



Cumulatieve Impact Analyse Waddenzee

Een cumulatieve impact analyse van de Nederlandse Waddenzee via de SCAIRM-methodiek

Hoofdrapport

Auteur(s): Gerjan Piet, Lukas Golterman, Ruud Jongbloed, Pepijn de Vries, Jan Tjalling van der Wal en van Walraven

Wageningen Marine
Rapport: C079/25a

Cumulatieve Impact Analyse Waddenzee

Een cumulatieve impact analyse van de Nederlandse Waddenzee via de SCAIRM-methodiek

Hoofdrapport

Auteur(s): Gerjan Piet, Lukas Golterman, Ruud Jongbloed, Pepijn de Vries, Jan Tjalling van der Wal en Lodewijk van Walraven

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema Duurzame rivieren, meren en intergetijdengebieden (projectnummer BO-43-222-005)

Wageningen Marine Research
Den Helder, december 2025

Wageningen Marine Research rapport: C079/25a

Gerjan Piet, Lukas Golterman, 2025. *Cumulatieve Impact Analyse Waddenzee*; Een cumulatieve impact analyse van de Nederlandse Waddenzee via de SCAIRM-methodiek. Wageningen Marine Research rapport C079/25a; 76 blz.

Keywords: Cumulatieve Impact Analyse, Ecosysteem-gericht Beheer, risicobeoordeling, Waddenzee.

Opdrachtgever: Ministerie van LNV
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/705358>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

NOTITIE: Dit rapport omschrijft de methodiek van de cumulatieve impact analyse van de Waddenzee. Ook wordt een eerste volledige analyse gepubliceerd. Deze analyse is een momentopname. Geüpdatete versies kunnen dienen als toevoeging aan deze rapportage.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

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

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8065.11.618.B01.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V36 (2025)

Inhoud

| | |
|---|-----------|
| Samenvatting | 5 |
| Afkortingen | 8 |
| 1 Inleiding | 9 |
| 1.1 Aanleiding | 9 |
| 1.2 Opdracht | 10 |
| 1.3 Procesontwikkeling | 10 |
| 1.3.1 Fase 1 | 10 |
| 1.3.2 Fase 2 | 10 |
| 1.3.3 Fase 3 | 10 |
| 1.4 Toekomst | 10 |
| 2 Aanpak | 11 |
| 2.1 Over cumulatieve impact analyses | 11 |
| 2.2 SCAIRM | 12 |
| 2.2.1 Blootstelling | 13 |
| 2.2.2 Effect | 14 |
| 2.2.3 Impact Risico | 16 |
| 2.2.4 Aannames en beperkingen | 17 |
| 2.3 Ontwikkeling raamwerk | 17 |
| 2.4 Studiegebied | 18 |
| 2.5 Toepassing ruimtelijke data | 18 |
| 2.5.1 Inventarisering | 19 |
| 2.5.2 Technische toepassing activiteiten | 19 |
| 2.5.3 Ecotopenkaart | 19 |
| 2.6 Aanzet tot oplossingsrichtingen | 20 |
| 3 Waddenzee raamwerk | 21 |
| 3.1 Sectoren en activiteiten | 21 |
| 3.2 Drukfactoren | 24 |
| 3.3 Ecosysteemcomponenten | 25 |
| 3.4 Kwalitatief raamwerk | 25 |
| 4 Parameterisering | 27 |
| 4.1 Inventarisatie databeschikbaarheid | 27 |
| 4.2 Toepassing | 27 |
| 4.2.1 Activiteiten | 27 |
| 4.2.2 Ecosysteemcomponenten | 30 |
| 5 Resultaten van de Cumulatieve Impact Analyse | 31 |
| 5.1 Algemeen | 31 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.2 | Sectoren | 31 |
| 5.2.1 | Uitsplitsing sectoren | 33 |
| 5.3 | Drukfactoren | 34 |
| 5.4 | Ruimtelijke analyses | 37 |
| 5.5 | Sankey diagram | 40 |
| 6 | Oplossingsrichtingen | 41 |
| 6.1 | Selectie van oplossingsrichtingen | 41 |
| 6.1.1 | Selectie van sectoren en drukfactoren | 41 |
| 6.1.2 | Relevante karakteristieken van drukfactoren | 42 |
| 6.1.3 | Toekomstige ontwikkelingen | 43 |
| 6.2 | Toepassing in SCAIRM | 44 |
| 7 | Discussie | 46 |
| 7.1 | Methodiek en parameterisering | 46 |
| 7.1.1 | Verbetering resultaten middels parameterisatie | 46 |
| 7.1.2 | Interpretatie resultaten | 47 |
| 7.1.3 | Over resultaten van visserij | 48 |
| 7.1.4 | Beheer van activiteiten met een reikwijdte van 0% | 49 |
| 7.2 | Discussie resultaten | 50 |
| 7.2.1 | Vergelijking met de Ecologische evaluatie Natura 2000-beheerplannen | 50 |
| 7.2.2 | Vergelijking met het Waddenhuisberaad | 57 |
| 7.2.3 | Vergelijking met de VHR-rapportages | 57 |
| 7.3 | Oplossingsrichtingen | 58 |
| 7.3.1 | Inzet CIA voor identificatie oplossingsrichtingen | 58 |
| 7.3.2 | Effectiviteit van oplossingsrichtingen | 58 |
| 8 | Kwaliteitsborging | 60 |
| | Literatuur | 61 |
| | Verantwoording | 64 |
| | Bijlage 1: Niet-gebruikte activiteiten uit fase 1 | 65 |
| | Bijlage 2: Berekening Impact Risico | 66 |
| | Bijlage 3: Figuren uit hoofdstuk 7.1.1 | 68 |
| | Bijlage 4: Uitsplitsingen sectoren per ecosysteemcomponent | 71 |

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling en toepassing van een cumulatieve impact analyse van de Nederlandse Waddenzee. Omdat het niet goed genoeg gaat met de natuur van de Waddenzee, is naar aanleiding van een kamerbrief (DGNV / 22540771) het idee uitgebracht dat er meer nodig is naast de bestaande sporen (DGNV / 22540771) en dat er een Beleidskader Natuur Waddenzee ontwikkeld moet worden, met onder andere een cumulatieve impact analyse. Deze moet de (cumulatieve) impact van alle menselijke activiteiten op de Waddenzee in kunnen schatten teneinde middels integraal beheer de effectiviteit van maatregelen te verhogen en uiteindelijk het doelbereik van een veerkrachtig Waddengebied, te realiseren.

Dit rapport is in feite een cumulatieve impactbeoordeling of CIA (Cumulative Impact Analyse/Assessment) van alle vormen van menselijk gebruik die reeds in vele Europese wateren, waaronder de Noordzee, ingezet wordt in het kader van een ecosysteembenadering of ecosysteem-gericht beheer zoals ook wordt aanbevolen door de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). De Waddenzee CIA is daarom ontwikkeld op basis van een bestaande Noordzee CIA die vervolgens aangepast en uitgebreid is specifiek voor de Waddenzee. De specifieke methodiek voor deze CIA is SCAIRM (Spatial Cumulative Assessment of Impact Risico for Management, Piet et al., 2023) welke in internationaal kader is ontwikkeld en geborgd, middels peer-reviewed publicaties. De methode is in feite een risicobeoordeling gebaseerd op zogenaamde effectketens die de relevante menselijke activiteiten, de daaruit voortkomende drukfactoren en hun impact op de verschillende componenten van het ecosysteem, verbinden.

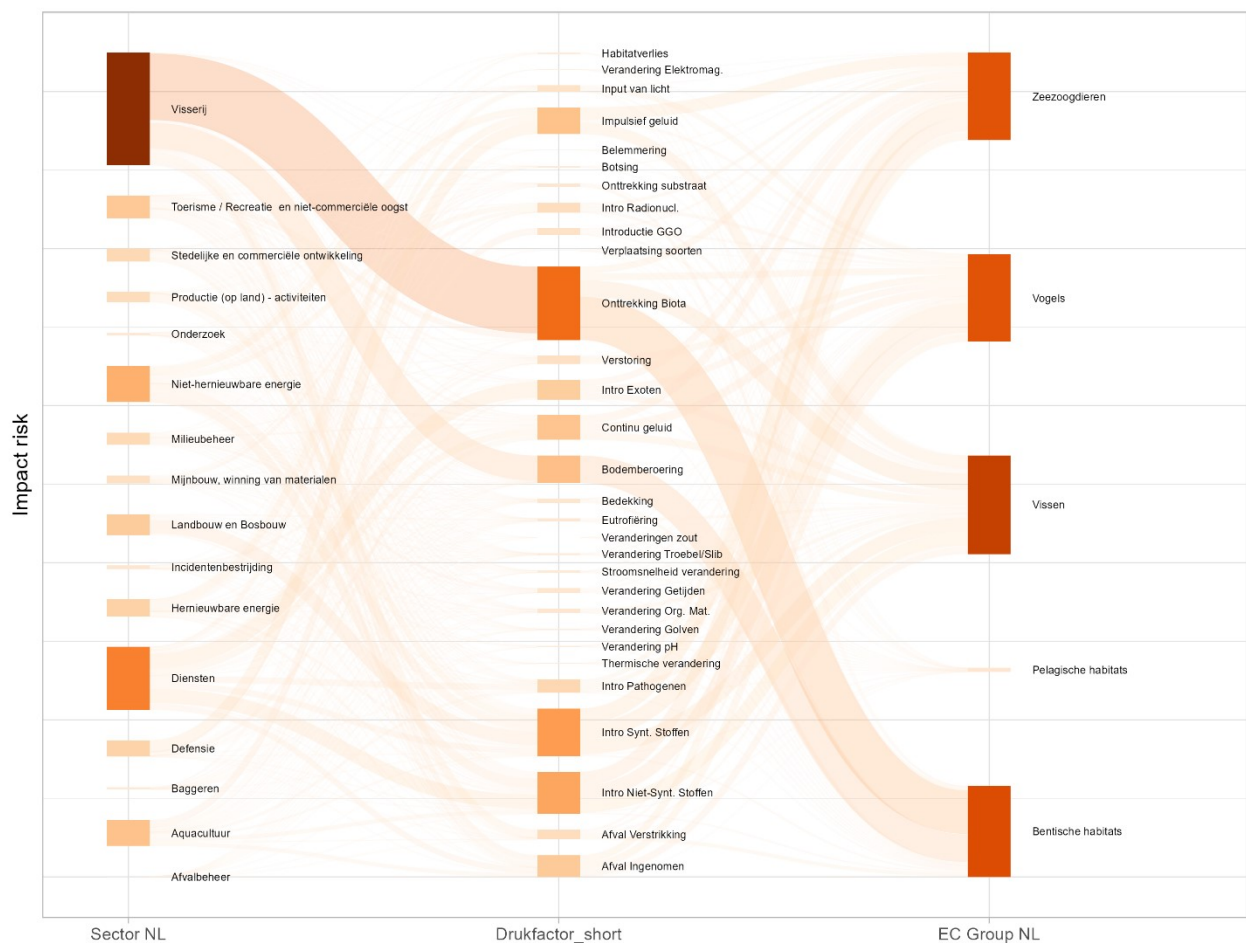
De ontwikkeling van deze Waddenzee CIA is in dit project in drie fases uitgevoerd, maar in deze rapportage wordt alleen het eindproduct van de laatste fase gepresenteerd, waarmee tussentijdse analyses uit de eerste twee fases in conceptversie als achterhaald kunnen worden beschouwd. De verdere ontwikkeling zal ook stapsgewijs zijn waarbij op basis van de laatste analyses telkens nieuwe en betere informatie kan worden toegevoegd en/of ontwikkeld afhankelijk van beschikbaarheid van data en de behoefte vanuit beleid.

SCAIRM is een risicobeoordeling waarbij de mate van bedreiging (Impact Risico, IR, genoemd in Piet et al., 2023) van menselijke activiteiten (als onderdeel van menselijke sectoren) op ecosysteemcomponenten wordt bepaald, uitgedrukt als de potentiële verandering in biomassa of abundantie ten opzichte van een onverstoorde toestand. Hiervoor worden de volgende twee aspecten van de risicobeoordeling verder uitgewerkt:

1. De kans op een risico. Deze wordt in feite bepaald door de blootstelling van een receptor (ecosysteemcomponent) aan een stressor (drukfactor resulterend van activiteiten).
2. De consequentie van de blootstelling van de receptor aan de stressor. Deze wordt bepaald door de gevoeligheid van de receptor voor een stressor.

De parameterisatie van deze aspecten in SCAIRM wordt bij voorkeur op kwantitatieve data gebaseerd. Als deze niet beschikbaar zijn, zoals meestal (nog) het geval is, worden semi-kwantitatieve scores middels geformaliseerd expert-judgement geschat op basis van bepaalde parameters (reikwijdte, dispersie, gevaar, magnitude, gedrag, frequentie en herstelduur). Het Waddenzee raamwerk is het totaal van alle effectketens die ontstaan wanneer de zestien sectoren, verder opgesplitst in 119 activiteiten, middels dertig drukfactoren worden verbonden met vijf ecosysteemcomponenten: vogels, vissen, zeezoogdieren, bodemdieren en plankton. Dit brengt het totaal aantal effectketens van het raamwerk op 5389. Omdat het risico van iedere effectketen dan weer geschat wordt op basis van de 7 parameters betekent dit dat er 37723 parameters geparameteriseerd moeten worden. Een deel daarvan is voldoende generiek zodat het kon worden overgenomen van de Noordzee. Toch kunnen effectketens in de Waddenzee vanwege haar grootte en andere dynamiek anders werken, en zijn de parameters daarop aangepast. Ook de ruimtelijke verspreiding van activiteiten en ecosysteemcomponenten is uiteraard specifiek voor de Waddenzee. De ruimtelijke verspreiding is voor deze rapportage zo goed mogelijk ingevuld met beschikbare ruimtelijke informatie. Die was beschikbaar voor 21 van de 119 activiteiten en de bodemdieren als ecosysteemcomponent waarvoor ecotopen (Baptist et al., 2019) als beste proxy zijn gebruikt. Vanwege de grove indeling van de overige ecosysteemcomponenten is voorlopig een gelijkmatige verdeling over de gehele Waddenzee aangenomen.

De Waddenzee CIA geeft allereerst een inschatting van de cumulatieve impact van alle menselijke activiteiten en hun drukfactoren op de verschillende ecosysteemcomponenten. De uitkomsten van de CIA geven een Impact Risico dat varieert van 0,03 voor plankton tot 0,63 voor vissen. Ter verduidelijking van wat deze waardes betekenen geldt dat voor de vissen de cumulatieve impact een potentiële afname van 63% in abundantie ten opzichte van een onverstoorde situatie veroorzaakt. Verdere analyse laat zien dat vissen het meest te lijden hebben van de sectoren diensten (18% bijdrage aan Impact Risico), visserij (18%) en niet-hernieuwbare energie (12%). Voor bodemdieren is dat met name visserij (78%). Vogels en zeezoogdieren hebben allebei vooral te leiden van de sectoren diensten (respectievelijk 27% en 22%), visserij (beide 14%) en niet-hernieuwbare energie (respectievelijk 12% en 14%). Ruimtelijke analyses laten zien dat die cumulatieve druk niet gelijkmatig verdeeld is en daarmee variëren ook de relatieve bijdragen van specifieke activiteiten en hun drukfactoren. Dit is van belang i.g.v. ruimtelijke ordening en de inzet van gesloten gebieden. Onderstaand Sankey diagram laat zien hoe het Impact Risico van de sectoren (waarin voor de presentatie de activiteiten geaggregeerd zijn) middels de drukfactoren terechtkomt bij de ecosysteemcomponenten en geeft daarmee een integraal overzicht van de informatie die de basis is de Waddenzee CIA.



Samenvattend figuur Waddenzee CIA. De dikte van de lijnen geeft het aandeel Impact Risico weer.

De opzet van deze CIA waarbij de relatieve bijdrage van menselijke activiteiten en hun drukfactoren aan de cumulatieve impact op de verschillende componenten van het Waddenzee ecosysteem geschat wordt, leent zich bij uitstek om de gevolgen van de planning van beleid en beheer door te rekenen en te vergelijken. Ook kan worden aangegeven welke risicovolle effectketens potentie hebben om verder onderzocht te worden als de effectstudies over die ketens gebrekkig zijn aan informatie. Dit wordt in de rapportage geïllustreerd met enkele voorbeelden.

Het belangrijkste van deze voorbeelden is dat ze illustratief zijn van hoe een CIA ingezet kan worden om richting te geven aan integraal ecosysteem-gericht beheer middels de identificatie van oplossingsrichtingen. Waar de voorgestelde oplossingsrichtingen/scenario's nog als karikaturen van reëel beheer beschouwd kunnen worden, is de essentie dat in principe iedere configuratie van maatregelen geëvalueerd kan worden met de

CIA. Dit biedt beleidsmakers en beheerders een handelingsperspectief om wetenschappelijk onderbouwde strategische keuzes te maken voor effectiever integraal beheer. Belangrijk hierbij is de realisatie dat een cumulatieve impact analyse alleen richting kan geven voor wat betreft de menselijke activiteiten die (meer) gereguleerd moeten worden. Ook kan een CIA een suggestie doen voor het type maatregelen dat het beste ingezet kan worden. Een CIA kan echter geen uitspraak doen of het doelbereik hiermee gerealiseerd zal worden en zal daarom altijd ingezet moeten worden als onderdeel van adaptief beheer waarbij het Impact Risico met iedere cyclus verder gereduceerd moet worden zolang het doelbereik niet behaald is.

Afkortingen

Tabel *Afkortingen*

| Afkorting | Betekenis |
|------------------|---|
| AIS | Automatic Identification System |
| CIA | Cumulatieve Impact Assessment/Analyse |
| GMT | Goede Milieu Toestand |
| HR | Habitatrichtlijn |
| IR | Impact Risico als indicator van de mate van bedreiging |
| KRM | Kaderrichtlijn Mariene Strategie |
| KRW | Kaderrichtlijn Water |
| MinLVVN | Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur |
| MSFD | Marine Strategy Framework Directive |
| PAWOZ | Programma Aanpak Wind Op Zee |
| RWS | Rijkswaterstaat |
| SCAIRM | Spatial Cumulative Assessment of Impact Risk for Management |
| VR | Vogelrichtlijn |
| VHR | Vogel- en Habitatrichtlijn |
| WMR | Wageningen Marine Research |

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Een rijke, gezonde en diverse Waddenzee heeft veel potentieel voor zowel natuurlijke als maatschappelijke waarden (Lotze, 2005). Mensen hebben altijd al invloed gehad op de Waddenzee en de Waddenzee flora en fauna verandert daardoor continu (Lotze, 2005). De Nederlandse Waddenzee is nu een beschermd natuurgebied. Het gebied valt onder Natura 2000, waarbij het grotendeels Vogel- en Habitatrichtlijn (VHR) gebied is, met uitzondering van een klein stuk van het Eems estuarium, wat enkel Vogelrichtlijn (VR) gebied is. Daarnaast is de Waddenzee een Kaderrichtlijn Water (KRW) type K2, met doelen om in 2027 een goede toestand van elk KRW-oordeel te behalen. De internationale (Nederland, Duitsland en Denemarken) Waddenzee is tevens een Unesco site van Outstanding Universal Value (CWSS, 2014). Naast deze bepalingen zijn er nog andere Europese en internationaalrechtelijke statussen die het belang van de Waddenzee voor de natuur duiden en op een manier proberen te beschermen (Bastmeijer et al., 2023).

De Waddenzee is het grootste samenhangende getijdengebied ter wereld (Reise et al., 2010). Jaarlijks bezoeken 10-12 miljoen vogels de Waddenzee om te rusten en te foerageren tijdens de trek. Het voedselaanbod voor deze vogels is tien tot twintig keer hoger dan in de omliggende diepe wateren. In de Waddenzee bestaat een variëteit aan habitats voor verschillende visgemeenschappen (Lotze, 2005). Ongeveer 1250 soorten zoobenthos komen voor (Dankers et al., 1981), waar het getijdengebied wordt gedomineerd door mosselen en borstelwormen (Dankers et al., 1981). Een prominente eigenschap zijn de hoeveelheid wadplaten van zacht sediment, gecombineerd met een variatie van driedimensionale structuren van habitatvormende soorten als oesterbanken, riffen van *Sabellaria spinulosa*, velden van zeecypres, mosselbanken en zeegrasvelden (Lotze, 2005). Het gebied heeft daarnaast een filterende functie door de aanwezigheid van banken van tweekleppigen, gravende wadpieren en vegetatie. In totaal leven er zo'n 10.000 soorten planten, schimmels en dieren in de Waddenzee (Reise et al., 2010).

Omdat geoordeeld is dat het niet goed genoeg gaat met de natuur van de Waddenzee, en er meer nodig is boven op de bestaande wetgeving (omschreven in kamerbrief DGNV / 22540771 van 20 december 2022) zal de Nederlandse overheid met een (nieuw) beleidskader natuur maatregelen gaan nemen, die de impact van het medegebruik op de natuur doet verminderen zodanig "dat de Waddenzee zich kan ontwikkelen tot een robuust en veerkrachtig ecosysteem dat tegen een stootje kan". Om de effectiviteit van die maatregelen m.b.t. het doelbereik te kunnen volgen wordt binnen het Beleidskader Natuur Waddenzee aan een tweetal bouwstenen gewerkt:

- de huidige staat van de natuur in de Waddenzee is eenduidig en navolgbaar in kaart gebracht (Philippart et al., 2025)
- een methode om de (cumulatieve) impact van alle menselijke activiteiten op de Waddenzee in te kunnen schatten (huidig rapport)

De bovengenoemde kamerbrief (DGNV / 22540771) benoemt de cumulatie van effecten als drukgever op de natuur: "Elk afzonderlijk gebruik van de Waddenzee heeft op zichzelf veelal een relatief beperkte impact op het ecosysteem. Dat blijkt onder meer uit de praktijk van monitoring en vergunningverlening. Aangezien het niet goed gaat met de natuur in de Waddenzee en herstel uitblijft zijn er sterke aanwijzingen dat juist de optelsom van die impact van het afzonderlijk gebruik, oftewel de cumulatie van effecten, druk legt op de draagkracht van de natuur. Dit maakt het van belang om tot een integrale aanpak te komen die de druk op de natuur in zijn geheel vermindert." Vanuit het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (MinLNVN) is dan ook de vraag aan WMR gesteld om deze cumulatieve effecten in kaart te brengen.

1.2 Opdracht

De opdracht voor de huidige studie beoogt om alle vormen van menselijke activiteiten, die middels kennis van de verschillende mechanismen (drukfactoren) een potentiële impact kunnen hebben op de staat van de natuur van de Waddenzee (de ecosysteemcomponenten), in beeld te brengen in een cumulatieve impact analyse (CIA). Dit teneinde handelingsperspectief en oplossingsrichtingen te bieden voor beleid en beheer van de Waddenzee om de staat van de natuur te verbeteren en streefbeelden te realiseren.

1.3 Procesontwikkeling

De opdracht voor de cumulatieve impact analyse is opgedeeld in fases. Het voorliggende rapport bevat alle relevante delen uit de verschillende fases. Toch worden de fases hier afzonderlijk besproken om een overzicht te geven hoe het project is verlopen en het uiteindelijke rapport tot stand is gekomen.

1.3.1 Fase 1

In fase 1 is een eerste versie van de Waddenzee CIA ontwikkeld op basis van de Noordzee systematiek maar dan aangepast/uitgebreid specifiek voor de Waddenzee. Dit omvat een kwalitatief raamwerk van alle relevante activiteiten, drukfactoren en ecosysteemcomponenten (voor nu soortgroepen en habitats) in de Nederlandse Waddenzee en hoe die middels zogenaamde effectketens met elkaar verbonden zijn. Een eerste kwalitatieve risicobeoordeling op basis van expert-judgement is ontwikkeld. Een conceptrapportage is door het MinLVVN ontvangen medio 2024.

1.3.2 Fase 2

In fase 2 is een inventarisatie gedaan van databeschikbaarheid om de risicobeoordeling gebaseerd op de effectketens in dat raamwerk te verbeteren. Dit behelst met name de ruimtelijke data van zowel de activiteiten als de soortgroepen en habitats in het studiegebied (de Nederlandse Waddenzee) maar ook andere relevante informatie. Een conceptrapportage is door het MinLVVN ontvangen december 2024.

1.3.3 Fase 3

Met fase 3 is het proces afgerond om tot een eerste complete versie van de Waddenzee CIA te komen. Zo veel mogelijk direct beschikbare en bruikbare ruimtelijke informatie, die relevant wordt geacht is hierin meegenomen. Tevens is in deze fase samen met de Waddenacademie gewerkt aan oplossingsrichtingen, waarbij de CIA is ingezet om richting aan beleid en beheer te geven. Hierbij is de CIA als instrument gebruikt voor het ontwerpen van beheerscenario's waardoor er nu een overzicht is wat een dergelijk instrument vermag om richting te geven aan beheer als ook waar de belangrijkste kennislacunes zijn. Dit rapport is daarmee een momentopname van wat nu beschouwd kan worden als de eerste complete versie van de cumulatieve impact analyse Waddenzee en de basis voor een verder verbetertraject. De oplossingsrichtingen worden verder behandeld door de Waddenacademie en worden in een Waddenacademierapportage gepubliceerd.

1.4 Toekomst

Deze rapportage is in feite eerste uitwerking van een cumulatieve impact analyse van menselijk gebruik in de Waddenzee die met de best beschikbare informatie een ijkpunt geeft waartegen de effecten en dus extra risico's van verdere ingrepen (uit beleid en/of beheer) kunnen worden afgezet. Dit is derhalve altijd een momentopname. Naarmate op de Waddenzee zich ontwikkelingen voordoen, bijvoorbeeld onder invloed van klimaat of ten gevolge van veranderingen in menselijk gebruik, moet de kennisbasis van de Waddenzee CIA weer geactualiseerd worden. Verder moeten de lacunes in de kennisbasis gevuld worden, hetzij door deskstudies/literatuur onderzoek, hetzij door experimenten/monitoring. Dat zou dan weer resulteren in een volgende versie van Waddenzee CIA en daarmee een nieuw ijkpunt.

2 Aanpak

2.1 Over cumulatieve impact analyses

Menselijk handelen kan een verandering teweegbrengen, oftewel impact hebben, op natuurwaarden en daarmee op gestelde natuurdoelen. Vaak zijn meerdere menselijke activiteiten van invloed op dezelfde natuurwaarden. Zo kunnen bodemdiergemeenschappen beïnvloed worden door bodemberoerende activiteiten, welke zowel door bijvoorbeeld baggerwerkzaamheden als visserij veroorzaakt kunnen worden. Het is essentieel om natuurbescherming vanuit een integraal perspectief te benaderen. Het huidige vooral sectorale beleid en beheer is onvoldoende in staat gebleken onderdelen van de natuur adequaat te beschermen (Staat van de Waddenzee) en daarom wordt nu ingezet op integraal en meer ecosysteem-gericht beheer. De verschillende vormen van menselijk gebruik kunnen niet meer uitsluitend in isolatie beoordeeld worden en cumulatie van door mens veroorzaakte drukfactoren en hun impacts staat nu centraal. Vanuit dat perspectief is daarom een grote behoefte om meer inzicht te krijgen in de relatieve bijdrages van de verschillende menselijke activiteiten aan die cumulatieve impacts. Hiermee kan ingeschat worden welke maatregelen mogelijk de grootste winst opleveren. Een Cumulatieve Impact Analyse stelt daarmee de beleidsmaker en de beheerder in staat om maatregelen doelgerichter te treffen, vanuit een meer strategische afweging op basis van wetenschappelijke kennis. De aanname is dat dit moet leiden tot meer effectief beleid en vervolgens beheer.

Voor dit rapport is ervoor gekozen om de van origine Engelse term Cumulative Impact Assessment (of Analyse) (CIA) te hanteren in plaats van Cumulative Effect Assessment (CEA) wat zich vertaalt naar de Nederlandse cumulatieve effecten beoordeling. Dit om duidelijk te maken dat het hier in feite om een potentiële meetbare verandering (=impact) van natuurwaarde gaat in plaats van een mogelijke consequentie (=effect) op die natuurwaarde. Ter illustratie: een activiteit kan het reproductievermogen van een soort veranderen, maar het effect op het reproductievermogen wordt pas relevant als zich dat vertaalt in een lagere abundantie.

Vaak is het lastig, of zelfs ondoenlijk, om in te schatten welk effect een activiteit heeft, in combinatie/samenwerking met andere activiteiten, terwijl dit wel van belang is voor het behalen van natuurdoelstellingen en wordt gevraagd bij het uitvoeren van bijvoorbeeld Passende Beoordelingen. Een manier om een richting hieraan te geven is een CIA.

De CIA is een risicobeoordeling en is zoals iedere risicobeoordeling opgebouwd uit twee aspecten:

- Kans: Hoe waarschijnlijk is het dat een ecosysteemcomponent blootgesteld wordt aan een specifieke drukfactor als gevolg van menselijk handelen.
- Consequentie: Wat is de ernst van het effect van die blootstelling.

Dit betekent dat de CIA zoals toegepast in dit rapport een inschatting maakt van de *mogelijke* impact (Piet et al., 2021) op het Waddenzee ecosysteem. Een risicobeoordeling voorspelt dus niet wat de daadwerkelijke toestand van het ecosysteem zal zijn. Daarvoor dienen bestaande monitoringsprogramma's, indicatoren, effectstudies en een toestand beoordeling (zoals de recente Staat van de Waddenzee). Zolang op grond daarvan blijkt dat de toestand van de Waddenzee niet voldoet aan haar doelen moet de CIA richting geven aan beleid en beheer.

Een CIA moet dus richting geven aan beleid en beheer door aan te geven welke activiteiten waarschijnlijk het meeste bijdragen aan de slechte staat van de natuur en derhalve als eerste in aanmerking zouden moeten komen voor aanvullende maatregelen. Het is dus een middel dat handelingsperspectief biedt voor de beheerder. Dus *WAT* komt in aanmerking voor aanvullende maatregelen, met mogelijk een eerste evaluatie van het *HOE* en/of *HOEVEEL*. Voor de verdere specificering van de aanvullende maatregelen als ook de verdere doorvertaling naar het al dan niet behalen van de doelstellingen, voortvloeiend uit een beleidskader of wetgeving moeten andere veelal sectorspecifieke modellen/instrumenten (bijvoorbeeld zoals beschikbaar voor sommige vormen van visserij) ingezet worden. De CIA-methodiek kan derhalve niet op voorhand aangeven of de beleidsmaatregelen voldoende zijn om deze doelstellingen te behalen maar kan wel op een onderbouwde manier richting geven aan de besluitvorming. Door inzet van deze CIA als onderdeel van adaptief beheer kan daarmee wel de zekerheid gegeven worden dat in principe di doelstelling uiteindelijk op een zo effectief

mogelijke manier behaald kunnen worden. Dit kan door in iedere cyclus van dit adaptieve beheer richting te geven aan geleidelijk steeds stringenter beleid zolang doelstellingen niet behaald zijn. Ook laat het zien dat druk veroorzaakt kan worden door meerdere, relatief onbekende activiteiten, in plaats van de voor de hand liggende sectoren waar veel informatie over bekend is, wat een prikkel geeft om deze informatie te verzamelen.

Zo zal ook voor de beslissing over het *HOE* en *HOEVEEL* van de aanvullende maatregelen gericht op een bepaalde activiteit of drukfactor gebruik gemaakt moeten worden van specifieke kennis en modellen die beter geschikt zijn voor het beantwoorden van die vragen. De metafoor hiervoor is die van de huisarts (welke symptomen zie ik en wat zijn de meest waarschijnlijke oorzaken) die voor verdere behandeling doorverwijst naar de medisch specialist welke op zijn/haar vakgebied altijd het laatste woord heeft over de toe te passen behandeling.

