondities bij de bodem en een vermindering van 60% van het areaal zuurstofarme bodem. Ook neemt het oppervlak intergetijdengebied toe naar 600 hectare bij het huidige voorkeursscenario van 40 cm getij rondom een middenpeil van -0,30 cm NAP, terwijl schorvegetaties mogelijk overspoelen.
- Dit hoofdstuk gaat op hoofdlijnen in op de effecten op en kansen voor vis in de Grevelingen op basis van de visgilden zoals deze zijn beschreven voor de Kaderrichtlijn Water: mariene juvenielen, mariene seizoensgasten, estuarien residenten, diadrome vissen en zoetwatervissen.

6.1 Veranderingen na de openstelling

De openstelling van de Brouwersdam met een getijslag van 40 cm bij een middenpeil van 0,30 cm (voorkeursalternatief) zorgt ervoor dat (Tangelder *et al.* 2019):

- De uitwisseling met de Noordzee wordt vergroot;
- De primaire productie zal naar verwachting met 75% toenemen door nutriënten toevoer uit de Voordelta;
- Het areaal zuurstofarme bodem afneemt (circa 500 ha bodemareaal zuurstofarm tegenover 1300 ha in de autonome ontwikkeling);
- Het oppervlakte intergetijdengebied toeneemt (met 600 hectare);
- Arealen schorvegetaties overspoeld worden.

Streefbeeld na openstelling

Bij een streefbeeld voor de Grevelingen na de openstelling is men vaak geneigd om te denken aan een natuurlijk estuarium of het systeem dat het ooit was voor de afsluiting: Een systeem van geulen en platen met een geleidelijke zoet-zout overgang. Echter, met een openstelling aan de zee kant, is er geen sprake van herstel van de zoet-zout gradiënt. De harde zoet-zout grens blijft intact en ook blijft het voormalige estuarium omringd met dijken met hard substraat. Een realistisch streefbeeld lijkt meer op de Oosterschelde: Een kustwater, een grote baai met deels ondiepe platen en deels een harde rotsige kustlijn van kunstmatig hard substraat waar schelpdierriffen op groeien. Additioneel zijn er mogelijke kansen voor betere zoet-zout overgangen op kleine schaal op de korte en middellange termijn. Dit draagt bij aan de natuurlijkheid van het systeem, maar de effecten hiervan op vissoorten zijn sterk afhankelijk van het type maatregel, de waterkwaliteit en de omvang de zoetwaterinvloed.



Een kenschets van de visfauna in de Oosterschelde omvat de paai in de winter en het voorjaar van estuariene soorten, zoals snotolf, zeepaardje, botervis en gewone zeedonderpad waarna de jongen opgroeien. Het vroege voorjaar wordt gekenmerkt door de intrek van glasaal en de komst van mariene juvenielen, waarbij o.a. haring de zeearmen en de Voordelta binnen zwemmen en de delta gebruiken als opgroeigebied. Ook juvenielen van platvissen trekken naar het ondiepe water. Vanaf april komen de mariene seizoensgasten, zoals geep, zeebaars en tong. Zeebaarzen jagen op de meest dynamisch plekken en tussen de riffen op de dijktafuds. In recente jaren komen er aan het begin van de zomer haaien (gladde haai, de gevlekte gladde haai en de ruwe haai) en roggen (stekelrog, pijlstaartrog) voor. Ze lijken recent in het bijzonder de Oosterschelde, Westerschelde en de Voordelta als hun leefgebied en mogelijk ook paaigebied gekozen te hebben (Brevé *et al.* 2020). Later in de zomer beginnen de gepen alweer weg te trekken, maar zijn harders en scholen makreel en horsmakreel in de zeearmen te vinden. In het najaar trekt schar in grote getalen naar de kust en de zeearmen en wordt ook de wijting talrijk. Kabeljauwen en steenbolken worden ook waargenomen, maar ze zijn nu veel zeldzamer dan enkele decennia geleden.

Dynamiek en zuurstofhuishouding na openstelling

Een grotere uitwisseling met de Noordzee door een grotere opening in de Brouwersdam en het realiseren van een beperkt getij lost de zuurstofproblemen voor een belangrijk deel op (Tangelder *et al.* 2019), zorgt voor meer stroming in het water en verhoogt de primaire productie. Bodembewonende vissen zoals platvissen zullen minder problemen ondervinden van zuurstofloosheid en jaarrond een groter leefgebied hebben. De primaire productie kan naar verwachting met 75% toenemen (Tangelder *et al.* 2019). Wanneer de begrazing door schelpdieren niet toeneemt, kan dit leiden tot meer zoöplankton en daardoor meer voedsel voor opgroeiende vissen zoals haring en sprout. Meer proovis en meer dynamiek zal een aantrekking hebben op de grotere predatoren van het systeem, zoals zeebaars, geep, horsmakreel en makreel.

Leefgebieden in de Grevelingen na openstelling

De toename van het areaal intergetijdengebied, verbeterde zuurstofcondities bij de bodem en de hogere primaire productie biedt kans voor structuurrijke habitats als schelpdierriffen en zeegrasvelden. Als structuurrijke habitats toenemen verbetert dit de beschikbare habitats voor estuarien residenten. Het areaal ondiep water is onverminderd groot en biedt door de hogere productie meer voedsel voor jonge vis, waarvan met name mariene juvenielen (platvis) profiteren, maar ook grondels (dikkopje, brakwatergrondel) en sprout. De hogere primaire productie in de pelagische delen kan zorgen voor een grotere beschikbaarheid van voedsel voor mariene juvenielen (haring, sprout), die vervolgens als voedsel kunnen dienen voor horsmakreel en makreel. De verbeterde habitatcondities in de geulen leidt tot een groter areaal van dit gebied dat vooral wordt gebruikt door mariene juvenielen (jonge platvis) en estuarien residenten (grondels).

Vertaald naar leefgebieden van vissen betekent de openstelling:

- Verbeterde connectiviteit voor mariene vissoorten en mogelijkheid om elk getij in en uit te trekken en de Grevelingen als leefgebied te gebruiken;



- Verbeterde kwaliteit van de leefgebieden gerelateerd aan de voedselcondities voor vis, voornamelijk in de waterkolom, wanneer de toename in primaire productie leidt tot extra zoöplankton.;
- Verbeterde habitatcondities op de bodem door vermindering van de zuurstofarme condities, waarbij geschikt leefgebied in de geulen toeneemt;
- Aanvullend hoogwaardig leefgebied in de vorm van max. 600 hectare intergetijdengebied;

6.2 Visgilden in de Grevelingen na openstelling

Hieronder staat nader uitgewerkt hoe de verschillende visgilden na de openstelling gebruik kunnen maken van de Grevelingen:

Voor **marien juvenielen en mariene seizoensgasten** (o.a. haring, zeebaars, schar, schol en steenbolk) en seizoensmigranten (sprot) zorgt de openstelling voor een betere intrek mogelijkheid, meer dynamiek en een betere zuurstofhuishouding en zal de Grevelingen extra leefgebied en opgroeihabitat creëren in het intergetijdengebied. Naast wateruitwisseling zal de instroom turbulentie en stroming teweeg te brengen (aan beide zijden van de Grevelingen wanneer ook de Flakkeese Spuisluis is geopend). Deze factoren kunnen positieve effecten hebben op de soortenrijkdom nabij de beide sluisen. Ook verbetert de mogelijkheid voor migratie middels passieve drift: in- en uittrekken op de getijdenbeweging met gebruik van minimale energie. Deze migratie is belangrijk voor vislarven van platvis, kabeljauwachtigen en haring, maar ook voor glasaal en volwassen kabeljauw en haring. Niet alleen het areaal, maar ook de voedselbeschikbaarheid van het opgroeihabitat neemt toe. Soorten als haring en sprot en platvissen zijn belangrijk als stapelvoedsel voor vogels en zeehonden, waardoor ook zij profiteren. Bijzondere soorten zoals haaien en roggen breiden hun voedsel- en voortplantingsgebied mogelijk vanuit de Voordelta uit. Bij aanpassingen aan de waterinlaat kan het ecosysteem zodoende verschuiven naar een situatie meer vergelijkbaar aan die van de Oosterschelde, met de aanwezigheid van vissoorten zoals hierboven beschreven. Echter ontkomt ook het Grevelingenmeer niet aan de klimaatverandering waardoor het aannemelijk is dat de meest recente vangstgegevens van de Oosterschelde een mogelijk toekomstbeeld van de Grevelingen schetsen. Dit betekent dat de kraamkamerfunctie voor jonge platvis mogelijk beperkt kan zijn.

Estuarien residenten (o.a. bot, brakwatergrondel, botervis) hebben baat bij openstelling door de verbeterde zuurstofcondities bij de bodem en toename van het voedselaanbod. Het deelgebied de Kom en Noordtak in de Oosterschelde komt qua eigenschappen het meest overeen met de oostkant van de Grevelingen in de nieuwe situatie. De estuarien residenten zeedonderpad, bot, dikkopje en Lozano's grondel zijn hier talrijk aanwezig en zullen waarschijnlijk ook talrijk zijn in de visfauna van de Grevelingen na de openstelling. Voor estuariën residenten is een herstel van het continue karakter van een functioneel estuarium nodig om te floreren. Wanneer ook de structuurrijke leefgebieden voor vis (oa. zeegrasvelden) in omvang toenemen, kunnen bijzondere soorten zoals zeepaardje, adderzeenaald en zeestekelbaars in potentie toenemen (Figuur 150).



Diadrome vissen (o.a. fint, rivier- en zeeprék) zijn het meest afhankelijk van een vrije migratie tussen zoet en zout. De openstelling van de Brouwersdam betreft een éézijdige verbetering van de migratiemogelijkheden en voorziet niet in het herstel van een zoet-zout gradiënt en een verbinding van met het achterland. Daarnaast is deze groep afhankelijk van vrije migratie tot aan paai- en opgroeigebieden in het riviersysteem, alsmede de kwaliteit van deze gebieden. Deze groep profiteert dan ook slechts in geringe mate van de openstelling van de Brouwersdam. Diadrome soorten waarvan de leefgebieden zich in brak en zout water kunnen bevinden, zoals de migrerende variant van driedoornige stekelbaars, spiering, aal en bot kunnen wel lokaal profiteren van verbeterde kwaliteit en aanvullende opgroeigebieden in de Grevelingen na de openstelling. De Grevelingen vormt slechts één van de mogelijke opgroeigebieden voor deze soorten in de Nederlandse delta's. Dit betekent dat op populatieniveau, bijvoorbeeld voor de aal die sterk achteruitgaat, het extra opgroeigebied weinig bijdraagt aan omvang van de populatie of herstel van de soort als geheel. Maatregelen voor deze vissoort, die op basis van de Europese Aalverordening (2007), op Nederlands niveau zijn vastgesteld in het Aalbeheerplan, zijn gericht op het verminderen van sterfte door toedoen van de mens, waaronder visserijmaatregelen en het oplossen migratieknelpunten (EG, 2007; LNV 2009).