2.2 SCAIRM

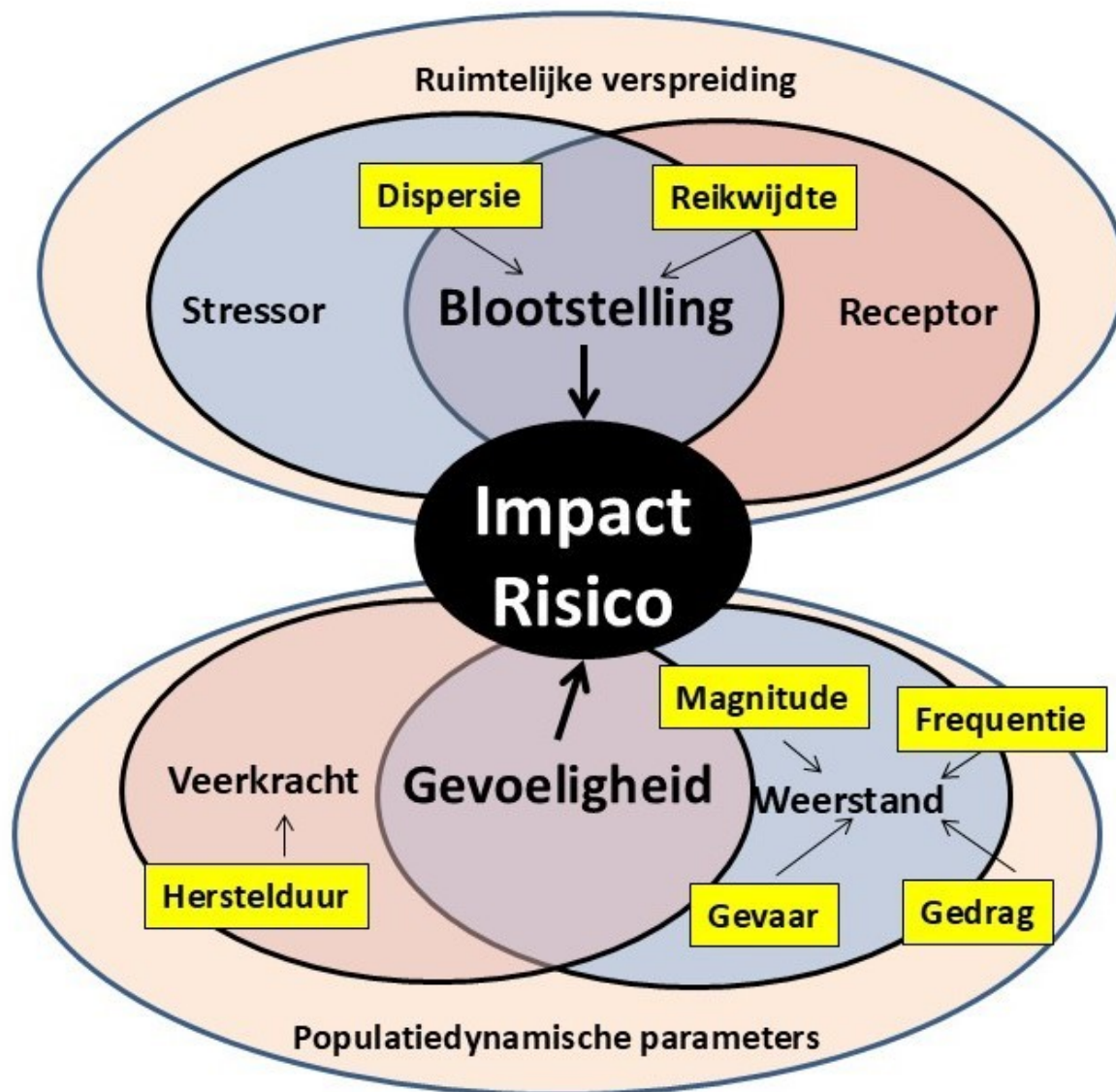
Voor het opzetten en identificeren van de elementen van deze cumulatieve impact analyse is de SCAIRM (Spatial Cumulative Assessment of Impact Risk for Management) methode gebruikt zoals beschreven in Piet et al. (2023). SCAIRM is een ruimtelijk expliciete cumulatieve effectbeoordelingsmethode die speciaal is ontwikkeld voor toepassing als leidraad voor ecosysteemgericht beheer. SCAIRM is in internationaal kader ontwikkeld en geborgd door diverse publicaties in peer-reviewed journals (Borgwardt et al., 2019; Knights et al., 2014; Piet et al., 2015, 2019, 2021, 2023, 2024). In de Noordzee is SCAIRM reeds toegepast voor nationale opdrachten maar ook in het kader van OSPAR (Oslo-Paris Convention) of ICES (International Council for the Exploration of the Seas). De methode is in feite een risicobeoordeling gebaseerd op zogenaamde effectketens die de relevante menselijke activiteiten, de daaruit voortkomende drukfactoren en hun impact op ecosysteemcomponenten, verbinden.

Methoden die cumulatieve effecten op het volledige systeem willen beschrijven zijn meestal gebaseerd op categorische semi-kwantitatieve scores op basis van expert-judgement. Ook zijn er beoordelingsmethodes die gebruik maken van meer verfijnde kwantitatieve informatie en omvatten meestal slechts een kleine subset van interacties. De SCAIRM-benadering is gericht op 'het beste van twee werelden': het bouwt voort op een categorische risico gebaseerde benaderingen, maar is zodanig aangepast dat de uitkomst ervan, d.w.z. het risico op cumulatieve effecten, conceptueel identiek is aan de uitkomst van de kwantitatieve benaderingen. Dit maakt harmonisatie mogelijk van kwalitatieve en kwantitatieve benaderingen in één enkele methode waarbij de gecombineerde impact van activiteiten op ecosysteemcomponenten met goede én slechte databeschikbaarheid kan worden ingeschat. Dit rapport is opgeleverd met een overzicht van ruimtelijke data die in eerste instantie is gebruikt (zie hoofdstuk 4). Dit overzicht is meteen de basis kunnen zijn voor het prioriteren van ontwikkelen/beschikbaar maken van betere, liefst kwantitatieve, informatie.

De SCAIRM-methode is in feite een op risico gebaseerde beoordeling waarbij de mate van bedreiging (Impact Risico, IR, genoemd in SCAIRM) van activiteiten op ecosysteemcomponenten wordt bepaald, uitgedrukt als de potentiële verandering in biomassa of abundantie ten opzichte van een onverstoorde toestand. Hiervoor worden de twee aspecten van de risicobeoordeling verder uitgewerkt en weergegeven in figuur 2.1.

- De kans op een risico wordt in feite bepaald door de kans op blootstelling van een receptor (ecosysteemcomponent) aan een stressor (drukfactor resulterend van activiteiten). In feite wordt dat nu bepaald door de ruimtelijke overlap tussen de drukfactor en de ecosysteemcomponent. Eventuele temporele aspecten op blootstelling (bijvoorbeeld door seizoensdynamiek) zijn nu niet meegenomen maar dit kan in volgende iteraties wel opgepakt worden.
- De consequentie van de blootstelling van de receptor aan de stressor wordt bepaald door gevoeligheid van de receptor voor de stressor, die bestaat uit het gedrag en herstelduur van de receptor en het gevaar, magnitude en frequentie van de stressor.

De parameterisatie van deze aspecten wordt bij voorkeur op kwantitatieve data gebaseerd. Indien niet beschikbaar zoals meestal (nog) het geval is worden semi-kwantitatieve scores middels geformaliseerd expert-judgement geschat op basis van de in geel aangemerkte parameters in onderstaande figuur 2.1.



Figuur 2.1 Schema met de parameters die gebruikt kunnen worden om Impact Risico te schatten op basis van Blootstelling en Gevoeligheid.

Het Impact Risico wordt bepaald aan de hand van een aantal parameters, visueel weergegeven in figuur 2.1. Hieronder worden de parameters omschreven.

2.2.1 Blootstelling

Dit kan worden gebaseerd op de gecombineerde categorieën reikwijdte en verspreiding volgens Borgwardt et al. (2019), waarbij de score voor reikwijdte de overlap (0-100%) weergeeft tussen de activiteit en de ecosysteemcomponent, die vervolgens wordt gecombineerd met een druk-specifieke score voor verspreiding (zie tabel 2.1). Deze expert-judgement scores zijn gevalideerd en op grond daarvan aangepast zodat ze beter aan sluiten bij de data-gedreven benaderingen en om meer realistische waarden voor reikwijdte te verkrijgen.

Door eenvoudigweg de numerieke scores van reikwijdte en verspreiding met elkaar te vermenigvuldigen, kunnen ruimtelijke (of temporele) effecten worden onderschat (wanneer beide scores klein zijn) of overschat (wanneer beide groot zijn). Bovendien zou geen reikwijdte zonder enige verspreiding altijd resulteren in een

score van 0, terwijl de drukfactor ten gevolge van verspreiding toch leiden tot een mogelijk effect, ondanks het ontbreken van daadwerkelijke overlap tussen de mariene activiteit en de ecosysteemcomponent, zoals bij activiteiten die weliswaar op land plaatsvinden maar druk kunnen uitoefenen op het mariene ecosysteem. Daarom zijn de twee parameters beschouwd als kans processen bij het combineren ervan tot een algehele score voor ruimtelijke blootstelling. Dit kan worden bereikt door de scores van beide aspecten te schalen tussen 0 en 1 en ze te behandelen als afhankelijke kans processen om de waarschijnlijkheid van overlap weer te geven. De gecombineerde 'waarschijnlijkheid' wordt vervolgens berekend volgens een standaardkans, gelijk aan de som van beide kansen minus het product van beide kansen.

Blootstelling is dus de waarschijnlijkheid (0-100%) dat een ecosysteemcomponent blootgesteld wordt aan de drukfactor waardoor mogelijk een effect optreedt, gebaseerd op de categorieën reikwijdte en verspreiding uit eerdere studies, Knights et al. (2015) en Borgwardt et al. (2019). Reikwijdte wordt gedefinieerd als de overlap tussen de activiteit en de ecosysteemcomponent. Verspreiding als het potentieel van de drukfactor om zich uit te breiden en de ruimtelijke overlap met een ecosysteemcomponent te vergroten voorbij die van de reikwijdte (zie tabel 2.1).

Tabel 2.1 Interpretatie en schatting van blootstelling.

| | Blootstelling | Verspreiding | | |
|----------------------------------|---------------|--------------|--------|------|
| | | Geen | Weinig | Veel |
| Reikwijdte | | 0 | 5 | 15 |
| Geen overlap | 0 | 0 | 5 | 15 |
| Spoor | 1 | 1 | 6 | 16 |
| Locatie | 3 | 3 | 8 | 18 |
| Lokaal | 37 | 37 | 40 | 46 |
| Wijdverspreid, gefragmenteerd | 67 | 67 | 69 | 72 |
| Wijdverspreid | 100 | 100 | 100 | 100 |

2.2.2 Effect

De mogelijke consequentie van de blootstelling (het effect) wordt gebaseerd op de parameters gevaar, magnitude, gedrag, frequentie en herstelduur. Hieronder worden de parameters en bijbehorende categorieën weergegeven.

2.2.2.1 Gevaar

Gevaar wordt gedefinieerd als de relatieve afname (0-100%) van de receptor door een enkele interactie met de stressor op maximale sterkte. Zie tabel 2.2 voor de categorieën.

Tabel 2.2 Interpretatie en schatting van gevaar.

| Gevaar | Score | Interpretatie |
|-----------------|-------|---|
| Verwaarloosbaar | 0.001 | Geen gevaar. Vergelijkbaar met onverstoord |
| Sublethaal laag | 0.1 | Mogelijk effect bij lage herstelcapaciteit |
| Sublethaal hoog | 1 | Mogelijk effect bij middelmatige herstelcapaciteit |
| Lethaal laag | 10 | Mogelijk effect zelfs bij hoge herstelcapaciteit |
| Lethaal hoog | 100 | Waarschijnlijk ernstige of onomkeerbare schade veroorzakend |

2.2.2.2 Magnitude

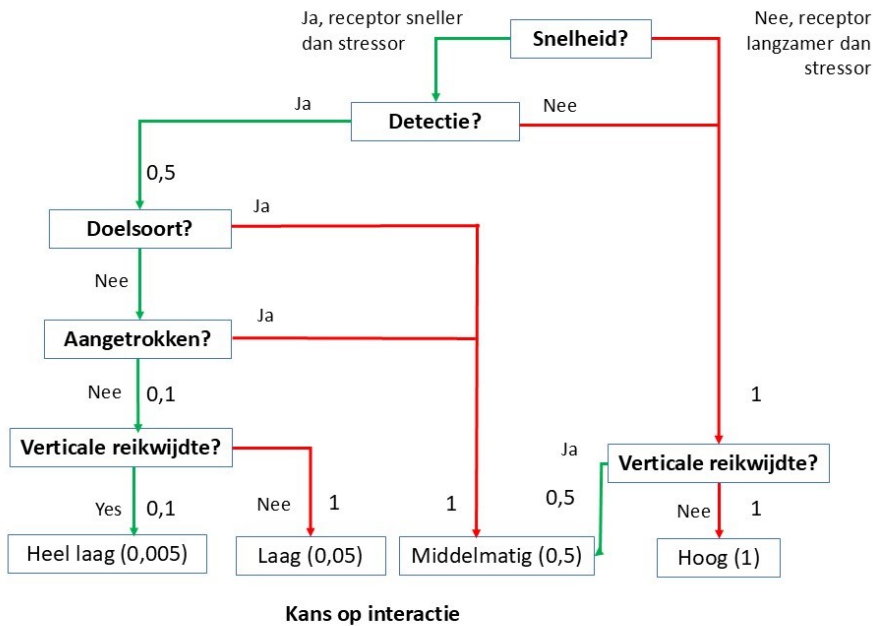
Magnitude wordt gedefinieerd als de gemiddelde sterkte van een drukfactor in het blootstellingsgebied met de ecosysteemcomponent. Zie tabel 2.3 voor de categorieën.

Tabel 2.3 Interpretatie en schatting van magnitude.

| Magnitude | Score | Interpretatie |
|-----------|-------|---|
| Heel laag | 0.1 | Sporen van de drukfactor zonder nadelige effecten. Niet verschillend van onverstoord/ongerept |
| Laag | 1 | Nadelige effecten verwacht maar $\leq 1\%$ van het maximum |
| Gemiddeld | 10 | Nadelige effecten verwacht tussen $\geq 1\%$ en $\leq 10\%$ van het maximum |
| Hoog | 50 | Nadelige effecten verwacht tussen $\geq 10\%$ en $\leq 50\%$ van het maximum |
| Maximaal | 100 | Veroorzaakt de hoogste bekende nadelige effecten voor die druk |

2.2.2.3 Gedrag

Gedrag bepaald de kans dat in het blootstellingsgebied ook daadwerkelijk een interactie plaatsvindt tussen de ecosysteemcomponent en de drukfactor. Voor het scoren van gedrag is een beslisschema ontwikkeld (figuur 2.2).



Figuur 2.2 Beslisschema voor het scoren van gedrag als de waarschijnlijkheid dat er in geval van blootstelling ook daadwerkelijk een interactie plaatsvindt tussen de drukfactor en de ecosysteemcomponent. De verticale reikwijdte zorgt dat er rekening wordt gehouden met de derde dimensie (3d) waarin er bewogen kan worden.

2.2.2.4 Frequentie

De frequentie bepaalt hoe vaak een interactie plaatsvindt gedurende een gemiddeld jaar. Deze parameter wordt alleen bij intermitterende activiteit-drukfactor combinaties gebruikt, bijvoorbeeld het aantal keer dat een vistuig de bodem beroerd.

2.2.2.5 Herstelduur

De herstelduur is vooral gebaseerd op de beoordelingsscores van experts uit Knights et al. (2015) (zie tabel 2.4). Echter in specifieke gevallen waar wel data beschikbaar waren zoals in geval van bodemberoering door vistuig is gebruik gemaakt van die informatie (geïnterpreteerd als de tijd die het kost voor het habitat om te herstellen naar de situatie van vóór de impact).

Tabel 2.4 Herstelduur (vertaald) uit Knights et al. (2015).

| Ecosysteemcomponent | Herstel | Tijd (in jaren) tot herstel |
|---|-----------|-----------------------------|
| Littorale rotsen en ander hard substraat | Hoog | 1 |
| Littoraal sediment | | 1 |
| Pelagische waterkolom | | 1 |
| Cirralittorale rotsen en ander hard substraat | Gemiddeld | 6 |
| Infralittorale rotsen en ander hard substraat | | 6 |
| Sublittoraal sediment | | 6 |
| Vogels | Laag | 55 |
| Diepzeebodem | | 55 |
| Vissen & Cephalopoda | | 55 |
| Zoogdieren | | 55 |
| Reptielen | | 55 |
| | Niet | 100 |

Specifieke aanpassing Waddenzee

Omdat bentische habitats niet direct vertegenwoordigd zijn in Knights et al. (2015), zijn in de Waddenzee ecotopen gekozen als vertegenwoordiger van deze ecosysteemcomponent. Ecotopen worden in Baptist et al. (2019) gebruikt volgens de originele definitie van biotopen volgens Udvardy (1959): de fysieke omgeving van een community (gemeenschap van soorten). Hoewel habitats anders omschreven zijn in Udvardy (1959), namelijk als de fysieke omgeving voor een soort, wordt de definitie van biotopen tegenwoordig ook gebruikt voor 'habitats' in bijvoorbeeld de Habitatrichtlijn (Baptist et al., 2019). De ecotopen conform de definitie van biotopen zijn passend voor de SCAIRM-methode, die alomvattend moet zijn.

De ecotopen hebben volgens gegevens uit het Noordzeeraamwerk (Knights et al., 2015) en met expert-judgement een herstelduur waarde gekregen die in ieder geval een onderscheid maakt tussen de hoog- en laagdynamische ecotopen omdat dit relevant is voor de herstelduur en daarmee het geschatte Impact Risico. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ingeschatte Herstelduur ecotopen. De selectie is gedaan op basis van Knights et al. (2015) en expert-judgement.

| Ecotopen | Tijd (in jaren) tot herstel |
|---|-----------------------------|
| Hoogdynamisch litoraal, hoogdynamisch supralitoraal, hoogdynamisch sublitoraal, hard substraat veen/klei | 1 |
| Laagdynamisch sublitoraal, middendynamisch sublitoraal, laagdynamisch hooglitoraal, laagdynamisch middenlitoraal, laagdynamisch laaglitoraal, overig, laagdynamisch supralitoraal | 6 |

2.2.3 Impact Risico

De berekening van het Impact Risico op grond van blootstelling en effect is gedaan zoals in Piet et al. (2023) en weergegeven in Bijlage 2.

2.2.4 Aannames en beperkingen

De belangrijkste aannames en beperkingen van de SCAIRM-methode zijn:

- Er wordt alleen rekening gehouden met effecten op de biota, niet op het abiotische/fysische milieu. Ook wanneer er effecten op habitats worden beschouwd, gaat het alleen om de bijbehorende biotische component (bijv. het benthos, niet het sediment).
- De methode omvat alleen directe effecten, d.w.z. effecten via voedselwebrelaties en andere cascade-effecten worden niet meegenomen.
- Omdat kennis over de interactiemechanismen van meerdere stressoren (additiviteit, synergisme, antagonisme) ontbreekt, is de eerste aanname dat ze op een additieve (opgeteld) manier zullen werken (volgens bijvoorbeeld (Halpern & Fujita, 2013) en (Judd et al., 2015)).
- Het Impact Risico is de belangrijkste output van het model en geeft het potentiële risico weer van de (cumulatieve) antropogene druk. Het kan worden gebruikt om een geïntegreerd perspectief te bieden op de (verandering in) kwetsbaarheid van het ecosysteem als geheel (in een specifiek studiegebied zoals hier de Waddenzee) en van elk van de verschillende ecosysteemcomponenten.
- Hoewel het Impact Risico een schatting is van de verwachte verandering in de toestand van de verschillende ecosysteemcomponenten, vertegenwoordigt het geen feitelijke abundantie.
- Mate van Bedreiging kan worden gebruikt om de belangrijkste bedreigingen voor het ecosysteem of specifieke ecosysteemcomponenten aan te geven. De methode geeft rangordes van de belangrijkste bijdragen aan de algemene bedreiging veroorzaakt door menselijke activiteiten maar kan niet worden gebruikt als voorspeller van hoe het ecosysteem eruit zal komen te zien of om de werkelijke waarden voor specifieke indicatoren (van bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn Marien, KRM) te voorspellen.

Het is belangrijk dat bij gebruik van- en communicatie over de resultaten van de SCAIRM-methode de aannames en beperkingen duidelijk zijn bij beleid, beheer en belanghebbenden.

2.3 Ontwikkeling raamwerk

De SCAIRM-werkwijze bestaat uit verschillende fasen. De eerste fase – scopingfase - bestaat uit het identificeren van de verschillende benodigde onderdelen van het raamwerk ("linkage framework"): activiteiten, drukfactoren en ecosysteemcomponenten, waarbij elke activiteit meerdere drukfactoren kan veroorzaken die op hun beurt op meerdere ecosysteemcomponenten kunnen inwerken.

Voor de Waddenzee CIA is het voor de Noordzee ontwikkelde raamwerk als uitgangpunt genomen. Vervolgens is voor de activiteiten, drukfactoren en ecosysteemcomponenten gekeken of deze relevant zijn voor de Waddenzee. Hierbij is gecheckt of de activiteit, drukfactor en/of ecosystemen aanwezig zijn in de Waddenzee en in hoeverre deze aansluiten bij de huidige beheerdoelstellingen voor de Waddenzee. Als basis voor deze check is CUMULEO-RAM (De Vries et al., 2012), een Nadere Effectenanalyse (Jongbloed et al., 2011), en de ecologische evaluatie van het Natura 2000 beheerplan Waddenzee (Heidinga et al., 2023) aangevuld met kennis van betrokken experts, stakeholder consultatie en een breed scala aan overige bronnen.

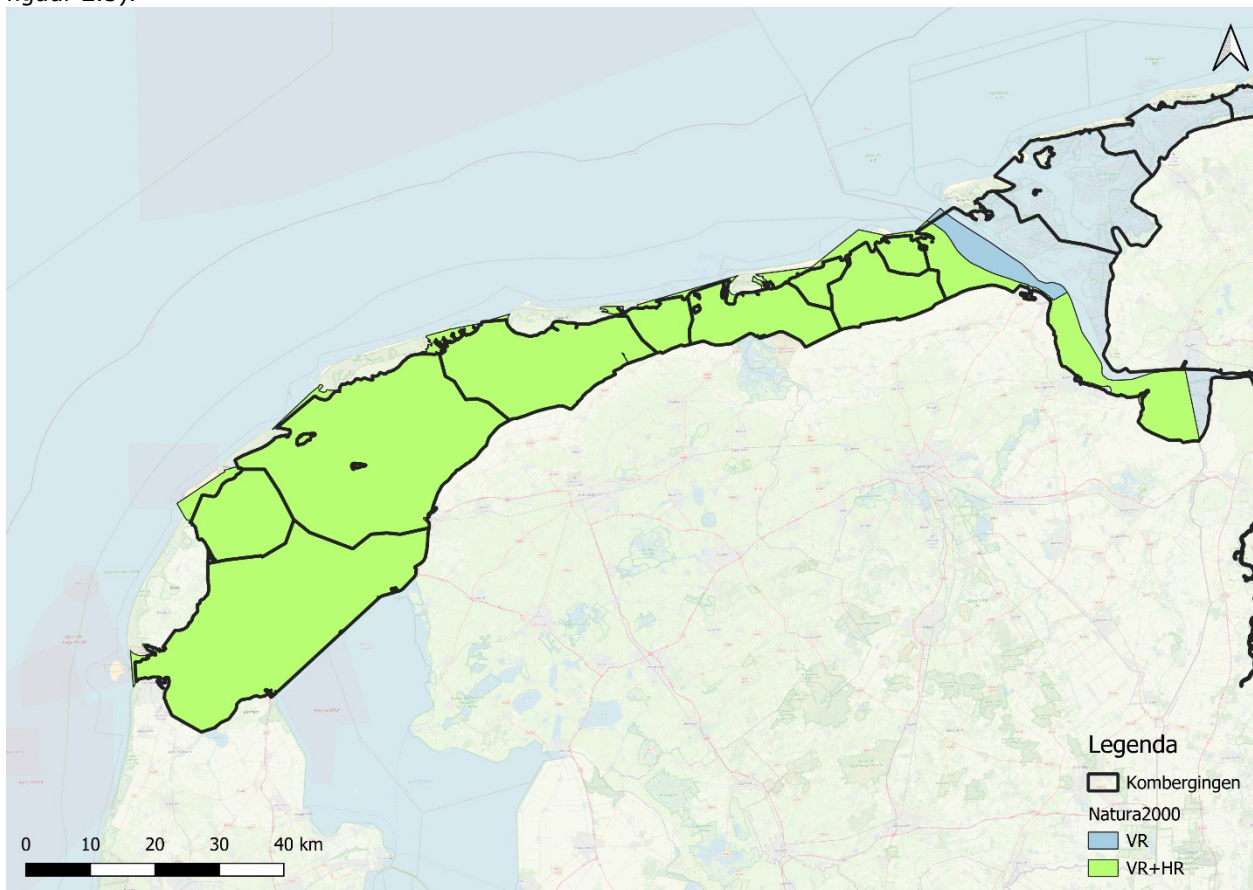
Voor het inschatten van effecten is gebruik gemaakt van de methode en database van het EU-project Aquacross dat voor de Noordzee is uitgewerkt (www.aquacross.eu; Borgwardt et al., 2019; en eerder werk: bijv. (Knights et al., 2015)). De database van Borgwardt et al. (2019) bevat 7771 effectketens (impact chains) voor de Noordzee, welke allemaal semi-kwantitatief zijn geschat gebruik makende van (wetenschappelijke) kennis uit literatuur aangevuld met expert-judgement door een groot team van internationale experts.

Voor de eerste versie van het Waddenzee raamwerk zijn de parameters met gele achtergrond in figuur 2.1 geschat. Hiervoor zijn de eerder geschatte parameters voor het Noordzee raamwerk als uitgangpunt genomen en is door de auteurs gekeken in hoeverre de parameters voor de Waddenzee vergelijkbaar zijn met die op de Noordzee, en op basis van expert-judgement aangepast. Indien een parameter niet voorkwam in het Noordzee raamwerk is door relevante experts en in overleg tussen de auteurs van dit rapport een voor de Waddenzee representatieve waarde geschat op basis van kennis over het Waddenzee ecosysteem, drukfactoren en activiteiten.

2.4 Studiegebied

Dit huidige rapport beperkt zich tot het Nederlandse deel van de Waddenzee volgens de Vogel- en Habitatrichtlijn en met de begrenzing overeenkomstig Natura 2000 (verder genoemd "Waddenzee"). Binnen dit gebied ligt de focus op het "natte" Wad; de zone onder de hoogwaterlijn die Natura 2000 habitattypen H1110A, H1130 en H1140A omvat.

In de Nederlandse Waddenzee bevinden zich tien kombergingen. Kombergingen zijn getijdengebieden die van water worden voorzien door een zeegat. Ze "bergen" een hoeveelheid water tussen hoog- en laagwater (zie figuur 2.3).



Figuur 2.3 Natura 2000-gebied Waddenzee en kombergingen.

2.5 Toepassing ruimtelijke data

Zonder ruimtelijke informatie moeten de reikwijdte en dispersie worden ingeschat. De reikwijdte kan daarbij variëren van 0% (niet van toepassing voor die drukfactor in dat gebied, maar kunnen invloeden zijn van buitenaf), naar 100% (geheel dekkend). Bij het gebruiken van een kaart voor een activiteit en bijbehorende effectketens wordt de reikwijdte vervangen door de daadwerkelijke reikwijdte gebaseerd op de gebruikte kaart.

Bij de toepassing van ruimtelijke informatie in SCAIRM wordt de reikwijdte dus altijd vervangen. Afhankelijk van de eenheid waarin diezelfde ruimtelijke data is uitgedrukt kan deze ook informatie geven over frequentie en magnitude. Bijvoorbeeld het aantal keer dat de bodem (van een specifieke bentische habitat) wordt beroerd. Frequentie kan worden gebruikt voor intermitterende drukfactoren zoals visserijintensiteit van mobiele vistuigen (mits uitgedrukt als een frequentie) maar is niet relevant voor continue drukfactoren zoals de input van synthetische stoffen. Magnitude kan worden gebruikt als er informatie beschikbaar is over de intensiteit van het voorkomen van een activiteit bij een drukfactor. Bijvoorbeeld hoeveelheid schepen in een ruimtelijke eenheid die zorgen voor een bepaalde mate verstoring (visueel) van soorten. Tabel 4.1 geeft een overzicht

van de kaarten die zijn gebruikt voor de activiteiten en hoe ze eventueel zijn gebruikt voor frequentie en magnitude.

De parameterisering van SCAIRM is gedaan met R Studio (R Core Team, 2023). Voor zover mogelijk is gebruik gemaakt van beschikbare (veelal ruimtelijke) data die soms nog opgewerkt moesten worden.

2.5.1 Inventarisering

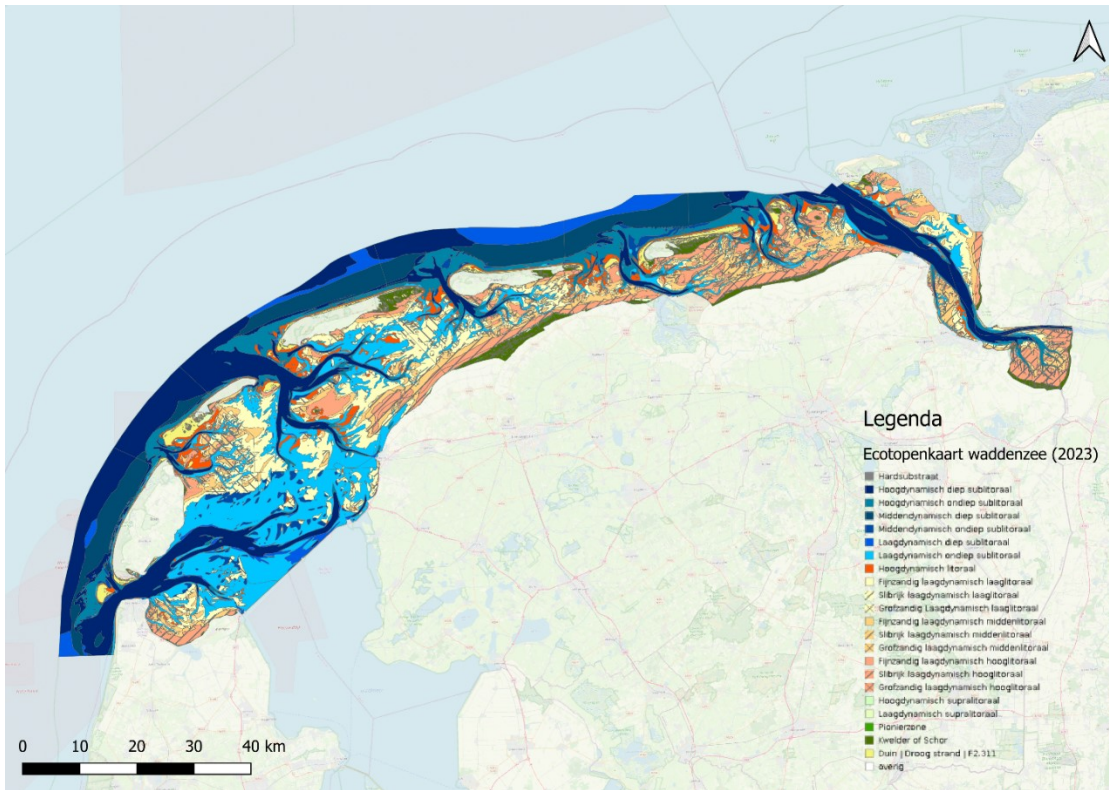
Voor de elementen van het raamwerk (activiteiten en ecosysteemcomponenten) is een inventarisatie gedaan van de databeschikbaarheid. Op basis van het raamwerk wordt een eerste overzicht gegeven van de beschikbare ruimtelijke data die gebruikt konden worden. Voor veel activiteiten en ecosysteem componenten zijn de benodigde data (nog) niet direct beschikbaar. Deze eerste complete versie van de Waddenzee CIA is bedoeld als basis voor een verder verbetertraject waarbij in principe alle informatie die aantoonbaar beter is dan wat nu gebruikt, toegepast zal worden in volgende iteraties. Dit zal met name gaan over (deel)activiteiten of specifieke soorten of habitats waar geen ruimtelijke data voor zijn gevonden, maar ofwel door WMR zelf gegenereerd kunnen worden dan wel beschikbaar gemaakt kunnen worden door andere partijen.

2.5.2 Technische toepassing activiteiten

Na het inventariseren is een keuze gemaakt welke data te gebruiken waren voor de CIA. Om het 'beste van twee werelden' principe toe te passen moet een specifieke kaart zo goed als 1:1 te vervangen zijn met een specifieke activiteit uit het raamwerk. Zo wordt de CIA ruimtelijk specifiek waar data beschikbaar zijn, terwijl de analyse volledig blijft voor wat betreft de dekking van de activiteiten, hun drukfactoren en de ecosysteemcomponenten. Een totaal aan 21 activiteiten is ingevuld met kaartdata. Een tabel met dit overzicht is gegeven in hoofdstuk 5.2.

2.5.3 Ecotopenkaart

Een van de ecosysteemcomponenten, bentische habitats, is ruimtelijk uitgewerkt volgens de ecotopenkaart van Rijkswaterstaat zoals weergegeven in figuur 2.4. Ecotopen staan echter niet vast. Sedimentatie en stroming zorgt voor een continue verschuiving en ontwikkeling van gebiedstypes. De ecotopenkaart is dan ook opgedeeld in 6 delen, waarvan jaarlijks een deel wordt herzien, zodat de kaart in haar volledigheid elke 6 jaar hernieuwd wordt. In dit huidige rapport wordt de recente hernieuwing tot en met 2023 gebruikt.



Figuur 2.4 Ecotopenkaart van de Nederlandse Waddenzee. Versie 2023.

2.6 Aanzet tot oplossingsrichtingen

In internationaal kader is de SCAIRM-methodiek ontwikkeld voor de Noordzee om volgens de Kaderrichtlijn Marien richting te geven aan de ecosysteembenadering oftewel ecosysteem-gericht beheer (Piet et al., 2023). Aan Wageningen Marine Research is daarom gevraagd om naast het uitvoeren van een eerste cumulatieve impact analyse, ook te kijken naar mogelijkheden om de SCAIRM-methodiek in te zetten voor het sturen van oplossingsrichtingen conform een ecosysteembenadering (uitgangspunt bij CIA's), ten opzichte van al dan niet bestaande maatregelen die zich enkel richten op een individuele sector-component relatie of individuele effectketen. Voor het Beleidskader Natuur Waddenzee worden deze oplossingsrichtingen gegroepeerd in scenario's door de Waddenacademie. Een uitwerking van de methodiek die wordt gehanteerd is gegeven in hoofdstuk 6.

3 Waddenzee raamwerk

In dit hoofdstuk wordt toelichting gegeven op de elementen van het raamwerk, hoe deze tot stand zijn gekomen, welke keuzes zijn gemaakt en wat er nog verbeterd kan worden. De conceptversie van het raamwerk voor de Waddenzee CIA is ook als Microsoft Excel bestand beschikbaar.

Op basis van de in het vorige hoofdstuk beschreven SCAIRM-methode is eind 2023 – begin 2024 een eerste conceptversie van het raamwerk voor de Waddenzee CIA opgesteld door onderzoekers van WMR op basis van diverse bronnen, zoals hieronder beschreven. Hierbij is de voortgang gedeeld, en input verzameld op een serie projectbijeenkomsten:

- Een eerste informatiebijeenkomst voor stakeholders binnen het Omgevingsberaad Waddengebied op 20 oktober 2023 in Leeuwarden,
- Een werksessie op 24 januari 2024 in Den Helder beleidskader Natuur Waddenzee en de opdrachtnemers van de verschillende deelopdrachten,
- Een interne bijeenkomst op 29 februari 2024 in Den Haag met beleidskader Natuur Waddenzee en de opdrachtnemers van de verschillende deelopdrachten,
- Een tweede informatiebijeenkomst voor stakeholders binnen het Omgevingsberaad Waddengebied op 2 april 2024 in Leeuwarden.

Op basis van input uit bovengenoemde bijeenkomsten is de eerste conceptversie van het raamwerk aangepast. Deze aanpassingen betroffen voornamelijk:

- Het weglaten van activiteiten die als niet aanwezig of niet relevant voor de Waddenzee werden beschouwd,
- Het aanpassen van sommige benamingen van de sectoren en activiteiten zodat ze resoneren met de belanghebbenden en om verwarring te voorkomen,
- Het aanpassen van de hiërarchische indeling van delen van het netwerk; zo worden in de huidige versie de voor de Waddenzee belangrijke activiteiten Defensie en Baggeren als aparte sector aangeduid in plaats van als activiteit onder Diensten resp. Milieubeheer.
- Medio 2025 zijn nog enkele aanpassingen gedaan na de eerste iteratie die hierboven genoemd is. Hierbij zijn voornamelijk activiteiten weggelaten die als onvoldoende relevant voor de Waddenzee werden beschouwd of inmiddels zijn gestopt/gewijzigd (deze activiteiten zijn gegeven in Bijlage 1). Ook zijn enkele fouten uit de eerste fase verbeterd.

3.1 Sectoren en activiteiten

De volgende zestien sectoren worden onderscheiden in het raamwerk:

1. Onderzoek
2. Visserij
3. Toerisme en recreatie
4. Milieubeheer
5. Hernieuwbare energie
6. Baggeren
7. Landbouw en Bosbouw
8. Incidentenbestrijding
9. Aquacultuur
10. Stedelijke en commerciële ontwikkeling
11. Defensie
12. Niet-hernieuwbare energie
13. Afvalbeheer
14. Mijnbouw, winning van materialen
15. Productie (op land)
16. Diensten

Deze sectoren zijn verder onderverdeeld in 119 activiteiten, en deze kunnen zowel operationele activiteiten omvatten (bijvoorbeeld vissen bij visserij) als ook randactiviteiten (bijvoorbeeld stomen naar visgronden bij visserij) en bijvoorbeeld bij infrastructuur de verschillende fasen zoals een constructiefase, een operationele fase en eventueel de ontmanteling.

Van de 119 activiteiten is een deel overgenomen uit het Noordzee raamwerk. Nieuwe activiteiten zijn toegevoegd op basis van de eerdergenoemde Nadere Effectenrapportage, het Natura 2000 beheerplan voor de Waddenzee of aanvullende bronnen. Dit zijn grotendeels activiteiten die op een hoger aggregatieniveau ook in het Noordzee raamwerk aanwezig waren maar voor de Waddenzee verder gespecificeerd moesten worden, zoals de verschillende vormen van visserij en verschillende vormen van recreatie. Hieronder zijn de activiteiten per sector weergegeven. Ook is aangegeven met (R=0) welke activiteiten buiten de "natte" zone van de Waddenzee plaatsvinden en dus een reikwijdte hebben van 0%. In de discussie wordt verder toegelicht hoe de activiteiten buiten de Waddenzee onderdeel zijn van de CIA.

1. Onderzoek

- Onderzoek: per schip, Benthos
- Onderzoek: per schip, Vogels en zeezoogdieren
- Onderzoek: vanuit de lucht
- Onderzoek: per schip, Plankton
- Onderzoek: per schip, Vis

2. Visserij

- Fuikenvisserij - operationeel
- Fuikenvisserij - overig
- Garnalenvisserij - operationeel
- Garnalenvisserij - overig
- Handkokkelvisserij - operationeel
- Handkokkelvisserij - overig
- Mechanische pierenwinning - operationeel
- Mechanische pierenwinning - overig
- Mosselzaadvissersij - operationeel
- Mosselzaadvissersij - overig
- Potten/kubben - operationeel
- Potten/kubben - overig
- Staandwantvisserij - operationeel
- Staandwantvisserij - overig
- Zegenvissersij - operationeel
- Zegenvissersij - overig
- Zuigkorvisserij - operationeel (R=0)
- Zuigkorvisserij - overig (R=0)

3. Toerisme/Recreatie

- Curiosa en houden van aquaria
- Demonstratievisserij - operationeel
- Demonstratievisserij - overig
- Duik/duikplaats - overig
- Duiken/duiklocatie - operaties
- Handmatig verzamelen van schelpdieren
- Hengelen vanaf de kant
- Hengelen vanaf een boot
- Kajakken
- Kitesurfen
- Openbaar strand - algemeen
- Recreatieve luchtvaart: bemand
- Recreatieve luchtvaart: drones
- Stenen keren (keien draaien)
- Toeristisch resort – constructie (R=0)
- Toeristisch resort – operationeel (R=0)

- Pleziervaart met motor - afmeren/ankeren/stranden/te water laten
 - Pleziervaart met motor - operationeel
 - Vogeleieren vertrappen, verwijderen van individuen (R=0)
 - Wadfietsen
 - Wadlopen
 - Wandelen (R=0)
 - Windsurfen
 - Zeeas winning
 - Zeilen
 - Zeewaterzwembad (R=0)
 - Jacht op vogels (R=0)
4. Milieubeheer
- Duikers - aanleg
 - Duikers - operationeel
 - Kunstmatige riffen - constructie
 - Kunstmatige riffen - operationeel
 - Kustverdediging - Zeeweringen/golfbrekers/kribben - constructie
 - Kustverdediging - Zeeweringen/golfbrekers/kribben - operationeel
 - Kwelderbeheer - Begrazing op kwelders (R=0)
 - Kwelderbeheer - Onderhoud kunstmatige structuren kwelders (R=0)
 - Kwelderbeheer - Onderhoud maaien/snijden kweldervegetatie (R=0)
 - Kwelderbeheer - Onderhoud waterwegen kwelders (R=0)
 - Kwelderbeheer - Onderhoudskwelderwerken (R=0)
 - Landaanwinning - constructie (R=0)
 - Landaanwinning - operationeel (R=0)
 - Strandsuppletie - operationeel
5. Hernieuwbare energie
- Blauwe energie - constructie
 - Blauwe energie - operationeel
 - Getijdenvliegers - constructie
 - Getijdenvliegers - operationeel
 - Golfenergie - aanleg
 - Golfenergie - operationeel
 - Windparken - constructie (R=0)
 - Windparken - operationeel (R=0)
6. Baggeren
- Onderhoudsbaggeren - afvoer van specie/afval
 - Onderhoudsbaggeren - extractie van substraat
 - Kapitaal baggeren - afvoer van specie/afval
 - Kapitaal baggeren - extractie van substraat
7. Landbouw en bosbouw
- Algemeen: atmosferische emissies, afvoer van voedingsstoffen door vee (R=0)
 - Bosbouw (R=0)
 - Teelt van gewassen en onderhoud van weilanden (R=0)
8. Incidentenbestrijding
- Oefeningen: met luchtvaart
 - Oefeningen: zonder luchtvaart
 - Zoek- en reddingsoperaties op zee
 - Zoek- en reddingsoperaties per vliegtuig
9. Aquacultuur
- Ex-situ (op land) aquacultuur (R=0)
 - Mosselzaadinvanginstallaties - operationeel
 - Mosselzaadinvanginstallaties - opstelling
 - Schelpdieren - operationeel
 - Schelpdieren - opstelling
 - In-situ viskweek - operationeel (R=0)

- In-situ viskweek - opstelling (R=0)
 - Zeewierkweek - operationeel (R=0)
 - Zeewierkweek - opstelling (R=0)
10. Stedelijke en commerciële ontwikkeling
- Jachthavens en dok-/havenfaciliteiten - bouw
 - Jachthavens en dok-/havenfaciliteiten - operationeel
 - Stedelijke woningen en commerciële ontwikkelingen – bouw (R=0)
 - Stedelijke woningen en commerciële ontwikkelingen – operationeel (R=0)
11. Defensie
- Defensie: Luchtvaart
 - Defensie: Scheepvaart- operationeel
 - Defensie: Scheepvaart- overig
12. Niet- hernieuwbare energie
- Elektriciteitscentrales (op land) – constructie (R=0)
 - Elektriciteitscentrales (op land) - operationeel
 - Olie en gas - luchtvaart
 - Olie en gas - operationeel
 - Olie en gas - constructie (R=0)
 - Olie en gas - exploratie (R=0)
 - Olie en gas - ontmanteling (R=0)
13. Afvalbeheer
- Afval beheer - operationeel
14. Mijnbouw, winning van materialen
- Schelpenwinning - extractie van substraat
 - Schelpenwinning - verwijdering van puin/afval
 - Zand-/grindaggregaten - extractie van substraat
 - Zand-/grindaggregaten - verwijdering van specie/afval
15. Productie (op land) – activiteiten
- Lokaal specifiek: Industrie met lozingen in kustwateren – operationeel
16. Diensten
- Gedumpte munitie
 - Passagiersschepen
 - Scheepvaart: Afmeren/ankeren/stranden/te water laten
 - Scheepvaart: Stomen
 - Telecom en elektriciteit: communicatie- en elektriciteitskabels - actief operationeel
 - Telecom en elektriciteit: communicatie- en elektriciteitskabels - kabels leggen
 - Transport - emissies van wegen naar water/bodem, emissies naar de lucht, enz. (R=0)

3.2 Drukfactoren

De volgende 30 drukfactoren zijn meegenomen in het raamwerk. Deze zijn gebaseerd op het Noordzee raamwerk (Piet et al., 2023), wat weer bepaald is door de drukfactoren zoals gedefinieerd in de Kaderrichtlijn Marien (KRM) maar verder uitgebreid teneinde een volledige dekking te hebben van alle mechanismen waarmee menselijke activiteiten het Waddenzee ecosysteem en de biodiversiteit kunnen beïnvloeden:

1. Dood of verwonding door aanvaring
2. Onttrekking van flora en/of fauna
3. Introductie van genetisch gemodificeerde soorten
4. Translocaties van soorten (inheems of uitheems)
5. Introductie van niet-inheemse soorten
6. Introductie van microbiële pathogenen
7. Belemmering voor verplaatsing van soorten
8. Veranderingen in troebelheid/opslibbing
9. Veranderingen in blootstelling aan golven
10. Veranderingen in getijdenregime

11. Veranderingen in stroomsnelheid
12. Verstoring (visueel) van soorten
13. Bodemberoering
14. Bedekking
15. Onttrekking van substraat
16. Volledig habitat verlies
17. Veranderingen in de toevoer van organisch materiaal
18. Verrijking met stikstof en fosfaat
19. Input van licht
20. Thermische veranderingen
21. Input van afval dat verstrikking veroorzaakt
22. Input van afval dat ingenomen kan worden
23. Elektromagnetische veranderingen
24. Input van niet-synthetische stoffen
25. Input van radionucliden
26. Input van synthetische stoffen
27. Verandering in pH
28. Veranderingen in zoutgehalte
29. Continu geluid
30. Impulsief geluid

Mochten hiermee niet alle mechanismen afgedekt zijn dan moeten nog drukfactoren toegevoegd worden. Iedere toevoeging van een drukfactor gaat gepaard met een uitbreiding van het raamwerk en heeft consequenties voor de parameterisering en daarmee de informatiebehoefte van de CIA.

3.3 Ecosysteemcomponenten

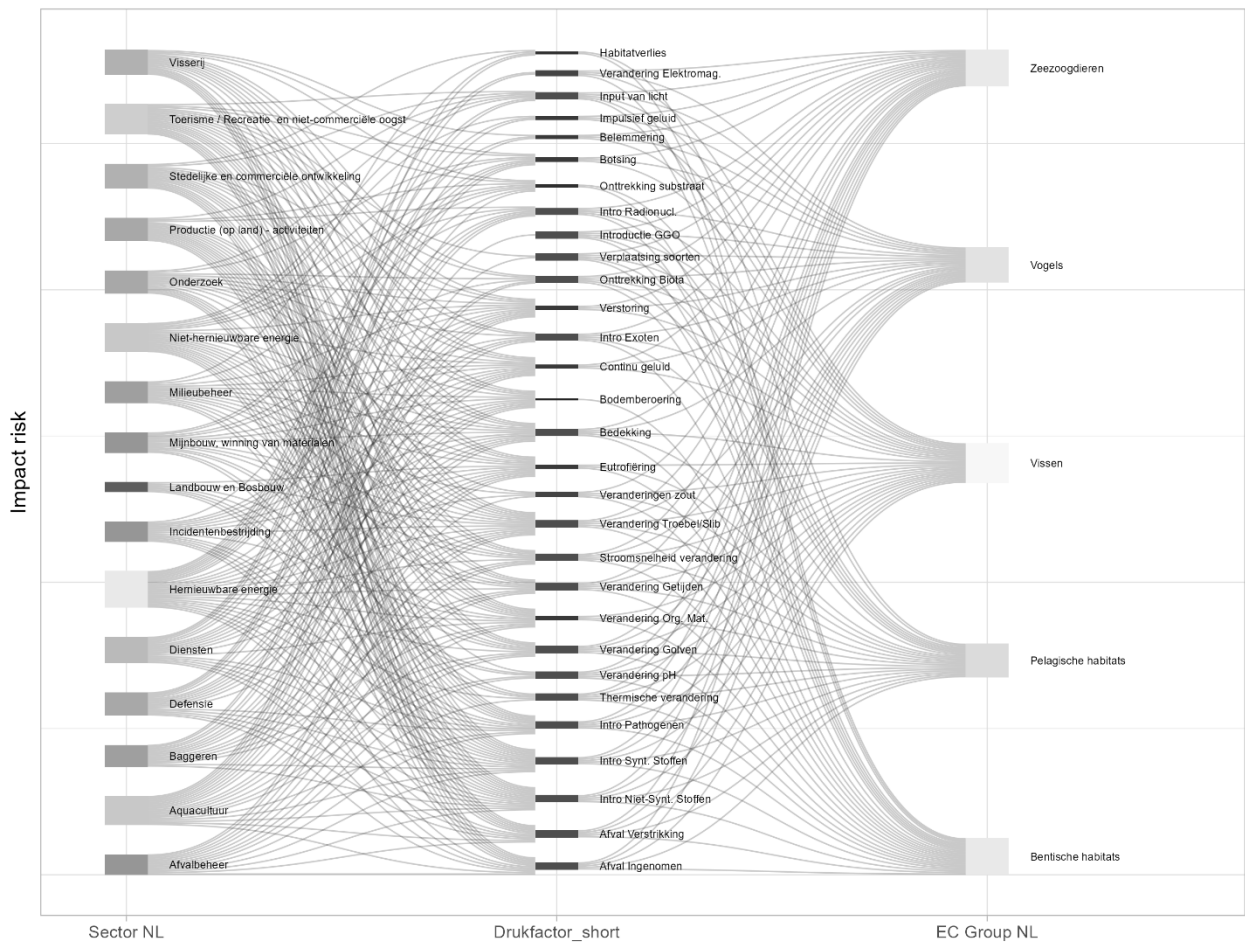
De volgende vijf ecosysteemcomponenten zijn meegenomen in de eerste versie van het raamwerk:

1. Vogels
2. Vissen
3. Zeezoogdieren
4. Bentische habitats (Bodemdieren waarbij de ecotopen zijn gebruikt om de gemeenschappen te karakteriseren)
5. Pelagische habitats (Plankton gemeenschap in de waterkolom)

De keuze van deze ecosysteemcomponenten is ook gebaseerd op het Noordzee raamwerk (Piet et al., 2023), wat weer bepaald is door de Kaderrichtlijn Marien (KRM) en conform de soorten zoals die in de Staat van de Waddenzee gebruikt worden waarbij de bentische habitats de bodemdieren vertegenwoordigen en de pelagische habitats het plankton. Dit verder te specificeren op grond van soorten zoals ook in de Staat van de Waddenzee is mogelijk maar komt ook weer met aanzienlijke consequenties voor de parameterisering en daarmee de informatiebehoefte van de CIA.

3.4 Kwalitatief raamwerk

Elke activiteit is verbonden met een drukfactor en een ecosysteemcomponent. Dit brengt het totaal aantal effectketens dat meegenomen is in onderhavige analyses op 5389. Figuur 3.1 geeft middels een Sankey diagram alle effectketens weer.



Figuur 3.1 Sankey diagram van het Waddenzeeraamwerk, zonder IR waarden. De verschillen in dikte van de sectoren, drukfactoren en ecosysteemcomponenten geven het aantal verbindingen aan.

4 Parameterisering

Het Waddenzee raamwerk geeft een kwalitatief overzicht van welke menselijke activiteiten middels welke mechanismen de verschillende componenten van het ecosysteem potentieel beïnvloeden. De mate waarin varieert echter aanzienlijk en is onder meer afhankelijk van onder meer de intensiteit van die activiteiten, de gevoeligheid van de soortgroepen en de mate waarin stressoren en receptoren zowel ruimtelijk als in de tijd overlappen. Deze aspecten zijn vertegenwoordigd in de SCAIRM-parameters. De parameterisatie is in eerste instantie gebeurd middels expert-judgement gebaseerd op scores van de Noordzee maar vervolgens aangepast aan de Waddenzee. Later is daarvoor een inventarisatie uitgevoerd van databeschikbaarheid waarbij de direct beschikbare data toegepast zijn als vervanging van de expert-judgement scores (zie hoofdstuk 2.5).

4.1 Inventarisatie databeschikbaarheid

In fase 2 is per sector onderzocht of er (ruimtelijke) data beschikbaar waren voor de invulling van parameters behorende bij een activiteit zoals weergegeven in hoofdstuk 3.1. Wanneer ruimtelijke data beschikbaar zijn wordt de reikwijdte altijd gebaseerd op die data en uitgedrukt als het percentage van de kaart van de activiteit ten opzichte van het gehele studiegebied dan wel de overlap met een bepaalde ecosysteemcomponent. Waar mogelijk, kunnen ook andere parameters (frequentie of magnitude) worden aangepast op basis van de (ruimtelijke data). Een overzicht van de data die zijn toegepast op de reikwijdte en eventuele andere parameters is gegeven in tabel 4.1.

4.2 Toepassing

4.2.1 Activiteiten

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de kaarten die zijn gebruikt voor specifieke activiteiten, genoemd in hoofdstuk 3.1. De tabel geeft aan waar de kaartdata vandaan komen en waar het uit bestaat. Tevens kunnen er opmerkingen gemaakt worden.

Tabel 4.1 Overzicht specifieke activiteiten waar ruimtelijke data is gebruikt. De tabel geeft eerst aan welke activiteit het betreft. Vervolgens wordt de bron van de kaart benoemd en het type data. Ook is aangegeven of er een buffer is gebruikt en of de Frequentie en/of Magnitude is aangepast.

| Activiteit | Bron | Type | Buffer (m) met bron | Frequentie aangepast | Magnitude aangepast | Opmerking |
|--|---|----------|--|----------------------|---------------------|---|
| Mosselzaadvanginstallaties - operationeel | Nationaal georegister ¹ | Polygoon | | | | Mosselzaadvanginstallaties WFS |
| Blauwe energie - operationeel | EMODnet ² | Punt | 1000 (HELCOM, 2023, worst case) | | | Energy – Ocean Energy Facilities (Test Sites en Project Locations) |
| Pleziervaart met motor - operationeel | EMODnet ² | Raster | | | X | Vessel Density - 5 |
| Veerdiensten | EMODnet ² | Raster | | | X | Vessel Density - 8 |
| Handkookvisserij - operationeel | Agonus Fisheries Consultancy, 2023; Troost & van Asch, 2018 | Polygoon | | | | Reikwijdte aangepast* |
| Mechanische pierenwinning - operationeel | WMR | Polygoon | | | | Concessiegebied |
| Onderhoudsbaggeren - extractie van substraat | Meijer et al., 2025 | Polygoon | | | | |
| Onderhoudsbaggeren - afvoer van specie/afval | Meijer et al., 2025 | Polygoon | | | | |
| Jachthavens en dok-/havenfaciliteiten - operationeel | EMODnet ² | Punt | 1000 (e.j.) | | | Main Ports – main ports |
| Defensie: Luchtvaart | Nationaal georegister ¹ | Polygoon | | | | militaire_gebieden |
| Munitiestort in zee | EMODnet ² | Punt | 50 (e.j.) | | | Waste Disposal – Dumped Munitions |
| Wadlopen | Datahuis Wadden ³ | Polygoon | | | | |
| Mosselzaadvisserij - operationeel | WMR | Polygoon | | | | Mosselbanken zonder gesloten gebied gebruikt als proxy** |
| Afval beheer - Operationeel | EMODnet ² | Punt | 1000 (e.j.) | | | Waste Disposal – Treatment Plants |
| Zeilen | EMODnet ² | Raster | | | X | Vessel Density - 4 |
| Mosselkweek - operationeel | WMR | Polygoon | | | | |

| | | | | | |
|---|----------------------|----------------|-------------------------------------|---|--|
| Scheepvaart: Stomen | EMODnet ² | Raster | | X | Vessel Density – 9 en 10 |
| Garnalenvisserij - operationeel | WMR ^{***} | Multi Polygoon | | x | Gemiddelde over 5 jaar, zonder Eijerlandse Gat |
| Communicatie- en elektriciteitskabels - actief operationeel | EMODnet ² | Lijn | 1,5 (HELCOM, 2023, afgerond naar 2) | | Cables – Power Cables en Cables – Telecommunication Cables |
| Getijdenvliegers - operationeel | EMODnet ² | Punt | 1000 (HELCOM, 2023, worst case) | | Energy – Ocean Energy Facilities (Test Sites en Project Locations) |
| Golfenergie - operationeel | EMODnet ² | Punt | 1000 (HELCOM, 2023, worst case) | | Energy – Ocean Energy Facilities (Test Sites en Project Locations) |

1: <https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/home>

2: <https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/>

3: <https://datahuiswadden.openearth.nl/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>

*De kaartlaag voor activiteit Handkokkelvisserij is in QGIS (QGIS Development Team, 2025) gemaakt na overleg met collega's van Wageningen Marine Research (WMR) en op basis van communicatie over de Habitattoets handmatige kokkelvisserij Waddenzee (Agonus Fisheries Consultancy, 2023). De kaartlaag betreft het gehele studiegebied, zonder de gebieden die gesloten zijn voor handkokkelen. Omdat er van het totale oppervlak open gebied (227.385 ha) maar een klein deel jaarlijks wordt bevist (300 ha, pers. comm. B. Keus) is de reikwijdte niet representatief en daarom omlaag gebracht door deze te vermenigvuldigen met 0,001.

**In overleg met experts op het gebied van mosselen binnen Wageningen Marine Research is besloten mosselbanken te gebruiken als proxy voor de activiteit Mosselzaadvisserij – operationeel. Een stapelkaart van alle mosselbanken van de afgelopen 10 jaar is gemaakt in QGIS, voor alleen die gebieden waarin mosselzaadvisserij is toegestaan. Er wordt zodoende vanuit gegaan dat er enkel direct binnen de banken wordt gevist op mosselzaad.

***Gebaseerd op VMS-data en bewerkt conform ICES-methodiek zoals toegepast voor het Gemeenschappelijk Visserij Beleid (GVB).

4.2.2 Ecosysteemcomponenten

In de CIA wordt voor geen van de ecosysteemcomponenten behalve de bentische habitats een verspreidingskaart gebruikt en dus de verspreiding als homogeen over het gehele studiegebied beschouwd. Voor bentische habitats worden ecotopen (Baptist et al., 2019) gebruikt als vertegenwoordiger van deze ecosysteemcomponent om toch diversificatie op een bepaald punt te analyseren. De meest recente update van de ecotopenkaart (2025, via Rijkswaterstaat (RWS)) is gebruikt.

In de toekomst kunnen eventueel verspreidingskaarten voor de overige ecosysteemcomponenten worden gegenereerd. Dit wordt zeker relevant als de ecosysteemcomponenten verder gespecificeerd worden naar families of individuele soorten.

5 Resultaten van de Cumulatieve Impact Analyse

Hieronder zijn de resultaten van de CIA in verschillende tabellen en figuren weergegeven met een duiding van het veroorzaakte Impact Risico (IR). IR wordt uitgedrukt als de potentiële verandering in biomassa of abundantie van een specifieke ecosysteemcomponent ten opzichte van een onverstoorde toestand.

5.1 Algemeen

De CIA geeft allereerst een inschatting van de cumulatieve impact van alle menselijke activiteiten en hun drukfactoren op de verschillende ecosysteemcomponenten (zie tabel 5.1). De uitkomsten van de CIA geven een Impact Risico van 0,58 voor *bentische habitats*, 0,63 voor *vissen*, 0,56 voor *vogels* en *zeezoogdieren*. *Pelagische habitats* ervaren een minder hoog (0,03) IR. Ter verduidelijking van wat deze waardes betekenen geldt dat, bijvoorbeeld voor de vissen, de cumulatieve impact een potentiële afname van 63% in abundantie ten opzichte van een onverstoorde (pristine) situatie veroorzaakt. In de volgende hoofdstukken wordt dit Impact Risico verder opgedeeld in termen van de bijdrages van de verschillende sectoren en drukfactoren, waarbij ook de ruimtelijke verspreiding kan worden weergegeven.

Tabel 5.1 Totaal absoluut afgerond Impact Risico per ecosysteemcomponent.

| Ecosysteemcomponent | Impact Risico |
|---------------------|---------------|
| Bentische habitats | 0,58 |
| Pelagische habitats | 0,03 |
| Vissen | 0,63 |
| Vogels | 0,56 |
| Zeezoogdieren | 0,56 |

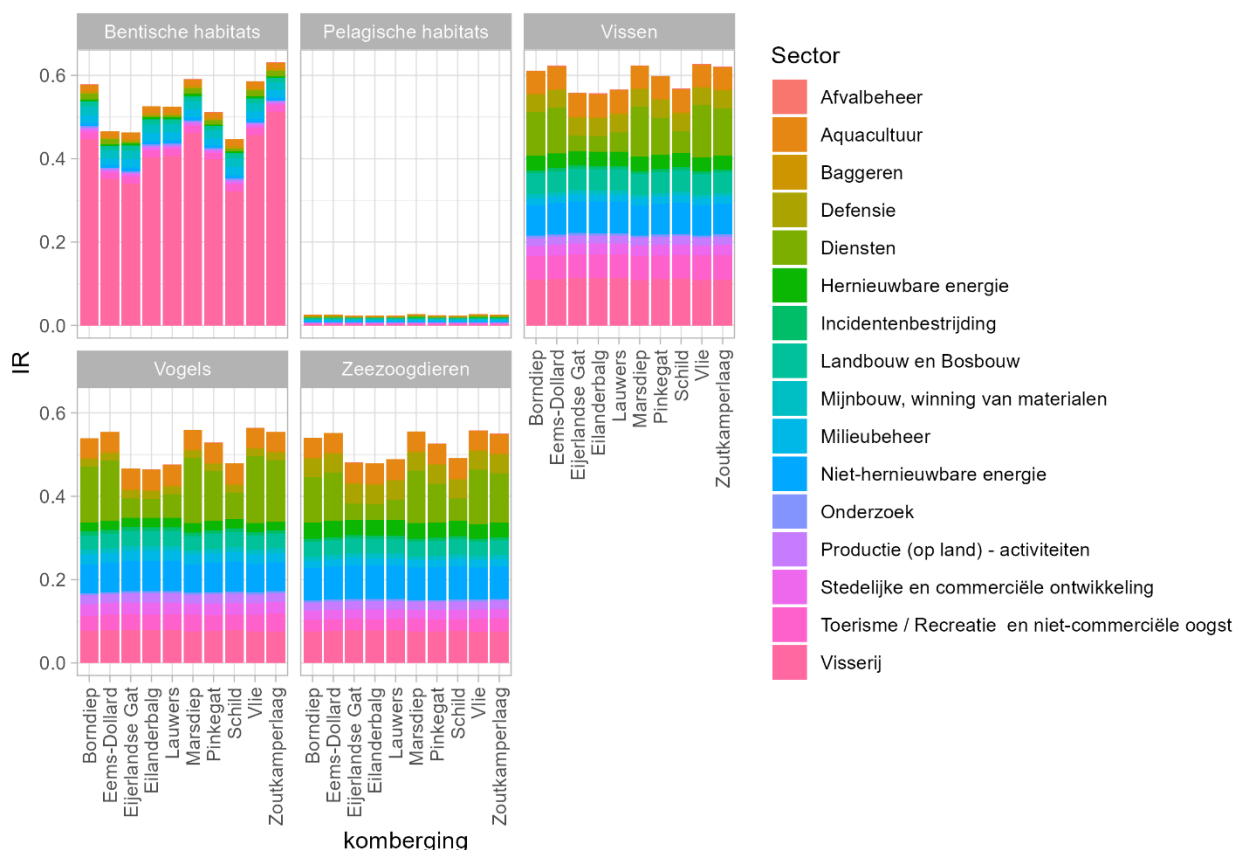
5.2 Sectoren

Het Impact Risico per ecosysteemcomponent opgesplitst naar de relatieve bijdrage (%) ten opzichte van het totale impact risico uit tabel 5.1 per sector is weergegeven in tabel 5.2. In figuur 5.1 is dit verder opgesplitst per komberging.

Tabel 5.2 Relatieve bijdrage (%) per sector aan de totale Impact Risico van een ecosysteemcomponent.

| Sector | Bentische habitats | Pelagische habitats | Vissen | Vogels | Zeezoogdieren |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|--------|--------|---------------|
| Afvalbeheer | 0,1 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,1 |
| Aquacultuur | 2,6 | 11,0 | 8,6 | 8,5 | 8,4 |
| Baggeren | 1,1 | 2,0 | 0,4 | 0,6 | 0,5 |
| Defensie | 0,1 | 0,2 | 6,7 | 3,2 | 8,1 |
| Diensten | 2,3 | 12,8 | 18,3 | 26,8 | 21,6 |
| Hernieuwbare energie | 1,1 | 6,7 | 6,0 | 4,0 | 7,5 |
| Incidentenbestrijding | 0,0 | 0,1 | 1,1 | 1,6 | 1,4 |
| Landbouw en Bosbouw | 1,9 | 10,8 | 8,0 | 6,2 | 6,2 |
| Mijnbouw, winning van materialen | 3,4 | 5,5 | 1,5 | 2,0 | 1,8 |

| | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| Milieu-beheer | 3,2 | 13,7 | 2,6 | 4,1 | 3,1 |
| Niet-hernieuwbare energie | 1,3 | 12,0 | 11,7 | 12,4 | 14,0 |
| Onderzoek | 0,6 | 0,3 | 0,9 | 1,0 | 0,8 |
| Productie (op land) | 0,6 | 8,9 | 3,0 | 3,8 | 3,6 |
| Stedelijke en commerciële ontwikkeling | 1,0 | 5,4 | 4,0 | 4,9 | 4,0 |
| Toerisme/Recreatie | 3,0 | 3,6 | 9,2 | 7,1 | 5,3 |
| Visserij | 77,8 | 6,8 | 17,6 | 13,8 | 13,6 |
| Totaal | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |



Figuur 5.1 Impact Risico vanuit sectoren met gebruik van ruimtelijke data. Kleuren geven de relatieve bijdrage van elke sector aan het Impact Risico voor de ecosystemecomponenten, gedifferentieerd per komberging.

Voor benthische habitats is visserij met afstand de belangrijkste sector met een bijdrage van 78%. Daarna komen milieu-beheer, mijnbouw en toerisme met een bijdrage van tussen de 3 en 5%. Doordat de visserij vooral plaatsvindt in de kombergingen Zoutkamperlaag, Borndiep, Marsdiep en Vlie ervaren die ook het hoogste IR.

De toch al geringe IR op de pelagische habitats laat ook minimale verschillen in IR zien per komberging. De hoogste bijdrage aan IR komt, opeenvolgend van hoogst naar minder, uit milieu-beheer, diensten, niet-hernieuwbare energie, aquacultuur, en landbouw en bosbouw. Overige sectoren zijn relatief onbelangrijk met bijdrages <10%.

De ecosystemecomponent vissen ervaren de grootste bijdrage aan IR (van hoogst naar minder) uit de sectoren diensten en visserij met ieder meer dan 15%. Niet-hernieuwbare energie, landbouw en bosbouw, hernieuwbare energie, diensten, defensie en aquacultuur dragen dan nog ieder meer dan 5% bij terwijl de bijdrages van de overige sectoren grotendeels te verwaarlozen zijn. Zoutkamperlaag, Borndiep, Marsdiep, Vlie en Eems-Dollard zijn de kombergingen met het hoogste IR.