Hoewel **zoetwatervissen** sporadisch voorkomen in de Grevelingen (hoofdstuk 2) en ook kenmerkend zijn voor een estuarium met een natuurlijke zoet-zout gradiënt zijn deze soorten niet gebaat bij een openstelling van de Brouwersdam. Het systeem blijft zout en daarmee is het chloride gehalte te hoog en daarmee ongeschikt voor soorten van dit geslacht (Figuur 15).



Figuur 15. Kansen voor vis in de Grevelingen na de openstelling van de Brouwersdam.







7 Mogelijke Maatregelen

In dit hoofdstuk

- Worden verschillende maatregelen besproken in relatie tot vis in de Grevelingen
- Van vismigratiemaatregelen is de uitwisseling met de Noordzee verbeteren de belangrijkste maatregel. Dit is tevens van belang voor veranderingen op systeemchaal (primaire productie, zuurstofcondities, intergetijdengebied)
- Ook kunnen er lokale maatregelen worden getroffen om de leefgebieden van vis te verbeteren

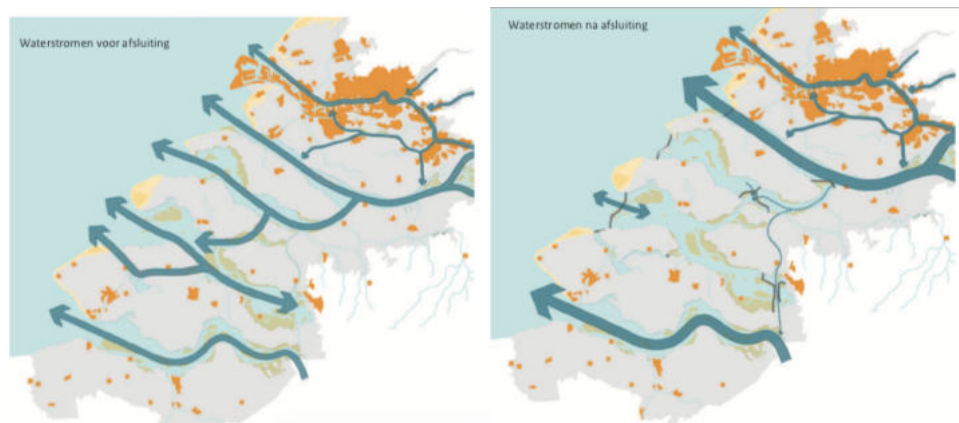
7.1 Maatregelen Vismigratie

Maatregelen vismigratie werken op (rivier)stelsysteem schaal

Voor de meest kwetsbare groep, de diadrome vissen, is het van belang dat niet alleen de vismigratiemogelijkheden rondom de Grevelingen verbeteren, maar het hele riviersysteem tot aan de paaigebieden. Het gaat daarbij om zowel de migratiemogelijkheden, de zoet-zoutgradiënt die voor vissen onontbeerlijk is én de kwaliteit van het leefgebied en paaigebieden. Voor soorten als fint en spiering bevinden paaigebieden zich in het benedenrivieren gebied, maar voor andere soorten (rivierprik, zeeprik) verder stroomopwaarts. Voor alle diadrome vissen geldt dat de maatregelen voor verbetering van de vismigratie zo effectief is als de zwakste schakel in het gehele systeem en in de gehele levenscyclus. Niet alleen infrastructuur vormt daarbij een barrière maar ook een abrupte overgang van zoet naar zoet water, die voor de meest soorten niet overbrugbaar is. Omdat de Grevelingen is afgesloten van het riviersysteem heeft het momenteel gebied geen belangrijke functie voor diadrome soorten. Dit betekent echter niet dat er in de toekomst geen verbinding met het achterland mogelijk is of zoet-zout overgangen kunnen worden hersteld (o.a. vismigratierivier).

Verbinding met de Noordzee verbeteren

In hoofdstuk 6 is beschreven welke visgilden profiteren van een verbeterde uitwisseling met de Noordzee. De aantrekkingskracht voor diadrome vissen wordt sterk bepaald door de aanwezigheid van een zoet-zoutgradiënt en bijbehorende lokstroom. De waterverdeling is zo ingericht dat de rivierafvoeren vooral via het Haringvliet en de Westerschelde in de Noordzee uitmonden (Figuur 15). Zonder additionele zoetwaterafvoer zal er aan de aantrekkingskracht voor diadrome vissen weinig veranderen ten opzichte van de huidige situatie en zal op populatieniveau met name de vrije intrek via de Westerschelde, Haringvliet en Nieuwe Waterweg van belang blijven.



Figuur 15. Waterstromen voor en na de afsluiting. Bron: RWS.nl

Verbinding met de Oosterschelde verbeteren

De uitwisseling met de Oosterschelde is in 2017 kortstondig en binnenkort permanent verbeterd door de heringebruikname van de Flakkeese Spuisluis. Deze korte uitwisselingsperiode laat een verrijking van de visgemeenschap in het oosten zien (Hoofdstuk 2; Hop 2017). In 2017 werden in een vergelijkend onderzoek met onderwatercamera's gericht op de effecten van de openstelling de vissoorten diklipharder, glasgrondel, haring/sprot en tweevlekgrondel voor het eerst waargenomen. Daarnaast werd er een waarneming gedaan van onderwater foeragerende aalscholver, hetgeen aangeeft dat de locatie door visetende vogels werd gebruikt (Didderen & Driessen 2017). De visgemeenschap gaat aan de oostkant van de Grevelingen waarschijnlijk meer lijken op die aan de noord-oostkant van de Oosterschelde en met name estuarien residenten, maar ook pelagische mariene juvenielen zullen mogelijk toenemen. Dit zijn veelal kleine soorten met een lage biomassa (per individu). Aangezien het enige jaar waarin de Flakkeese Spuisluis geopend is geweest, meteen zichtbare effecten op de visgemeenschap met zich meebracht, biedt nader onderzoek kansen om kennis te vergaren over de potentiële effecten van de openstelling van de Brouwersdam (§8.3).

Verbinding met het achterland verbeteren

Brakke wateren in het binnenland zijn geen overgangswateren (geen onderdeel van het riviersysteem); voor diadrome soorten als fint en rivierprik vormen ze dus ook geen waarschijnlijke migratieroute. Bot, aal en driedoornige stekelbaars kunnen wel naar brakke wateren trekken en hier aanvullend leefgebied vinden. Door migratiebarrières passeerbaar te maken kan leefgebied in het achterland bereikbaar worden voor soorten als aal, driedoornige stekelbaars en bot. Een studie in 2017 laat zien dat er voor het ontsluiten van brakke waterlichamen op Schouwen en Goeree, migratiebarrières moeten worden opgelost (o.a. gemaal Dreischor, gemaal den Osse, gemaal Kilhaven, gemaal de Drie polders, gemaal Battenoord maar ook diverse stuwen). De huidige functie van de gemalen is gericht op waterbeheer en het vispasseerbaar maken van deze kunstwerken en had in 2017 geen prioriteit bij de waterschappen. Onderzoek naar het aanbod bij de gemalen met een kruisnet laat zien dat driedoornige stekelbaars en aal hier wel verzamelen, maar recent in aantal afnemen (hoofdstuk 2). Het is onbekend wat de kwaliteit is van het achterland als het leefgebied voor vis (§8.3).



Aangepast sluisbeheer of kunstmatige zoet-zout gradiënt

Het belang van een zoet-zout gradiënt voor diadrome vissen is de afgelopen jaren onder de aandacht gebracht en heeft onder andere geleid tot visvriendelijk sluisbeheer (Casus 2) en het ontwerp van de vismigratierivier bij de Afsluitdijk: een kunstwerk waarbij over de lengte van het kunstwerk het water steeds zoeter wordt. Deze maatregelen kunnen worden overwogen voor de Grevelingen (o.a. vismigratierivier richting Volkerak) of voor de kunstwerken elders op de route (o.a. visvriendelijk sluisbeheer Krammersluizen).

Casus 2 Visvriendelijk sluisbeheer

Bij de Bergsedieppluis en de Krammersluizen is in 2010 (februari – juni) geëxperimenteerd met een visvriendelijk sluisbeheer om vismigratie te bevorderen, door het onder vrij verval spuien van zoet water bij laag water op de Oosterschelde en het bij opkomend tij langer openhouden van de openingen in de sluisen (Wanningen & Van Herk, 2010). Er zijn 12 vissoorten waargenomen die tijdens aangepast sluisbeheer de sluisen zijn gepasseerd. Diadrome vissoorten zoals driedoornige stekelbaars, dunlipharder, bot, aal (incl. glasaal), zee-prik en zeeforel zijn in de sluis aangetroffen, evenals soorten die een voorkeur hebben voor brak water zoals koornaarvis, haring en incidenteel ook spiering. Dit zijn aanwijzingen dat bij uitvoering van visvriendelijk sluisbeheer mariene vissoorten via deze route het Volkerak-Zoommeer kunnen bereiken (Wanningen & Van Herk, 2010). Dit geeft aan dat als de verbinding van de Grevelingen met de Oosterschelde via de Flakkeese Spuisluis een feit is, doortrek van diadrome vissen naar bovenstroomse gebieden mogelijk is. Op dit moment is het Volkerak-Zoommeer echter zoet en vormt de abrupte overgang van zout naar zoetwater een barrière voor vis.

7.2 Maatregelen verbetering leefgebieden

Naast de openstelling van de Brouwersdam (§7.1 en hoofdstuk 6), die van belang is voor veranderingen op systeem-schaal (primaire productie, zuurstofcondities, connectiviteit) kunnen er lokale maatregelen worden getroffen om de leefgebieden van vis te verbeteren. Het betreft het herstel van structuurrijke habitats die gebruikt worden voor eiafzet en als opgroeigebieden van estuarien residenten en mariene juvenielen, de inzet van kunstmatige structuren of het instellen van een onderwaterreservaat.

Herstel zeegras en schorranden

Ondiepe structuurrijke habitats vormen een belangrijk en voedselrijk habitat voor jonge vis. Herstel van schorranden waarbij de afwisseling van ondiepe en diepere kreken en het maximaliseren van randlengte bijdraagt aan de kwaliteit van het leefgebied voor (jonge) vis en diadrome soorten als driendoornige stekelbaars, spiering, en aal. Er wordt momenteel veel onderzoek gedaan aan het herstellen van het zeegras in het Grevelingenmeer



(Deltares *et al.*, 2020). Zeegrasvelden geven meer structuur en hoogwaardiger opgroeigebied voor verschillende vissoorten (§4.1) en hebben in het bijzonder waarde voor mariene juvenielen (jonge platvissen) en estuarien residenten (zeenaalden). Herstel van dit leefgebied kan leiden tot de terugkeer van soorten die er nu niet zijn zoals de zeestekelbaars en het kortsnuit zeepaardje.

Herstel schelpdierbanken

Er zijn veel schelpdierbanken aanwezig, met name in de vorm van Japanse oesterriffen op het harde substraat van de dijkwaluds. Het is bekend, echter, dat er in het oorspronkelijke estuariene systeem ook natuurlijke mosselbanken en platte oesterbanken voorkwamen (Nienhuis 1970; pers. Med, HW Waardenburg). Als natuurlijke mosselbanken grootschalig teruggebracht kunnen worden kan dit een nog meer gevarieerd habitat opleveren. Of het herstel van schelpdierbanken in de Grevelingen mogelijk en zinvol is, is nu een kennisleemte. Schelpdierbanken zijn in de huidige N2000 en KRW doelen geen doel op zich, maar verdienen in het kader van functies voor andere soortgroepen (o.a. vis) de aandacht.

Verbeteren kleinschalige zoet- zout overgangen

Natuurlijke estuaria worden gekenmerkt door de aanwezigheid van zoet-zout overgangen. Het inlaten van polderwater kan lokaal voorzien in een lokstroom, en een kleine zoet-zout gradiënt veroorzaken. Daarnaast kan de inlaat van zoet polderwater ook bijdragen aan dynamiek (zuurstof) en extra nutriënten, die voor vis lokaal leiden tot een hogere voedselbeschikbaarheid. Aan de andere kant kan polderwater slecht van kwaliteit zijn en leiden tot eutrofiëring en zuurstofarme condities, waardoor het leefgebied voor vis juist negatief wordt beïnvloed. Wanneer het water van gemalen wordt ingelaten, of wordt gebruikt om via schorkreken de Grevelingen in te stromen is het belangrijk de waterkwaliteit van het in te laten water te kennen en het beïnvloedingsgebied te bepalen. Een belasting met nutriënten of de inlaat van gebiedsvreemd water wordt in het kader van de KRW beschouwd als een antropogene invloed, met negatieve gevolgen voor het watersysteem.

Kunstmatige structuren

Kunstmatige structuren worden al duizenden jaren in verschillende vormen gebruikt om vissen aan te trekken en leefgebieden voor vis te verbeteren zowel op de bodem als drijvend. Ze bestonden historisch gezien uit elementen uit de natuur, zoals kienhout en bomen. Tegenwoordig zijn tal van varianten beschikbaar van plastic of beton, ongebruikte restmaterialen, 3D geprint of biologisch afbreekbaar. De aantrekkingskracht voor vis wordt bepaald door de voedselbeschikbaarheid en schuilmogelijkheid en verloopt vaak in meerdere stappen: aangroei op constructies (epifauna, of schelpdieren) waardoor kleine vissen worden aangetrokken en daarna komen grote vissen op de kleine vissen af (Grossman *et al.* 1997). Recent onderzoek stelt dat de aanwezigheid van vis lokaal de primaire productie verhoogt, via uitwerpselen, en dat deze component van effecten van kunstriffen op leefgebieden voor vis nog relatief onbekend is (Layman & Allegeier 2020). De recreatieve waarde van kunstriffen is in de Grevelingen al uitgebreid beproefd, met het aanleggen van rifstructuren voor sportduikers.

Onderwaterreservaat



Onderwaterreservaten worden over de hele wereld toegepast om de visstand te verbeteren. Doelstellingen van een onderwaterreservaat kunnen sterk verschillen. Het kan daarbij gaan om het beschermen van een specifieke soort of een groep soorten (bijvoorbeeld alle bodemsoorten). Het doel is vaak om specifieke gebieden te beschermen (paaigebied, of kraamkamer), waarbij daarna, door zogenaamde ‘spill-over effecten’ omliggende gebieden verbeteren. Soms is een lokaal effect voldoende om de visstand voor een bepaalde soort of soortgroep te verbeteren (FAO 2017). Of een onderwaterreservaat nu bijdraagt aan de visstand in de Grevelingen is de vraag. Er zijn echter drie opties die voor de hand liggen:

- 1) Wanneer er herstel optreedt van structuurrijke habitats zoals zeegrasvelden en schelpdierbanken, kan een onderwaterreservaat bijdragen aan het behoud van het herstelde leefgebied;
- 2) In gebieden die belangrijk zijn voor visetende watervogels, kan een onderwaterreservaat bijdragen aan de benodigde prooibeschikbaarheid en rust voor vogels.
- 3) Tot slot kan een onderwaterreservaat een middel zijn om de belangen van schelpdierkweek en onderwaternatuur te verenigen binnen de ruimte van de Grevelingen.

7.3 Maatregelen verbetering natuurbeleving

Mensen in aanraking laten komen met vis middels educatie en bijvoorbeeld visexcursies, snorkelexcursies of een drijvend aquarium dragen bij aan de rol van vis in het interactieweb met de mens, omdat het natuurbeleving, onderwaterrecreatie en sportvisserij bevordert. Momenteel wordt door o.a. RWS, IVN, Hogeschool Zeeland en SBB gewerkt aan een educatief Tiny Sea Forest, om mensen de onderwaterwereld van de Grevelingen te laten beleven.



8 Conclusie

8.1 Conclusie

Wat is de rol van vis in de Grevelingen

De Grevelingen is sinds het gereedkomen van de Deltawerken veranderd van een estuariën systeem naar een uniek en groot zoutwater meer. Er komen vissen voor uit verschillende visgildes: estuariën residenten, mariene seizoensgasten, mariene juvenielen en diadrome vissen. Dit betekent onder andere dat het habitat is voor bijvoorbeeld opgroeiende (commerciële) platvissoorten en enkele trekvisen (aal, driedoornige stekelbaars).

In het pelagisch habitat komen scholen jonge haring en sprout voor, en nabij de bodem hoge dichtheden grondels en jonge platvis. Dit is belangrijk stapelvoedsel voor visetende watervogels. Voor de soorten geoorde fuut, fuut en middelste zaagbek was de Grevelingen tot voor kort van internationaal belang. Daarnaast is de Grevelingen een leefgebied voor de aal. In de Grevelingen ontbreekt dynamiek door getijdenstroming, is er beperkte uitwisseling met de Noordzee en Oosterschelde, en zomers is er sprake van grootschalige zuurstofloosheid. De visstand is hierdoor in de huidige situatie armer dan bijvoorbeeld in de Oosterschelde

Wat zijn de effecten van het realiseren van de doorlaat in de Brouwersdam voor de visstand in het Grevelingenmeer

Bij een streefbeeld voor de Grevelingen na openstelling van de Brouwersdam is men vaak geneigd om te denken aan het estuariene systeem dat het ooit was: Een systeem van geulen en platen met een geleidelijke zoet-zout overgang. Echter, het ligt niet in de verwachting dat er een grootschalige zoet-zout gradiënt komt. De grens met het zoete achterland zal voorlopig hard blijven. Wel kan er verkend worden of er mogelijkheden zijn om op kleine schaal de huidige zoet-zout overgangen te verbeteren of nieuwe te realiseren. Daarnaast is het systeem omringd door dijken met hard substraat. Een realistisch streefbeeld lijkt op de huidige situatie in de Oosterschelde: een grote baai met deels ondiepe platen en deels een harde rotsige kustlijn waar schelpdierriffen op groeien, maar zonder zoet-zout gradient en verbinding met het bovenstroomse riviergebied.

Met de openstelling van de Brouwersdam, kan de Grevelingen in potentie een visrijker systeem worden. Een zeearm, met door toegenomen primaire productie, een toename in de aantallen haring en sprout en dynamische plekken waar pelagische zeebaars en makreel jaagt op jonge haring en sprout. Een groot areaal zuurstofrijke geulbodem rijk aan diverse platvissoorten zoals tong, schar en tarbot. Een opgroeigebied voor mariene juveniele soorten waarvan de eerste levensstadia zich bevinden in het warme structuurrijke water op de intergetijdenplaten en schorranden. Mogelijk kan de Grevelingen zelfs een bijdrage leveren aan de populaties van haaien en roggenssoorten in de Voordelta, en aan soorten van zeegrasvelden zoals de zeestekelbaars en het zeepaardje. De Grevelingen vormt na de openstelling een geschikt leefgebied voor de bedreigde aal, zij het dat deze maatregel



niet zorgt voor een geleidelijke zoet-zout overgang en de doortrekmogelijkheden daardoor voorlopig beperkt blijven.

Welke maatregelen kunnen genomen worden om de visstand (zowel samenstelling als biomassa) in de Grevelingen te verbeteren?

Er zijn maatregelen die de kansen voor vis in de Grevelingen kunnen verbeteren. Het gaat om vismigratiemaatregelen (ter verbetering van de verbinding met aangrenzende systemen) en leefgebiedmaatregelen (maatregelen gericht op het verbeteren van de omvang of kwaliteit van het leefgebied voor vis binnen de Grevelingen):

- Verbeterde uitwisseling met de Noordzee door een grotere opening in de Brouwersdam en een beperkte getijslag;
- Verbeterde verbinding met zoete wateren en het achterland. Bijvoorbeeld door 1) een permanente openstelling van de Flakkeese Spuisluis die de Grevelingen via de Grevelingendam verbindt met de Oosterschelde, in combinatie met visvriendelijk sluisbeheer van de Krammersluizen; 2) Een directe verbinding met het Volkerak-Zoommeer via de Grevelingen dam 3) Verbeterde vismigratiemogelijkheden bij gemalen en stuwen tussen de Grevelingen en de polderwateren.
- Herstel en uitbreiding van structuurrijke leefgebieden in ondiep water zoals schorranden, zeegrasvelden en schelpdierbanken;
- Overige maatregelen binnen de Grevelingen, zoals het aanleggen van kunstriffen, onderwaterreservaten en educatie.

De belangrijkste maatregel is de openstelling van de Brouwersdam. Deze maatregel verbetert niet alleen de zuurstofhuishouding, maar ook de primaire productie en de connectiviteit met de Noordzee. Bovendien ontstaat er tot 600 hectare intergetijdengebied: een productief en belangrijk gebied als kraamkamer voor vis, zoals mariene juvenielen en estuarien residenten.

8.2 Kennisleemten

1. Toekomstplannen vismigratie in de ZW delta en alternatieve vismigratieroutes voor de Grevelingen. Zoals uit hoofdstuk 7 blijkt ten aanzien van vismigratiemaatregelen kan de Grevelingen niet los van de aangrenzende systemen in de Delta worden gezien. Een visie voor vismigratie die de hele ZW Delta draagt bij aan het inschatten van mogelijkheden voor de Grevelingen. Rijkswaterstaat is van plan een dergelijke visie op te stellen en heeft daarnaast in het kader van 3^e tranche KRW maatregelen optimalisatie van de Bathse Spuisluis en Krammersluizen op het programma staan (med. Thijs Poortvliet). Van belang is om bij een dergelijke visie ook de laterale connectiviteit, ofwel de verbinding met de polderwateren, mee te nemen voor soorten als driedoornige stekelbaars en aal.