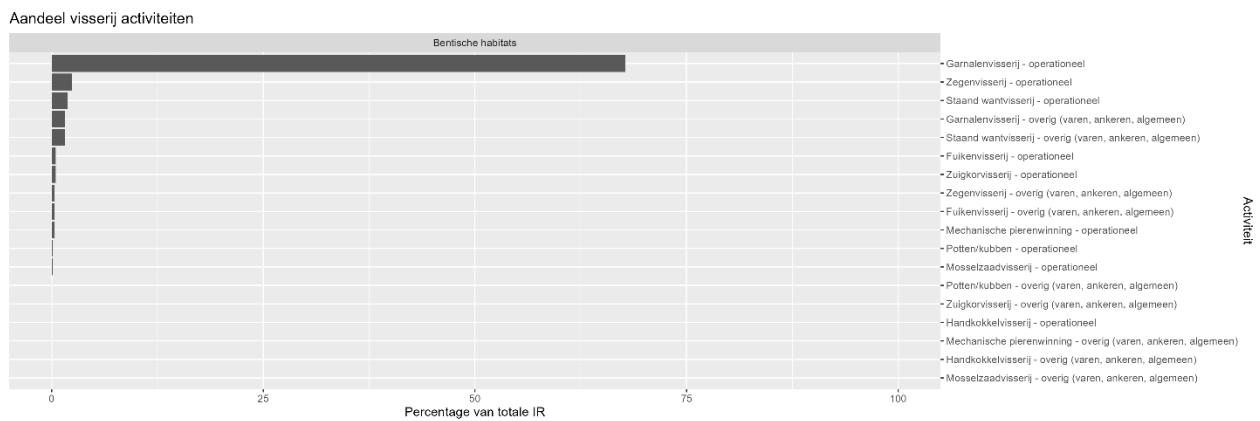
Voor vogels komt de hoogste bijdrages van de sector diensten met 27%. Visserij en niet-hernieuwbare energie volgen met bijdrages van 10% of meer. Overige sectoren met substantiële bijdrages (meer dan 4%) zijn aquacultuur, toerisme en recreatie, landbouw en bosbouw, stedelijke en commerciële ontwikkeling en milieubeheer. Zoutkamperlaag, Borndiep, Marsdiep, Vlie, Eems-Dollard en Pinkegat zijn de komberegingen met het hoogste IR.

Zeezoogdieren ervaren het hoogste IR (op volgorde van hoogst naar minder) van de sectoren diensten, niet-hernieuwbare energie en visserij met 10% of meer. Overige sectoren met substantiële bijdrages (meer dan 4%) zijn aquacultuur, defensie, hernieuwbare energie, landbouw en bosbouw en toerisme en recreatie. De verdeling over de komberegingen is vergelijkbaar met die van vogels.

5.2.1 Uitsplitsing sectoren

Om inzicht te geven hoe het Impact Risico per sector is opgebouwd in heterogene activiteiten per sector zijn drie voorbeelden weergegeven waarin de belangrijkste sector per ecosysteemcomponent is uitgesplitst in aandelen aan het Impact Risico. De uitsplitsing is weergegeven in relatieve bijdrages (%) van sectorspecifieke activiteiten aan het totale IR. Overige uitsplitsingen zijn weergegeven in Bijlage 4.

Bij bentische habitats is de belangrijkste sector voor IR visserij. Het aandeel van visserijactiviteiten van het totale Impact Risico is weergegeven in figuur 5.2.



Figuur 5.2 Percentage Impact Risico uit visserijactiviteiten voor bentische habitats ten opzichte van het totale IR uit alle sectoren.

Het IR voor bentische habitats wordt voornamelijk veroorzaakt door de activiteit garnalenvisserij – operationeel. Zuigkorvisserij - operationeel, staanwantsvisserij – operationeel en garnalenvisserij – overig en staanwantsvisserij – overig zorgen voor een kleiner deel van het IR.

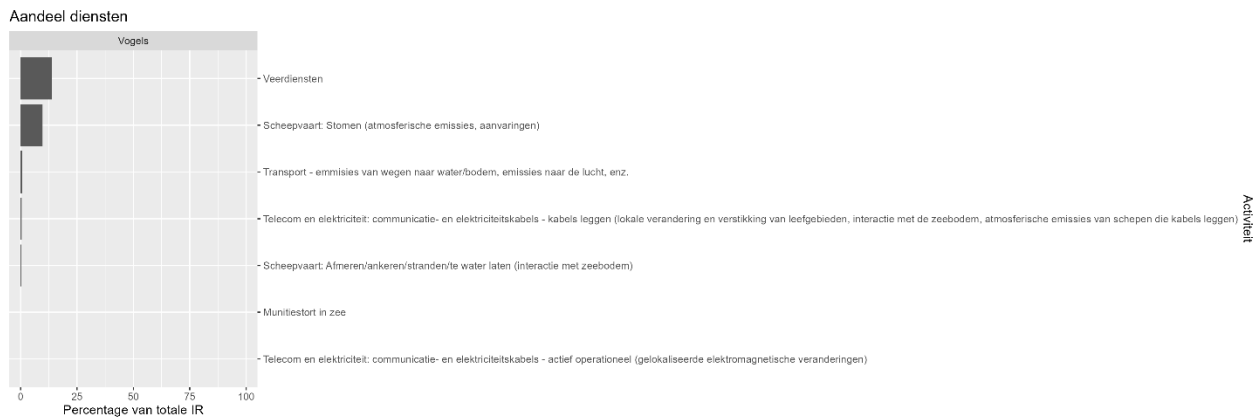
Bij pelagische habitats is de belangrijkste sector voor IR milieubeheer. Het aandeel van milieubeheer activiteiten van het totale Impact Risico is weergegeven in figuur 5.3.



Figuur 5.3 Percentage Impact Risico uit milieubeheer activiteiten voor pelagische habitats ten opzichte van het totale IR uit alle sectoren.

Het IR uit de sector milieubeheer voor pelagische habitats wordt voornamelijk veroorzaakt door de activiteiten strandsuppletie – operationeel en kustverdediging – constructie.

Bij alle soortgroepen (vissen, vogels en zeezoogdieren) is de belangrijkste sector voor IR diensten. Het aandeel van activiteiten uit deze sector van het totale Impact Risico op vogels als voorbeeld is weergegeven in figuur 5.4.



Figuur 5.4 Percentage Impact Risico uit diensten activiteiten voor vogels ten opzichte van het totale IR uit alle sectoren.

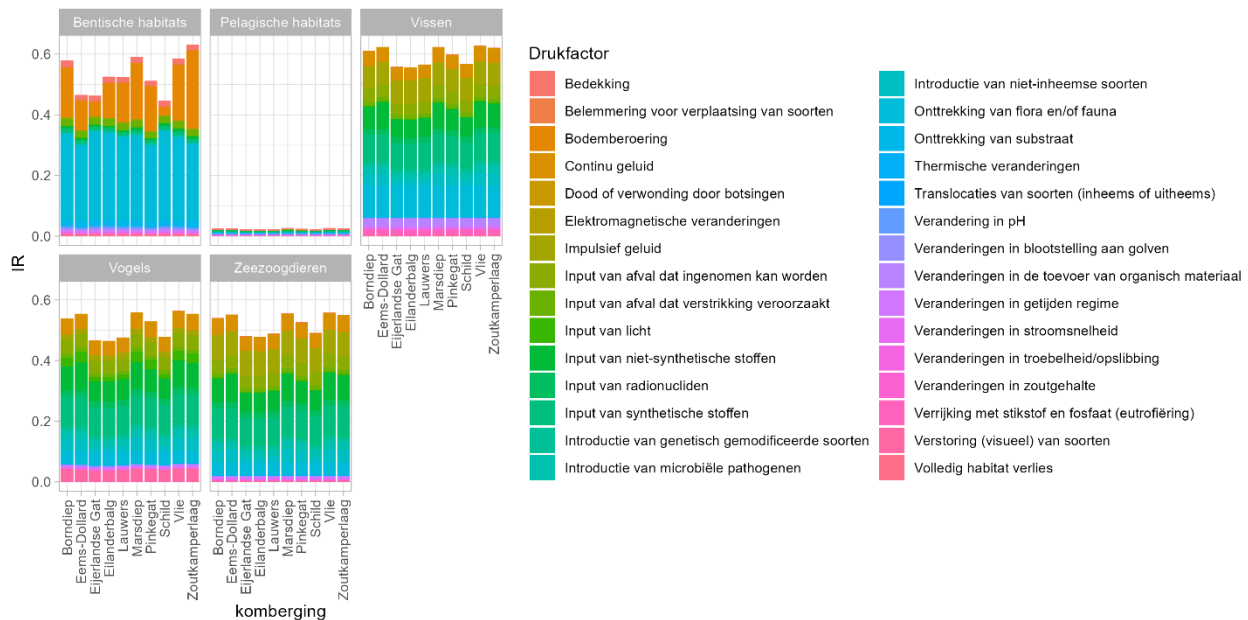
Het IR uit de sector diensten voor vogels wordt voornamelijk veroorzaakt door de activiteit veerdiensten en scheepvaart – stomen.

5.3 Drukfactoren

Het Impact Risico (relatief ten opzichte van het totale impact risico uit tabel 5.1) verdeeld over een bijdrage per MSFD-drukfactoren is weergegeven in tabel 5.3 en figuur 5.5. Het IR is gegeven als fractie tussen 0 en 1 in de figuur. De tabel laat zien welk percentage drukfactoren bijdraagt aan het totale IR per ecosysteemcomponent. In figuur 5.5 is tevens een verdere verdeling gemaakt per komberging.

Tabel 5.3 Relatieve bijdrage (%) per drukfactor aan het totale Impact Risico van een ecosysteemcomponent. Indien een drukfactor niet op een ecosysteemcomponent van toepassing is, is de cel leeg.

| Drukfactor | Bentische habitats | Pelagische habitats | Vissen | Vogels | Zeezoogdieren |
|---|--------------------|---------------------|--------|--------|---------------|
| Bedekking | 3,4 | 19,3 | | 0,0 | 0,0 |
| Belemmering voor verplaatsing van soorten | | | | 0,3 | 0,0 |
| Bodemberoering | 30,3 | | | | |
| Continu geluid | | | | 7,8 | 9,6 |
| Dood of verwonding door botsingen | | | | 0,5 | 0,3 |
| Elektromagnetische veranderingen | 0,0 | | | 0,1 | 0,0 |
| Impulsief geluid | | | | 11,8 | 2,9 |
| Input van afval dat ingenomen kan worden | 0,8 | 4,2 | | 6,8 | 8,1 |
| Input van afval dat verstriking veroorzaakt | 3,9 | 0,2 | | 2,0 | 2,4 |
| Input van licht | 0,1 | 0,3 | | 0,5 | 6,0 |
| Input van niet-synthetische stoffen` | 1,5 | 9,0 | | 13,1 | 15,7 |
| Input van radionucliden | 0,3 | 1,9 | | 2,9 | 3,6 |
| Input van synthetische stoffen | 1,8 | 10,1 | | 14,7 | 17,8 |
| Introductie van genetisch gemodificeerde soorten | 0,3 | 1,4 | | 2,1 | 2,5 |
| Introductie van microbiële pathogenen | 0,5 | 2,7 | | 4,1 | 5,0 |
| Introductie van niet-inheemse soorten | 0,6 | 4,0 | | 6,3 | 7,5 |
| Onttrekking van flora en/of fauna | 47,6 | 1,8 | | 16,8 | 7,7 |
| Onttrekking van substraat | 3,5 | 14,4 | | | |
| Thermische veranderingen | 0,1 | 0,9 | | 0,1 | 0,2 |
| Translocaties van soorten (inheems of uitheems) | 0,0 | 0,1 | | 0,1 | 0,2 |
| Verandering in pH | 1,2 | 6,7 | | 0,1 | 0,1 |
| Veranderingen in blootstelling aan golven | 0,4 | 2,0 | | 0,3 | 0,4 |
| Veranderingen in de toevoer van organisch materiaal | 0,5 | 2,6 | | 3,9 | |
| Veranderingen in getijden regime | 1,2 | 6,3 | | 1,0 | 1,3 |
| Veranderingen in stroomsnelheid | 0,5 | 2,7 | | 0,4 | 0,5 |
| Veranderingen in troebelheid/opslibbing | 0,4 | 2,3 | | 0,4 | 0,5 |
| Veranderingen in zoutgehalte | 0,1 | 0,4 | | 0,1 | |
| Verrijking met stikstof en fosfaat (eutrofiëring) | 0,3 | 1,9 | | 2,8 | |
| Verstoring (visueel) van soorten | | | | 0,7 | 7,8 |
| Volledig habitat verlies | 1,0 | 4,5 | | | |
| Totaal | 100 | 100 | | 100 | 100 |



Figuur 5.5 Impact Risico vanuit MSFD-drukfactoren met gebruik van ruimtelijke data. Kleuren geven de relatieve bijdrage van de twaalf (vanwege zichtbaarheid) meest bijdragende drukfactoren aan het Impact Risico voor de ecosysteemcomponenten, gedifferentieerd per komberging.

Het totale Impact Risico is hetzelfde als in de tabellen en figuren van sectoren. Nu is de relatieve verdeling alleen bepaald per drukfactor. Over de komberging wordt niet uitgebreid aangezien de ruimtelijke verdeling van het totaal gelijk is aan de figuur van de sectoren.

Bij bentische habitats zijn de drukfactoren onttrekking van flora en/of fauna (48%) en bodemberoering (30%) de meest bijdragende drukfactoren. Drukfactoren die minder (3-4%) IR bijdragen zijn input van afval dat verstrikking veroorzaakt, bedekking en onttrekking van substraat.

Pelagische habitats ervaren in totaal het minste IR. De drukfactoren die het meest (4-20%) bijdragen aan het IR zijn (op volgorde van hoog naar laag): bedekking, onttrekking van substraat, input van synthetische stoffen, input van niet-synthetische stoffen, verandering in pH, veranderingen in getijden regime, volledig habitat verlies, input van afval dat ingenomen kan worden en introductie van niet-inheemse soorten.

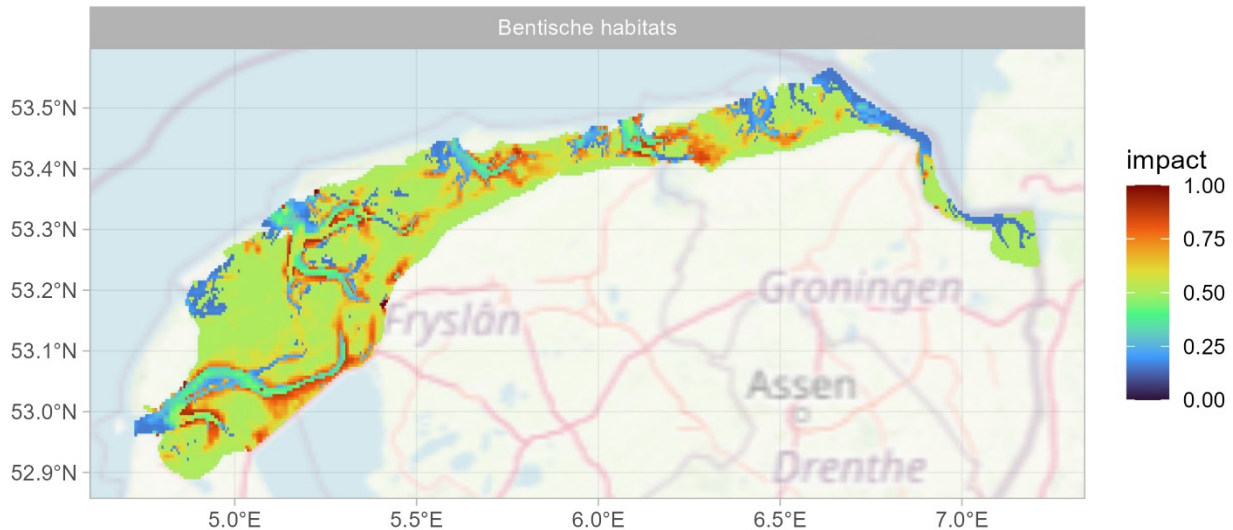
De ecosysteemcomponent vissen ervaart het meeste IR (>10%) van onttrekking van flora en/of fauna, input van synthetische stoffen, input van niet-synthetische stoffen, impulsief geluid. Andere drukfactoren die bijdragen (4-8%) zijn (op volgorde van hoog naar laag): continue geluid, input van afval dat ingenomen kan worden, introductie van niet-inheemse soorten en introductie van microbiële pathogenen.

Vogels als ecosysteemcomponent ervaren het meeste IR (>10%) van de drukfactoren, op volgorde: input van synthetische stoffen en input van niet-synthetische stoffen. Drukfactoren die 5-10% IR bijdragen zijn (op volgorde van hoog naar laag) continu geluid, input van afval dat ingenomen kan worden, verstoring (visueel) van soorten, onttrekking van flora en/of fauna, introductie van niet-inheemse soorten, input van licht en introductie van microbiële pathogenen.

De soortgroep zeezoogdieren ervaart het meeste IR (>10%) van de drukfactoren (op volgorde van hoog naar laag): input van synthetische stoffen, input van niet-synthetische stoffen en impulsief geluid. Daarbij is zijn in dezelfde volgorde de volgende drukfactoren verantwoordelijk voor 5-10% IR: continu geluid, input van afval dat ingenomen kan worden, onttrekking van flora en/of fauna, introductie van niet-inheemse soorten en introductie van microbiële pathogenen.

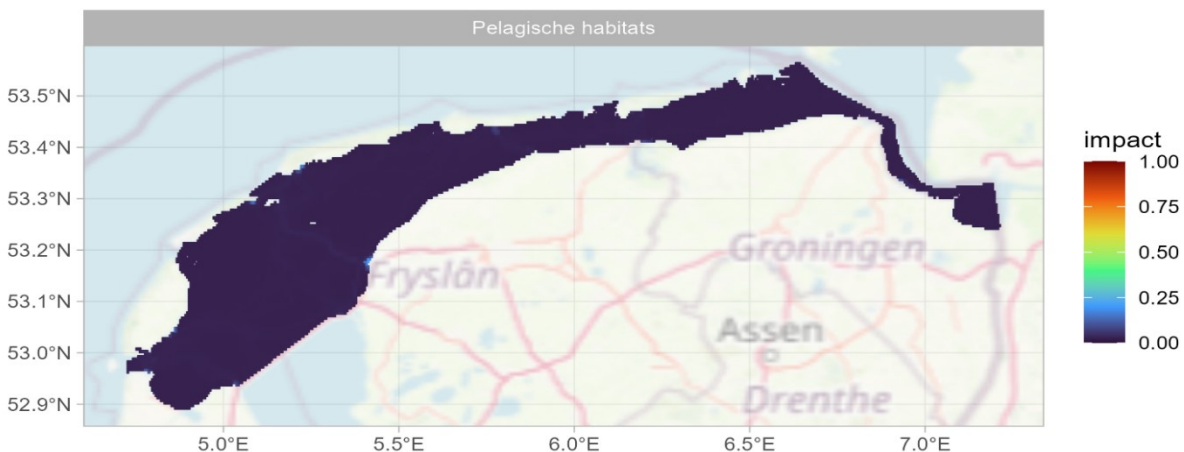
5.4 Ruimtelijke analyses

Door het gebruik van ruimtelijke data kan IR ook ruimtelijk gespecificeerd worden waarmee hotspots van risico worden geïdentificeerd. Dit is enkel mogelijk met gebruik van ruimtelijke data, en daarbij geldt dat meer en betere ruimtelijke informatie meer zekerheid geeft over de ruimtelijke verdeling van risico. Hieronder is de ruimtelijke verdeling van IR per ecosysteemcomponent weergegeven. Over het gebruik van deze kaarten is een toelichting gedaan in de discussie (zie 7.1.2.1).



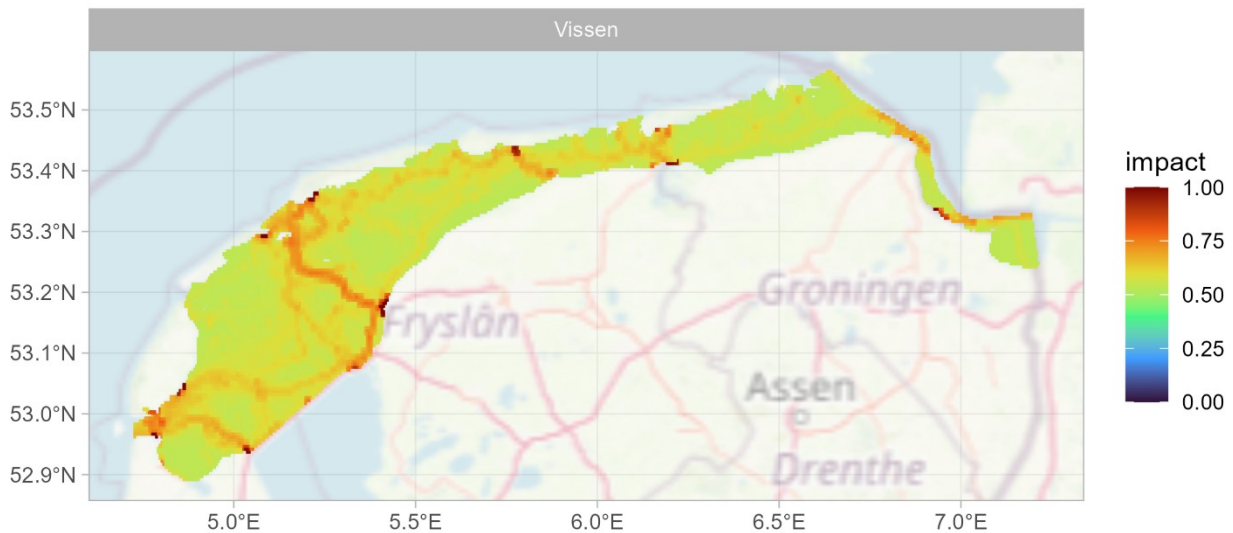
Figuur 5.6 Impact Risico voor bentische habitats in het studiegebied.

Het Impact Risico voor bentische habitats varieert aanzienlijk over het studiegebied. De inlaten van de kombergingen zijn goed te herkennen op de kaart omdat daar de IR laag is in de hoogdynamische ecotopen. Toch is er verschil tussen de inlaat van het Eems-estuarium, waar het IR de 0 nadert, en andere inlaten zoals bij het Marsdiep, Vlie, Borndiep en Zoutkamperlaag. Rondom deze inlaten, waar de laag- en middendynamische ecotopen aanwezig zijn is het IR het hoogst. Dit komt overeen met de staafdiagrammen uit hoofdstuk 5.1 en 5.2 waar het IR in die kombergingen ook het hoogst is. De hoogste IR locaties komen waarschijnlijk van een combinatie van de aanwezigheid van activiteiten met de meest verstorende drukfactoren in combinatie met laag- en middendynamische ecotopen. Voorbij de inlaten is het IR vrij egaal verdeeld.



Figuur 5.7 Impact Risico voor pelagische habitats in het studiegebied.

Het Impact Risico voor pelagische habitats is relatief laag, wat ook te zien is in de staafdiagrammen uit hoofdstuk 5.1 en 5.2. Ruimtelijk is dan ook weinig verschil te zien in IR, met uitzondering van enkele havens en vaarroutes.



Figuur 5.8 Impact Risico voor vissen in het studiegebied.

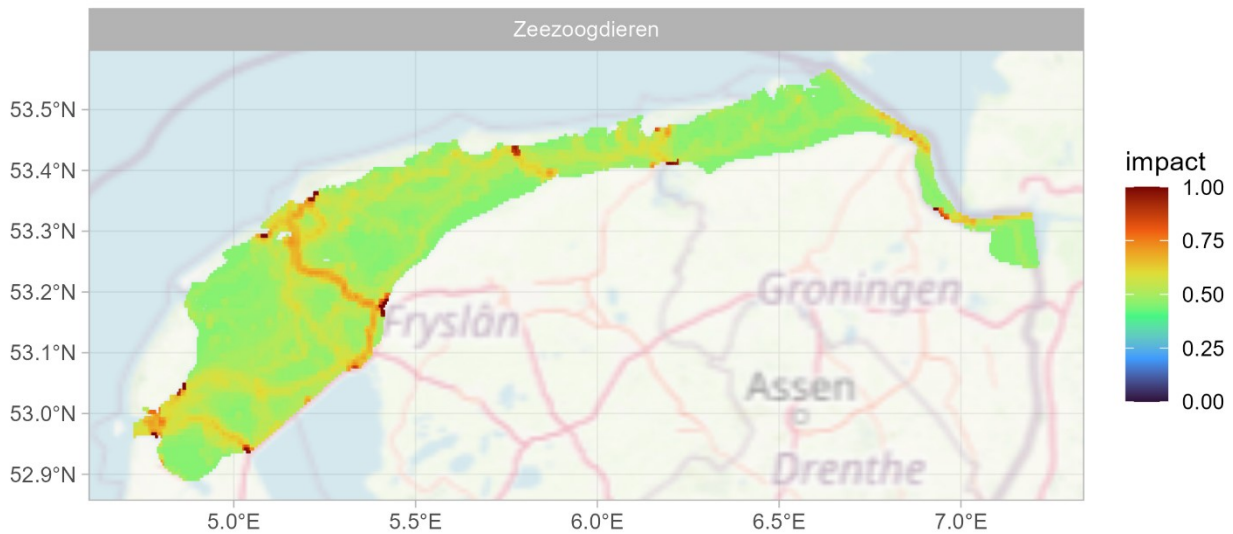
Een differentiatie van de ruimtelijke verdeling van het Impact Risico voor de ecosysteemcomponent vissen is vooral te zien rondom drukke vaarroutes en havens. Concentraties waar het IR hoog is zijn bij het begin van de inlaat van het Marsdiep, bij Harlingen en de verbinding met de afsluitdijk, Vlieland en Terschelling. Bij de verbindingen tussen Ameland en Holwerd en bij Lauwersoog en Schiermonnikoog zijn ook hoge concentraties te vinden. In het Eems-estuarium zijn tevens hoge concentraties IR aanwezig. Buiten de vaarroutes is het impact risico tevens verdeeld in hogere en minder hoge concentraties, toch is dit verschil minder sprekend. De verspreiding van vissen is homogeen verdeeld, dus er is geen rekening gehouden met concentraties van soorten, paaipplaatsen of andere verdelingen.



Figuur 5.9 Impact Risico voor vogels in het studiegebied.

De verdeling van het ruimtelijke IR voor de ecosysteemcomponent vogels is, net als bij vissen, geconcentreerd rondom drukke vaarroutes en havens. Concentraties waar het IR hoog is zijn bij het begin van de inlaat van het Marsdiep, bij Harlingen en de verbinding met de afsluitdijk, Vlieland en Terschelling. Bij de verbindingen tussen Ameland en Holwerd en bij Lauwersoog en Schiermonnikoog zijn ook hoge concentraties te vinden. In

het Eems-estuarium zijn ook hoge concentraties IR aanwezig. De verschillen buiten de vaarroutes zijn iets meer sprekend dan bij vissen, omdat het meest aanwezige niveau IR lager is (groene kleur). De verspreiding van vogels is homogeen verdeeld, dus er is geen rekening gehouden met concentraties van soorten, broedplaatsen of andere verdelingen.

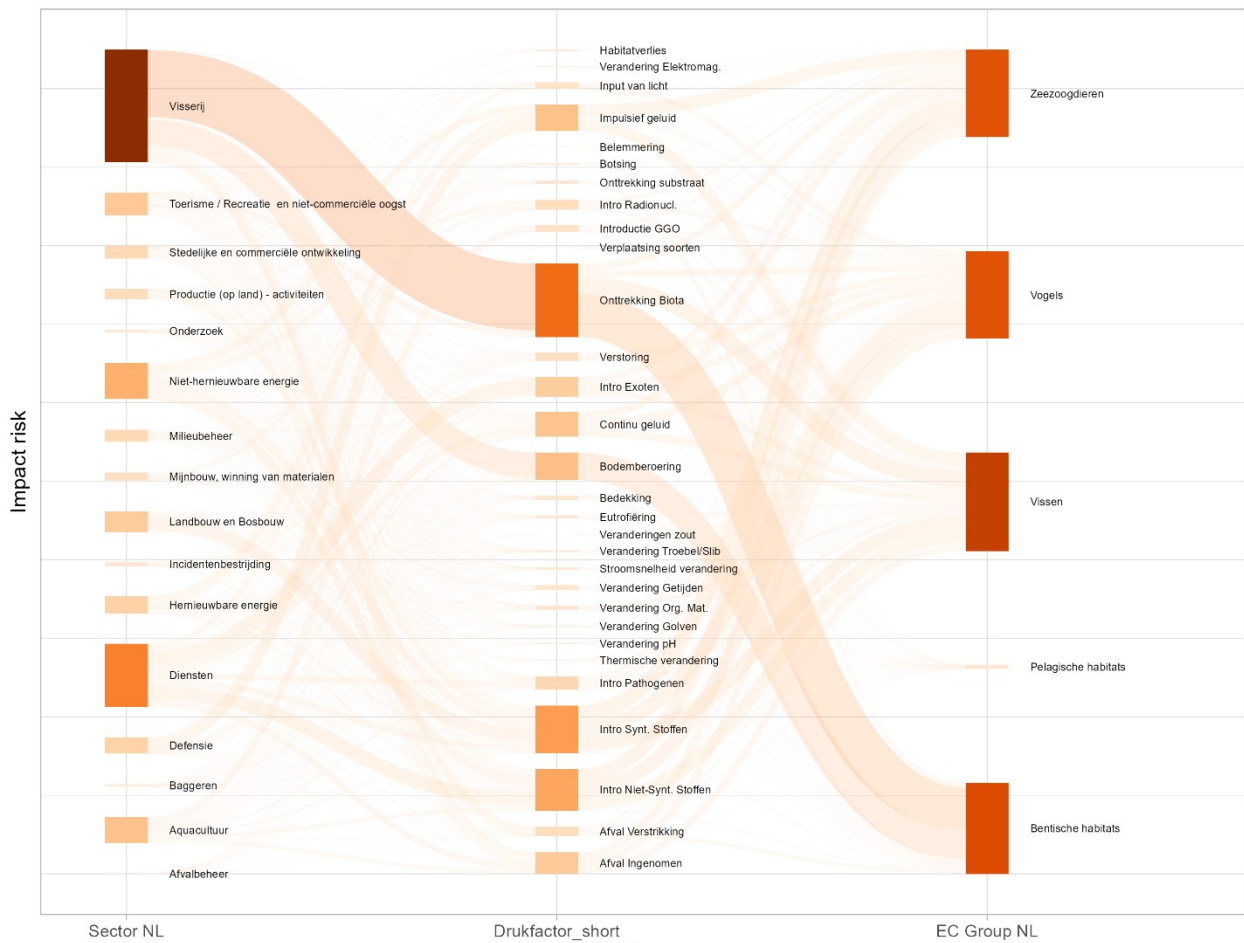


Figuur 5.10 Impact Risico voor zeezoogdieren in het studiegebied.

De verdeling het Impact Risico voor de soortgroep zeezoogdieren komt overeen met die van vogels, en in een mindere mate ook met vissen. Concentraties waar het IR hoog is zijn bij het begin van de inlaat van het Marsdiep, bij Harlingen en de verbinding met de afsluitdijk, Vlieland en Terschelling. Bij de verbindingen tussen Ameland en Holwerd en bij Lauwersoog en Schiermonnikoog zijn ook hoge concentraties te vinden. In het Eems-estuarium zijn ook hoge concentraties IR aanwezig. De concentraties van IR bij de drukke vaarroutes is net iets minder hoog dan bij vogels en vissen. Buiten de vaarroutes is het IR enigszins homogeen verdeeld, met uitzondering die te zien zijn met een donkergele kleur. De verspreiding van zeezoogdieren is homogeen verdeeld, dus er is geen rekening gehouden met concentraties van soorten, rustplaatsen of andere verdelingen zoals soorten die kunnen droogvallen (gewone en grijze zeehond) en soorten die dat niet kunnen (bruinvis).

5.5 Sankey diagram

Tenslotte kan de CIA, nu als raamwerk maar met parameterisatie, opnieuw als Sankey diagram gepresenteerd worden. Dit laat zien hoe het IR van de sectoren middels de drukfactoren terechtkomt bij de ecosysteem componenten (zie figuur 5.11).



Figuur 5.11 Sankey diagram van het totale Impact Risico. De dikte van de verbindingen geeft het aandeel IR weer.

6 Oplossingsrichtingen

De opzet van deze cumulatieve impact analyse waarbij de relatieve bijdrage van menselijke activiteiten en hun drukfactoren aan de cumulatieve impact op de verschillende componenten van het Waddenzee ecosysteem geschat wordt leent zich bij uitstek om de gevolgen van planning en beheer rekenkundig te benaderen. Zo is SCAIRM in eerste instantie ontwikkeld omdat de KRM verwacht dat een ecosysteem benadering dan wel ecosysteem-gericht beheer wordt toegepast om een Goede Milieu Toestand (GMT) te bereiken. SCAIRM geeft daarvoor niet alleen aan *WAT* (dus welke activiteiten en drukfactoren) beheerd kan worden maar ook een eerste indicatie van *HOE* dat zou kunnen middels een Programma van Maatregelen. Het doorrekenen van zo'n programma van maatregelen in termen van effectiviteit (uitkomst in reductie van IR) behoort dan ook tot de mogelijkheden en wordt momenteel bij WMR uitgezocht.