In de loop van de jaren zijn er bovendien alternatieve routes voorgesteld voor vis vanuit de Grevelingen naar het riviersysteem en polderwateren in het achterland te weten:

- a) Een vismigratievoorziening in het oostelijke deel van de Grevelingendam waardoor de Grevelingen direct is verbonden met het Volkerak;
- b) Een route door Goeree-Overflakkee, waarbij de Grevelingen direct in contact staat met het Haringvliet.



c) Verbinding met de polderwateren in Goeree en Schouwe-Duivenland.

Om de haalbaarheid van dergelijke alternatieven inzichtelijk te maken is het belangrijk om meer kennis te verkrijgen over de alternatieven. Zo spelen de waterverdeling, een maat voor de lokstroom, de waterkwaliteit, de kwaliteit van het te bereiken habitat voor vis een rol in de effectiviteit van de verbindingen. Ook de mogelijkheden voor zoet-zout overgangen, de vismigratieroute verder landinwaarts en draagvlak zijn van belang voor de kans van slagen.

2. **Opening Flakkeese Spuisluis als kans om kennis te verzamelen.** Hoe de visgemeenschap na het openen van de Flakkeese Spuisluis reageert, kan veel informatie opleveren over de potentiële veranderingen na openstelling van de Brouwersdam. Hoewel de productiviteit niet toeneemt, er is geen sprake van de inlaat van Noordzeewater, verbetert de connectiviteit, er is sprake van extra waterverversing, lokale stroming en turbulentie. Het is raadzaam om bij het opnieuw openstellen van de Flakkeese Spuisluis niet alleen naar het lokale effect te kijken, maar dit onderzoek ook te gebruiken om de aannames over de openstelling van de Brouwersdam te onderbouwen met visgegevens.
3. **Herstel structureel leefgebieden.** Of het herstel van zeegrasvelden en schelpdierbanken (natuurlijke mosselbanken, platte oesterbanken) in de Grevelingen op grote schaal mogelijk en zinvol is en wat de verwachte effecten zijn op vissoorten, is onduidelijk. Nader onderzoek kan inzicht geven in welke mate leefgebieden voor vis in de Grevelingen verbeterd kunnen worden met actieve maatregelen en daarnaast kunnen kansrijke locaties en maatregelen worden aangeduid.
4. **Kwaliteit leefgebied achterland, herstel kleine zoet-zoutovergangen.** Er is een kennisleemte ten aanzien van de kwaliteit van het polderwater en de kwaliteit van leefgebieden voor vis in de polder. Het inzichtelijk maken van de kwaliteit draagt bij aan het in kaart brengen van de effectiviteit van vismigratiemaatregelen en het herstel van zoet-zout overgangen voor soorten als aal, bot en driedoornige stekelbaars.
5. **Kansen voor de aal.** Uit internationale wetenschappelijke literatuur is bekend dat aal zijn levenscyclus van glasaal tot schieraal in estuaria kan voltooien, mits het leefgebied bereikbaar is, van voldoende omvang en kwaliteit is en visserijmaatregelen onttrekking voorkomen. Of er in de de ZW delta sprake is van een lokale populatie en of vismigratie maatregelen naar lokale leefgebieden (oa polderwateren) kansrijk zijn voor de soort is onbekend.
6. **Prooibesikbaarheid visetende vogels.** Vanwege het internationale belang van de Grevelingen voor populaties van visetende vogels, en de recente afname van het belang, is het raadzaam meer kennis te vergaren over de prooibesikbaarheid voor deze soortgroep. Dit geldt zowel voor overwinterende futen en middelste zaagbekken, als geoorde futen die in de nazomer in de Grevelingen ruien. Onderzoek naar prooibesikbaarheid in de actuele situatie en na de openstelling van de Brouwersdam en bovendien gerelateerd aan visetende vogel-trends, kan inzicht geven in de effecten van de openstelling op prooissoorten. Dit geeft inzicht in de rol van vis bij het halen van Natura 200o doelen en de draagkracht van het gebied voor visetende vogels. Het is raadzaam om bij visetende vogel-trends ook verstoring, o.a. door vaarbewegingen, mee te nemen als mogelijke verklarende factor voor aantallen vogels. Ook voor visetenden broedvogels (o.a. dwergstern, stern) is prooibesikbaarheid in de Grevelingen onbekend.



7. **Standaardisering bemonstering.** Vanwege het overwegend op de bodem (boomkor) en diepere delen gerichte karakter van de standaard bevissingen in de Grevelingen blijft een groot deel van het leefgebied voor vis (ondiep water, structuurrijk habitat) onderbelicht. Dit blijkt ook uit het grote aantal soorten dat door vrijwilligers is waargenomen in deze delen, maar ontbreken in de boomkor bemonsteringen. Het is raadzaam om niet alleen voor een effectmeting, maar ook voor een nulmeting van de visstand ten tijde van de openstelling van de Brouwersdam, de bemonsteringmethodes zo te kiezen dat de belangrijkste leefgebieden voor vis in de Grevelingen representatief worden bemonsterd. Voor het borgen van de kwaliteit en kans om trends te detecteren, is standaardisering van monitoringsmethodes en -data over meerdere onderzoeksperiodes aan te bevelen.
8. **Rol van vis in de Grevelingen.** Naast predator-prooi interacties en het vermogen van vis om energie beschikbaar te maken voor de hogere niveaus van het voedselweb, zijn er kennisleemtes ten aanzien van het interactieweb. Zo is onduidelijk of er in de Grevelingen sprake is van een bottom-up of top-down gestuurd systeem, en wat de precieze rol van vissen hierin is. Een nadere voedselweb-analyse (bijvoorbeeld met stabiele isotopen) kan dit inzichtelijk maken. Een nadere analyse van trends van voedselgildes of reproductiegildes van vis kan ook meer informatie geven over het functioneren van het systeem voor vis.



Bronnen

- Able, K.W., 2005. A re-examination of fish estuarine dependence: evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 64, 5–17.
- Arts F., Lilipaly S., Strucker R.C.W. 2016. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2014/2015. Rapport. BM 16.09. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Lelystad.
- Arts, F.A.; Hoekstein, M.S.J.; Sluijter, M. 2019. Analyse en prognose trends vogels en zeehonden Grevelingenmeer. Delta Project Management. 2019-06
- Beck, M.W., Heck, K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C.G., Hoshino, K., Minello, T.J., Orth, R.J., Sheridan, P.F., Weinstein, M.R., 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *BioScience* 51, 633–641.
- Bardonnnet, A &, P. Riera, 2005. Feeding of glass eels (*Anguilla anguilla*) in the course of their estuarine migration: new insights from stable isotope analysis, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 63, Issues 1–2,
- Beijersbergen, R. 2016. Reizen langs de waterkant. De ecologie van de dwergstern *Sterna albifrons* op de Hooge Platen. Eburon, Delft.
- Bertelli, C.M., Unsworth, R.K.F. Protecting the hand that feeds us: Seagrass (*Zostera marina*) serves as commercial juvenile fish habitat. *Mar. Pollut. Bull.* 2013).
<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.011>
- Bouma, S., W. Lengkeek, T.J. Boudewijn, L.G. Turlings, R. Abma & R.L.J. Nieuwkamer, 2008. Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel Verkenning Grevelingen, 45p.
- Boudewijn, T.J., Dirksen, S. & Van der Winden, J. 1994. De voedselkeuze van Aalscholvers in de Grevelingen in het seizoen 1993- 1994. Rapport Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Breedveld S.J., A. Van Dam, W.J. Hollaar, K. Tanis, B. van der Velden & G. De Zoete 2004. Tussen Haringvliet en Grevelingen – Vogels van Goeree-Overflakkee. VNLGO.
- Brevé, N. W. P., Winter, H. V., Van Overzee, H. M. J., Farrell, E. D., & Walker, P. A. 2016. Seasonal migration of the starry smooth-hound shark *Mustelus asterias* as revealed from tag- recapture data of an angler-led tagging programme. *Journal of Fish Biology*, 89, 1158–1177
- Brevé, N W P, Winter H V, PA D M Wijmans, E S I Greenway, L A J Nagelkerke 2020. Sex-differentiation in seasonal distribution of the starry smooth-hound *Mustelus asterias*. *Journal of Fish Biology* DOI: 10.1111/jfb.14548
- Buckens M . & Raeijmaekers M . 1992. Voedselkeuze van Aalscholver in de Grevelingen.
- Cabral, N.H., Vasconcelos, R.P., Vinagre, C., Franc,a, S., Fonseca, V., Maia, A., Reis-Santos, P., Lopes, M., Ruano, M., Campos, J., Freitas, V., Santos, P., Costa, M.J., 2007. Relative importance of estuarine flatfish nurseries along the Portuguese coast. *Journal of Sea Research* 57, 209-217.
- Checkley, D.M., Alheit, J., and Oozeki, Y. (Editors) 2009. *Climate change and small pelagic fish*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Christianen, M. J. A., Middelburg, J. J., Holthuijsen, S. J., Jouta, J., Compton, T. J., van der Heide, T., Piersma, T., Sinninghe Damsté, J. S., van der Veer, H. W., Schouten, S., & Olf, H. 2017. Benthic primary producers are key to sustain the Wadden Sea food web: Stable



- carbon isotope analysis at landscape scale. *Ecology*, 98(6), 1498-1512. <https://doi.org/10.1002/ecy.1837>
- Christianen M.J.A., Lengkeek W., Bergsma J.H., Coolen J.W.P., Didderen K., Dorenbosch M., et al. 2018. Return of the native facilitated by the invasive? Population composition, substrate preferences and epibenthic species richness of a recently discovered shellfish reef with native European flat oysters (*Ostrea edulis*) in the North Sea. *Marine Biology Research* 14, 590-597
- Costa *et al.* 1994. Do eel grass beds and salt marsh borders act as preferential nurseries and spawning grounds for fish? An example of the Mira estuary in Portugal *Ecological Engineering* Volume 3, Issue 2, June 1994, Pages 187-195
- Costa, M.J., Cabral, H.N., Drake, P., Economou, A.N., Fernandez-Delgado, C., Gordo, L., Marchand, J., Thiel, R., 2002. Recruitment and production of commercial species in estuaries. In: Elliot, M., Hemingway, K. (Eds.).
- Deegan L.A., Hughes J.E., Rountree R.A. 2002. Salt Marsh Ecosystem Support of Marine Transient Species. In: Weinstein M.P., Kreeger D.A. (eds) *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/0-306-47534-0_16
- Deerenberg, C., Griff, R., E. & Tien, N.S.H. 2003. Ontwikkelingen in het visbestand van de Oosterschelde. RIVO rapport C071/03.
- Deltares, Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer, Wageningen Marine Research, 2020. Grevelingen systeemrapportage (werkversie). update juli 2020 2020-07-20
- De Vos, W.J. en Twisk, F. 1990. Bestandopname bodemvissen Grevelingenmeer, augustus 1988. Nota GWWS-89.411, Rijkswaterstaat.
- Didderen, K., T.M. Have, J.H. Bergsma, H. van der Jagt, W. Lengkeek, P. Kamermans, A. Van den Brink, M. Maathuis, H.J.W. Sas, 2019. Shellfish reef restoration pilots. Voordelta The Netherlands. Annual report 2018. Ark WNF Bureau Waardenburg WMR Sas consultancy.
- Didderen, K., and F. Driessen. 2017. Verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer V. Zomer 2017 – Metingen in het oostelijke deel in het eerste jaar na ingebruikname Flakkeese spuisluis (T1). Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Doornbos, G. 1981. Verwachtingen voor de ontwikkeling van de visstand in een zoute of zoete Grevelingen tegen de achtergrond van de veranderingen die zijn opgetreden in de visfauna in de periode 1960-1980. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek/Rijkswaterstaat DDMI, Yerseke/Middelburg, Nota Z 81 III 6: 1-28.
- Doornbos, G. 1982. Changes in the fish fauna of the former Grevelingen estuary, before and after the closure in 1971. *Hydrobiological Bulletin* 16: 279-283.
- Doornbos, G. 1985. Vissen in de Grevelingen. In: P.H. Nienhuis. *Het Grevelingenmeer: van estuarium naar zoutwatermeer*. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke & Natuur en Techniek, Maastricht: 130-145.
- Doornbos, G. 1987. The fish fauna of Lake Grevelingen (SW Netherlands): the role of fish in the food chain of a man-made saline lake some ten years after embankment of a former estuary. PhD Thesis, Universiteit van Amsterdam.
- Doornbos, G. & Twisk, F. 1984. Density, growth and annual food consumption of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and flounder (*Platichthys flesus* (L.)) in Lake Grevelingen, The Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 18: 434-456.
- Doornbos, G. & Twisk, F. 1987. Density, growth and annual food consumption of gobiid fish in the saline Lake Grevelingen, The Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 21(1): 45-74.



- Doornbos G 1984. Piscivorous birds on the saline lake Grevelingen, The Netherlands: Abundance, prey selection and annual food consumption. *Netherlands Journal of Sea Research*, 18, 457–479.
- EG, 2007. EG nr. 1100/2007 van de Raad van de Europese Unie van 18 september 2007 tot vaststelling van maatregelen voor het herstel van het bestand van Europese aal.
- Elliott, M. & K. Hemingway, 2002. - *Fishes in estuaries*. Blackwell Science, 636 p. ISBN 0-632-05733-5.
- Engelsma, F.J., T.J. Boudewijn & A.J.M. Meijer, 1994. *Visstand Grevelingen, Inventarisatie bestaande gegevens en onderzoeksvoorstel*. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- EZ, 2015. Besluit van de Staatssecretaris van Economische Zaken van 15 oktober 2015, DGAN-PDJNG / 15129301, houdende vaststelling van geactualiseerde Rode lijsten flora en fauna. *Staatscourant* 36471 (2015). [korstmossen, mossen, vaatplanten, libellen, sprinkhanen en krekels, vissen]
- Fijn, R.C., W. Courtens, F.A. Arts, D. Beuker, R. Daelemans, B.W.R. Engels, M.S.J. Hoekstein, J.W. de Jong, R.J. Jonkvorst, S.J. Lilipaly, M. Sluifster, K.D. van Straalen, N. Vanermen, M. Van de walle, H. Verstraete, P.A. Wolf, E.W.M. Stienen, 2018. *PMR-NCV onderzoek sterns in de Delta en Voordelta. Jaarrapport 2018*. Bureau Waardenburg Rapportnr. 18-277. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Engelhard, G. H., Peck, M. A., Rindorf, A., Smout, S. C., van Deurs, M., Raab, K., Andersen, K. H., Garthe, S., Lauerburg, R. A. M., Scott, F., Brunel, T., Aarts, G., van Kooten, T., and Dickey-Collas, M. Forage fish, their fisheries, and their predators: who drives whom? – *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fst087.
- FAO, 2017. *Marine protected areas: Interactions with fishery livelihoods and food security*. In *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (Vol. 603)*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i6742e.pdf>
- Garcia, S. M., Gascuel, D., Henichart, L. M., Boncoeur, J., Alban, F., & De Monbrison, D. 2013. *Marine protected areas in fisheries management. Synthesis of the state of the art*. IUCN report.
- Gillanders, B. M. 2006. Chapter 21: seagrasses, fish, and fisheries. In *Seagrasses: Biology, Ecology and Their Conservation*, pp. 503–536. Ed. by A. W. D. Larkum, R. J. Orth, and C. M. Duarte. Springer. 691 pp.
- Gmelig Meyling, A.W. & De Bruyne, R.H. 2003) *Het Duiken Gebruiken 2. Gegevensanalyse van het monitoringproject onderwater oever, fauna-onderzoek met sportduikers in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer, periode 1978-2002*. Stichting ANEMOON.
- Goor, A.C.J., van 1919. *Het zeegras (Zostera marina L.) en zijn beteekenis voor het leven der visschen*. Rapp. Verh. Rijksinst. Viss. Onderz. 1: 415-498.
- Grossman, JP, G.D. Jones W.J. Seaman, 1997. Do artificial reefs increase regional fish production? A review of existing data. *Fisheries* 22(4):17-23
- Haperen A. Van, K. De Kraker, J. Van der Neut, P. Van de Reest & G. Stooker 1999. *Aan de monding van Maas en Schelde. Natuurgebieden in Zuidwest-Nederland. Staatsbosbeheer, Regio West-Brabant – Deltagebied*.
- Hoeksema H.J. 2002. *Grevelingemeer van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toeting aan het beleid*. Rapport RIKZ/2002.033. RIKZ, Middelburg.
- Hornman M., F. Hustings, K. Koffijberg, E. van Winden, P. Van Els, R. Kleefstra, Sovon Ganzen- en Zwanenwerkgroep & L. Soldaat 2020. *Watervogels in Nederland in 217/2018*. Sovon rapport 2020/01. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.



- Heck, K. L., Jr, Hays, C., and Orth, R. J. 2003. A critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series*, 253: 123–136.
- Hop, J. 2016a) Visstandonderzoek Grevelingenmeer november 2016. Rapportnummer: 20151025/rap01. ATKB, Geldermalsen.
- Hop, J. 2016b. Visstand Haringvliet en Voordelta – heden. ATKB, Geldermalsen
- Hop, J. 2017) Visstandonderzoek Grevelingenmeer voor- en najaar 2017. Rapportnummer: 20161256/002. ATKB, Geldermalsen.
- Hostens, K., J. Mees, B. Beyst, A. Catthijssse, 1996. Het vis en garnaalbestand in de Westerschelde: soortensamenstelling, ruimtelijke verspreiding en seizoensaliteit (1988-1992). Universiteit Gent
- I&M, 2016. Grevelingen. Natura 2000 Deltawateren Beheerplan 2016-2022.
- Jong, D.J., de, & V.N. de Jonge. 1989. Zeegras *Zostera marina* L., *Zostera noltii* Horn.: een ecologisch profiel en het voorkomen in Nederland. Nota GWAO-89.1003, Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Haren.
- Kessel, N. van, Niemeijer, B., Hoogerwerf, G. 2014. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2012-2013. Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Kessel, N. van, F. Spikmans, G. Hoogerwerf & J. Kranenbarg. 2011. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2010-2011. Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen. Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Kranenbarg J. & Z. Jager 2008 Maatlat vissen in estuaria KRW watertype O2. RAVON (etc.) 06-2008.
- Layman CA, Allgeier JE, 2020. An ecosystem ecology perspective on artificial reef production. *J Appl Ecol.* 2020;00:1–10. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13748>
- Lilipaly S. 2018. Kuifduiker *Podiceps auritus*. Pp. 157 in *Sovon Vogelonderzoek Nederland 2018. Vogeltlas van Nederland*. Kosmos Uitgevers, Utrecht/Amtwerpen.
- Lilipaly S.J., F.A. Arts, M.S.J. Hoekstein, K.D. van Straalen, M. Sluijter, P. A. Wolf, 2020. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2019. Rijkswaterstaat, Centrale informatievoorziening Rapport BM 20.04. Deltamilieu Projecten Rapportnr. 2020-04, Vlissingen.
- Lilley, R. J., and Unsworth, R. K. F. 2014. Atlantic Cod (*Gadus morhua*) benefits from the availability of seagrass (*Zostera marina*) nursery habitat. *Glob. Ecol. Conserv.* 2:367–77. doi:10.1016/j.gecco.2014.10.002
- Linden, P.R.A., van der, 2006. Visfauna Grevelingenmeer. Ontwikkeling vanaf 1960. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- LNv, 2009. Regeling van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit van 15 september 2009, nr. 1646, houdende wijziging van de Uitvoeringsregeling visserij ter uitvoering van het Nederlandse aalbeheerplan. Staatscourant stcrt-2009-13978
- LNv, 2013. Programma directie Natura 2000. Aanwijzingsbesluit GrevelingenPDN/2013-115 | 115 Grevelingen <https://www.natura2000.nl/index.php/gebieden/zeeland/grevelingen/grevelingen-aanwijzing>
- Loos, L.M., van der & Gmelig Meyling, A.W. 2019. Het Duiken Gebruiken 4. Gegevensanalyse van het Monitoringproject Onderwater Oever (MOO). Fauna-onderzoek met sportduikers in Oosterschelde en Grevelingenmeer. Periode 1994 t/m 2018. Stichting ANEMOON. 85 pp.
- Louws C.A. & L.M. de Ruijter 2016. Schouwen-Duiveland Brouwerseiland. Waterrecreatie op de Grevelingen. Rho Adviseurs voor leefruimte, Rotterdam.