Vanuit die gedachte is de Waddenzee CIA toegepast om te kijken hoe hypothetische oplossingsrichtingen kunnen bijdragen aan het verbeteren van de natuurwaardes van de Waddenzee. Naarmate een oplossingsrichting resulteert in een grotere reductie van IR mag aangenomen worden dat dit op termijn resulteert in een grotere verbetering van de natuurwaarde. Omdat dit nog steeds gebaseerd is op wat in feite een risicobeoordeling is betekent dit een verkleining van het risico door de inzet van die oplossingsrichting(en). Het heeft daarmee geen voorspellende waarde over hoe zich dit concreet vertaalt in de indicatoren zoals gerapporteerd in de Staat van de Waddenzee of andere ecologische effecten gemeten in specifieke monitoringsprogramma's.

6.1 Selectie van oplossingsrichtingen

Om tot een advies voor oplossingsrichtingen te komen kunnen meerdere wegen gevolgd worden. Eerst wordt beschreven hoe de CIA hiervoor gebruikt kan worden. Vervolgens wordt een categorisering van maatregelen conform de richtlijnen van de KRM (programma van maatregelen) toegepast waarbij dan gebruik gemaakt kan worden van preferenties op basis van een karakteristiek van de drukfactoren uit (Piet et al., 2023). Naast de gevolgen van (verandering in) beheer voor de Waddenzee natuur kunnen ook de gevolgen van toekomstige ontwikkelingen, zoals het PAWOZ of andere keuzes uit beleid beoordeeld worden middels een CIA.

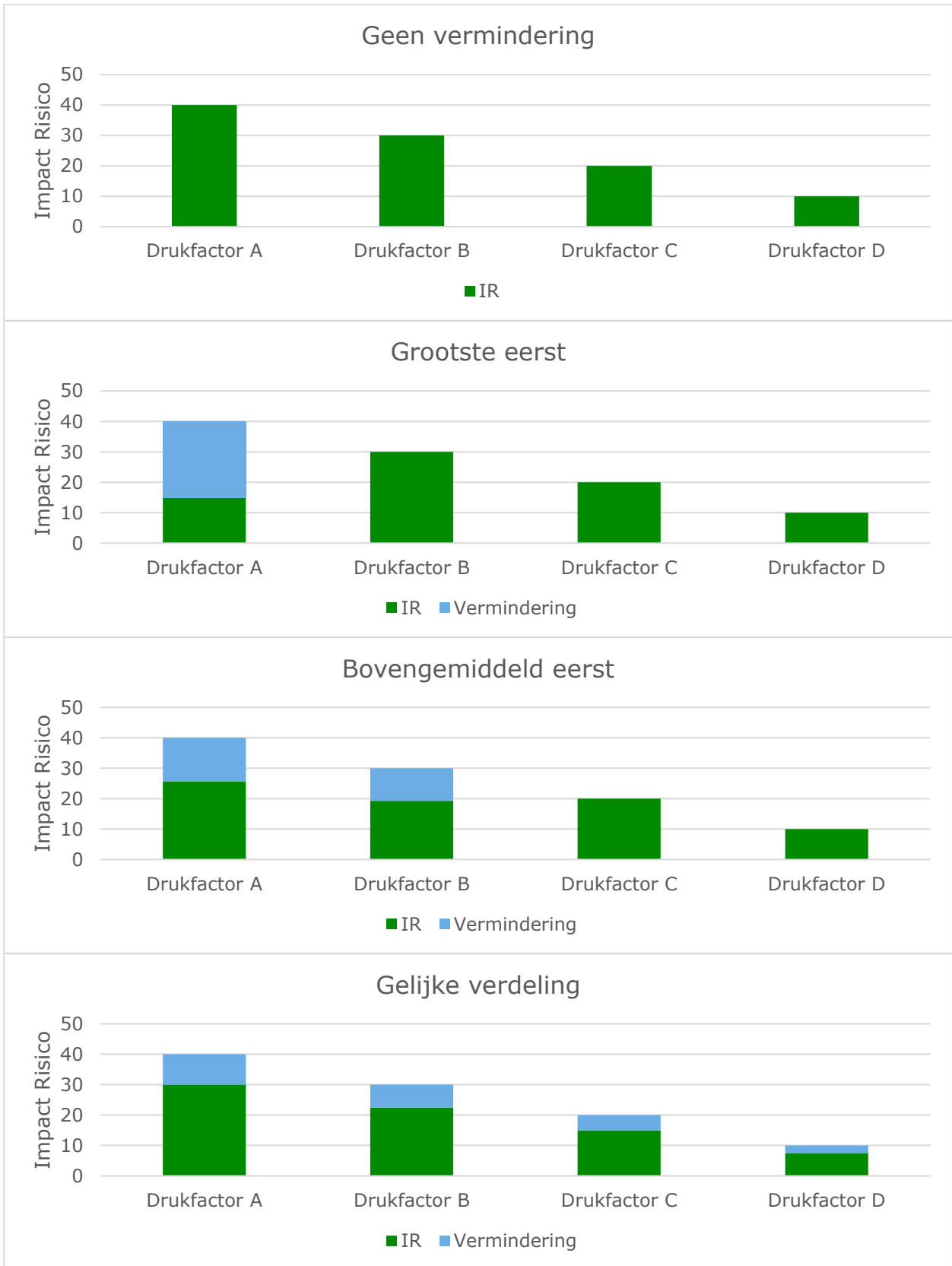
Hieronder worden een aantal opties om tot oplossingsrichtingen te komen die vervolgens weer gegroepeerd kunnen worden in beheer scenario's (zie toekomstige rapportage Waddenacademie).

6.1.1 Selectie van sectoren en drukfactoren

Een eerste selectie om tot oplossingsrichtingen te komen is die van de menselijke activiteiten en/of drukfactoren die als eerste in aanmerking komen voor mitigatie. Om een indruk te geven van het handelingsperspectief dat middels een CIA geboden kan worden zijn verschillende perspectieven uitgewerkt. Voor mitigatie per sector (zou ook per activiteit kunnen) kunnen bijvoorbeeld de volgende keuzes gemaakt worden (zie figuur 6.1):

- Grootste sector eerst. Dit betekent dat de sector met grootste bijdrage aan IR als enige gereguleerd wordt totdat de vereiste reductie van totaal IR bereikt is of de sector helemaal gesaneerd is (IR=0). Dan volgt de een na grootste etc.
- Bovengemiddelde sectoren eerst.
- Gelijke verdeling over alle sectoren. Hier worden dus alles sectoren evenredig gereduceerd.

Uiteraard zijn nog veel meer variaties mogelijk en kan er ook gekozen worden om bijvoorbeeld de sector die het meeste bijdraagt te ontzien als daar moverende redenen voor zijn bijvoorbeeld vanwege sociaaleconomische belangen. Belangrijk is dat iedere variant kan worden doorgerekend en uitgedrukt in een reductie van IR zodat ze vergelijkbaar zijn. Veel verschillende configuraties kunnen resulteren in de beoogde reductie in IR op het gehele Waddenzee ecosysteem of een (of meerdere) specifieke ecosysteem component(en).

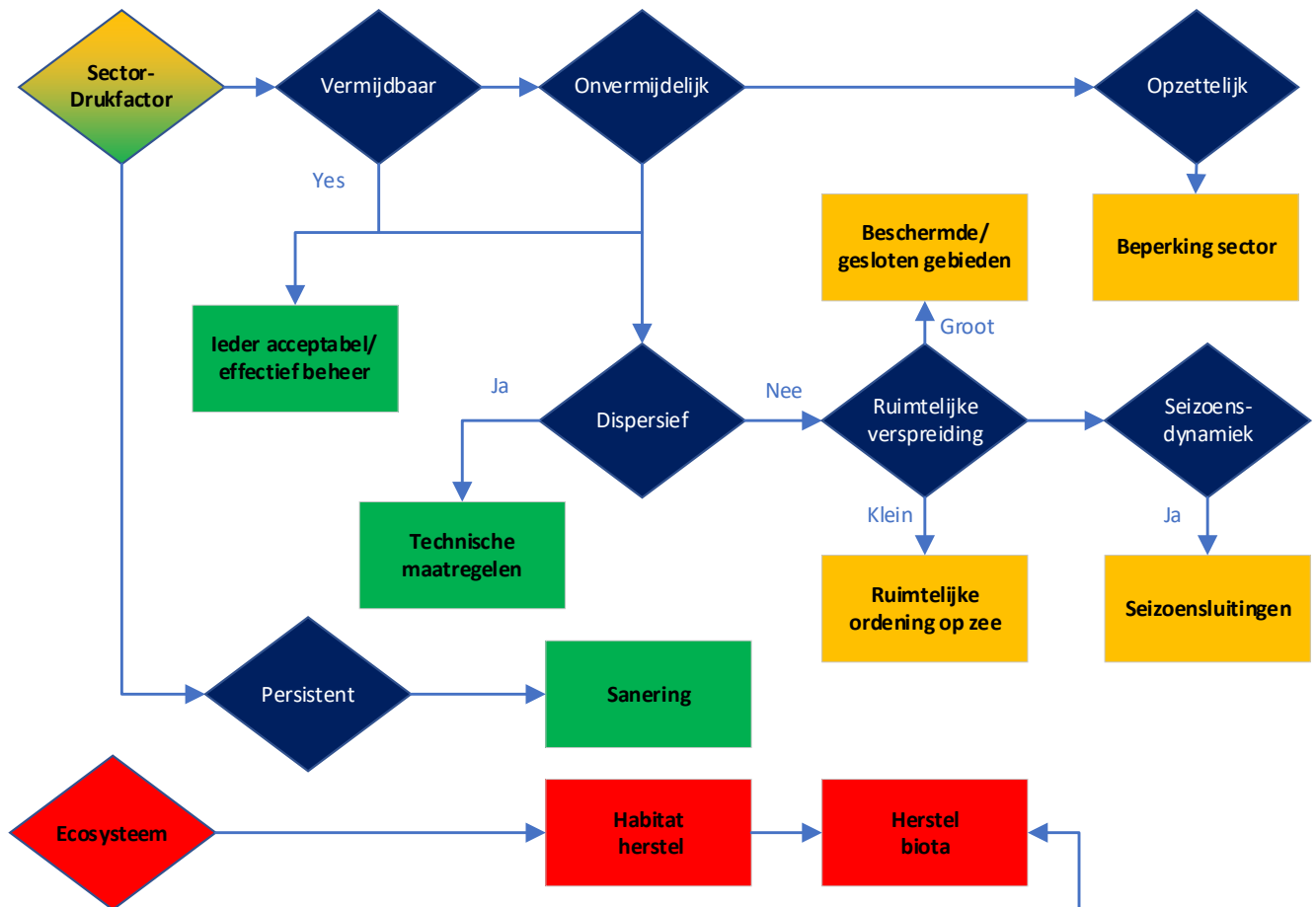


Figuur 6.1 Drie alternatieven voor integraal beheer op niveau van drukfactoren (zou ook op niveau van activiteiten kunnen) te realiseren. In ieder van de alternatieven moest een totale IR reductie van 25% gerealiseerd worden.

6.1.2 Relevante karakteristieken van drukfactoren

In Piet et al. (2023) is een eerste aanzet gepresenteerd van hoe relevante karakteristieken van drukfactoren gebruikt kunnen worden om de verwachte effectiviteit van maatregelen op specifieke sector-drukfactor combinaties mee te nemen in de beleidsadviesing. De drukfactoren worden gecategoriseerd als opzettelijk,

onvermijdelijk en vermijdbaar vanuit de aanname dat de opzettelijke drukfactoren (bijvoorbeeld de sterfte van vis als gevolg van visserij) lastiger te mitigeren zijn omdat dit consequenties heeft voor het doel waarvoor de hele activiteit wordt ingezet terwijl juist de vermijdbare drukfactoren (zwerfvuil, lozing contaminanten) eigenlijk altijd ongewenst zijn en relatief eenvoudig gemitigeerd kunnen worden zonder dat het noodzakelijkerwijs consequenties heeft voor de activiteit (anders dan in termen van kosten). Verder kunnen nog andere karakteristieken van drukfactoren: persistentie, dispersie, mate de verspreiding of een eventuele seizoensdynamiek gebruikt worden om keuzes te maken voor hoe een meest potentieel belovende oplossingsrichting eruit zou kunnen zien. Hierbij is uitgegaan van de categorieën van maatregelen zoals die voor de KRM-programma van maatregelen toegepast worden (zie figuur 6.2).



Figuur 6.2 Beslisboom voor advisering oplossingsrichtingen gebaseerd op karakterisering van drukfactoren en karakterisering van maatregelen volgens de KRM. Een eerste opzet is geadopteerd van Piet et al. (2023) maar verder verbeterd voor deze toepassing.

De prioritering van oplossingsrichtingen wordt weergegeven in de figuur. De effectiviteit van een oplossing op basis van een drukfactor neemt af met de kleur (respectievelijk groen-oranje-rood). Bijvoorbeeld i.g.v. het varen van veerdiensten (activiteit) in combinatie met de drukfactor verstoring (visueel) van soorten geldt dat de sector-drukfactor combinatie niet vermijdbaar is, anders zou de hele activiteit moeten stoppen maar is ook weer niet het doel van de activiteit en daarmee niet opzettelijk: het doel is het varen met een boot en niet het verstoren van een ecosysteemcomponent. De combinatie is dus onvermijdelijk. De combinatie is niet dispersief want de drukfactor vindt alleen plaats op de locatie van de activiteit. De ruimtelijke verspreiding is relatief groot, er varen veel passagiersschepen op de Waddenzee. Zo zou de voorkeurs oplossingsrichting zijn het instellen van beschermd/gesloten gebieden voor die soorten die specifiek beschermd moeten worden.

6.1.3 Toekomstige ontwikkelingen

Toekomstige ontwikkelingen in het gebruik van de Waddenzee kunnen consequenties hebben voor de natuurwaarden. Dit kunnen positieve veranderingen zijn en in dit geval kunnen ze beschouwd worden als oplossingsrichtingen maar kunnen ook negatieve veranderingen zijn die dan weer gecompenseerd moeten worden met extra oplossingsrichtingen om zo toch uiteindelijk op een onveranderde IR uit te komen. Een

voorbeeld hiervan is het Programma aanpak Wind op Zee (PAWOZ) waar de inzet van SCAIRM zou kunnen laten zien hoe dergelijke ontwikkelingen doorgerekend kunnen worden en de consequenties voor de natuur uitgedrukt in IR.

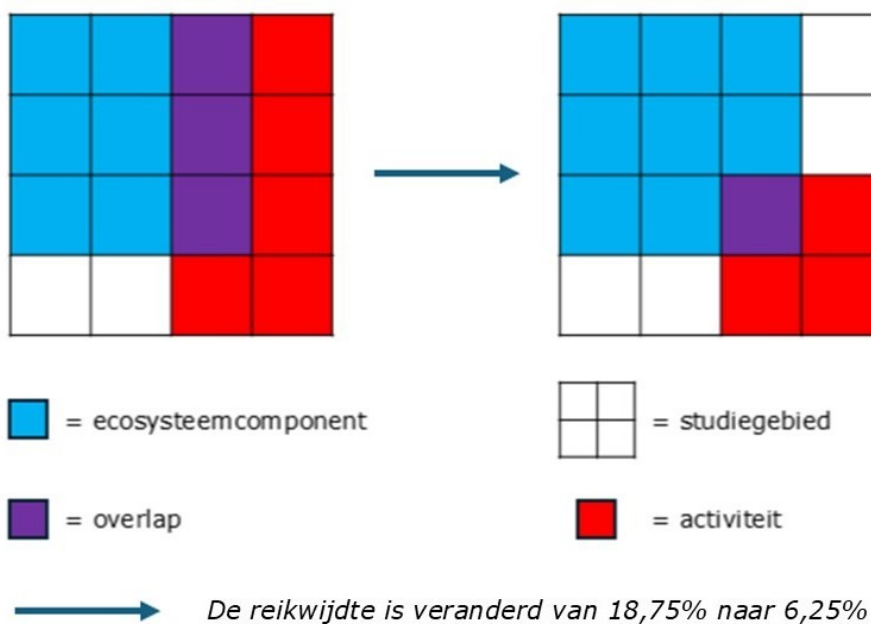
6.2 Toepassing in SCAIRM

Oplossingsrichtingen kunnen via een CIA uitgedrukt worden in een invloed op de cumulatieve druk in de Waddenzee. Hiervoor moeten deze keuzes en ontwikkelingen vertaald worden naar (veranderingen in) SCAIRM-parameters. Deze vertaling dient gedaan te worden met experts op het gebied van de ontwikkeling en de reactie van het ecosysteem op de ontwikkeling (bijvoorbeeld opstellers van een milieueffectrapportage) en met een onderzoeker die kundig is in het gebruik van SCAIRM.

Om een maatregel door te voeren in de analyse moeten een of meer parameters in SCAIRM aangepast worden op basis van een voorgestelde oplossingsrichting. Na een aanpassing dient de CIA opnieuw doorgerekend te worden waarbij de verandering van IR per ecosysteemcomponent gebruikt kan worden om verschillende oplossingsrichtingen onder een noemer te brengen zodat ze vergeleken kunnen worden.

Voor iedere vorm van ruimtelijke ordening zoals ook gesloten gebieden is reikwijdte (zie figuur 2.1) de aangewezen parameter om te veranderen. Een aanpassing aan de reikwijdte kan ruimtelijk gedaan worden, mits de activiteit ook ruimtelijk in het raamwerk aanwezig is. De aangepaste reikwijdte, samen met de verspreidingscomponent bepaald dan de nieuwe blootstelling (zie figuur 6.3). De blootstelling samen met de gevoeligheid bepaalt het Impact Risico, immers: $\text{blootstelling} * \text{gevoeligheid} = \text{Impact Risico}$ (zie formule).

$$\text{blootstelling} * \text{gevoeligheid} = \text{impact risico}$$



Figuur 6.3 Ruimtelijke verandering in reikwijdte.

Als er geen ruimtelijke informatie is over een activiteit kan de blootstelling nog steeds worden aangepast met een bepaald percentage. Dit kan ook wanneer een verandering van een activiteit niet plaatsvindt in de ruimte, maar in de tijd. Als de intensiteit van een activiteit met een bepaald percentage verminderd wordt, bijvoorbeeld 50%, omdat een activiteit de helft van het jaar niet door kan gaan, kan dit percentage simpelweg worden vermenigvuldigd met de blootstelling:

Basis:

$$\text{blootstelling} * \text{gevoeligheid} = \text{impact risico}$$

Vermindering in tijd of vermindering zonder ruimtelijke informatie van 50%:

$$(\text{blootstelling} * 0,5) * \text{gevoeligheid} = \text{impact risico}$$

Vanwege de opbouw van de formule kan de aanpassing dus ook rekenkundig gedaan worden aan de gevoeligheid:

$$(\text{blootstelling} * 0,5) * \text{gevoeligheid} =$$

$$\text{blootstelling} * 0,5 * \text{gevoeligheid} =$$

$$\text{blootstelling} * (0,5 * \text{gevoeligheid}) = \text{impact risico}$$

Verdere vertalingen van oplossingsrichtingen naar SCAIRM-parameters, bijvoorbeeld de magnitude of frequentie zijn tevens mogelijk. In deze fase van de ontwikkeling van de methodiek is hier echter nog geen concrete uitwerking gedaan, maar lijken de opties interessant voor de toekomst om de benadering naar de werkelijkheid nog dichterbij te brengen, al zal dit nooit een daadwerkelijke spiegel kunnen zijn.

7 Discussie

De discussie van deze eerste uitwerking van de cumulatieve impact analyse Waddenzee is drieledig:

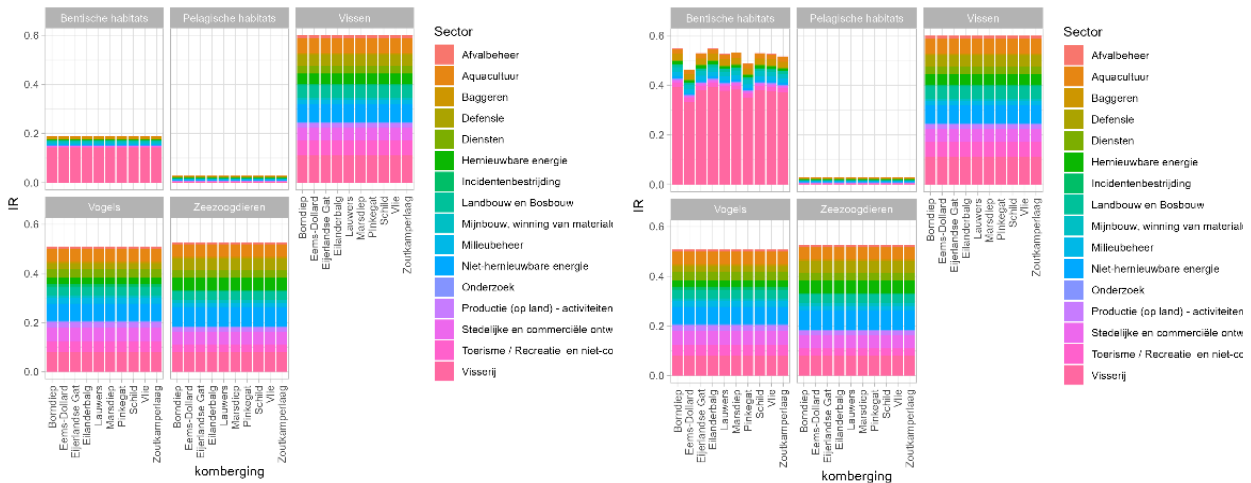
- de methodiek en parameterisering van de SCAIRM-methodiek voor dit rapport in de Waddenzee context;
- de resultaten van de CIA die een indicatie moeten geven van de menselijke activiteiten en hun drukfactoren die de grootste bijdrage geven aan de cumulatieve impact op de verschillende ecosysteemcomponenten zoals die in de staat van de Waddenzee voorkomen;
- de toepassing van de CIA om richting te geven aan beheer: oplossingsrichtingen.

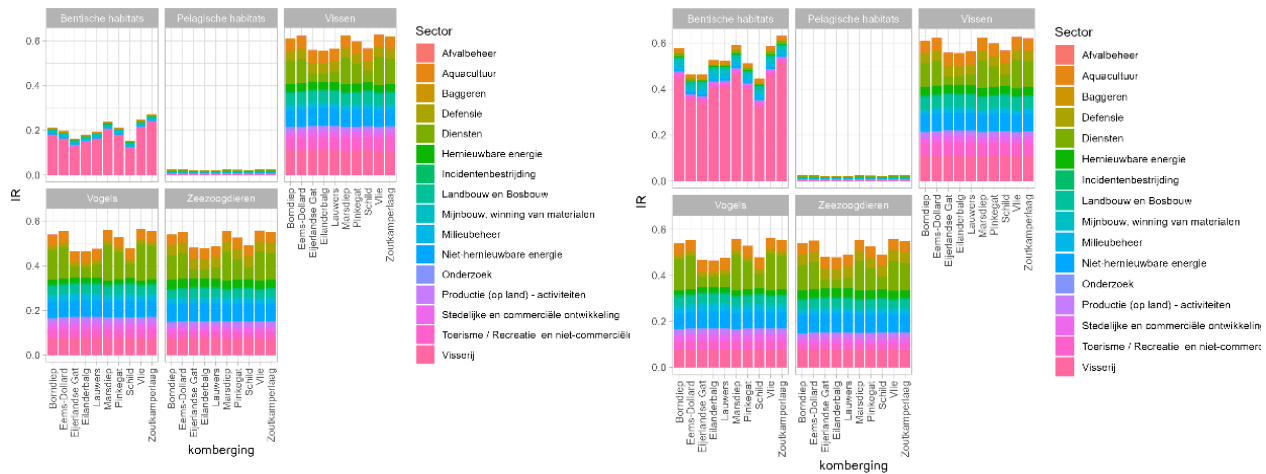
7.1 Methodiek en parameterisering

In de hoofdstukken 1 en 2 wordt reeds de methodiek met diens beperkingen en mogelijke toepassingen voor beheer omschreven. In deze discussie zal dan ook niet worden ingegaan op de SCAIRM-methodiek of CIA's in het algemeen, maar op deze eerste specifieke toepassing in de Waddenzee, met als doel een verklaring te geven van uitkomsten en eventuele contra-intuïtieve uitkomsten.

7.1.1 Verbetering resultaten middels parameterisatie

De overgang van een kwalitatieve CIA (dus alleen gebaseerd op het Waddenzee-raamwerk) naar een zo goed mogelijk geparameteriseerde CIA (nu met risicobeoordeling gebaseerd op de beschikbare data) heeft grote gevolgen voor de resultaten. In het kader van transparantie over de gevolgen van voortschrijdende verbetering met parameterisatie laat de figuur 7.1 hieronder zien hoe het gebruik van ruimtelijke informatie en inschatting van de herstelduur van bentische habitats hebben geresulteerd in de figuur die nu in de resultaten (zie hoofdstuk 5) gepresenteerd is. Voor beter zicht zijn de figuren vergroot toegevoegd in bijlage 3.





Figuur 7.1 Uitkomsten van de Waddenzee CIA afhankelijk van de voortschrijdende parameterisatie. Linksboven is geheel kwalitatief (dus alleen gebaseerd op het raamwerk), rechtsboven is met toepassing van de herstelduur bentische habitats, linksonder is met toepassing van de beschikbare ruimtelijke informatie van de activiteiten en tenslotte is rechtsonder de definitieve figuur (zie hoofdstuk 5) waarin beide parameterisaties zijn toegepast.

Het verschil tussen panelen linksboven en linksonder in figuur 7.1 geeft het verschil door het gebruik van beschikbare ruimtelijke data van activiteiten aan. De parameters reikwijdte, magnitude en frequentie worden bepaald door de ruimtelijke informatie uit activiteiten, zoals aangegeven in hoofdstuk 4. Het verschil in dit gebruik is voornamelijk te zien in de verschillen per komberging.

De gevolgen van de parameterisatie van de herstelduur van bentische habitats blijkt uit de verschillen tussen de panelen rechtsboven en rechtsonder van figuur 7.1. Dit is gebaseerd op de ecotopenkaart van Rijkswaterstaat gecombineerd met generieke scores voor alle Europese mariene wateren uit de publicatie van Knights et al. (2015). Deze waarden zijn generiek en niet specifiek bedoeld voor de ecotopen zodat er nog zeker ruimte is voor verbetering, bijvoorbeeld in specifieke herstelduurwaarden voor habitats of ecotopen. Deze herstelduurwaarden zijn onafhankelijk, dus niet gekoppeld aan herstel na een specifieke activiteit, waardoor wordt aangenomen dat het herstel na elke gebeurtenis van een sector-drukfactor combinatie hetzelfde gaat.

Er zijn echter meerdere variabelen die de gevoeligheid en herstelduur van bodemleven door bijvoorbeeld bodemberoering bepalen. Eijsackers et al. (2023) verwacht dat op basis van algemene inzichten in ieder geval bodemberoerende visserij een grotere impact heeft op de bodemgemeenschappen in weinig dynamische, slibrijke bodems dan in zandige bodems in een dynamische omgeving. Ook bodemberoering door baggeren zou een groter effect hebben in laagdynamische gebieden in de Waddenzee (Heidinga et al., 2023). Dus ondanks dat de specifieke waarden zoals nu gebruikt hoogstwaarschijnlijk verbeterd moeten kunnen worden, voldoen de gebruikte scores om herstelduur van ecotopen mee te nemen in de CIA en kunnen er zinvolle/inzichtelijke iteraties worden gedaan met de variatie in de scores.

7.1.2 Interpretatie resultaten

Een CIA is in feite een risicobeoordeling die inzicht moet geven in wat de relatieve bijdrage is van de verschillende menselijke activiteiten (vertaald naar sectoren) en hun drukfactoren aan het risico op een impact (een verandering in de toestand) van de verschillende ecosysteemcomponenten. Voor de parameterisering is gebruik gemaakt van scores op grond van expert-judgement en waar mogelijk kwantitatieve data. Voor deze eerste iteratie is ervoor gekozen met brede soortgroepen te werken voor de ecosysteem componenten, op termijn en met de verdere verbetering van de parameterisatie is het mogelijk een verdere detaillering tot specifieke soorten door te voeren in afstemming met hun voorkomen in de Staat van de Waddenzee of volgens andere wensen of behoeftes. De resultaten van de CIA worden uitgedrukt in IR wat een indicatie is van de potentiële verandering in biomassa of abundantie van een ecosysteemcomponent ten opzichte van een onverstoorde toestand. Omdat het hierbij gaat om brede soortgroepen waarbinnen aanzienlijke variatie in gevoeligheid en/of herstelvermogen kan bestaan is er voor de gekozen de schattingen van de gebruikte waarden vanuit een voorzorgsprincipe in te vullen. Dit betekent dat die waarden veelal gebaseerd zijn op "worst case" aannames dus gebaseerd op de relatief kwetsbaarste soorten binnen die soortgroepen. Dit

betekent dus dat met verdere verbetering van de parameterisatie, waardoor meer soort-specifieke beoordelingen uitgevoerd kunnen worden de IR waarden van de minder kwetsbare soorten hoogstwaarschijnlijk lager zullen uitpakken. Dit kan alleen bevestigd worden door deze analyse ook uit te voeren en resultaten te vergelijken. Voor nu kan dus een onzekerheid rondom de geschatte IR verwacht worden. Dit gaat dan dus met name om de absolute schatting van IR zoals gerapporteerd in hoofdstuk 5 maar zal weinig uitmaken in de relatieve bijdragen van de verschillende activiteiten en hun drukfactoren zoals gerapporteerd in hoofdstuk 5.2. Aangezien juist deze relatieve bijdragen van belang zijn, is het niet de verwachting dat waar nu substantiële verschillen tussen de activiteiten/drukfactoren gevonden worden een verdere verbetering van de parameterisatie zou resulteren in een andere prioritering en daarmee een heel andere advisering. Daar waar de verschillen tussen de activiteiten/drukfactoren kleiner zijn, kan het uiteraard wel degelijk uitmaken.

7.1.2.1 Ruimtelijke informatie

Uit de ruimtelijke weergaves van risico uit hoofdstuk 5.4 kunnen hotspots van IR worden geïdentificeerd. Dit is mogelijk omdat een deel van de activiteiten en veroorzaakte druk ruimtelijk te visualiseren is. Zo is ook te zien waar impact risico het hoogst is. Hoewel nu al mogelijk, is het identificeren van hotspots zuiverder met meer ruimtelijke informatie, van zowel alle activiteiten als ecosysteemcomponenten. Activiteiten waar geen data voor is gebruikt zijn homogeen verspreid, net als ecosysteemcomponenten. Het beeld dat ergens meer druk plaatsvindt is daardoor een benadering van hoger risico, maar niet de exacte weergave. Een ruimtelijk beeld kan echter wel richting geven in het bekijken van gebieden met veel of juist weinig risico om te onderzoeken of maatregelen, zoals sluitingen of beschermde gebieden, op een lokale schaal toepasbaar zijn.

7.1.3 Over resultaten van visserij

De sector visserij heeft veel activiteiten waarvoor, indien mogelijk, ruimtelijke data gebruikt wordt. Die waren alleen beschikbaar voor wat uiteindelijk ook de belangrijkste activiteit blijkt, namelijk garnalenvisserij, waardoor er zorg was dat hier sprake kon zijn van een systematische fout door gebruik van data ipv expert-judgement. Verdere checks en het feit dat ook andere activiteiten zoals staandwantvisserij en zegenvisserij grote bijdragers aan IR leveren laat zien dat het gebruik van ruimtelijke data ipv expert-judgement niet zorgt voor een systematische fout. Bij pelagische habitats bijvoorbeeld zijn de hoogste drie activiteiten niet gebaseerd op ruimtelijke informatie in deze CIA. Het IR wordt voornamelijk veroorzaakt door de expert-judgement inschatting van de blootstelling en gevoeligheid.

De relatief hoge bijdrage van de activiteit garnalenvisserij wordt vooral bepaald door de parameter reikwijdte. De overige parameters voor de twee belangrijkste drukfactoren: bodemberoering en extractie van flora en fauna zijn bij de meeste visserijactiviteiten nagenoeg gelijk. Wanneer de ingeschatte reikwijdte wordt vervangen met een ruimtelijke kaart, verandert er aan de geschatte (relatieve bijdrage aan) IR niet veel (zie figuren 7.1). De aangepaste herstelduur bij bentische habitats is niet van invloed op het aandeel aan IR van visserij, zoals te zien in figuur 7.1.

7.1.3.1 Bodemberoering

In Eijsackers et al. (2023) zijn de effecten van garnalenvisserij beoordeeld. Hierin wordt gesteld dat bodemberoerende visserij, net als elk ander type visserij, invloed heeft op natuurlijk functioneren van het ecosysteem. Over verschillen in vormen van bodemberoering wordt niet veel ingegaan, gezien dit ook niet de focus is van het rapport. Er wordt wel gesteld dat het verlies van platte oesterbanken begin 19^e eeuw het gevolg was van bodemberoerende visserij in het algemeen, dus niet specifiek van garnalenvisserij. Verder wordt enkel uitgeweid over de specifieke gevolgen van garnalenvisserij voor de bodemberoering. Als er geen specifieke verschillen tussen de manier van bodemberoering per visserijactiviteit kan worden gemaakt in dit rapport, is de parameterisatie van die verschillende visserijactiviteiten voor de drukfactor bodemberoering correct. Ook vergeleken met activiteiten anders dan visserij, waar bodemberoering aan gekoppeld is, is de parameterisatie van gevaar, gedrag en magnitude nagenoeg hetzelfde. Dit bevestigt dus weer dat het grote relatieve aandeel uit visserij en daarmee voornamelijk uit garnalenvisserij ontstaat door de reikwijdte van de activiteit waar geverifieerde ruimtelijke informatie voor gebruikt is.