- MacLeod, C. D., Pierce, G. J., and Santos, M. B. 2007. Starvation and sandeel consumption in harbour porpoises in the Scottish North Sea. *Biology Letters*, 3: 535–536.
- Martinho, F., Leitão, R., Neto, J., Cabral, H.N., Marques, J.C., Pardal, M.A., 2007. The use of nursery areas by juvenile fish in a temperate estuary. Portugal. *Hydrobiologia* 587, 281-290.
- Meijer, A.J.M. & Waardenburg, H.W. 1990) Monitoring-onderzoek aan de visfauna van het Grevelingenmeer. Rapportage resultaten 1980-1989. Bureau Waardenburg BV, Culemborg.
- Meijer, A.J.M. 1995) Bestandsopname visfauna Grevelingenmeer augustus/september 1994. Bureau Waardenburg BV, Culemborg.
- Meijer, A.J.M. 2002) Monitoringsonderzoek aan de visfauna van de Oosterschelde. Rapportage resultaten 1999 t/m 2001. Bureau Waardenburg, rapport nr. 02-028
- Mulder, I.M., Tulp, I. & Ysebaert, T., 2020. Ontwikkelingen van bodemgebonden vis en epibenthos in de Oosterschelde in de periode 1970-2018. Wageningen Marine Research rapport C024/20.
- Mulder, I.M. & I. Tulp, 2020. De functies van kwelders voor vis. *Water matters*, 2020-12.
- Nicolas, D., Le Loc'h, F., De saunay, Y., Hamon, D., Blanchet, A., Le Pape, O., 2007. Relationships between benthic macrofauna and habitat suitability for juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Vilaine estuary (Bay of Biscay, France) nursery ground. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73, 639-650.
- Nienhuis, P.H., 1970. The benthic algal communities of flats and salt marshes in the Grevelingen, a sea arm in the south-western Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 5, Issue 1, Pages 20-49
- Nienhuis, PH, de Bree BHH, Herman PMJ, Holland AMB, Verschuure JM, Wessel EGJ. 1996. Twenty-five years of changes in the distribution and biomass of eelgrass, *Zostera marina*, in Grevelingen Lagoon, The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 30: 107-117.
- Nieuwkamer, R. L. Turlings, P.P. en J.W. Slager, 2009. 'Verkenning Grevelingen Water en Getij', H2O nummer 8 2009
- Pihl, L., S. Baden, N. Kautsky, P. Rönnbäck, T. Söderqvist, M. Troell, and H. Wennhage. 2006. Shift in fish assemblage structure due to loss of seagrass *Zostera marina* habitats in Sweden. *Estuaries, Coasts and Shelf Science* 67: 123–132.
- Prins, T.C., G.H. van der Kolff, A.R. Boon *et al.* 2014. PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta. Eindrapport 2009-2013 Deel A. Deltares, Delft.
- Projectgroep Samen voor de Aal, 2019. Samen voor de Aal; Kruisnetmonitoring Zuid-Holland resultaten en analyse 2015-2018. Projectnummer 2015.031. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Raab, K., Nagelkerke, L. A. J., Boere, C., Rijnsdorp, A. D., Temming, A., and Dickey-Collas, M. 2012. Dietary overlap between the potential competitors herring, sprat and anchovy in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 470: 101–111.
- Riou, P., O. Le Pape & S.I. Rogers. 2001. Relative contributions of different sole and plaice nurseries to the adult population in the eastern Channel: Application of a combined method using generalized linear models and a geographic information system. *Aquat. Living Resour.* 14: 125–135.
- Saeijs H. L. F. & P. B. M. Stortelder, 1982. Converting an estuary to Lake Grevelingen: Environmental review of a coastal engineering project. *Environmental Management* volume 6, pages 377–405.
- Salita, J.T., Ekau, W., Saint-Paul, U., 2003. Field evidence on the influence of seagrass landscapes on fish abundances in Bolinao, Northern Philippines. *Marine Ecology Progress Series* 247, 183e195.



- Souza, A. T., Ilarri, M. I., Timóteo, S., & Marques. 2018. Assessing the effects of temperature and salinity oscillations on a key mesopredator fish from European coastal systems. *Science of the Total Environment*, 640–641, 1332–1345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.348>
- STOWA 2018. Rapport 2018-49. Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027. 501 pp.
- Tangelder, M., T. Ysebaert et al. 2019. Ecologisch onderzoek Getij Grevelingen. Onderzoek naar de historische ontwikkeling van het watersysteem en inschatting van de autonome ontwikkeling vergeleken met getijscenario's en effecten op Natura 2000-soorten en habitats bij gedempt getij. Wageningen University & Research rapport C089/19
- Teal, L.R., van Hal, R., van Kooten, T., Ruardij, P. & Rijnsdorp, A.D. 2012. Bio-energetics underpins the spatial response of North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and sole (*Solea solea* L.) to climate change. *Global Change Biology*, 18, 3291-3305.
- Ter Harmsel *et al.* 2016. Groene Impuls Grevelingen. Advisering vogeleilandjes en vismigratievoorzieningen. Rapport Witteveen+Bos.
- Tulp, I. 2015. Analyse visgegevens DFS (Demersal Fish Survey) ten behoeve van de compensatiemonitoring Maasvlakte 2. Wageningen Marine Research, rapport C080/15.
- Tulp, I., Hal, R. v. & Rijnsdorp, A. 2006. Effects of climate change on North Sea fish and benthos. Wageningen IMARES rapport C057/06.
- Tulp I., Bolle L.J., Dänhardt A., de Vries P., Haslob H., Jepsen N., Scholle J. & van der Veer H.W. 2017. Fish. In: Wadden Sea Quality Status Report 2017. Eds.: Kloepper S. *et al.*, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. waddensea-worldheritage.org/reports/fish
- Vaas, K.F. 1970. Studies on the fish fauna of the newly created lake near Veere, with special emphasis on the plaice (*Pleuronectes platessa*). *Netherlands Journal of Sea Research* 5(1): 50-95.
- Vaas, K.F. 1978. Veranderingen in de visfauna van de Grevelingen tussen de jaren 1960 en 1976. Rapport en verslagen nr. 1978-4, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke.
- Van Kessel, N., Van Dorenbosch, M., Spikmans, F., Kranenbarg, J. & Crombaghs, B. 2008. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2007-2008. Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen.
- Van Kessel, N., Spikmans, F., Hoogerwerf, G. & Kranenbarg, J. 2011. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2010-2011. Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen.
- Van Kessel, N., Niemeijer, B., Hoogerwerf, G. 2014. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2012-2013. Natuurbalans – Limes Divergens BV, Nijmegen.
- Van der Molen, D.T. & R. Pot [red] 2007 en update 2018.: Referenties en maatlatten voor natuurlijke wateren voor de Kaderrichtlijn Water. RWS-WD 2007-018 STOWA 2007-32 en update 2021-2027 STOWA rapport 2018-49
- Vlas, J., 1979. Annual food intake by plaice and flounder in a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea, with special reference to consumption of regenerating parts of macrobenthic prey. *Neth. J. Sea Res.* 13, 117–153.
- Waardenburg, H.W. 1998. Vismigratie door de Brouwerssluis (Grevelingenmeer). Rapport nr. 98.042, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.



- Wattel, G. 1996. Grevelingenmeer: uniek maar kwetsbaar. De ontwikkelingen in de periode 1990-1995. Rapport RIKZ-96.014, 101 p.
- Wetsteijn, L.P.M.J. 2011. Grevelingenmeer: meer kwetsbaar. Een beschrijving van de ecologische ontwikkelingen voor de periode 1999 t/m 2008-2010 in vergelijking met de periode 1990 t/m 1998. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad. 163 p.
- Wanningen & van Herk 2010. Proef Natuurlijk Sluisbeheer De resultaten, conclusies en aanbevelingen. <https://edepot.wur.nl/260397>
- Wolff, W.J., Van Haperen, A.M.M., Sandee, A.J.J., Baptist, H.J.M. & Saeijs, H.L.F. 1975. The trophic role of birds in the Grevelingen estuary, The Netherlands, as compared to their role in the saline lake Grevelingen. In: G. Persoone & E. Jaspers. (Eds.) Proc. 10th Eur. Sump. Mar. Biol. Ostend. 2: 673-689.

Internetpagina's

- Website AD.nl - <https://www.ad.nl/zeeland/nieuw-plan-voor-getijdencentrale-in-de-grevelingendam-voorbeeldproject-voor-de-bv-nederland~af8dd92e/>
- Omroep Zeeland, 2018. <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/105072/Franse-glasaal-uitgezet-in-Grevelingenmeer>
- Omroep Zeeland, 2020. <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/120143/Bijna-vierhonderdduizend-palingen-uitgezet-in-Grevelingenmeer>



Bijlage I Totaallijst vissoorten in de Grevelingen

Totaallijst 2010-2020 o.b.v. RAVON vrijwilligersdata

Tabel I.1: Soorten waargenomen in de Grevelingen in de periode 2010-2020 o.b.v. RAVON vrijwilligersdata, met waargenomen aantallen per soort en in totaal sinds 2010 en 2015, respectievelijk, en jaar van eerste waarneming sinds 2010.

Soortnaam	Binomiale naam	Aantal waarnemingen sinds 2010	Aantal waarnemingen sinds 2015	Jaar van eerste waarneming sinds 2010
aal	<i>Anguilla anguilla</i>	3076	3005	2010
ansjovis	<i>Engraulis encrasicolus</i>	6	1	2011
blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>	2	2	2017
bot	<i>Platichthys flesus</i>	243	37	2010
botervis	<i>Pholis gunnellus</i>	947	115	2010
brakwatergrondel	<i>Pomatoschistus microps</i>	4172	3922	2010
dikkopje	<i>Pomatoschistus minutus</i>	6246	4105	2011
diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>	124	65	2014
driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	4272	4208	2010
dunlipharder	<i>Liza ramada</i>	4	1	2016
dwergbolk	<i>Trisopterus minutus</i>	13		2010
fint	<i>Alosa fallax</i>	23		2011
geep	<i>Belone belone</i>	10	253	2011
gehoorde slijmvis	<i>Parablennius gattorugine</i>	3	2	2011
giebel	<i>Carassius gibelio</i>	4		2011
glasgrondel	<i>Aphia minuta</i>	1323	1235	2013
grauwe poon	<i>Eutrigla gurnardus</i>	2		2012
groene zeedonderpad	<i>Taurulus bubalis</i>	139	6	2010
grote zeenaald	<i>Syngnathus acus</i>	155	104	2010
haring	<i>Clupea harengus</i>	32599	31783	2010
horsmakreel	<i>Trachurus trachurus</i>	13		2010
kabeljauw	<i>Gadus morhua</i>	94		2010
karper	<i>Cyprinus carpio</i>	111		2011
zandspiering	<i>Ammodytes tobianus</i>	2		2011
kleine zeenaald	<i>Syngnathus rostellatus</i>	73	67	2010
kleurige grondel	<i>Pomatoschistus pictus</i>	40	36	2011
koornaarvis	<i>Atherina presbyter</i>	5575	4514	2010
kristalgrondel	<i>Crystallogobius linearis</i>	2		2013
lozano's grondel	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	18	18	2017
makreel	<i>Scomber scombrus</i>	2		2012
paganelgrondel	<i>Gobius paganellus</i>	3	3	2017
pitvis	<i>Callionymus lyra</i>	24		2010
pollak	<i>Pollachius pollachius</i>	3		2010
pontische stroomgrondel	<i>Neogobius fluviatilis</i>	3	3	2018
pos	<i>Gymnocephalus cernua</i>	1	1	2016



puitaal	<i>Zoarces viviparus</i>	579	102	2010
rietvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	150		2014
ruthensparrs grondel	<i>Gobiusculus flavescens</i>	72	28	2012
schar	<i>Limanda limanda</i>	82	10	2010
schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	373	80	2010
gewone slijmvis	<i>Lipophrys pholis</i>	1	1	2017
snoek	<i>Esox lucius</i>	3	2	2014
snoekbaars	<i>Sander lucioperca</i>	2	2	2016
snotolf	<i>Cyclopterus lumpus</i>	5	1	2010
spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>	85	2	2011
sprot	<i>Sprattus sprattus</i>	86590	86572	2011
steenbolk	<i>Trisopterus luscus</i>	300	27	2010
stekelrog	<i>Raja clavata</i>	8	8	2018
tiendoornige stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>	120	115	2013
tong	<i>Solea solea</i>	49	3	2010
vijfdradige meun	<i>Ciliata mustela</i>	3		2012
vorskwab	<i>Raniceps raninus</i>	58	7	2010
wijting	<i>Merlangius merlangus</i>	1205	19	2010
zeebaars	<i>Dicentrarchus labrax</i>	60	5	2010
zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	220	12	2010
zwartbekgrondel	<i>Neogobius melanostomus</i>	17	17	2016
zwarte grondel	<i>Gobius niger</i>	2438	552	2010
zwartooglipvis	<i>Symphodus melops</i>	1	1	2017
Totaal		151.750	141.056	



Bijlage II Methode

Dit rapport is vervaardigd op basis van een literatuurstudie aangevuld met een beperkte analyse van vrijwilligerst data. De databronnen die in dit rapport worden aangehaald staan vermeld in Tabel II.1 en hoofdstuk Bronnen. De data zijn beschreven in hoofdstuk 2, aangevuld met figuur II.1 en II.2 voor de locatie van waarnemingen in de MOO data.

Data visbemonsteringen in de Grevelingen

Tabel II.1. Overzicht van databronnen visbemonsteringen in de Grevelingen (Bronnen: Deltares et al. 2020, dit rapport)

Jaar	Maand	Instituut	Aantal trekken	Publicaties
1960-1980	Verspreid over jaar	DIHO	31-341 trekken/jaar 3 m boomkor, 1 cm maaswijdte	Vaas 1978
1970	Sept	RIVO (DFS)	8 trekken. 3 m boomkor, 2 cm maaswijdte	Doornbos et al. 1987
1976		DIHO	3 vistochten met pelagisch net (2-3 m onder opp.)	Vaas 1978
1980-1989		BUWA	Fuiken, duiken, bijwonen vistochten	Meijer en Waardenburg 1990
1982	Aug	Rijkswaterstaat	48 trekken (>2 m). 3 m boomkor, 6x6 mm maaswijdte	Vos en Twisk 1990
1988	Aug	Rijkswaterstaat	48 trekken (>2 m). 3 m boomkor, 6x6 mm maaswijdte	Vos en Twisk 1990
1994	Aug	BUWA, i.o.v. Rijkswaterstaat	48 trekken (>2 m, 3 m boomkor) & 32 trekken (0-2 m, 2 m boomkor). Maaswijdte 6x6 mm. 80 trekken pelagisch net	Meijer 1995



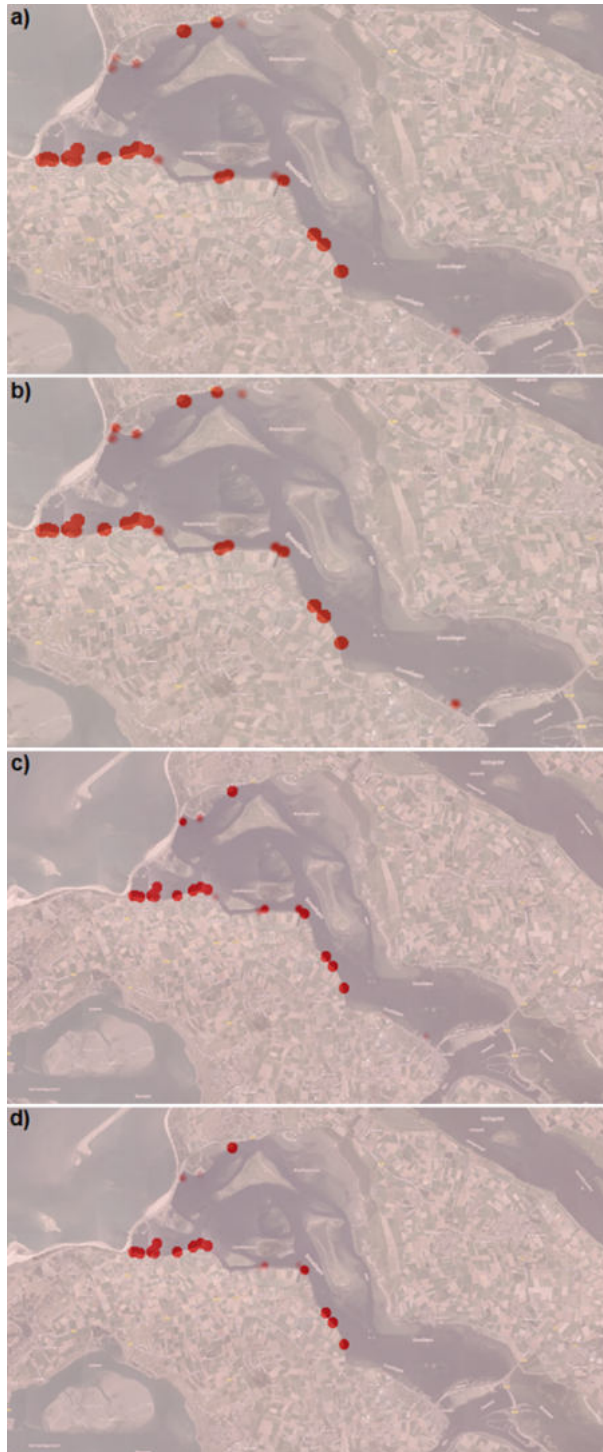
Jaar	Maand	Instituut	Aantal trekken	Publicaties
1994-2002		Stichting Anemoon – MOO project	Waarnemingen sportduikers	Gmelig Meyling & de Bruyne 2003
1994-2018		Stichting Anemoon – MOO project	Waarnemingen sportduikers	Van der Loos en Gmelig Meyling 2019
2008	Maart	RAVON (FGRA) i.o.v. WMR/Rijkswaterstaat	21 trekken. 3 m boomkor, 10-15 mm maaswijdte	Van Kessel <i>et al.</i> 2008
2011	April	RAVON (FGRA) i.o.v. WMR/Rijkswaterstaat	28 trekken. 3 m boomkor, 10-15 mm maaswijdte	Van Kessel <i>et al.</i> 2011
2013	April	RAVON (FGRA) i.o.v. WMR/Rijkswaterstaat	28 trekken. 3 m boomkor, 10-15 mm maaswijdte	Van Kessel <i>et al.</i> 2014
2016	Najaar	ATKB	25 trekken. 2.6 m boomkor	Hop 2016
2017	Voorjaar en najaar	ATKB i.o.v. Rijkswaterstaat	53 trekken (>2 m, 3 m boomkor, 9 mm maaswijdte) & 52 trekken (0-2 m, 2 m boomkor, 14 mm maaswijdte), 65 trekken pelagische netten.	Hop 2017



MOO Data



Figuur II.1: Locaties van duikmonitoringstrajecten en aantal duiken in de Grevelingen, uitgevoerd voor het MOO project van 1994 t/m 2020.



Figuur II.2: Totaal aantal waarnemingen (a) en verschillende soorten (b) per duiklocatie in de Grevelingen van 1994 t/m 2020 o.b.v. MOO data, waarbij de diameter van de cirkel oploopt, en de kleur donkerder wordt naarmate het totaal aantal waargenomen individuen (a) en/of soorten (b) oploopt. Dezelfde parameters worden weergegeven in respectievelijk c) en d) voor de periode 2010 t/m 2020.



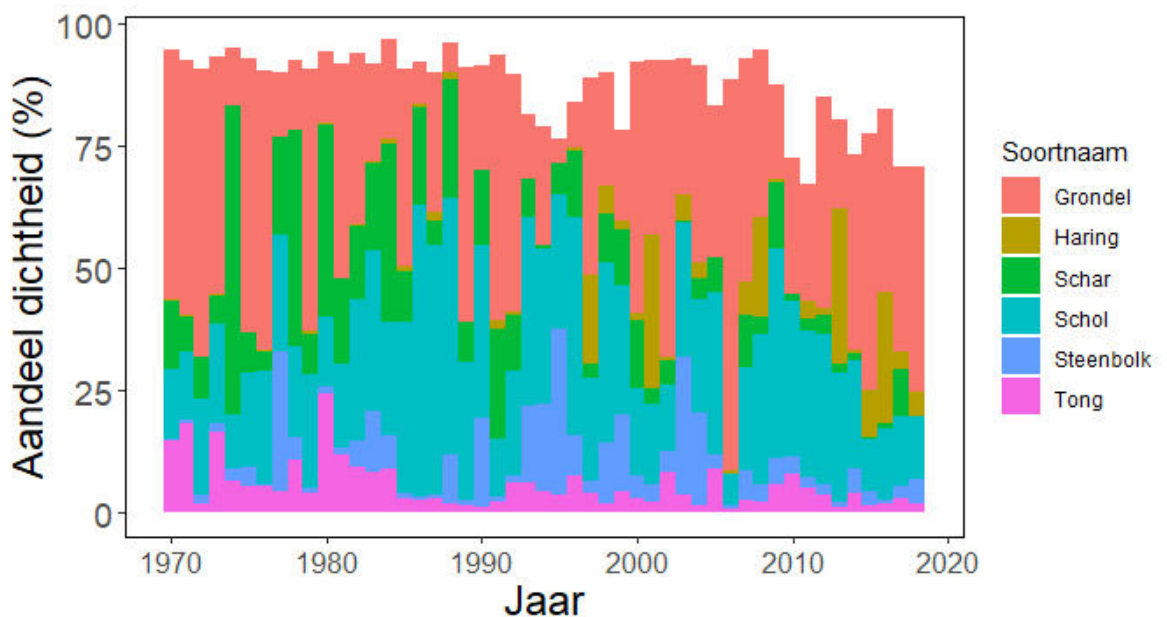
Vissen in de Oosterschelde

Om een beeld te genereren van de toekomstige vispopulatie in de Grevelingen kan gekeken worden naar de Oosterschelde. In tegenstelling tot de situatie in het Grevelingenmeer is bij de Oosterschelde namelijk op het laatste moment afgezien van de aanleg van een dichte dam en is hier een kering geplaatst welke gemiddeld slechts eens per jaar gesloten wordt. De Oosterschelde staat dus nog in open verbinding met de Noordzee, wat ook zichtbaar is in de aanwezige visgemeenschap. Er is recent een bemonstering van bodemgebonden vis uitgevoerd en een analyse van de gegevens: Mulder, I.M., Tulp, I. & Ysebaert, T., 2020. *Ontwikkelingen van bodemgebonden vis en epibenthos in de Oosterschelde in de periode 1970-2018*. Wageningen Marine Research rapport C024/20.

Sinds 1970 wordt in de Oosterschelde iedere nazomer de Demersal Fish Survey (DFS) uitgevoerd waarbij voornamelijk benthische vissoorten worden bemonsterd met behulp van een garnalenkor. Soorten die bij deze bemonstering niet of nauwelijks worden waargenomen zijn geep, zeenaald, kabeljauw, ansjovis, lipvis, harder, volwassen haring en zeebaars, zalm, forel, zandspiering, koornaarvis en driedoornige stekelbaars, aangezien dit meer pelagische soorten zijn.

Tussen 1970 en 2018 zijn in totaal 58 vissoorten waargenomen, met een jaarlijks gemiddelde van 26 vissoorten.