7.1.3.2 Extractie van flora en fauna

Deze activiteit is moeilijker te vergelijken met activiteiten buiten de sector visserij, het is immers een visserijgebonden activiteit. Alleen de sector toerisme/recreatie, waarin activiteiten zoals sportvissen,

zeeaswinning voorkomen is veel vertegenwoordigd in de drukfactor extractie van flora en fauna. Overige sectoren waar de drukfactor ook voorkomt zijn onderzoek, aquacultuur, mijnbouw en milieubeheer, waar extractie van flora en fauna zich vertaalt in bijvangst van bentische organismen tijdens de verschillende activiteiten. Bij deze activiteiten zijn de parameters gevaar, gedrag en magnitude ook veelal hetzelfde, al dan niet structureel verschillend tegenover de visserijactiviteiten. Dat betekent dat het overgrote aandeel van extractie van flora en fauna voortkomt uit de reikwijdte van de activiteit garnalenvisserij welke aantoonbaar hoger is dan die van de andere activiteiten.

7.1.4 Beheer van activiteiten met een reikwijdte van 0%

Een onderdeel van een CIA is het informeren van beleid en beheer. De Waddenzee wordt echter beïnvloed door druk wat buiten het beheer valt. Dat is door indirecte druk zoals klimaatverandering, wat geen onderdeel is van de analyse. Wel kunnen er menselijke activiteiten plaatsvinden buiten de Waddenzee die wel directe invloed uitoefenen. Hieronder is in een tabel aangegeven welke activiteiten buiten de Waddenzee plaatsvinden en al dan niet onder beheer van de Waddenzee vallen. Deze tabel is om een inzicht te geven in hoe de activiteiten in SCAIRM nu zijn benaderd en kan in een vervolgstudie ook worden aangepast.

Tabel 7.1 *Activiteiten in het raamwerk met een reikwijdte van 0. Verdeeld over binnen en buiten beheer.*

| Activiteiten buiten de Waddenzee maar binnen het beheer | Activiteiten buiten de Waddenzee maar buiten het beheer |
|--|---|
| Teelt van gewassen en onderhoud van weilanden | Olie en gas - constructie |
| Bosbouw | Olie en gas - ontmanteling |
| Ex-situ (op land) aquacultuur | Olie en gas - exploratie |
| Algemeen (atmosferische emissies, afvoer van voedingsstoffen) door vee | Zeewaterzwembad |
| Landaanwinning - constructie | Zuigkorvisserij - operationeel |
| Landaanwinning - operationeel | Zuigkorvisserij - overig |
| Elektriciteitscentrales (landgebonden aan de kust) - constructie) | Windparken - constructie |
| Kwelderbeheer - Begrazing op kwelders | Windparken - operationeel |
| Kwelderbeheer - Onderhoud kunstmatige structuren kwelders | in-situ viskweek - operationeel |
| Kwelderbeheer - Onderhoudskwelderwerken | in-situ viskweek - opstelling |
| Kwelderbeheer - Onderhoud maaien/snijden kweldervegetatie | Zeewierkweek - operationeel |
| Kwelderbeheer - Onderhoud waterwegen kwelders | Zeewierkweek - opstelling |
| Toeristisch resort - constructie | Jacht op vogels |
| Toeristisch resort - operationeel | |
| Transport - emmissies van wegen naar water/bodem | |
| Stedelijke woningen en commerciële ontwikkelingen - bouw | |
| Stedelijke woningen en commerciële ontwikkelingen - operationeel | |
| Vogeleieren - (vertrappen, verwijderen van individuen) | |
| Wandelen (vertrappen, verstoring van de fauna) | |

7.1.4.1 Olie en gaswinning

Olie en gaswinning is een bijzondere activiteit om in te passen in SCAIRM. De activiteit bestaat uit vijf delen: luchtvaart, operationeel, exploratie, constructie en ontmanteling. Deze laatste hebben een reikwijdte van 0 gekregen, omdat deze activiteiten (nog) niet in het "natte" Wad plaatsvinden. Luchtvaart, bijvoorbeeld voor onderhoud, kan over de litorale zone van de Waddenzee vliegen, dus is meegenomen in de reikwijdte (met 1). Er staan geen actieve boorplatformen in de Waddenzee (platform Zuidwal is in 2021 gesloten¹), maar er wordt wel degelijk gas gewonnen vanaf het land. Deze boringen zijn schuin, waardoor ze onder de Waddenzee terecht komen. Als je dus de Waddenzee direct vanaf boven bekijkt, zoals op de kaart van het studiegebied in hoofdstuk 2, valt deze activiteit (de boring zelf) wel degelijk binnen het studiegebied. Daarom is gekozen voor een reikwijdte van >0, in dit geval 1. Dit voorbeeld laat zien dat, hoewel keuzes terug te herleiden zijn, de berekeningen toch gevolgen hebben van het vertalen van de werkelijkheid naar een model en dat interpretaties ertoe doen.

7.1.4.2 Aquacultuur

Aquacultuur is andere sector kan opvallen in bijdrage aan Impact Risico. De sector draagt volgens de analyse 11% van het Impact Risico bij pelagische habitats, tussen de 8-9% voor vissen, vogels en zeezoogdieren en <3% voor bentische habitats. Hoewel er aquacultuur plaatsvindt in de Waddenzee, doormiddel van

¹ <https://mijnbouwvergunningen.nl/page/view/ff1e4ef4-bd73-498f-b04c-5a84dda0de2/zuidwal>

mosselcultuur, wordt een groot deel van het Impact Risico veroorzaakt door activiteiten genoemd in tabel 7.1, dus buiten de Waddenzee. Om dit nader te beschouwen is het aandeel per activiteit van de sector aquacultuur voor pelagische habitats weergegeven in figuur 7.2. Uit de figuur wordt duidelijk dat niet alleen meer activiteiten van buitenaf bijdragen aan het Impact Risico vanuit deze sector, maar ook tevens de grootste bijdrage aan impact risico hebben. Door rekening te houden met invloeden van buitenaf, die wel onder deze sector vallen kan een sector dus hoger in impact risico uitvallen. Bij het formuleren van beheer voor in de Waddenzee zone dient hier altijd rekening mee gehouden te worden. Dat betekent dat sectoren die in de complete analyse als relatief grote bijdragers naar voren komen, niet altijd degenen zijn die ook kunnen zorgen voor invloedrijk beheer. Niet-hernieuwbare energie is een ander voorbeeld hiervan.



Figuur 7.2 Uitsplitsing activiteiten behorende bij de sector aquacultuur in aandeel Impact Risico op bentische habitats van het totale IR uit alle sectoren. De blauwe omkadering geeft activiteiten weer die buiten het studiegebied vallen. De groene omkadering geeft activiteiten weer binnen het studiegebied en zo binnen het Waddenzeebeheer.

7.2 Discussie resultaten

Er zijn in de laatste twee decennia een aantal effect beoordelingen van het totaal aan menselijke activiteiten in de Waddenzee gedaan, waarvan die door het Waddenberaad tweemaal is geweest, en die voor VHR-rapportages en voor evaluatie van Natura 2000-beheerplannen regelmatig/periodiek worden uitgevoerd. Het is interessant na te gaan wat de overeenkomsten en verschillen zijn van deze beoordelingen met de huidige beoordeling van deze rapportage. Dan gaat het om de beschouwde menselijke activiteiten, drukfactoren en ecosysteemcomponenten en de omvang van de effecten die hieraan zijn en worden toebedeeld. De methoden en de gebruikte gegevens zullen onderling deels verschillen. In de volgende paragrafen wordt hierop ingegaan. Voor verduidelijking worden specifieke SCAIRM-sectoren, (deel)activiteiten, drukfactoren en ecosysteemcomponenten *schuin* gedrukt. De effect beoordelingen worden soms vergeleken met het Waddenzeeraamwerk, als het enkel om de positie van activiteiten, drukfactoren of verbindingen gaat, en soms met de Waddenzee CIA, als het vergelijkingen van effecten betreft.

7.2.1 Vergelijking met de Ecologische evaluatie Natura 2000-beheerplannen

In het rapport van Heidinga et al. (2023) worden beheermaatregelen voor verschillende activiteiten die binnen het Natura 2000-gebied Waddenzee plaatsvinden, geëvalueerd en gekeken naar effecten van deze activiteiten op de Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen. Hieronder volgt een vergelijking van effecten volgens Heidinga en collega's en de beoordeelde effectketens in deze rapportage. In het rapport worden activiteiten onderverdeeld in groepen: civiele werken en overige, recreatie, visserij, en nieuwe activiteiten. Deze laatste categorie is buiten deze vergelijking gelaten omdat op voorhand deze activiteiten al zijn bekeken bij het opstellen van het Waddenzeeraamwerk. Ook zijn alleen de activiteiten behandeld waar iets wordt genoemd over een effect, dus niet overige activiteiten per groep. In de onderstaande tabel 7.2 wordt een overzicht gegeven waar mogelijk drukfactoren uit het raamwerk worden gekoppeld aan activiteiten uit Heidinga et al. (2023). Eronder wordt dit tekstueel toegelicht.

Overigens wordt in Heidinga et al. (2023) vermoed dat er ongeveer net zoveel effectketens in de Waddenzee zouden moeten zitten als in de Noordzee volgens Borgwardt et al., (2019). Met deze eerste versie van deze Waddenzee CIA is die vraag beantwoord (zie hoofdstuk 3.4).

Tabel 7.2 Activiteiten uit Heidinga et al. (2023), gekoppeld aan drukfactoren uit SCAIRM. Rode activiteiten komen in het SCAIRM-raamwerk niet voor, paarse activiteiten komen wel voor, maar onder een andere constructie. Oranje activiteiten zijn in SCAIRM niet gekoppeld aan de drukfactor genoemd in de rij van deze tabel.

| Drukfactor SCAIRM | Activiteit Heidinga et al. (2023) |
|---|--|
| Bodemberoering | Baggeren, onderhoud aan kabels en leidingen , schelpenwinning, wadlopen, recreatieve visserij, mosselzaadvisserij, garnalenvisserij, handkokkelvisserij, mechanische pierenwinning |
| Belemmering voor verplaatsing van soorten | |
| Veranderingen in de toevoer van organisch materiaal | MZI's |
| Veranderingen in troebelheid/opslibbing | Baggeren, onderhoud aan kabels en leidingen , strandsuppleties, zoutwinning , gaswinning, schelpenwinning, mosselkweek, mosselzaadvisserij, garnalenvisserij |
| Veranderingen in blootstelling aan golven | |
| Continu geluid | Scheepvaart, burgerluchtvaart, defensie, robbentochten , wadlopen , betreding (hooggelegen) zandplaten , (snelle) recreatievaart, evenementen , spieringvisserij |
| Dood of verwonding door aanvaring | Scheepvaart |
| Verstoring (visueel) van soorten | Baggeren, onderhoud aan kabels en leidingen , strandsuppleties, schelpenwinning, scheepvaart, burgerluchtvaart, defensie, robbentochten , wadlopen, betreding (hooggelegen) zandplaten , (snelle) recreatievaart, kitesurfen, evenementen , recreatieve visserij, visserij met vaste vistuigen , mosselkweek, MZI's, mosselzaadvisserij, garnalenvisserij, handkokkelvisserij, spieringvisserij |
| Elektromagnetische veranderingen | |
| Veranderingen in getijden regime | |
| Onttrekking van flora en/of fauna | Recreatieve visserij , visserij met vaste vistuigen , garnalenvisserij, handkokkelvisserij, spieringvisserij |
| Input van afval dat verstrikking veroorzaakt | |
| Impulsief geluid | Defensie, evenementen |
| Input van licht | Scheepvaart, defensie, betreding (hooggelegen) zandplaten , evenementen |
| Introductie van microbiële pathogenen | |
| Introductie van niet-inheemse soorten | |
| Input van niet-synthetische stoffen | |
| Input van radionucliden | |
| Input van synthetische stoffen | |
| Input van afval dat ingenomen kan worden | |
| Verrijking met stikstof en fosfaat (eutrofiëring) | |
| Verandering in pH | |
| Veranderingen in zoutgehalte | |
| Onttrekking van substraat | |
| Bedekking | Strandsuppleties |
| Thermische veranderingen | |
| Volledig habitat verlies | Zoutwinning , gaswinning |
| Translocaties van soorten (inheems of uitheems) | |
| Veranderingen in stroomsnelheid | |
| Effecten buiten SCAIRM | |
| Sterfte | Baggeren |
| Bodemdaling | Zoutwinning , gaswinning |
| Vervuiling | Scheepvaart |
| Geen of onbekend | Demonstratievisserij |
| Toename in secundaire productie | Mosselkweek |
| Toename voedselbeschikbaarheid | Mosselkweek, MZI's |
| Afname voedsel | Mosselzaadvisserij, garnalenvisserij, handkokkelvisserij, spieringvisserij |

Uit de tabel en de onderstaande analyse valt op dat de drukfactoren *verstoring (visueel) van soorten*, *veranderingen in troebelheid/opslibbing*, *geluid (continu/impulsief)* en *bodemberoering* het vaakst worden genoemd bij activiteiten. In de Waddenzee CIA is *bodemberoering* een aanwezige drukfactor voor bentische habitats. *Verstoring (visueel) van soorten* is enkel bij vogels een prominente drukfactor (8,2% IR). *Veranderingen in troebelheid/opslibbing* is bij pelagische habitats relatief het hoogst (2,6%), maar speelt dus tevens een ondergeschikte rol. *Continu geluid* en *impulsief geluid* zijn wel belangrijke drukfactoren voor de

ecosysteemcomponenten *vogels, vissen en zeezoogdieren*. De drukfactoren *introductie van synthetische stoffen* en de *introductie van niet-synthetische stoffen* komen in Heidinga et al. (2023) niet aan bod, alleen wordt er druk van vervuiling genoemd vanaf scheepvaart.

Het methodologische verschil tussen beide onderzoeken, waarbij bij Heidinga et al. (2023) wordt gezocht naar significante effecten op instandhoudingsdoelstellingen en bij de Waddenzee CIA middels parameterisatie naar het aandeel in risico, kan zorgen voor deze inconsistenties. Het significante effect van de introductie van stoffen kan moeilijker zijn om direct te meten, terwijl het uiteindelijk wel een effect kan hebben op bijvoorbeeld de gezondheid van soorten of kwaliteit van habitats (Carls et al., 1999), dus moet er volgens de CIA wel rekening mee worden gehouden.

7.2.1.1 Civiele werken en overige

Baggeren

Aan meerdere voorwaarden voor baggeren uit het beheerplan wordt niet voldaan. Dit heeft te maken met voorwaarden omtrent ecologie en communicatie. Effecten van baggeren die worden genoemd, komen van het baggeren zelf en het verspreiden van bagger. Deze activiteiten hebben effect op de natuurlijke successie en veroudering van het bodemleven (Heidinga et al., 2023). Bij gebaggerde locaties treedt sterfte en vertroebeling op, vertroebeling komt ook voor bij de verspreiding van bagger. De impact is hoger in laagdynamische systemen (Heidinga et al., 2023). Bodemberoering wordt tevens genoemd als drukfactor.

Baggeren zit in het Waddenzeeraamwerk als activiteiten *onderhoudsbaggeren* en *kapitaalbaggeren*. Heidinga et al. (2023) doelt op onderhoudsbaggeren. *Onderhoudsbaggeren* is verdeeld in de activiteiten *extractie van substraat* en *afvoer van specie/afval*, zie sectie 3.1.6. Sterfte zit niet als een drukfactor in het de Waddenzee CIA. vertroebeling wel, als *veranderingen in troebelheid/opslibbing* bij beide activiteiten van *onderhoudsbaggeren*. *Bodemberoering* als drukfactor is gekoppeld aan de activiteit *onderhoudsbaggeren – extractie van substraat*. De activiteit zorgt echter maar voor het een klein deel van het IR wat voortvloeit uit *bodemberoering*. Het baggeren komt niet op alle locaties voor en de Waddenzee CIA rekent IR uit cumulatief niveau. Het effectpotentieel van de effectketen *onderhoudsbaggeren – extractie van substraat* → *bodemberoering* → *bentische habitats* wordt hoog ingeschat (gevaar: 100, gedrag 100: en magnitude: 10). De reikwijdte bepaalt waarschijnlijk de lage uitkomst van IR in dit geval. Het grotere effect in laagdynamische gebieden in de Waddenzee CIA wordt veroorzaakt door de relatief lange herstelduur van laagdynamische ecotopen (zie hoofdstuk 4.2.2.).

Verstoring van zeezoogdieren en vogels door baggerschepen wordt tevens genoemd, maar de mate is onbekend en de verwachting is dat de verstoring groter is door toerisme (Heidinga et al., 2023). *Verstoring (visueel) van soorten* is een drukfactor die in het Waddenzeeraamwerk is gekoppeld aan *onderhoudsbaggeren*, maar het aandeel van onderhoudsbaggeren in de IR uit *verstoring (visueel) van soorten* is relatief gering en het grootste aandeel wordt veroorzaakt door andere activiteiten, zoals *passagiersschepen* (horend bij de sector *toerisme/recreatie*).

Onderhoud aan kabels en leidingen

Onderhoud aan kabels en leidingen verstoren de natuurlijke successie van het bodemleven (Heidinga et al., 2023). Bij de aanleg en het onderhoud van kabels en leidingen wordt er bodemmateriaal opgegraven en verspreid en de effecten daarvan kunnen vergelijkbaar zijn met die van baggeren (Heidinga et al., 2023). De werkzaamheden kunnen ook verstoring van vogels en zeezoogdieren veroorzaken (Heidinga et al., 2023).

In het Waddenzeeraamwerk is de activiteit *telecommunicatie- en elektrakabels* aanwezig als activiteiten *kabels leggen* en *actieve kabels*. Specifiek onderhoud aan de kabels is niet meegenomen. De verstoring die optreedt bij het kabels leggen, de drukfactor: *verstoring (visueel) van soorten*, is wel meegenomen, naast andere drukfactoren. Mogelijk kan in een herziene versie onderhoud als nieuwe activiteit worden meegenomen.

Strandsuppleties

Strandsuppleties zijn van invloed op de duinen (Heidinga et al., 2023). Duinen worden in de Waddenzee CIA buiten beschouwing gelaten. Suppleties kunnen invloed hebben op de bodembedekking, wat ook als drukfactor (*Bedekking*) in het Waddenzeeraamwerk is gekoppeld aan strandsuppleties. Impact van slibverplaatsing wordt genoemd, maar met een kleinere impact dan die van baggerwerkzaamheden, garnalenvisserij en

mosselzaadvisserij. Opslibbing wordt in het Waddenzeeraamwerk aangegeven met *Veranderingen in troebelheid/opslibbing*, dus zo onder dezelfde noemer geplaatst als vertroebeling. Verstoring door suppletieschepen wordt genoemd en is terug te vinden in het Waddenzeeraamwerk onder *verstoring (visueel) van soorten*.

Diepe delfstoffenwinning: gaswinning en zoutwinning

Zoutwinning is niet opgenomen in de versie van de Waddenzee CIA. De sector *mijnbouw, winning van materialen*, waar zoutwinning onder zou vallen, bestaat voor nu enkel uit *schelpenwinning* en *zandwinning*. In een herziene versie is het mogelijk deze activiteit toe te voegen aan het Waddenzee raamwerk.

Gaswinning vindt plaats in een aantal locaties rondom de Waddenzee (zie hoofdstuk 7.1.4.1 voor nuance). Bodemdaling wordt genoemd als een effect voortvloeiend uit gaswinning (Heidinga et al., 2023). Bodemdaling op zichzelf is geen drukfactor in het raamwerk omdat het geen directe druk voorstelt. Bodemdaling leidt tot drukfactoren zoals *verandering in troebelheid/opslibbing* en *volledig habitat verlies*. *Verandering in troebelheid/opslibbing* is gekoppeld aan *olie en gas - operationeel*, de drukfactor *volledig habitat verlies* niet. Een aanpassing aan het raamwerk in de toekomst is mogelijk, aangezien het habitatverlies door bodemdaling kan leiden tot een verlies aan foerageergebied voor vogels (Heidinga et al., 2023) of rustplaatsen voor zeehonden.

Schelpenwinning

Schelpenwinning vindt plaats in het hoogdynamische gebied op meerdere locaties in de Waddenzee. Deze activiteit is meegenomen in de CIA, maar niet ruimtelijk. Schelpenwinning leidt tot bodemberoering, vertroebeling en verstoring door de werkzaamheden (Heidinga et al., 2023), allemaal drukfactoren die ook gekoppeld zijn aan deze activiteit in het Waddenzeeraamwerk. Effecten van onttrokken schelpen voor habitatvorming en effecten van verstoring op vogels en zeezoogdieren zijn echter nog niet volledig bekend (Heidinga et al., 2023).

Scheepvaart

Snelvaren, door o.a. watertaxi's, wordt in Heidinga et al. (2023) genoemd als een activiteit die structureel gebeurt met overtreding van de snelheidslimiet. Niet alle watertaxi's of andere snelle schepen hebben Automatic Identification Systems (AIS). Dit verhindert het op een betrouwbare wijze (ruimtelijk) meenemen van deze activiteit in de CIA. In een volgende iteratie zou deze activiteit toegevoegd kunnen worden als er voldoende (ruimtelijke) gegevens beschikbaar zijn.

Scheepvaart kan verstoring van gevoelige soorten veroorzaken door middel van licht, geluid en beweging (Fliessbach et al., 2019; Heidinga et al., 2023). Ook kunnen aanvaringen leiden tot verwonding en mortaliteit van bepaalde soorten zeezoogdieren en vogels. Daarnaast veroorzaakt scheepvaart een bepaalde mate van vervuiling. Deze drukfactoren zijn gebonden aan de activiteit *scheepvaart – stomen* in het Waddenzeeraamwerk.

Burgerluchtvaart

Hoe de regelgeving/gedragscode voor recreatieve luchtvaart, zoals vermeld in het Natura 2000-beheerplan Waddenzee wordt nageleefd, is onbekend (Heidinga et al., 2023). Deze activiteit is opgenomen in de Waddenzee CIA, maar niet ruimtelijk, vanwege de beperkte informatie. Effecten van silhouetverkeer op vogels en zeehonden wordt genoemd als een effect (Heidinga et al., 2023), hoewel er over de precieze gevoeligheid enkel informatie bekend is van de scholekster, hoewel verstoringsgevoelige soorten zoals rosse grutto hier ook mogelijk last hebben door verstoring tijdens het foerageren (van der Kolk, 2021). *Verstoring (visueel) van soorten* is ook gebonden aan deze activiteit in het Waddenzeeraamwerk.

Activiteiten Defensie

De activiteiten van defensie in de werkelijkheid zijn nog lastig te matchen met die in het Waddenzeeraamwerk (pers comm. Defensie, 2025). In het Waddenzeeraamwerk wordt onderscheid gemaakt tussen luchtvaarttoefeningen en oefeningen met varen, waarbij schietoefeningen ook mee worden genomen. De activiteiten zijn echter meer specifiek dan nu meegenomen en het aggregeren tot een niveau van scheepvaart en luchtvaart met effecten van schieten leidt tot een overschatting. Specifieke informatie is benodigd om de Defensieactiviteiten passend in de CIA te krijgen.

In Heidinga et al. (2023) worden voornamelijk effecten van verstoring door geluid vanaf luchtvaart en schietoefeningen op vogels genoemd (Heidinga et al., 2023). Deze effecten, in de vorm van drukfactoren *verstoring (visueel) van soorten, impulsief geluid* en *continu geluid zijn meegenomen in de CIA*.

7.2.1.2 Recreatie

Heidinga et al. (2023) behandelt recreatie en vermeldt dat de Coronajaren mogelijk impact hebben gehad op trendvorming. In het Waddenzeeraamwerk valt recreatie onder de sector *toerisme/recreatie*. Toeristische of recreatieve activiteiten zijn soms in beide rapporten onder deze noemer geplaatst, maar er kunnen uitzonderingen bestaan. Zo worden de veerdiensten naar de Waddeneilanden door Heidinga et al. (2023) behandeld in civiele werken en overige (zie hierboven) en in het Waddenzeeraamwerk behandeld onder *diensten*.

Robbentochten

Hoewel er diverse maatregelen bestaan in het Natura 2000-beheerplan om verstoring van zeehonden tijdens excursies te voorkomen, wordt dit in de praktijk onvoldoende opgevolgd en treedt er wel degelijk verstoring op (Heidinga et al., 2023). Verstoring van vogels en zeehonden wordt veroorzaakt via geluid en bewegingen van schepen. Volgens Heidinga et al. (2023) lijkt dat geen effect op de instandhoudingsdoelstellingen te hebben. Verstoringen van vogels gebeurt op dezelfde manier als bij recreatieve scheepvaart (Heidinga et al., 2023). In het Waddenzeeraamwerk zijn activiteiten *pleziervaart met motor* en *demonstratievisserij* aanwezig onder toerisme. *Pleziervaart met motor* kan worden gezien als recreatievaart. In de demonstratievisserij worden ook robbenplaten bezocht (persoonlijke observatie). De drukfactoren *continu geluid* en *verstoring (visueel) van soorten* zijn gekoppeld aan deze activiteiten met een effect op de ecosysteemcomponenten *vogels* en *zeezoogdieren*. Robbentochten zouden in een volgende versie eventueel als specifieke activiteit toegevoegd kunnen worden.

Wadlopen, zwerftochten en excursies op wad en kwelder

Wadlopen gebeurt individueel en in excursies. In de CIA is de excursiekaart gebruikt voor de reikwijdte van het Wadlopen. Hier wordt vanuit gegaan dat deze locaties ook het meest geschikt zijn voor het Wadlopen en daarom het meest gebruikt. Heidinga et al. (2023) stelt dat er geen specifiek onderzoek is gedaan naar effecten van wadlopen op broedende vogels (in kwelders, toelichting auteur) en foeragerende vogels. Wel worden effecten zoals verstoring door geluid en beweging op vogels en zeehonden genoemd, alsmede vertrapping van bodemleven. In het Waddenzeeraamwerk is *bodemberoering* als drukfactor meegenomen, die de vertrapping van het bodemleven vertegenwoordigt. Verder is *verstoring (visueel) van soorten* gelinkt aan de activiteit en de ecosysteemcomponenten *vogels* en *zeezoogdieren*. Geluid, zowel *impulsief* als *continu* is niet meegenomen, dit kan in de toekomst worden aangepast.

Betreding (hooggelegen) zandplaten

Deze activiteit kan gezien worden als een combinatie van droogvallen, betreding via andere vaartuigen zoals kajakken en wadlopers die een zandplaat kunnen betreden. Het droogvallen kan verstoring vogels en zeehonden veroorzaken door beweging, geluid en licht. Hoewel er richtlijnen bestaan over welke wadplaten mogen worden betreden, worden deze niet altijd nageleefd (Heidinga et al., 2023). In het Waddenzeeraamwerk is er geen specifieke activiteit omtrent droogvallen. *Verstoring (visueel) van soorten* is gelinkt aan activiteiten *kajakken, kitesurfen, windsurfen, wadlopen, pleziervaart met motor, zeilen*. *Continu geluid* enkel aan de activiteit *pleziervaart met motor*. Hier kunnen aanpassingen aan gedaan worden in een volgende versie.

(Snelle) recreatievaart

Deze activiteit betreft in Heidinga et al. (2023) de vaartuigen buiten de vaargeulen. In het Waddenzeeraamwerk wordt deze activiteit vertegenwoordigd door *pleziervaart met motor*. Voor deze activiteit is in onderhavige rapportage geen ruimtelijke data voor gebruikt, vanwege onduidelijkheid over AIS. Verstoring door beweging en geluid wordt genoemd in Heidinga et al. (2023). *Continu geluid* en *verstoring (visueel) van soorten* zijn als drukfactoren gekoppeld aan de activiteit in het Waddenzeeraamwerk.

Kitesurfen

Kitesurfen werkt verstorend door beweging, voornamelijk op vogels (Heidinga et al., 2023). Het is een van de meest verstorende vormen van recreatie voor vogels als het buiten de daarvoor bestemde gebieden gebeurt (Krijgsveld et al., 2022). In de CIA wordt de parameters gevaar en gedrag van deze drukfactor op vogels door verschillende toeristische activiteiten hetzelfde ingeschat maar met een verschil in de magnitude. De

magnitude van *kitesurfen* wordt hoger ingeschat dan die van *pleziervaart met motor, windsurfen, kajakken en zeilen*, dus conform Krijgsveld et al., (2022). Alleen de magnitude van *wadlopen* is gelijkgesteld aan die van *kitesurfen*. Hier kunnen in de toekomst, naar wensen, aanpassingen aan worden gedaan.

Evenementen

Evenementen worden genoemd als activiteit. In het Waddenzeeraamwerk bestaan geen specifieke evenementen. Evenementen die op het water plaatsvinden, zoals zeil- wedstrijden vallen onder vaste activiteiten. Alleen als evenementen significant toenemen, kan worden nagedacht om de reikwijdte of magnitude van een activiteit en bijbehorende drukfactoren te laten toenemen.

Demonstratievisserij

Deze activiteit is meegenomen in de CIA. De effecten worden in Heidinga et al. (2023) niet beschouwd. Wel wordt ervan uitgegaan dat de omvang van de activiteit zeer beperkt is. De reikwijdte van de activiteiten *demonstratievisserij – operationeel* en *demonstratievisserij – overig*, wordt in de CIA gezet op 3%. Hier kunnen in een herziene versie aanpassingen op worden gedaan als de reikwijdte toch lager of hoger is.

Kleinschalig historisch medegebruik

Deze activiteit bevat volgens Heidinga et al. (2023) activiteiten zoals recreatieve staandwantvisserij, rapen van schelpdieren, enzovoort. Recreatieve visserij wordt in het Waddenzeeraamwerk meegenomen als *demonstratievisserij* en *hengelen (vanaf de kant of boot)*. *Staanwantvisserij* wordt meegenomen als aparte activiteit. Heidinga et al. (2023) behandelt visserij met staandwant ook in een andere groep, namelijk Visserij. Daar wordt in dit rapport ook de vergelijking gemaakt. Deze categorie activiteiten valt hierdoor niet goed te vergelijken met het Waddenzeeraamwerk.

7.2.1.3 Visserij

Visserij in Heidinga et al. (2023) valt goed te vergelijken met de sector *visserij* in het Waddenzeeraamwerk, al zijn er in het Waddenzeeraamwerk activiteiten niet worden geschaald onder de sector *visserij*, maar onder de sector *aquacultuur*, bijvoorbeeld mosselkweek. Deze activiteiten worden wel onder deze sectie behandeld aangezien ze ook zo door Heidinga et al., (2023) zo zijn beschreven onder visserij.

Visserij met vaste vistuigen

Deze activiteit kan in Heidinga et al. (2023) worden gezien als passieve visserij, m.u.v. mosselzaadinvanginstallaties (MZI's). Onder deze activiteit in Heidinga et al., (2023) vallen: "*staand want, de zegen, fuiken, kubben, (spiering)kamer, de ankerkuil en vergelijkbaar materiaal*". In het Waddenzeeraamwerk is de passieve visserij meegenomen onder *staandwant, fuiken* en *potten/kubben* elk met een operationele activiteit die het vissen zelf omschrijft en een overige activiteit die varen, ankeren etc. omschrijft. Ankerkuilvisserij is eruit gelaten, omdat de effecten hiervan verwaarloosbaar zijn (Molenaar et al., 2023), net als zegenvisserij, vanwege de spieringvisserij die nu gesloten is. Effecten van passieve visserij vogels Heidinga et al., (2023) zijn effecten op de visstand, bijvangst (als het niet de doelsoort is, toelichting auteur) en verstoring. De drukfactoren *Onttrekking van flora/fauna* vertegenwoordigen effecten van vangst (*vissen* als doelsoort) en bijvangst (*vissen* als niet doelsoort, *zeezoogdieren, vogels* en *bentische habitats*). *Verstoring (visueel) van soorten* vertegenwoordigt de bijbehorende verstoring.

Mosselkweek

Mosselkweek in Heidinga et al. (2023) kan 1:1 vertaald worden naar *Schelpdieren – operationeel* en *Schelpdieren – overig* in het Waddenzeeraamwerk. Effecten die in Heidinga et al. (2023) worden genoemd, zijn de introductie van exoten (wat kan worden voorkomen), toename van helderheid van het water door filtratie, een toename van secundaire productie en voedselbeschikbaarheid. Ook kan er verstoring optreden op voornamelijk vogels. In de Waddenzee CIA is verstoring op vogels opgenomen bij beide activiteiten. De introductie van exoten is opgenomen als de *introductie van niet-inheemse soorten* en de verheldering als *veranderingen in troebelheid/opslibbing*. De toename van secundaire productie en voedselbeschikbaarheid van schelpdiereters zijn niet meegenomen omdat de CIA geen indirecte en/of mogelijke positieve effecten mee kan nemen volgens de SCAIRM-methode (Piet et al., 2023). In de toekomst is het wenselijk om dit soort effecten mee te nemen wanneer de methode verder ontwikkeld is.

Mosselzaadvisserij en gebruik mosselzaadvanginstallaties

Deze twee activiteiten zijn behandeld door Heidinga et al. (2023), alsmede in meegenomen in het Waddenzeeraamwerk, zowel met een operationele activiteit en een overige activiteit. Mosselzaadvisserij kan effecten via bodemberoering en kortstondige vertroebeling veroorzaken (Heidinga et al., 2023), alsmede via een afname van voedsel voor vogels. De afname van voedsel voor vogels is niet meegenomen in de CIA, vanwege het niet opnemen van indirecte effecten in SCAIRM (Piet et al., 2023). *Bodemberoering* is een drukfactor gekoppeld aan *mosselzaadvisserij*, net als kortstondige vertroebeling (als *veranderingen in troebelheid/opslibbing*). MZI's kunnen leiden tot effecten via een toename van filtratie, biomassa van mosselen en bodemverrijking door pseudofeces (Steins et al., 2021). Deze effecten zijn lastig te vertalen naar MSFD-drukfactoren. Een toegenomen filtratie leidt tot een *verandering in troebelheid/opslibbing*, maar ook tot *veranderingen in de toevoer van organisch materiaal*. Verrijking van biomassa is niet meegenomen vanwege de beperkingen van de methodiek (Piet et al., 2023). In de mosselzaadvisserij vindt geen bijvangst plaats van vissen en zeezoogdieren (Capelle et al., 2021), terwijl dit wel wordt meegenomen in het Waddenzeeraamwerk onder *Onttrekking van flora/fauna*, gekoppeld aan *vissen* en *zeezoogdieren*. Dit is een beperking die in een volgende versie aangepast kan worden. Er zijn geen meldingen van bijvangst binnen MZI's (Steins et al., 2021), dit is ook niet meegenomen in het Waddenzeeraamwerk en de drukfactor *Onttrekking van flora/fauna* is ook niet gekoppeld aan MZI's.

Garnalenvisserij

Deze visserij is opgenomen in het Waddenzeeraamwerk met een operationele en overige activiteit. De activiteit genoemd in Heidinga et al. (2023) is goed 1:1 te vergelijken. Bodemberoering, vertroebeling en vangst van garnalen en bijvangst worden genoemd als effecten. Drukfactoren *bodemberoering*, *veranderingen in troebelheid/opslibbing* en *onttrekking van flora en fauna* (gekoppeld aan alle ecosysteemcomponenten behalve pelagische habitats) zijn gekoppeld aan de activiteit garnalenvisserij in het Waddenzeeraamwerk. Heidinga et al. (2023) noemt bodemberoering een probleem als het plaatsvindt in het laagdynamische gebied. Effecten op het voedselweb worden ook genoemd, net als verstoring door vogels. Alleen dit laatstgenoemde effect zit in het Waddenzeeraamwerk als effectketen: *verstoring (visueel) van soorten – vogels*.

Sleepnetvisserij

Buiten garnalenvisserij en sleepnetvisserij op spiering zijn er geen andere vormen van sleepnetvisserij in de Waddenzee.

Handkokkelvisserij

Handkokkelen kan zorgen voor bodemberoering, verstoring en een verandering in het voedselaanbod voor vogels (Heidinga et al., 2023). *Bodemberoering* en *verstoring (visueel) van soorten* zijn drukfactoren gekoppeld aan handkokkelen in het Waddenzeeraamwerk. Veranderingen in het voedselweb zijn niet meegenomen vanwege de beperkingen van de methodiek (Piet et al., 2023).

Mechanische pierenwinning

Ook deze activiteit valt 1:1 te vertalen naar een activiteit uit het Waddenzeeraamwerk die uit twee delen bestaat, operationeel en overig. Bodemberoering wordt genoemd als effect (Heidinga et al., 2023). Deze drukfactor is ook gekoppeld aan de activiteit in het Waddenzeeraamwerk.

Spieringvisserij

Spieringvisserij is vanwege de recente sluiting buiten deze versie van het Waddenzeeraamwerk en berekening CIA gehouden.

7.2.2 Vergelijking met het Waddenhuisberaad

In het Waddenhuisberaad (een serie van bijeenkomsten aangaande de Waddenzee) is in 2016 een evaluatie gedaan waarbij activiteiten die inwerken op het ecosysteem van de Waddenzee werden voorzien van een ranking door middel van een grote groep van experts (Sas et al., 2016). Activiteiten werden aan de hand van indicatoren voor twee domeinen (ecologisch en sociaaleconomisch) beoordeeld. Daarbij werd de mediaanscore behandeld als het resultaat. Hier wordt een vergelijking gedaan met resultaten uit het ecologische domein.

Verschillende visserijactiviteiten: garnalenvisserij, Noordzevisserij, mosselvisserij en sleepnetvisserij komen in dit rapport van het Waddenhuisberaad naar boven met de hoogste score voor negatieve invloed. Bij deze scores wordt er geen onderscheid gemaakt tussen ecosysteemcomponenten. In SCAIRM komen visserijactiviteiten alleen bij *bentische habitats* naar voren als sector met het hoogste risico. Noordzevisserij is niet meegenomen in de Waddenzee CIA, net als voedselwebeffecten. In het Waddenhuisberaad wordt hier wel rekening mee gehouden. Mosselvisserij wordt in het Waddenzeeraamwerk ruimtelijk verdeeld over *mosselzaadvisserij* en *mosselzaadinvanginstallaties*, in het rapport van het Waddenhuisberaad wordt de activiteit beschouwd als bestaande uit 50/50.

Toerisme / Recreatie scoort in de CIA hoger voor ecosysteemcomponenten *vissen, vogels* en *zeezoogdieren*, waarbij in het Waddenhuisberaad deze sector relatief laag scoort (Sas et al., 2016), waarbij alleen opmerkingen worden gemaakt over verstoringseffecten voor vogels en zeezoogdieren en wordt tevens opgemerkt dat de lage score afhankelijk is van goede voorlichting en toezicht (Sas et al., 2016) (van toeristen, toelichting auteur).

Gaswinning komt volgens het Waddenhuisberaad ongeveer in het midden van de 37 beoordeelde activiteiten (inclusief klimaatverandering en een aantal drukfactoren, zoals "Exoten" (de introductie van niet-inheemse soorten, toelichting auteur) naar voren, terwijl *Niet-hernieuwbare energie* in de Waddenzee CIA relatief hoog staat als bijdrage van IR, als nummer 2-4 bij alle ecosysteemcomponenten behalve *bentische habitats*. In de Waddenzee CIA wordt olie- en gaswinning, alsmede elektriciteitscentrales niet op zichzelf staand beoordeeld, maar zijn deze onderdeel van de sector *Niet-hernieuwbare energie*. Het Waddenhuisberaad benoemt elektriciteitscentrales niet.

7.2.3 Vergelijking met de VHR-rapportages

Om vergelijkingen te maken met de VHR-rapportages is gekeken naar bouwstenenrapporten. In deze rapporten wordt namelijk uitgeweid over hoe drukfactoren die een gunstige staat van instandhouding van bepaalde habitattypes in de weg staan (Wijnhoven et al., 2022a, 2022b). De drukfactoren gebruikt in deze bouwstenenrapporten zijn uit Schmidt (2020). Een vergelijking is gedaan met habitattype H1110 Permanent overstromde zandbanken en H1140 Slik- en zandplaten (Wijnhoven et al., 2022a, 2022b). De vergelijking is gedaan door te kijken of een genoemde drukfactor is meegenomen in SCAIRM, en zo ja op welk niveau (activiteit, drukfactor, combinatie of niet).

Tabel 7.3 en 7.4 geven deze mogelijke koppelingen weer.

Tabel 7.3 *Koppeling van drukfactoren uit het Bouwstenenrapport van H1110 Permanent overstromde zandbanken en hoe de drukfactor is meegenomen in het raamwerk uit onderhavig rapport. Op basis van Wijnhoven et al., 2022a.*

| Drukfactoren (Schmidt, 2020) uit bouwsteenrapport H1110 | Bestaand in SCAIRM |
|--|------------------------|
| Fysieke verstoring door bodemberoerende visserij leidend tot verlies en verstoring (dit is inclusief visserij die nu niet als 'bodemberoerend' te boek staat maar wel degelijk een impact heeft op de bodemgemeenschappen (zoals garnalenvisserij) | Drukfactor |
| Mariene waterverontreiniging door diverse bronnen (mariene en vanaf de kust) | Drukfactor |
| Ontwikkeling en onderhoud van strand voor recreatie | Activiteit |
| Extractie van mineralen (zand, schelpen) | Activiteit, Drukfactor |
| Extractie van olie en gas inclusief infrastructuur | Activiteit |
| Wind, golf en getijde-energie, inclusief infrastructuur | Activiteit |

| | |
|--|------------------------|
| Andere invasieve exoten (anders dan soorten met EU aandacht) | Drukfactor |
| Temperatuurverandering (o.a. stijging temperatuur en extremen) en verandering zeeniveau en storm-invloeden door klimaatverandering | Niet |
| Baggeren en verdiepen van vaargeulen (inclusief storten bagger) | Activiteit |
| Visserij op vissen en schelpdieren (onttrekken soorten, grootteklassen aan systeem) | Drukfactor |
| Verontreiniging milieu ten gevolge van mariene aquacultuur | Activiteit, Drukfactor |

Tabel 7.4 Koppeling van drukfactoren uit het Bouwstenenrapport van H1140 Slik- en zandplaten en hoe de drukfactor is meegenomen in het raamwerk uit onderhavig rapport. Op basis van Wijnhoven et al., 2022b.

| Drukfactoren (Schmidt, 2020) uit bouwsteenrapport H1140 | Bestaand in SCAIRM |
|---|------------------------|
| Fysieke verstoring door bodemberoerende visserij leidend tot verlies en verstoring (dit is inclusief garnalenvisserij, mosselzaadvissers, zegenvissers, handkokkelvisserij en aasspitten) | Drukfactor |
| Mariene waterverontreiniging door diverse bronnen (mariene en vanaf de kust) | Drukfactor |
| Extractie van olie en gas inclusief infrastructuur | Activiteit |
| Extractie van zout | Activiteit |
| Wind, golf en getijde-energie, inclusief infrastructuur | Activiteit, Drukfactor |
| Andere invasieve exoten (anders dan soorten met EU aandacht) | Drukfactor |
| Temperatuurverandering (o.a. stijging temperatuur en extremen) en verandering zeeniveau en storm-invloeden door klimaatverandering | Niet |
| Ontwikkeling en onderhoud stranden voor toerisme en recreatie inclusief suppleties en schoonmaken strand | Activiteit |
| Andere antropogene verstoring: Recreatie zoals wadlopen en aanmeren op platen | Activiteit |
| Baggeren en verdiepen van vaargeulen (inclusief storten bagger) maar impact op nabijgelegen platen | Activiteit |

7.3 Oplossingsrichtingen

7.3.1 Inzet CIA voor identificatie oplossingsrichtingen

De eerste exercities om richting te geven aan beheer middels de identificatie van oplossingsrichtingen laat de potentie zien van de SCAIRM-methodiek om daarvoor ingezet te worden. Hier valt echter nog grote winst te behalen door verdere ontwikkeling (bijvoorbeeld met focus op specifieke parameters) van de methodiek maar vooral ook door een betere afstemming met de beleid- en beherende instanties van de Waddenzee en daarmee de vertaling naar zo concreet mogelijk maatregelen. Tegelijkertijd moet ook beseft worden dat een cumulatieve impact analyse zoals hier gepresenteerd primair bedoeld is voor een meer strategische advisering: dus *wat* zijn de voornaamste sectoren en/of drukfactoren die gemitigeerd moeten worden. De beslisboom zoals hier toegepast, geeft dan nog een verdere indicatie van het type maatregelen die ingezet kunnen worden maar uiteindelijk kunnen de details van de specifieke maatregelen het best verder geconcretiseerd worden middels de modellen die vaak al bestaan voor beheer specifiek voor die sectoren dan wel binnen de bekende institutionele silo's zoals die reeds bestaan. Waar die grens ligt tussen de meer strategische advisering met deze CIA en het meer tactische/operationele veelal sectorale beheer en hoe dat goed af te stemmen, is materiaal voor verdere bestudering en discussie.

7.3.2 Effectiviteit van oplossingsrichtingen

Er mag verwacht worden dat de inzet van de Waddenzee CIA om mogelijke oplossingsrichtingen te identificeren kan bijdragen aan een meer effectief beheer. Dit gaat echter vooralsnog voorbij aan de effectiviteit van de maatregel in termen van de reductie van de activiteit-drukfactor combinatie(s) zoals die daadwerkelijk gerealiseerd worden en hoe zich dat vervolgens vertaalt in doelbereik. De gerealiseerde reductie van drukfactoren wordt bepaald door allerlei factoren die (nog) niet meegenomen worden zoals daar zijn:

- Niveau van ambitie van de beleidsmaker en beheerder en de mate waarin die gerealiseerd kan worden binnen de institutionele context. Die bepaalt allereerst de mate van reductie van de totale IR op het ecosysteem. Pas hierna wordt de Waddenzee CIA ingezet om richting te geven aan hoe die reductie

het meest effectief gerealiseerd kan worden waarna per sector en in afstemming met stakeholders bepaald wordt in hoeverre dit kan worden doorgevoerd, eventueel alleen voor specifieke drukfactoren.

- Naleving door de specifiek sector(en). Dit hangt weer samen met culturele factoren binnen de relevante sectoren, de mate van controle en de consequenties in geval van overtreding.

En zelfs als de reducties van de geselecteerde drukfactoren daadwerkelijk gerealiseerd worden, geldt dat er sprake kan zijn van een aanzienlijke vertraging voordat dit zich vertaalt in doelbereik oftewel een aanmerkelijke verbetering van de indicatoren zoals nu gebruikt in de Staat van de Waddenzee. Reden is dat sommige drukfactoren persistent zijn waardoor een vermindering in input zich maar langzaam vertaalt in een vermindering in intensiteit in het ecosysteem. Een andere reden kan zijn dat de populaties van sommige soorten en soortgroepen maar langzaam herstellen. De CIA kan ook gebruikt worden om een indicatie te geven van waar een snelle respons op de oplossingsrichtingen verwacht kan worden en waar op een langzame respons gerekend moet worden. Dat is nu echter nog niet gedaan.

Om uiteindelijk inzicht te krijgen in de gerealiseerde effectiviteit van de oplossingsrichtingen nadat ze toegepast zijn is het aanbevolen niet alleen de ecosysteemcomponenten (dus de soorten en habitats) te monitoren maar ook de drukfactoren. Dit omdat het monitoren van die drukfactoren een veel directere terugkoppeling geeft dan de respons van de ecosysteemcomponenten.

8 Kwaliteitsborging

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

Literatuur

- Agonus Fisheries Consultancy. (2023). *Habitattoets handmatige kokkelvisserij Waddenzee*.
- Baptist, M. J., Van Der Wal, J. T., Folmer, E. O., Gräwe, U., & Elschot, K. (2019). An ecotope map of the trilateral Wadden Sea. *Journal of Sea Research*, 152, 101761.
<https://doi.org/10.1016/j.seares.2019.05.003>
- Bastmeijer, K., Boerema, L., Gillisen, H., Kistenkas, F., Miltenburg, L., Van Rijswijk, M., Trouwborst, A., Verschuuren, J., & Zwier, W. (2023). *De Europees- en internationaalrechtelijke status van de Waddenzee. Een analyse van de relevantie van EU-richtlijnen en internationale verdragen voor de bescherming en het beheer van de Waddenzee met een doorkijk naar de Nederlandse implementatie*.
- Borgwardt, F., Robinson, L., Trauner, D., Teixeira, H., Nogueira, A. J. A., Lillebø, A. I., Piet, G., Kuemmerlen, M., O'Higgins, T., McDonald, H., Arevalo-Torres, J., Barbosa, A. L., Iglesias-Campos, A., Hein, T., & Culhane, F. (2019). Exploring variability in environmental impact risk from human activities across aquatic ecosystems. *Science of The Total Environment*, 652, 1396–1408.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.339>
- Capelle, J., van den Bogaart, L. A., & van Stralen, M. R. (2021). *Passende beoordeling mosselzaadvisserij in het sublitoraal van de Westelijke Waddenzee in de periode 2021-2026* (Wageningen Marine Research Rapport No. C041/21).
- Carls, M. G., Rice, S. D., & Hose, J. E. (1999). Sensitivity of fish embryos to weathered crude oil: Part I. Low-level exposure during incubation causes malformations, genetic damage, and mortality in larval pacific herring (*Clupea pallasii*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(3), 481–493.
<https://doi.org/10.1002/etc.5620180317>
- CWSS. (2014). *The Wadden Sea, Germany and Netherlands (N1314)—Extension Denmark and Germany*. Common Wadden Sea Secretariat. <https://whc.unesco.org/uploads/nominations/1314.pdf>
- Dankers, N., Kuehl, H., & Wolff, W. (1981). *Invertebrates of the Waddensea* (No. 4). Waddensea Working Group, Stichting Veth tot Stean aan Waddenonderzoek.
- De Vries, P., Tamis, J., Van Der Wal, J. T., Jak, R., Slijkerman, D., & Schobben, J. (2012). *Scaling human-induced pressures to population level impacts in the marine environment: Implementation of the prototype CUMULEO-RAM model* [Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu].
- Eijsackers, H. J. P., Eriksson, B. D. H. K., van der Heide, T., Herman, P. M. J., van der Meer, J., Polet, H., & Tulp, T. (2023). *Beoordeling van ecologische effecten van garnalenvisserij op bodem en biota* (No. C056/23; p. 53). Wageningen Marine Research & Waddenacademie.
- Fliessbach, K. L., Borkenhagen, K., Guse, N., Markones, N., Schwemmer, P., & Garthe, S. (2019). A ship traffic disturbance vulnerability index for Northwest European Seabirds as a tool for marine spatial planning. *Frontiers in Marine Science*, 6(APR), 192. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00192>
- Halpern, B. S., & Fujita, R. (2013). Assumptions, challenges, and future directions in cumulative impact analysis. *Ecosphere*, 4(10), 1–11. <https://doi.org/10.1890/ES13-00181.1>
- Heidinga, D., Schilt, B., Versloot, F., Gotjé, W., Bijkerk, W., & Latour, J. (2023). *Ecologische evaluatie Natura 2000-beheerplannen Waddenzee* (No. 128201/23-014.110). Witteveen en Bos.
- HELCOM. (2023). *HELCOM Thematic assessment of spatial distribution of pressures and impacts 2016- 2021. Baltic Sea Environment Proceedings* (No. 189).
- Jongbloed, R. H., Tamis, J. E., & Koolstra, B. J. H. (2011). *Nadere effectenanalyse Natura 2000-gebieden Waddenzee en Noordzeekustzone, Deelrapport Cumulatie* (pp. 1–74). Wageningen Marine Research. <https://edepot.wur.nl/193937>
- Judd, A. D., Backhaus, T., & Goodsir, F. (2015). An effective set of principles for practical implementation of marine cumulative effects assessment. *Environmental Science & Policy*, 54, 254–262.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.008>
- Knights, A. M., Culhane, F., Hussain, S. S., Papadopoulou, K. N., Piet, G. J., Raakaer, J., Rogers, S. I., & Robinson, L. A. (2014). A step-wise process of decision-making under uncertainty when implementing environmental policy. In *Environmental Science & Policy* (Vol. 39, pp. 56–64).
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.02.010>

-
- Knights, A. M., Piet, G. J., Jongbloed, R. H., Tamis, J. E., White, L., Akoglu, E., Boicenco, L., Churilova, T., Kryvenko, O., Fleming-Lehtinen, V., Leppanen, J.-M., Galil, B. S., Goodsir, F., Goren, M., Margonski, P., Moncheva, S., Oguz, T., Papadopoulou, K. N., Setälä, O., ... Robinson, L. A. (2015). An exposure-effect approach for evaluating ecosystem-wide risks from human activities. *ICES Journal of Marine Science*, 72(3), 1105–1115. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu245>
- Krijgsveld, K. L., Klaassen, B., & van der Winden, J. (2022). *Verstoring van vogels door recreatie. Literatuurstudie van verstoringgevoeligheid en overzicht van maatregelen* [Deel 1 Hoofdrapport]. Vogelbescherming Nederland. https://www.vogelbescherming.nl/actueel/bericht/verstoring-van-vogels-door-recreatie?gad_source=1&gad_campaignid=961342005&gclid=Cj0KCQjwMHEBhC-ARIsABua5iR9WoyfB_En-Aqj40A0JgZPzQDwfIzKour6_5UFXGhUmmmpn2QVKODkaAkVMEALw_wcB
- Lotze, H. K. (2005). Radical changes in the Wadden Sea fauna and flora over the last 2,000 years. *Helgoland Marine Research*, 59(1), 71–83. <https://doi.org/10.1007/s10152-004-0208-0>
- Meijer, K. J., Franken, O., Witte, S., Holthuijsen, S. J., van der Heide, T., Govers, L. L., & Olff, H. (2025). Hotspots in peril: Misalignment of conservation efforts and ecological values in a shallow coastal sea. *People and Nature*, 7(1), 160–179. <https://doi.org/10.1002/pan3.10757>
- Molenaar, P., van Mens, A., van de Pol, L., & Schram, E. (2023). *Projectvoorstel passieve garnalenvisserij op de Waddenzee* (Wageningen Marine Research rapport W No. C006/23). Wageningen Marine Research.
- Philippart, K., Bastmeijer, P., van Beukering, P., Hoekstra, H., van Londen, P., Bogaart, K., Brandenburg & F. Petersma (2025). Staat van de Waddenzee 2025. Waddenacademie rapport 2025-01, Leeuwarden.
- Piet, G., Bentley, J., Jongbloed, R., Grundlehner, A., Tamis, J., & de Vries, P. (2024). A cumulative impact assessment on the marine capacity to supply ecosystem services. In *The Science of the total environment* (Vol. 948, p. 174149). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174149>
- Piet, G., Culhane, F., Jongbloed, R., Robinson, L., Rumes, B., & Tamis, J. (2019). An integrated risk-based assessment of the North Sea to guide ecosystem-based management. In *Science of the Total Environment* (Vol. 654, pp. 694–704). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.001>
- Piet, G., Grundlehner, A., Jongbloed, R., Tamis, J., & de Vries, P. (2023). SCAIRM: A spatial cumulative assessment of impact risk for management. In *Ecological Indicators* (Vol. 157, p. 111157). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111157>
- Piet, G. J., Jongbloed, R. H., Knights, A. M., Tamis, J. E., Paijmans, A. J., van der Sluis, M. T., de Vries, P., & Robinson, L. A. (2015). Evaluation of ecosystem-based marine management strategies based on risk assessment. In *Biological Conservation* (Vol. 186, pp. 158–166). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.03.011>
- Piet, G. J., Tamis, J. E., Volwater, J., De Vries, P., Van Der Wal, J. T., & Jongbloed, R. H. (2021). A roadmap towards quantitative cumulative impact assessments: Every step of the way. *Science of The Total Environment*, 784, 146847. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146847>
- Pitcher, C. R., Ellis, N., Jennings, S., Hiddink, J. G., Mazon, T., Kaiser, M. J., Kangas, M. I., McConnaughey, R. A., Parma, A. M., Rijnsdorp, A. D., Suuronen, P., Collie, J. S., Amoroso, R., Hughes, K. M., & Hilborn, R. (2017). Estimating the sustainability of towed fishing-gear impacts on seabed habitats: A simple quantitative risk assessment method applicable to data-limited fisheries. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(4), 472–480. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12705>
- QGIS Development Team. (2025). *QGIS Geographic Information System* (Version 3.34) [Computer software]. Open Source Geospatial Foundation. <https://qgis.org>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.3.1) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Reed, M., & Rye, H. (2011). The DREAM Model and the Environmental Impact Factor: Decision Support for Environmental Risk Management. In K. Lee & J. Neff (Eds.), *Produced Water* (pp. 189–203). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0046-2_9
- Reise, K., Baptist, M., Burbridge, P., Dankers, N., Fisher, L., Flemming, B., Oost, A. P., & Smit, C. (2010). *The Wadden Sea – A Universally Outstanding Tidal Wetland* (Wadden Sea Ecosystem No. 29, pp. 7–24). Common Wadden Sea Secretariat.
- Sas, H., Bazelmans, J., Lindeboom, H. J., Oegema, T., de Jong, M., & Nackenhorst, K. (2016). *Opzet en resultaten van het Waddenhuisberaad*.
- Schmidt, A.M. (2020). Standaardlijsten drukfactoren en maatregelen; Voorstel voor een Nederlandse standaardlijst van drukfactoren en herstelmaatregelen en vertalingen naar de Europese codelijsten. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

- Steins, N. A., Jansen, H., Troost, K., & Capelle, J. (2021). *Mosselkweek en effecten op natuur*. Wageningen Marine Research. <https://research.wur.nl/en/publications/mosselkweek-en-effecten-op-natuur>
- Troost, K., & van Asch, M. (2018). *Effecten van handkokkelvisserij op het kokkelbestand in de Waddenzee*. (No. C072/18; p. 22). Wageningen Marine Research.
- Tsikliras, Athanassios C., and Rainer Froese. "Maximum sustainable yield." *Encyclopedia of ecology* 1 (2019): 108-115.
- Udvardy, M. F. (1959). Notes on the ecological concepts of habitat, biotope and niche. *Ecology*, 725–728. <https://doi.org/10.2307/1929830>
- van der Kolk, H.-J. (2021). *Stay or fly away? Impact of human disturbance on shorebird individuals and populations*. [NIOO Thesis 185. PhD Thesis]. Radboud University.
- Wijnhoven, S., Janssen, J., Baptist, M., Bos, O., Escaravage, E. & Jongbloed, R. (2022a). *Bouwsteen ten behoeve van het Strategisch Plan Natura 2000. H1110 Permanent overstromde zandbanken*.
- Wijnhoven, S., Janssen, J., Baptist, M., Bos, O., Escaravage, E. & Jongbloed, R. (2022b). *Bouwsteen ten behoeve van het Strategisch Plan Natura 2000. H1140 Slik- en zandplaten*.

Links van websites:

- <https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/home>
- <https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/>
- <https://datahuiswadden.openearth.nl/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>
- <https://mijnbouwvergunningen.nl/page/view/ff1e4ef4-bd73-498f-b04c-5a84ddda0de2/zuidwal>

Verantwoording

Rapport: C079/25a

Projectnummer: 4318100450

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

Akkoord: dr. ir. M.J. Baptist
senior ecoloog

Handtekening: 
Signed by:
Martin Baptist
8BE66A1D978B49C...

Datum: 10 december 2025

Akkoord: dr. A.M. Mouissie
Business Manager Projecten

Handtekening: 
Signed by:
A.M. Mouissie
291E7A4CA7DB419...

Datum: 10 december 2025

Bijlage 1: Niet-gebruikte activiteiten uit fase 1

Na fase 1 is een aantal activiteiten alsnog uit het raamwerk verwijderd, vanwege irrelevantie of een andere reden. Deze zijn:

- Ankerkuilvisserij - operationeel
- Ankerkuilvisserij - overig (varen, ankeren, algemeen)
- Getijdenbarrières - constructie (interactie met de zeebodem, verandering van habitat (stroomopwaarts en stroomafwaarts) en plaatselijke afsluiting van habitat, bewegingsbarrière voor migrerende anadrome of katadrome soorten)
- Getijdenbarrières - operationeel (verandering in het getijden- (en opkomst-) regime, bewegingsbarrière voor migrerende anadrome of katadrome soorten)
- Getijdensluizen - constructie (interactie met zeebodem, plaatselijke afdichting van habitat)
- Getijdensluizen - operationeel (lokale veranderingen in de hydrografie)
- Pelagische sleepnetten - overig (varen, ankeren, algemeen)
- Pelagische sleepnetten - operationeel

Bijlage 2: Berekening Impact Risico

Berekening gevoeligheid

Voor de berekening van de weerstand schat de standaardformule van Pitcher et al. (2017) wat er overblijft van een ecosysteemcomponent ten opzichte van een ongestoorde situatie, weergegeven als de draagkracht (K). Dit wordt geformuleerd als:

$$\text{Weerstand} = \frac{R}{K} = (1 - H * M * B)^F$$

Waarbij:

R = Receptor-abundantie (biomassa of dichtheid) aan het einde van een enkele assessment

K = Abundantie van de receptor in een ongestoorde situatie (= draagkracht)

H = Gevaar als de relatieve uitputting van de receptor door een enkele interactie met de stressor op maximale magnitude

M = Magnitude van de stressor in het blootstellingsgebied ten opzichte van het maximum (d.w.z. het hoogst mogelijke)

B = Gedragsreactie van de receptor ten opzichte van de stressor die de waarschijnlijkheid van interactie bepaalt

F = Frequentie van interactie (aantal interactie-incidenten in de beoordelingsperiode)

In het geval van een continu interactiemechanisme kan de gedragscomponent worden genegeerd en is er slechts één (zij het continue) interactie-incident (dus $B=1$ en $F=1$). De enige uitzondering is de verticale omvang wanneer de stressor niet de volledige verticale omvang van de receptor beslaat.

Omdat EP wordt uitgedrukt als de relatieve uitputting (vergeleken met ongestoord) van de receptor R in het geval van blootstelling, kan dit worden geschat met behulp van populatiedynamica. Daartoe werden semi-chemostaatdynamica aangenomen om de abundantie van de receptor R per ruimtelijke eenheid te modelleren in relatie tot de draagkracht K , en gebaseerd op een hersteltempo r_r en een uitputtingstempo r_d volgens:

$$\frac{dR}{dt} = r_r * (K - R) - r_d * R$$

Door dit op evenwicht te zetten ($dR/dt = 0$) en opnieuw te herschikken, kan de abundantie van de ecosysteemcomponent R_{eq} worden berekend, ervan uitgaande dat de specifieke druk zich blijft voordoen op die specifieke sterkte voor altijd (*ad infinitum*):

$$R_{eq} = \frac{r_r * K}{r_r + r_d}$$

Het oplossen van de bovenstaande differentiaalvergelijking geeft dan:

$$R(t) = R_{eq} + (R_0 - R_{eq}) e^{-(r_r+r_d)t}$$

Waarbij R_0 de abundantie is aan het begin van de beoordelingsperiode en dus voorafgaand aan de interactie met de stressor. Uit de geschatte Weerstand tijdens de beoordelingsperiode, d.w.z. wat overblijft van de receptor R bij $t=1$, dus weerstand = $R(1)$, en aangenomen dat er geen herstel plaatsvindt ($r_r = 0$), kan het uitputtingstempo (r_d) vervolgens worden berekend als:

$$r_d = \ln\left(\frac{1}{\text{Weerstand}}\right)$$

The estimated *Resilience* was interpreted as the time required to increase the abundance of the ecosystem component from a "sustainably exploited abundance" R_0 to a "fully recovered abundance" R_t in case there is no stressor and $r_d=0$. The recovery rate r_r can then be calculated as:

De geschatte veerkracht werd geïnterpreteerd als de tijd die nodig is om de abundantie van de ecosysteemcomponent te laten toenemen van een 'duurzaam geëxploiteerde abundantie' R_0 naar een 'volledig herstelde abundantie' R_t in het geval er geen stressor is en $r_d=0$. Het hersteltempo r_r kan dan worden berekend als:

$$r_r = \frac{1}{\text{Herstelduur}} \ln \left(\frac{R_0 - K}{R_t - K} \right)$$

Dit werd verder vereenvoudigd door aan te nemen:

- $R_0 = 0,5K$ (d.w.z. de helft van ongestoord), gebaseerd op de regel dat de abundantie van een duurzaam geëxploiteerde populatie ongeveer de helft is van de ongestoorde abundantie, iets dat ten minste bekend is voor vissen
- $R_t = 0,99K$ omdat (bijna) volledig herstel wordt bereikt bij 99% van de ongestoorde abundantie.

De berekening van het hersteltempo kan dan worden vereenvoudigd tot:

$$r_r = \frac{\ln(50)}{\text{Herstelduur}}$$

Voor elke specifieke impactketen (d.w.z. menselijke activiteit-druk-ecosysteemcomponent) kan de gevoeligheid, als de relatieve afname in evenwichtsabundantie van die ecosysteemcomponent ten opzichte van een ongestoorde situatie, worden berekend als:

$$\text{Gevoeligheid} = \frac{(K - R_{eq})}{K} = \left(1 - \frac{r_r}{r_r + r_d} \right) = \frac{r_d}{r_r + r_d}$$

Aggregatie van cumulatieve druk tot een assessment van Impact Risico

De SCAIRM-uitvoer is in feite een aggregatie van Impactrisico (IR) over impactketens en daarmee cumulatieve drukken. Voor elke specifieke druk (P) kunnen de sectorale activiteiten (A) en hun operaties (O) als additief worden beschouwd. Daarentegen wordt aggregatie over drukken om IR te schatten berekend als een onafhankelijke kans volgens (Reed & Rye, 2011):

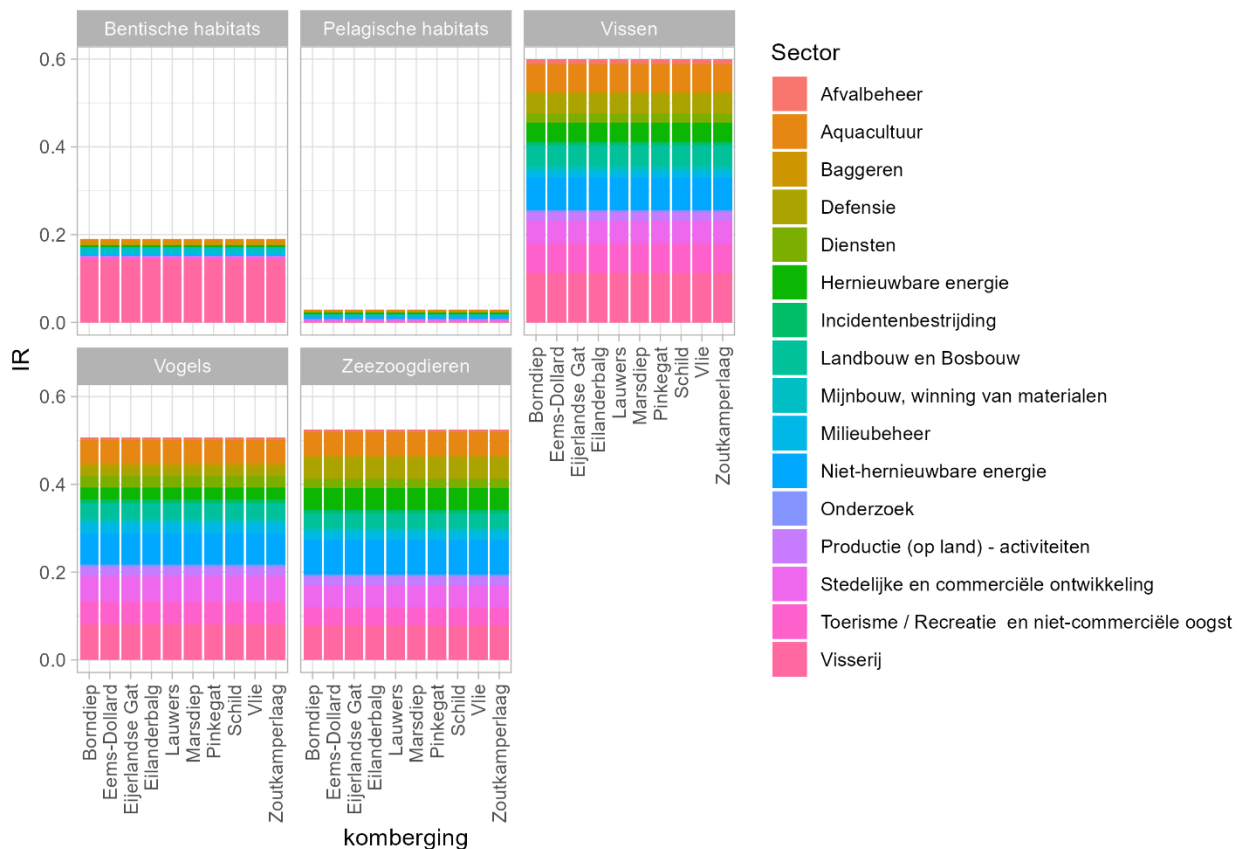
$$IR_{EC,P} = \sum_1^A IR_{EC,P,A}$$

$$IR_{EC} = 1 - \prod_1^P (1 - IR_{EC,P})$$

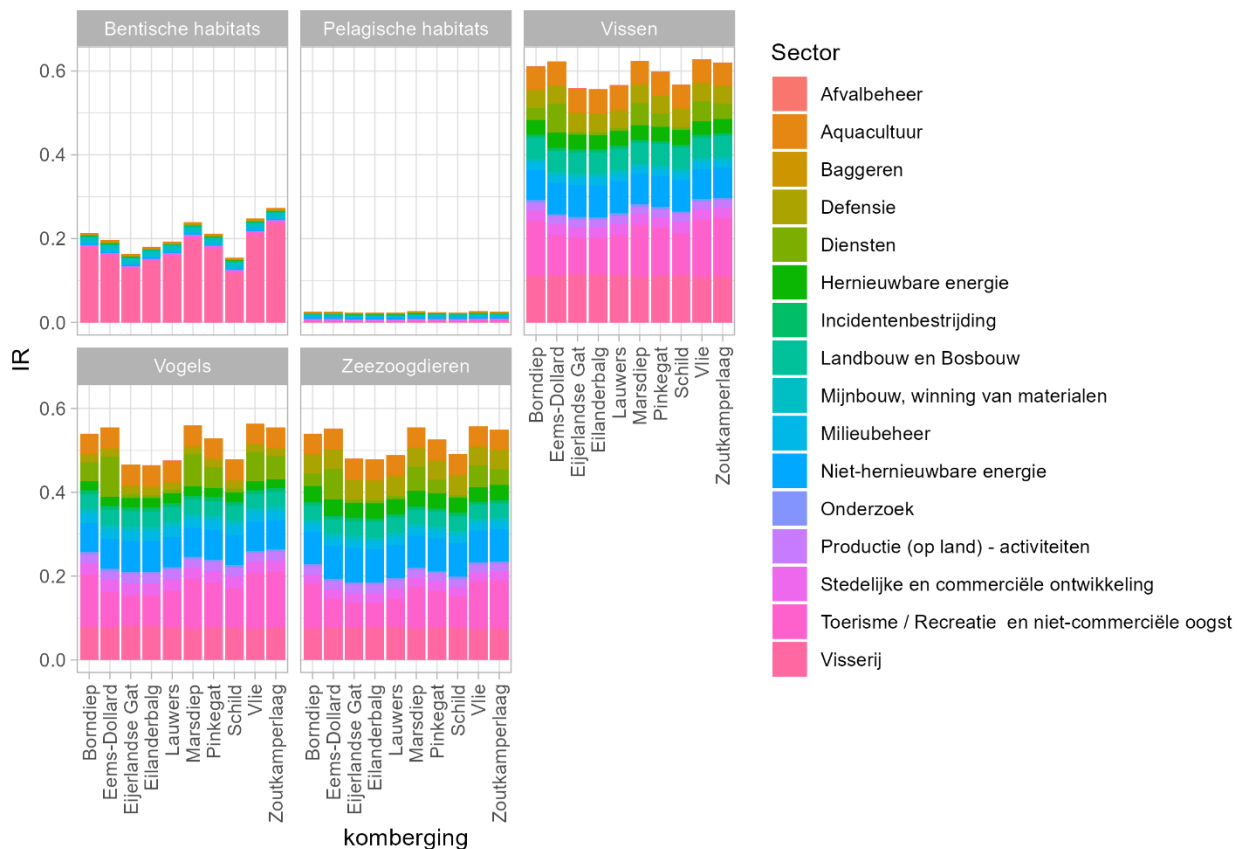
$$IR_{Ecosysteem} = \frac{\sum_1^{EC} IR_{EC}}{EC}$$

Bijlage 3: Figuren uit hoofdstuk 7.1.1

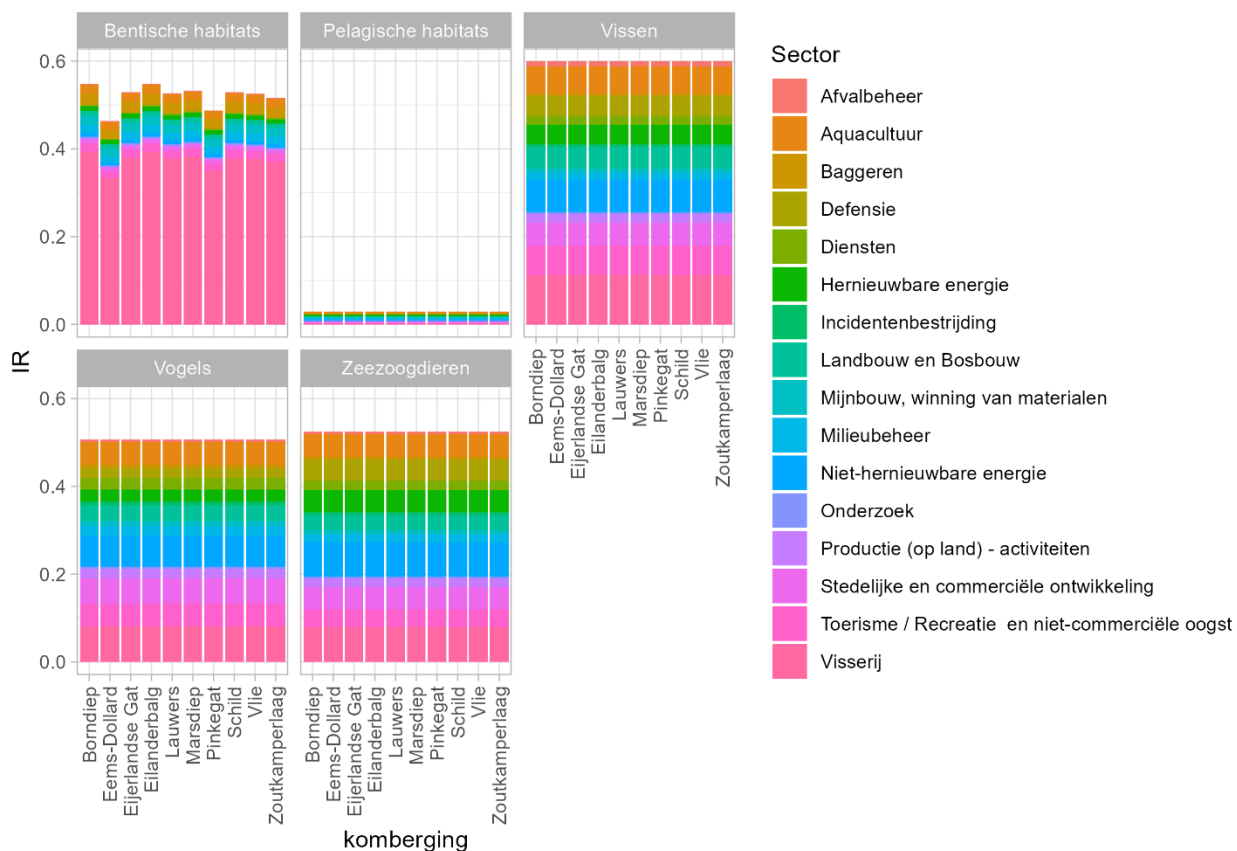
Hieronder staan de figuren uit de discussie omtrent ruimtelijk gebruik in SCAIRM weergegeven.



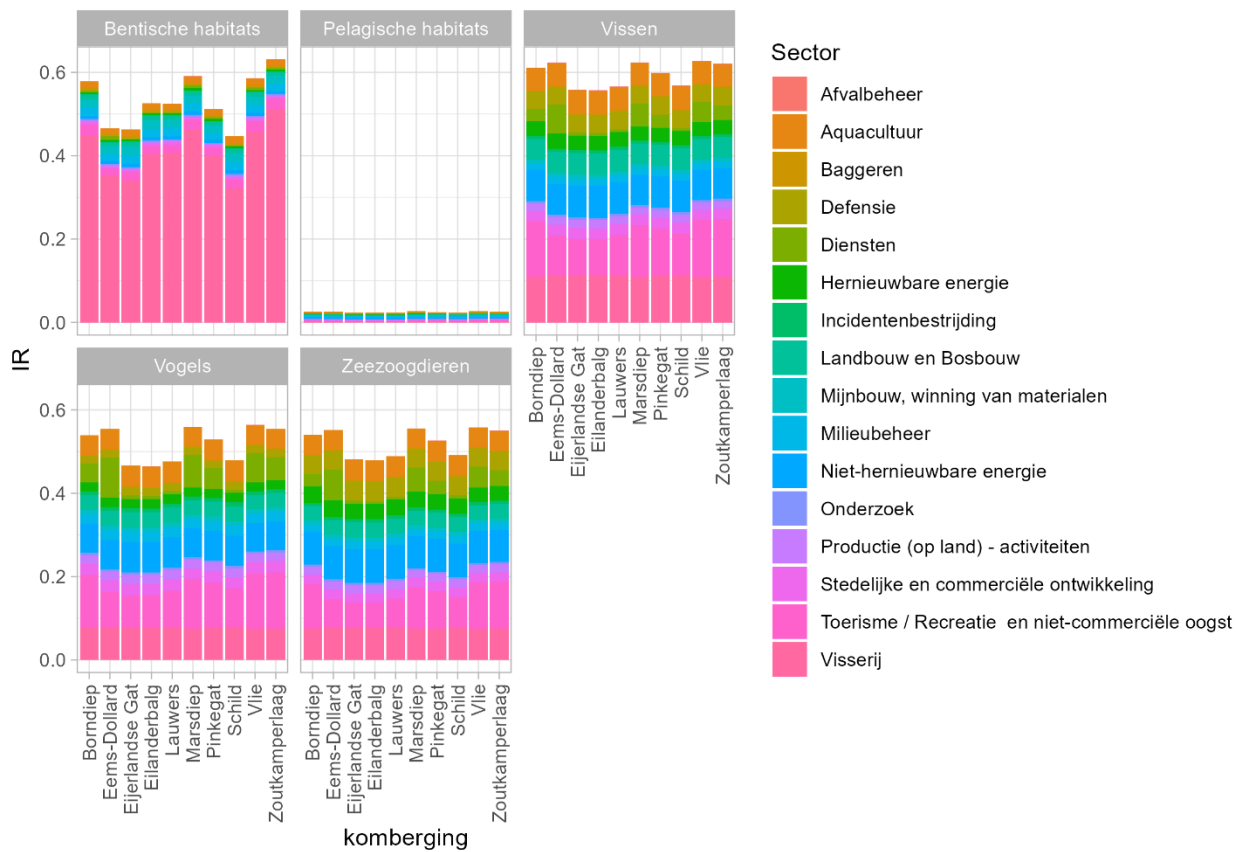
Figuur B1 Uitkomsten CIA zonder gebruik ruimtelijke data.



Figuur B2 Uitkomsten CIA met gebruik van ruimtelijke data voor de activiteiten.



Figuur B3 Uitkomsten CIA met gebruik van ruimtelijke data voor de ecotopen.



Figuur B4 Uitkomsten CIA met gebruik van ruimtelijke data voor de activiteiten en de ecotopen.

Bijlage 4: Uitsplitsingen sectoren per ecosysteemcomponent

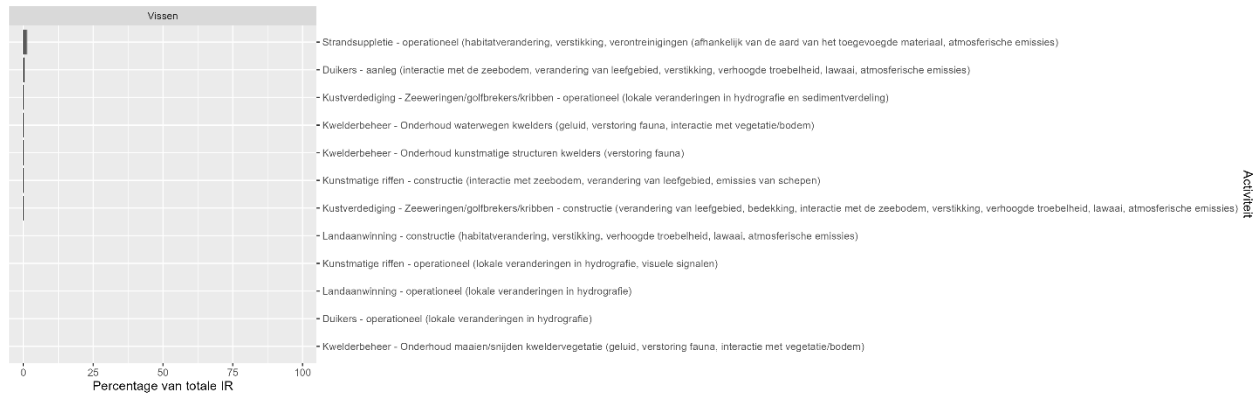
Aandeel milieubeheer activiteiten



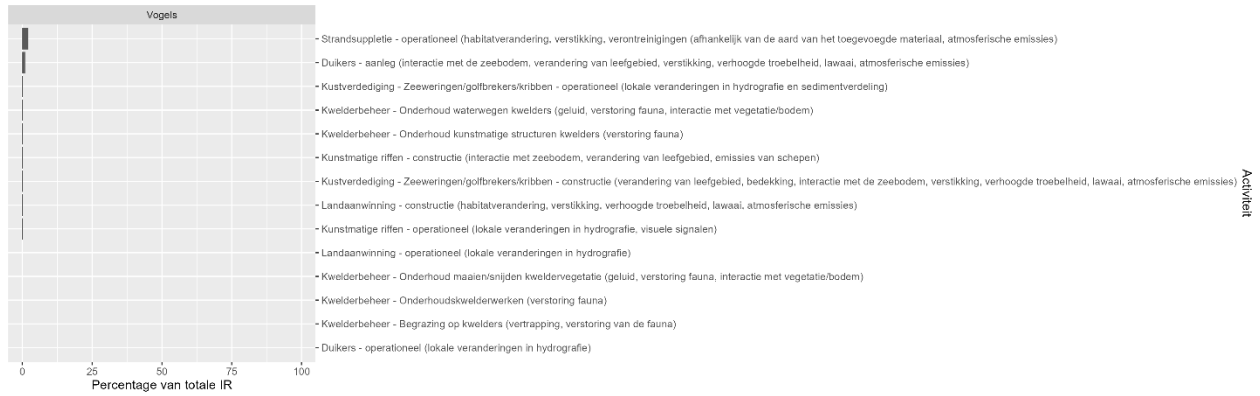
Aandeel milieubeheer activiteiten



Aandeel milieubeheer activiteiten



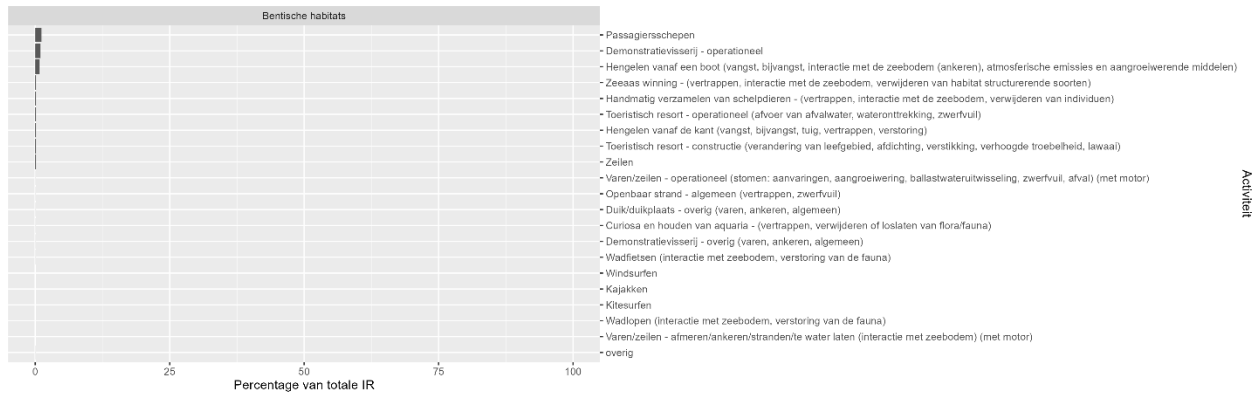
Aandeel milieubeheer activiteiten



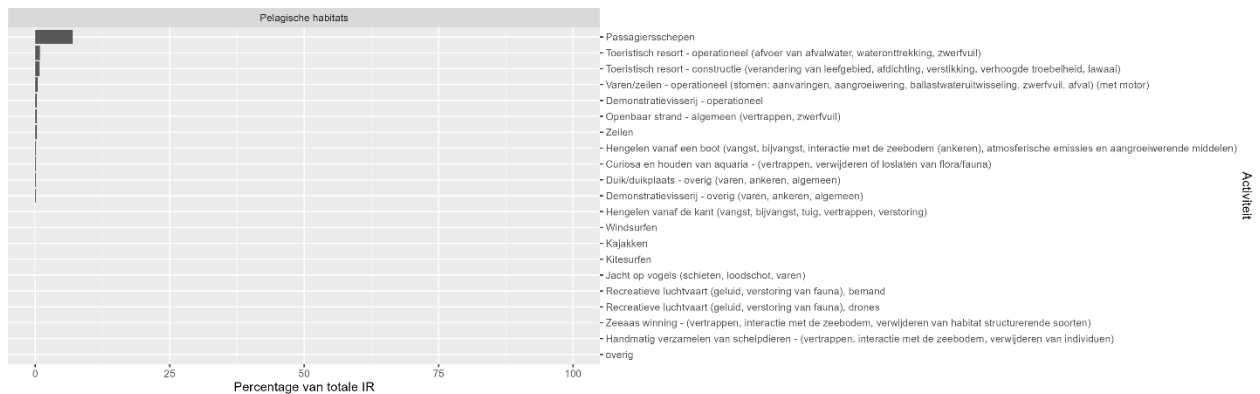
Aandeel milieubeheer activiteiten



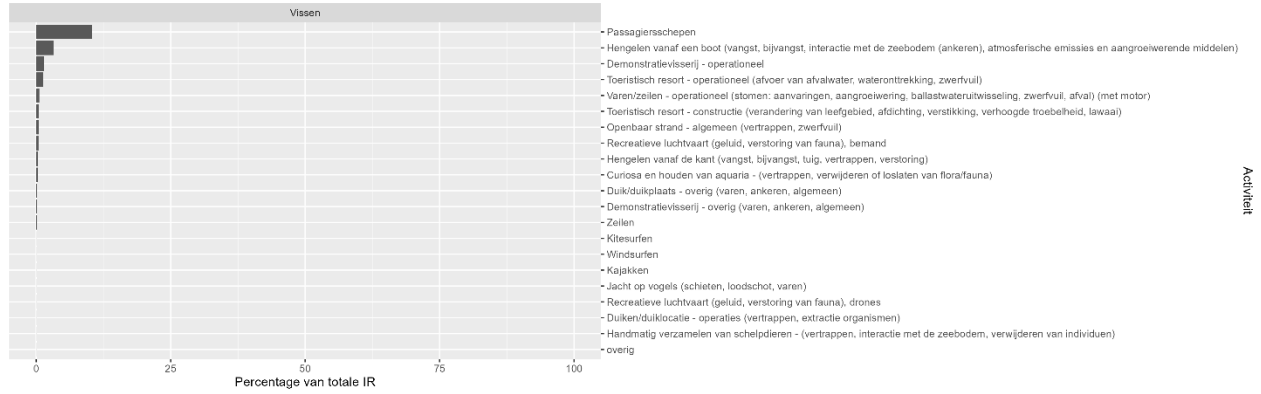
Aandeel toerisme/recreatie activiteiten



Aandeel toerisme/recreatie activiteiten

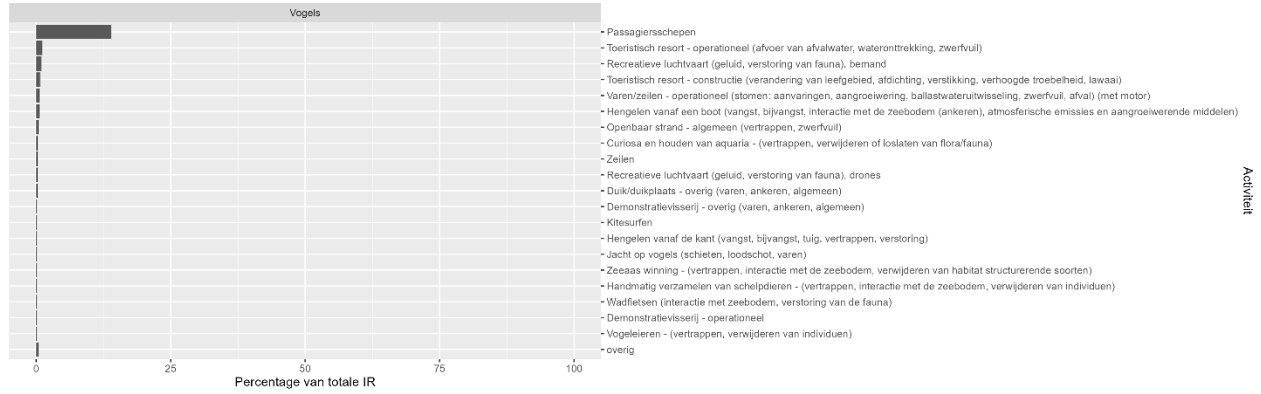


Aandeel toerisme/recreatie activiteiten



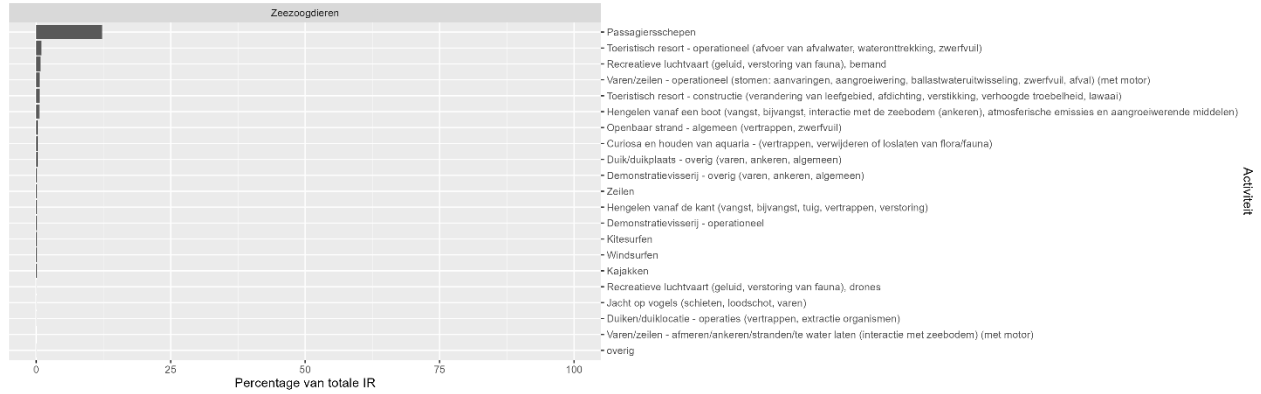
Activiteit

Aandeel toerisme/recreatie activiteiten



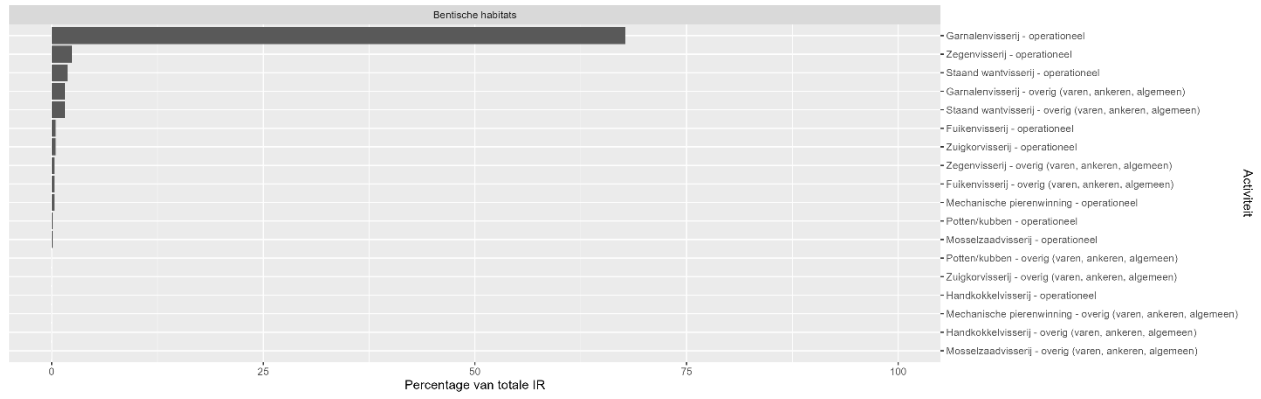
Activiteit

Aandeel toerisme/recreatie activiteiten

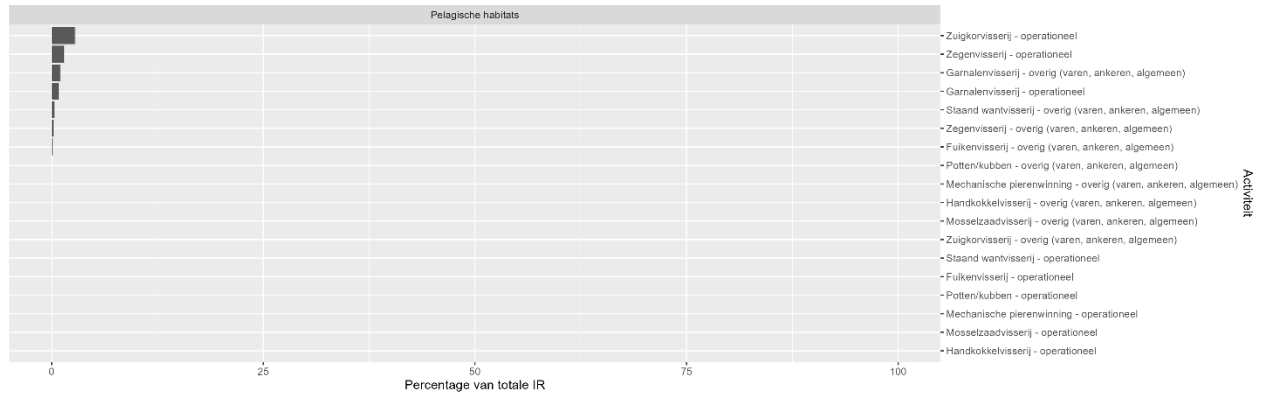


Activiteit

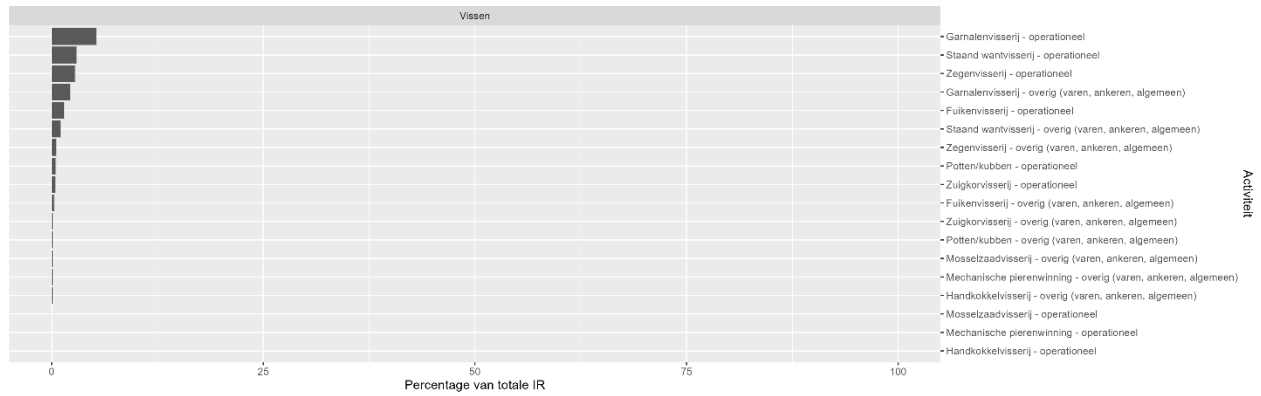
Aandeel visserij activiteiten



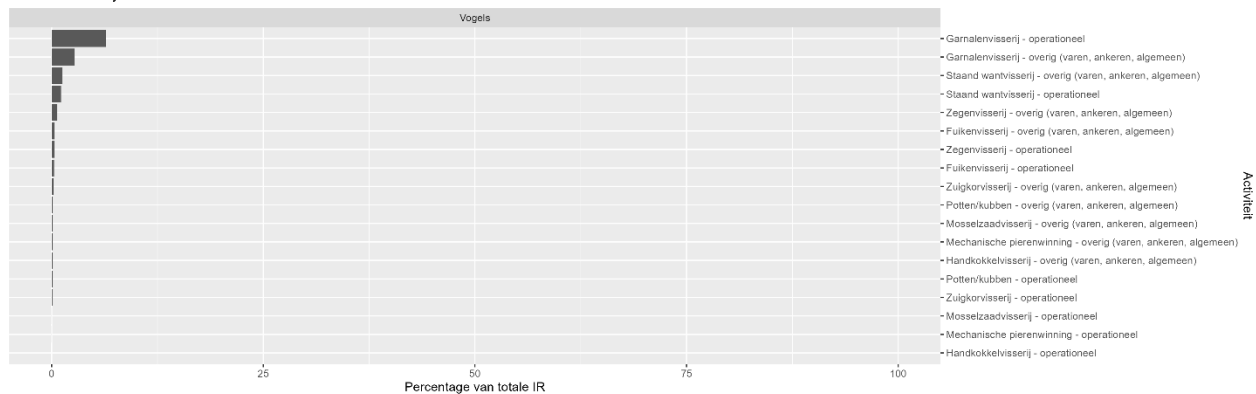
Aandeel visserij activiteiten



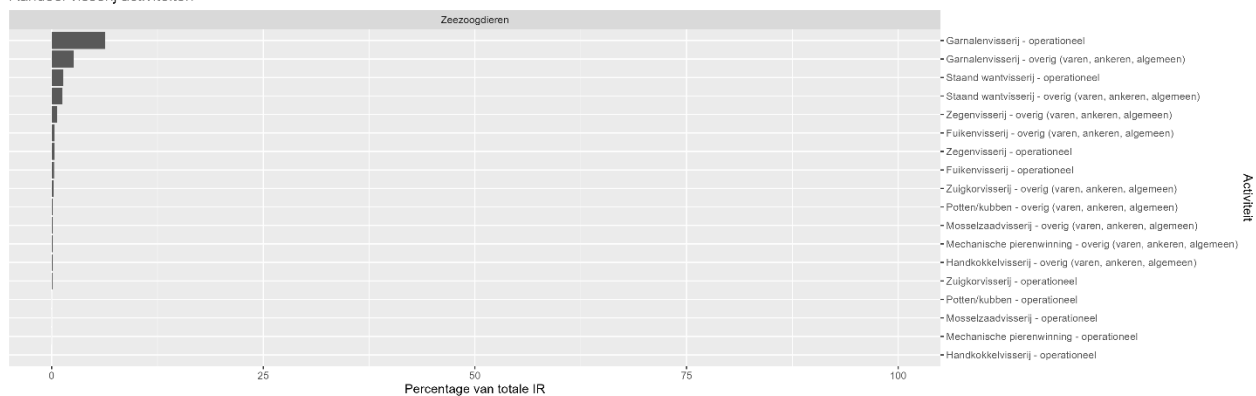
Aandeel visserij activiteiten



Aandeel visserij activiteiten



Aandeel visserij activiteiten



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

Bezoekersadres:

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



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

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