In dichtheden komen de estuarien residenten waaronder het dikkopje (*Pomatoschistus minutus*) en Lozano's grondel (*Pomatoschistus lozanoi*) in aantallen het meest voor (in Figuur II.3 aangeduid als grondel). Ook worden marien juvenielen zoals haring (*Clupea harengus*), schar (*Limanda limanda*), schol (*Pleuronectes platessa*), steenbolk (*Trisopterus luscus*) en tong (*Solea solea*) veel waargenomen (figuur IV.2).



Figuur II.3. Het aandeel in dichtheid weergegeven voor de vissoorten met de grootste bijdrage.





Bijlage III Ecologische gilden

De Grevelingen vormde voor afsluiting een estuarium. Hoewel er in het huidige scenario, met een beperkte verbinding met zowel de Noordzee als de grote rivieren, geen sprake is van een estuarium, wordt een classificatie aangehouden conform de KRW regelgeving. Hierbij worden de volgende zes gilden, afhankelijk van een estuarium tijdens één of meerdere levensfasen, onderscheiden:

- Diadrome soorten (CA): gebruiken het estuarium als trekroute tussen paai- en opgroeigebied, waarbij een deel het estuarium ook gebruikt als foerageer- en leefgebied. Diadromen worden verder opgesplitst in anadrome soorten die vanuit zee stroomopwaarts naar hun zoete paaigebieden trekken, en katadrome soorten die in zoutwater paaien en het zoete water binnentrekken om op te groeien (voorbeeld is de aal). De beperkte connectiviteit van de Grevelingen met aangrenzende waterlichamen (door de Brouwerssluis enerzijds en de Flakkeese Spuisluis anderzijds) heeft veel knelpunten voor deze soorten tot gevolg;



- Estuarien residente soorten (ER): Deze soorten kunnen hun gehele leven in het estuarium verblijven en zijn daardoor gevoelig voor het verdwijnen van specifieke habitats (bijvoorbeeld het dikkopje). Soorten behorende bij dit gilde bevinden zich jaarrond in de Grevelingen;



- Mariene juvenielen (MJ): zoutwatersoorten waarvoor het estuarium als opgroeigebied (kinderkamer) functioneert, zoals haring (hier volgend), schol en tong, kabeljauw;



- Mariene seizoensgasten (MS): het estuarium wordt door deze zoutwatersoorten in een vast seizoen bezocht. De aanwezigheid in het estuarium is vaak van korte duur en afhankelijk van gunstige abiotische omstandigheden (voorbeeld is de ansjovis);





- Mariene dwaalgasten (MA): zoutwatersoort zonder speciale behoefte aan een estuarium, bezoekt onregelmatig (bijvoorbeeld de horsmakreel);



- Zoetwatersoorten (FW): zijn niet afhankelijk van een estuarium. Bevinden zich voornamelijk in de zoetwatergetijdenzone en afhankelijk van hun zouttolerantie soms ook in (zwak) brakke zones (voorbeeld is de zwartbekgrondel). Voor de Grevelingen betreffen dit alleen soorten die uitgespoeld zijn.





Tabel IV.1: Indeling van visgilden op basis van hun voedselkeuze en foeragegedrag. Bron: Elliott et al. 2007.

Examples		Subtropical/tropical	
Category	Definition	Cool/warm temperate	Subtropical/tropical
Zooplanktivore (ZP)	Feeding predominantly on zooplankton (e.g. hydroids, planktonic crustaceans, fish eggs/larvae)	European sprat (<i>Sprattus sprattus</i> , Clupeidae), Australian anchovy (<i>Engraulis australis</i> , Engraulidae), Gilchrist's round herring (<i>Gilchristella aestuaria</i> , Clupeidae)	Toil shad (<i>Tenualosa toli</i> , Clupeidae), Orangemouth glassnose (<i>Thryssa vitreocaris</i> , Engraulidae), Kelee shad (<i>Hilsa kelee</i> , Clupeidae)
Detritivore (DV)	Feeding predominantly on detritus and/or microphytobenthos	White mullet (<i>Mugil curema</i> , Mugilidae), South African mullet (<i>Liza richardsoni</i> , Mugilidae)	Fathead mullet (<i>Mugil cephalus</i> , Mugilidae), Mozambique tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i> , Cichlidae)
Herbivore (HV): herbivore-phytoplankton (HV-P), herbivore-macroalgae/macrophytes (HV-M)	Grazing predominantly on living macroalgal and macrophyte material or phytoplankton	Southern sea garfish (<i>Hyporhamphus melanochir</i> , Hemiramphidae)	Redbreast tilapia (<i>Tilapia rendalli</i> , Cichlidae)
Omnivore (OV)	Feeding predominantly on filamentous algae, macrophytes, periphyton, epifauna and infauna	White seabream (<i>Diplodus sargus</i> , Sparidae), Cape stumpnose (<i>Rhabdosargus holubi</i> , Sparidae), Cape halfbeak (<i>Hyporhamphus capensis</i> , Hemiramphidae)	Milkfish (<i>Chanos chanos</i> , Chanidae), Northern snubnose garfish (<i>Arrhamphus sclerolepis</i> , Hemiramphidae), Vermiculated spinefoot (<i>Siganus vermiculatus</i> , Siganidae)
Piscivore (PV)	Feeding predominantly on finfish but may include large nektonic invertebrates	Japanese meagre (<i>Argyrosomus japonicus</i> , Sclaeidae), Leafish (<i>Lichia amia</i> , Carangidae), Bluefish (<i>Pomatomus saltatrix</i> , Pomatomidae)	Pickhandle barracuda (<i>Sphyrasma jello</i> , Sphyracnidae), Bigeye trevally (<i>Caranx sexfasciatus</i> , Carangidae), Talang queenfish (<i>Scomberoides commersonianus</i> , Scombridae)
Zoobenthivore (ZB): zoobenthivore-hyperbenthos (ZB-H), zoobenthivore-epifauna (ZB-E), zoobenthivore-infauna (ZB-I)	Feeding predominantly on invertebrates associated with the substratum, including animals that live just above the sediment (hyperbenthos), on the sediment (epifauna) or in the sediment (infauna)	European plaice (<i>Pleuronectes platessa</i> , Pleuronectidae), Cobbler (<i>Cnidogobius macrocephalus</i> , Plotosidae), Spotted sillago (<i>Sillaginodes punctata</i> , Sillaginidae), Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i> , Gadidae), Yank flathead (<i>Platycephalus speculator</i> , Platycephalidae)	Surf bream (<i>Acanthopagrus australis</i> , Sparidae), Smallspotted grunter (<i>Pomadourus commersonii</i> , Haemulidae), Javelin grunter (<i>Pomadourus ocellatus</i> , Haemulidae), Red Drum (<i>Sciaenops ocellatus</i> , Sciaenidae), Bay anchovy (<i>Anchoa mitchilli</i> , Engraulidae)
Miscellaneous/opportunistic (OP)	Feeding on such a diverse range of food that it cannot be readily assigned to one of the above specialized FMFG	Flounder (<i>Platichthys flesus</i> , Pleuronectidae), Southern black bream (<i>Acanthopagrus butcheri</i> , Sparidae), Yellowtail trumpeter (<i>Ammiataba caudavittata</i> , Terapontidae)	Sheepshead minnow (<i>Cyprinodon variegatus</i> , Cyprinodontidae), Silver croaker (<i>Bairdiella chrysoura</i> , Sciaenidae), Jarbua terapon (<i>Terapon jarbua</i> , Terapontidae)



Tabel IV.2: Indeling van visgilden op basis van hun reproductiestrategie (viviparie (levendbarend), oviparie (eierlegend) of de overlappende vorm ovoviviparie (eierlevendbarend)). Bron: Elliott et al. 2007.

Term	Subterm	Definition	Examples	Subtropical/tropical
Viviparous (V)		Species in which the female produces live progeny	Viviparous blenny (<i>Zoarces viviparus</i> , Zoarcidae), Super kiplish (<i>Clinus superciliosus</i> , Clinidae)	Mosquitofish (<i>Gambusia affinis</i> , Poeciliidae), Bull shark (<i>Carcharhinus leucas</i> , Carcharhinidae)
Ovoviviparous (W)		Species producing an egg case in which the young develop	Piked dogfish (<i>Squalus acanthias</i> , Squalidae)	Common eagle ray (<i>Myliobatis Aquila</i> , Myliobatidae)
Oviparous (O)	Op	Producing eggs that are liberated into the surrounding waters. The species in this group can be subdivided into the following five categories	Flounder (<i>Platichthys flesus</i> , Pleuronectidae), White mullet (<i>Mugil curema</i> , Mugilidae), Bluefish (<i>Pomatomus saltatrix</i> , Pomatomidae)	Flathead mullet (<i>Mugil cephalus</i> , Mugilidae), Hilsa shad (<i>Terualosa ilisha</i> , Clupeidae), Goldfined seabream (<i>Rhabdosargus sarba</i> , Sparidae)
	Ob	Species that produce eggs which settle on the substratum	European smelt (<i>Osmerus eperlanus</i> , Osmeridae), American shad (<i>Alosa sapidissima</i> , Clupeidae)	Australian river gizzard shad (<i>Nematalosa erebi</i> , Clupeidae), Tropical silverside (<i>Atherinomorus duodecimalis</i> , Atherinidae)
	Ov	Species that produce adhesive eggs that become attached to substrata and/or vegetation	Striped seasnail (<i>Liparis liparis</i> , Liparidae), Inland silverside (<i>Menidia beryllina</i> , Atherinopsidae), Krynina sandgoby (<i>Psammodobius krynaensis</i> , Gobiidae)	Burrowing goby (<i>Crotila mossambica</i> , Gobiidae), Cape silverside (<i>Atherina breviceps</i> , Atherinidae), Topsmelt silverside (<i>Atherinops affinis</i> , Atherinopsidae)
	Og	Species in which one or the other parent guards their eggs externally, e.g. in a nest	Common goby (<i>Pomatoschistus microps</i> , Gobiidae), Three-spined Stickleback (<i>Gasterosteus aculeatus</i> , Gasterosteidae)	Mozambique tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i> , Cichlidae), Barred mudskipper (<i>Periophthalmus argentilineatus</i> , Gobiidae)
	Os	Species that shed their eggs and then protect them for a period in a part of their body, e.g. brood pouch or mouth, where they develop into a post-larva or juvenile and then released into the surrounding waters	Nilsson's pipefish (<i>Syngnathus rostellatus</i> , Syngnathidae), Hardhead sea catfish (<i>Ariopsis felis</i> , Ariidae), White baggar (<i>Galeichthys feliceps</i> , Ariidae)	Belly pipefish (<i>Hippichthys heplogonus</i> , Syngnathidae), Bellybarred pipefish (<i>Hippichthys spiofer</i> , Syngnathidae), Blue-spotted pipefish (<i>Hippichthys cynospilus</i> , Syngnathidae)



Bureau Waardenburg bv

Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Varkensmarkt 9, 4101 CK Culemborg

Telefoon 0345-512710

E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl