



Ruimte voor de Waddenzee

Systeemanalyse PAGW Waddenzeekust - Verkenning dijkversterking Koehool - Lauwersmeer

Wetterskip Fryslân

10 mei 2021

Project Ruimte voor de Waddenzee
Opdrachtgever Wetterskip Fryslân

Document Systeemanalyse PAGW Waddenzeekust - Verkenning dijkversterking Koehool -
Lauwersmeer

Status Definitief
Datum 10 mei 2021
Referentie LW344-37/21-007.415

Projectcode LW344-37
Projectleider M. van der Kamp MSc
Projectdirecteur drs. L.G. Turlings

Auteur(s) dr. W. Gotjé, J. van der Endt MSc
Gecontroleerd door M. van der Kamp MSc
Goedgekeurd door M. van der Kamp MSc

Paraaf 

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

+

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	MANAGEMENT SAMENVATTING	5
2	INLEIDING	10
2.1	Aanleiding	10
2.2	Doel en methode systeemanalyse Waddenzeekust	12
2.3	Totstandkoming rapportage	13
2.4	Leeswijzer	13
3	TRENDS EN HUIDIG FUNCTIONEREN WADDENZEE EN VERBONDEN ACHTERLAND	15
3.1	Inleiding	15
3.2	Morfologische ontwikkelingen	16
3.3	Ecotopen en leefgebieden	21
3.4	Opbouw en het functioneren van het voedselweb	24
3.5	Huidig menselijk gebruik	31
3.6	Klimaatverandering	32
4	ECOLOGISCHE TOESTAND T.A.V. WETTELIJKE BELEIDSKADERS	35
4.1	Wettelijke kaders	35
4.1.1	Natura 2000	35
4.1.2	KRW	42
4.2	Beleidskaders	47
4.2.1	PAGW	47
4.2.2	Agenda voor het Waddengebied 2050	49
4.2.3	Natuurambitie Grote Wateren 2050 en verder	49
4.3	Staat van instandhouding	49
4.3.1	Natura 2000	49
4.3.2	KRW	53
4.3.3	Conclusie	57
5	KNELPUNTEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN	58

5.1	Natura 2000	58
	5.1.1 Habitattypen	58
	5.1.2 Habitatrichtlijnsoorten	60
	5.1.3 Vogelrichtlijnsoorten - broedvogels en niet-broedvogels	60
5.2	Knelpunten KRW	64
5.3	Integratie Natura 2000, KRW en PAGW	69
	5.3.1 Knelpunten en oplossingsrichtingen	69
	5.3.2 Locatie en omvang van maatregelen	72
6	DOORVERTALING RICHTING DIJKVERSTERKING KOEHOOL-LAUWERSMEER	80
6.1	Aanpakken van knelpunten met de dijkversterking	80
6.2	Van knelpunt via oplossingsrichting naar bouwstenen	83
6.3	Locatie en benodigde omvang van bouwstenen	85
6.4	Locaties op de kaart	95
	6.4.1 Randvoorwaarden maatregelen	95
	6.4.2 Locaties op kaart	98
6.5	Bijdrage aan doelbereik	100
	6.5.1 Bijdrage in dijktracé	100
	6.5.2 Bijdrage aan het Waddenzee systeem	102
	6.5.3 Bijdrage aan doelbereik PAGW	103
	6.5.4 Conclusie	105
7	LITERATUUR	107
	Laatste pagina	110
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Verslag Expertsessie	8
II	Ecologische bouwstenen	5

1

MANAGEMENT SAMENVATTING

Aanleiding

Met de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) worden natuurlijke dynamiek, verloren leefgebieden en zoet-zout overgangen van grotere wateren hersteld, om doelstellingen van Natura2000 en de Kaderrichtlijn Water dichterbij te brengen en de natuur ecologisch robuuster te maken. Eén van die maatregelen betreft het *Verzachten van de randen van het Wad*. Aangezien er momenteel een dijkversterkingsopgave voor de Friese Waddenzeedijk ligt, hebben de PAGW, het Wetterskip Fryslân en gebiedspartners de handen ineengeslagen om de versterkings- en de ecologische opgave in samenhang op te pakken. Hiervoor zijn reeds *Ecologische kansen* en *bouwstenen* voor de dijk ontwikkeld. Dit geeft echter nog geen grondig inzicht in de noodzaak, omvang en locatie van de benodigde maatregelen vanuit het functioneren van de Waddenzee. De Commissie m.e.r. beveelt in haar advies op het startdocument 'dijkversterking' aan om een systeemanalyse van de Waddenzee(kust) uit te voeren waarmee op basis van systeeminzicht de (wettelijke) noodzaak voor **ecologische** maatregelen onderbouwd wordt.

Doel van de systeemanalyse

Het doel van de systeemanalyse is tweeledig:

- het nut en de noodzaak, benodigde omvang en locatie inzichtelijk te maken van de te nemen **ecologische** maatregelen op basis van het functioneren en knelpunten in het Wadden (kust) gebied en de wettelijke opgave vanuit Natura 2000 en KRW, die vallen binnen de centrale opgave van de PAGW;
- een concreet advies te geven voor het traject KLM welke **ecologische** bouwstenen, op welke locatie en omvang het meeste effect opleveren ten aanzien van het functioneren van de Waddenzee, de Natura 2000 en KRW-doelstellingen en hiermee de PAGW-opgaven.

De analyse duidt hiermee de benodigde maatregelen vanuit ecologisch perspectief. Draagvlak en kosten van maatregelen, tevens in relatie tot (autonome) gebiedsontwikkelingen valt buiten de scope van de systeemanalyse en dienen in een vervolg proces nadere vorm te krijgen.

In deze samenvatting zijn de belangrijkste hoofdpunten uit de systeemanalyse weergegeven.

Systeem functioneren Waddenzee

Als grootste aaneengesloten systeem van droogvallende zand- en slibvlakten in Europa, heeft de Waddenzee een onschatbare natuurwaarde die van internationaal belang is voor veel vogels, vissen en zeezoogdieren. Als gevolg van menselijk handelen is de natuurlijke dynamiek echter sterk beïnvloed. Met name het inpolderen van intergetijdegebied, het afsluiten van voormalige zeearmen (Lauwerszee, Middellandse Zee en Zuiderzee) en de aanleg van waterbouwkundige werken ten behoeve van de waterveiligheid hebben ertoe geleid dat het systeem veranderd is en er een harde grens tussen wad en land is ontstaan. Daarnaast vindt er door economische activiteiten zoals visserij, recreatie, gas- en zoutwinning etc. verstoring met eventuele sterfte van soorten zowel boven- en onderwater plaats. Morfologische, hydrologische en ecologische processen in het gebied zijn hierdoor veranderd. Zo is het aandeel hoogdynamisch areaal toegenomen ten koste van laagdynamisch areaal, zijn belangrijke *biobouwers* zoals zeegrasvelden ondervertegenwoordigd en is het areaal en de kwaliteit van kwelders beïnvloed door vastlegging en ontwikkeling aan het vasteland. Daarnaast zijn zachte verbindingen met het zoete achterland verbroken, en is er nu vooral een harde grens tussen zoet en zout water. Bovengenoemde aspecten kennen hun gehele doorwerking in het ecosysteem en voedselweb, waardoor het Waddenzeegebied, bijvoorbeeld, als gevolg

van verandering van voedselbeschikbaarheid en het ontbreken van rust- en broedbiotoop, als geheel minder geschikt is geworden voor (enkele doelsoorten) vogels.

Klimaatverandering

De stijgende zeespiegel, als gevolg van klimaatverandering, voert de druk op het systeem verder op. Met name kwelders, geschikte rust- en broedbiotopen voor vogels en het laagdynamische getijdenareaal zijn vatbaar voor klimaatverandering. Als de huidige grenzen (dijken) van de Waddenzee behouden blijven, kunnen deze belangrijke natuurwaarden als gevolg van 'verdrinking' van de Waddenzee op termijn verloren gaan. Om de natuurwaarden te ondersteunen en te behouden in de toekomst, zijn ingrepen nodig waarbij gezocht moet worden naar **Ruimte voor de Waddenzee**. De PAGW-maatregel *Verzachten van de randen van het wad* past hierbinnen en kan een extra impuls geven aan het behoud van dit unieke natuurgebied.

Toetsing aan beleidskaders

De natuurwaarden in het Waddengebied zijn middels de Kader Richtlijn Water (KRW) en de Vogel- en habitatrichtlijn (Natura 2000) beschermd. Een analyse van de kwaliteit en staat van instandhouding laat zien dat de:

- 1 staat van instandhouding van de Natura 2000-habitattypen Permanent overstromde zandbanken (H1110A), Slik- en zandplaten (H1140A) en schorren en zilte graslanden (H1330A/B) niet voldoen aan de doelstellingen. Ook de populatiedoelstellingen voor diadrome vissoorten (zeeprik, rivierprik en fint) worden niet gehaald. Voor zowel broedvogels, als niet-broedvogels, wordt voor >60 % van de soorten de doelstelling niet gehaald;
- 2 biologische toestand bezien vanuit de Kaderrichtlijn Water voor de Waddenzee wordt beoordeeld als ontoereikend tot matig, met name door vertroebeling, het gebrek aan zeegras, de matige kwaliteit van kwelders en normoverschrijding van chemische stoffen;
- 3 ook de biologische toestand (KRW) van binnendijkse wateren wordt als ontoereikend beoordeeld. Het achterland is met name ten behoeve van de landbouwkundige functie ingericht waardoor er (generiek gezien) weinig ruimte is voor ecologie. Daarnaast is het gebied maar in beperkte mate geschikt als opgroeigebied voor migrerende vis en wordt migratie zelf verhinderd door allerlei kunstmatige barrières.

Knelpunten en oplossingsrichtingen

Ten grondslag aan het niet behalen van de Natura2000 en KRW-doelen liggen een aantal 'knelpunten', die ieder weer hun eigen oorzaken en dwarsverbanden kennen. In onderstaande tabel is een overzicht van de knelpunten en mogelijke oplossingsrichtingen voor het Waddengebied gegeven. De relatie met de wettelijke doelstelling en de PAGW opgave is tevens weergegeven.

Samenvattend betreffen de generieke oplossingsrichtingen voor verbetering van de ecologische waarde van de Waddenzee:

- 1 belasting van nutriënten en milieuvreemde stoffen terugdringen;
- 2 verstoring door menselijke activiteiten verminderen;
- 3 het terugbrengen/restoreren van natuurlijke dynamiek, fysische gradiënten en verbindingen;
- 4 versterken/terugbrengen van broedeilanden, hoogwatervluchtplaatsen en onderwaternatuur (aan de dijk);
- 5 verbeteren van de ecologische waarde van het Friese achterland als paai- en opgroeigebied voor vis;
- 6 verbeteren ecologische kwaliteit van de dijk zelf.

Onderdeel 3 en 4 tonen de noodzaak van de PAGW doelen, terugbrengen of versterken: *natuurlijke dynamiek, geleidelijke overgangen en verbindingen tussen land en water en zoet en zout en leefgebieden* aan.

Tabel 1.1 Ecologische knelpunten, te nemen maatregelen en relatie met KRW, N2000 en PAGW

Ecologisch knelpunt	Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	Wettelijke opgave (N2000 & KRW)	Bijdrage PAGW
Belasting van nutriënten en milieuvreemde stoffen	aanvoer vanaf binnenland en lozing op zee	verminderen nutriëntenlast boezemwateren en verlagen aanvoer nutriëntrijk water naar Waddenzee	KRW: binnendijks en buitendijks, verminderen vertroebeling, verbeteren maatlat fytoplankton en overige waterflora, N2000: draagt ook bij aan voedselbeschikbaarheid vogels, herstel mosselbanken en zeegrasvelden	kwaliteit, diversiteit
verruigde kwelders	gebrek aan dynamiek / verouderde kwelders	versterken, terugbrengen natuurlijke dynamiek (afgraven, faciliteren van slenken en prielen, aanpassen kwelderbeheer)	KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: kwelderhabitat, broed-, rust- en foerageergebied vogels	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid
	(atmosferische) vermessing	verlagen (atmosferische) vermessing		
voedseltekort vogels / verandering onderwaternatuur	vertroebeling water/hoge bodemdynamiek/mortaliteit visserij, lage kwaliteit onderwaternatuur en verruiging kwelders	verjongen kwelders, verminderen verstoring, versterken onderwaternatuur en verzachten land-watergrenzen	KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: zeegras, bodemfauna (meerjarige mosselbanken) kwelderhabitat, broed-, rust- en foerageergebied vogels, opgroeigebied vissen	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid
tekort aan rustbiotoop/broedgebied vogels	zie kwelders	verjongen kwelders	N2000: broed- en rustbiotoop vogels	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid
	ontbreken rustbiotoop binnendijks	verbeteren rust- en broedgebieden binnendijks / aanleg voegeilanden	N2000: broed- en rustbiotoop vogels	diversiteit, kwaliteit, omvang
	verstoring door toerisme en recreatie	beheer en handhaving	N2000: broed- en rustbiotoop vogels	kwaliteit
ontbreken migratiemogelijkheden tussen zoet en zout water en onvoldoende kwaliteit paai - en opgroeigebied (binnendijks)	waterbouwkundige obstructies	herstel visverbindingen en fysische gradiënten (waterkwaliteit/habitat achterland op orde brengen)	KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: draagt ook bij aan voedselbeschikbaarheid vogels, migratie trekvisen	diversiteit, omvang, kwaliteit, verbondenheid
vertroebeling/ hoge bodem dynamiek	veranderde morfologie door afsluiten zeearmen en waterbouwkundige werken	verzachten land - water grenzen	KRW: buitendijks, N2000: zeegras, bodemfauna (meerjarige mosselbanken), foerageergebied vogels, opgroeigebied vissen	diversiteit, omvang, kwaliteit, verbondenheid
	bodemberoering door onder andere visserij, baggerwerken en zandsuppleties	verlagen bodemberoerende activiteiten		diversiteit, kwaliteit

Ecologisch knelpunt	Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	Wettelijke opgave (N2000 & KRW)	Bijdrage PAGW
ecologische impact van menselijke activiteiten	directe mortaliteit vis door visserij en spuien	visserijdruk verlagen, visvriendelijk spui-beheer		
	effecten op rust, ruimte en stilte door baggeren, toerisme, scheepvaart etc.	druk activiteiten verlagen		

Knelpunten en oplossingen in relatie tot dijkversterking Koehool-Lauwersmeer

De dijkversterking op het traject Koehool- Lauwersmeer biedt kansen om knelpunten op de grens van land en water te verminderen en hiermee de ecologische kwaliteit en staat van instandhouding voor habitats en soorten (KRW & Natura 2000) te verbeteren. De opgave in de Waddenzee is dermate groot dat het wenselijk is (en nodig voor het behalen van de doelstellingen) om zoveel mogelijk kansen voor verbetering van de ecologische waarde middels de dijkversterking te benutten. In onderstaande tabel zijn de oplossingsrichtingen in de context van de dijk gegeven. Oplossingsrichtingen met een relatie tot de dijkversterking Koehool-Lauwersmeer zijn nader geconcretiseerd in *ecologische bouwstenen* (zie onderstaande tabel).

Tabel 1.2 Knelpunten, oplossingen en gerelateerde bouwstenen voor dijktracé Koehool-Lauwersmeer. *aanleg van pionierkwelders aan de wadkant is niet gewenst daar het de staat van instandhouding van de N2000 habitattypen Permanent overstromde zandbanken (H1110A), Slik- en zandplaten (H1140A) negatief kan beïnvloeden (oppervlak)

Onderliggende oorzaak (vanuit Ecologisch knelpunt)	Oplossingsrichting	Gerelateerde bouwstenen
gebrek aan dynamiek/verouderde kwelders	terugbrengen natuurlijke dynamiek	flauw voorland, doorsteken zomerkade, dubbele dijk, afgraving binnendijks, geul in kwelder
	aanleg pionierkwelders*	kwelderwerken*
ontbreken geschikt rustbiotoop en broedgebied voor vogels	verbeteren habitat Fries achterland	(broed)vogeleiland of schuil- en broedgelegenheden
	dynamiek en diversiteit in kweldervegetatie	zie maatregelen kwelders
	verstoring op de dijk tegengaan	
voedseltekort vogels/verandering onderwaternatuur	versterken onderwaternatuur	natuurvriendelijke onderwaterbekleding, getijdenpoel
	voedsel rond kwelders	zie maatregelen kwelders
ontbreken visverbindingen en fysische gradiënten	herstel visverbindingen	vispassages, open zoet-zout verbindingen
	herstel fysische gradiënten d.m.v. brakwaterzone	dubbele dijk, afgraving binnendijks (ruimte voor de Waddenzee)

Hiernaast moet niet vergeten worden dat de dijk zelf een belangrijke corridor- en ecologische functie heeft. Versterking van de natuurlijke waarde op de dijk (Kruidenrijke graslanden) zelf draagt dan ook bij aan verbetering van de biodiversiteitswaarde en geeft extra schuil- en foerageermogelijkheden voor kleine zoogdieren en vogels. Daarnaast trekt een diverse vegetatie ook diverse insecten aan.

Kansen op het tracé

In de analyse is een inventarisatie gemaakt van ecologisch nuttige locaties langs het dijktracé (afbeelding 6.12). De meeste ecologische winst is te behalen op deeltracés (dijkversterking) waar zoveel mogelijk ecologische **bouwstenen kunnen worden gecombineerd**. Hiermee geef je een impuls op meerdere fronten.

Voorbeeld locaties zijn:

- Peazemerlannen;
- Fryslân Bûtendijks - Holwerd (project Holwerd aan Zee), 't Schoor (Ternaard).

Op deze plekken kan de kwelderdynamiek (binnen- en of buitendijks) worden verbeterd, een visverbinding worden aangebracht, de onderwaternatuur worden ondersteund en zou ruimte zijn voor een vogeleiland (binnen- en/of buitendijks). Op deze wijze wordt een sterke lokale impuls aan de natuur gegeven. Voor kwelderontwikkeling dient vooral naar binnendijkse gebieden te worden gekeken. Het ontwikkelen van kwelders buitendijks is een feitelijke afname van de lokale dynamiek en beperkt de ruimte van de Waddenzee. Daarnaast liggen er kansen voor kwelderontwikkeling bij Hoekool - Zwarte Haan en Wierum-Nes, al dan niet gecombineerd met een visverbinding naar het achterland.

Ruimte voor de Waddenzee

De belangrijkste manier om duurzaam bij te dragen aan het wegnemen van knelpunten van het Waddenzee systeem is door op zoek te gaan naar **Ruimte voor de Waddenzee**. Klimaatverandering zet kwelders en overgangsnatuur verder onder druk en hiermee het behalen van de KRW- en Natura 2000-doelstellingen. Maatregelen (uit deze analyse) en ruimte zijn dan ook nodig om achteruitgang van de Waddenzee te voorkomen.

Het wordt geadviseerd om onderzoek te gaan naar kansen voor uitbreiding van het kwelderareaal en laagdynamische getijdengebieden, landinwaarts. Met name bij Peazemerlannen, Fryslân Bûtendijks, Holwerd aan zee, binnenzijde dijk Holwerd - 't Schoor zien we kansen. Ontwikkeling kan bereikt worden door middel van *dubbele dijken, wisselpolders* of het *verleggen van dijken*. Op deze plekken moet ruimte zijn voor dynamische kwelders, foerageer- en rustgebied voor vogels en paaigebied voor vissen. Door middel van een visverbinding worden deze plekken verbonden met het achterland. Door op deze manier **Ruimte voor de Waddenzee** te creëren zal de productiviteit en biodiversiteit van het systeem verbeteren en krijgt natuurlijk dynamiek meer ruimte. Hierdoor wordt de Waddennatuur robuuster en zal het de effecten van klimaatverandering beter op kunnen vangen.

2

INLEIDING

2.1 Aanleiding

Programmatiese aanpak Grote Wateren, KRW en Natura 2000

De Waddenzee is UNESCO Werelderfgoed en het grootste intergetijdengebied ter wereld. Toch is dit gebied eeuwenlang onderwerp geweest van menselijke ingrepen. Zo zijn er dijken en dammen aangelegd ten behoeve van de waterveiligheid, grote zeearmen afgesloten (Zuiderzee, Lauwerszee en Middelzee) en zijn er grote delen van de Waddenzee ingepolderd. Deze ingrepen hebben een effect op het functioneren van de Waddenzee: de natuurlijke dynamiek (water- en sedimentstromen) is veranderd, leefgebieden zijn grotendeels verloren gegaan, migratieroutes zijn afgesloten en het voedselweb is veranderd.

De Kaderrichtlijn Water (KRW) zorgt samen met de Vogel- en Habitatrichtlijn (Natura 2000) voor instandhouding en verbetering van de huidige flora, fauna en waterkwaliteit van de Waddenzee. Voor het effectief en efficiënt realiseren van deze doelen en voor een transitie naar een duurzamer beheer is er landelijk geconstateerd dat er meer nodig is dan alleen de KRW- en Natura 2000-maatregelen. Daarom is de Programmatiese Aanpak Grote Wateren (PAGW) in het leven geroepen. In dit programma werken de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) samen met de regionale overheden en maatschappelijke organisaties (hierna: de regio) aan toekomstbestendige grote wateren waarin een hoogwaardige natuur samengaat met een krachtige economie. Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) werken samen in opdracht van de Ministeries LNV en IenW aan de verdere ontwikkeling van deze PAGW en de voorbereiding en uitvoering van de projecten in de vorm van inrichtingsmaatregelen waarvoor rijksbudget is en wordt gereserveerd.

In de PAGW staan drie opgaven centraal:

- 1 waar mogelijk de natuurlijke dynamiek herstellen;
- 2 de grote wateren (weer) met elkaar en het achterland verbinden;
- 3 ontbrekende – en eerder verloren - leefgebieden ontwikkelen.

Door te werken aan deze drie opgaven wordt beoogd:

- een impuls gegeven aan de productiviteit en biodiversiteit van de ecosystemen in de grote wateren. Hiermee worden grote wateren natuurlijker en robuust gemaakt, waardoor de veerkracht van het systeem toeneemt en daarmee het adaptieve vermogen om de effecten van klimaatverandering op te vangen;
- een economische impuls aan de regio te geven. De gedachte is dat als, de natuur en de ecologische waterkwaliteit op orde zijn, ook de kwaliteit van de leefomgeving en het vestigingsklimaat verbetert. Daarnaast zijn de maatschappelijke opgaven uit de gebiedsagenda's, zoals verstedelijking, transport en energieopwekking, beter in te passen.

Op basis van de ecologische urgentie van maatregelen, draagvlak in de regio, cofinanciering, eventuele risico's bij de uitvoering en kansen voor verbreden van de maatregelen - zodat ze bijdragen aan bredere sociaal-maatschappelijk doelen - zijn in november 2019 door de Ministers van IenW en LNV 33 maatregelen geselecteerd waarin de Ministers vanuit de PAGW willen investeren (Kamerstukken II, 2019-2020, 27 625, nr. 488).

Eén van die maatregelen betreft het *Verzachten van de randen van het Wad*, waar de PAGW via drie verschillende projecten aan werkt. De aanleiding van deze maatregel is enerzijds de matige ecologische toestand van de Waddenzee, maar anderzijds ook de gebrekkige connectiviteit tussen de zoute Waddenzee en het zoete binnenwater als gevolg van de harde overgangen tussen land en water (dijken en dammen). Doel van deze PAGW-maatregel is het versterken van de natuurlijke dynamiek door het terugbrengen van gradiënten (zoet-zout/droog-nat) en het aanleggen van hoogwaardige leefgebieden in de Waddenzee. Voor de PAGW-maatregel(en) is vanuit het Rijk momenteel EUR 37.500.000,00 gereserveerd uit de PAGW-gelden.

Waterveiligheidsopgave Hoogwaterbeschermingsprogramma

Tegelijkertijd is er momenteel langs de Friese Waddenzeedijk tussen het buurtschap Koehool en het Lauwersmeer ook een dijkversterkingsopgave van de Waddenzeedijk in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Dit project wordt uitgevoerd door Wetterskip Fryslân met ondersteuning vanuit Witteveen+Bos. Rijk en regio hebben besloten de waterveiligheidsopgave (HWBP) en de ecologische opgave (PAGW) in samenhang met elkaar op te pakken. Uitgangspunten met betrekking tot de integrale benadering PAGW en HWBP zijn vastgelegd in het startdocument 'Versterking Waddenzeedijk Koehool-Lauwersmeer' van 17 augustus 2020 (Kesmer, Soepboer, and Haitsma 2020) en MIRT PAGW Startbeslissing *Verzachten randen van het Wad*, als onderdeel van het gebiedsproces van het dijkversterkingsproject Koehool-Lauwersmeer (26 augustus 2020) (Doze 2020).

Holwerd aan Zee

Daarnaast spelen er nog andere opgaven en projecten vanuit de omgeving die raakvlakken kennen met de PAGW opgave *Verzachten randen van het wad*, zoals het project Holwerd aan Zee. In dit traject zijn gebiedspartners als de Provincie Fryslân, de gemeentes Waadhoeke en Noardeast-Fryslân, de landbouw (vertegenwoordigd door LTO) en de natuurorganisatie It Fryske Gea aangehaakt.

NB. Een inventarisatie van alle ruimtelijke ontwikkelingen viel buiten de scope van deze studie. Overige ontwikkelingen zijn daarom niet benoemd.

Ecologische kansen en bouwstenen in beeld

In een gebiedsgerichte Verkenning (begin 2020) zijn, als voorbereiding op de PAGW Verkenning en de dijkversterking, onder regie van Wetterskip Fryslân, Provincie Fryslân en de PAGW, in een brede Waddenkustzone tussen Koehool en Lauwersmeer kansen voor ecologische maatregelen binnen- en buitendijks, al of niet gekoppeld met de HWBP-opgave, benoemd (Sirks et al. 2020). Het betreft:

- zoet-zout overgangen creëren;
- nat-droog overgangen creëren;
- gradiënt onderwaternatuur versterken;
- brakke zones creëren;
- hoogwatervluchtplaatsen en slaapplaatsen voor wadvogels creëren;
- broedgelegenheid voor wadvogels creëren;
- versterken foerageergelegenheid in brakke zones;
- vergroten areaal pionierskwelders;
- paaigelegenheden en kraamkamers voor vissen binnendijks creëren;
- biodiversiteit kwelders toekomstig bestendig maken;
- vismigratie van en naar het achterland (binnendijks) versterken;
- natuur op de dijk versterken.

De maatregelen geven ruimte en kansen voor het realiseren van de PAGW-doelstelling Verzachten van de randen van het wad. De kansen zijn echter te abstract waarmee ze nog onvoldoende inpasbaar zijn binnen de dijkversterking. Om deze slag te maken zijn in (november 2020) in samenspraak met het Wetterskip, PAGW en ecologische experts uit de omgeving, de kansen vertaald in 10 bouwstenen (van der Endt and Gotjé 2020). Het betreft:

- flauw voorland;
- vogeleiland;
- kwelderwerken;
- geul in kwelder;
- onderwaterbekleding;
- getijdenpoel;
- flauw talud;
- doorlaatmiddel met vispassage;
- dubbele dijk;
- afgraven binnenwater.

De ecologische bouwstenen kunnen zowel binnen en/of buitendijks gerealiseerd worden. In november/december 2020 hebben in samenspraak met de omgeving en ecologische experts een drietal 'ecologische' ontwerp ateliers plaatsgevonden. In deze ateliers zijn de bouwstenen op basis van expert judgement en een wensbeeld op kaart ingetekend. Dit heeft geresulteerd in een kaartbeeld met >100 mogelijke maatregelen en/of locaties.

De meer dan 100 ingetekende bouwstenen geven een beeld van de ecologische wensen en mogelijkheden, maar geven echter nog geen dieper inzicht in het nut en de noodzaak, benodigde omvang en benodigde locatie van maatregelen. Om dit inzicht te krijgen is voorgesteld om een '**ecologische systeemanalyse**' uit te voeren. De noodzaak voor een analyse volgt ook uit het advies van de Commissie m.e.r. die naar aanleiding van het startdocument (1 oktober 2020) de volgende aanbevelingen heeft gedaan:

- 1 uitvoeren van een grondige analyse van knelpunten, randvoorwaarden en ambities voor de natuur vanuit het perspectief van de Waddenzee;
- 2 inzichtelijk maken welke wettelijke opgaves er nog liggen voor de Waddenzee;
- 3 inzichtelijk maken op welke locaties er het beste maatregelen genomen kunnen worden om deze opgaves te helpen realiseren;
- 4 onderzoeken welke natuuropgaven harde randvoorwaarden zijn om de natuurdoelen te halen.

2.2 Doel en methode systeemanalyse Waddenzeekust

Het doel van de systeemanalyse Waddenzeekust is om:

- het nut en de noodzaak, benodigde omvang en locatie inzichtelijk te maken van de te nemen **ecologische** maatregelen op basis van het functioneren en knelpunten in het Wadden (kust) gebied en de wettelijke opgave vanuit Natura 2000 en KRW, die vallen binnen de centrale opgave van de PAGW;
- een concreet advies te geven voor het traject KLM welke **ecologische** bouwstenen, op welke locatie en omvang het meeste effect opleveren ten aanzien van het functioneren van de Waddenzee, de Natura 2000 en KRW-doelstellingen en hiermee de PAGW-opgaven.

De eerder gedefinieerde ecologische bouwstenen gaan dus door een 'ecologische nut filter' heen en worden beoordeeld op basis van de wettelijke opgave en op effectiviteit.

Om hiertoe te komen brengt de analyse op basis van deskresearch en input van experts in beeld:

- wat de huidige (biologische, hydromorfologische, fysische en chemische) toestand van de Waddenzee is;
- hoe de Waddenzee(kust) (op hoofdlijnen) functioneert;
- welke relaties er zijn tussen de Waddenzee en het achterland;
- wat de ecologische knelpunten zijn en waar (gerelateerd aan de wettelijke opgaven KRW, Natura 2000 en aan PAGW):
 - welke dier- en vogelsoorten in instandhouding worden bedreigd;
 - welke specifieke leefgebieden/habitattypen ontbreken;
 - welke verbindingen tussen leefgebieden ontbreken;
- welke maatregelen genomen kunnen worden om de knelpunten weg te nemen of te verminderen;
- hoe deze maatregelen passen binnen de opgaven voor PAGW, Natura 2000 en KRW.

Een analyse naar **draagvlak** en **kosten** van maatregelen, tevens in relatie tot (autonome) **gebiedsontwikkelingen** maakt geen onderdeel uit van de analyse. Uiteraard dienen deze aspecten in een vervolg proces nadere vorm te krijgen.

De analyse brengt hiermee in beeld water er vanuit de **ecologie** nodig is en dient hiermee als opmaat voor het verdere proces waarbij maatregelen op en aan de teen van de dijk meegenomen kunnen worden als onderdeel van de HWBP-dijkversterkingsopgave (penvoerder: Wetterskip Fryslân), binnendijkse bouwstenen belanden in een gebiedsproces onder regie van de Provincie Fryslân en buitendijkse bouwstenen worden opgepakt door Rijkswaterstaat in samenwerking met It Fryske Gea.

2.3 Totstandkoming rapportage

Deze studie is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met een begeleidingsgroep, team PAGW (dagelijkse begeleiding) bestaande uit Jacco Doze (RWS), Anouk Goedknegt (RWS), en Bart Timmermans (RVO) en een regiegroep bestaande uit Jacco Doze (RWS), Martijn Rienstra (Provincie Fryslân), Martijn Iping (Provincie Fryslân), Kees de Pater (Vogelbescherming/HaZ), Anne Meijer (HaZ) en Willem Jan van Elsacker (WF).

Daarnaast heeft op 18 februari 2021 een expertsessie plaatsgevonden. In deze sessie is de systeemanalyse getoetst en aangescherpt. De lijst van experts, inclusief het verslag is in bijlage I toegevoegd. Daarnaast is de 80 % versie van de analyse door dezelfde expertgroep schriftelijk beoordeeld en aangevuld. Tot slot is de 100 % versie van de analyse op 28 april 2021 gepresenteerd aan de experts en enkele gebiedskenners.

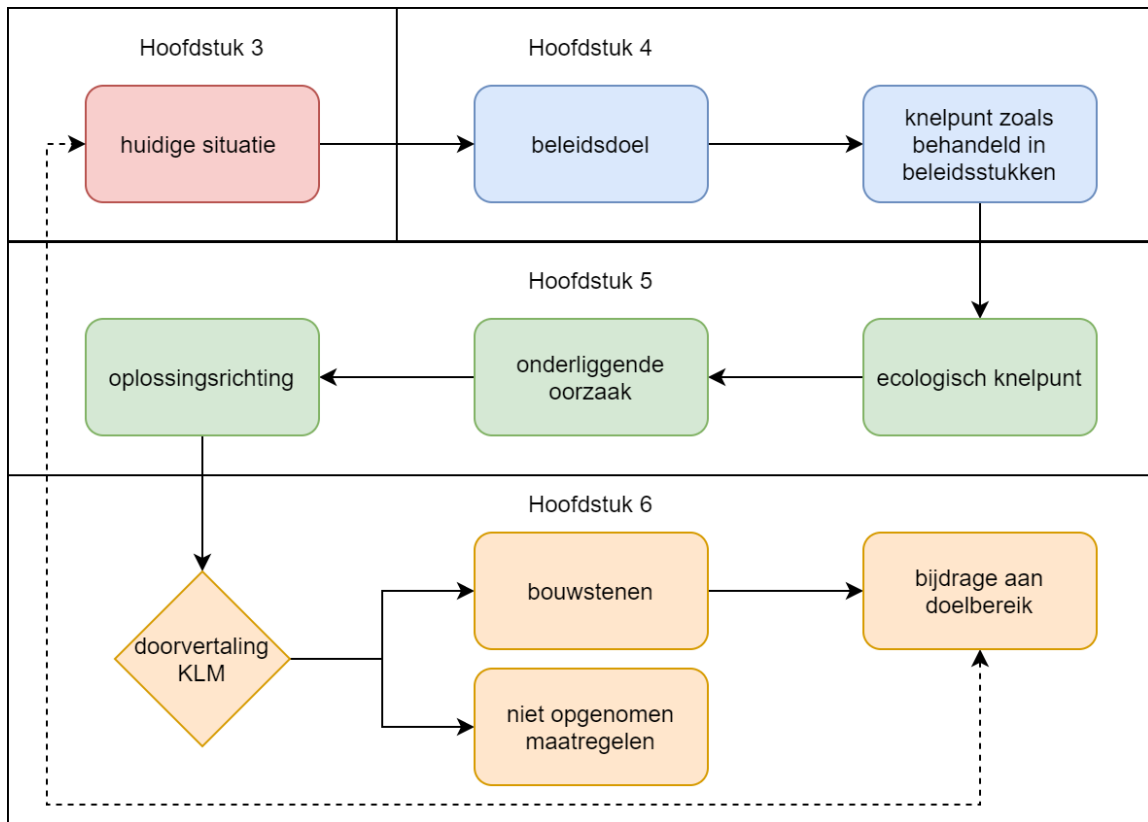
2.4 Leeswijzer

De rapportage is als volgt opgebouwd:

- hoofdstuk 3 beschrijft de huidige toestand en geeft een inkijk in het 'ecologisch' functioneren van de Waddenzee in relatie tot het achterland;
- hoofdstuk 4 geeft een toelichting betreffende Natura 2000, de KRW, de PAGW en geeft inzicht in de staat van instandhouding;
- hoofdstuk 5 geeft inzicht in de belangrijkste knelpunten en formuleert oplossingsrichtingen op hoofdlijnen;
- hoofdstuk 6 maakt een doorvertaling richting bouwstenen voor het dijktraject Koehool - Lauwersmeer (en het aanpalende gebiedsproces).

In onderstaande afbeelding is onze stapsgewijze aanpak weergegeven.

Afbeelding 2.1 Opbouw rapportage



3

TRENDS EN HUIDIG FUNCTIONEREN WADDENZEE EN VERBONDEN ACHTERLAND

3.1 Inleiding

Ligging van het gebied

De Waddenzee is Unesco Werelderfgoed. Het is 's werelds grootste aaneengesloten systeem (270.000 ha) van zand- en slibvlakten die droogvallen tijdens eb, en strekt zich uit over drie landen, van de kop van Noord-Holland tot het Schiereiland Skallingen in Denemarken (zie afbeelding 3.1). De Nederlandse Waddenzee betreft het getijdengebied tussen de Waddeneilanden en de kust van Noord-Holland, Friesland en Groningen. Ook staat de Waddenzee in (beperkte) verbinding met het IJsselmeer, Lauwersmeer en de wateren uit het achterland die uitmonden in de Waddenzee. Het is het grootste natuurgebied van Nederland, waar bovendien de natuurlijke processen nog deels vrij spel hebben.

Afbeelding 3.1 De internationale Waddenzee.



Natuurgebied van wereldbelang

De Waddenzee is een zeer belangrijk natuurgebied, niet alleen voor permanente bewoners, maar ook voor migrerende soorten. Zo trekken miljoenen trekvogels ieder jaar naar de Waddenzee om te overwinteren, of ze gebruiken het gebied om onderweg bij te tanken tijdens lange vluchten naar noordelijk of zuidelijk gelegen broedgebieden. Op sommige momenten zit een groot deel van de wereldpopulatie van bepaalde vogelsoorten in de Waddenzee. Van welgeteld tweeënvijftig vogelsoorten komt meer dan één procent van de wereldpopulatie in de Waddenzee voor. Trekvogels als de rosse grutto, kanoetstrandloper, zilverplevier, bonte strandloper en regenwulp vinden in de wijde omgeving geen vergelijkbaar gebied. Voor deze populaties is de Waddenzee dus van groot internationaal belang.

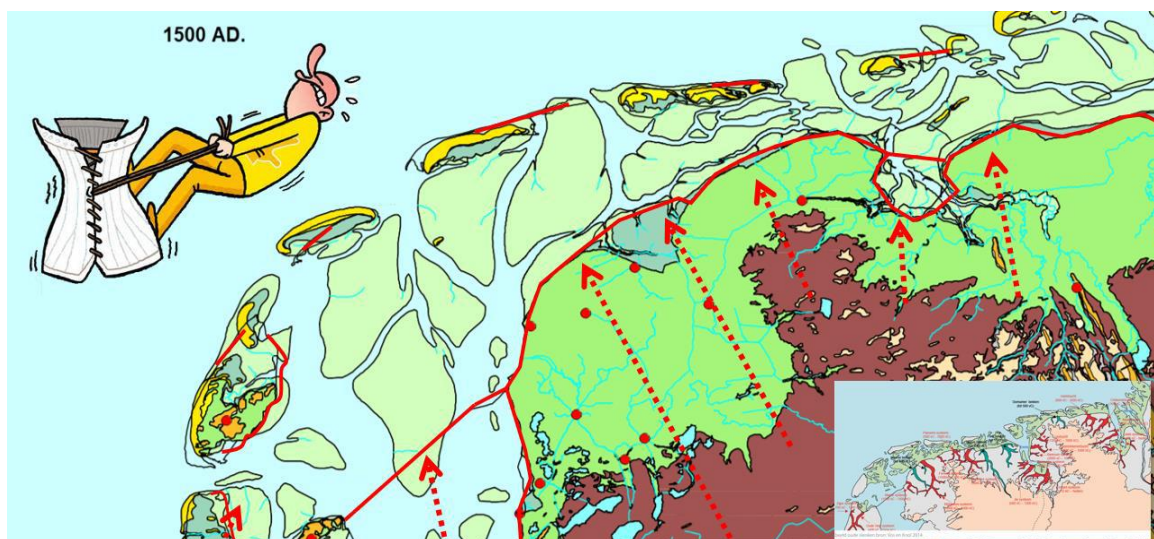
Ook trekvissen maken gebruik van de Waddenzee, met name waar de aansluiting met zoet water te vinden is. Zo paaien katadrome soorten in de Waddenzee, waarna jonge vissen opgroeien in het zoetwater, terwijl anadrome vissen juist het zoetwater (binnendijks) gebruiken als paaigebied en de Waddenzee een belangrijke functie als kraamkamer vervult. Andere soorten verblijven er jaarrond of gebruiken de Waddenzee een deel van hun levenscyclus en verblijven andere seizoenen in andere zoute wateren. Dit geeft aan dat de Waddenzee zowel voor de internationale 'flyway' van vogels, als voor de 'swimway' en levenscyclus van vissen van onmiskenbaar belang is. Behoud van en het goed functioneren van de Waddenzee is dan ook van internationaal en nationaal belang voor de natuur.

3.2 Morfologische ontwikkelingen

Het ontstaan van de Waddenzee en invloed van (grootschalige) ingrepen

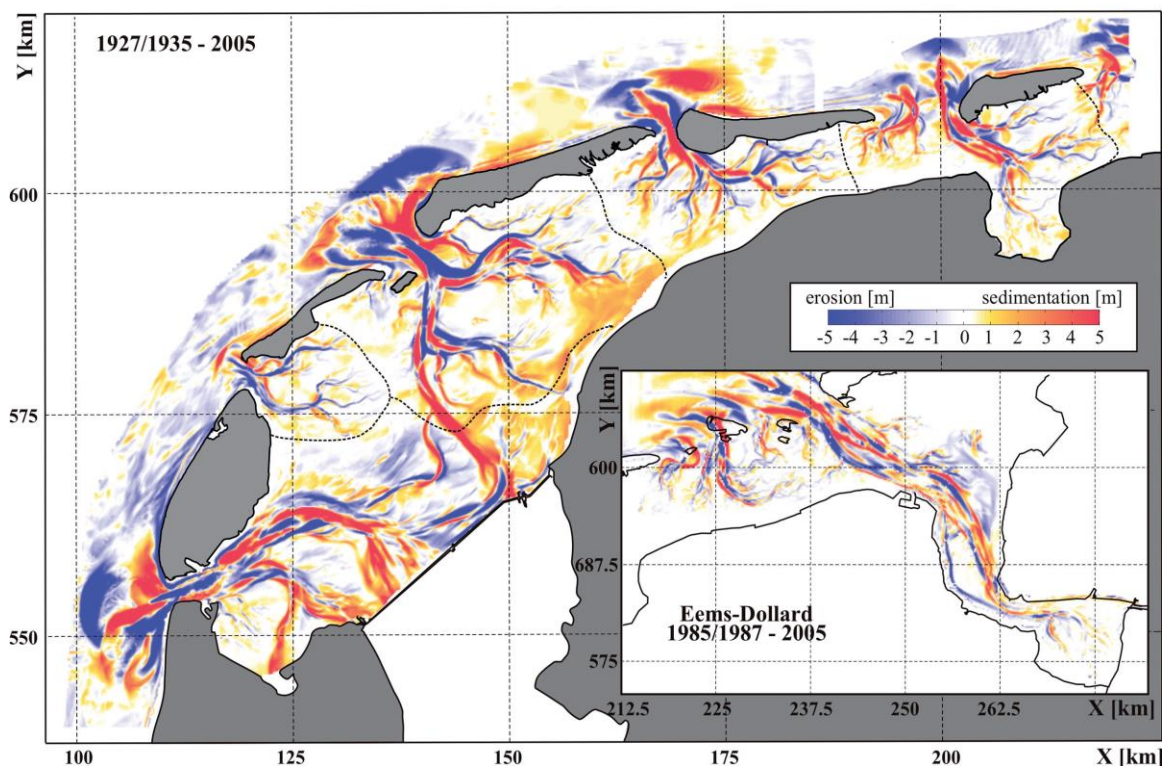
De Waddenzee is een gebied dat ontstond in de loop van het Holoceen (~ laatste 10.000 jaar), een tijdperiode na de laatste ijstijd waarin de zeespiegel tientallen meters is gestegen (Louters and Gerritsen 1994). Het gebied bestaat uit droogvallende slikken en platen, permanent overstromde platen, kwelders, eilanden met duinen en diepere geulsystemen. De eerste bewoners van het waddengebied (600 voor Chr.) leefden op de kwelderwallen. Rond het jaar 0 wordt langzaam het veen ontwaterd voor landgebruik en vanaf de Middeleeuwen vindt voor het eerst grootschalige bedijking plaats. Er was eerst nog sprake van een geleidelijke overgang van het open wad, via kwelders naar de in het binnenland gelegen veengebieden waar mensen op terpen woonden die op de kwelders lagen om zich te beschermen tegen het hoge water. In de loop van de Middeleeuwen bedijkten mensen de kwelder waardoor de huidige situatie vorm ging krijgen (zie afbeelding 3.2). Vanaf het jaar 1000 na Chr. tot nu is ongeveer 20.000 km² van het Nederlandse getijdengebied ingepolderd.

Afbeelding 3.2 De Waddenzee aan het eind van de Middeleeuwen (Vos and de Vries 2013)



Menselijke ingrepen zoals grootschalige kwelderuitbreiding door landaanwinningen en de constructie van dijken en zeeweringen hadden en hebben een groot effect op de ontwikkeling van de morfologie van de getijdenbekkens. In 1932 en 1969 werden respectievelijk de Zuiderzee en de Lauwerszee afgesloten. De afsluitingen van de Zuiderzee (1932) en Lauwerszee (1969) leidden tot respectievelijk een groter en kleiner getijdeprisma in de nabijgelegen bekkens wat grote veranderingen in de bekkenmorfologie veroorzaakte (Elias et al. 2012; A. P. Oost 1995; A. P. Oost and Kleine Punte 2003). Vergelijking van de bodemligging in 1927/1935 en 2005 laat duidelijk zien dat de Waddenzee grote veranderingen heeft ondergaan en morfologisch zeer dynamisch is (afbeelding 3.3). Geulen verplaatsten zich en in bepaalde gebieden hoogde de zeebodem op. In zijn totaliteit is de Waddenzee ondieper geworden.

Afbeelding 3.3 Kaart relatieve toename (sedimentatie in rood) of afname (erosie in blauw) van de zeebodem in 2005 ten opzichte van 1927-1935 (voor de Waddenzee) en 2005 ten opzichte van 1985-1987 (voor de Eems-Dollard) (Elias et al. 2012). Netto is de Waddenzee ondieper geworden



Ook heeft het aanbrengen van dijken langs de Friese en Groningse kust een grote invloed op de morfologie van de Waddenzee (gehad). De dijk beperkt namelijk de natuurlijke morfologische processen in de Waddenzee. Dit heeft gevolgen voor water- en sedimentstromen en daarmee voor het functioneren van de Waddenzee op alle niveaus. Door het vastleggen van de kust is de erosie toegenomen. Het is mogelijk dat hierdoor de natuurlijke dynamiek uit evenwicht is geraakt (Eriksson et al. 2010) en als een gevolg de troebelheid van de Waddenzee is toegenomen. Een wetenschappelijke consensus hierover ontbreekt echter.

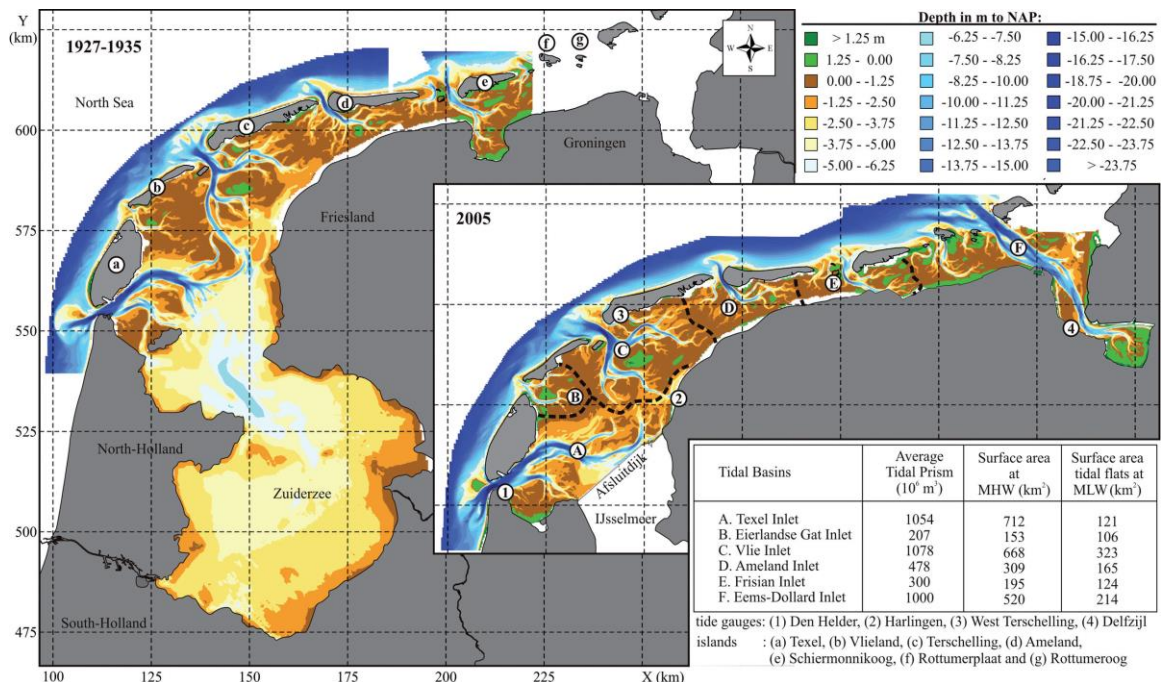
Daarnaast is het gevolg van een hoge mate van erosie dat er bij extra hoog water, zoals springvloed, minder ruimte is om hoge waterstanden op te vangen, omdat uitgestrekte kweldergebieden hiervoor niet (meer) beschikbaar zijn. Deze zijn omgevormd tot ingepolderde gebieden, die minder geschikt zijn als rustbiotoop (door verstoring). Onder natuurlijke omstandigheden groeien de kwelders mee met zeespiegelstijging. Momenteel is hier nog sprake van, maar het is niet zeker of dat onder klimaatverandering ook het geval blijft (Neijns et al. 2021). mogelijk in de toekomst.

Menselijke activiteiten die de morfologie van de Waddenzee verder hebben beïnvloed zijn onder andere mijnactiviteiten (gas-, zout-, zand- en schelpwinning), baggeren en verspreiden van baggerspecie en de bouw van civiele werken (RHDHV 2018). Gaswinning veroorzaakt bodemdaling (NAM 2016, 2017) wat leidt tot zandhonger in de bekkens (Cleveringa and Grasmeyer 2010). Uit monitoring bij Ameland-Oost en de vastelandskust van Friesland en Groningen blijkt geen invloed van gaswinning op de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee aangetroffen te zijn, met uitzondering van de kwelders en lagere duinen op Ameland (Zheng Bing Wang, Cronin, and van Ormondt 2010; Wintermans 2012).

Kombergingsgebieden en diepteligging van de wad bodem

Tegenwoordig worden in de Nederlandse Waddenzee zes zogenaamde kombergingsgebieden, delen van de Waddenzee die ecologisch redelijk zelfstandig van andere delen van de Waddenzee kunnen functioneren. Kombergingen worden gescheiden door hogere delen van het wad, de zogenaamde wantijen. De morfologie (grootte, diepte) van de kombergingsgebieden bepaalt de verhouding tussen het oppervlak droogvallende slikken en platen, ondergelopen platen en geulen, en kwelders en is daarom zeer relevant. De diepste kombergingsgebieden liggen in het Westelijke deel van de Waddenzee en in het gebied van de Eems-Dollard (afbeelding 3.4). Dit is deels een erfenis van de aanwezigheid van de Zuiderzee in het verleden, omdat dit relatief diepe deel van de Waddenzee sinds de afsluiting van de Zuiderzee nog niet is opgevuld met sediment. Verder naar het oosten neemt de diepteligging van de bodem steeds verder af. In het meeste oostelijke deel, in het gebied van de Eems-Dollard, neemt die weer sterk toe.

Afbeelding 3.4 Kaart van de Nederlandse Waddenzee in 1927-1935 en 2005 met de ligging van zeegaten, kombergingen, geulen en platen (Elias et al. 2012). De karakteristieken van de getijdebekken (gebaseerd op (Louters and Gerritsen 1994)) zijn representatief voor de huidige (2012) situatie.



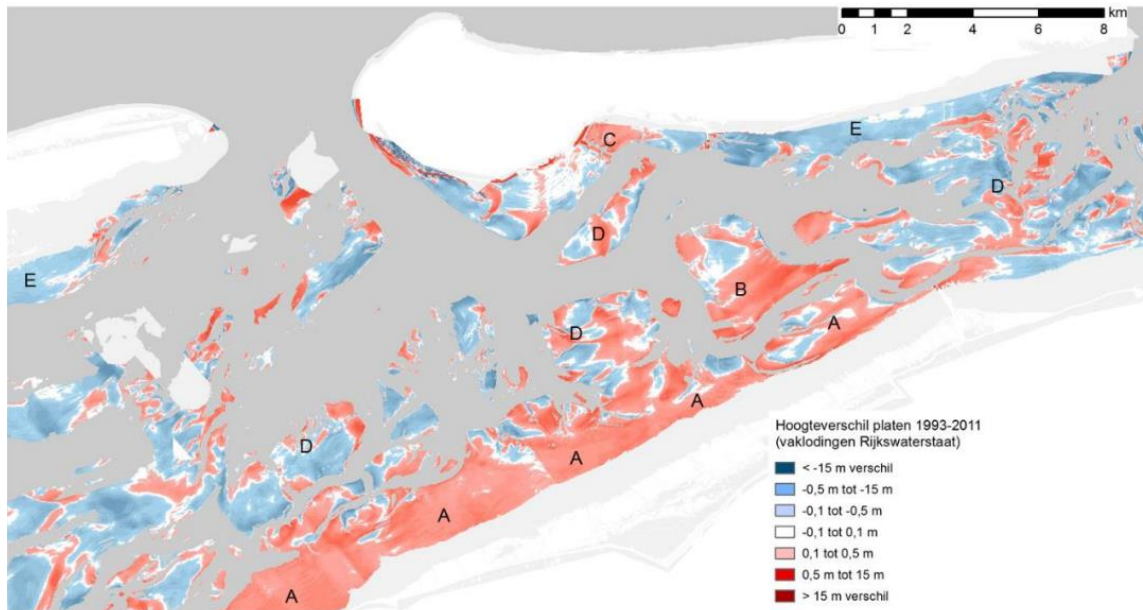
Sedimentbalans in de Waddenzee

Tijdens de laatste eeuw is in alle kombergingsgebieden (behalve het Eierlandse Gat) netto sediment geïmporteerd (blauwe lijnen in afbeelding 3.6) onder invloed van natuurlijke zeespiegelstijging en de afsluitingen van de Zuiderzee en Lauwerszee (Elias et al. 2012). In diezelfde periode erodeerde de Noorseekust en werd het volume van de buitendelta's (zie afbeelding 3.7) kleiner met uitzondering van het Amelandse Zeegat (zwarte en rode lijnen in (afbeelding 3.6)).

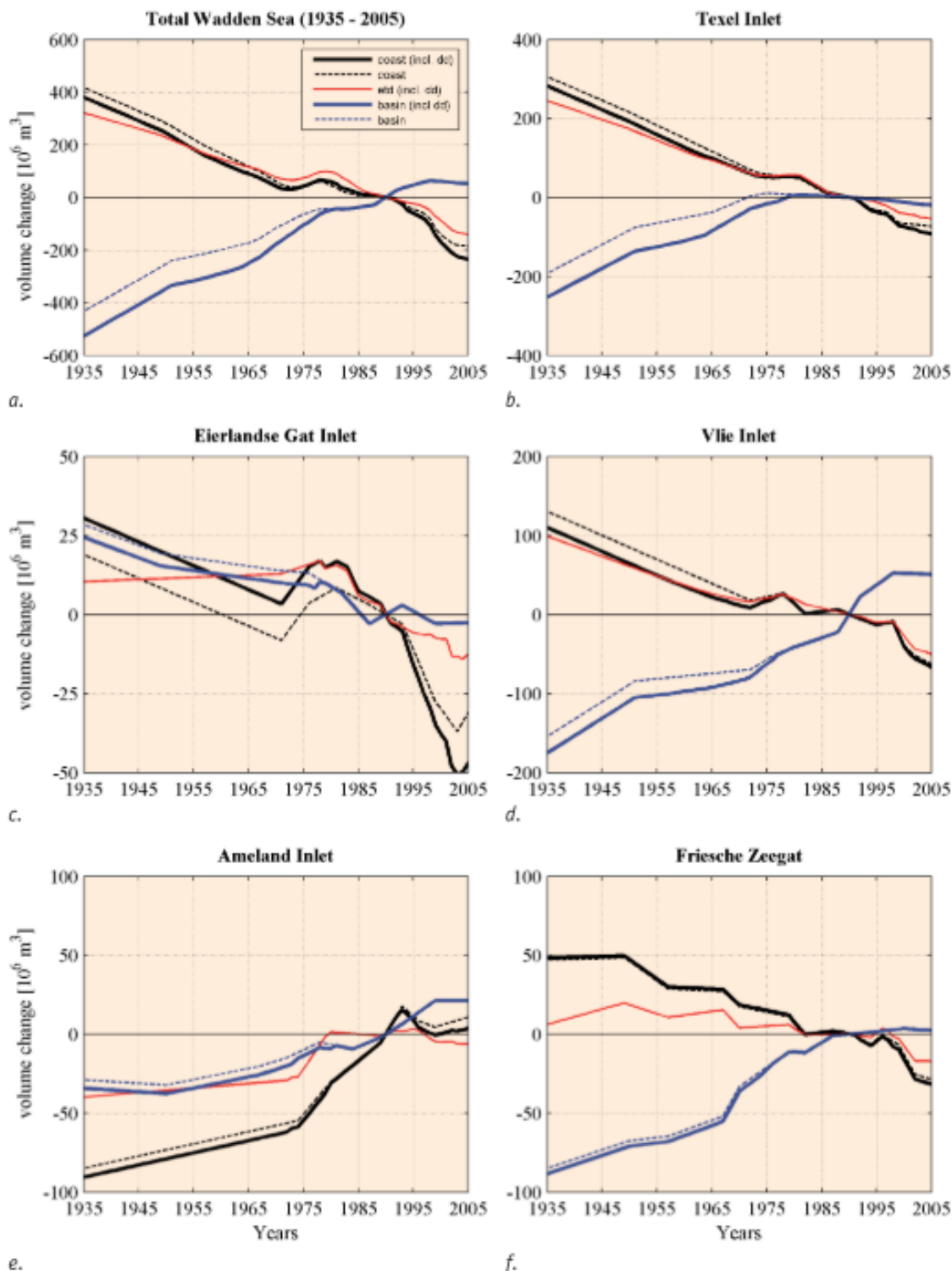
Zandwinning heeft historisch gezien bijgedragen gehad aan sedimentbalans van het systeem. Tegenwoordig is van zandwinning hier nauwelijks sprake van doordat sinds 1998 zandwinning niet meer is toegestaan, behalve voor baggerbeheer (Arcadis 2016; Louters and Gerritsen 1994; De Ronde 2008). Bagger- en verspreidingsactiviteiten hebben over het algemeen weinig effect op morfologie, omdat diepteveranderingen als gevolg hiervan veelal klein zijn ten opzichte van lokale waterdiepten (Arcadis 2016). Baggeractiviteiten nemen de afgelopen jaren echter wel toe.

De mate van erosie en sedimentafzetting op de platen verschilt per locatie. Met name rond de Friese kust vindt ophoging plaats (Afbeelding 3.5) (A. Oost and Cleveringa 2017).

Afbeelding 3.5 Ontwikkeling van droogvallende platen tussen 1993 en 2011 (A. Oost and Cleveringa 2017)



Afbeelding 3.6 Netto sedimentatie en erosie in de verschillende Waddenzee bekens (blauw), buitendelta's (rood) en kustlijn (zwart) in de periode 1935-2005 op basis van *Vaklodingen* (Elias et al. 2012). Gestippelde lijnen geven de gemeten waarden en de doorgetrokken lijnen geven de waarden aan na correctie voor baggeractiviteiten



Dynamiek van buitendelta's, platen en geulen

De buitendelta's (zie afbeelding 3.7) zijn dynamisch, met name in de westelijke Waddenzee, wat leidt tot variaties in erosie bij de eilandpunten en kusten (Elias et al. 2012; A. P. Oost and Kleine Punte 2003). De configuratie van platen en geulen in de komgebieden is grofweg gelijk gebleven in de afgelopen eeuw. De afgelopen eeuw zijn de geulen wel iets uitgebreid in oostelijke richting en teruggetrokken in het westen met

de verplaatsing van het wantij mee (afbeelding 3.4). Deze migratie van de geulen hangt samen met autonome processen en de afsluiting van de Zuiderzee (Elias et al. 2012; Fitzgerald and Penland 1987; Z. B. Wang et al. 2012; Zheng Bing Wang, Cronin, and van Ormondt 2010). De veranderingen in getijdeprisma door de afsluitingen van de Zuiderzee en Lauwerszee veroorzaakten het opvullen van geulen aan de landwaartse zijde en verdieping aan de zeewaartse zijde van het Marsdiep bekken, terwijl de geulen in het Borndiep zich opvulden (Elias et al. 2012). De platen bij de westkust van Friesland namen toe in hoogte (afbeelding 3.4). De morfologische activiteit is een stuk groter bij de buitendelta's dan in de kombergingsgebieden.

Afbeelding 3.7 Morfologie van de zeegaten in de Waddenzee(A. Oost, Cleveringa, and Taal 2020)



Bodemsamenstelling

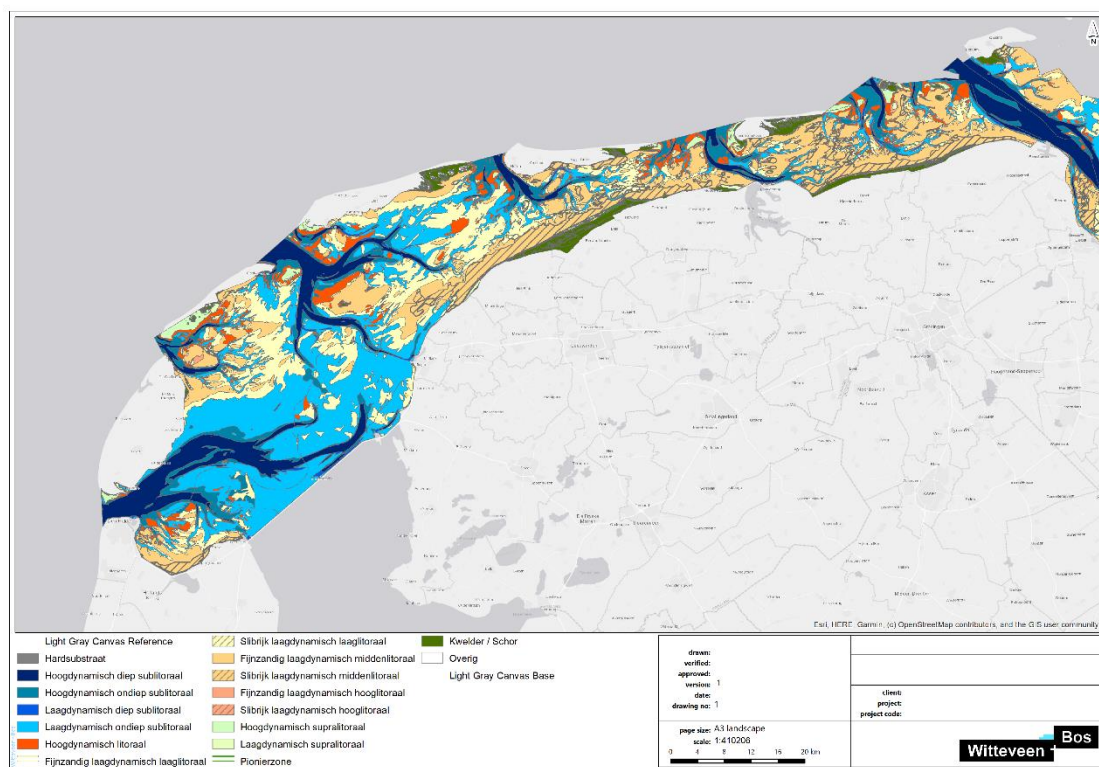
De bodem van de Waddenzee is over het algemeen slibrijk. Met name in de geulen die sinds de afsluiting van de Zuiderzee minder waterstroming kennen is veel slib afgezet. De ondiepe gedeelten op de zandplaten zijn veel zandiger. Dat komt omdat deze ruggen voor de afsluiting van de Zuiderzee hoog lagen en daardoor ook blootgesteld lagen aan de dynamiek. De hoge dynamiek op de voormalige zandruggen zorgde ervoor dat vooral zand op de ruggen werd afgezet. Na afsluiting van de Zuiderzee vullen de diepere delen tussen de ruggen zich nu op met fijner sediment. De bodemsamenstelling en de dynamiek in de Waddenzee zijn weergegeven in afbeelding 3.8. Naarmate een kombergingsgebied zich opvult en de dynamiek afneemt, wordt het sediment steeds fijner, omdat de stroomsnelheden afnemen en dus steeds fijner slib tot bezinking komt.

3.3 Ecotopen en leefgebieden

Inleiding

De bodemsamenstelling, hoogteligging en dynamiek zijn bepalend voor welk ecotoop (kleinste, ecologisch nog onderscheidbare gebied in een ecologisch classificatiesysteem van landschappen) voorkomt. In de Waddenzee wordt een scala aan ecotopen onderscheiden (afbeelding 3.8). Ter vereenvoudiging is voor een aantal ecotopen de habitatfunctie weergegeven in tabel 3.1. Het voedselweb en de bijbehorende trofische niveaus die voorkomen in deze ecotopen worden in paragraaf 3.4 behandeld.

Afbeelding 3.8 Ecotopen: de bodemsamenstellingen en dynamiek in de Waddenzee (gebaseerd op (Baptist et al. 2019)



Tabel 3.1 Vereenvoudigt overzicht ecotopen met hun habitatfunctie per soortgroep. Sublitoraal is onder gemiddeld laagwater (permanent onderwater), litoraal is tussen gemiddeld hoog- en laagwater (getijdengebied)

Ecotoop (vereenvoudigt)	Soorten	Habitatfunctie (vereenvoudigt)
sublitoraal hoogdynamisch	hoofdzakelijk zeezoogdieren, vissen vogels	leefgebied/foerageergebied foerageergebied
sublitoraal laagdynamisch	schelp- en bodemdieren	leefgebied
litoraal hoogdynamisch	schelp- bodemdieren steltlopers zeehonden	leefgebied (minder geschikt) foerageergebied (minder geschikt) rustplaats
litoraal laagdynamisch	schelp- en bodemdieren steltlopers zeehonden zeegras	leefgebied (meer geschikt) foerageergebied (meer geschikt) rustplaats
lage kwelders	zilte pioniervegetatie vogels	leefgebied foerageergebied
hoge kwelders	kweldergrassen vogels	leefgebied foerageergebied en hoogwatervluchtlaag

Sublitorale ecotopen

Sublitorale ecotopen zijn ecotopen die permanent onderwater staan. Het gaat daarom om ecotopen die vallen binnen Natura 2000 habitattypen H1110A (zie hoofdstuk 4). In het hoogdynamische deel worden voornamelijk zandige sedimenten afgezet. Ze vormen het leefgebied van zeezoogdieren en vissen. In het laagdynamische deel worden ook fijner sedimenten afgezet. Dat gebied is vooral van belang voor schelpdieren en andere bodemfauna.

Litorale ecotopen

Litorale ecotopen zijn ecotopen die dagelijks droogvallen onder invloed van de getijdebeweging. Het gaat derhalve om ecotopen die vallen binnen Natura 2000 habitatype H1140A (zie hoofdstuk 4). Met name de bodemsamenstelling verschilt tussen het hoogdynamische deel en het laagdynamische deel en dus ook de vogelsoorten die van die bodemdieren eten. In het hoogdynamische deel komen veel pionier bodemdieren soorten voor, die zich snel kunnen herstellen na een storm. In het laagdynamische deel komen juist meer langlevende soorten voor. De litorale ecotopen zijn essentieel foerageergebied voor steltlopers, die tijdens laag water profiteren van het rijke bodemleven.

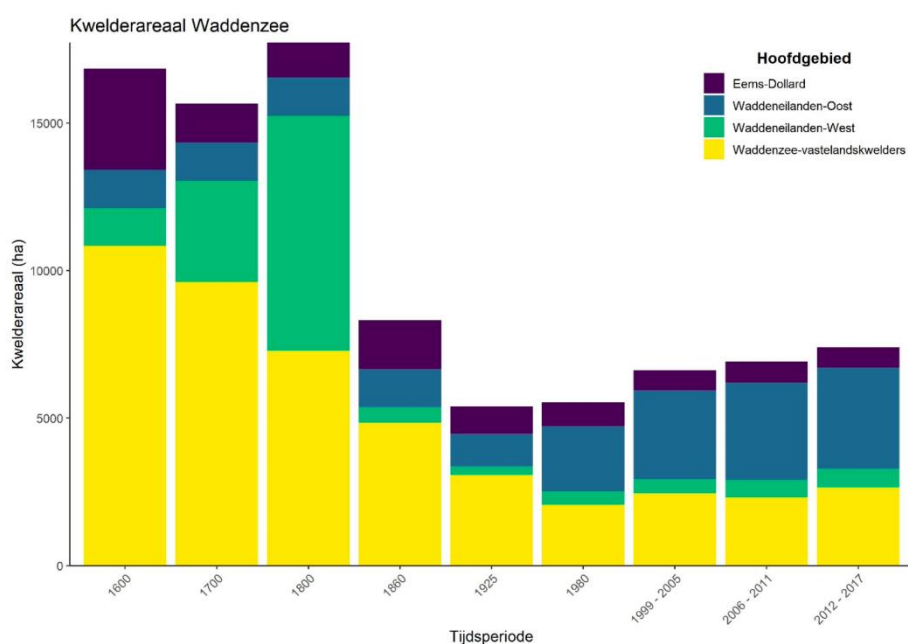
Kwelders

Kwelders (schorren genoemd in Zeeland) zijn buitendijkse begroeide gebieden, die afhankelijk van hun hoogteligging incidenteel (bij springvloed) tot zeer sporadisch onder water komen (springvloed in combinatie met storm). De kwelders nabij de Friese en Groningse kust vallen onder de beschermde Natura 2000 habitatypen H1310, H1320 en H1330A (zie Hoofdstuk 4). Kwelders vormen de overgang tussen het vast(e)land en de droogvallende en permanent onder water staande habitatypen in de Waddenzee. Door de geleidelijke overgang van nat naar droog en zoet en zout is een unieke biodiversiteit aan planten en dieren aanwezig. De geulen en prielen vormen een paai- en foerageergebied voor sommige vissen. Met name wanneer er een natuurlijke verbinding met het achterland aanwezig is. Kwelders spelen ook een belangrijke rol als hoogwatervluchtplaats en broedplaats voor vogels. Belangrijk daarbij is dat dergelijke plaatsen onbereikbaar zijn voor predatoren zoals de vos en dat de vegetatie- en bodemstructuur geschikt is voor soorten om te nesten, zich veilig te voelen en eventueel te foerageren. Onder laagdynamische omstandigheden vangt de vegetatie slib uit de waterkolom in. Hierdoor wordt de bodem langzaam opgehoogd. Op deze manier ontwikkelt een pionierkwelder zich tot een hoge kwelder. Anderzijds kan een kwelder ook afkalven. Een natuurlijke kwelder is dan ook niet statisch, maar dynamisch en daarbij kan aanwas afgewisseld worden met erosie. De geulen en prielen in kwelders zijn belangrijke broedkamers voor vissen, die weer dienen als voedsel voor talrijke vogelsoorten.

De kwelders die tegen het vasteland aanliggen zijn een direct resultaat van landaanwinning (zie afbeelding 3.2) (Elschot et al. 2020). Hiervoor zijn tot halverwege de 20^{de} eeuw veel kwelders ingepolderd en in gebruik genomen als landbouwgrond, waardoor het kwelderareaal in totaliteit sterk is afgenomen (afbeelding 3.9). De afgelopen decennia is het kwelderoppervlak, exclusief de pionierszone, relatief stabiel en breidt het zich lokaal langzaam weer uit door natuurlijke aanslibbing.

De ontwikkeling van kwelders op de Waddeneilanden komen over het algemeen overeen met bovengenoemde ontwikkelingen (Elschot et al. 2020). De kwelders zijn wel op (min of meer) natuurlijke wijze ontstaan aan de eilandstaarten. Deze kwelders kennen over het algemeen een grote biodiversiteit en hoge dynamiek. Zeespiegelstijging vormt voor deze kwelders een bedreiging.

Afbeelding 3.9 Kwelderareaal in de Waddenzee in de periode 1600 – 2017 (Elschot et al. 2020). Het totale kwelderareaal is weergegeven exclusief de pionier zone, aangezien het areaal daarvan niet bepaald kon worden uit de oude kaarten. Ook zomerpolders zijn niet meegenomen



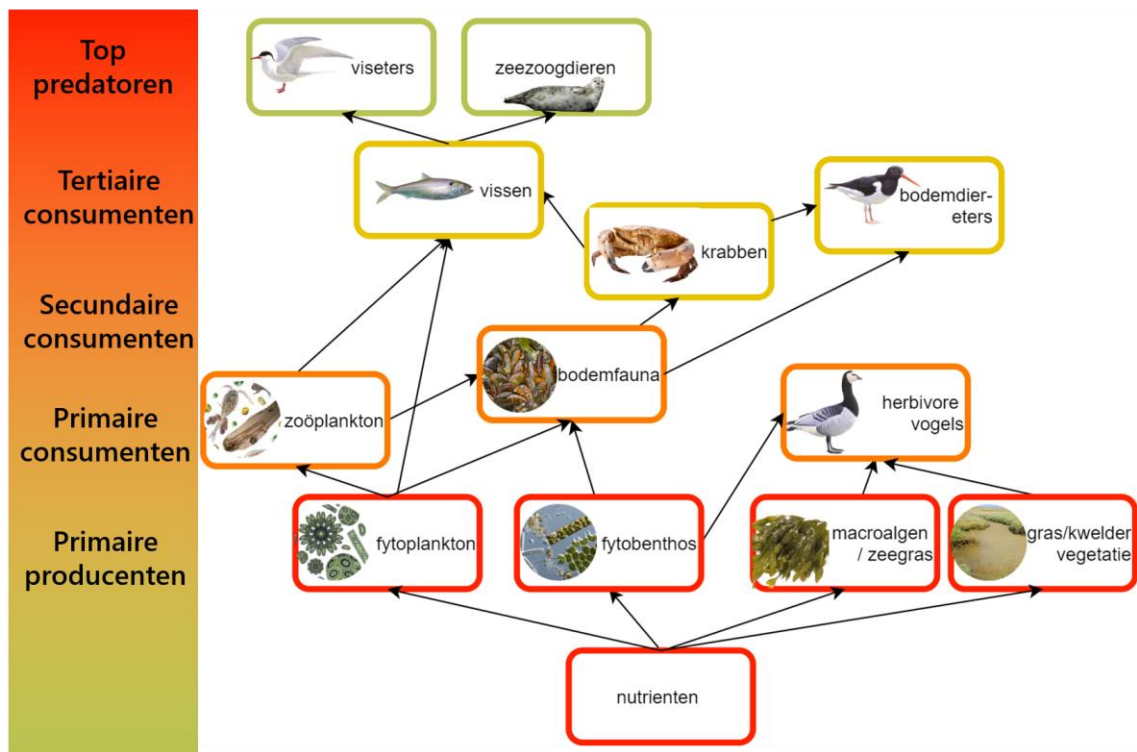
Vastlandskwelders zijn, vergeleken met eilandkwelders, meer homogeen, ook al kunnen alle vegetatiezones van pionierzone tot hoge kwelder aanwezig kunnen zijn. Bovendien ontbreekt het voor natuurlijke kwelders kenmerkende oeverwal-komsysteem, waardoor er ook minder reliëf aanwezig is. Naast de rijshoutdammen, die voor luwte en daarmee opslibbing zorgen is er een aangelegd en overgedimensioneerd ontwateringssysteem aanwezig om de vegetatieontwikkeling te versnellen, aangezien het oorspronkelijke doel landaanwinning was. Deze versnelde successie heeft veroudering en verruiging tot gevolg. Dit gaat ten koste van de biodiversiteit en functionaliteit voor vogels. Successie kan vertraagd worden door beweiding met vee (Esselink, Van Duin, and Wielemaker 2019) hetgeen in veel vastlandskwelders het geval is.

3.4 Opbouw en het functioneren van het voedselweb

Het ecosysteem van de Waddenzee is opgebouwd uit producenten en consumenten, die samen het voedselweb vormen en gebruik maken van één of meerdere ecotopen. In afbeelding 3.10 is het voedselweb van het ecosysteem in de Waddenzee schematisch samengevat (aangepast op basis van een figuur van het project Waddensleutels (van der Eijk et al. 2016).

De motor van het ecosysteem wordt gevormd door de primaire producenten. Het betreft éencellige algen in de waterkolom (fytoplankton) en aan de oppervlaktes van wadplaten (microfytobenthos), meercellige algen (zeewier) en planten (kweldervegetatie en in mindere mate zeegras). De primaire producenten zetten zonlicht om in biomassa en vormen de basis van het voedselweb. Het fytoplankton komt voor in het zeewater, het fyto-benthosmicro vormt bruine matten op de droogvallende slikken. Zeewier groeit op droogvallende slikken, platen en harde structuren. Zeegras kwam van oorsprong zowel litoraal als sublitoraal voor in de Waddenzee. Bodemdieren als schelpdieren (mosselen, oesters en kokkels) leven van éencellige algen (fytoplankton en microfyto-benthos) en dienen vervolgens weer als voedsel voor vogels en kreeftachtigen. In de waterkolom wordt de voedselketen gedreven door zoöplankton, kleine waterdierpjes die leven van algen en afgebroken plant- en dierlijk materiaal (detritus), die vervolgens weer als voedsel dienen voor kleine vissen, waar vogels en grotere vissen weer van leven. Zeezoogdieren als de bruinvis en (gewone en grijze) zeehond staan aan de top van het voedselweb in de Waddenzee.

Afbeelding 3.10 Voedselweb Waddenzee, gebaseerd op (van der Eijk et al. 2016)

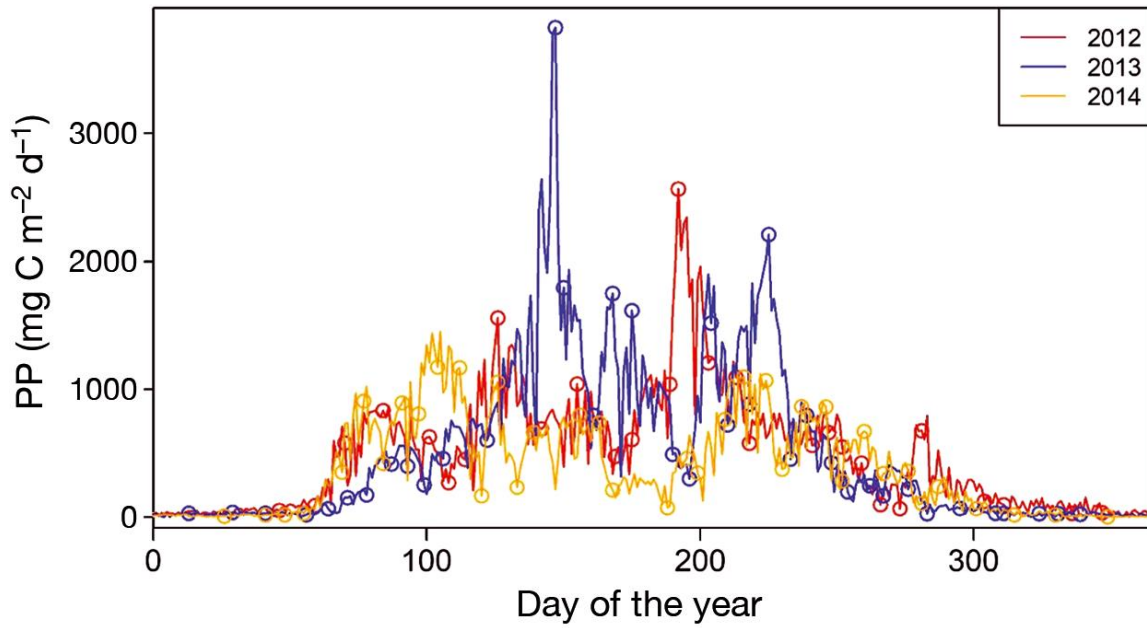


Primaire productie

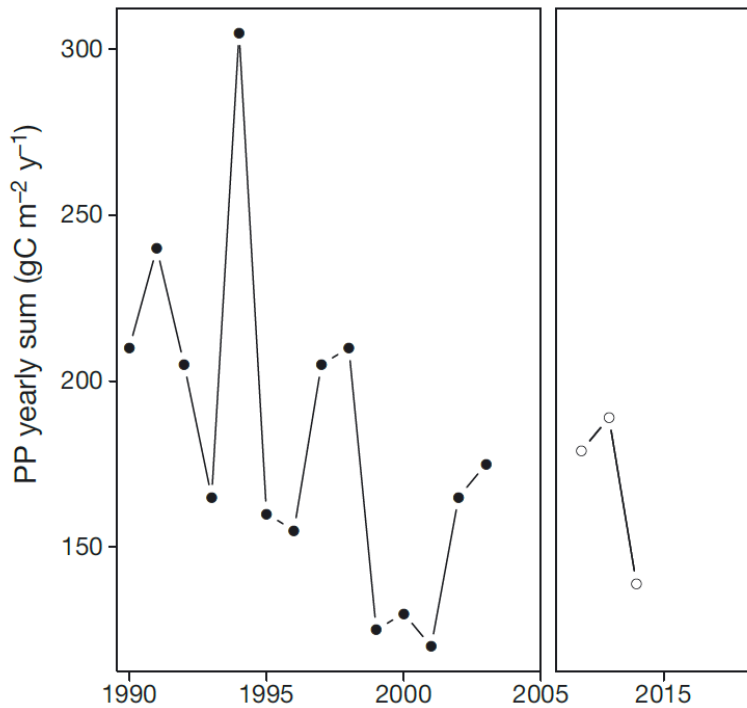
De mate van primaire productie hangt af van onder andere de hoeveelheid aanwezige voedingstoffen en zonlicht en daarmee ook van het doorzicht in het zeewater. Daarnaast spelen ook andere factoren een rol, zoals temperatuur, waardoor sterke seizoenen fluctuaties optreden. Over het algemeen treedt er direct na de winterperiode een piek op in de algengroei, de zogenaamde voorjaarsbloei van voornamelijk diatomeeën (kiezelwieren; afbeelding 3.11). Als de voedingstoffen op beginnen te raken daalt de algengroei opnieuw, om vaak na de zomer nog kort te stijgen door het vrijkomen van nutriënten aan het eind van de zomer.

De aanvoer van stikstof en fosfor op de Waddenzee is in de loop van de vorige eeuw eerst sterk toegenomen maar in de loop van de jaren '80 weer sterk gedaald (Van Raaphorst and De Jonge 2004). Echter ten tijde van dat onderzoek in 2004 was de input van N en P vanuit het IJsselmeer naar de Waddenzee nog altijd enkele malen hoger dan voor de sterke toename in de tweede helft van de 20ste eeuw (Rijkswaterstaat 2016). De huidige concentraties van fosfor totaal en stikstof totaal in de Waddenzee zijn nog altijd hoger dan in de referentiesituatie, respectievelijk 2,5- en vijfmaal (Van Raaphorst and De Jonge 2004). Echter, er is ook een duidelijk dalende trend sinds 1990 in primaire productie waar te nemen als gevolg van eutrofiëringsbestrijding (afbeelding 3.12).

Afbeelding 3.11 Gemodelleerde planktonische primaire productie in Marsdiep 2012-2014 (Jacobs et al. 2020)



Afbeelding 3.12 Jaarlijkse planktonische primaire productie in Marsdiep van 1990-2003 en 2012-2014 (Jacobs et al. 2020)



De afname van de hoeveelheid fytoplankton, en daarmee de primaire productie, in de Waddenzee in de laatste decennia, door een verminderde toevoer van voedingsstoffen vanuit het IJsselmeer en de rivieren, heeft nog geen waarneembaar effect op de draagkracht van het gebied voor wadvogels (Rijkswaterstaat 2016).

De staat van de zeegrasvelden, een meercellige primaire producent, is slecht in de Waddenzee. Een wetenschappelijke consensus over de precieze oorzaak van het verdwijnen van zeegras ontbreekt. Dit zal waarschijnlijk een combinatie van factoren zijn geweest. Als gevolg van de afsluiting van de Zuiderzee en de wierziekte is het zeegras sinds de jaren '30 van de vorige eeuw grotendeels verdwenen (van Duren and van Katwijk 2015; Rijkswaterstaat 2016). Ook de sterke eutrofiëring van de Waddenzee in de jaren '70 heeft vermoedelijk sterk bijgedragen aan het verlies van zeegras in het getijdenareaal (Folmer et al. 2016). Zeegras dient als natuurlijke slibvang en door het verdwijnen van het zeegras is de 'natuurlijke rem' op de opwerveling van slib verdwenen, waardoor de resuspensie en troebelheid toe nam en het doorzicht sterk af. Hierbij kan een zelf-versterkend effect optreden (alternerende toestanden), waardoor zeegras niet in staat lijkt op natuurlijke wijze terug te keren, omdat zeegras licht nodig heeft om te groeien (van Duren and van Katwijk 2015).

Primaire consumenten

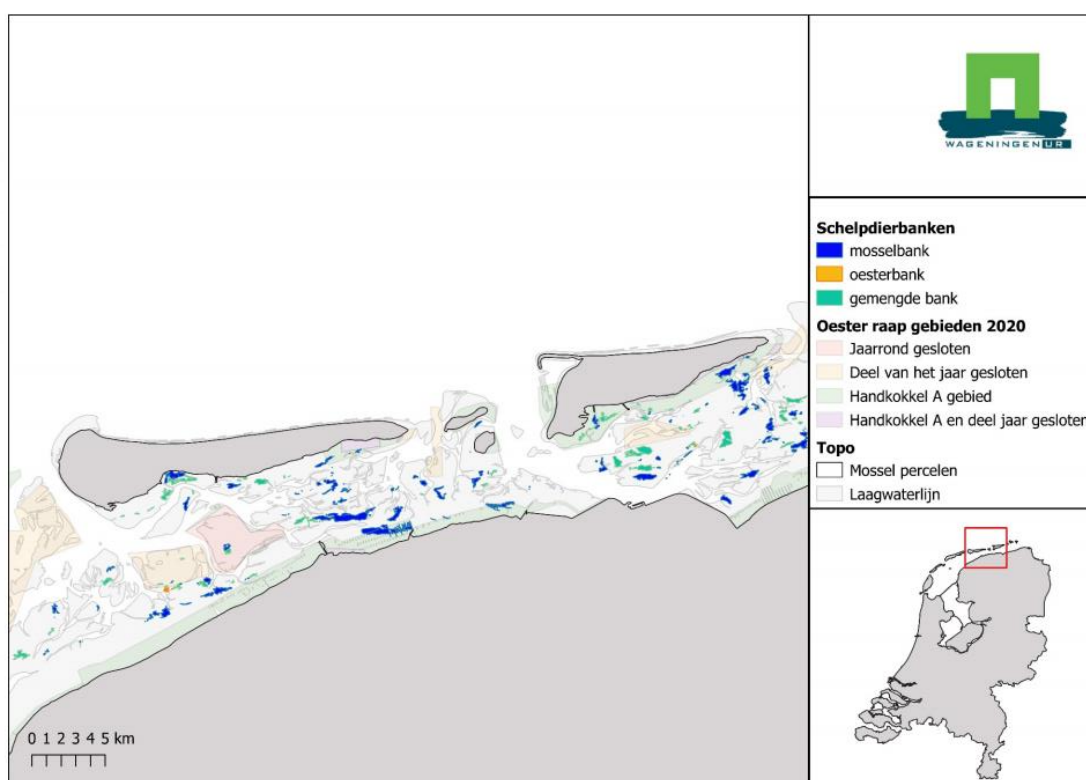
De primaire producenten, die de motor vormen van het ecosysteem, worden gegeten door zoöplankton, zoöbenthos (bodemfauna) en enkele vogelsoorten die grazen op met name kweldervegetatie (zoals ganzen) (zie afbeelding 3.10). Met name bodemfauna (schelpdieren) die algen eten vormen het belangrijkste voedsel voor veel wadvogels.

Zoöplankton is als primaire consument een zeer belangrijke schakel in het voedselweb. Zoöplankton is de verzameling aan minuscule fauna die in de waterkolom leven. Deze verzamelgroep van organismen eet vrijwel uitsluitend fytoplankton. De biomassa wordt dan ook primair bepaald door de hoeveelheid fytoplankton in het water. Hierdoor varieert hun voorkomen sterk gedurende de seizoenen, met een duidelijke piek in het voorjaar. Binnen het voedselweb neemt zoöplankton een sleutelpositie in als voedsel voor vis, schelpdieren en hogere consumenten.

Schelpdieren vormen in de Waddenzee ook een belangrijk element, omdat ze fytoplankton en microfytobentos omzetten in schelpdiervlees dat als voedsel dient voor veel wadvogels. Schelpdieren, en dan met name mosselbanken, worden dan ook beschermd conform de Vogel- en Habitatrichtlijn. Meerjarige sublitorale en litorale mosselbanken zijn een belangrijk kwaliteitselement van de beschermde habitattypen (H1110A en H1140A) in de Waddenzee. De toestand en het oppervlak van die mosselbanken zijn dan ook essentieel voor het functioneren van de Waddenzee. Er zijn aanwijzingen dat de mosselbanken sinds de jaren '80 sterk zijn afgenomen. Hierbij moet wel worden aangemerkt dat een verschil in monitoringstechniek hierbij ook een rol kan hebben gespeeld. Veelal wordt de realisatie van de Afsluitdijk, de eutrofiëring en de intensieve bevissing genoemd als oorzaak voor de afname van de mosselbanken (Eriksson et al. 2010). De mosselen hebben deels plaatsgemaakt voor borstelwormen, die juist voor extra resuspensie zorgen. Deze omslag van mosselen naar borstelwormen (beide vrij laag in het voedselweb) is doorgewerkt in de hogere trofische niveaus en is mogelijk terug te zien in de vogelgemeenschap. Sinds 1994 wordt er echter herstel van mosselbanken gesignaleerd, vooral in de oostelijke Waddenzee (Folmer et al. 2014). Hierbij zou het niveau van de jaren '30 weer bereikt zijn, hoewel de bedden nu veelal gemixt zijn met Japanse oester (Folmer et al. 2014; van der Meer et al. 2019).

Ook kokkels vormen een belangrijke voedselbron voor vogels. Kokkelvisserij in schaarse jaren en het gelijktijdig verdwijnen van droogvallende mosselbanken zijn de belangrijkste oorzaken geweest voor de achteruitgang van de Scholekster in de Waddenzee, tot een tiental jaar geleden. De mechanische kokkelvisserij is sinds 2005 beëindigd en al eerder werd gestopt met het bevissen van mosselbanken. Tussen 1998 en 2016 is de biomassa van, met name meerjarige kokkels, sterk toegenomen. De afgelopen jaren is de totale biomassa echter weer gehalveerd (Troost et al. 2021). Een beeld van de aanwezige mosselen en oesters is weergegeven in afbeelding 3.13.

Afbeelding 3.13 Mosselen- en oesterbanken in de Waddenzee (onder Ameland en Schiermonnikoog) in 2020 (Troost et al. 2021)



De mate van vertroebeling speelt een belangrijke rol in het herstel en voorkomen van schelpdieren. Om het filtreren van het water efficiënt te laten verlopen moet het water niet te troebel zijn. Tijdens periodes met een sedimentlast van boven de achtergrondwaarden (50 tot mg/l) neemt bijvoorbeeld de opname capaciteit van mosselen af en daarmee ook de groei. Bij waarden van 250 tot 350 mg/l sluiten de schelpen zich zelfs volledig, wat na enkele dagen tot een week kan leiden tot sterfte onder mosselen (Birklund and Wijsman 2005; Kamermans and Dedert 2012). Slibverwerking door bodemdieren speelt daarnaast een rol bij het verminderen van vertroebeling. Bodemdierenvoegen lijfstoffen aan het sediment toe, waardoor het sediment beter wordt vastgelegd.

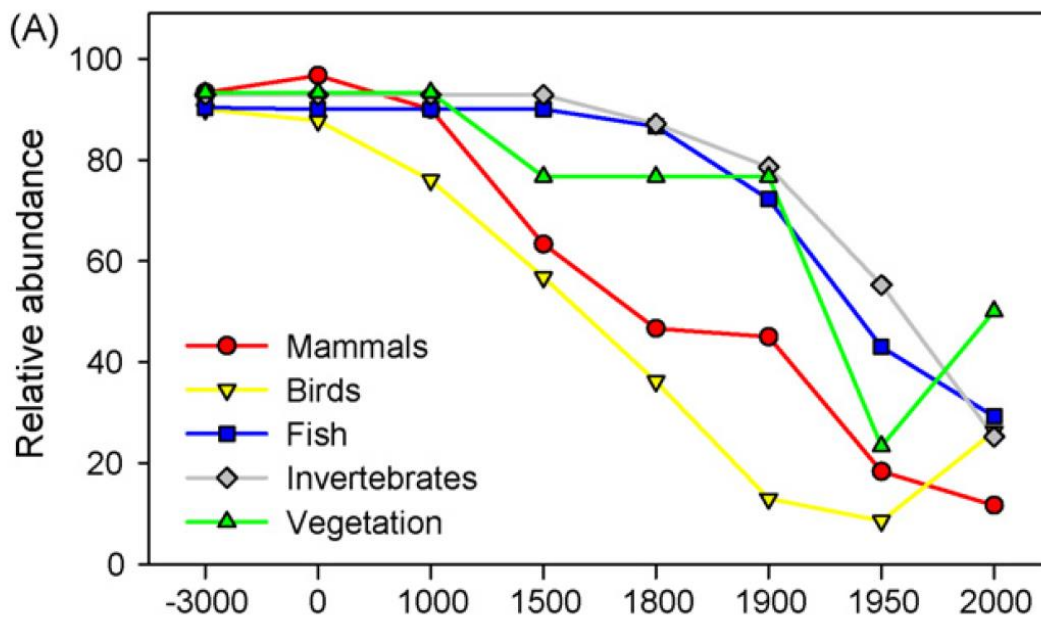
Het belang van mosselbanken voor de biodiversiteit wordt geschetst door de achteruitgang van de wulk en de heremietkreeft in de Waddenzee. In het verleden kwam de wulk in grote hoeveelheden voor op mosselbanken. Van deze langlevende soort is aangetoond dat ze zwaar te lijden heeft gehad onder vervuiling met tributyltin (TBT), een gifstof die in verf op schepen werd gebruikt om aangroei met zeepokken te voorkomen. Deze stof verstoort de hormoonhuishouding van de vrouwtjes zodanig, dat ze mannelijke geslachtsorganen ontwikkelen en geen eitjes meer produceren. De wulk is door deze vervuiling uit de Waddenzee verdwenen. Als gevolg hiervan heeft de kleine heremietkreeft tegenwoordig een groot probleem met het vinden van geschikte huisvesting (Ministerie van Landbouw Natuur en Milieu 2016).

Secundaire en tertiaire consumenten

Primaire consumenten als schelpdieren en zoöplankton worden op hun beurt door krabben en kreeften gegeten, die zelf ook weer deel uitmaken van de bodemfauna. Een deel van de bodemfauna, maar vooral ook het zoöplankton vormen voedsel voor vissen. De vissen, vogels die bodemdieren eten, krabben en kreeftachtigen vormen samen de groep tertiaire consumenten. De vissen leven in het zeewater, de geulen, ondergelopen slikken en platen en slenken en prielen in kwelders. Over het algemeen kent de visstand in de Waddenzee een sterke achteruitgang als gevolg van menselijke ingrepen (Swimway group 2019). Onderzoekers vermoeden dat de biodiversiteit van de diepere wateren in de loop van de afgelopen eeuw sterk is verminderd als gevolg van onder andere de intensieve garnalenvisserij en boomkorvisserij (Swimway group 2019). Veel vissoorten die vroeger algemeen voorkwamen, zijn tegenwoordig uiterst zeldzaam. Dit

betreft onder meer relatief grote en langzaam voortplantende soorten, zoals roggen en haaien. Ook platvissen vertonen in de Waddenzee een negatieve trend, wat mogelijk verklaart kan worden door de (boomkor)visserij op de Noordzee. Deze ontwikkeling is vanaf de vorige eeuw gaande (afbeelding 3.14). Een mogelijke verklaring hiervoor is de visserij die zich telkens op andere doelsoorten richtte, wanneer de vangsten van de oorspronkelijke doelsoort afnamen (Lotze 2007). De afname van de verschillende soorten is uiteraard niet enkel toe te schrijven aan de visserij. Ook factoren als klimaatverandering (temperatuurstijging), eutrofiëring, ect. spelen hierbij een belangrijke rol. Intussen wordt er in het Nederlandse deel van de Waddenzee bijna uitsluitend op garnalen gevist. Deze soort heeft een bijzonder snelle reproductietijd, waardoor er geen populatiestanden te bepalen zijn.

Afbeelding 3.14 Relatieve dichtheden van verschillende soort groepen in de Waddenzee (Lotze 2007)

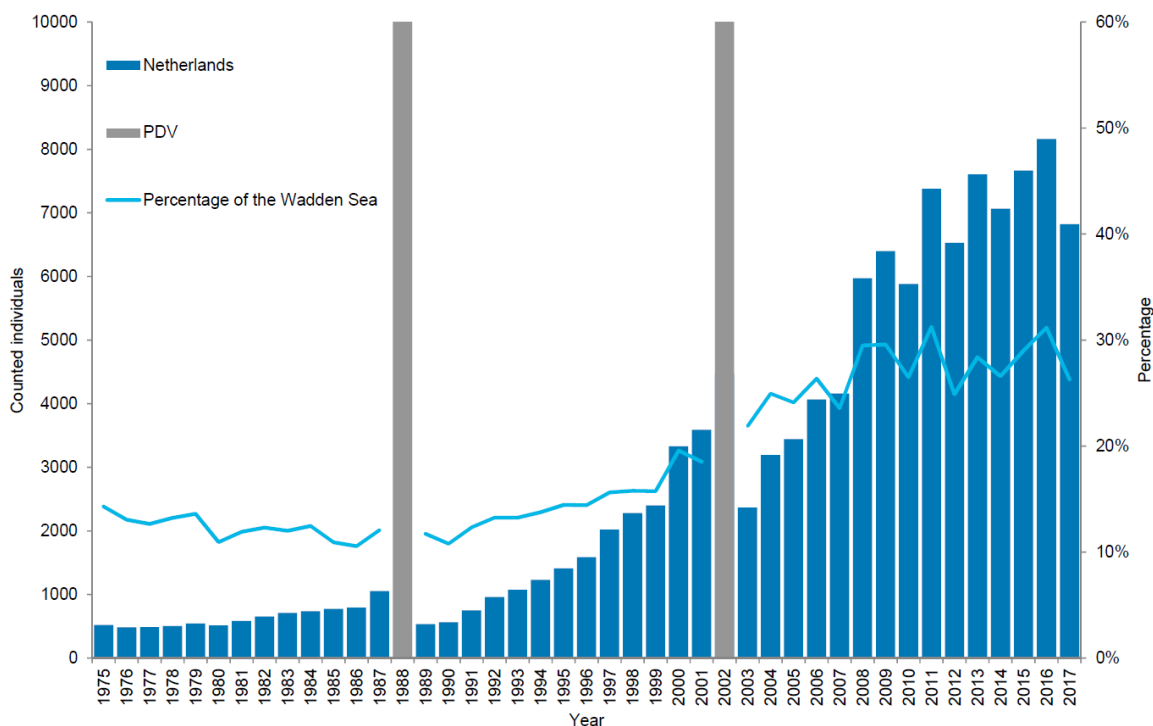


Op de droogvallende slikken en platen verzamelen vogels (steltlopers) bij laag water allerlei bodemdieren. Sommige vogelsoorten duiken ook in open water ook naar schelpdieren. Daarnaast vissen vogels in het open water. Die vogels rusten bij hoog water op droogliggende hoogwatervluchtplaatsen op de Waddeneilanden, het eiland Griend, Richel of op het vasteland. Daar broeden de vogels ook.

Top predatoren

Tot slot zijn er nog de visetende zeezoogdieren, die samen met de visetende vogels de top predatoren vormen van het ecosysteem. De Gewone zeehond kwam omstreeks 1900 in het gebied met 6.000 tot 11.000 dieren voor, maar dit aantal liep - door onder andere jacht en vervuiling - terug tot slechts enkele honderden in 1980. Met grote inspanning en regulering is de populatie inmiddels hersteld ondanks het tweemaal uitbreken van het phocine distemper virus (PDV) in respectievelijk 1988 en 2002. Momenteel bedraagt het aantal dieren in de Nederlandse Waddenzee weer bijna 6.000. Van de Grijze zeehond zijn zo'n 1.800 exemplaren aanwezig. Met zeezoogdieren gaat het dus vrij goed in de Waddenzee (Teilmann et al. 2017). Dit is te zien in afbeelding 3.15. Voor andere soorten, zoals de grijze zeehond en de bruinvis, zijn de trends eveneens positief.

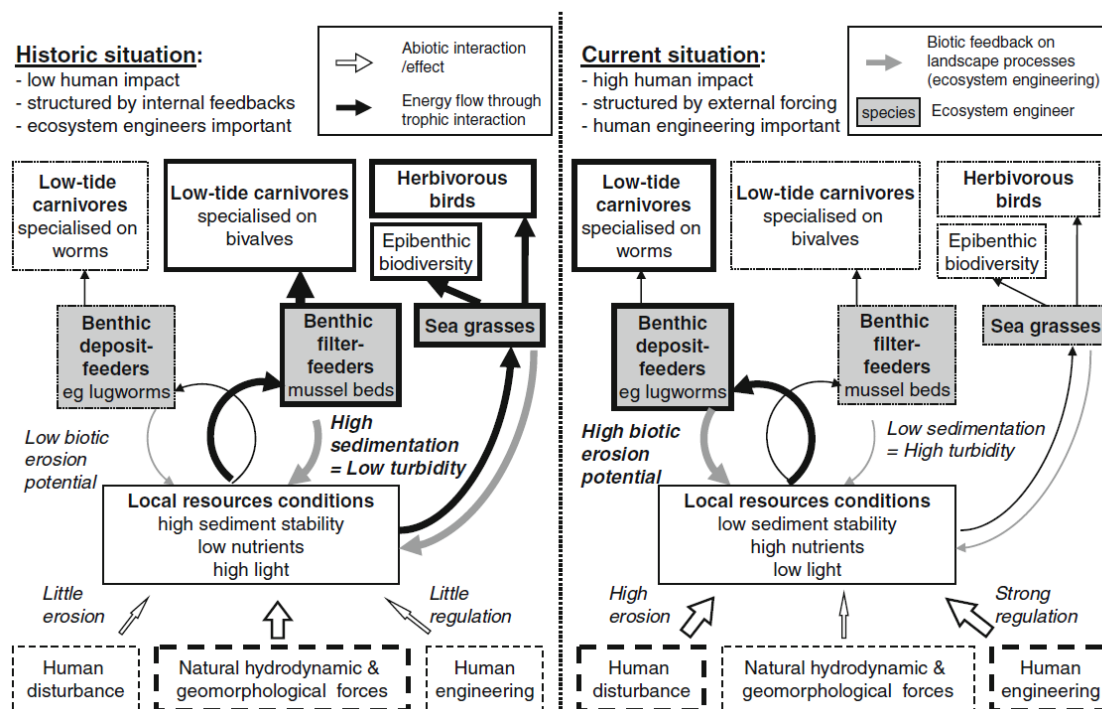
Afbeelding 3.15 Tellingen van gewone zeehonden in het Nederlandse deel van de Waddenzee (1975-2017) (Teilmann et al. 2017)



Historische omslag in voedselweb

In bovenstaande tekst hebben we vooral behandeld hoe het huidige voedselweb functioneert, waarbij ook enkele historische trends zijn gegeven van indicatorsoorten. Een integraal (theoretisch) beeld over het functioneren van het voedselweb van de Waddenzee in de huidige vorm versus de historische situatie is gegeven in Eriksson et al. (2010). Eriksson et al. (2010) stelt de ecosysteemtoestand van de Waddenzee voor als twee alternatieve stabiele toestanden: zeegras, mosselbanken en relatief helder water enerzijds (de natuurlijke situatie) en de huidige situatie met troebel water en vooral borstelwormen en nauwelijks zeegras en mosselbanken anderzijds. Beide toestanden kunnen zichzelf tot op zekere hoogte in stand houden. Onder meer het menselijk gebruik en de aanleg van de Afsluitdijk zou een *system shift* zou kunnen hebben veroorzaakt, van een laagdynamisch richting een hoogdynamisch systeem (afbeelding 3.16). Met name de afname van schelpdieren (benthic filterfeeders) en zeegras (sea grasses) kent een zelfversterkend effect, waardoor de veranderingen in het hele Waddenzee systeem niet makkelijk onomkeerbaar zijn (Eriksson et al. 2010). Voor een herstel van de Waddenzee is onder meer herstel van zeegras nodig, waarvoor wederom een dusdanig groot gebied nodig is om een merkbaar sorteerbaar effect op het doorzicht te selecteren, waar wederom het zeegras zelf van profiteert (van Duren and van Katwijk 2015). Onderzoek toont daarnaast aan dat de schelpdiergemeenschap in symbiose leeft met zeegras en hier dus ook weer van profiteert (Van Der Heide et al. 2012). Dit geldt eveneens voor andere groepen. De studie van Eriksson et al. is voornamelijk theoretisch van aard en kent beperkte validatie aan de hand van data. De conclusies moeten dan ook enkel indicatief worden gebruikt.

Afbeelding 3.16 Verandering in trofische structuur en regulatie van het ecosysteem van de Waddenzee als gevolg van menselijk handelen (Eriksson et al. 2010). De dikte van de lijnen duidt op de relatieve dichtheid en voorkomen van de soorten of de intensiteit van de drijvende factoren

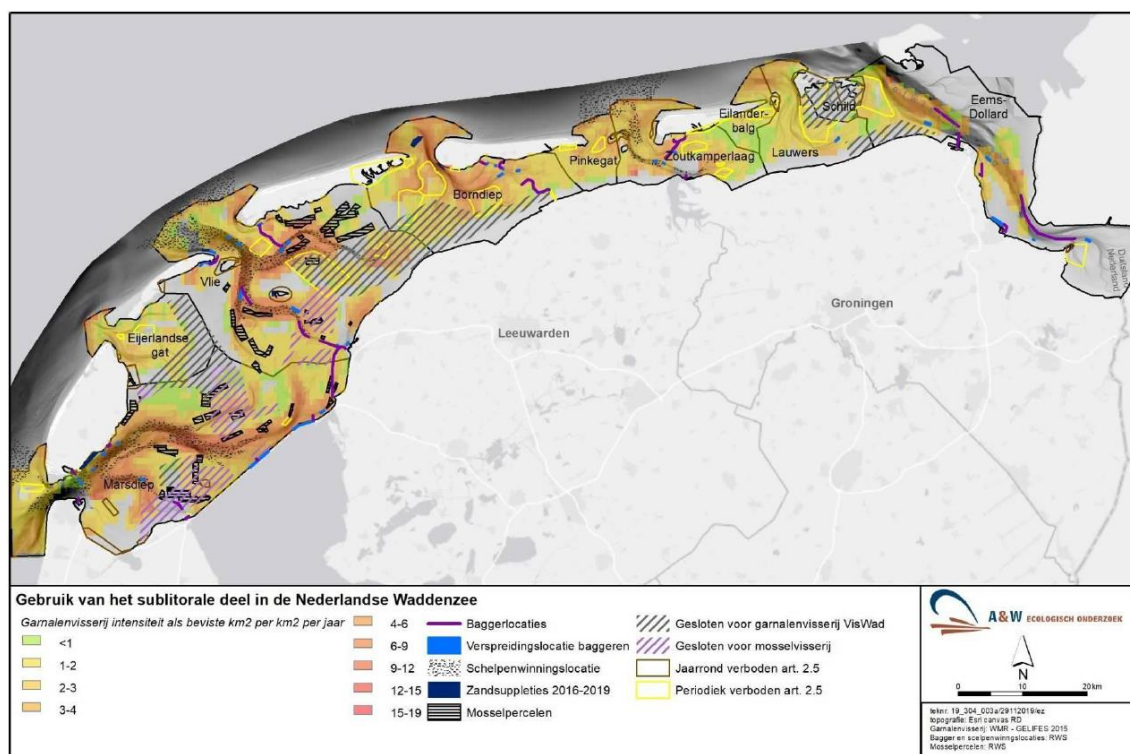


3.5 Huidig menselijk gebruik

Het Waddenzegebied is naast een gebied van grote ecologische betekenis ook een gebied van grote economische waarde en economische activiteit; er liggen scheepvaartroutes, kabels, leidingen en mosselpercelen, er wordt gevist en er vindt recreatie plaats (afbeelding 3.16). Het gebied direct rond het Waddengebied vormt woon- en leefgebied voor mensen met functies voor de landbouw, natuur, recreatie industrie en verkeer. In bovenstaande paragrafen zijn een aantal van deze activiteiten en hun impact op het ecologische systeem benoemd. In deze paragraaf volgt een globaal overzicht.

Al deze soorten van menselijk gebruik hebben hun specifieke plaats en hebben hiermee een specifieke invloed op het functioneren van het ecosysteem. Veel functies grijpen op meerdere manieren in op het ecologische functioneren: rondvarende schepen zorgen voor verstoring van vogels, en, omdat de vaargeulen door baggeren op peil moeten worden gehouden, zorgt de scheepvaart ook voor vertroebeling van de Waddenzee. Ook visserij (zie afbeelding 3.17) leidt tot verstoring, vertroebeling en aantasting van de bodem, maar heeft ook rechtstreeks invloed op de visstand en garnalenstand, door het wegvangen van biomassa. Recreatie zorgt voor verstoring en (lokale) vervuiling. Daarnaast heeft ook het zoetwaterbeheer in het binnenland en de aanwezige Waddenzeedijk invloed op het functioneren van de Waddenzee. Door het spuien van zoet water via gemalen in de zeedijk en spuilocaties in de Afsluitdijk is er regelmatig sprake van plotselinge sterke verzoeting van delen van de Waddenzee, met gevolgen voor de bodemfauna en het welzijn van vissoorten (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2004). Ook vindt er aanvoer van extra voedingsstoffen plaats tijdens het spuien. De wijze waarop het achterland is ingericht en wordt beheerd heeft invloed op de mate van uit- en afspoeling van nutriënten.

Afbeelding 3.17 Gebruik van het sublitorale deel van de Waddenzee (Rippen et al. 2020)



3.6 Klimaatverandering

In de toekomst zal het Waddengebied niet alleen toegenomen menselijk gebruik moeten tolereren, maar ook de effecten die klimaatverandering met zich meebrengt. Als gevolg van de verhoogde concentratie broeikasgassen in de atmosfeer, warmt de temperatuur van het zeewater op. Daardoor zet het water uit, smelten gletsjers en veranderen de oceanenstromen, met een zeespiegelstijging als gevolg. De verwachting is dat deze mondiale ingezette versnelling van de zeespiegelstijging eeuwen zal gaan standhouden. Het is belangrijk om te realiseren dat de mate waarin het Waddengebied kan omgaan met de zeespiegelstijging, ook bepalend is voor de waterveiligheid van het vasteland. De Waddeneilanden vormen samen met de ondiepe Waddenzee en kwelders een natuurlijke barrière tegen het opkomende zeewater en hebben een golf dempende werking. De Waddenzee wordt daarom ook wel de belangrijkste natuurlijke klimaatbuffer van Noord-Nederland genoemd.

Het is dan ook zeer relevant om begrip te hebben van mogelijk optredende veranderingen en maatregelen en doelen te spiegelen in de context van klimaatverandering. Deltares heeft ten behoeve van de PAGW in 2019 een Klimaatscan uitgevoerd (Noordhuis et al. 2019). Hierin zijn de lange termijn gevolgen van klimaatverandering (2050 en 2100) in beeld gebracht voor alle grote wateren.

Klimaatverandering zal op termijn een grote impact hebben op de Waddenzee. Met name de zeespiegelstijging (en snelheid ervan) zal een direct effect hebben op het functioneren van het gebied. Zo zal de aangroei van zandplaten zeer waarschijnlijk op de lange termijn de stijging van de zeespiegel niet kunnen bijhouden, waardoor getijdennatuur verloren zal gaan (Noordhuis et al. 2019). Dit effect wordt versterkt door gas- en zoutwinning, waardoor de bodem zal dalen. Momenteel lijken de processen (sedimentatie en erosie) enigszins in evenwicht door voldoende sedimentatie van zand en slib. Hieraan zit vermoedelijk een grens, waarna 'verdrinking van de Waddenzee' zal optreden. Wanneer en op welke wijze deze grens wordt benaderd is niet duidelijk en hangt tevens af op de wijze waarop we onze kustverdediging vorm geven. Vermoedelijk zal juist eerst op de korte termijn sedimentatie vergroten (doorzetten trend richting laagdynamisch areaal).

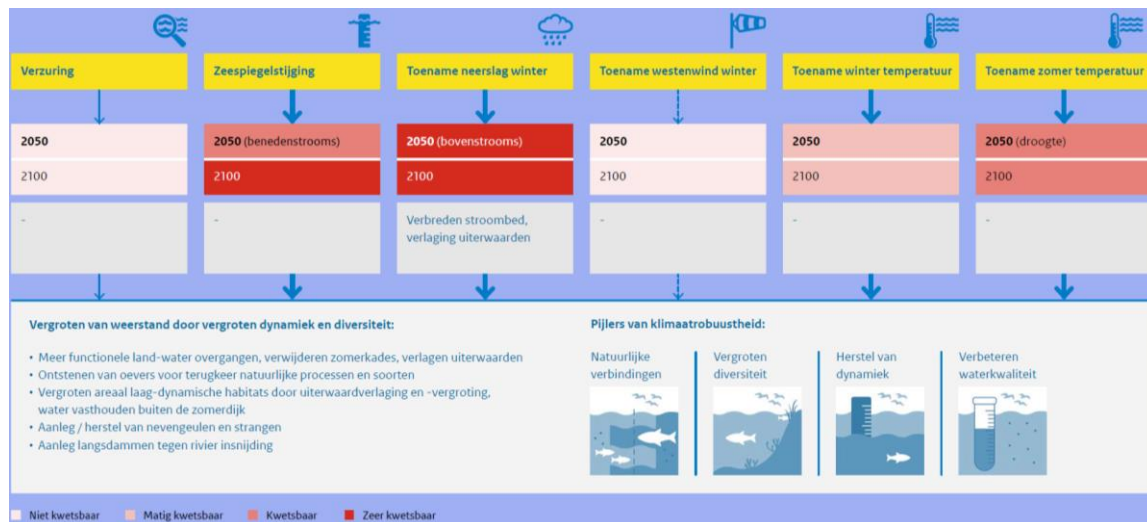
Wanneer getijdenareaal naar permanent overstromt gaat, verliest de Waddenzee een belangrijk leefgebied. Juist het droogvallend slib, de droogvallende platen en de verschillende kwelders vormen zeer essentiële leefgebieden voor de nu aanwezige (beschermde) soorten, met name het rijke bodemleven en de talloze vogels die daarvan leven. Wanneer dit areaal afneemt, zal dit een direct negatief effect hebben op de voedselbeschikbaarheid, biodiversiteit en aanwezig foerageergebied. Beeldend hierbij zijn bijvoorbeeld steltlopers: nu foerageren deze op het droogvallend slib tot 20 cm diepte. Hoe minder slibareaal bij laagwater droog komt te vallen, hoe minder voedselbeschikbaarheid. Wanneer uiteindelijk bij laagwater de zee zich nauwelijks onder de teen van de dijk terugtrekt, zal er nauwelijks kunnen worden gefoerageerd en zouden de steltlopers uit de Waddenzee kunnen verdwijnen.

Daarnaast verandert de soortensamenstelling als gevolg van temperatuurstijging. Dit wordt nu al geobserveerd, waarbij het leefgebied van diverse vis- en vogelsoorten noordwaarts is verschoven (Noordhuis et al. 2019; PRW, 2020). Door zachtere winters zal de aanwas van mosselen en kokkels afnemen, ten gunste van wormen. Daarnaast kan verzuring van de oceaan de ontwikkeling van kalkstructuren beperken. Voor de Waddenzee is dit met name relevant voor de schelpdieren. Dit effect is echter ondergeschikt aan het effect van zeespiegelstijging en temperatuurstijging (Noordhuis et al. 2019). Wel doet het opnieuw af aan de voedselbeschikbaarheid voor vogels.

Bijkomstige effecten van zeespiegelstijging en opwarming, zijn droogte en een grillige rivierafvoer. Drogere zomers zullen ertoe leiden dat er meer water wordt vastgehouden op het land en dat er dus een verminderde afvoer van zoet water in droge tijden naar de Waddenzee zal gaan. Dit heeft gevolgen voor de zoet-zoutmenging in de Waddenzee en het transport van slib langs de kust. In de winter worden juist hogere zoetwaterafvoeren verwacht door grotere pieken in de rivierafvoeren. Dit kan langs de vastelandskust gevolgen voor de overleving van zoutminnende soorten.

In afbeelding 3.18 is een samenvattend overzicht van de klimaateffecten op de Waddenzee gegeven. Met rood zijn de effecten (zeespiegelstijging, toename neerslag winter, toename zomertemperatuur) aangegeven die het meeste effect sorteren.

Afbeelding 3.18 Samenvatting klimaatscan Waddenzee (Noordhuis et al. 2019)



De Klimaatscan laat zien dat klimaatverandering zeer waarschijnlijk een negatief effect heeft op de kwaliteit van de aquatische habitattypen (H1110A en H1140A), de omvang- en kwaliteit van kwelders en broed- en foerageergebieden voor vogels. Daarnaast zal opwarming een effect hebben op soortensamenstelling van de vissen in de Waddenzee. Doelstellingen (KRW en Natura 2000) komen als gevolg van klimaatverandering (verder) onder druk te staan. De Klimaatscan definieert verschillende maatregelen die kunnen bijdragen aan verbetering / het behoud van de ecologische waarden. De belangrijkste maatregel tegen effecten van klimaatveranderingen betreft het verzachten van de randen van het Wad waarbij het gebied achter de dijk onder meer ingericht wordt als broed- en foerageergebied voor vogels en als compensatie kan dienen voor verloren oppervlak buitendijks. Hierbij kan gedacht worden aan dubbele dijken of wisselpolders. In paragraaf 6.3 gaan we hier nader op in. In Groningen wordt er momenteel volop geëxperimenteerd. De gedachte is dat een dergelijke aanpak ook bijdraagt aan de waterveiligheidsopgave, klimaatrobustheid en de 'bruikbaarheid' van het gebied op de lange termijn. De maatregelen maken het Waddensysteem veerkrachtiger en beter in staat om de veranderingen van het klimaat op te vangen.

4

ECOLOGISCHE TOESTAND T.A.V. WETTELIJKE BELEIDSKADERS

4.1 Wettelijke kaders

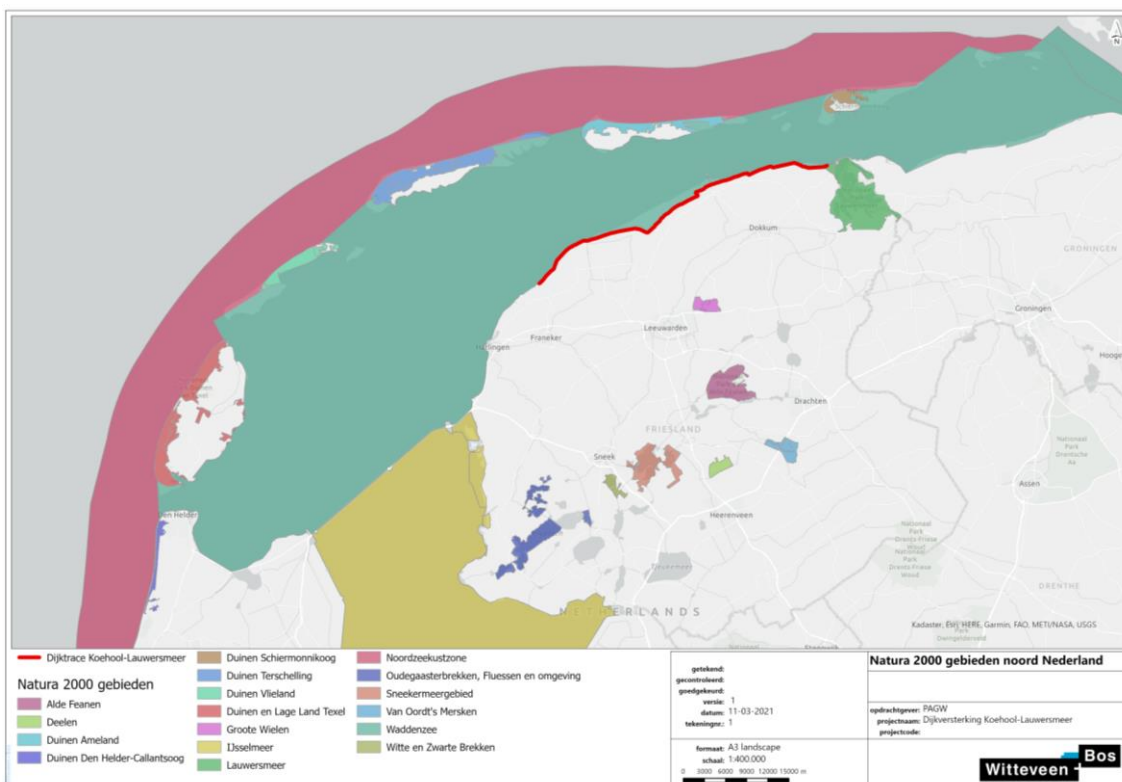
4.1.1 Natura 2000

Algemeen

De Waddenzee, het voornaamste gebied waar deze studie over gaat, maakt onderdeel uit van Natura 2000: een Europees netwerk van beschermde gebieden. In deze Natura 2000-gebieden worden dieren, planten en hun natuurlijke leefomgeving beschermd met als doel om de biodiversiteit (soortenrijkdom) te behouden. In 1979 is de Vogelrichtlijn opgesteld en in 1992 de Habitatrichtlijn. Deze richtlijnen bestaan uit twee delen: soortenbescherming en gebiedsbescherming. Alle EU-lidstaten, waaronder Nederland wijzen beschermde gebieden aan voor specifieke (leefgebieden van) (vogel-)soorten. De onder beide richtlijnen aangewezen beschermde gebieden vormen het Natura 2000-netwerk.

Nederland kent ruim 160 Natura 2000-gebieden. De Waddenzee, maar ook bijvoorbeeld de duinen van Terschelling, het IJsselmeer en het Lauwersmeer.. In afbeelding 4.1 zijn de Natura 2000-gebieden in nabijheid van de Waddenzee(kust) gegeven.

Afbeelding 4.1 Natura 2000-gebieden noord Nederland. Het dijkracé Koehool-Lauwersmeer is in rood aangegeven



Buitendijkse Natura 2000-gebieden betreffen de Noordzeekustzone en diverse Natura 2000-gebieden op de Waddeneilanden. Binnendijs betreffen het de Natura 2000-gebieden IJsselmeer en Lauwersmeer. Zowel het IJsselmeer als het Lauwersmeer vormen een belangrijke verbinding tussen zoet (het achterland) en zout (buitendijs). De staat van instandhouding van deze Natura 2000-gebieden zijn daarmee relevant in het kader van deze studie. De Natura 2000-gebieden op de Waddeneilanden en op de vastelandskust liggen op grotere afstand van de Friese en Groningse kust en staan niet direct in verbinding met het studiegebied. De kwaliteit van instandhouding is hiermee van mindere relevantie voor deze studie en is terdege achterwege gelaten.

Het aanwijzen van een Nederlands Natura 2000-gebied gebeurt met een aanwijzingsbesluit van de Staatssecretaris van Economische Zaken (EZ). In het aanwijzingsbesluit staat welke doelen Nederland nastreeft. In nauw overleg met de betrokken partijen wordt vervolgens een beheerplan opgesteld. In dit beheerplan staat onder meer welke maatregelen nodig zijn om de doelen te behalen. De maatregelen voor de Waddenzee voor de periode 2016-2022 zijn opgenomen in het beheerplan Natura 2000-waddengebied (Rijkswaterstaat 2016). Dit beheerplan gaat over zeven Natura 2000-gebieden: Noordzeekustzone, Waddenzee, Texel, Vlieland, Ameland, Terschelling en Schiermonnikoog. Conform het meest recente aanwijzingsbesluit maakt de Eems-Dollard tevens onderdeel uit van de Waddenzee (Ministerie van Economische Zaken 2017). De maatregelen voor het IJsselmeer en Lauwersmeer zijn respectievelijk opgenomen in de beheerplannen IJsselmeergebied en Lauwersmeer (Dienst Landelijk Gebied and Staatsbosbeheer 2016; Rijkswaterstaat 2017). Een beheerplan wordt voor een periode van zes jaar opgesteld. Het Natura 2000 beheerplan voor de Waddenzee wordt momenteel geëvalueerd. Helaas waren de resultaten ten tijde van het opstellen van deze studie nog niet beschikbaar. Het beheerplan 2016-2022 is in deze studie dan ook als basis genomen. Verondersteld is dat de staat van instandhouding en de knelpunten nog steeds vigerend zijn.

In paragraaf 4.3.1 volgt een nadere toelichting van de Natura 2000 doelen voor de Waddenzee.

Waddenzee

Kenschets

Op de website van Natura 2000 is de volgende kenschets opgenomen voor de Waddenzee:

'De Waddenzee is het grootste en - in internationaal opzicht - het belangrijkste Natura 2000-gebied in ons land. Deze status dankt deze kustzee vooral aan de enorme aantallen vogels die de wadplaten en kwelders tijdens hun trek aandoen of broeden op de kwelders, stranden en in de duinen. De migrerende vogels worden aangetrokken door de droogvallende wadplaten met hun hoge dichtheid aan schelpdieren, wormen, kreeftachtigen en ander voedsel. De diepere wateren zijn van belang als kraamkamer voor vissoorten uit de Noordzee. Voorts herbergt de Waddenzee het overgrote deel van de populatie zeehonden in ons land, evenals de grootste oppervlakte aan kwelder-gemeenschappen. De internationale Waddenzee (inclusief Duitsland en Denemarken) is met een oppervlakte van zo'n 10.000 km² een van de grootste natuurgebieden in Europa met een hoog aandeel aan natuurlijke levensgemeenschappen.'

De begrenzing van het Natura 2000-gebied Waddenzee in Nederland volgt de grenzen zoals die zijn vastgelegd in de Planologische Kernbeschikking (PKB) Waddenzee. Het gebied omvat alle buitendijkse delen: het open water, de droogvallende delen en de grotere kweldereenheden langs de vastelandskust en op de eilanden. Ook de kleinere eilanden Griend, Rottumeroog, Rottumerplaat en Zuiderduin liggen binnen de begrenzing, evenals de hoge, doorgaans droogliggende zandplaten, zoals De Richel, Simonszand, Rif en Engelsmanplaat. De duingebieden van de vijf grote eilanden zijn als afzonderlijke Natura 2000-gebieden aangewezen. Bij de zeegaten tussen de eilanden sluit het gebied aan op de Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. De Duitse en Deense delen van de Waddenzee zijn ook Natura 2000-gebieden en sluiten bij Duitsland aan op het Nederlandse deel van de Waddenzee.

Wettelijke opgaven

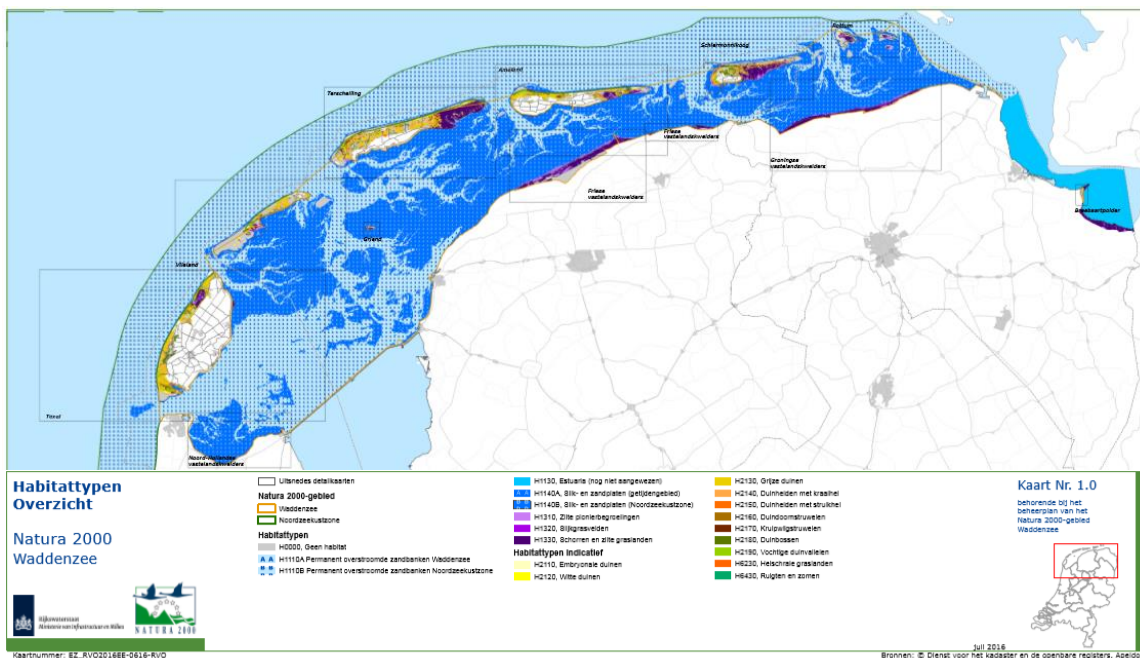
Voor het Natura 2000-gebied de Waddenzee zijn instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd op landelijk niveau. Het betreft de bescherming van elf habitattypen, negen habitatrictlijnsoorten, dertien broedvogels en negenendertig niet-broedvogels. Voor deze instandhoudingsdoelstellingen geldt een wettelijke verplichting. Terdege moeten ingrepen in het gebied, zoals het aanleggen van kabels en leidingen of het baggeren van geulen getoetst worden aan de Wet natuurbescherming (middels een passende beoordeling). Hiermee wordt geborgd dat ingrepen de goede staat van instandhouding van habitattypen en soorten niet in gevaar mogen brengen.

Habitattypen

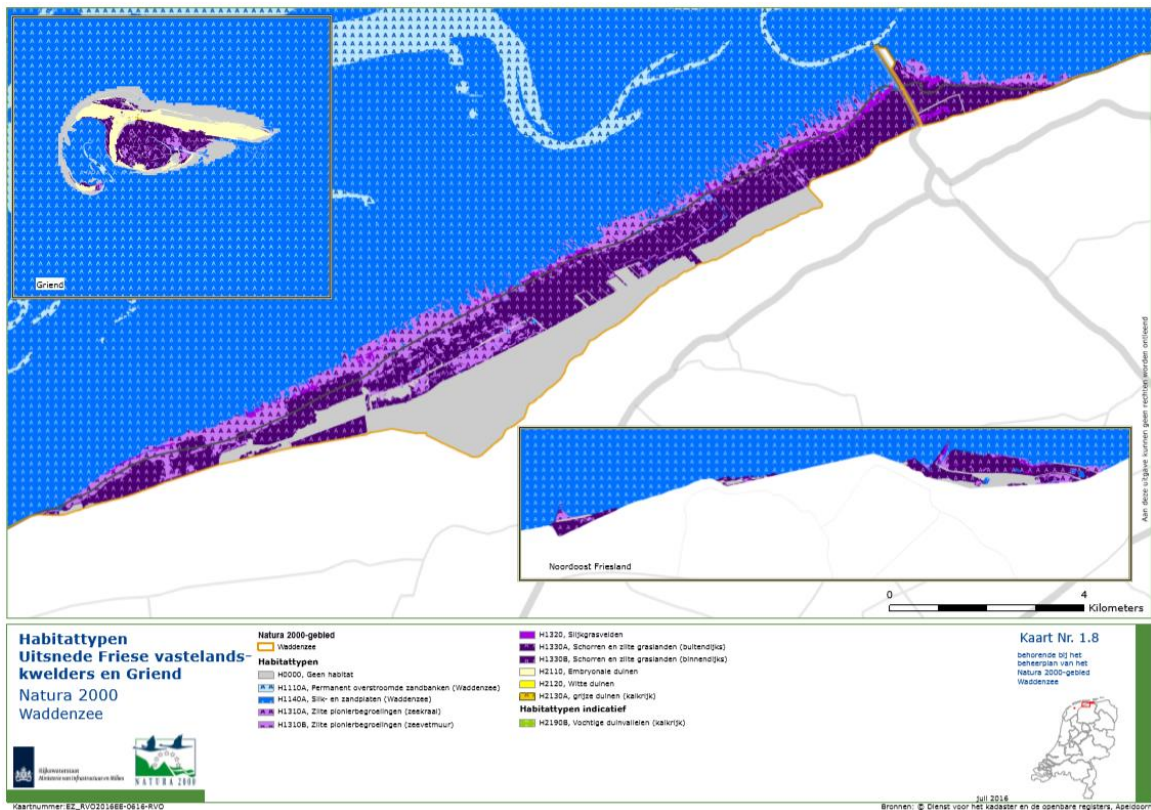
De beschermde habitattypen in de Waddenzee zijn weergegeven in tabel 4.1. De ligging van de aanwezige habitattypen is weergegeven in afbeelding 4.2. Behoud van oppervlak is voor alle habitattypen het doel. Daarnaast ligt er voor de habitattypen H1110A (Permanent overstromde zandbanken), H1130 (Estuaria), H1140A (Droogvallende slik- en zandplaten) en H1330A (Schorren en zilte graslanden buitendijks) een verbeteropgave (kwalitatief).

De habitattypen worden in het zogenaamde profielendocument uitvoerig besproken. Conform de Habitatrictlijn zijn voor alle habitattypen zogenaamde 'typische soorten' geselecteerd, die gezamenlijk een goede kwaliteitsindicator vormen voor de (compleetheid van de) levensgemeenschap van het habitatype. De set van typische soorten is een indicator voor de kwaliteit (en daarmee de staat van instandhouding) van het habitatype op landelijk niveau. Het gaat om bepaalde kwaliteitselementen waarmee de toestand van het habitatype gekwalificeerd kan worden. Voor H1110A en H1140A betreft het een aantal karakteristieke soorten wormen, schelpdieren en vissen. Met name de aanwezigheid van meerjarige mosselbanken wordt als een belangrijk kwaliteitselement gezien voor habitatype H1110A en H1140A. Mosselbanken op zich vormen namelijk een geheel eigen ecosysteem, en bieden habitat voor een grote soortendiversiteit. Dat geldt ook voor zeegrasvelden. Zeegras en mosselbanken worden vanwege hun grote invloed op het ecosysteem ook wel *biobouwers* genoemd (zie paragraaf 3.4). Relevante soorten en/of soortgroepen voor het habitatype H1330 betreffen vaatplanten van zilte graslanden, enkele vogels en de haas.

Afbeelding 4.2 De ligging van de beschermde habitattypen in de Waddenzee (Rijkswaterstaat 2016)



Afbeelding 4.3 De ligging van de beschermde habitattypen in de Waddenzee nabij Fryslân Butendyks (Rijkswaterstaat, 2016)



Tabel 4.1 Natura 2000 habitattypen van de Waddenzee en de bijbehorende doelstellingen (Rijkswaterstaat 2016). Alle doelen zijn definitief. Bij de doelstellingen geldt behoud (=) of uitbreiding/verbetering (>) van kwaliteit of omvang

habitattypen	habitatsubtype	doelstelling oppervlak/kwaliteit
H1110A - Permanent overstromde zandbanken	getijdengebied	=/>
H1130 - Estuaria		=/>
H1140A - Slik- en zandplaten	getijdengebied	=/>
H1310A - Zilte pionierbegroeiingen	zeekraal	=/=
H1310B - Zilte pionierbegroeiingen	zeevetmuur	=/=
H1320 - Slijkgrasvelden		=/=
H1330A - Schorren en zilte graslanden	buitendijks	=/>
H1330B - Schorren en zilte graslanden	binnendijks	=/=
H2110 - Embryonale duinen		=/=
H2120 - Witte duinen		=/=

Habitatrichtlijnsoorten

Voor de Waddenzee zijn in totaal negen soorten aangewezen waarvoor het leefgebied beschermd is, de zogenaamde habitatrichtlijnsoorten (zie tabel 4.2). Het gaat om drie soorten trekvissen (zeeprik, rivierprik en fint), drie zeezoogdieren (bruinvis, grijze zeehond en de gewone zeehond), de noordse woelmuis, de nauwe korfslak (een zoetwater slak) en de groenknolorchis.

Tabel 4.2 Natura 2000 habitatrichtlijnsoorten van de Waddenzee en de bijbehorende doelstellingen (Rijkswaterstaat 2016). Bij de doelstellingen geldt behoud (=) of uitbreiding/verbetering (>) van populatie, kwaliteit of oppervlak van het leefgebied

soort	doelstelling populatie/ oppervlak/ kwaliteit leefgebied
nauwe korfslak	=/=
zeeprik	>/=
rivierprik	>/=
fint	>/=
noordse woelmuis	=/=
bruinvis	=/=
grijze zeehond	=/=
gewone zeehond	>/=
groenknolorchis	=/=

Vogelrichtlijnsoorten

Voor de Waddenzee zijn voor dertien soorten broedvogels en negenendertig soorten niet-broedvogels doelstellingen geformuleerd. Zie tabel 4.3 en tabel 4.4.

Broedvogels

Voor de dwergstern en de strandplevier is uitbreiding van het oppervlak broedgebied en verbetering van de kwaliteit van bestaande broedplaatsen benodigd. Voor de soorten kluut en de eider is tevens een verbetering van de kwaliteit van bestaande broedplaatsen nodig.

Tabel 4.3 Natura 2000 broedvogels van de Waddenzee en de bijbehorende doelstellingen (Rijkswaterstaat 2016). Alle doelen zijn definitief. Bij de doelstellingen geldt behoud (=) of uitbreiding/verbetering (>) van kwaliteit of oppervlak van het leefgebied

Soort	Doelstelling aantal broedparen	Doelstelling oppervlak/ kwaliteit
blauwe kiekendief	3	=/=
bontbekplevier	60	=/=
bruine kiekendief	30	=/=
dwergstern	200	>/>
eider	5.000	=/>
grote stern	16.000	=/=
kleine mantelmeeuw	19.000	=/=
kluut	3.800	=/>
lepelaar	430	=/=
noordse stern	1.500	=/=
strandplevier	50	>/>
velduil	5	=/=
visdief	5.300	=/=

Niet-broedvogels

Voor negenendertig niet-broedvogels zijn ook doelstellingen geformuleerd. Voor de meeste soorten is behoud van omvang en kwaliteit van hun leefgebied de doelstelling. Echter voor de eider, topper, kanoet, scholekster en steenloper is ook een verbetering van de kwaliteit van het leefgebied wenselijk. De eider en de topper foerageren veelal op mosselbanken, terwijl scholeksters naast mosselbanken ook op andere schelpdieren foerageren. Verbetering van de omvang en kwaliteit van de mosselbanken in H1110A en H1140A zijn voor deze soorten daarom van groot belang

Tabel 4.4 Natura 2000 niet-broedvogels van de Waddenzee en de bijbehorende doelstellingen (Rijkswaterstaat 2016). Alle doelen zijn definitief. Bij de doelstellingen geldt behoud (=) of uitbreiding/verbetering (>) van kwaliteit of oppervlak van het leefgebied

Soort	Populatiedoel (adulten)	Doelstelling oppervlak/ kwaliteit
aalscholver	4.200	=/=
bergeend	38.400	=/=
bontbekplevier	1.800	=/=
bonte strandloper	206.000	=/=
brandgans	36.800	=/=
brilduiker	100	=/=
drieteenstrandloper	3.700	=/=
eider	90.000-115.000	=/>
fuut	310	=/=
goudplevier	19.200	=/=
grauwe gans	7.000	=/=
groenpootruiter	1.900	=/=
grote zaagbek	70	=/=
grutto	1.100	=/=
kanoetstrandloper	44.400	=/>
kievit	10.800	=/=
kleine zwaan	1.600	=/=
kluut	6.700	=/=
krakeend	320	=/=
krombekstrandloper	2.000	=/=
lepelaar	520	=/=
middelste zaagbek	150	=/=
pijlstaart	5.900	=/=
rosse grutto	54.400	=/=
rotgans	26.400	=/=
scholekster	140.000-160.000	=/>
slechtvalk	40	=/=
slobeend	750	=/=
smient	33.100	=/=
steenloper	2.300-3.000	=/>
toendrarietgans	behoud	=/=

Soort	Populatiedoel (adulten)	Doelstelling oppervlak/ kwaliteit
topper	3.100	=/>
tureluur	16.500	=/=
wilde eend	25.400	=/=
wintertaling	5.000	=/=
wulp	96.200	=/=
zilverplevier	22.300	=/=
zwarte ruiter	1.200	=/=
zwarte stern	23.000	=/=

IJsselmeer & Lauwersmeer

In nauwe verbinding met de Waddenzee en het achterland, op de zoet-zout gradiënt, liggen de Natura 2000-gebieden IJsselmeer en Lauwersmeer.

Kenschets IJsselmeer

‘Het IJsselmeer is een groot, tamelijk ondiep zoetwatermeer, dat grotendeels is begrensd door dijken en dammen. Het meer heeft een belangrijke functie voor de recreatie en er vindt intensieve visserij plaats. Wat betreft de ecologische betekenis is de openheid en grootschaligheid van het gebied van groot belang. Zeer grote aantallen watervogels foerageren en ruien hier, in het bijzonder viseters en vogels die hun voedsel op de bodem van het meer zoeken. Ondiepten en buitendijkse droge gronden zijn vooral aanwezig langs de Friese kust, waar velden waterplanten en veenmosrietlanden voorkomen, en soorten van de Habitatrictlijn als Groenknolorchis en Noordse Woelmuis.’

Kenschets Lauwersmeer

‘Sinds de afdamming in 1969 is het Lauwersmeer een groot zoetwatermeer, waarin de krekensstructuur van het voormalige estuarium nog goed herkenbaar is. Het landschap is weids, met extensief begraasde graslanden, uitgestrekte rietvelden en langs de randen struwelen en (aangeplante) bossen. Het gebied is van belang voor broedende moerasvogels, steltlopers van zoet water en doortrekkende ganzen en eenden. Ook komen in het gebied duinvalleibegroeiingen voor die zich kunnen meten met de fraaiste voorbeelden op de Waddeneilanden.’

Het IJsselmeer kent doelstellingen als habitatrictlijngebied en vogelrichtlijngebied. Beschermden soorten van de habitatrictlijn betreffen meervleermuis, noordse woelmuis, groenknolorchis en de rivierdonderpad. Deze soorten kennen geen directe relevantie met de Waddenzee. Doelstellingen van de vogelrichtlijn overlappen qua broedvogels- en niet-broedvogels sterk met soorten in de Waddenzee. Het betreft onder meer de kustvogels met als voorbeeld aalscholver, smient, grutto en wulp.

Het Lauwersmeer is enkel als vogelrichtlijngebied aangewezen. Hiervoor zijn ook kustvogels beschermd, die relevant zijn voor de Waddenzee.

4.1.2 KRW

Algemeen

De Waddenzee maakt daarnaast onderdeel uit van de Kaderrichtlijn Water (KRW). De KRW is een Europese richtlijn die als doel heeft om de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in een goede toestand te brengen en te houden. In uiterlijk 2027 moet de kwaliteit op orde zijn. Dit wordt gedaan door doelen te stellen en maatregelen te nemen die leiden tot een verbetering van de toestand. Daarnaast wordt de ecologische en chemische toestand gemonitord en aan de doelen getoetst. De resultaten worden aan de Europese Commissie gerapporteerd. In de KRW is het 'watersysteem' verdeeld in KRW-waterlichamen. Een waterlichaam is een oppervlaktewater van aanzienlijke omvang, waarvoor ecologische doelen gedefinieerd zijn. De doelen zijn resultaat plichtig voor deze waterlichamen. De KRW gaat echter over 'al het water'. Om de rapportagelast richting de EU beheersbaar te houden is ervoor gekozen om alleen over de waterlichamen te rapporteren. Voor de overige wateren zijn de waterbeheerders inspanningsplichtig. In het traject doelen overig water zijn recent doelen voor deze overige wateren opgesteld. Hiermee is de urgentie voor het verbeteren van de kwaliteit in overige wateren (wat ten goede komt aan de KRW-waterlichamen) beter geagendeerd en krijgen waterbeheerders ook bestuurlijk draagvlak om in deze wateren maatregelen te nemen.

De plannen voor de KRW worden door alle EU-lidstaten per (deel-)stroomgebied in een stroomgebiedsbeheerplan (SGBP) vastgelegd. Hierin staan de technische kenmerken van de binnen het stroomgebied gelegen waterlichamen en worden de maatregelen, doelen, etc. onderbouwd. De KRW werkt in drie planperiodes van zes jaar. De eerste generatie stroomgebiedbeheerplannen (SGBP's) zijn 22 december 2009 vastgesteld, de tweede generatie 22 december 2015. Inmiddels is de uitvoeringsperiode van de tweede generatie SGBP's (2016-2021) in volle gang en bereiden de waterbeheerders zich voor en zijn de derde generatie SGBP's (2022-2027) de inzage periode ingegaan. Om op landelijk niveau voor een transparante, goed gedocumenteerde onderbouwing te zorgen, is een format voor factsheets per waterlichaam ontwikkeld.

In het studiegebied van deze studie liggen direct een negental waterlichamen. Deze waterlichamen maken onderdeel uit van het stroomgebied (beheerplan) van de Rijn en het stroomgebied (beheerplan) van de Eems (Ministerie van Infrastructuur en Milieu 2016b, 2016a).

Het betreffen de KRW-waterlichamen:

- buitendijks: De Waddenzee (NL81_1), de Waddenzee vastelandskust (NL81_10), de Eems-Dollard (NL81_2) en Eems-Dollard kust (NL81-3);
- binnendijks: Fries kleigebied - zwak brakke polderkanalen (NL02L13), Friese boezem - regionale kanalen zonder scheepvaart (NL02L9d), Fries kleigebied - zoete polderkanalen (NL02L9), Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart (NL02L9c) en Friese boezem - grote ondiepe kanalen (NL02L9a).

Vanwege de positionering tussen het zoete achterland en de zoute Waddenzee zijn ook de KRW-waterlichamen IJsselmeer (NL92_IJsselmeer), Lauwersmeer (NL34M108) en Waddenkust (NL95_4A) relevant.

De positionering van de KRW-waterlichamen buitendijks en binnendijks is in afbeelding 4.4 weergegeven.

In de paragrafen 3.4 en 5.2 volgt een nadere toelichting van de KRW-doelen in deze gebieden.

Afbeelding 4.4 Waterlichamen Wetterskip Fryslân, inclusief vispassages. Het dijkracé Koehool-Lauwersmeer is in rood aangegeven



Waddenzee

Het ecosysteem Waddenzee is ingedeeld in vier verschillende KRW 'typen' (Rijkswaterstaat 2018):

- kustwater, beschut en polyhalien (K2: waterlichaam Waddenzee en Waddenzee vastelandskust);
- kustwater, open en polyhalien (K1: waterlichaam Eems-Dollard kustwater);
- kustwater, open en euhalien (K3: waterlichaam Waddenkust), en;
- estuarium met matig getijverschil (O2: waterlichaam Eems-Dollard).

Voor deze studie is met name het KRW type K2 relevant.

Kenmerkend voor dit type is het grote getijdenverschil en de sterke dynamiek. Door verschillen in stroming, troebelheid temperatuur, zuurstofgehalte, sediment en waterdiepte kan een variatie in ecotopen, leefgebieden en soorten ontstaan. Zoals 'slikkige zandgronden in geulen en op platen/slikken en schorren/kwelders van zavelig/kleïg materiaal'. De ligging van geulen, slikken en platen verandert voortdurend door sedimentatie- en erosieprocessen.

Als onderdeel van de KRW zijn doelen vastgesteld, Het betreft doelen voor de ecologie en de chemie. Als onderdeel van het spoor ecologie zijn er doelen opgesteld voor biologische kwaliteitselementen (ook wel de 'goede ecologisch toestand' (GET) en fysisch-chemische kwaliteitselementen. Het slechtste oordeel van één van deze kwaliteitselementen bepaalt het eindoordeel voor de ecologie. De doelen voor de biologische kwaliteitselementen worden opgesteld in een schaal van 0-1. Deze schaal weerspiegelt de verhouding tussen de feitelijke en de gewenste ecologische situatie. Dit wordt ook wel het 'Ecologische kwaliteitsratio' (EKR) genoemd. Voor het formuleren van het GET zijn op landelijk niveau maatlatten met bijbehorende EKR-getallen geformuleerd. Voor het KRW 'type' K2 zijn er doelen voor de kwaliteitselementen macrofauna, waterflora en fytoplankton geformuleerd. Voor de watertypen K1 en K3 zijn er alleen doelen voor macrofauna en fytoplankton geformuleerd. In de derde stroomgebiedsbeheerplanperiode (SGBP3) zijn tevens doelen voor vis opgesteld. Het betreft doelen voor de vissoorten fint, spiering, haring, bot, slakdolf en pos. Voor het watertype O2 zijn er tevens doelen voor macrofauna, waterflora, vis en fytoplankton benoemd.

In tabel 4.5 zijn de doelen voor de waterlichamen Waddenzee, Waddenzeekust, Eems-Dollard en ook de Waddenkust weergegeven.

Tabel 4.5 Overzicht van de KRW-doelen voor de waterlichamen Waddenzee, Waddenzeekust, Eems-Dollard en de Waddenkust (Rijkswaterstaat 2018)

	Waddenzee	Waddenzeekust	Eems-Dollard (kustwater)	Waddenkust (kustwater)	Eems-Dollard
WL-code	NL81_1	NL81_10	NL81_3	NL95_4A	NL81_2
watertype	K2	K2	K1	K3	02
biologie					
macrofauna	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,54
waterflora	≥0,60	≥0,38			≥0,21
vis					≥0,51
fytoplankton	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60
fysische-chemie					
fosfor (zgm) (mg P/l)					
stikstof (mg N/l)					
DIN (mg N/l)	≤0,46	≤0,46	≤0,46	≤0,46	≤1,33
zoutgehalte (mg Cl/l)					
temperatuur (gr. C)	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25,0
zuurgraad (-)					
zuurstofverzadiging (%)	≥60	≥60	≥60	≥60	≥60
doorzicht (m)					

Een beschrijving van de ecologische maatlatten en de referentie van type K2 is weergegeven in STOWA2018-49, update 2020 (STOWA 2020). In het KRW-maatlat document staat het volgende omschreven:

‘Kenmerkend voor de biologie is de grote diversiteit van ecotopen en levensgemeenschappen die wordt veroorzaakt door de variëteit in waterstroming, troebelheid/doorzicht, temperatuur en zuurstofgehalte van het water, type sediment en waterdiepte. Op de middelhoge platen en slikken zijn zeegras aanwezig. Op de hoge beschutte delen komen schorren en kwelders voor. Zeer karakteristiek zijn de benthische micoralgengemeenschappen van diatomeeën en cyanobacteriën en plaatselijk het massaal optreden van mossel- en kokkelbanken. Garnalen en vislarven zijn met name in de prielen en ondiepe delen te vinden. De bodemfauna is een belangrijke voedingsbron voor onder andere vissen en vogels. Sommige vissoorten gebruiken de wadplaten als foerageergebied. De diepere delen kennen vanwege de hoge stroomsnelheden een eenvoudig opgebouwde levensgemeenschap. Zandspiering komt in grote aantallen voor. Ook hier kunnen mossel- en oesterbanken voorkomen’.

Voor de beoordeling van de deelmaatlat fytoplankton wordt er naar de concentratie chlorofyl-a (µg/l) en voorkomen van de alg *Phaeocystis* gekeken. Voor beoordeling van de deelmaatlat macrofauna wordt er naar het voorkomen van bodemdieren gekeken. Soorten die indicatief zijn betreffen onder meer wormen, zoals de wadpier, en schelpdieren, zoals de kokkel. Voor beoordeling van de deelmaatlat overige waterflora wordt er met name naar het kwelder en zeegras areaal en kwaliteit gekeken. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven.

Tabel 4.6 Beoordeling deelmaatlaten.

Macrofauna	Waterflora	Vis	Fytoplankton
Waddenzee Polyhaline-Intertidal soortenrijkdom: 23- 17	Kwelder/schor Waddenzee (% tot waterlichaam) 7 (circa 15.700 ha)	soortensamenstelling van vijf ecologische gildes (diadrome soorten, estuariene residente soorten, mariene juvenielen, mariene seizoengasten, zoetwatersoorten)	chlorofyl-a (90 p: ug/l): 21
Waddenzee Polyhaline-Intertidal Shannon index (log2): 2,9 - 2.2	Kwelder kwaliteit (schaal 1 - 5 op basis van vegetatiediversiteit): 3,5 omvat: <ul style="list-style-type: none"> - pionierszone; - lage kwelder; - middel kwelder; - climax zone hoge kwelder met strandkweek; - climax zone hoge kwelder met riet. Elke zone mag niet meer dan 35 % en niet minder dan 5 % van het totale kwelderareaal bedragen. <p>aandeel climaxvegetatie (zeekweek of riet) mag niet meer dan 50 % bedragen</p>	abundantie van indicatorsoorten per gilde	Phaecystis bloeifrequentie (%)
Waddenzee Polyhaline-Subtidal soortenrijkdom: 18 - 14	Zeegrasareaal (% tot. waterlichaam): 4 (circa 10.0000 ha)	doelsoorten: <ul style="list-style-type: none"> - spiering en fint (diadrome soorten); - slakdolf en bot (estuariene residente soorten); - haring en wijting (mariene juvenielen); - pos (zoetwatersoorten). <p>leeftijdssamenstelling (0+, subadult, adult; alleen voor diadrome soorten)</p>	
Waddenzee Polyhaline-Subtidal Shannon index (log2): 2,8 - 2.1	Zeegras kwaliteit (% bedekking klein zeegras en groot zeegras): 42, 32	doelsoorten: <ul style="list-style-type: none"> - spiering en fint (diadrome soorten); - slakdolf en bot (estuariene residente soorten); - haring en wijting (mariene juvenielen); - pos (zoetwatersoorten). <p>leeftijdssamenstelling (0+, subadult, adult; alleen voor diadrome soorten)</p>	

Fries achterland, IJsselmeer & Lauwersmeer

Het watersysteem 'binnendijks' is relevant voor deze studie en kan ingedeeld worden in de watergangen van de Provincie Fryslân, het IJsselmeer en het Lauwersmeer. Deze wateren zijn verdeeld in de natuurlijke watertypen: Zwak brakke wateren (M30,) en Grote diepe gebufferde meren (M20) en de kunstmatige watertypen gebufferde (regionale) kanalen (M3) en grote ondiepe kanalen met scheepvaart (M6b) (Tabel 4.7).

Voor deze studie is met name het KRW-type M30 relevant, gezien de directe relatie met de Waddenzee. Kenmerkend voor het watertype M30 is het brakke karakter afkomstig uit brakke kwel. De levensgemeenschap is hierop aangepast. Naast zouttolerante soorten komen er afhankelijk van het chloridegehalte ook nog zoetwatersoorten voor. Dit leidt voor macrofauna tot een gevarieerde gemeenschap uit allerlei groepen, zoals wantsen, vlokreeften, muggenlarven en wormen. Brakke wateren vormen daarnaast een waardevol paai- en opgroeigebied voor migrerende soorten zoals paling, driedoornige stekelbaars en spiering. Voor dit type zijn op alle vier de kwaliteitselementen KRW-doelen geformuleerd. Een beschrijving van de ecologische maatlatten en de referentie van type M30 en M20 is weergegeven in (STOWA 2018). Een beschrijving van de ecologische maatlatten en de referentie van type M3 en M6b is weergegeven in (STOWA 2020).

Tabel 4.7 KRW-doelen voor de waterlichamen: Fries kleigebied - zwak brakke polderkanalen, Friese boezem - grote ondiepe kanalen, Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart, Friese boezem - regionale kanalen zonder scheepvaart, Fries kleigebied - zoete polderkanalen, IJsselmeer en Lauwersmeer (Wetterskip Fryslân 2019)

	Fries kleigebied - zwak brakke polderkanalen	Friese boezem - grote ondiepe kanalen	Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart	Friese boezem - regionale kanalen zonder scheepvaart	Fries kleigebied - zoete polderkanalen	IJsselmeer	Lauwersmeer
WLcode	NL02L13	NL02L9a	NL02L9c	NL02L9d	NL02L9	NL92_ IJSSELMEER	NL34 M108
watertype	M30	M6b	M3	M3	M30	M21	M30
biologie							
macrofauna	≥0,50	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,39	≥0,60
waterflora	≥0,50	≥0,60	≥0,50	≥0,50	≥0,60	≥0,23	≥0,57
vis	≥0,50	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,52	≥0,60
fytoplankton	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,47	≥0,60
fysische-chemie							
fosfor (zgm) (mg P/l)	≤2,50	≤0,25	≤0,15	≤0,15		≤0,07	
stikstof (mg N/l)	≤1,80	≤3,80	≤2,80	≤2,80	≤2,80	≤1,30	≤1,80
DIN (mg N/l)							
zoutgehalte (mg Cl/l)	300-3000	≤300	≤300	≤300	≤300	≤200	1000-5000
temperatuur (gr. C)	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25	≤25,0
zuurgraad (-)	6,0-9,0	5,5-8,5	5,5-8,5	5,5-8,5	5,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0
zuurstofverzadiging (%)	60-120	40-120	40-120	40-120	40-120	60-120	60-120

	Fries kleigebied - zwak brakke polder kanalen	Friese boezem - grote ondiepe kanalen	Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart	Friese boezem - regionale kanalen zonder scheepvaart	Fries kleigebied - zoete		IJsselmeer	Lauwersmeer
doorzicht (m)	≥0,65	≥0,65	≥0,65	≥0,65	≥0,65	≥0,90		≥0,90

4.2 Beleidskaders

4.2.1 PAGW

Rond 2014 is de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) opgestart. Grote waterstaatkundige ingrepen, zoals de Afsluitdijk maakten Nederland veilig en welvarend. De waterstaatkundige ingrepen zoals dammen, dijken en inpoldering hebben echter ook een keerzijde. Door veranderingen van natuurlijke stroming van water en sediment missen veel planten en dieren geschikt leefgebied, zijn hun migratieroutes geblokkeerd en staat de biodiversiteit en productiviteit van het systeem onder druk.

Via Natura 2000 en de KRW wordt er gewerkt aan verbetering van de ecologische waarden. Echter, door klimaatverandering en toenemend maatschappelijk gebruik neemt de druk op (grote) wateren toe. Rijkswaterstaat, de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), regionale overheden en maatschappelijke organisaties hebben de handen ineengeslagen om maatregelen te nemen die nodig zijn voor toekomstbestendige grote wateren waar hoogwaardige natuur goed samengaat met een krachtige economie. Met 33 projecten wordt beoogd:

- ontbrekende leefgebieden aan te leggen;
- het estuariën karakter van de Delta te versterken;
- de natuurlijke dynamiek terug te brengen of te versterken;
- te zorgen voor geleidelijke overgangen tussen land en water en zoet en zout en/of betere verbindingen; tussen zee, estuaria en rivieren.

De PAGW geeft hiermee een extra impuls voor het behalen van de Natura 2000 en KRW-doelen.

Onderdelen van het projectenportfolio betreft onder meer het ecologisch versterken van de Waddenzee, het reduceren van slib in de Eems-Dollard en het verbeteren van het IJsselmeergebied (PAGW 2018). Vanwege de uitvoerbaarheid en betaalbaarheid is er gekozen om in meerdere tranches te werken. In een eerste tranche is voor de Waddenzee een Verkenning uitgevoerd. Dit heeft onder andere geresulteerd in ambitie voor de Waddenzee (kader 1), deeltrajecten en een MIRT startbeslissing voor koppeling van de dijkversterkingsopgave Koehool- Lauwersmeer en de PAGW opgave (Doze 2020).

Specifiek voor het gebied rond het dijktraject Koehool-Lauwersmeer is het volgende doel geformuleerd:

‘Verzachten van de randen van het Wad; het realiseren van PAGW-doel bij de dijkversterking Koehool-Lauwersmeer’.

Hiervoor is een reservering aan Rijksbudget beschikbaar gesteld van EUR 37.500.000,- uit de PAGW (middelen vanuit de 1e tranche) met als doel het ontwikkelen van zachte overgangen tussen land-water en zoet-zout.

De onderbouwing voor de inzet van het budget moet liggen in:

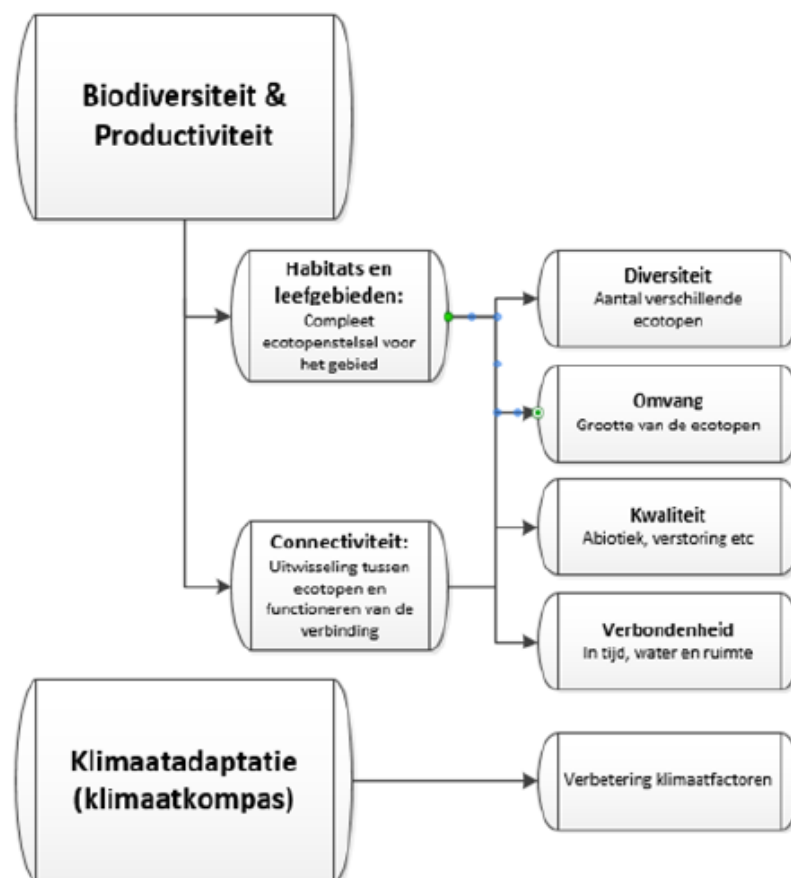
- grote meerwaarde ecologie;
- uitvoering vanaf circa 2025;
- draagvlak in regio;
- bij de Verkenning dienen mogelijkheden voor een koppeling met Holwerd aan Zee te worden onderzocht (van Nieuwenhuizen Wijbenga and Ministerie van infrastructuur en milieu 2019). Bij de Verkenning dienen mogelijkheden voor een koppeling met Holwerd aan Zee te worden onderzocht (van Nieuwenhuizen Wijbenga and Ministerie van infrastructuur en milieu 2019).

Het doelbereik van de PAGW wordt getoetst op basis van de elementen:

- biodiversiteit & productiviteit:
 - habitats en leefgebieden;
 - connectiviteit;
- klimaatadaptatie.

In afbeelding 4.5 is het doelbereik schematisch weergegeven.

Afbeelding 4.5 Beoordelingskader doelbereik ecologie voor PAGW (bron: Rijkswaterstaat)



De relatie van maatregelen en het PAGW doelbereik op de onderdelen diversiteit, omvang, kwaliteit en verbondenheid is in de analyse benadrukt.

4.2.2 Agenda voor het Waddengebied 2050

Naast de PAGW is er vanuit het Waddengebied door overheden, landbouw-, natuur-, en visserijorganisaties, en de samenwerkende havens een perspectief en koers richting 2050 geformuleerd en een Agenda voor het Waddengebied opgesteld om die koers in te zetten. Voor de achterliggende documenten verwijzen wij naar (Rijk-regio Projectgroep Agenda voor het Waddengebied 2050; 2020).

Het *Verzachten van de randen van het wad* als onderdeel van de dijkversterking Koehool- Lauwersmeer, is als natuurontwikkelingsproject opgenomen in de Agenda.

4.2.3 Natuurambitie Grote Wateren 2050 en verder

Daarnaast is er vanuit het rijk door het ministerie van Economische Zaken (EZ) een Natuurambitie Grote Wateren 2050 opgesteld (Ministerie van Economische Zaken 2014)(Ministerie van Economische Zaken 2014), zie onderstaand kader.

Kader 1 Natuurambitie Grote Wateren 2050 en verder

In het toekomstbeeld van de natuurambitie is het Nederlandse Waddengebied in 2050 en verder een intergetijdengebied, rijk aan natuurwaarden, rust, ruimte en schoonheid. De balans tussen ecologie en economie is gezond. Zeezoogdieren, vissen en trekvogels vanuit diverse delen van de wereld rusten en foerageren er. Het is er schoon, open, stil en 's nachts donker. Bewoners en toeristen genieten in dit UNESCO-werelderfgoed van wildernis en ongerepte natuur. De Waddenzee is zowel ecologisch als economisch vitaal en productief en biedt voldoende voedsel en leefgebied aan grote aantallen vogels en zeezoogdieren. De Waddenzee vervult een sleutelpositie in de internationale vliegroute voor trekvogels.

De Waddenzee fungeert in het toekomstbeeld van de natuurambitie als kraamkamer voor vissen. Vissen, schaaldieren en kreeftachtigen komen er in grote aantallen voor. Daardoor vinden ook predatoren zoals roggen, haaien, zeehonden en bruinvissen er hun plek. Vissen trekken gemakkelijk vanuit de Waddenzee naar omliggende zoetwateren. Zoet-zoutovergangen met IJsselmeer, Lauwersmeer en andere stromen en vismigratiewerken in de omliggende dijken maken dat mogelijk. Binnen de grenzen van de draagkracht van het ecosysteem kan de visserij schelpdieren kweken en oogsten van de overvloed aan vis en garnalen.

De kernen van de bewoonde Waddeneilanden zijn in het toekomstbeeld veilig en liggen nog ongeveer op dezelfde plek als aan het begin van de 21e eeuw. Op de koppen en staarten van de Waddeneilanden krijgen dynamische processen zoveel mogelijk ruimte. Onbewoonde eilanden zijn helemaal dynamisch. Ze kunnen ontstaan en vergaan. Zo zorgen ze voor natuurlijke verjonging. De natuurlijke dynamiek van wind en zee ordent de sediment huishouding van het gebied. Het Nederlandse kustfundament wordt aangevuld met suppleties. De zee brengt via de zeegaten zand vanuit het kustfundament en de buitendelta's in de Waddenzee. Zee en wind zetten zand en klei op de Waddeneilanden af. Zo kunnen platen, kwelders en Waddeneilanden meegroeien met de zeespiegelstijging en kunnen nieuwe grote zandbanken zich vormen. De buitendelta's worden gesuppleerd als dat nodig is voor de waterveiligheid en als zandbron voor de Waddenzee. Verder wordt via het principe bouwen met de natuur waterveiligheid gerealiseerd.

Op de eilanden en langs de kust van het vasteland floreert het toerisme. De landbouw is verder verbreed met natuur en toerisme, zeker op de eilanden. Mensen kunnen rondstruinen in de meer natuurlijke dynamische delen. Er blijft genoeg rust en ruimte over voor vogels en zeehonden. Economische activiteiten, zoals delfstofwinning passen in het toekomstbeeld en zijn duurzaam, doordat ze zijn afgestemd op de draagkracht van het ecosysteem Waddenzee en Eems-Dollard.

4.3 Staat van instandhouding

4.3.1 Natura 2000

Zoals aangegeven in paragraaf 4.1 is de Waddenzee aangewezen als Natura 2000-gebied. De staat van instandhouding van de Natura 2000 doelstellingen (lees: huidige toestand van beschermde waarden) is uitgebreid aan bod gekomen in het Natura 2000-beheerplan (Rijkswaterstaat 2016). Hieronder volgt een bespreking van de toestand van de relevante natuurwaarden, in nabijheid van de dijk op basis van recent beschikbare literatuur.

Habitattypen

Met verschillende beschermde habitattypen in de Waddenzee gaat het goed. Het gaat onder meer over de habitattypen Zilte pionier begroeiingen: H1310A en H1310B. Voor andere habitattypen ligt een opgave. Nabij de dijk gaat het met name om de kwaliteit van habitatype Permanent overstromde zandbanken (H1110A) en Slik- en zandplaten (H1140A). Deze twee gebieden omvatten veruit het grootste deel van het oppervlak van de Waddenzee (afbeelding 4.2 en afbeelding 4.3). De kwaliteit van deze gebieden is feitelijk het kloppend hart van het ecosysteem van de Wadden. Een probleem voor het behalen van de instandhoudingsdoelstelling is een tekort aan (meerjarige) mosselbanken en zeegrasvelden en een gebrek aan zoet-zout gradiënten. Deze kwaliteitselementen zorgen voor een hoge diversiteit aan soorten. Door het achterblijven van de kwaliteit is de diversiteit dus ook niet optimaal. Daarnaast geldt een opgave voor het habitatype 'slijkgrasvelden' (H1320). Een deel van de habitatype zou binnen de huidige beheerperiode de instandhoudingsdoelstelling niet halen (Rijkswaterstaat 2016).

Daarnaast wordt de kwaliteitsdoelstelling voor de buitendijkse Schorren en zilte graslanden, binnendijks en buitendijks (kwelders) (H1330A en H1330B) niet gehaald (Elschot et al. 2020; Rijkswaterstaat 2016). De kwaliteit van de buitendijkse kwelders is op de Waddeneilanden over het algemeen voldoende. De vastelandskwelders ondervinden echter door gebrek aan dynamiek verruiging/veroudering. Intensievere begrazing en verandering van de ontwatering hebben de laatste jaren een positief effect op de kwaliteit van sommige kwelders gesorteerd (Elschot et al. 2020; Esselink, Van Duin, and Wielemaker 2019). Met name een beheeremozaïek (toepassing van verschillende beheertypen voor beweiding), kan voor lokale biodiversiteit zorgen (Esselink, Van Duin, and Wielemaker 2019). De kwaliteit van kwelders is van belang voor allerlei typische plantengemeenschappen op kwelders en geschiktheid van kwelder als broed- en foerageergebied voor vogels. De verruiging en veroudering van kwelders leidt dus ook tot minder vogels en minder plantensoorten. In tabel 4.8 is een overzicht gegeven.

Tabel 4.8 Overzicht behalen N2000 doelstelling habitattypen zoals behandeld in beheerplan (Rijkswaterstaat 2016). Blauw: relevant in de context van dijktracé Koehool-Lauwersmeer

Habitattypen	Habitatsubtype	Doelstelling behaald oppervlak (+ ja, - nee)	Doelstelling behaald kwaliteit (+ ja, - nee)
H1110A - Permanent overstromde zandbanken	getijdengebied	-	-
H1130 - Estuaria		-	-
H1140A - Slik- en zandplaten	getijdengebied	-	-
H1310A - Zilte pionierbegroeiingen	zeekraal	+	+
H1310B - Zilte pionierbegroeiingen	zeevetmuur	+	+
H1320 - Slijkgrasvelden		+	+
H1330A - Schorren en zilte graslanden	buitendijks	- vasteland niet, eilanden wel	-
H1330B - Schorren en zilte graslanden	binnendijks	-	-
H2110 - Embryonale duinen		+	+
H2120 - Witte duinen		+	+

Habitatrichtlijnsoorten

Met veel van de habitatrichtlijnsoorten is het goed gesteld (tabel 4.9). Met name de zeezoogdieren kennen een positieve ontwikkeling in de afgelopen decennia (Teilmann et al. 2017). Echter blijven de diadrome vissoorten (migrerend tussen zoet- en zoutwater) achter. De populatie omvang van deze soorten is zeer kritisch. De achteruitgang van diadrome soorten is wereldwijd een groot probleem, maar met name in Europa, zijn deze populaties gigantisch achteruitgegaan. In de afgelopen 50 jaar zijn migrerende zoetwatervissen in Europa met 93 % afgenomen (Deinet et al. 2020). Het ontbreken van migratiemogelijkheden is hierbij de belangrijkste oorzaak. Momenteel is de populatie van de fint, rivierprik en zeeprk dusdanig klein, dat herstel zeer traag zal verlopen.

Tabel 4.9 Overzicht behalen N2000-doelstelling habitatsoorten zoals behandeld in beheerplan (Rijkswaterstaat 2016). Blauw: relevant in de context van dijktracé Koehool-Lauwersmeer

Soort	Doelstelling behaald leefgebied (+ ja, - nee)	Doelstelling behaald populatie (+ ja, - nee)
nauwe korfslak	+	+
zeeprk	+	-
rivierprik	+	-
fint	+	-
noordse woelmuis	+	+
bruinvis	+	+
grijze zeehond	+	+
gewone zeehond	+	+
groenknolorchis	+	+

Vogelrichtlijnsoorten

Broedvogels

Van de helft van de broedvogels in de Waddenzee wordt de doelstelling niet gehaald. Verruiging van het broedbiotoop, als gevolg van stikstofdepositie en gebrek aan natuurlijke dynamiek (Rijkswaterstaat 2016) zijn twee belangrijke factoren die het aantal broedvogels bepalen. Daarnaast zijn veel broedgebieden minder geschikt door verstoring (recreatie) en/of predatie. Ook is er voor een aantal soorten een voedseltekort. Hierbij gaat het vooral om mosselen en kokkels. Wanneer de hoeveelheid van deze schelpdieren toeneemt, wordt ook een knelpunt voor een aantal broedvogels weggenomen. Tot slot is het voor een deel van de op kwelders broedende vogels van belang dat er genoeg slenken en prielen met een rijk bodemleven en jonge visjes aanwezig zijn, direct bij hun nesten. In de door mensen aangelegde kwelderwerken ontbreken deze slenken en prielen deels, met negatieve effecten op aantallen broedvogels.

Tabel 4.10 Overzicht behalen N2000-doelstelling broedvogels zoals behandeld in beheerplan (Rijkswaterstaat 2016). Blauw: relevant in de context van dijktracé Koehool-Lauwersmeer. Relevantie/ belang Friese kust volgt uit lokale tellingen (nog niet publiek), waarbij is aangehouden * <10 %, ** = 10-25 %, ***>25 % van Waddenzee populatie waargenomen op Friese kust

Soort	Populatiedoel	Gemiddeld voorkomen 2014 - 2019 (Sovon 2020)	Doelstelling gehaald (+ja, - nee)
blauwe kiekendief	3	0	-
bontbekplevier***	60	40	-
bruine kiekendief***	30	39	+
dwergstern	200	327	+
eider	5.000	2.445	-
grote stern	16.000	3.953	-
kleine mantelmeeuw	19.000	21.104	+
kluut***	3800	1.221	-
lepelaar	430	845	+
noordse stern**	1.500	782	-
strandplevier**	50	9	-
velduil***	5	8	+
visdief	5.300	1.912	-

Niet-broedvogels

Ook van de niet-broedvogels wordt bij de helft van de soorten de doelstelling niet gehaald. Voor de meeste soorten is het knelpunt in het beheerplan behandeld. Ook hierbij gaat het vaak om een voedseltekort (vis en schelpdieren), verruiging van de kwelder of onvoldoende rust. Daarnaast geldt voor veel soorten dat negatieve impact op de populatie (ver) buiten het Waddenzee gebied ligt. Voor deze migrerende soorten is bijvoorbeeld hun overwinteringsgebied (in Afrika) niet op orde. Hierdoor de populatie gelimiteerd door een externe factor. De draagkracht in de Waddenzee is voor deze soorten wel voldoende.

Voor 35 % van de soorten geldt dat deze ten tijde van het opstellen van het beheerplan wel aan de instandhoudingsdoelstelling zouden voldoen, maar volgens de huidige tellingen (2016-2019) niet meer (Rijkswaterstaat 2016; Sovon 2020).

Tabel 4.11 Overzicht behalen N2000 doelstelling niet-broedvogels. Blauw: relevant in de context van dijktracé Koehool-Lauwersmeer. Relevantie/ belang Friese kust volgt uit lokale tellingen (Vogelbescherming en Wadvogelwerkgroep), waarbij is aangehouden * <10 %, ** = 10-25 %, ***>25 % van Waddenzee populatie waargenomen op Friese kust.

Soort	Populatiedoel	Gemiddeld voorkomen 2014 - 2019 (Sovon 2020)	Doelstelling gehaald (+ja, - nee)
aalscholver*	4.200	2.932	-
bergeend***	38.400	43.608	+
bontbekplevier**	1.800	3.214	+
bonte strandloper***	206.000	241.471	+
brandgans***	36.800	70.536	+
brilduiker	100	65	0
drieteenstrandloper	3.700	7.742	+
eider	90.000-115.000	82.598	-

Soort	Populatie-doel	Gemiddeld voorkomen 2014 - 2019 (Sovon 2020)	Doelstelling gehaald (+ja, - nee)
fuut	310	138	-
goudplevier**	19.200	14.578	-
grauwe gans**	7.000	14.911	+
groenpootruiter*	1.900	1.416	-
grote zaagbek*	70	21	-
grutto**	1.100	778	-
kanoetstrandloper	44.400	70.951	+
kievit***	10.800	10.195	-
kleine zwaan	1.600	?	-
kluut***	6.700	4.914	-
krakeend*	320	681	+
krombekstrandloper**	2.000	1.619	-
lepelaar*	520	1.133	+
middelste zaagbek	150	94	-
pijlstaart**	5.900	8.251	+
rosse grutto	54.400	61.975	+
rotgans*	26.400	28.743	+
scholekster*	140.000-160.000	85.861	-
slechtvalk**	40	74	+
slobeend**	750	1.259	+
smient*	33.100	27.968	-
steenloper	2.300-3.000	2.896	+
toendrarietgans	behoud	20.900	+
topper	3.100	2.901	-
tureluur**	16.500	14.677	-
wilde eend**	25.400	13.392	-
wintertaling***	5.000	4.857	-
wulp**	96.200	83.832	-
zilverplevier**	22.300	24.569	+
zwarte ruiter*	1.200	672	-
zwarte stern	23.000	4.144	-

4.3.2 KRW

Voor alle KRW-waterlichamen vindt jaarlijks een KRW-toestandsbeoordeling plaats. De meest recente toetsing heeft in de zomer van 2020 plaatsgevonden (Rijkswaterstaat 2018; Wetterskip Fryslân 2019). In onderstaande paragraaf lichten we de toetsingsresultaten voor de Waddenzee, Friese vastelandskust en overige relevante waterlichamen toe.

Buitendijks

In tabel 4.12 zijn de toetsingsoordelen voor de KRW-waterlichamen Waddenzee, Waddenzee kust, Eems-Dollard en Waddenkust gegeven. De ecologische toestand in de Waddenzee wordt als ontoereikend beoordeeld. De ecologische kwaliteit in de overige gebieden wordt als matig beoordeeld. Het toetsingsoordeel 'ontoereikend' en 'matig' voor de Waddenzee en Waddenzee kust komt voort uit het ontbreken van (voldoende) zeegrasareaal en/of kwaliteit, en de veroudering en omvang van de kwelders. Daarnaast is de nutriëntenconcentratie als gevolg van af- en uitspoeling van de vastelandskust te hoog. Voor het waterlichaam Eems-Dollard geldt dat de macrofauna gemeenschap onvoldoende scoort als gevolg van vertroebeling. Voor de visgemeenschappen zijn (met uitzondering van de Eems-Dollard) geen doelstellingen opgesteld.

Voor de waterlichamen Waddenzee, Waddenzee kust en de Eems-Dollard zijn daarnaast toetsingsoordelen voor het spoor chemie, onderdeel verontreinigende stoffen beschikbaar. De Waddenzee en Waddenzee kust scoren slecht. Dit komt door normoverschrijding op de stoffen benzo(a)pyreen, benzo(b)fluorantheen, benzo(ghi)peryleen, kwik en tributylin (veroorzaker massale sterfte Wulken).

Tabel 4.12 KRW toetsingsoordelen ten opzichte van GET voor de wateren in de Waddenzee, inclusief de Eems-Dollard (Rijkswaterstaat 2018)

Naam	Waddenzee	Waddenzee kust	Eems-Dollard (kustwater)	Waddenkust (kustwater)	Eems-Dollard
WL-code	NL81_1	NL81_10	NL81_3	NL95_4A	NL81_3
watertype	K2	K2	K1	K3	O2
biologie					
macrofauna	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,54
waterflora	≥0,60	≥0,60			≥0,21
vis					≥0,51
fytoplankton	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60
fysische-chemie					
fosfor (zgm) (mg P/l)					
stikstof (mg N/l)					
DIN (mg N/l)	<0,46	<0,46	≤0,46	≤0,46	≤1,33
zoutgehalte (mg Cl/l)					
temperatuur (gr. C)	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25,0
zuurgraad (-)					
zuurstofverzadiging (%)	≥60	≥60	≥60	≥60	≥60
doorzicht (m)					
Verontreinigde stoffen					
legenda					
slecht					
ontoereikend					
matig					
goed					
voldoet					

Binnendijks

In tabel 4.13 zijn de toetsingsoordelen voor de KRW-waterlichamen Fries kleigebied - zwak brakke polderkanalen, Friese boezem - grote ondiepe kanalen, Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart, Friese boezem - regionale kanalen zonder scheepvaart, Fries kleigebied - zoete polderkanalen, IJsselmeer en Lauwersmeer gegeven. De ecologische status van het Friese achterland en het Lauwersmeer is ontoereikend (Waterschap Noorderzijlvest n.d.; Wetterskip Fryslân 2019, 2020e, 2020c). De ecologische status van het IJsselmeer is matig. De ontoereikende ecologische toestand in het Friese achterland is met name te wijten aan het ontbreken van een kenmerkende macrofauna en plantengemeenschap, een beperkt doorzicht en het ontbreken van een karakteristieke visgemeenschap. Met name het aandeel diadrome (migrerende) soorten is matig. Daarnaast vindt er normoverschrijding van fosfor en/of stikstof plaats. Tot slot scoort de chemie op het onderdeel verontreinigende stoffen slecht.

Op het IJsselmeer is het eindoordeel met name opgebouwd door te hoge stikstofconcentraties, algenbloei en een beperkt doorzicht. In het Lauwersmeer ontbreken kenmerkende vis- en plantengemeenschappen. Daarnaast voldoet het aangetroffen zoutgehalte niet aan de referentie.

Tabel 4.13 KRW-toetsingsoordelen in de Friese wateren, het Lauwersmeer en het IJsselmeer. Oranje: ontoereikend, geel: matig, groen: goed, rood: slecht, blauw: voldoet

	Fries kleigebied- zwak brakke polderkanalen	Friese boezem - grote ondiepe kanalen	Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart	Friese boezem - regionale kanalen zonder scheepvaart	Fries kleigebied - zoete polderkanalen	IJsselmeer	Lauwersmeer
WLcode	NL02L13	NL02L9a	NL02L9c	NL02L9d	NL02L9	NL92_ IJSELMEER	NL34M108
watertype	M30	M6b	M3	M3	M30	M21	M30
biologie							
macrofauna	≥0,50	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,39	≥0,60
waterflora	≥0,50	≥0,60	≥0,50	≥0,50	≥0,60	≥0,23	≥0,57
vis	≥0,50	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,52	≥0,60
fytoplankton	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,60	≥0,47	≥0,60
fysische-chemie							
fosfor (zgm) (mg P/l)	≤0,25	≤0,25	≤0,15	≤0,15		≤0,07	
stikstof (mg N/l)	≤1,80	≤3,80	≤2,80	≤2,80	≤2,80	≤1,30	≤1,80
DIN (mg N/l)							
zoutgehalte (mg Cl/l)	300-3000	≤300	≤300	≤300	≤300	≤200	1000-5000
temperatuur (gr. C)	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25,0	≤25	≤25,0
zuurgraad (-)	6,0-9,0	5,5-8,5	5,5-8,5	5,5-8,5	5,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0
zuurstofverzadiging (%)	60-120	40-120	40-120	40-120	40-120	60-120	60-120
doorzicht (m)	≥0,65	≥0,65	≥0,65	≥0,65	≥0,65	≥0,90	≥0,90
verontreinigende stoffen							

legenda

- slecht
- ontoereikend
- matig
- goed
- voldoet

4.3.3 Conclusie

Samengevat gaat het dus met de volgende doelstellingen (Natura 2000 en KRW) minder goed:

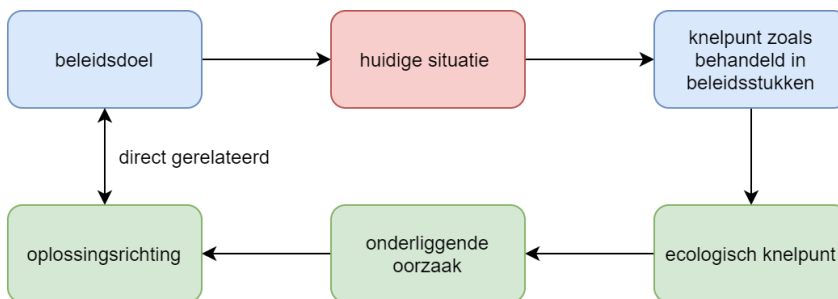
- kwaliteit van de aquatische 'habitattypen':
 - de staat van instandhouding van 'permanent overstromde zandbanken (H1110A) in de Waddenzee is als matig ongunstig beoordeeld. Dit ligt aan het in beperkte mate voorkomen van sublitorale, meerjarige mosselbanken in oudere stadia van ontwikkeling en in mindere mate door de sterk afgenomen totale biomassa van vis, de verminderde kinderkamerfunctie/opgroei gebied voor vis;
 - de kwaliteit van habitatype slik- en zandplaten (litoraal) (H1140A) is onvoldoende door slechte kwaliteit en te geringe omvang van droogvallende mosselbanken en zeegrasvelden;
 - de KRW-doelstellingen voor overige waterflora en fytoplankton worden niet behaald in de Waddenzee als gevolg van het grotendeels ontbreken van zeegrasvelden en eutrofiëring en vertroebeling;
 - normoverschrijding milieuvreemde stoffen;
- de verruiging van kweldervegetatie:
 - het areaal kwelders langs de vastelandskust wordt gehandhaafd door de kwelderwerken (rijs)houten dammen). Er is sprake van een min of meer kunstmatig gecreëerd kwelderlandschap, maar wel met ruimte voor een flexibel en dynamisch beheer. Op langere termijn zal er op de vastelandskwelders te weinig dynamiek kunnen zijn om alle successiestadia aanwezig te laten zijn;
 - de vegetatie op de hogere kwelder heeft beperkte diversiteit door lokaal te weinig (gevarieerde) beweiding, veel opslibbing en onvoldoende dynamische omstandigheden. Het areaal hoge kwelder met zeekweek is hierdoor sterk in oppervlakte toegenomen, waardoor de diversiteit is afgenomen;
- onvoldoende migratiemogelijkheden en opgroei gebied voor (trek)vissen:
 - de aanwezigheid van barrières in de vorm van dijken, dammen en sluizen, bemoeilijkt de trek van de zeeprik, rivierprik en fint, maar ook andere diadrome soorten. Er zijn te weinig overgangsgebieden. Wat betreft de fint is het onvoldoende duidelijk of de in Duitsland gelegen paai- en opgroei gebied van voldoende kwaliteit zijn;
 - de habitat van het Friese achterland is niet op orde. Dit komt tot uiting in het niet behalen van de KRW-doelstellingen voor met name overige waterflora, macrofauna en vis, doorzicht en nutriënten. De watergangen bevatten weinig ruimte voor ecologie en zijn hoog eutroof. Hierdoor biedt het Friese achterland geen aantrekkelijk paai- en opgroei gebied voor vis;
- broedgebieden die voor veel soorten kustvogels onvoldoende zijn:
 - er is sprake van onvoldoende kwaliteit van broedlocaties met nabijgelegen foerageergebied door rustverstoring, predatie;
 - verruiging van broedgebied werkt negatief in op het broedsucces van kustbroeders, zoals sterns en steltlopers;
 - met name de kluut, visdief en noordse stern hebben langs de vastelandskust last van predatie door de vos. Een korte vegetatiestructuur, brede afwateringen, afrasteringen en vossenbestrijding helpen in geringe mate, maar is vaak niet afdoende.

5

KNELPUNTEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN

Aan het niet behalen van de (N2000 en KRW) doelen liggen knelpunten en oorzaken aan ten grondslag die veelal een relatie hebben met elkaar. In dit hoofdstuk verkennen we deze knelpunten en gaan we in op mogelijke oplossingen/maatregelen om deze knelpunten weg te nemen. Om zo dicht mogelijk bij de wettelijke opgave te blijven bespreken we deze stapsgewijs voor eerst Natura 2000 en daarna de KRW. In paragraaf 5.3 maken we een integratie. In afbeelding 5.1 is een overzicht van onze stapsgewijze aanpak gegeven.

Afbeelding 5.1 Stapsgewijze aanpak: relatie niet behalen doelen en achterliggende oorzaken



5.1 Natura 2000

5.1.1 Habitattypen

Zoals eerder gesteld zijn voor drie habitattypen in de Waddenzee en aan het Friese en Groningse deel van Waddenzee kust (H1330A, H1110A en H1140A) verbeteropgaven geformuleerd. Knelpunten hiervoor betreffen:

Permanent overstroomde zandbanken (H1110A) en Slik- en zandplaten (H1140A)

Het belangrijkste knelpunt voor het behalen van de instandhoudingsdoelstelling is een tekort aan meerjarige mosselbanken en zeegras en een gebrek aan zoet-zout gradiënten. Oplossingsmaatregelen voor mosselen en zeegras richten zich vooral op bodembescherming en kennisontwikkeling, zoals het achterhalen van effectrelaties (Rijkswaterstaat 2016). Tot nu toe heeft dit nog niet tot een significant herstel geleid (Capelle and van Stralen 2020; van den Ende et al. 2020) Het beheerplan adviseert tot het herstel van zoet-zout gradiënten, maar geeft daar geen concrete invulling aan.

Schorren en zilte graslanden (H1330A)

Het knelpunt voor de kwaliteit van de kwelders is verruiging en veroudering van de vegetatie (Rijkswaterstaat 2016). Intensievere begrazing en verandering van de ontwatering hebben de laatste jaren een positief effect op de kwaliteit van sommige kwelders (Elschot et al. 2020). Een meer ingrijpende maatregel, is het versterken van de natuurlijke dynamiek door het loslaten van beheer van de rijshoutendammen, het faciliteren van meanderende kreken en prielen en/of het zeer lokaal ontgraven van een deel van de kwelder, zodat deze terug wordt gezet in de successie. In Tabel 5.1 is een overzicht gegeven.

Tabel 5.1 Doelstellingen van de habitattypen van de Waddenzee met daarbij of deze gehaald zouden worden binnen de beheerperiode 2016-2022. Voor habitattypen waarbij dit niet het geval is, zijn de knelpunten en oplossingsrichtingen aangegeven (Rijkswaterstaat 2016)

Habitatype	Habitatsubtype	Doelstelling voor oppervlak/kwaliteit	Haalbaarheid in beheerperiode 2016-2022 (Rijkswaterstaat 2016)	Huidig voorkomen	Knelpunt	Oplossingsrichting
H1110A - Permanent overstromde zandbanken	getijdengebied	=/>	niet, kwaliteit te laag	knelpunt is onder andere schelpdieren. Huidige situatie beter dan 2016, maar niet substantieel (van den Ende et al. 2020)	onvoldoende sublitorale mosselbanken, onvoldoende biomassa vis en kraamkamer functie, onvoldoende zoet-zout gradiënten	bijvangst reduceren, bescherming bodem, kennisontwikkeling mosselen, verbetering gradiënt zoet - zout
H1140A - Slik- en zandplaten	getijdengebied	=/>	onduidelijk	zeegras: niet significant hersteld mosselen: niet significant hersteld (Capelle and van Stralen 2020)	onvoldoende litorale mosselbanken (abiotische factoren), onvoldoende zeegras, onvoldoende zoet-zout gradiënten	kennisontwikkeling zeegras en mosselen + pilots met herintroductie, verbetering zoet-zout gradiënt, verbetering eutrofiëring en vertroebeling waterkolom
H1330A - Schorren en zilte graslanden	buitendijks	=/>	kwaliteit vasteland niet, eilanden wel	2012-2017 marginale toename pionier kwelder van hoge naar lage kwelder (Elschot et al. 2020)	veroudering/verruiging kweldervegetatie	tegengaan verruiging vastelands kwelders: extensivering en/of aanpassing beheer (begrazing), beperken geforceerde ontwatering, evt. afgraven verruigde kwelderdeel

5.1.2 Habitatrichtlijnsoorten

Aangezien het met de zeezoogdierpopulaties goed gesteld is, zijn van de habitatrichtlijnsoorten alleen de trekvissen relevant in het gebied rond de dijk. Voor deze vissoorten geldt dat de route van de Waddenzee naar het zoete achterland niet voldoende is door het ontbreken van voldoende doorlaatmiddelen (vispassages), binnen- en buitendijks.

Tabel 5.2 Doelstellingen van de habitatsoorten van de Waddenzee met daarbij of deze gehaald zouden worden binnen de beheerperiode 2016-2022. Voor habitatsoorten waarbij dit niet het geval is, zijn de knelpunten en oplossingsrichtingen aangegeven (Rijkswaterstaat 2016)

Soort	Doestelling populatie/ omvang/ kwaliteit leefgebied	Haalbaarheid in beheerplan (Rijkswaterstaat 2016)	Huidig voorkomen	Knelpunt	Oplossingsrichting
zeeprik	>/=/=	leefgebied wel, populatie niet, kwaliteit niet	onvoldoende (Swimway group 2019)	onvoldoende migratiemogelijkheden	herstel intrek- en binnendijkse oproeigebieden
rivierprik	>/=/=	leefgebied wel, populatie niet, kwaliteit niet	onvoldoende (Swimway group 2019)	onvoldoende migratiemogelijkheden	herstel intrek- en binnendijkse oproeigebieden
fint	>/=/=	leefgebied wel, populatie niet, kwaliteit niet	onvoldoende (Swimway group 2019)	onvoldoende paaigebied in Duitsland en onvoldoende migratiemogelijkheden door bovenstroomse troebeling in Eems	geschikt maken paaiplaatsen, verbetering waterkwaliteit (Eems estuarium)

5.1.3 Vogelrichtlijnsoorten - broedvogels en niet-broedvogels

Knelpunten in de aantallen broedvogels en niet-broedvogels verschillen per soort. In tabel 5.3 en

tabel 5.4 zijn de (mogelijke) knelpunten aangegeven, voor de soorten die relevant zijn voor het gebied rond de dijk (Rijkswaterstaat 2016). Het grootste deel van de knelpunten betreffen een gebrek aan geschikt foerageergebied, verstoring van broed- en rustgebied, verrijking broedgebied en predatie in broedgebied.

Tabel 5.3 Doelstellingen van de broedvogels van de Waddenzee met daarbij of deze gehaald zouden worden binnen de beheerperiode 2016-2022 (groen = wel, oranje = niet). Voor soorten waarbij dit niet het geval is, zijn de knelpunten en oplossingsrichtingen zo ver bekend aangegeven. 1: belang Friese kust volgt uit lokale tellingen (Vogelbescherming en Wadvogelwerkgroep), waarbij is aangehouden * <10 %, ** = 10-25 %, ***>25 % van Waddenzee populatie waargenomen op Friese kust

Soort	Soortsgroep	Doelstelling aantal broedparen	Doelstelling oppervlak/kwaliteit	Broedparen gemiddeld 2014-2019 (Sovon 2020)	Knelpunt	Oplossingsrichting
bontbekplevier***	steltopers	60	=/=	40	onvoldoende rustig broedgebied, onvoldoende natuurlijke dynamiek in leefgebied (verruiging)	zie maatregelen kwelder verrijking + beschermen nesten tegen predatie en vertrapping, door toezicht tegengaan verstoring broedvogels
bruine kiekendief***	roofvogels	30	=/=	39		
kluut***	steltopers	3.800	=/>	1.221	predatie, suboptimaal broed- en foerageergebied door verrijking kwelders, overstrooming broedplaatsen	zie maatregelen kwelder verrijking + bescherming nesten tegen predatie, verstoring en vertrapping
noordse stern**	sterns	1.500	=/=	782	predatie, mogelijk onvoldoende voedselbeschikbaarheid, onvoldoende natuurlijke dynamiek in leefgebied (verruiging), overstrooming broedplaatsen	zie maatregelen kwelder verrijking, verkenning voedselbeschikbaarheid, (onderzoek) aanleg broedlocaties
strandplevier**	steltopers	50	>/>	9	onvoldoende rustig broedgebied, onvoldoende natuurlijke dynamiek in leefgebied (verruiging)	afbakenen nesten + toezicht op verstoring
velduil***	uilen	5	=/=	8		

Tabel 5.4 Doelstellingen van de niet-broedvogels van de Waddenzee met belang voor de Friese kust, met daarbij of deze gehaald zouden worden binnen de beheerperiode 2016-2022 (groen = wel, oranje = niet). Voor soorten waarbij dit niet het geval is, zijn de knelpunten en oplossingsrichtingen zover bekend aangegeven. 1: belang Friese kust volgt uit lokale tellingen (nog niet publiek), waarbij is aangehouden * <10 %, ** = 10-25 %, ***>25 % van Waddenzee populatie waargenomen op Friese kust

Soort	Soortsgroep	Populatiedoel	Doelstelling oppervlak/kwaliteit	Voorkomen gemiddeld 2014-2019 (Sovon 2020)	Knelpunt	Oplossingsrichting
aalscholver*	duikende viseters	4.200	=/=	2.932	onbekend, mogelijk te kort aan vis, en rust	verbeteren visbeschikbaarheid, bescherming rustplaatsen
bergeend***	overig	38.400	=/=	43.608		
bontbekplevier**	steltlopers	1.800	=/=	3.214		
bonte strandloper***	steltlopers	206.000	=/=	241.471		
brandgans***	ganzen	36.800	=/=	70.536		
goudplevier**	steltlopers	19.200	=/=	14.578	verruiging kwelders, jacht	tegenaan verruiging vasteland kwelders
grauwe gans**	ganzen	7.000	=/=	14.911		
groenpootruiter*	steltlopers	1.900	=/=	1.416	onbekend	
grote zaagbek*	duikeenden	70	=/=	21	onbekend, mogelijk te kort aan vis, en rust	
grutto**	steltlopers	1.100	=/=	778	problematiek buiten Waddenzee gebied	
kievit***	steltlopers	10.800	=/=	10.195	onbekend	
kluut***	steltlopers	6.700	=/=	4.914	onbekend	
krakeend*	grondeleenden	320	=/=	681		
krombekstrandloper**	steltlopers	2.000	=/=	1.619	onbekend	
lepelaar*	overig	520	=/=	1.133		
pijlstaart**	grondeleenden	5.900	=/=	8.251		
rotgans*	ganzen	26.400	=/=	28.743		

Soort	Soortsgroep	Populatie-doel	Doelstelling oppervlak/ kwaliteit	Voorkomen gemiddeld 2014-2019 (Sovon 2020)	Knelpunt	Oplossingsrichting
scholekster*	steltlopers	140.000-160.000	=/>	85.861	te weinig schelpdieren, slecht broedgebied (binnendijks agrarisch areaal)	herstel mossel + kokkelbanken (litoraal) + verbeteren broedgebied
slechtvalk**	roofvogels en uilen	40	=/=	74		
slobeend**	grondeleenden	750	=/=	1.259	problematiek buiten Waddenzee gebied	
smient*	grondeleenden	33.100	=/=	27.968	verruiging kwelders en onvoldoende kwaliteit binnendijkse graslanden	zie maatregelen kwelder
tureluur**	steltlopers	16.500	=/=	14.677	onbekend	
wilde eend**	grondeleenden	25.400	=/=	13.392	mogelijk verruiging kwelder	zie maatregelen kwelder
wintertaling***	grondeleenden	5.000	=/=	4.857	onbekend	
wulp**	steltlopers	96.200	=/=	83.832	onbekend	
zilverplevier**	steltlopers	22.300	=/=	24.569		
zwarte ruiters*	steltlopers	1.200	=/=	672	onbekend	

5.2 Knelpunten KRW

In paragraaf 4.3.2 is de meest recente KRW-toestandsbeoordeling gepresenteerd. In deze paragraaf hebben we gezien dat de ecologische kwaliteit zowel buitendijks- als binnendijks nog te wensen achterlaat. Aan het niet halen van de doelen liggen oorzaken ten grondslag, ook wel 'knelpunten' genoemd. In deze paragraaf gaan we in op de knelpunten 'buitendijks' en 'binnendijks'.

Buitendijks

In het beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren (2010-2015) zijn de belangrijkste knelpunten voor de waterlichamen Waddenzee, Waddenzee vastelandskust en de Eems-Dollard benoemd (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2008). In tabel 5.5. zijn de belangrijkste knelpunten weergegeven.

NB! Ten tijde van het schrijven van dit rapport zou ten behoeve van het opstellen van de derde stroomgebiedsbeheerplanperiode (SGBP3) een geactualiseerde versie beschikbaar moeten zijn. Immers, onderdeel van de herijking van de KRW-doelen betreft het opstellen van een systeemanalyse. Het is echter via diverse kanalen niet gelukt om deze analyse beschikbaar te krijgen. Desbetreffend varen we op verouderde informatie. We gaan er echter vanuit dat de knelpunten voor het niet behalen van de doelen gelijk zijn gebleven en zoals geformuleerd in de KRW factsheet correct zijn. Opvallend is echter wel dat de toestand conform KRW voor macrofauna en fytoplankton in de periode 2010 - 2021 verbeterd is. Voor de volledigheid hebben we de in 2009 benoemde knelpunten wel opgenomen in tabel 5.5, ondanks dat een aantal aspecten nu als goed beoordeeld zijn.

Tabel 5.5 KRW-knelpunten voor biologische toestand van kust- en overgangswateren (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2008). Kleuren: beoordeling toestand. Groen = goed, geel = matig, oranje = ontoereikend, rood = slecht, lege cellen = niet van toepassing

	Macrofauna	Overige waterflora	Vis	Fytoplankton
Waddenzee	visserij + schelpdiercultuur	gering zeegrasareaal en - kwaliteit + veroudering van kwelders		eutrofiëring vanaf land
Waddenzee vastelandskust		areaal kwelders verkleind door inpoldering + veroudering kwelders		eutrofiëring vanaf land
Eems-Dollard (kustwater)	visserij + vaargeulonderhoud	oorzaak geringe zeegraskwaliteit onduidelijk + areaal kwelder verkleind door inpoldering		effecten eutrofiëring deels onderdrukt door vertroebeling
Eems-Dollard	visserij + vaargeulonderhoud		fysieke barrières + troebelheid stroomopwaarts	nutriëntenvrachten vanaf land

De matige status van fytoplankton wordt met name veroorzaakt door verhoogde nutriëntenconcentraties vanaf binnenwateren. De verwachting is dat wanneer de nutriëntbelasting van deze wateren afneemt dit een positief effect zal hebben op de waterkwaliteit en ecologie van de Waddenzee- en Waddenzeeekust.

De ontoereikend tot matige status van overige waterflora wordt grotendeels veroorzaakt door een tekort aan zeegras, zowel in areaal als kwaliteit. Vroeger groeiden in de Waddenzee uitgebreide zeegrasvelden rond de laagwaterlijn. Rond 1930 zijn deze massaal verdwenen. Nu zijn er alleen nog kleinere veldjes op het wad zelf te vinden. Het voorkomen van zeegras is zeer belangrijk voor het waddenecosysteem, voor bijvoorbeeld het vasthouden van sediment en het bieden van opgroei- paai- en foerageergebieden voor vis, maar ook vogels. Daarnaast legt zeegras CO₂ vast. Een belangrijke randvoorwaarde voor de groei van zeegras is voldoende licht om te kunnen groeien. Het verdwijnen van zeegras hangt zeer waarschijnlijk samen met ziekte en alternatie (vertroebeling, eutrofiëring, etc.) van het ecosysteem na aanleg van de

Afsluitdijk. De Waddenzee zou hierdoor in een zogenaamde *alternative stable state* terechtgekomen kunnen zijn gekomen (Eriksson et al. 2010). Het terugbrengen van zeegras gaat dan ook niet zonder slag of stoot. Wetenschappers proberen al jaren zeegras terug te krijgen in de Waddenzee. Afgelopen jaar verliep een proef met het inzaaien van groot zeegras nabij Griend onverwacht succesvol. Het ingezaaide zeegras breidde zichzelf uit tot een vlak van ongeveer 170 ha. Het is tot nog toe onduidelijk wat de key-factoren zijn voor dit succes en of dit succes überhaupt stand zal houden (Koek 2020). Een ander knelpunt betreft de kwaliteit en het geringe oppervlak van kwelders.

Met betrekking tot het toetsingsoordeel voor macrofauna: lage kwaliteit, wordt verwezen naar bodemberoering door onder meer de visserij en ten behoeve van het vaargeulonderhoud (baggeren). Het grotendeels ontbreken van zeegras heeft daarnaast ook een effect op de bodemgemeenschap. Dit zou dan ook een reden kunnen zijn voor de kwaliteit. Daarnaast scoort het kwaliteitselement vis in de Eems-Dollard ontoereikend. Oorzaken betreffen onder meer het ontbreken van diadrome vissoorten door een gebrek aan connectiviteit en geschikt paai- en opgroeigebied. Ook de troebelheid bovenstrooms wordt als oorzaak aangewezen.









De belangrijkste elementen die de matige kwaliteit bepalen zijn dus de nutriënten (en de invloed daarvan op onder andere zeegras), de afwezigheid van zeegras en onvoldoende schelpdieren (met name door bodemberoering en vertroebeling), kwaliteit van kwelders en het ontbreken van trekvissen.

Binnendijks

Het Wetterskip Fryslân heeft in het kader van de derde stroomgebiedsbeheerplanperiode (SGBP3) systeemanalyses uitgevoerd om inzicht te krijgen in de belangrijkste knelpunten voor het goed ecologisch functioneren van het watersysteem. Hierbij hebben ze gebruik gemaakt van de methodiek van de ecologische sleutelfactoren (STOWA 2015). Aan de hand van acht Ecologische sleutelfactoren is er in beeld gebracht waar het knelt. In deze analyses is er slechts beperkt ingegaan op de relatie van het Friese achterland en de Waddenzee en het belang van een vitaal achterland voor trekvissen. Voor een uitgebreidere toelichting van de methodiek verwijzen we naar de watersysteem analyses van Wetterskip Fryslân (Wetterskip Fryslân 2020e, 2020c, 2020d, 2020b, 2020a). Aangezien het Friese achterland een zeer omvangrijk gebied betreft en de waterlichamen samengesteld zijn uit meerdere verschillende watergangen heeft het Wetterskip ervoor gekozen om één watergang als modelwatergang te beschouwen. Dit betreft uiteraard een verre simplificatie.

In tabel 5.6 is een overzicht van de sleutelfactoren per waterlichaam op basis van een modelwatergang inclusief een beknopte toelichting gegeven.

Tabel 5.6 Ecologische sleutelfactoren per waterlichaam

	Fries kleigebied - zwak brakke polderkanalen	Friese boezem - grote ondiepe kanalen	Friese boezem - regionale kanalen met scheepvaart	Friese boezem - regionale kanalen zonder scheepvaart	Fries kleigebied - zoete polderkanalen
analyse op basis van:	Zuider Ee	Dokkumer Ee	Sneeker trekvaart	Dijkvaart	De Jordaan
WLcode	NL02L13	NL02L9a	NL02L9c	NL02L9d	NL02L9
ESF 1: productiviteit water 					
ESF 2: Lichtklimaat 					
ESF 3: productiviteit bodem 					
ESF 4: habitatgeschiktheid 					
ESF 5: Connectiviteit 					
ESF 6: Verwijdering 					
ESF 7: Organische belasting 					
ESF 8: Toxiciteit 					
Toelichting	Het systeem is voedselrijk. Recreatievaart en bodemwoelende vis zorgen door vertroebeling door het opwoelen van slib. Hierdoor ontstaan periodiek lage zuurstofgehalten in het water. Het merendeel van de oevers zijn verhard, wat resulteert in slechte ontwikkelingsmogelijkheden voor	De onvoldoende kwaliteit van de vegetatie heeft voornamelijk te maken met de geschiktheid van het leefgebied: meer dan de helft van de oevers is verhard (beschoeid of met stortstenen). Daar komen nog drie belangrijke knelpunten bij: scheepvaart, hoge sulfaatconcentraties en de aanwezigheid van veel bodemwoelende vis. Sulfaat is in te hoge concentraties toxisch voor	Voor de ontwikkeling van water- en oeverplanten in de ondiepe zone is het geschiktheid van het leefgebied een belangrijk knelpunt: het relatief grote aandeel verharde oevers, het vaste peil en de golfslag door scheepvaart. In de diepere delen vormen het lichtklimaat en de (kwaliteit) van he bodemslib knelpunten. Er komen daardoor te weinig ondergedoken waterplanten en te weinig ondiep	De nutriëntenbelasting is te hoog; concentratie P voldoet nét niet aan de norm. Er komen daardoor te veel algen tot ontwikkeling. Dit werkt gedeeltelijk door in een slecht lichtklimaat. Echter: er zijn ook veel ondiepe delen, waar wel voldoende licht op de bodem valt. Belangrijk knelpunt voor de ontwikkeling van waterplanten in die delen is de hoeveelheid slib en het	Het water is te voedselrijk. ESF1 staat op rood, maar er groeien niet zoveel algen dat dit beperkend werkt voor de groei van waterplanten (ESF2 staat op groen). Het gevolg van de hoge voedselrijkdom is wel dat er veel slib gevormd wordt. Dit heeft een zuurstofvraag (verklaring voor ESF7) en het levert een slecht habitat voor waterplanten vanwege het sulfaat. Desondanks

	<p>vegetatie. Omdat er weinig waterplanten groeien is er tevens weinig geschikt habitat voor macrofauna en vis. De migratie van vis naar de hoofdwatgangen is mogelijk. Migratie van- en naar het buitendijkse gebied is gestremd. Hierdoor dienen de brakke polders geen waardevol opgroei gebied voor trekvis.</p>	<p>waterplanten. Bodemwoelende vis belemmert de ontwikkeling van waterplanten. De slechte beoordeling van de macrofauna (insecten etc.) wordt in de eerste plaats veroorzaakt door de slechte ontwikkeling van waterplanten. Waterplanten vormen een belangrijk habitat voor macrofauna. Daar komt de matige toxische druk nog bij. De algen scoren voldoende. De kwaliteit wordt bepaald door de kwaliteit van het aangevoerde water. Dit is wel voedselrijk, maar ook troebel. Er kunnen daardoor niet te veel algen tot ontwikkeling komen. Vis scoort voldoende omdat er voldoende doelsoorten aanwezig zijn. Het aandeel brasem in de totale visbiomassa is wel op orde, maar in absolute zin zijn er wel (te) veel brasems.</p>	<p>wortelende emergente waterplanten voor. Er zijn ook te weinig doelsoorten. Alleen op de oever boven de waterlijn komt voldoende vegetatie tot ontwikkeling die ook soortenrijk is en voldoende doelsoorten heeft. De vorming van slib hangt waarschijnlijk samen met de hoge voedselrijkdom van het water. Omdat waterplanten in het water te weinig tot ontwikkeling komen, is er ook weinig geschikt leefgebied voor macrofauna (waterinsecten e.d.) en vis. Doelsoorten van deze groepen zijn te weinig aanwezig. Opvallend is dat er wel enkele stromendwater-soorten onder de macrofauna aanwezig zijn. In de golfslagzone op de harde oevers vinden deze soorten juist een geschikt habitat.</p>	<p>sulfaatgehalte. Bij de ondiepe delen vormt overigens de verharding van een aanzienlijk deel van de oevers nog een knelpunt. Omdat er weinig waterplanten in de diepe en ondiepe delen tot ontwikkeling komen, is er weinig geschikt habitat voor macrofauna en vis. Doelsoorten ontbreken daardoor. Belangrijk voor de kritische macrofaunasoorten is ook het chloridegehalte. Gemiddeld is deze te hoog, maar waarschijnlijk fluctueert de concentratie en komen periodiek nog hogere concentraties voor. ESF Organische belasting staat op rood, maar dit knelpunt is waarschijnlijk klein: de overschrijdingen van de normen komen niet vaak voor.</p>	<p>komen lokaal waterplanten wel tot ontwikkeling. Deze worden echter intensief gemaaid. Het gevolg is dat er weinig geschikt habitat voor macrofauna en vis is. Kritische (doel)soorten van deze groepen ontbreken daardoor. Tot slot is de inrichting van de oevers in combinatie met het peilbeheer een knelpunt. Het grootste deel van de oevers heeft een steil talud. In combinatie met een vast peil levert dit slechte omstandigheden voor de ontwikkeling van oeverplanten. Ook 's winters, als waterplanten zijn afgestorven, is er dus weinig geschikt habitat voor (jonge) vis.</p>
--	--	---	---	--	---

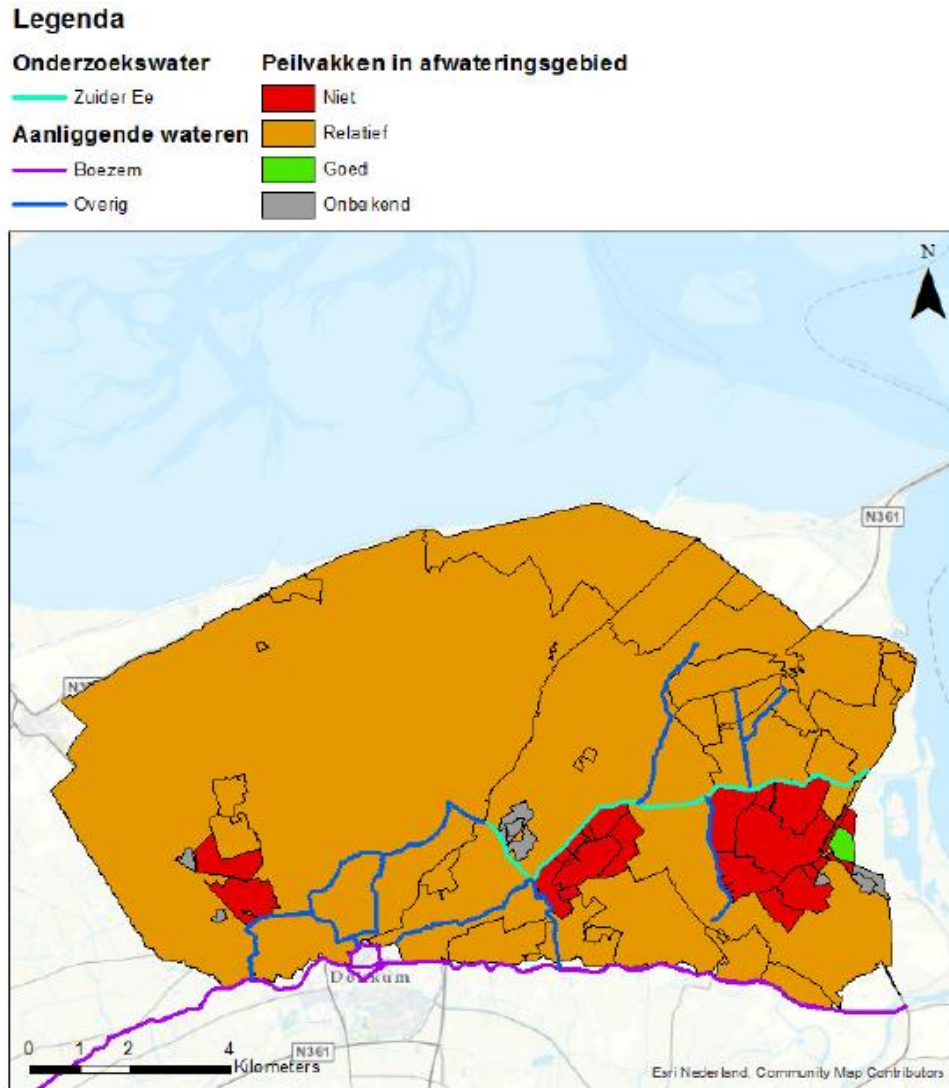
Generaliserend hangen veel knelpunten op de hoofdwatgangen in het Friese achterland samen met de inrichting en de gebruiksfunctie van het gebied. De waterlichamen zijn productief en bieden qua inrichting weinig ruimte voor ecologie. De hoofdwatgangen zijn bereikbaar voor vis. Echter, de connectiviteit met het zoute voorland ontbreekt of is veel gevallen suboptimaal. In potentie bieden de polders achter de dijk opgroeigebied voor trekvisen zoals stekelbaars, bot, glasaal/paling en spiering. In de systeemanalyse voor de Zuider Ee dat als voorbeeld dient voor KRW-waterlichaam Fries kleigebied- zwak brakke polderkanalen is aangegeven dat de afstand van geschikte gebieden voor deze doelsoorten (KRW) tot elkaar groot is. Hierdoor is ondanks de verbondenheid van het hoofdwatersysteem het onwaarschijnlijk dat de doelsoorten kunnen migreren en de ecologische toestand op dit gebied verbeterd. Daarnaast geeft de systeemanalyse aan dat de polders die in potentie geschikt zijn als paai- en opgroeigebied voor trekvisen niet goed ontsloten zijn (relatief). Door de randen van het wad te verzachten door vismigratievoorzieningen te realiseren kan de beschikbaarheid voor bronpopulaties vergroot worden. Het is echter wel essentieel dat dit samengaat met het verbeteren van de habitatgeschiktheid van de watgangen. Immers, alleen dan kan het achterland ook als daadwerkelijk opgroeigebied dienen. Bovenstaande ontsluiting sluit aan bij de *swimway gedachte*¹.

De geschiktheid van de binnendijkse boezemwateren voor vis en vismigratie zijn een duidelijk manco aan het functioneren van de binnendijkse boezemwateren.

¹ Via het Waddentools project Swimway wordt onderzoek gedaan naar het verminderen van bottlenecks voor vis in de Waddenzee. Uitgangspunt voor het project is een levenscyclus benadering, waarbij er per levensfaselebensfase gekeken wordt wat vissen nodig hebben. Voor elke levensfase hebben vissen immers bepaalde gebieden nodig, die allemaal goed moeten functioneren en met elkaar gekoppeld zijn (Werksessie Swimway Friesland n.d.)(Werksessie Swimway Friesland n.d.)



Afbeelding 5.2 Bereikbaarheid voor vis vanuit de peilvakken in relatie tot de verschillende wateren (Wetterskip Fryslân 2020e)



5.3 Integratie Natura 2000, KRW en PAGW

5.3.1 Knelpunten en oplossingsrichtingen

De Natura 2000 en KRW-knelpunten hangen sterk met elkaar samen.

Met betrekking tot Natura 2000 hebben we gezien dat:

- de kwaliteit van de droogvallende en permanent overstromde gebieden onder de maat is. Dat komt met name door het ontbreken van zeegras en meerjarige mosselbanken. De oorzaak daarvan ligt aan te hoge concentraties voedingsstoffen en bodemberoering; De hoge concentraties voedingsstoffen worden weer aangevoerd vanuit het achterland;
- de kwaliteit van de kwelders tegen de Friese en Groningse kust beperkt is door verruiging en veroudering, ook met gevolgen voor broedvogels; Dit hangt samen met een gebrek aan dynamiek, door het isoleren van de kwelders van de getijde invloed. Dit hangt deels ook samen met bedijking. Het binnenland achter de dijk, zijn bedijkte kwelders;
- voor de trekvissen (habitatrictlijnsoorten) geldt dat migratie mogelijkheden naar het zoete achterland een knelpunt zijn;
- dit heeft effecten op migrerende vissen in de Waddenzee en het binnenland;
- voor vogels zijn onvoldoende foerageer-, rust- en broedgebieden beschikbaar.

Met betrekking tot de KRW:

- is het gebrek aan zeegras en meerjarige mosselbanken als gevolg van bodemberoering en nutriënten een knelpunt;
- zijn de migratiemogelijkheden voor vissen en de kwaliteit van paai- en opgroeigebied, zowel buitendijks als binnendijks beperkt.

Samengevat zien wij de volgende knelpunten en oplossingsrichtingen voor het behalen van de Natura 2000 en KRW-doelen tezamen:

- **knelpunt:** te hoge nutriëntconcentraties:
 - **oplossing:** verlagen nutriëntbelasting (polder- en boezemwateren en de Waddenzee), zowel aquatisch als atmosferisch. Door de hoge nutriëntbelasting zijn veel watersystemen sterk veranderd. Deze situatie biedt met name kansen voor platonische algen (vertroebeling), ten koste van macrofauna en zeegras. De nutriëntinspoeling loopt voornamelijk via akkerlanden naar binnenwater en vervolgens naar de Waddenzee. Door de nutriëntbelasting van akkerland naar binnenwater te beperken, wordt de eutrofiering van het hele systeem beperkt;
- **knelpunt:** verruigde kwelders, voedseltekort en beperkte broedgebied vogels:
 - **oplossing:** verjongen kwelders/terugbrengen kwelder dynamiek. De huidige vastelandskwelders kennen zeer weinig dynamiek, waardoor een deel van de typische kwelder soorten ontbreken. Door ontgraving en het afdichten van de homogene afwatering van deze gebieden, kan op termijn een meer natuurlijk systeem ontstaan met slenken en prielen. Het faciliteren van dergelijke slenken is afhankelijk onder andere de bodemrijping, waardoor het effect van de maatregel langzaam kan optreden. De bodem dient opnieuw verzadigd te raken met water, waarna slenken vanzelf kunnen gaan vormen. Wanneer de dynamiek echter hersteld, kan dit bijdragen aan de samenstelling van de flora, waardoor de biodiversiteit kan toenemen. Veroudering van de kwelders kan tevens worden tegen gegaan door verandering van het beheer, zoals het toepassen van beheeremozaïeken. Dit alles kan ook bijdragen aan de vogelstand - en visstand, aangezien deze afhankelijk zijn kwelders met een hoge biodiversiteit voor hun voedsel. Slenken en prielen bieden tevens leefgebied voor jonge visjes en een rijk bodemleven, die beide ook weer dienen als voedsel voor vogels;
- **knelpunt:** tekort aan broed- en rustbiotoop vogels:
 - **oplossing:** het creëren van hoogwatervluchtplaatsen (hvp's) die niet verstoord kunnen worden door mens- en dier. Het ontbreken van voldoende rustbiotoop en/of broedplaats is een belangrijk knelpunt voor veel vogels. Het creëren van (hoog)watervluchtplaatsen zowel buiten- als binnendijks biedt een uitkomst. Het is zaak dat deze onverstoorde zijn door dier (geen predatie van vos) en mens;
- **knelpunt:** ontbreken migratiemogelijkheden zoet/zout, onvoldoende kwaliteit paai- en leefgebied vis:
 - **oplossing:** herstel visverbindingen en fysische gradiënten; het ontbreken van goede visverbindingen en fysische gradiënten (tussen zoet en zout), maakt het herstel van grote migratiesoorten als de zeeprink of fint lastig. Deze soorten kunnen enkel voorkomen komen in zeearmen, zoals de Eems-Dollard of de (Wester)schelde. De wateren in het Friese poldergebieden zijn niet geschikt voor deze vissoorten. Voor deze gebieden is het logischer om te focussen op kleinere soorten als de driedoornige stekelbaars, paling en bot, deels weer voedsel voor vogels. Ook voor deze vissoorten is een goede migratieroute tussen zoet en zout van belang. Herstel van migratieroutes is dan ook een doelstelling binnen de KRW en Natura2000. Een toename van de biomassa vis draagt vervolgens bij aan het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor vogels;
- **knelpunt:** gealtereerde dynamiek/vertroebeling met doorwerkende effecten op ecologie:
 - **oplossing:** verwijderen civiele constructies. Hoewel dit niet voor de hand liggend is, zou het goed zijn als civiele constructies, zoals dijken, zo veel mogelijk worden verwijderd. Een Waddenzee zonder dijken (zonder teugels) is immers een zeer dynamisch systeem. Deze dynamiek biedt een variatie aan biotopen, waar veel soorten van afhankelijk zijn. Hoewel het verwijderen van de meest essentiële civiele constructies niet realistisch is, is er wellicht wel ruimte om toekomstige civiele projecten in te richten dat deze meer natuurlijke dynamiek toestaan. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan natuurlijke voorlanden, maar ook het doorsteken van zomerkaders of het aanleggen van dubbele dijken of wisselpolders. Dergelijke zachtere kustzones, waarbij kustontwikkeling kan plaatsvinden, zijn ook beter in staat zeespiegelstijging op te vangen;
- **knelpunt:** verstoring met doorwerkende effecten op ecologie:
 - **oplossing:** druk van visserij/bodemberoerende activiteiten verlagen. Bodemberoering draagt direct bij aan de mortaliteit van (jonge) vis en bodemfauna. Daarnaast draagt het bij aan de vertroebeling,

bovenop de natuurlijke vertroebeling als gevolg van bijvoorbeeld stormen (Rippen et al. 2020). Het verlagen van deze druk draagt onder andere positief bij het behalen van de doelstellingen voor zeegras en mosselbanken. Dit zijn faciliterende soorten, die weer een belangrijke functie hebben voor vogels en vissen. Op deze wijze kan dus aan een scala aan natuur worden voldaan;

• **oplossing:** terugdringen verstoring door menselijke activiteiten, waaronder recreatie; Recreatie leidt veelal tot verstoring van rustende of broedende vogels. Naar verwachting zal deze recreatiedruk in de toekomst alleen maar toenemen. Beheersmaatregelen en betredingsrestricties kunnen verstoring verlagen. Hierbij gaat het vooral om broed- en rustgebieden.

In Tabel 5.7 is een overzicht van de knelpunten, mogelijke oplossingsrichtingen i.r.t. de wettelijke opgave gegeven. Hierin is ook een koppeling gemaakt naar het beoordelingskader van de PAGW (Afbeelding 4.5).

Tabel 5.7 Ecologische knelpunten, te nemen maatregelen en relatie met de beleidsdoelen

Ecologisch knelpunt	Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	Wettelijke opgave	Bijdrage PAGW
te hoge nutriënt concentraties	aanvoer vanaf binnenland	verminderen nutriëntenlast boezemwateren en verlagen aanvoer nutriëntrijk water naar Waddenzee	KRW: binnendijks en buitendijks, verbeteren maatlat fytoplankton en verminderen vertroebeling, N2000: draagt ook bij aan voedselbeschikbaarheid vogels, herstel mosselbanken en zeegrasvelden,	kwaliteit, diversiteit
verruigde kwelders	gebrek aan dynamiek / verouderde kwelders	aanleg pionier kwelders, terugbrengen dynamiek, faciliteren van slenken en prielen, aanpassen kwelderbeheer	KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: kwelderhabitat, broed-, rust- en foerageergebied vogels	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid
	(atmosferische) vermesting	verlagen (atmosferische) vermesting		
verandering onderwaternatuur / voedseltekort vogels	zie kwelders, vertroebeling/hoge bodem dynamiek/ mortaliteit visserij, lage kwaliteit onderwater		KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: zeegras, bodemfauna (meerjarige mosselbanken), kwelderhabitat, broed-, rust- en foerageergebied vogels, opgroeigebied vissen	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid
tekort aan rustbiotoop/broedgebied vogels	zie kwelders	verjongen kwelders	N2000: broed- en rustbiotoop vogels	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid
	ontbreken rustbiotoop binnendijks	verbeteren gebieden binnendijks / aanleg vogeleilanden	N2000: broed- en rustbiotoop vogels	diversiteit, kwaliteit, omvang
	verstoring door toerisme en recreatie	beheer en handhaving	N2000: broed- en rustbiotoop vogels	kwaliteit

Ecologisch knelpunt	Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	Wettelijke opgave	Bijdrage PAGW
ontbreken migratie zoet-zout	waterbouwkundige obstructies	herstel visverbindingen en fysische gradiënten	KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: draagt ook bij aan voedselbeschikbaarheid vogels	diversiteit, omvang, kwaliteit, verbondenheid
vertroebeling/ hoge bodem dynamiek	veranderde morfologie	verwijderen civiele constructies	KRW: buitendijks, N2000: zeegras, bodemfauna (meerjarige mosselbanken), foerageergebied vogels, opgroeigebied vissen	diversiteit, omvang, kwaliteit, verbondenheid
	bodemberoering van onder andere visserij	verlagen bodemberoerende activiteiten		diversiteit, kwaliteit
verstoring door menselijke activiteiten	directe mortaliteit door visserij	visserijdruk verlagen		
	baggeren, toerisme, etc.	druk activiteiten verlagen		
problematiek buiten Waddengebied	niet nader uitgewerkt			

5.3.2 Locatie en omvang van maatregelen

De vraag die nu resteert is, wat is de benodigde locatie en omvang van maatregelen. Onderstaand wordt per knelpunt een nadere beschrijving gegeven.

Verlaging nutriëntenconcentraties en milieuvreemde stoffen

Hoge nutriëntconcentraties in het water vormen een knelpunt voor het behalen van zowel de Natura 2000 als de KRW-doelen. De aanvoer van nutriënten komt met name vanuit de rivieren door uit- en afspoeling vanuit percelen en lozingen. Daarbij komt nog atmosferische stikstof, als gevolg van depositie. Het terugdringen van nutriënten en gebiedsvreemde stoffen maakt onderdeel uit van de KRW en landelijke aanpak rondom nutriënten en stoffen en is hiermee een primaire verantwoordelijkheid van het Rijk, de provincie, het waterschap en gemeenten in samenwerking met gebiedspartners.

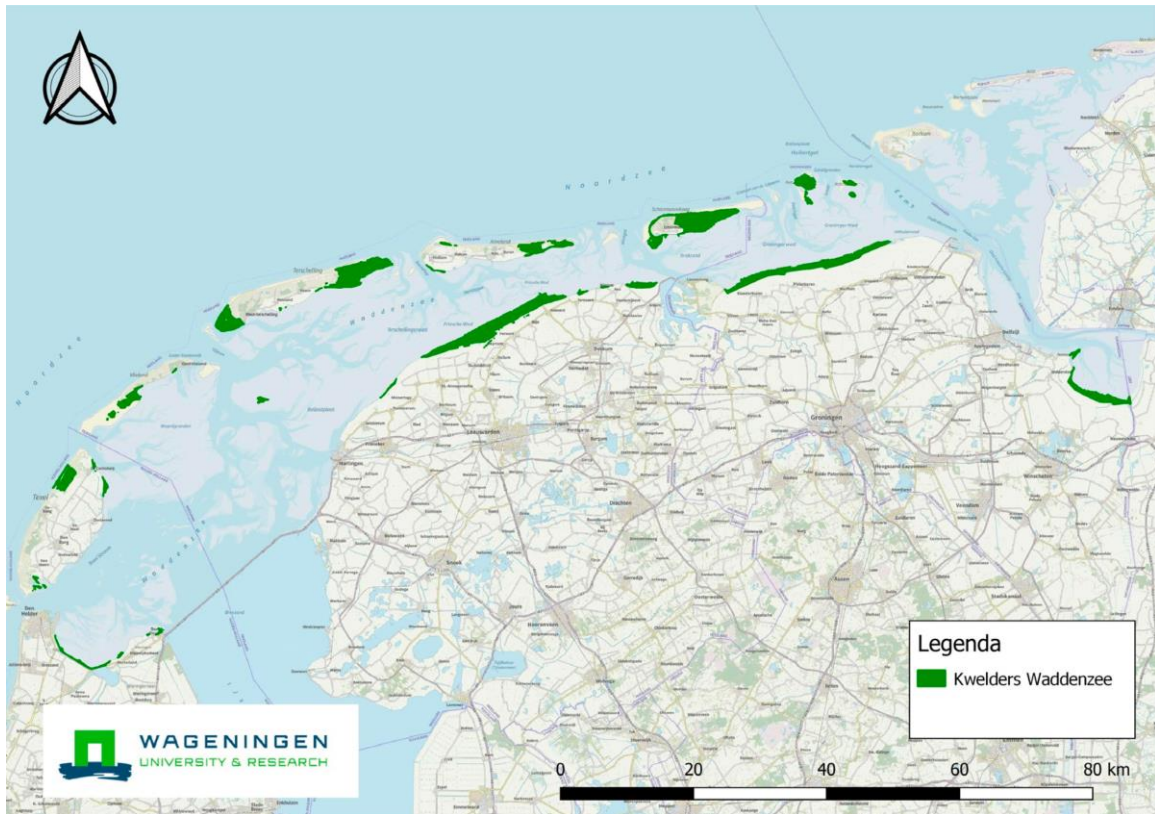
Verjongen en ontwikkelen kwelders

Vrijwel alle vastelandkwelders in de Waddenzee vormen een halfnatuurlijk landschap. Daarmee bedoelen we 'een landschap waarin de flora en fauna zich spontaan hebben gevestigd, maar waar de structuur en de soortensamenstelling van de vegetatie en het landschap zelf beïnvloed zijn door menselijk ingrijpen'. De vastelandkwelders zijn bijna allemaal ontstaan dankzij de aanleg van landaanwinningswerken. Hiermee werd gestart vanaf 1935. De landaanwinningswerken bereikten hun grootste omvang in de jaren '60 van de vorige eeuw. Vanaf 1970 drong het besef van de natuurwaarde van de Waddenzee door en vond er geen verdere landuitbreiding plaats (Waddenzee commissie 1974). Vanaf 1980 werd met de eerste Planologische kernbeslissing bescherming van de Waddenzee en herstel van natuurlijke waarden door het beheer van landaanwinningswerken vastgelegd. Mede hierdoor werd de term *kwelderwerken* geïntroduceerd (van Duin, Esselink, and Elschoot 2018).

In

afbeelding 5.3 zijn de kwelders in de Waddenzee weergegeven.

Afbeelding 5.3 Kwelders van de Waddenzee (Elschot et al. 2020)



De ecologische kwaliteit van de halfnatuurlijke kwelders is suboptimaal. Een van de aandachtspunten betreft de toename van hoogopgaande (monotone) vegetaties (Zeekweek), als gevolg van successie. De variatie in zonerings en de biodiversiteit staat onder druk, zoals ook eerder is aangegeven. In Afbeelding 5.4 is een voorbeeld gegeven van een natuurlijke kwelder en een aangelegde kwelder. Het verschil in plantendiversiteit is duidelijk waarneembaar.

Afbeelding 5.4 Links half-natuurlijke vastelandskwelder, Rechts: Natuurlijke kwelder



Door toepassing van de rijshoutdammen ontstaat er daarnaast op veel plekken een harde grens tussen kwelder en wad zonder ruimte voor jonge ontwikkelingsstadia en kwelderuitbreiding. Een matige kwelderkwaliteit werkt door in het voedselweb (onder andere in de voedselbeschikbaarheid en leefgebied voor vogels en vis). Conform Natura-2000 en de KRW is de matige kwaliteit van de kwelders als knelpunt aangewezen. In van Duin et al., 2018 is onderzoek gedaan naar de knelpunten van de vastelandskwelders (van Duin, Esselink, and Elschot 2018). Geconcludeerd is dat er drie verschillende probleemzones in de kwelder zijn te onderscheiden die ieder vragen om een specifieke aanpak:

- **zone 1 - pionierkwelder.** Door de vastgelegde grens ontstaat er een scherpe overgang tussen wad en kwelder. De kwelder kan zich naar de zeezijde niet verder uitbreiden. De pionierkwelder veroudert en verandert door successie in lage kwelder;
- **zone 2 - kwelderzone.** Achteruitgang van biodiversiteit door successie, het ontbreken van oeverwal-kom patronen en het ontbreken van meanderende, natuurlijke krekten door het oorspronkelijk aangelegde ontwateringssysteem;
- **zone 3 - zomerpolders en binnendijkse polders.** Harde grens tussen wad en land waardoor migratie van de kwelder landwaarts onmogelijk is geworden. Hierdoor hebben kwelders geen natuurlijk achterland meer en ook een brakke overgangszone tussen kwelder en achterland ontbreekt.

Generieke maatregelen om de kwaliteit in de verschillende zones te verbeteren betreffen:

- **zone 1 - pionierkwelder:**
 - zo min mogelijk beheer in de overgangszone op de grens tussen kwelder en wad biedt de grootste kansen op een zo natuurlijk mogelijke kwelderontwikkeling;
 - toe laten van natuurlijke dynamiek indien mogelijk;
- **zone 2 - kwelderzone:**
 - 'reset' van climax-stadium met Zeekweek, hierna zo weinig mogelijk beheer. Nadeel hiervan is dat biodiversiteitswaarde voor een periode van 10 - 40 jaar achteruitgaat;
 - herstel van brede kwelders met een omgekeerd hoogtepfiel;
 - overige maatregelen in ontwateringssystemen worden niet aangeraden, omdat de auteurs verwachten dat het weinig effectief zal zijn;
- **zone 3 - zomerpolders en binnendijkse polders:**
 - zomerpolders groeien niet mee met de zeespiegelstijging en hoe eerder met de omvorming tot kwelder wordt begonnen, des te kleiner de opgelopen achterstand is;
 - verbinden van een voormalige (zomer) polder via een kreek met het intergetijdegebied.

Ook wordt aangeraden een integrale gebiedsvisie voor kwelderherstel te formuleren (van Duin, Esselink, and Elschot 2018). Tot op heden is een dergelijke visie voor het gebied niet geformuleerd. Gezien het belang van kwelders voor vogels, de matige toestand en de potentiële negatieve effecten van klimaatverandering is het zaak:

- de kweldertoestand (waar reeds kwelders aanwezig zijn) te verbeteren (toelaten, natuurlijke dynamiek, terugzetten successie zeekweek, extensiveren beheer, eventueel aanpassen drainagesysteem door graven prielen en slenken en dempen huidige drainage);
- kwelders te ontwikkelen, buitendijks, maar met name binnendijks. Immers; kwelder ontwikkeling buitendijks resulteert feitelijk in een afname van de natuurlijke dynamiek en een afname van andere waardevolle habitats. De aanleg van pionierkwelder buitendijks draagt bij aan de uitbreiding van dit oppervlak en de biodiversiteit, maar draagt niet duurzaam bij aan het wegnemen van de essentiële knelpunten in de Waddenzee.

Mogelijke maatregelen betreffen aanleg en onderhoud van rijshoutdammen (aanwas buitendijks) en uitpoldering voor kwelderherstel door connectie met de Waddenzee (aanleg van krekten) en het vaste achterland.

In Duitsland is er in tal van pilotprojecten reeds ervaring opgedaan met bovenstaande aanpak voor het kwelderherstel (Esselink et al. 2017). De eerste resultaten zijn positief. De 'herstelde' kwelders bieden door de aanleg van hoogwatervluchtplaatsen, broed- en rustgebied voor vogels. Daarnaast bieden ze ruimte voor jonge vis. Kwelderherstel kan goed samengaan met de aanleg van vogeleilanden en de realisatie van visverbindingen.

In afbeelding 5.5 zijn een aantal voorbeelden gegeven.

Afbeelding 5.5 Herstel projecten in Duitsland. Van links naar rechts: Spieka Neufeld, Neuwapeler Aussengroden, Sieperdaschor (van Duin, Esselink, and Elschot 2018)

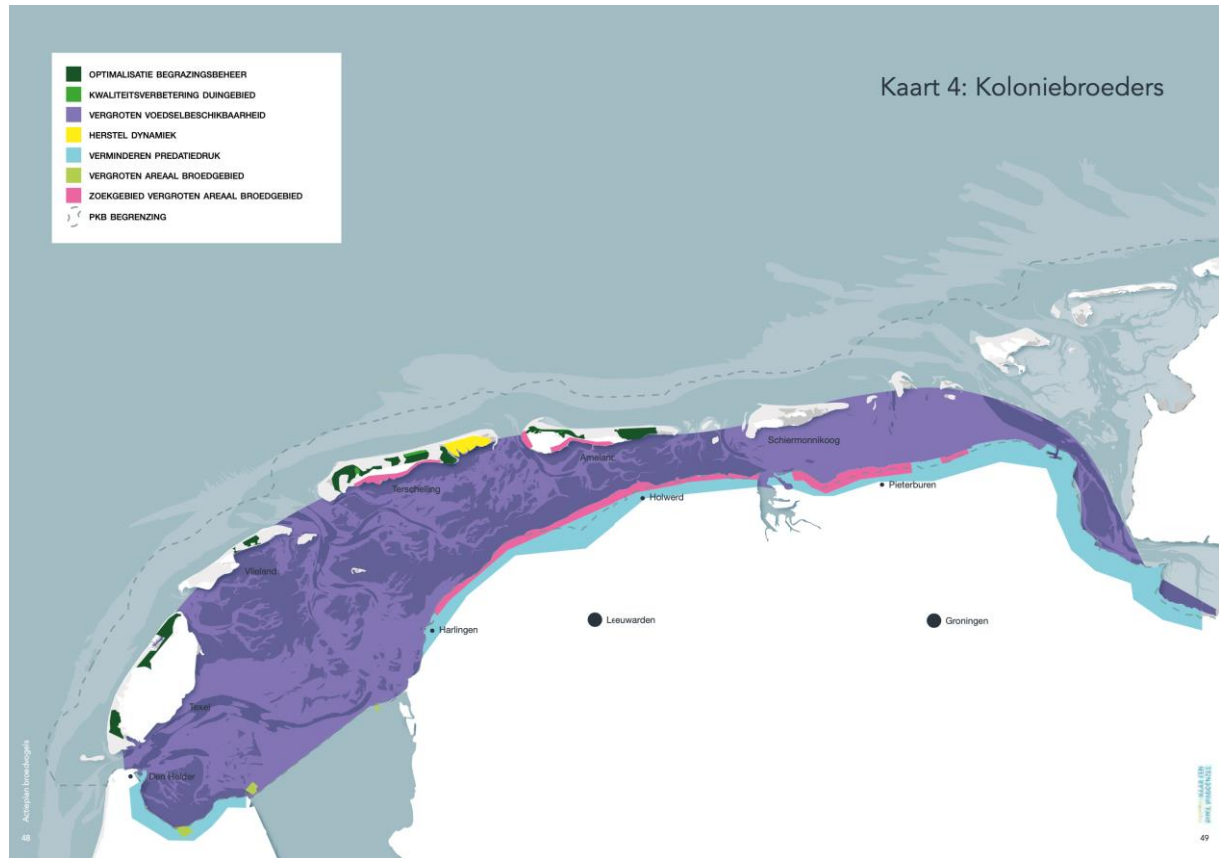


Verbeteren rustgebied vogels

Tijdens hoogwater verplaatsen steltlopers van hun foerageergebied in de Waddenzee naar hogere delen (hvp's). Deze hvp's bevinden zich vaak aan de randen van de kwelders, op hoge zandige wadplaten en stranden. Wanneer er buitendijks geen geschikt gebied is, kunnen binnendijkse gebieden akkerland, binnendijkse natuurgebieden of dijken ook als hvp dienen. Hiervoor is de voorwaarde dat de verstoring beperkt moet zijn (van der Zee, Folmer, and Ens 2021). Daarnaast is het van belang dat de gebieden vrij zijn van grondpredatoren en relatief dicht bij het foerageergebied ligt. De hvp's zijn van groot belang omdat steltlopers hier kunnen rusten en wachten tot ze weer kunnen foerageren.

Belicht vanuit de Waddenzee kent iedere soortgroep zijn eigen knelpunten en behoefte als het gaat om rustbiotopen. De rapportage Actieplan Broedvogels Waddenzee geeft hier een goed overzicht van (Ulzen and Mulder 2018). In afbeelding 5.6 zijn de zoekgebieden weergegeven ten behoeve van koloniebroeders. Voor de andere soorten (kwelder- en weidevogels en strandbroeders) zijn de vereisten net anders, maar de doelgebieden min of meer hetzelfde. Hierbij is een duidelijk verschil te zien in de zoekgebieden op het vasteland en op de eilanden. Met name op het vasteland wordt geadviseerd het broedareaal te vergroten en de predatiedruk te verlagen. Opvallend hierbij is dat een toename in kwelderdynamiek hierbij niet noodzakelijk wordt geacht. Meer kwelderdynamiek kan echter wel een leiden tot een verlaging van de predatiedruk, wanneer de toegang tot delen van de kwelders voor grondpredatoren moeilijker wordt.

Abbeelding 5.6 Zoekgebieden voor verbeteren broed (en rust) biotoop koloniebroeders (Ulzen and Mulder 2018)



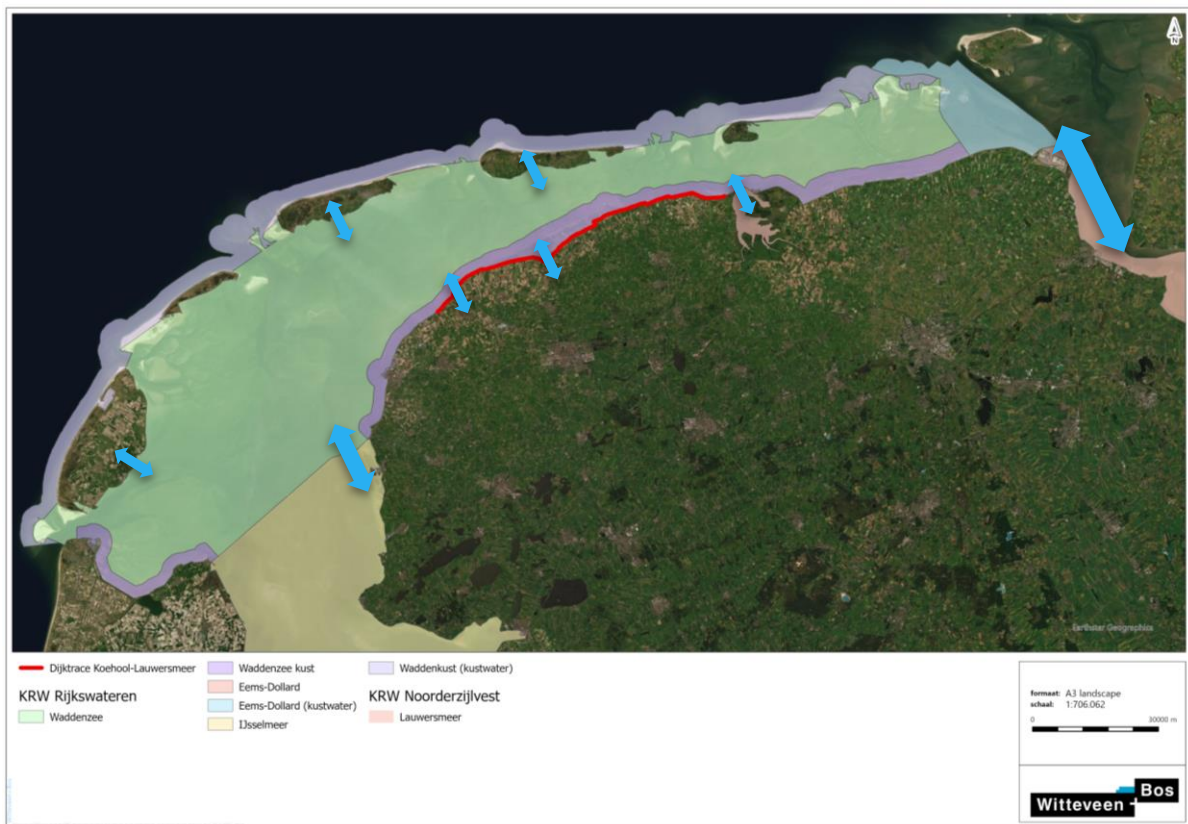
Herstel visverbindingen en fysische gradiënten

Bezien vanuit de gehele Waddenzee is er een tekort aan migratiemogelijkheden tussen binnenwateren en open zee. De vele fysieke barrières hebben tot een sterke afname van diadrome soorten geleid. Dit is een wereldwijd fenomeen, maar maatregelen zoals de vismigratierivier in de Afsluitdijk zijn een positieve ontwikkeling (Deinet et al. 2020). Dit draagt bij aan de *swimway visie* (zie voetnoot 1) zoals opgesteld, waarbij de levenscyclus van de verschillende soorten als basis wordt genomen (Werksessie Swimway Friesland n.d.). Het is dan ook van belang om onderscheid te maken tussen de actieve migranten, zoals fint, rivierprik en zee-prik, welke een verbinding met grote rivierarmen nodig hebben, en passieve migranten die een deel van hun leven in kleinere binnenwateren voorkomen (driedoornige stekelbaars, glasaal, spiering en bot).

Voor de grote soorten is het van belang de rivierarmen met de Waddenzee te verbinden. Dit gaat met name over de verbinding Rijn-IJssel-IJsselmeer-Waddenzee en Eems-Eems-Dollard-Waddenzee. Hierbij dienen fysieke barrières zo veel mogelijk open worden gemaakt voor migratie (Ecoshape 2020). Hiervoor is niet enkel het openen van bijvoorbeeld sluisen, maar ook het verlagen van de stroomsnelheid van belang. Dit is belangrijk voor met name kleinere individuen, omdat deze vaak niet tegen sterke stroming in kunnen zwemmen. Daarnaast missen veelal geschikte stabiele zoet-zout gradiënten die deze diadrome soorten nodig hebben voor acclimatisatie. Veel diadrome soorten kunnen niet zomaar tussen zoet en zout migreren, maar moeten geleidelijk wennen aan de veranderende zoutgehaltes. De aanwezigheid van een brakwatergebied is dan ook van belang om de migratieroute compleet te maken. Bij het wegnemen van barrières in de migratieroutes dient dus ook rekening te worden gehouden met het inrichten van brakwatergebieden (lengte, stabiliteit, saliniteit). Echter liggen maatregelen voor deze grotere soorten buiten het plangebied van dijktracé Koehool-Lauwermeers, zoals in de Afsluitdijk (Vismigratierivier en aangepast sluisbeheer). Dit komt omdat de sloten en kanalen van het Friese Achterland niet geschikt zijn voor deze soorten.

De overige soorten (driedoornige stekelbaars, glasaal, spiering en bot) kennen dezelfde problematiek, maar op een veel kleinere schaal. Deze soorten hebben geen groot achterland nodig en lange migratieroutes. Voor deze soorten kan een vispassage naar het poldergebied achter de dijk direct bijdragen aan het voorplantingssucces (Wolters and Bonhof 2019). Hiervoor is een zoete lokstroom met kleine vispassage in de dijk vaak al voldoende om de soorten aan te trekken. Ook voor deze soorten zijn (binnendijkse) brakwatergebieden van belang, zodat er een geleidelijke gradiënt aanwezig is van de zoute Waddenzee naar de zoet polderwateren. Deze poldergebieden worden gebruikt als opgroeigebied, wat bijdraagt aan de kraamkamerfunctie van de Waddenzee. Een belangrijke randvoorwaarde is echter wel dat het opgroeigebied 'geschikt' is voor vis en dus dat de inrichting van de wateren aansluit bij de behoefte van de vissen. In paragraaf 5.1 en 5.2 zijn we ingegaan op de belangrijkste knelpunten. Naast 'ruimte voor ecologie' dienen de fysisch-chemische condities geoptimaliseerd te worden. In principe zou al het opgroeigebied achter de dijk (KRW-waterlichaam & overig water) van voldoende kwaliteit moeten zijn.

Afbeelding 5.7 Huidige visverbindingen in de Waddenzee



Aanpassen civiele constructies

Hoewel moeilijk voor te stellen, zou het verwijderen van civiele constructies (dijken) veel knelpunten in de Waddenzee kunnen wegnemen. Dit zou verstoorde dynamische processen weer op gang kunnen brengen en meer ruimte laten voor overgangsgebieden (zandplaten, lage kwelders en brakwatergebieden). Deze gebieden zijn de essentie van de Waddenzee en internationale waarde voor migrerende vissen en vogels (zie hoofdstuk 3). Het teruggeven van ingepolderde gebieden zou vanuit historisch oogpunt met betrekking tot ecologisch herstel ook best logisch zijn, daar veel land uit natuur is gewonnen (afbeelding 3.2). Het wegnemen van dijken past niet bij de Nederlandse cultuur, de hoogwaterveiligheidsopgave en zal dan ook veel weerstand oproepen. Een herinrichting, met waterveiligheidsopgave naar het achterland past echter wel bij het gedachtegoed 'Ruimte voor de Rivier', waarbij de hoogwaterveiligheidsopgave en ecologische opgave in het rivierengebied hand in hand is gegaan door herstel van de natuurlijke dynamiek. Een dergelijke benadering zou, onder andere met het oog op de zeespiegelstijging, ook kunnen worden

toegepast in het Waddenzeebied, waarbij de waterveiligheidsopgave en ecologische opgave hand in hand kunnen gaan. De concepten als *dubbele dijk* of *wisselpolder* (zie bijlage II) geven invulling aan dit gedachtengoed doordat ze (binnendijs) dynamische overgangsgebieden creëren, waarbij ze tevens als buffering dienen voor waterveiligheid. Het ecologische belang (met name in de context van zeespiegelstijging) van dergelijke gebieden is zeer groot. Momenteel liggen er plannen voor de ontwikkeling van een getijdenmeer bij Holwerd (Koopmans, Onrust, and Wymenga 2018). Hoewel er nog veel onduidelijk is over dit project, kunnen dergelijke ontwikkeling een significante positieve bijdrage hebben op de kwaliteit van de Waddenzee. Daarnaast passen deze maatregelen uitstekend bij de kernopgave van de PAGW, namelijk het *Verzachten van de randen van het wad* om het gebied klimaatbestendig te maken en ruimte te geven voor aangepast economisch gebruik.

Terugdringen verstoring door menselijke activiteiten (onder andere visserij)

De hoeveelheid menselijke activiteiten in de Waddenzee is hoog. Dit is uitvoerig behandeld in paragraaf 3.5. Al deze activiteiten leiden tezamen tot verstoring rustbiotopen van zeezoogdieren en vogels, wat voor een aantal soorten een zeer belangrijk habitat vormt. Het is niet waarschijnlijk dat de omvang van menselijke activiteiten (scheepvaart, pleziervaart, leidingen, etc.) in de nabije toekomst af gaat nemen. Tot op heden zijn vooral maatregelen genomen om specifieke activiteiten in de Waddenzee te verbieden (zoals de mechanische kokkelvisserij). Een integrale visie en effectstudie over alle versturende effecten ontbreekt vooralsnog.

Momenteel zijn baggeren en visserij nog steeds een zeer reguliere activiteit op de Waddenzee. Uit een literatuuronderzoek is een hypothetisch model ontwikkeld dat de garnalenvisserij een additioneel vertroebelingseffect kan hebben, boven op natuurlijke verstoring van stormen, waardoor het systeem na een storm niet voldoende kan herstellen (Rippen et al. 2020). Daarnaast wordt door zowel de schelpdiersector als de garnalenvisserij veel biomassa uit het systeem verwijderd. Hierbij gaat het niet alleen om de doelsoorten, maar ook bijvangst en verhoogde mortaliteit van jonge vis. Het verder verlagen van de visserijdruk draagt positief bij aan de bodemrust en verlaagt de mortaliteit van veel soorten. Maar ook het verduurzamen van baggeren kan positieve effecten hebben en voor meer rust zorgen in laagdynamische gebieden. Met name in laag dynamische gebieden kan een rijker bodemleven ontstaan, wat direct bijdraagt aan de kraamkamerfunctie van de Waddenzee (Rippen et al. 2020).

Algemene maatregelen voor het terugdringen van verstoring hebben geen directe relatie met de dijk of de directe omgeving van de dijk. Uitzondering hierop is het aanleggen van hoogwatervluchtplaatsen en het tegengaan van verstoring direct op de dijk.

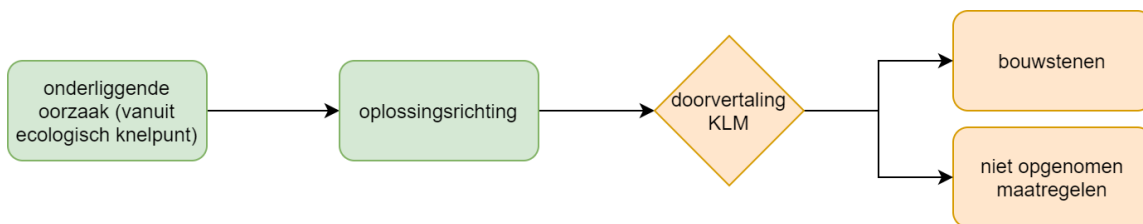
6

DOORVERTALING RICHTING DIJKVERSTERKING KOEHOOL-LAUWERSMEER

6.1 Aanpakken van knelpunten met de dijkversterking

In paragraaf 5.3 zijn de knelpunten en de oplossingsrichtingen gegeven voor verbetering van de ecologische waarde van de Waddenzee en het behalen van de Natura 2000 en KRW-doelen op hoofdlijnen. De hamvraag is nu welke oplossingsrichtingen te combineren zijn met de dijkversterking, waarbij de primaire functie (bescherming) van de dijk behouden blijft. Daarnaast rest de vraag wat dit bijdraagt aan het behalen van de doelen.

Afbeelding 6.1 Stapsgewijze aanpak: vanuit de onderliggende oorzaak van het ecologisch knelpunt naar bouwstenen



In afbeelding 6.2 zijn de knelpunten die een directe relatie hebben met de dijk weergegeven. De selectie ten opzichte van de wettelijke opgaven en bijdrage PAG|W (paragraaf 4.2.1.) is te zien in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Relevante Ecologische knelpunten voor dijkversterking Koehool-Lauwersmeer, te nemen maatregelen en relatie met de beleidsdoelen

Ecologisch knelpunt	Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	Wettelijke opgave	Bijdrage PAGW
verruigde kwelders	gebrek aan dynamiek/ verouderde kwelders	terugbrengen natuurlijke dynamiek, door faciliteren van slenken en prielen, aanpassen kwelderbeheer en aanleg pionier kwelders (binnendijks)	KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: kwelderhabitat, broed-, rust- en foerageergebied vogels	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid
voedseltekort vogels/ verandering onderwaternatuur	zie kwelders, vertroebeling/hoge bodem dynamiek/ mortaliteit visserij, lage kwaliteit onderwater		KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: zeegras, bodemfauna (meerjarige mosselbanken), kwelderhabitat, broed-, rust- en foerageergebied vogels, opgroeigebied vissen	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid

Ecologisch knelpunt	Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	Wettelijke opgave	Bijdrage PAGW
tekort aan rustbiotoop/broedgebied vogels	zie kwelders	verjongen kwelders	N2000: broed- en rustbiotoop vogels	diversiteit, kwaliteit, verbondenheid
	ontbreken rustbiotoop binnendijks	verbeteren gebieden binnendijks / aanleg vogeleilanden	N2000: broed- en rustbiotoop vogels	diversiteit, kwaliteit, omvang
ontbreken migratie zoet-zout en fysische gradiënten	waterbouwkundige obstructies	herstel visverbindingen en fysische gradiënten	KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: draagt ook bij aan voedselbeschikbaarheid vogels	diversiteit, kwaliteit, omvang, verbondenheid
vertroebeling/ hoge bodem dynamiek	veranderde morfologie	verwijderen civiele constructies, vooral in combinatie met kwelder maatregelen	KRW: buitendijks, N2000: zeegras, bodemfauna (meerjarige mosselbanken), foerageergebied vogels, opgroeigebied vissen	diversiteit, kwaliteit, omvang, verbondenheid

Afbeelding 6.2 Knelpunten in relatie tot de dijkversterking



Om deze knelpunten op te lossen, zijn de volgende oplossingsrichtingen mogelijk:

- het achterland zo in te richten dat die niet overall makkelijk te betreden is door mensen, zodat verstoring van vogelrijke gebieden vanaf de dijk niet mogelijk is. Daarbij zijn gebieden die niet of moeilijk te bereiken zijn voor grondpredatoren van belang. Deze gebieden kunnen, in combinatie met de dijkversterking, ook worden ingericht;
- tegen de dijk liggen kwelders, waarvan de kwaliteit verbeterd zou kunnen worden. Dat kan in samenhang met de dijkversterking plaatsvinden, door ingrepen in de morfologie van de kwelders of aangepast beheer en de ontwikkeling van nieuwe kweldergebieden binnendijks of in zomerpolders;
- het opheffen van barrières in de vismigratie: dus het maken van een doorlaatmiddel in de dijk; Dit kan door het verbinden van de Waddenzee met boezemwateren, ten behoeve van diadrome vissen (onder andere driedoornige stekelbaars, glasaal, bot, spiering);
- daarbij is het logisch om het aanbrengen van doorlaatmiddelen in de dijk te combineren met het faciliteren van meer slenken en prielen in de kwelders om op die manier meer dynamiek in de kwelders terug te krijgen. De hogere dynamiek zorgt ook voor een verbeterde situatie voor vogels op de kwelders, door een toename aan biodiversiteit op de kwelders en beter beveiliging tegen predatie van broedgebieden. Daarnaast zijn prielen en geulen ideale opgroeigebieden voor jonge vis;
- binnendijks kunnen in samenhang met de dijkversterking en het aanbrengen van doorlaatmiddelen ook geschikt opgroeigebied worden ontwikkeld voor vogels en jonge vissen, die via de nieuwe vispassages het binnenland zijn binnengekomen. Hiervoor is het noodzakelijk om de kwaliteit van het achterland te verbeteren. Dit valt buiten de directe versterking van de dijk, maar kan wel in het kader van het gebiedsproces van de provincie opgepakt worden;
- de kale dijk zelf vormt in zeker zin ook een obstakel voor andere grondgebonden soorten om makkelijk van de buitendijkse kwelders naar de binnendijkse landbouwgebieden te migreren. Dus ook op de dijk kunnen maatregelen bijdragen aan het verbeteren van de connectie tussen de Waddenzee en het binnenland.

Om de Natura 2000 en KRW-doelstellingen te behalen is dus een geïntegreerde aanpak tussen Waddenzee en achterland nodig. Zie kader 2 voor een integrale situatieschets.

Kader 2 integrale situatieschets

Het achterland en de Waddenzee zijn ecologisch onlosmakelijk met elkaar verbonden. Voor trekvissen vormt de Waddenzee vooral een rol als doortrekgebied op weg naar zoete wateren in het binnenland. Echter stuiten ze dan meestal op de harde Waddendijk. Alleen via de Eems en enkele visvriendelijke gemalen en stuwen kunnen vissen het zoete binnenwater bereiken. Binnendijks zijn er dan opnieuw veel belemmeringen voor migratie. Waar zoetwater de Waddenzee in stroomt, maar waar passage voor vissen onmogelijk is, proberen trekvissen tevergeefs het binnenland te bereiken. Het is dus van belang dat de dijk goed passeerbaar is. Echter is passeerbaarheid maar een deel van het verhaal. Als achter de dijk liggende boezemwater ook allerlei onpasseerbare barrières liggen en het gebied ongeschikt is als habitat, dan zal dat uiteindelijk ook voor de migrerende vissen nadelig zijn en dus ook voor trekvissen in de Waddenzee. Hoewel er steeds meer maatregelen worden genomen om vismigratie te verbeteren, blijft het aantal doorlaatmiddelen door de primaire waterkering gering. Binnen de Kader Richtlijn Water doelstellingen en in de Stroomgebiedsplannen, is vismigratie een punt van aandacht. Een deel van de trekvissen, zoals stekelbaarsjes en paling, kunnen direct achter de dijk in zoete polderwateren prima overleven.

Binnendijks liggen vrijwel direct achter de dijk uitgestrekte agrarische gebieden. Deze bieden nu niet alleen weinig plek voor broedvogels en overtuigende vogels, maar in potentie geschikte broedlocaties en hoogwatervluchtplaatsen zijn ook meestal nog goed bereikbaar voor predatoren, zoals de vos. Desondanks kunnen de binnendijkse gebieden door inrichtingsmaatregelen ook ruimte bieden voor broedvogels en hoogwatervluchtplaatsen. Veel agrarische gebieden achter de dijk, hebben last van verzilting. Door nu de meest verziltende gebieden te ontpolderen, waarbij predatie vrije eilanden ontstaan, omringd door brakke wateren met een rijk bodemleven (en dus voedsel voor opgroeiende vogels), kan extra leefruimte voor vogels worden gecreëerd. Door dergelijk natte gebieden te verbinden met vismigratieroutes ontstaan ook binnendijkse opgroei en paaigebieden voor vissen en wordt de zoet-zout gradiënt die voor migrerende vissoorten nodig is, versterkt.

Deze aanpak draagt positief bij aan een groot deel van de beleidsdoelstellingen, maar niet alle. De volgende doelstellingen voelden aan de volgende voorwaarden: a) worden momenteel niet gehaald, en b) de onderliggende knelpunten kennen een directe relatie met de dijk:

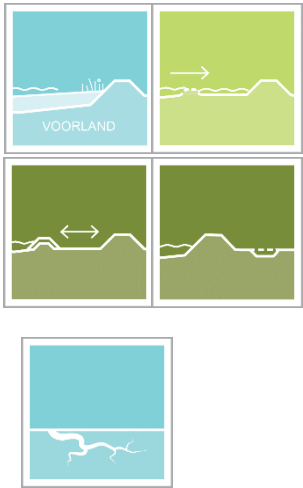
- **KRW binnendijks** - doelstellingen vis;
 - **KRW buitendijks** - doelstellingen overige waterflora (kwelders);
 - **Natura 2000 habitattypen** - Schorren en zilte graslanden (H1330A) (kwelders);
 - **Natura 2000 broedvogels** - soorten die op en rond het dijkgebied broeden (bontbekplevier, kluut, noordse stern en strandplevier);
 - **Natura 2000 niet-broedvogels*** - per groep:
 - **duikeenden** - grote zaagbek (en in mindere mate brilduiker, eider, middelste zaagbek en topper);
 - **duikende vissers** - aalscholver (en fuut);
 - **grondeleenden**; met name smient, wilde eend en wintertaling;
 - **steltlopers**; met name goudplevier, groenpootruiter, Kievit, kluut, krombekstrandloper, scholekster, steenloper, tureluur, wulp, zwarte ruiter en stern.
- * de maatregelen die worden behandeld in de hoofdstuk zijn vaak niet gericht op specifieke vogelsoorten. Echter omdat vogels over het algemeen hoog in de voedselketen zitten, zullen ze wel positief bijdragen. Voor de genoemde soorten is dit extra relevant omdat hiermee de doelstelling in potentie bereikt kan worden.




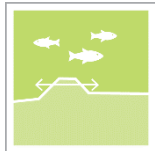
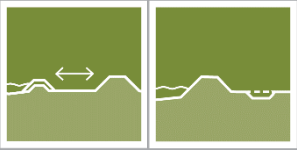
6.2 Van knelpunt via oplossingsrichting naar bouwstenen

Voor het oplossen van bovengenoemde knelpunten met maatregelen rond de dijk kunnen de reeds ontwikkelde bouwstenen in het kader van dijkversterking Koehool-Lauwersmeer worden ingezet (van der Endt and Gotjé 2020). Voor een nadere toelichting van de bouwstenen verwijzen we naar Bijlage II. In onderstaande afbeelding zijn de benoemde bouwstenen weergegeven.

In tabel 6.2 is aangegeven welk knelpunten met de bouwstenen kunnen worden aangepakt. Voor elke bouwsteen is ook aangegeven welke fysische en ecologische condities essentieel zijn om goed te kunnen functioneren.

Tabel 6.2 Knelpunten, oplossingen en gerelateerde bouwstenen voor dijktracé Koehool-Lauwersmeer

Onderliggende oorzaak (vanuit ecologisch knelpunt)	Oplossingsrichting	Gerelateerde bouwstenen	Fysisch-chemische condities	Gerelateerde doelstellingen
gebrek aan dynamiek / verouderde kwelders	terugbrengen dynamiek	 <p>flauw voorland, doorsteken zomerkade, dubbele dijk,</p>	<p>dynamiek, slib aanwezig, verouderde kwelder</p> <p>geul in kwelder: relatief grote / stabiele kwelder (kwelders die nu afkalven ongeschikt)</p>	<p>KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: kwelderhabitat, broed-, rust- en foerageergebied vogels (primair steltlopers), PAGW: diversiteit, kwaliteit, omvang en verbondenheid,</p>

Onderliggende oorzaak (vanuit ecologisch knelpunt)	Oplossingsrichting	Gerelateerde bouwstenen	Fysisch-chemische condities	Gerelateerde doelstellingen
		afgraving binnendijks en geul in kwelder		
	aanleg pionier kwelders	 kwelderwerken	voldoende slib in waterkolom, laag-dynamisch gebied	
ontbreken geschikt rustbiotoop voor vogels	verbeteren habitat Fries achterland	 (broed)vogeleiland of broedgelegenheden	boven hoogwaterlijn, niet vanaf land betreedbaar, dicht bij huidige hvp's, beperkte mate van verstoring	N2000: broed- en rustbiotoop vogels (hvp), PAGW: diversiteit, kwaliteit, omvang
	variatie in kwelders	zie maatregelen kwelders		
voedseltekort vogels / verandering onderwaternatuur	verbetering onderwaternatuur	 natuurvriendelijke onderwaterbekleding, getijdenpoel	water tot aan de dijk, (voor getijden poelen: geen slibafzetting)	KRW: buitendijks, N2000: indirect kwaliteit buitendijks habitat, draagt ook bij aan voedselbeschikbaarheid vogels (primair viseters, enkele stelt en eenden), PAGW: diversiteit, kwaliteit, omvang
	voedsel rond kwelders	zie maatregelen kwelders		
ontbreken visverbindingen	herstel visverbindingen	 vispassages	korte afstand tussen Waddenzee en binnenwater, lokstroom	KRW: binnendijks en buitendijks, N2000: draagt ook bij aan voedselbeschikbaarheid vogels (primair viseters en steltlopers), PAGW: diversiteit, kwaliteit, omvang en verbondenheid
	herstel fysische gradiënten	 dubbele dijk, afgraving binnendijks	fysisch-chemisch vraagstuk is secundair vergeleken met <i>draagvlak vanuit omgeving</i>	

Uit de analyse van de Natura 2000 en KRW-knelpunten komt naar voren dat veel van de knelpunten een directe relatie hebben met het dijktracé Koehool-Lauwersmeer. Het toevoegen van de bouwstenen, zoals hierboven beschreven, kan de knelpunten deels wegnemen en dus bijdragen aan het behalen van de doelstellingen. Echter zien beide wettelijke kaders de dijk zelf onvoldoende als deel van het natuurlijk systeem. Hierbij gaat het vooral om het inzien dat de dijk ook een groene corridor kan zijn. In de huidige vorm, heeft de dijk veelal een sterke barrière werking, waardoor populaties niet met elkaar in verbinding staan. Hierom zouden nog twee bouwstenen kunnen worden toegevoegd (tabel 6.3). Hoewel indirect, draagt dit toch bij aan bijvoorbeeld voedselbeschikbaarheid voor vogels.

Het kader PAGW biedt wel ruimte om maatregelen op de dijk op waarde te schatten. Door de ecologische randvoorwaarden op de dijk te verbeteren kan de kwaliteit en diversiteit toenemen. Ook kunnen barrières worden weggenomen of beter worden geïntegreerd in het omliggende landschap waardoor de omvang en de verbondenheid van leefgebieden toeneemt. Zo kan de dijk meer als een groene corridor gaan functioneren, in plaats van een harde barrière.

Tabel 6.3 Aanvulling op knelpunten, oplossingen en gerelateerde bouwstenen voor dijktracé Koehool-Lauwersmeer

Onderliggende oorzaak (vanuit ecologisch knelpunt)	Oplossingsrichting	Gerelateerde bouwstenen	Fysisch-chemische condities	Gerelateerde doelstellingen
gebrek aan corridor functie dijk	verbeteren natuur op de dijk	 natuurlijke dijkbekleding of gefaseerd maaibeheer	flauw talud	N2000: draagt ook bij aan rustbiotoop vogels, PAGW: diversiteit, kwaliteit, omvang en verbondenheid

6.3 Locatie en benodigde omvang van bouwstenen

Tot slot is de hamvraag welke bouwstenen, op welke locaties, en in welke omvang gerealiseerd moeten worden om maximaal bij te dragen aan de KRW en Natura2000 doelstellingen. In paragraaf 4.3.2 is voor het waddengebied een analyse gemaakt voor de zeven genoemde oplossingsrichtingen. Op de aspecten *kwelders, aanleg vogeleilanden, versterken onderwaternatuur, herstel visverbindingen, verwijderen/altereren civiele constructies, versterken biodiversiteit op de dijk: de dijk als groene corridor*, zullen we nader ingaan. In Afbeelding 6.12 is een overzicht gegeven van de ecologisch zinvolle locaties voor de bouwstenen.

Kwelders

Een groot aandeel van de vastelandskwelders Waddenzee ligt binnen het dijktraject Koehool-Lauwersmeer. De dijkversterking biedt dan ook grote kansen om de kwaliteit van bestaande kwelders te verbeteren en de staat van instandhouding van kwelders een impuls te geven door (nieuw) kwelderareaal (met name binnendijks) te ontwikkelen. Naast de maatregelen die hieronder behandeld worden, kunnen er ook beheersmaatregelen worden genomen. Deze zijn niet opgenomen in de verdere analyse, omdat deze geen directe betrekking hebben tot de dijkversterking.

Onderstaand volgt een beknopte beschrijving met kansen per kwelderlocatie en enkele suggesties voor grootschaliger herstel. Uiteraard dient de aanpak in samenspraak met het gebied en experts verder vorm gegeven te worden en te bezien of er draagvlak voor is. We raden dan ook sterk aan een integrale visie voor de kwelders in het gebied te ontwikkelen.

Fryslân Bûtendyks

Fryslân Bûtendyks is het grootste aaneengesloten kweldergebied. Het bestaat uit een kwelder- en pionierzone en een zomerpolder. Dit gebied leent zich uitstekend om een impuls te geven aan de kwelderkwaliteit in samenspraak met de aanleg van vogeleilanden. In iedere zone (zie paragraaf 5.3.2) kunnen maatregelen genomen worden:

- **zone 1:** terugbrengen van dynamiek tussen kwelder en Waddenzee door onderhoud van rijshouten wallen te stoppen (of eventuele verwijderen);
- **zone 2:** terugzetten van successie (eventueel ondersteuning van het vormen van prielen en slenken);
- **zone 3:** Doorsteken zomerkade in combinatie met aanleg van flauw voorland.

Daarnaast zijn er kansen voor kwelderontwikkeling aan de binnenzijde van de dijk. In potentie kan hier een natuurontwikkelingsgebied aan de binnenzijde van de dijk gerealiseerd worden. Bijvoorbeeld in combinatie met de ontwikkelingen bij Holwerd aan Zee. Maar ook door het terugzetten van de dijk van Holwerd tot 't Schoor kan er aaneengesloten aan Fryslân Bûtendyks een 'robuust' kweldergebied met broed- en foerageergebied voor vogels ontwikkeld worden. Met name in het licht van klimaatverandering is het raadzaam om over dergelijke grootschalige 'herstel/ontwikkelingsprojecten' na te denken. De vraag is echter of hier maatschappelijk ook de tijd rijp voor is.

Peazemerlannen

Aan de oostzijde van het gebied ligt de kwelder de Peazemerlannen. Ook dit bestaande kweldergebied brengt kansen voor verbetering met zich mee, te meer omdat hier ook kansen liggen met verbinding naar het achterland. De creatie van een visverbinding zou dan ook samen kunnen gaan met ontwikkeling van een kwelderlandschap binnendijks. Echter is het kwelderareaal van het gebied beperkt. Potentiële kwelder ingrepen zullen dan ook kleinschalig vormgegeven moeten worden. Zoals het kleinschalig terugbrengen van de successie, de creatie van een relatief kleine geul of slenk en/of de aanleg van een broedvogeleiland. Om de overgang naar de dijk te 'verzachten' zou een flauw voorland aangelegd kunnen worden.

Koehool - kwelder Westhoek

Nabij Koehool ligt kwelder Westhoek. Een zeer smalle strook verouderde kwelder. Deze kwelder kan verjongd worden buitendijks door plaatsing van kwelderwerken (rijshoutendammen). Gezien mogelijke toekomstige ontwikkelingen m.b.t. klimaatverandering ligt het echter meer voor de hand om de kwelder landinwaarts te ontwikkelen. De aanleg van een vismigratievoorziening biedt kansen voor een dergelijke aanpak.

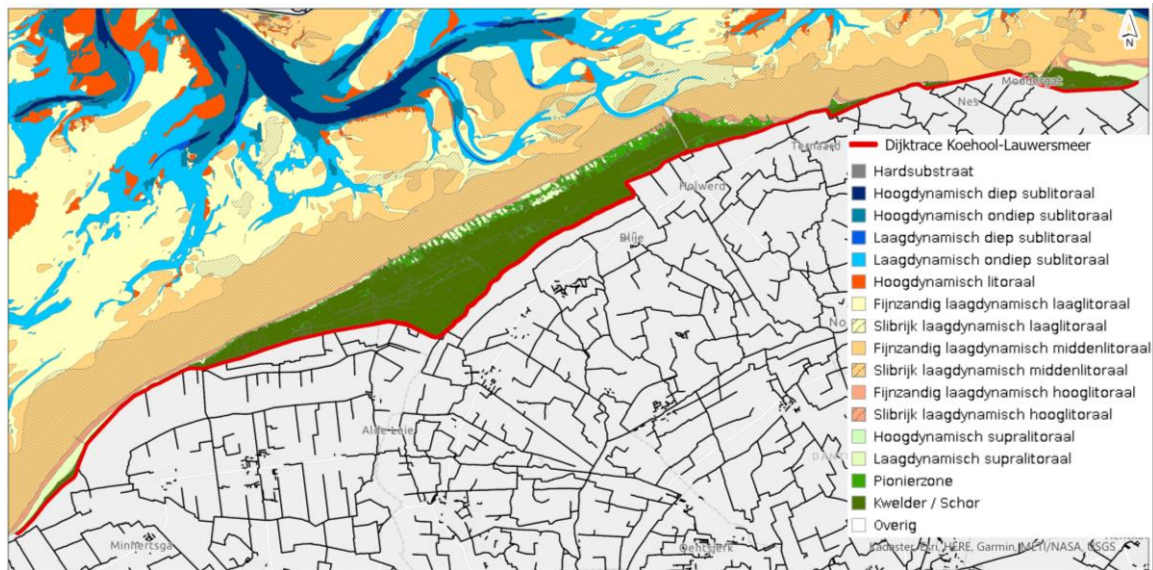
Wierum

Ook bij Wierum ligt een zeer beperkte strook kwelder, in stand gehouden door een oude houten strekdam. Vanwege het idee om tussen Wierum en Ternaard een vispassage aan te leggen (zie visverbindingen _ project siwet wetter wierum-ternaard) is het raadzaam om geen grootschalige kwelderwerkzaamheden te ondernemen. Wel kan er gekeken worden naar combinatiekansen zoals de aanleg van een vispassage eventueel in combinatie met versterking van het kwelderlandschap binnendijks. Vanuit de omgeving is het echter de wens om geen zout invloeden aan de binnenzijde van de dijk te hebben.

Ternaard

Tot slot ligt er bij Ternaard een smalle strook kwelder. Door deze strook te verbinden met Fryslân Bûtendyks door creatie van en verbinding met een 'binnendijkse kwelder' (dubbele dijk Holwerd tot 't Schoor) kan een 'robuust' kwelderlandschap ontstaan. Daarnaast zou ook voor deze kwelder overwogen kunnen worden om de successie terug te zetten. De grootte is echter zeer beperkt waardoor dit ook risico's m.b.t. instandhouding met zich meebrengt.

Afbeelding 6.3 Kwelders rond dijktracé Koehool-Lauwersmeer. Zie hierbij naast Fryslân Bûtendyks de kleinere kwelders bij van west naar oost: Koehool, Ternaard, Wierum en de Peazemerlannen



Afbeelding 6.4 Kwelder van Schiermonnikoog (links) en Fryslân Bûtendyks (rechts) op dezelfde schaalgrote. Zie het grote verschil in micro reliëf, uniformiteit en biodiversiteit



Aanleg vogeleilanden/schuilgelegenheden

Het tekort aan rust- en broedbiotoop vormt een belangrijk knelpunt voor met name steltlopers. Het aanleggen van vogeleilanden als hoogwatervluchtplaats (hvp) en/of broedeiland kan positief bijdragen aan het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen. Een broedvogeleiland dient ten alle tijden omringd te zijn door water, het mag niet overstromen tijdens het broedseizoen en kent vaak specifieke soort afhankelijke eisen. Een hvp kent minder speciale eisen. Het belangrijkste is dat deze beperkte mate van menselijke verstoring kent en bij voorkeur niet bereikt kan worden door grondpredatoren. Dit kan bereikt worden door het gebied bij hoogwater te omringen door water. In deze rapportage worden de verschillen tussen een broedvogeleiland en hvp niet nader uitgewerkt en wordt gesproken van een *vogeleiland*. Naast het creëren van vogeleilanden kan de dijk geschikt gemaakt worden als hvp, door verstoring te beperken.

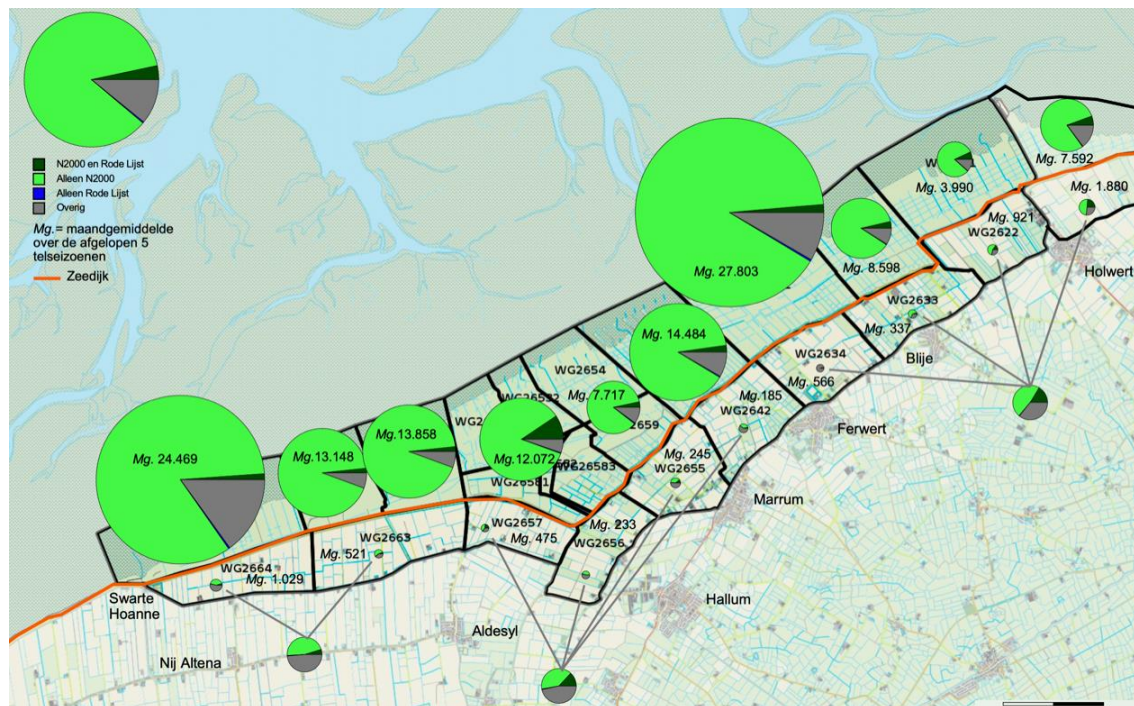
Het gedrag van vogels is lang niet altijd te voorspellen. Het succes van vogeleilanden is dan ook niet gegarandeerd. Het is daarom voor de hand liggend om vogeleilanden in te richten op plaatsen waar vogels nu al in grote getalen voorkomen (zie bijvoorbeeld Afbeelding 6.5). Dit zijn de gebieden nabij (van der Zee, Folmer, and Ens 2021)*:

- Zwarte Haan;
- Fryslân Bûtendyks;
- Paezemerlannen, en in mindere mate;
- Westhoek.

* de rapportage waarnaar gerefereerd wordt is momenteel nog in ontwikkeling. Er is momenteel geen hvp kaart beschikbaar en specifieke informatie omtrent soorten ontbreekt nog. In de systeemanalyse doen we daarom geen specifieke uitspraken over de locatie van aan te leggen broedeilanden. We adviseren in een nadere uitwerking gebruik te maken van de gegevens in de analyse van van der Zee, Folmer, and Ens 2021.

Bij het kiezen van een locatie is het belangrijk om te kijken of vogels het gebied bereiken. Dit hangt onder meer af van de afstand tussen het foerageergebied en de mate van verstoring. Afbeelding 6.5 geeft de vogeltellingen weer van de huidige situatie bij Fryslân Bûtendyks. Hierbij valt op dat met name de gebieden buitendijks in trek zijn. Het binnendijkse gebied heeft in de huidige situatie slechts een beperkte geschiktheid.

Afbeelding 6.5 Vogeltellingen Fryslân Bûtendyks met het seizoensgemiddelde (Vogelbescherming en Wadvogelwerkgroep). Zie met name het verschil tussen binnendijkse en buitendijkse tellingen. Verstoring en afstand tot foerageergebied zijn hiervoor de meest waarschijnlijke verklaringen



Bij de aanleg van vogeleilanden zien we grofweg drie mogelijkheden:

- 1 aanleg van **vogeleiland buitendijks**: dit zal veelal in bestaande kwelders zijn en kan worden gecombineerd met het verbeteren van de kwelderdynamiek. Het nadeel hieraan is echter dat er kwelderareaal verloren gaat. Dit zou enkel kunnen worden toegepast, als dit ten goede komt van de kwaliteit van de kwelder (verjonging). Daarnaast is het belangrijk om te beseffen dat klimaatverandering de kwelders via zeespiegelstijging onder druk zet;
- 2 aanleg van **vogeleiland binnendijks**: vogels gebruiken het binnenland ook als hvp, maar door verstoring, predatie en grote afstanden tot het foerageergebied, zijn deze gebieden vaak secundair. Dit zien we ook terug in de gegevens van de huidige toestand. Door eilanden binnendijks dicht langs waardevolle gebieden aan te leggen kunnen deze problemen worden weggenomen. De aanwezigheid van een waterbuffer, verlaagt de predatiedruk. Ook blijkt dat vogels op een eiland minder gevoelig zijn voor verstoring (Meiningering and Graveland 2002; Rijkswaterstaat 2015);
- 3 aanbrengen van **broedgelegenheden op de dijk**: de dijk zelf kan ook meer geschikt worden gemaakt als broedgebied. Gedacht kan worden aan het plaatsen van schelpen bakken. Voorwaarde hiervoor is dat de gebieden zeer rustig zijn. Dergelijke broedplaatsen trekken vaak ook aandacht, waardoor de nesten erg gevoelig zijn voor verstoring. Deze aanpassing is relatief makkelijk door te voegen op het dijktraject. Hiervoor moet vooral worden gekeken naar de mate van verstoring. Het dijkontwerp, is nog niet bekend. Het wordt geadviseerd om nadat dit bekend is, broedgebieden aan te wijzen.

Onderwaternatuur

Het onderste deel van de dijk (waar de teen de waterlijn raakt) is geschikt om maatregelen te nemen ten behoeve van de onderwaternatuur. Dit kan met behulp van bouwstenen *natuurvriendelijke onderwaterbekleding* en *getijdenpoel*. Aan de voet van de dijk tussen gemiddelde laagwater- en hoogwaterlijn en hoogwaterzone bieden harde structuren kansen voor de vestiging van vaatplanten, sponzen, zakpijpen, annemomen, mosselen en oesters (van der heijden, Rippen, and Schut 2019). Dit trekt vervolgens weer krabben, garnalen en (juvenile) vis aan. Dit draagt ook weer bij aan het voedselaanbod voor onder andere eider, scholekster, steenloper, aalschover en rotgans. De toename in biomassa van zoutminnende soorten is van groot belang voor bovengenoemde vogels en draagt direct bij aan het behalen van hun instandhoudingsdoelen. Ook bieden de structuren schuilgelegenheden voor het onderwaterleven, wat direct bijdraagt aan de kraamkamerfunctie voor vis.

De bouwstenen onderwaterbekleding en getijdenpoel zijn goed te combineren met natuurontwikkeling op de dijk (zie *de dijk als groene corridor*). Door natuur op en onderaan de dijk te verbinden, wordt de connectiviteit van de leefgebieden verbeterd. Dit maakt het voor soorten aantrekkelijker zich op en rond de dijk te vestigen. Op deze manier wordt de dijk meer een onderdeel van het ecosysteem, en biedt de dijk ondanks zijn harde karakter (barriere tussen zoet en zout) toch ook leefgebied voor mariene soorten.

De bouwstenen onderwaterbekleding en getijdenpoel zijn overal toe te passen waar 'water tot aan de dijk komt'. De zoekgebieden zijn aangegeven in afbeelding 6.6.

Afbeelding 6.6 Zoekgebieden onderwaternatuur en getijdenpoelen (in groen) voor dijktracé Koehool-Lauwersmeer (in rood)



De totale lengte van het zoekgebied is ongeveer 12,5 km (een kwart van het totale tracé). Voor de toepassing van getijdenpoelen dient het risico van inslibbing van te voren worden bepaald. Sommige gebieden kunnen ongeschikt zijn, gezien de hydrodynamische en morfologische condities (zie 6.4.1.).

Buiten deze laatste overweging, zijn deze maatregelen *no-regret*: de bijdrage aan de voedselbeschikbaarheid zijn positief, en het ruimte beslag is zeer beperkt. Hierdoor kan een bijdrage worden geleverd aan het behalen van de beleidsdoelstellingen, zonder dat hierdoor andere natuur verloren gaat. Onze aanbeveling is dan ook deze maatregel toe te passen op de delen waar het water de dijkvoet raakt en andere maatregelen niet van toepassing zijn.

Afbeelding 6.7 Voorbeeld van een getijdenpoel aan de dijk (Bosma advies, 2021)



Visverbindingen

Het creëren van een visverbinding kent drie varianten, van eenvoudig naar complex:

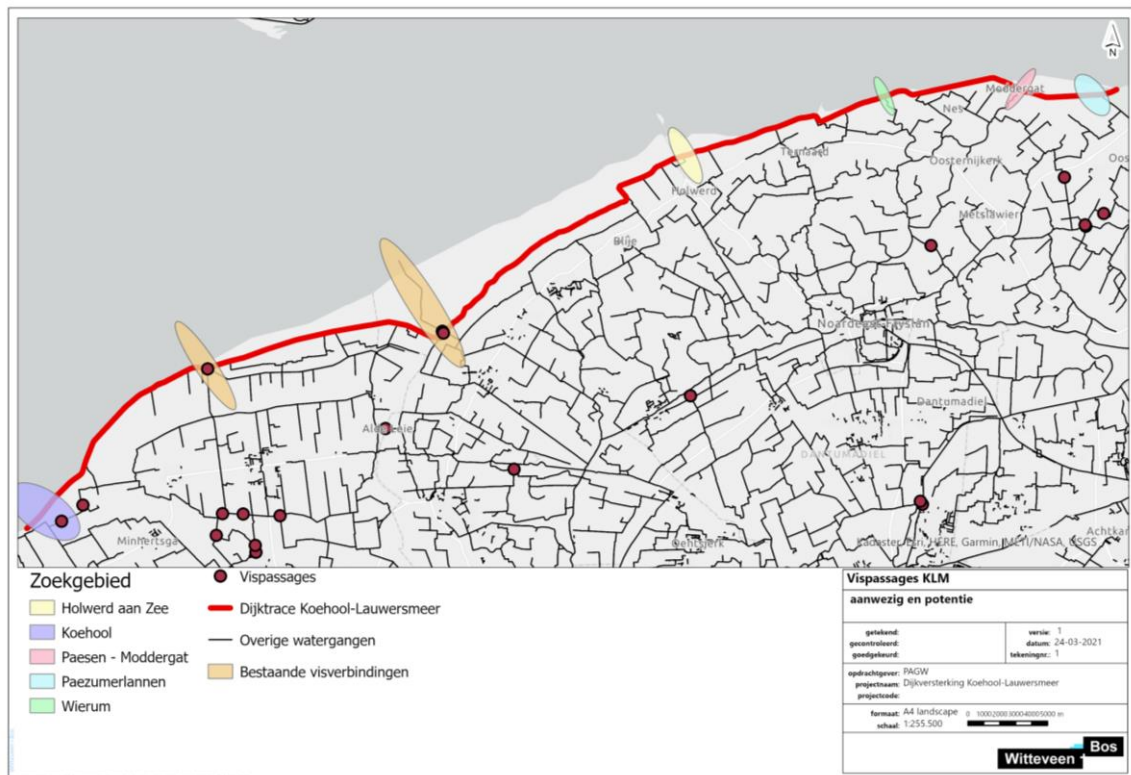
- 1 *enkel vispassage* - zoals toegepast bij Zwarte Haan (Afbeelding 4.4), hierbij is de afstand tussen de Waddenzee en binnendijks water zeer beperkt;
- 2 *graven van geul in voorland + vispassage* - zoals toegepast bij de Heining. Hierbij stelt een kanaal, welke uitwaaiert naar een brede slenk, van in totaal ongeveer 3 km, de Friese Boezem in verbinding met de Waddenzee (Wolters and Bonhof 2019). Een correcte afstemming van de zoete lokstroom, kan ertoe leiden dat hier een geleidelijke zoet-zout gradiënt ontstaat;
- 3 *dubbele dijk of afgraven binnenwater (evt. in combinatie met geul) + vispassage* - hierbij is in het binnenland een (brakwater)meer aanwezig dat een additioneel leefgebied vormt. Dit is een natuurlijkere variant die ook ruimte biedt voor andere bouwstenen (zoals een vogeleiland) en kwelderontwikkeling. Deze variant in combinatie met andere maatregelen draagt ecologisch het meeste bij. Ook zou afgegraven grond kunnen worden gebruikt bij de dijkversterking.

Op het moment zijn er twee plekken in het dijktracé waar de Waddenzee en het water in het achterland met elkaar in verbinding staan; Zwarte Haan en de Heining (zie afbeelding 4.4). Bij gemaal de Heining is de tweede variant toegepast, waardoor een meer natuurlijke verbinding is ontstaan (Wolters and Bonhof 2019). Er is een zoete lokstroom aanwezig vanuit het binnenland, die de vissen richting de vispassage trekt. Dit zorgt ook voor een meer geleidelijke zoet-zout gradiënt., een natuurlijk verbinding tussen zout en zoet water, waarin vissen langzaam aan het zoete water kunnen wennen. Van beide gemalen is bekend dat ze effectief zijn in het aantrekken van onder andere glasaal en als voorbeeld dienen voor toekomstige toepassingen.

Voor het maken van visverbindingen is het logisch om te richten op plekken waar zoet- en zoutwater nu al dicht bij elkaar komt er een functioneel watersysteem direct achter de dijk ligt en het gebied buitendijks reeds een attractieve plaats is voor vis (door onder meer mosselbanken). Hierdoor is de inspanning die nodig is om de gebieden te verbinden zo klein mogelijk en is de kans dat de vispassage daadwerkelijk gebruikt wordt optimaal. Hiervoor zijn een aantal plekken geïdentificeerd (van west naar oost, Afbeelding 6.8) en lopen er reeds gebiedsinitiatieven:

- **verbinding Koehool** - *variant 3*, waarbij afgraving in voor en achterland nodig zou kunnen zijn;
- **Holwerd aan Zee** - *variant 3*, hier wordt mogelijk een brakwatermeer aangelegd wat in verbinding staat met de Waddenzee en het achterland;
- **verbinding Wierum - Ternaard** - *variant 1*, een sloot loopt hier direct onder de dijk, waardoor verbinding met de Dyksfeart kan worden gemaakt. Plan Swiet Wetter Wierum Ternaard (H. Feenstra). Deze locatie is zeer geschikt bevonden door het gebied daar lang water aan de dijk staat (er loopt een slenk verbonden met drie geulstelsels die rechtstreeks verbinding hebben met de Noordzee) doordat de kwelderwerken niet meer aanwezig zijn. Daarnaast is het een plek waar veel Bot voorkomt en mosselbanken zijn die ook veel vis aantrekken. Daarnaast is er een dijkspuit aanwezig van het waterschap die mogelijk een functie kan krijgen als paaiplek en is het;
- **verbinding Paesens-Moddergat** - *variant 3*, hier zou de oude loop van de Paesens kunnen worden hersteld. Deze loopt nu tot in de dorpskern;
- **verbinding Peazemerlannen** - *variant 2*, hier kan de buitendijkse kwelder worden verbonden met de binnenwateren en op termijn zelfs met het Lauwersmeer.

Afbeelding 6.8 Vispassages in dijktracé Koehool-Lauwersmeer. Bestaande verbindingen in oranje, zoekgebieden zijn gemarkeerd in verschillende kleuren



Dit zijn niet de enige plekken waar een visverbindingen zou kunnen worden aangelegd, maar deze plekken zijn gezien de huidige ecologische kwaliteit van het gebied, de potentie van het achterland en huidige omgevingsprocessen (zoals Holwerd aan Zee, Swiet wetter wierum ternaard), de meest logische zoekgebieden. Met name omdat bij Holwerd aan Zee in potentie een groot brakwatermeer wordt ontwikkeld (bouwsteen *dubbele dijk*), kan een meerwaarde voor de ecologie ontstaan. Daarnaast is het raadzaam om na te denken over koppelingen met het Lauwersmeer. Vanwege de complexiteit van het gebiedsproces is dit nu in deze studie buiten beschouwing gelaten.

Met zoekgebieden voor de verbindingen wordt een groot deel van de watergangen ontsloten, waardoor leefgebieden voor trekvis met elkaar in verbinding komen te staan. Door het aanbrengen van de verbindingen tussen zout en zoet water in min of meer regelmatige intervallen, zullen de soorten makkelijker een verbinding naar het zoete achterland kunnen vinden. Dit alles zal leiden tot een toename van onder andere paling, stekelbaars en bot. Dit draagt direct bij aan de KRW-doelen en indirect aan doelstellingen voor bepaalde vogels (voedselaanbod). Een randvoorwaarde is echter wel dat het achterland geschikt wordt gemaakt.

Aanpassing van civiele constructies - ruimte voor de Waddenzee

De dijk zelf vormt door zijn harde overgang een letterlijke obstructie voor getijdennatuur. De concepten *dubbele dijk* en *wisselpolder* kunnen toegepast worden om de effecten te verzachten. De concepten kennen echter verschillende toepassingen en interpretaties. De meest simpele variant definiëren we als volgt: een dijk achter de primaire kering, waarbij in het tussengebied ruimte is voor een brakwatersysteem (Afbeelding 6.9). Met een doorlaatmiddel naar de Waddenzee kan een (controleerde) getijden dynamiek worden gerealiseerd. Onder de juiste omstandigheden kan in het tussengebied opslibbing van sediment plaatsvinden. Over tijd kan deze grond worden afgegraven en worden gebruikt voor verschillende doeleinden, zoals dijkversterkingen waardoor op termijn een meer circulair systeem kan ontstaan (Van Belzen, Rienstra, and Bouma 2021). Door de gebieden slim in te richten en te gebruiken kunnen, zouden de kosten van het toepassen zeer beperkt zijn. Ook zal door de ophoging van de grond een zoutwaterkwel

kunnen ontstaan, waardoor de verzilting van het binnenland wordt tegengegaan (Roels 2021). In deze rapportage richten we ons op de ecologische meerwaarde van het toepassen van deze concepten.

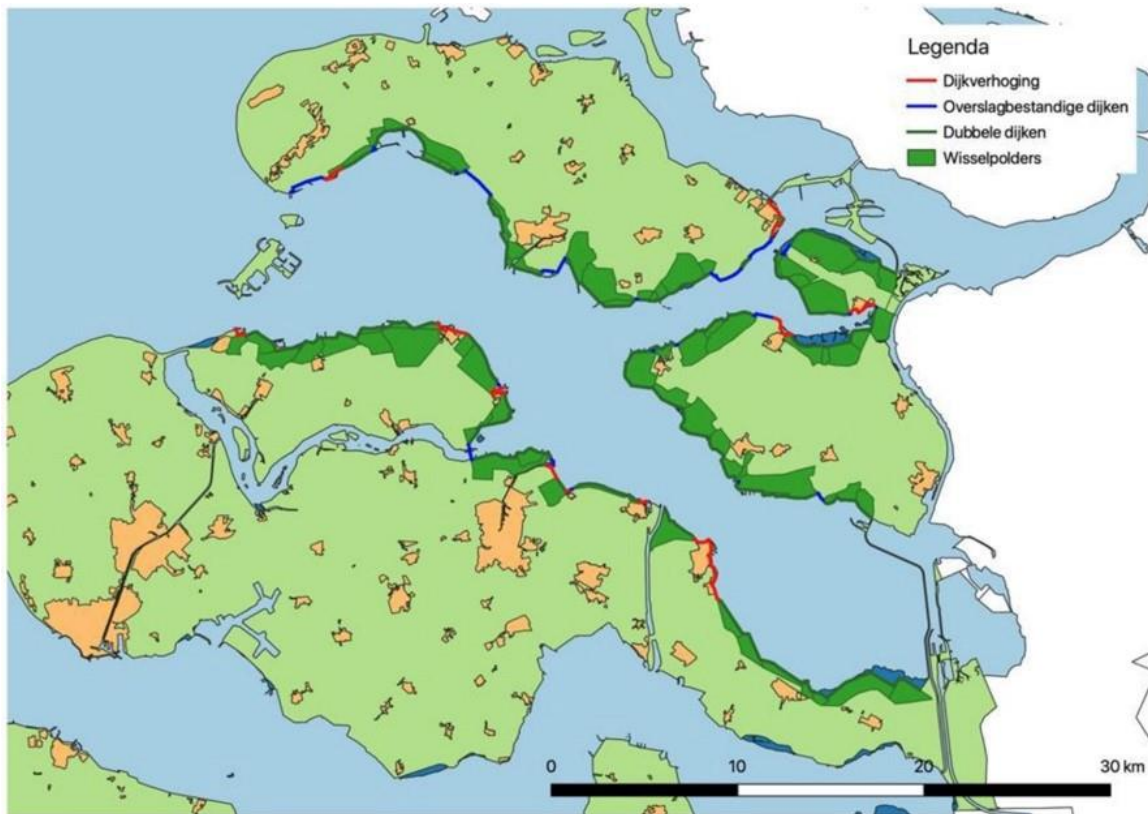
Het inrichten van een brakwatersysteem biedt paaiplaatsen voor vis en foerageergebied voor vogels. Daarnaast wordt de ecologische meerwaarde verhoogd als er ook een doorlaatmiddel aanwezig is naar een zoetwatersysteem in het achterland. Dit draagt bij aan het herstel en de versterking van de Waddenzee (van der Hoek et al. 2015). Met name omdat er opnieuw ruimte is voor een nat-droog en zoet-zoutgradiënt, worden belangrijke processen hersteld. Dit is, naast biodiversiteit en biomassa ook relevant als hoogwatervluchtplaats en broedeiland. Met het oog op klimaatverandering en een stijgende zeespiegel zou het (grootschalig) toepassing van dubbele dijken wel eens de enige duurzame manier zijn om de instandhoudingsdoelstellingen te behalen (Noordhuis et al. 2019).

Afbeelding 6.9 Dubbele dijk pilot als onderdeel van de dijkversterking Eemshaven- Delfzijl (Programma Eems Dollard 2050 n.d.)



Recent heeft een analyse plaatsgevonden, waarbij grote delen van de Zeeuwse Delta werden aangewezen als zoekgebied voor wisselpolders (Van Belzen, Rienstra, and Bouma 2021). Hierbij is een groot gedeelte van de kust ingetekend als mogelijke wisselpolder (afbeelding 6.10). Dit is een zeer progressieve visie op moderne kustverdediging. Rond Koehool-Lauwersmeer zouden eveneens gebieden geschikt kunnen zijn voor dergelijke concepten. Momenteel is Holwerd aan Zee het meest kansrijke project waarbij een dubbele dijk kan worden toegepast (Holwerd - 't Schoor). Het inrichten van dubbele dijk is vooral een omgevingsvraagstuk, wat buiten de scope van deze analyse ligt.

Afbeelding 6.10 Grootschalige implementatie van dubbele dijken scenario langs de Oosterschelde (Van Belzen, Rienstra, and Bouma 2021)



Dubbele dijken, met wisselpolders en visverbindingen, zijn logisch om aan elkaar te koppelen en versterken elkaar. De ecologische waarde van deze combinatie is zeer groot. De concepten kunnen echter ook los toegepast worden. We raden sterk aan de concepten op te nemen in een integrale visie voor de Friese landskust.

De dijk als groene corridor

De dijk is een zeer groot object in het Friese landschap. Wanneer de dijk in het geheel meer als een *groene corridor* wordt ingericht, zou dit direct een substantiële bijdrage leveren aan de natuur rond en op de dijk. Hierbij gaat het in eerste instantie om het verbeteren van de biodiversiteit en heterogeniteit op de dijk zelf. Voor veel kleine zoogdieren en vogels zou het goed zijn als de dijk meer schuilgelegenheden biedt. In de praktijk zou dit betekenen dat gekeken moet worden naar kruidenrijke dijken, met eventueel struiken. Ook zouden aanpassingen in het beheer voor meer variatie kunnen zorgen. Dit zal de biodiversiteit van planten en insecten sterk vergroten, wat weer een voedselbron vormt voor veel andere soorten. Daarnaast kan de bijdrage aan de migratiemogelijkheden voor bepaalde soorten over de lengte van de dijk, waardoor populaties met elkaar worden verbonden.

Vanuit het beoordelingskader van de PAGW resulteert dit in een positieve bijdrage op diversiteit en kwaliteit van de leefgebieden. Echter dient de dijk aan strenge veiligheidseisen te voldoen, wat veelal bijt met deze wensen en ook de toepassing van struiken onwenselijk maakt

Op de dijk kunnen drie bouwstenen worden toegepast: *natuurlijke dijkbekleding (kruidenrijk)*, *gefaseerd maaibeheer* en *schuil- en broedgelegenheden op de dijk*. Voor deze laatste zijn de zoekgebieden te combineren met die voor de aanleg van vogeleilanden (vermindering verstoring). *Natuurlijke dijkbekleding* en *gefaseerd maaibeheer* zijn in feite over het gehele tracé toe te passen. Dit kan gecombineerd worden met bouwsteen *natuurvriendelijke onderwaterbekleding* en *getijdenpoelen*. Deze harde structuren zijn beter dan

regulere dijken (vaak asfalt of zetsteen) geschikt als vestigingslocatie voor wieren en mosselen. De variatie hierin draagt bij aan de ecologische diversiteit en kwaliteit van de dijk.

Ook zijn deze maatregelen niet van grote invloed voor het dijkontwerp of de omgeving van de dijk. Deze kansen zijn dan ook niet uitgewerkt in zoekgebieden: het wordt geadviseerd om door het toepassen van de bouwstenen het corridor functie van de dijk over het gehele tracé te maximaliseren.

6.4 Locaties op de kaart

6.4.1 Randvoorwaarden maatregelen

Voor de toepassing en het succes van de maatregelen dient rekening te worden gehouden met de fysische randvoorwaarden. Deze worden hieronder kort behandeld, in relatie tot eerdere hoofdstukken.

Terugbrengen kwelderdynamiek

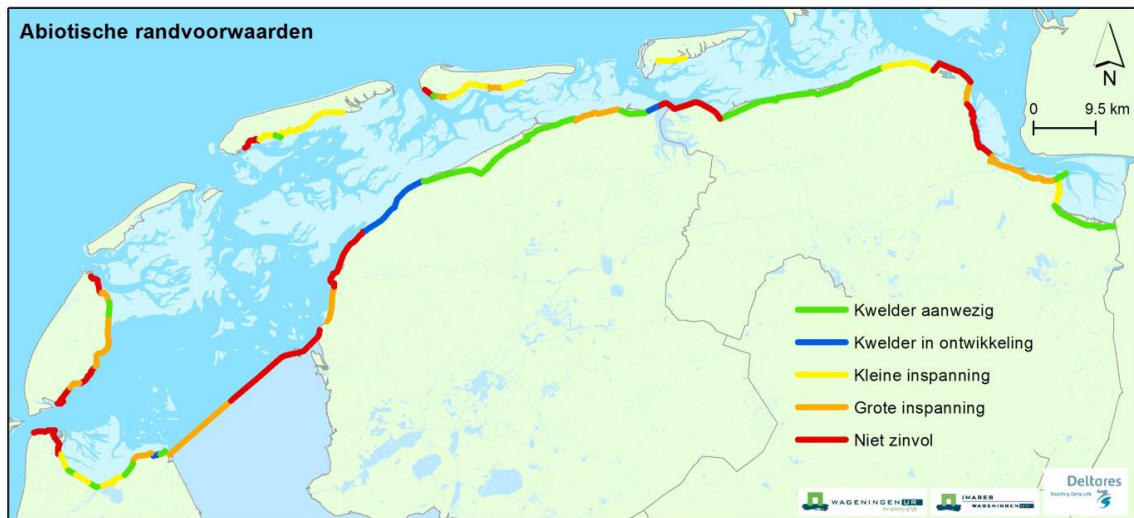
- kwelder moet breed genoeg zijn om herinrichting mogelijk te maken:
 - dit is mogelijk bij de beoogde gebieden (Afbeelding 6.12);
- kwelder moet verruigt zijn of zomerpolder moet aanwezig zijn. Ook dient er op de exacte locatie geen zeer bijzondere vegetatie/ecologische waarde aanwezig te zijn:
 - met uitzondering van het deelgebied Holwerd, hebben alle beoogde locatie een zomerpolder. De mate van verruiging en de dus vraag of ingreep daadwerkelijk logisch is, is erg afhankelijk van lokale condities, evenals de lokale ecologische waarde. De gebiedsbeheerders (onder andere Fryske Gea) kennen de situatie ter plekke het best. Het is dan ook aan te raden met hen een nadere uitwerking te maken;
- mate van golfslag en erosie (zie paragraaf 3.2): hierbij is het met name van belang dat de mate van golfslag niet leidt tot grootschalige erosie van de kwelder. Anderzijds zijn gebieden die sterk in de luwte liggen van golfslag ook niet geschikt zijn voor het versterken van de dynamiek, wanneer de golfdoordringing te klein is:
 - de beoogde gebieden zijn waarschijnlijk wel geschikt. Enkel de Paezemerlannen liggen relatief luw, waardoor mogelijke golfslag te laag zou kunnen zijn;
- hoogteligging van de kwelder: De hoogteligging is bepalend voor hoeveel sediment verwijderd kan worden voor een natuurlijke groei. Pioniersvegetatie begint ongeveer 10-30 cm onder gemiddeld hoogwater:
 - over de lengte van de kwelders in het gebied van KLM zijn dergelijke hoogtes aanwezig.

Aanleg pionier kwelders

- aanwezigheid unieke natuurlijke kwelders of anderszins unieke habitats: voor de ontwikkeling van nieuwe pionier kwelders moet vooral gekeken worden naar meer natuurlijke kweldergebieden, zoals bij Koehool. Daarnaast moet de ontwikkeling van kwelders - buitendijks niet ten koste gaan van meer unieke habitats (met name schelpdierbanken (zie Afbeelding 3.13):
 - op dit punt gaat de voorkeur naar de gebieden bij Koehool. Met name bij Wierum dient rekening te worden gehouden de aanwezige mosselbanken;
- mate van golfslag en erosie (zie voorgaand):
 - het oostelijk deel is waarschijnlijk ongeschikt voor kwelderontwikkeling;
- slibgehalte en hoogteligging (zie voorgaand): daar komt bij dat er in het water voldoende slib aanwezig moet zijn voor kweldervorming:
 - het westelijk deel is meer geschikt voor kwelderontwikkeling.

Bovenstaande punten zijn reeds beoordeeld in de eerder onderzoek (van Loon-Steensma et al. 2012). Hierbij zijn vooral gebieden waar kwelderontwikkeling plaatsvindt of gebieden waar met kleinere inspanning realiseerbaar dit (Afbeelding 6.11).

Afbeelding 6.11 Kaart van de Waddenkust met de relatie tussen abiotische omstandigheden en kwelders en mogelijkheden voor kwelderontwikkeling (van Loon-Steensma et al. 2012)



Faciliteren slenken en kreken

Voor deze maatregelen gelden dezelfde voorwaarden als het terugbrengen van de kwelderdynamiek (zie voorgaand).

Geschied rust- en broedbiotoop vogels

- hoogteligging: afhankelijk van het specifieke doel biotoop (broedgebied of hvp) dient geschikte hoogteligging worden bepaald (zie paragraaf 6.3):
 - voor de beoogde locaties wordt aangenomen dat geschikte hoogteligging (lokaal) aanwezig is;
- slibgehalte in omgeving: wanneer het water rond het vogeleiland slibrijk is of kan worden, kan dit water over tijd dichtslibben, waardoor de effectiviteit van gebied weg kan vallen. Binnendijs speelt dit in veel mindere mate een rol:
 - alle buitendijkse gebieden zijn minder geschikt, door het risico van opslibbing;
- nabijheid van foerageergebied (zie paragraaf 6.3):
 - dit is reeds meegenomen in de selectie van de gebieden;
- rust in omgeving van foerageergebied (zie paragraaf 6.3):
 - dit is reeds meegenomen in de selectie van de gebieden, met name Fryslân Bûtendyks kent relatief lage verstoring.

Onderwaternatuur

- teen van dijk in het water (zie paragraaf 6.3):
 - dit is reeds meegenomen in de selectie van de gebieden;
- sedimentatie: bij hoge mate van sedimentatie kunnen de getijdenpoelen en andere maatregelen hun effectiviteit verliezen (zie paragraaf 3.2 en 6.3):
 - westelijke delen zijn minder geschikt voor het bevorderen van de onderwaternatuur.

Herstel visverbindingen en fysieke gradiënten

- nabijheid en voldoende zoetwater achterland: voor een goede visverbinding dient een zoetwater lokstroom aanwezig te zijn. Wanneer er beperkt zoetwater aanwezig is, of deze sterk omhoog dient te worden geheveld, is het gebied minder geschikt voor een visverbinding. Ook is het beter als de lokstroom en een kleinere getijdengeul komt (zoals bij de Heining), zodat deze niet te sterk verdunt wordt:
 - zoekgebieden met ruimte voor getijdegeulen zijn meer geschikt (Holwerd, Paezemerlannen, Wierum);
- sedimentatie: bij voorkeur vindt er geen opslibbing rond de visverbinding plaats. Eventueel kan deze gebaggerd worden, maar dit vergt additioneel onderhoud en leidt ook tot verstoring;

- Holwerd aan Zee is mogelijk zeer gevoelig voor sedimentatie, waardoor onderhoud van de visverbinding nodig zal zijn (baggeren). Dit maakt deze locatie minder geschikt voor dergelijke ingrepen;
- voldoende areaal (met hoogtevariatie) om volwaardige omgeving voor de verbinding vorm te geven: een goede visverbinding kent ook in het achterland veel variatie (rietvelden, inhammen, ondiepte en zijkreken). Net buiten het plangebied ligt het Lauwersmeer, wat hier een goed voorbeeld van is. De overige watersystemen zijn niet zeer bijzonder, waardoor ze niet optimaal zijn voor visverbindingen (zie paragraaf 4.3.2). In de grotere kwelders is wel meer ruimte om te visverbinding natuurlijk in te richten. Belangrijk is hierbij om aan te geven dat het gaat om een plusje: het verbinden van wateren in het achterland en de Waddenzee zal altijd positief zijn, alleen neemt de effectiviteit toe, wanneer dit meer natuurlijk wordt vorm gegeven:
 - de zoekgebieden met minder ruimte voor variatie zijn (Koehool en Wierum) zijn minder geschikt voor grootschalige visverbindingen van hoge kwaliteit. Echter bij Ternaard ligt een plan Swiet wetter wierum ternaard waarbij recreatie en ecologische verbetering hand in hand kunnen gaan.

In Tabel 6.4 zijn bovenstaande punten samengevoegd, om per maatregel te duiden wat de of de randvoorwaarden aanwezig zijn. Hierbij is gescoord of aan de randvoorwaarde voldaan wordt (1) of slechts deels aanwezig is (0,5). Maatregelen die door bepaalde randvoorwaarde niet uitvoerbaar zijn, zijn uitgesloten van beoordeling. De beoordeling is gemaakt op basis van expert judgement.

Tabel 6.4 Geschatte effectiviteit op basis van randvoorwaarden van de verschillende maatregelen per deeltracé. *faciliteren slenken en prielen is apart weergegeven. Echter is het een vorm van het terugbrengen van kwelderdynamiek, waardoor een dubbeltelling ontstaat

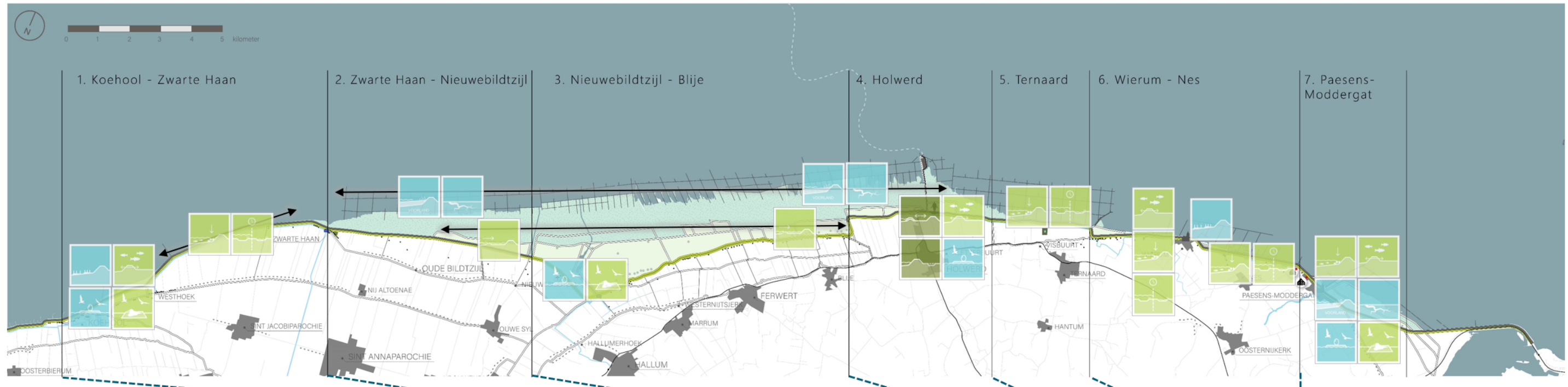
	dijktracé	1. Koehool-Zwarte haan	2. Zwarte haan-Nieuwebildtzijl	3. Nieuwebildtzijl-Bijle	4. Holwerd	5. Ternaard	6. Wierum-Nes	7. Paesens-Moddergat
oplossingsrichting	randvoorwaarde							
terugbrengen kwelderdynamiek - buitendijks	kwelder breed genoeg		1,00	1,00	1,00			1,00
	kwelder verruigt / zomerdijk aanwezig		1,00	1,00	0,50			1,00
	golfslag en erosie		1,00	1,00	1,00			0,50
	hoogteligging		1,00	1,00	1,00			1,00
	totaal		1,00	1,00	0,88			0,88
faciliteren slenken en prielen*	kwelder breed genoeg		1,00	1,00	1,00			1,00
	golfslag en erosie		1,00	1,00	1,00			0,50
	hoogteligging		1,00	1,00	1,00			1,00
	totaal		1,00	1,00	1,00			1,00
aanleg pionierkwelders - buitendijks	aanwezigheid natuurlijke kwelders/versus unieke habitatten	1,00				0,50	0,50	
	golfslag en erosie	1,00				0,50	0,50	
	slibgehalte en abiotiek	1,00				0,50	0,50	
	totaal	1,00				0,50	0,50	
aanleg vogeleilanden	hoogteligging	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00
	slibgehalte	0,50	0,50	0,50	0,50			0,50

	dijktracé	1. Koehool-Zwarte haan	2. Zwarte haan-Nieuwebildtzijl	3. Nieuwebildtzijl-Bijle	4. Holwerd	5. Ternaard	6. Wierum-Nes	7. Paesens-Moddergat
oplossingsrichting	randvoorwaarde							
	nabijheid foerageergebied	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00
	rust in omgeving	1,00	1,00	1,00	0,50			0,50
	totaal	0,88	0,88	0,88	0,75			0,75
verbeteren onderwaternatuur	teen van de dijk in het water	1,00				1,00	1,00	1,00
	sedimentatie	0,50				0,50	0,50	0,50
	totaal	0,75				0,75	0,75	0,75
herstel visverbindingen / fysische gradiënten	nabijheid en voldoende zoetwater achterland	1,00			1,00			1,00
	sedimentatie	0,50			0,50		0,50	0,50
	voldoende areaal / kwaliteit achterland	0,50			1,00		0,50	1,00
	totaal	0,50			0,75		0,50	0,75

* als onderdeel van versterken natuurlijke dynamiek

6.4.2 Locaties op kaart

Op basis van bovenstaande analyse zijn zoekgebieden ingetekend voor de verschillende maatregelen en bouwstenen. We raden sterk aan de maatregelen in samenspraak met het gebied verder uit te werken en onderzoek te gaan naar combinatiekansen.



oorzaak van knelpunt	oplossingsrichting	bouwsteen	Koehool-Zwarte Haan	Zwarte Haan - Nieuwebildtzijl	Nieuwebildtzijl - Blije	Holwerd	Ternaard	Wierum-Nes	Paesens-Moddergat
gebrek aan kwelder dynamiek / verouderde kwelders	terugbrengen kwelder dynamiek								
	aanleg pionier kwelders							Wierum	
	faciliteren slenken en prieden in kwelders					Holwerd aan Zee			
geschikt rustbiotoop vogels	aanleg rustbiotoop vogels				Gemaal de Heining (binnendijks)	Holwerd aan zee			Paezemerlannen
	zie maatregelen kwelder								
verandering onderwaternatuur/ voedseltekort vogels	verbetering onderwaternatuur		~5,8 km				~2,3 km	~2,1 km	~2,1 km
	zie maatregelen kwelders								
ontbreken visverbindingen	herstel visverbindingen		Koehool	reeds aanwezig bij Zwarte Haan	reeds aanwezig bij Gemaal de Heining	Holwerd aan Zee		Wierum	Paesens-Moddergat en Paezemerlannen
	herstel fysische gradiënten		Koehool	reeds aanwezig bij Zwarte Haan	reeds aanwezig bij Gemaal de Heining	Holwerd aan Zee			Paesens-Moddergat

legenda

bouwsteen	oplossingsrichting	bouwsteen	oplossingsrichting	bouwsteen	oplossingsrichting
	flauw voorland		vispassage		herstel visverbindingen
	(broed) vogeleiland		doorsteken zomerkade		terugbrengen kwelder dynamiek
	kwelderwerken		natuurvriendelijke onderwaterbekleding		bijdrage verbetering onderwaternatuur
	geul in kwelder		getijdenpoel		bijdrage verbetering onderwaternatuur
					bouwstenen op te nemen in ontwerpessie (tevens PAGW doel)
					niet van toepassing

6.5 Bijdrage aan doelbereik

6.5.1 Bijdrage in dijktracé

Nu we in beeld hebben welke maatregelen en in welke zoekgebieden meegenomen kunnen worden met de dijkversterking rijst de vraag welk dijktraject en/of specifieke locatie de grootste bijdrage aan het behalen van de KRW en/of Natura 2000 doelen kan leveren. Onderstaand is een inschatting gemaakt op basis van expert judgement.

Hierbij zij de volgende wegingscriteria gehanteerd:

- 1,00 → **directe** bijdrage aan het wegnemen van het knelpunt;
- 0,75 → draagt **indirect** bij aan het wegnemen van het knelpunt;
- 0,50 → draagt niet bij aan het wegnemen van het knelpunt maar heeft wel een **direct** positieve invloed op niet onderscheidende factoren. Bijvoorbeeld onderwaternatuur biedt extra voedselbeschikbaarheid aan broedvogels, echter broedbiotoop is het knelpunt voor deze soorten;
- 0,25 → draagt niet bij aan het wegnemen van het knelpunt maar heeft wel een **indirecte** positieve invloed op niet onderscheidende factoren, en;
- 0 → relatie met doelstelling is **zeer indirect**.

Hierin wordt dus ook meegenomen hoe een maatregel met als primair doel bijvoorbeeld *KRW-binnendijks*, ook kan bijdrage aan bijvoorbeeld *steltlopers*. De bijdrage is weergegeven in tabel 6.5.

Tabel 6.5 Wegingstabel: bijdrage aan doelbereik per maatregel

Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	KRW-binnendijks	KRW-buitendijks	Schorren en zilte graslanden (H1330A)	Onderwaternatuur (H140A)	Broed- rustgebied vogels	Duikenden	Duikende vissers	Grondeleenden	Steltlopers
gebrek aan kwelder dynamiek / verouderde kwelders	terugbrengen kwelder dynamiek	0	1,00	1,00	0	0,75	0,25	0,25	1,00	0,75
	aanleg pionier kwelders	0	0,50	0,50	0	0,75	0,25	0,25	1,00	0,75
	faciliteren slenken en prielen in kwelders	0,25	1,00	1,00	0	0,75	0,25	0,25	1,00	0,75
te kort geschikt rustbiotoop voor vogels	aanleg vogeleilanden	0	0	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
voedseltekort vogels / verandering onderwaternatuur	verbetering onderwaternatuur	0	0,50	0	1,00	0,50	0,75	0,75	0,25	1,00
ontbreken visverbindingen	herstel visverbindingen	1,00	1,00	0	1,00	0	1,00	1,00	0,25	1,00
	herstel fysische gradiënten	1,00	1,00	0	1,00	0	1,00	1,00	0,25	1,00

Om inzicht te krijgen welk dijktraject de grootste bijdrage kan leveren aan het behalen van de doelstellingen zijn de zoekgebieden (Tabel 6.4) en de wegingstabel (Tabel 6.5) gecombineerd (vermenigvuldigt). Daarnaast is er gecorrigeerd voor de lengte om ook een beeld van de bijdrage per strekkende km te krijgen. Beide variabelen geven inzicht in de relatieve bijdrage van maatregel aan de doelstellingen binnen het dijktraject.

Tabel 6.6 Bijdrage aan doelbereik per deeltracé voor dijkversterking Koehool-Lauwersmeer

	dijktracé	1. Koehool-Zwarte haan	2. Zwarte haan-Nieuwebildtzijl	3. Nieuwebildtzijl-Bijje	4. Holwerd	5. Tenaard	6. Wierum-Nes	7. Paesens-Moddergat
oorzaak	oplossingsrichting							
gebrek aan kwelder dynamiek / verouderde kwelders	terugbrengen kwelder dynamiek	0,0	5,0	5,0	4,4	0,0	0,0	4,4
	aanleg pionier kwelders	4,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0
	faciliteren slenken en prielen in kwelders	0,0	5,3	5,3	3,9	0,0	0,0	4,4
tekort geschikt rustbiotoop voor vogels	aanleg vogeleilanden	4,4	4,4	4,4	3,8	0,0	0,0	3,8
verandering onderwaternatuur / voedseltekort vogels	verbetering onderwaternatuur	4,8	0,0	0,0	0,0	3,6	3,6	3,6
ontbreken visverbindingen	herstel visverbindingen	3,1	0,0	0,0	3,1	0,0	3,1	3,1
	herstel fysieke gradiënten	3,1	0,0	0,0	6,3	0,0	3,1	6,3
totaal bijdrage		19,4	14,6	14,6	21,4	5,6	11,8	25,4
lengte deeltracé (km)		9,5	1,86	2,18	1,33	5,90	2,18	1,23
bijdrage per km		2,0	2,1	1,3	7,1	1,8	1,5	7,3

De methodiek die hier is gehanteerd, moet vooral indicatief worden gebruikt. De numerieke waarde hebben hooguit een relatieve betekenis. De benadering doet namelijk te kort als maatregelen effectief worden gecombineerd. Denk bijvoorbeeld aan vogeleiland (rustgebied) in combinatie met verbeterde onderwaternatuur (voedsel). In de nadere uitwerking zal de bijdragen nader gekwantificeerd moeten worden, met name voor vogels. Hierbij kan methodiek worden gevolgd zoals toegepast bij Holwerd aan Zee (Koopmans, Onrust, and Wymenga 2018).

Op basis van deze tabel en de overweging dat de combinatie van kansen een additionele meerwaarde creëert, zijn vier kanscluster bepaald. Maatregelen zijn op alle locaties zinvol en dragen bij aan het doelbereik. Met deze clusters proberen we enige volgorde aan te geven en de kansen tot integratie van de maatregelen te benadrukken. In orde van hun bijdrage aan het doelbereik zijn deze clusters hieronder nader uitgewerkt.

1 - Peazemerlannen - Paesens moddergat

Rond de Peazemerlannen liggen grote kansen voor de natuur, met name door de combinatie van de verschillende maatregelen. De aanleg van een vispassage in combinatie met het verbeteren van de kwelderdynamiek, draagt bij aan de visstand, KRW-doelen en kwelderdoelen. Daarnaast kan hierdoor de kwelder geschikt worden als rustgebied voor vogels, zeker als hierbij ook een vogeleiland wordt geplaatst. Daarnaast kunnen de delen waar water tot aan de dijk komt verbeterd worden, waardoor de kraamkamerfunctie en voedselbeschikbaarheid wordt vergroot.

2 - Holwerd aan Zee - Fryslân Bûtendyks en Ternaard ('t Schoor)

De kansen bij Holwerd en omgeving springen in het oog, vanwege de bijdrage per km. Het project Holwerd aan Zee in combinatie met het versterken van de kwelderdynamiek bij Fryslân Bûtendyks en eventueel een binnendijkse ontwikkeling richting 't Schoor kan een substantiële bijdrage leveren aan het behalen van de N2000 en KRW-doelen, door bijvoorbeeld de dijk te verleggen in het tussengebied tussen Holwerd, 't Schoor en Fryslân Bûtendijks.

Met name het doorsteken van de zomerdijk en het aanleggen van vogeleilanden, kan de lokale ecologie ten goede komen. Op deze locatie is al een visverbinding aanwezig. Het totale cluster bevat op deze wijze 2 visverbindingen, een brakwatermeer, meerdere vogeleilanden en jonge, meer dynamische kwelders binnen- en buitendijks.

3 - Koehool-Zwarte Haan & 4 - Wierum - Nes

Ook zijn er kansen op de deeltracés Koehool-Zwarte Haan en Wierum-Nes. De kwelders zijn hier in beide gebieden relatief klein, waardoor grootschalige ingrepen niet voor de hand liggen. Wanneer de kwelderdynamiek wordt verhoogd, bestaat het risico dat de kwelders volledig verdwijnen. Hierdoor is het toepassen van vispassages wel makkelijker, omdat het water dichterbij de dijk komt. Hier zouden verbindingen met het achterland goed kunnen worden toegepast. Daarbij komt dat grote delen van de dijk hier geschikt zijn voor natuurvriendelijke onderwaterbekleding, wat bijdraagt aan de kraamkamerfunctie en voedselbeschikbaarheid.

Wierum-Nes is tevens niet zeer geschikt voor ingrepen ten behoeve van vogels, waardoor de beoordeling relatief laag uitvalt. Ingrepen in dit gebied ten behoeve van andere doelen zijn echter wel zinvol. Voor integrale kansen liggen de eerder genoemde clusters meer voor de hand.

Tot slot betreft over het gehele tracé versterken van de biodiversiteitswaarde van de dijk een no-regret maatregel.

6.5.2 Bijdrage aan het Waddenzee systeem

Om inzicht te krijgen in welke mate het totaalpakket aan maatregelen op het dijktraject Koehool-Lauwersmeer bijdraagt aan de KRW- en Natura 2000-doelen van de Waddenzee als systeem hebben we een inschatting gemaakt op basis van expert-judgement. Hierbij schatten we in, in welke mate de maatregelen inhaken op de belangrijkste knelpunten voor de Waddenzee. In tabel 6.7 is een overzicht gegeven. Met geel zijn de maatregelen aangegeven die in het kader van de dijkversterking genomen kunnen worden.

Tabel 6.7 Ecologische knelpunten, te nemen maatregelen en relatie met de beleidsdoelen (++ groot positief effect, + positief effect, 0 geen effect)

Ecologisch knelpunt	Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	Bijdrage aan doelbereik	Toelichting
te hoge nutriënt concentraties	aanvoer vanaf binnenland	verminderen nutriëntenlast boezemwateren en verlagen aanvoer nutriëntrijk water naar Waddenzee	0	primair bepaald door nutriëntbelasting buiten de directe invloedssfeer van de dijkversterking
verruigde kwelders	gebrek aan dynamiek / verouderde kwelders	aanleg pionier kwelders, terugbrengen dynamiek, faciliteren van slenken en	++	maatregelen voor kwelders opgenomen

Ecologisch knelpunt	Onderliggende oorzaak	Oplossingsrichting	Bijdrage aan doelbereik	Toelichting
		prielen, aanpassen kwelderbeheer		
	(atmosferische) vermesting	verlagen (atmosferische) vermesting	0	primair bepaald door nutriënt depositie
voedsel te kort vogels	zie kwelders, vertroebeling/hoge bodem dynamiek/mortaliteit visserij, lage kwaliteit onderwater		+	maatregelen voor kwelders dragen ook bij aan voedsel voor vogels
tekort aan rustbiotoop /broedgebied vogels	zie kwelders	verjongen kwelders	+	zie kwelder
	rustbiotoop binnendijks	verbeteren gebieden binnendijks / aanleg vogeleilanden	+	maatregelen voor vogeleilanden opgenomen
	recreatie	beheer en handhaving	0	verstoring op de dijk verminderen
ontbreken migratie zoet-zout	ontbreken visverbindingen	herstel visverbindingen en fysische gradiënten	++	zoekgebieden vispassages opgenomen
vertroebeling/hoge bodem dynamiek	veranderde morfologie	verwijderen civiele constructies	++	voorgenomen maatregelen opgenomen ten gaste van kwelders en met oog op klimaatverandering
	bodemberoering van onder andere visserij	verlagen bodemberoerende activiteiten	0	niet opgenomen
verstoring door menselijke activiteiten	directe mortaliteit vis en bodemleven door visserij	visserijdruk verlagen	0	niet opgenomen
	baggeren, toerisme, etc.	druk activiteiten verlagen	0	niet opgenomen, verstoring op de dijk verminderen.
problematiek buiten Waddengebied	niet nader uitgewerkt		0	niet opgenomen

6.5.3 Bijdrage aan doelbereik PAGW

Om inzicht te krijgen in de mate van doelbereik van de maatregelen voor de PAGW-doelstellingen is op basis van expert-judgement een inschatting gemaakt. Hiervoor is het beoordelingskader van de PAGW (afbeelding 4.5) gehanteerd. Per kansrijks cluster (paragraaf 6.5.1) is de bijdrage op de verschillende criteria (diversiteit, omvang, kwaliteit en verbondenheid) ingeschat (

tabel 6.8).

Tabel 6.8 Bijdrage aan doelbereik PAGW per cluster, waarbij is beoordeeld een bijzonder positieve bijdrage (+++), een zeer positieve bijdrage (++), een positieve bijdrage (+) of neutrale bijdrage

	Diversiteit	Omvang	Kwaliteit	Verbondenheid	Totaal
1 - Holwerd aan Zee - Fryslân Bûtendyks en Ternaard	+++	++	++	++	9+
	i) kwelder variatie ii) brakke systemen	i) pionier kwelders	i) verhoogde dynamiek ii) vogeleilanden ii) verbeterde onderwaternatuur	i) geïntegreerde zoet-zout overgangen ii) natuurgebieden integraal verbonden	
2 - Peazemerlannen	+++	0	++	++	7+
	i) kwelder variatie ii) brakke systemen		i) verhoogde dynamiek ii) vogeleilanden iii) verbeterde onderwaternatuur	i) geïntegreerde zoet-zout overgangen	
3 - Koehool - kwelder Westhoek	++	+	+	+	5+
	i) kwelder variatie i) brakke systemen	i) pionier kwelders	i) verhoogde dynamiek ii) vogeleilanden iii) verbeterde onderwaternatuur	i) zoet-zout overgangen	
4 - Wierum - Nes	++	+	+	+	5+
	i) kwelder variatie i) brakke systemen	i) pionier kwelders	i) verhoogde dynamiek ii) vogeleilanden ii) verbeterde onderwaternatuur	i) zoet-zout overgangen	

Ook hier komt naar voren dat ingrepen rond Holwerd aan Zee - Fryslân Bûtendyks en Ternaard en Peazemerlannen een bijzondere impuls aan de ecologie kunnen geven. Met name omdat op deze wijze de diversiteit van verloren leefgebieden (dynamische en brakwater gebieden) wordt verbeterd en de verbondenheid van verschillende gebieden wordt hersteld.

6.5.4 Conclusie

De opgave in de Waddenzee is dermate groot (de KRW en Natura 2000 doelen worden door meerdere factoren niet behaald) dat het wenselijk is om zoveel mogelijk kansen voor verbetering van de ecologische waarden in de context van de dijkversterking te benutten. Met name het toepassen van integrale combinatiekansen kan ecologisch een impuls geven, daar het de robuustheid van de natuur op meerdere plekken versterkt. De analyse laat zien dat de clusters Peazemerlannen (1), Holwerd-Fryslân Bûtendyks-T Schoor (Ternaard) (1) en het meest kansrijk zijn voor een grootschalige impuls, daar herstel van kwelderdynamiek (in samenspel met hvp's) en de realisatie van visverbindingen fundamenteel bijdraagt aan de problematiek van de Waddenzee. Deze maatregelen zouden zich met name landinwaarts moeten richten, zodat **Ruimte voor de Waddenzee** kan worden bereikt, waardoor de huidige doelstellingen ook met klimaatverandering realistisch blijven. Met name de ontwikkeling van laagdynamische getijdennatuur (kwelder) is sterk van belang. Ontwikkeling kan bereikt worden door middel van *dubbele dijken*, *wisselpolders* of het *verleggen van dijken*. Door combinatie van verschillende kansen zal de veerkracht van het systeem verbeterd worden waardoor de dynamiek, die de Waddenzee tot een van de mooiste natuurgebieden ter wereld maakt ook in het licht van klimaatverandering behouden blijft.

Het is overigens belangrijk om te beseffen dat maatregelen rond de dijk niet alle problemen in de Waddenzee kunnen aanpakken. Hierbij gaat het met name om hoge mate van verstoring, verhoogde nutriënt concentraties, problematiek die buiten de Waddenzee en uiteraard de civiele constructies die ten behoeve van waterveiligheid behouden moeten blijven. Daarnaast zal ook de kwaliteit van het achterland een boost moeten krijgen om werkelijk als waardevol opgroeigebied voor diadrome vis te dienen.

De voorgestelde maatregelen zullen een substantiële bijdrage leveren aan de natuur aan de Friese kust, met een uitwerking op het Waddenzee ecosysteem als geheel. De moderne kijk op dijkversterkingen die wordt toegepast door PAGW en het Wetterskip Fryslân kan belangrijke stappen zetten richting een duurzame manier van behoud van natuur. Het wordt aan de PAGW en het Wetterskip Fryslân geadviseerd om één of meerdere kansclusters te omarmen en met maatregelen binnen- en buitendijks zoals in deze systeemanalyse behandeld binnen deze clusters, de ecologie een zo groot mogelijke impuls te geven.

LITERATUUR

- Arcadis. 2016. *Baggeren En Verspreiden in de Waddenzee | Passende Beoordeling*. https://www.waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Overheid/pdf/PB_RWS_eindconcept_26_april_baggeren_en_verspreiden_Waddenzee_2016-2021.pdf (January 20, 2021).
- Baptist, Martin J. et al. 2019. "An Ecotope Map of the Trilateral Wadden Sea." *Journal of Sea Research*.
- Van Belzen, Jim, Gerlof Rienstra, and Tjeerd Bouma. 2021. "Dubbele Dijken Als Robuuste Waterkerende Landschappen Voor Een Welvarende Zuidwestelijke Delta." <https://doi.org/10.25850/nioz/7b.b.kb>. (March 26, 2021).
- Birklund, J, and J W M Wijsman. 2005. Sand pit report WL Z3297 *Aggregate Extraction: A Review on the Effect on Ecological Functions*. Deltares (WL) - DHI. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A11ee2c93-2dfd-429e-acd4-a079a0fa2552> (January 20, 2021).
- Bosma advies, 2021. Swiet wetter wierum-ternaard. Waterveiligheid, toerisme, landbouw, natuur, leefbaarheid & klimaat.
- Capelle, Jakob J., and Marnix R. van Stralen. 2020. *Bestandsopname van Mosselen Op Mosselkweekpercelen in de Waddenzee in December 2019*. Wageningen Marine Research. <https://research.wur.nl/en/publications/437aed45-17e6-4b3e-8f8d-c3cc15c9b1e0> (January 27, 2021).
- Cleveringa, and Grasmeyer. 2010. *Meegroeivermogen En Gebruiksruimte in de Getijdebekkens Vlie En Marsdiep - PDF Free Download*.
- Deinet, Stefanie et al. 2020. *Living Planet Index Technical for Migratory Freshwater Fish*.
- Dienst Landelijk Gebied, and Staatsbosbeheer. 2016. *Natura 2000 Beheerplan Lauwersmeer*.
- Doze, Jacco. 2020. *MIRT-Startbeslissing Verzachten Randen van Het Wad, Als Onderdeel van Het Gebiedsproces van Het Dijkversterkingsproject Koehool-Lauwersmeer*.
- van Duin, W.E., P. Esselink, and K. Elschot. 2018. "Vastelandskwelders Waddenzee: Dynamiek En Diversiteit Door Beheer En Inrichting." *Artemisia*.
- van Duren, L., and M.M. van Katwijk. 2015. *Herstelmaatregel Groot Zeegrass in de Nederlandse Waddenzee - Haalbaarheid van de Doelstellingen Onder de Kaderrichtlijn Water*.
- Ecoshape. 2020. "Restoring Estuarine Ecosystems - How to Use ." <https://www.ecoshape.org/en/concepts/restoring-estuarine-ecosystems/how-to-use/> (March 25, 2021).
- van der Eijk, Addo et al. 2016. "Met Isotopenonderzoek de Kwaliteit van Ecosysteem Bepalen." <https://edepot.wur.nl/394449> (January 20, 2021).
- Elias, E. P.L., A. J.F. Van Der Spek, Z. B. Wang, and J. De Ronde. 2012. "Morphodynamic Development and Sediment Budget of the Dutch Wadden Sea over the Last Century." *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences*.
- Elschot, Kelly et al. 2020. *Lange-Termijnontwikkeling van Kwelders in de Waddenzee (1960-2018)*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. <https://research.wur.nl/en/publications/22fac34f-6de2-427e-a991-3e07b26a5387> (February 3, 2021).
- van den Ende, D. et al. 2020. *Mosselbanken En Oesterbanken Op Droogvallende Platen van de Nederlandse Zoute Getijdenwateren in 2019: Bestand En Arealen*. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO). <https://research.wur.nl/en/publications/c9264b52-3eeb-4328-b81d-2fa9ccd61e64> (December 18, 2020).
- van der Endt, Just, and Wouter Gotjé. 2020. *Ecologische Bouwstenen Verkenning Waddenzeedijk Koehool-Lauwersmeer*.
- Eriksson, Britas Klemens et al. 2010. "Major Changes in the Ecology of the Wadden Sea: Human Impacts, Ecosystem Engineering and Sediment Dynamics." *Ecosystems*.
- Esselink, P. et al. 2017. "Salt Marshes | Wadden Sea Quality Status Report." *Common Wadden Sea Secretariat*.
- Esselink, P, W E Van Duin, and A Wielemaker. 2019. *Variatie Op de Kwelder Door Beweiding: Een Handreiking Aan Natuurbeheerders*.

- Fitzgerald, D. M., and S. Penland. 1987. "Backbarrier Dynamics of the East Friesian Islands." *Journal of Sedimentary Petrology*.
- Folmer, Eelke O. et al. 2014. "Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytilus Edulis* L.) Bed Coverage in the German and Dutch Wadden Sea." *Ecosystems* 17(3): 550–66. <https://link-springer-com.ezproxy.library.wur.nl/article/10.1007/s10021-013-9742-4> (April 19, 2021).
- . 2016. "Consensus Forecasting of Intertidal Seagrass Habitat in the Wadden Sea" ed. Yolanda Wiersma. *Journal of Applied Ecology* 53(6): 1800–1813. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12681> (April 19, 2021).
- Van Der Heide, Tjisse et al. 2012. "A Three-Stage Symbiosis Forms the Foundation of Seagrass Ecosystems." *Science* 336(6087): 1432–34.
- van der heijden, E., A. Rippen, and E. Schut. 2019. *Ecologische Analyse van Natuurmaatregelen Langs de Lauwersmeerdijk*.
- van der Hoek, Dirk-Jan et al. 2015. *Economische En Ecologische Perspectieven van Een Dubbele Dijk Langs de Eems-Dollard*.
- Jacobs, P., J. C. Kromkamp, S. M. Van Leeuwen, and C. J.M. Philippart. 2020. "Planktonic Primary Production in the Western Dutch Wadden Sea." *Marine Ecology Progress Series* 639: 53–71.
- Kamermans, P., and M. Dedert. 2012. *Effect of Variations in Concentration of Algae and Silt on Filtration and Growth of the Razor Clam (Ensis Directus, Conrad)*. https://www.researchgate.net/publication/241881896_Effect_of_variations_in_concentration_of_algae_and_silt_on_filtration_and_growth_of_the_razor_clam_Ensis_directus_Conrad (January 20, 2021).
- Kesmer, F.D., W. Soepboer, and S.D. Haitsma. 2020. *Startdocument Versterking Waddenzeedijk Koehool-Lauwersmeer*.
- Koek, Marjolein. 2020. "Zeegrasherstel Griend Komt van de Grond ." <https://www.natuurmonumenten.nl/natuurgebieden/griend/nieuws/zeegrasherstel-griend-komt-van-de-grond> (January 20, 2021).
- Koopmans, M., J. Onrust, and E. Wymenga. 2018. *Holwerd Aan Zee Ecologisch Belicht*.
- van Loon-Steensma, J.M. et al. 2012. "Zoekkaart Kwelders En Waterveiligheid Waddengebied." *Alterra*.
- Lotze, Heike K. 2007. "Rise and Fall of Fishing and Marine Resource Use in the Wadden Sea, Southern North Sea." *Fisheries Research*.
- Louters, T., and F. Gerritsen. 1994. *HET MYSTERIE VAN DE WADDEN - Hoe Een Getijdensysteem Inspeelt Op de Zeespiegelstijging*.
- van der Meer, Jaap et al. 2019. "The Birth, Growth and Death of Intertidal Soft-Sediment Bivalve Beds: No Need for Large-Scale Restoration Programs in the Dutch Wadden Sea." *Ecosystems* 22(5): 1024–34. <https://research.wur.nl/en/publications/the-birth-growth-and-death-of-intertidal-soft-sediment-bivalve-be> (April 15, 2021).
- Meininger, Peter L, and Jaap Graveland. 2002. *Leidraad Ecologische Herstelmaatregelen Voor Kustbroedvogels - Balanceren Tussen Natuurlijke Processen En Ingrijpen*.
- Ministerie van Economische Zaken. 2014. "Natuurambitie Grote Wateren 2050 En Verder."
- . 2017. *Wijzigingsbesluit Natura 2000-Gebied Waddenzee*. https://www.natura2000.nl/sites/default/files/gebieden_aanwijzing_en_archief/001/WEB_Wijzigingsbesluit_Waddenzee.pdf (April 2, 2021).
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2016a. *Stroomgebiedbeheerplan Eems 2016-2021*.
- . 2016b. *Stroomgebiedbeheerplan Rijn 2016-2021*.
- Ministerie van Landbouw Natuur en Milieu. 2016. "Waddenzee | Natura 2000." <https://www.natura2000.nl/gebieden/friesland/waddenzee> (February 2, 2021).
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. 2004. Rapportnr.: 2004.022 *Effecten van Een Nieuwe Spuisluis in Afsluitdijk Op de Ecologie van de Waddenzee*. Rijkswaterstaat, RIKZ. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Aaa105b46-e492-445c-8223-4f540945fca7> (January 22, 2021).
- . 2008. *Beheer- En Ontwikkelplan Voor de Rijkswateren 2010-2015*. www.rijkswaterstaat.nl (March 2, 2021).
- NAM. 2016. *Winningsplan Groningen Gasveld 2016*.
- . 2017. "Interactieve Kaart | Feiten En Cijfers | NAM | NAM." https://www.nam.nl/feiten-en-cijfers/interactieve-kaart.html#iframe=L2VtYmVkL2NvbXBvbmVudC8_aWQ9aW50ZXJhY3RpZXZILWthYXJ0 (January 20, 2021).
- Neijns, Floris K., Koen Siteur, Johan van de Koppel, and Max Rietkerk. 2021. "Early Warning Signals for Rate-Induced Critical Transitions in Salt Marsh Ecosystems." *Ecosystems*.
- van Nieuwenhuizen Wijbenga, C, and Ministerie van infrastructuur en milieu. 2019. *Voorgenomen Investerings Programmatische Aanpak Grote Wateren*.

- Noordhuis, Ruurd et al. 2019. "Klimaatscan | PAGW." *Deltares*.
- Oost, A. P., and P. A. H. Kleine Punte. 2003. *Autonome Morfologische Ontwikkeling Westelijke Waddenzee: Een Doorkijk Naar de Toekomst*. https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_118939_31/ (January 20, 2021).
- Oost, A.P. 1995. *Dynamics and Sedimentary Developments of the Dutch Wadden Sea with a Special Emphasis on the Frisian Inlet: A Study of the Barrier Islands, Ebb-Tidal Deltas, Inlets and Drainage Basins*. <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/272729> (January 20, 2021).
- Oost, Albert, and J. Cleveringa. 2017. "Komborgingsrapport Friesche Zeegat." *Deltares*.
- Oost, Albert, J. Cleveringa, and Marcel Taal. 2020. "Komborgingsrapport Friesche Zeegat | Pinkegat En Zoutkamperlaag." *Deltares*.
- PAGW. 2018. "Programmatiese Aanpak Grote Wateren (PAGW)." <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/programmatische-aanpak-grote-wateren-pagw/> (March 15, 2021).
- Programma Eems Dollard 2050. "Project Dubbele Dijk." 2021. <https://eemsdollard2050.nl/project/dubbele-dijk/> (March 26, 2021).
- PRW, 2020. Klimaatverandering en ecologie - trekvogels.
- Van Raaphorst, Wim, and Victor N. De Jonge. 2004. "Reconstruction of the Total N and P Inputs from the IJsselmeer into the Western Wadden Sea between 1935-1998." *Journal of Sea Research* 51(2): 109–31.
- RHDHV. 2018. *Managing Tidal Systems, Large-Scale Morphological Development and Management of the Dutch Wadden Sea*.
- Rijk-regio Projectgroep Agenda voor het Waddengebied 2050; 2020. *Agenda Voor Het Waddengebied 2050*; Rijkswaterstaat. 2015. "Hoogwatervluchtplaatsen in Oosterschelde En Westerschelde (Digitale Kaarten)." ———. 2016. *Natura 2000 Beheerplan Waddenzee 2016-2022*. ———. 2018. *KRW Factsheets Rijkswateren*.
- Rijkswaterstaat. 2017. *Natura 2000 Beheerplan IJsselmeergebied 2017-2023*. <https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2019/05/Beheerplan-IJsselmeer.pdf> (March 15, 2021).
- Rippen, A. et al. 2020. *Review Effecten Natuurlijke Bodemdynamiek En Menselijke Bodemberoering in de Sublitorale Waddenzee | Niet Openbaar*.
- Roels, Bas. 2021. "Dubbele Dijken: Een Win-Win Situatie." <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-podium/opinie/dubbele-dijken-een-win-win-situatie> (March 26, 2021).
- De Ronde, J G. 2008. Z4582.24 WL rapport *Toekomstige Langjarige Suppletiebehoefte*. Deltares (WL). <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A5fa41e3f-007b-468d-a963-b531e4974af9> (January 20, 2021).
- Sirks, Emma, Mariska van Reijn, Wouter Gotjé, and Sjoerd Haitsma. 2020. *Verkenning Ecologische Kansen Koehool-Lauwersmeer*. <https://rijkwaddenzee.nl/wp-content/uploads/2020/03/Eindrapportage-ecologische-kansen-Koehool-Lauwersmeer-definitief.pdf> (November 18, 2020).
- Sovon. 2020. "Vogels per Gebied | Sovon.NL." <https://www.sovon.nl/nl/gebieden> (November 13, 2020).
- STOWA. 2015. *Ecologische Sleutelfactoren*. <https://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/ecologische-krw-doelen> (March 15, 2021).
- . 2018. *Referenties En Maatlatten Voor Natuurlijke Watertypen Voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021*. <https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343331313038> (February 23, 2021).
- . 2020. *MEP En Maatlatten Voor Sloten En Kanalen Voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*. <https://www.stowa.nl/publicaties/omschrijving-mep-en-maatlatten-voor-sloten-en-kanalen-voor-de-kaderrichtlijn-water-2021> (March 15, 2021).
- Swimway group. 2019. *Trilateral Wadden Sea Swimway Vision Action Programme*.
- Teilmann, L F et al. 2017. Common Wadden Sea Secretariat *Marine Mammals | Wadden Sea Quality Status Report*.
- Troost, K et al. 2021. *Schelpdierbestanden in de Nederlandse Kustzone, Waddenzee En Zoute Deltawateren in 2020*. <https://doi.org/10.18174/538895> (March 8, 2021).
- Ulzen, Jonna van, and Roef Mulder. 2018. "Actieplan Broedvogels Waddenzee." *Programma naar een Rijke Waddenzee*.
- Vos, P., and S. de Vries. 2013. "2e Generatie Palaeogeografische Kaarten van Nederland."
- Waddenzeecommissie. 1974. *Rapport van de Waddenzeecommissie*.
- Wang, Z. B. et al. 2012. "Morphodynamics of the Wadden Sea and Its Barrier Island System." *Ocean and Coastal Management*.
- Wang, Zheng Bing, Katherine Cronin, and Maarten van Ormondt. 2010. *Analyse Lidar Data Voor Het Friesche Zeegat Monitoring Effect Bodemdaling Door Gaswinning 1202285-000*.
- Waterschap Noorderzijlvest. *KRW Factsheets Noorderzijlvest. Werksessie Swimway Friesland*.

- Wetterskip Fryslân. 2019. *KRW Factsheets Wetterskip Fryslân*.
- . 2020a. *Watersysteemanalyse De Jorðaan*.
- . 2020b. *Watersysteemanalyse Dijkvaart*.
- . 2020c. *Watersysteemanalyse Dokkumer Ee*.
- . 2020d. *Watersysteemanalyse Sneeker Trekvaart*.
- . 2020e. *Watersysteemanalyse Zuider Ee*.
- Wintermans, George. 2012. *Effecten van Bodemdaling Door Gaswinning Op Het Waddenzegebied*.
- Wolters, G., and G.H. Bonhof. 2019. *Monitoring Vispassage De Heining Met de Glasaaldetector*.
- van der Zee, Els M., Eelke O. Folmer, and Bruno Ens. 2021. "Friese Kust Hvp-Benuttingsanalyse | Voorlopige Bevindingen." *Altenburg & Wymenga*.

Bijlage(n)



BIJLAGE: VERSLAG EXPERTSESSIE 18 FEBRUARI 2021

VERSLAG

Onderwerp	Verslag expertsessie	
Project	Systeemanalyse PAGW/KLM	
Projectcode	-	
Datum overleg	18 februari 2021	
Referentie	-	
Auteur(s)	Just van der Endt	
Datum verslag	23 februari 2021	
Bijlage(n)	-	
Aanwezig	<p>Albert Formisma Erik Bruin Slot Chris Bakker Els van der Zee</p> <p>Eelke Folmer Kelly Elschot Harry Feenstra Gertie Papenburg Meinte Engelmoer Albert Oost</p> <p>Peter Herman</p> <p>Sander Holthuijsen Willem van Duin Willem Jan van Elsacker Wouter Patberg Jacco Doze Anouk Goedknegt Bart Timmermas Just van der Endt Wouter Gotjé Marloes van der Kamp</p>	<p>Provincie Fryslân - broedvogel expert Provincie Fryslân - waterbouwkundig, ecoengineer 't Fryske Gea - ervaring met zoet-zout gradiënten, kwelders Altenbrugh & Wymenga - marien ecooloog, projectleider onderzoek HVP's wad</p> <p>Aeria - Ecooloog WMR - kwelder ecooloog, verstand van monitoring Gemeente Noardeast-Fryslân - kennis van wad + kwelders Stichting FLORON - vegetatie expert Provincie Fryslân - steltlopers- en wadvogels Staatsbosbeheer - morfoloog en terreinadviseur Nederlandse kust, kennis van zoet/zout overgangen TUDelft/ Deltares - voormalig lid waddenacademie, biobouwers, bodemdieren</p> <p>NIOZ - kennis bodemleven en waddenmozaiek kwelderonderzoek Wetterskip Fryslân - programma manager Wetterskip Fryslân - aquatisch ecooloog en visonderzoek Rijkswaterstaat Rijkswaterstaat Rijksdienst voor Ondernemend Nederland Witteveen+Bos Witteveen+Bos Witteveen+Bos</p>
Afwezig	-	
Kopie	-	

1 DOEL

- Breed gedeeld beeld van de analyse en de resultaten;
- Ophalen van inzichten die toevoegen aan de analyse;
- Inzicht in effectiviteit van maatregelen i.r.t. N2000 en KRW;
- Aanvullen van ontbrekende informatie;

- Informatie kan nagestuurd worden aan: <<wouter.gotje@witteveenbos.com>>

2 PROGRAMMA

- Doelstelling en korte kennismaking;
- Introductie PAGW;
- Hoofdpijnen van de systeemanalyse
- Plenaire discussie;
- Maatregelen op 3 hoofdthema's;
- 3 deelsessies;
- Plenaire terugkoppeling;
- Toelichting vervolg en afronding.

3 AANWEZIGE EXPERTS

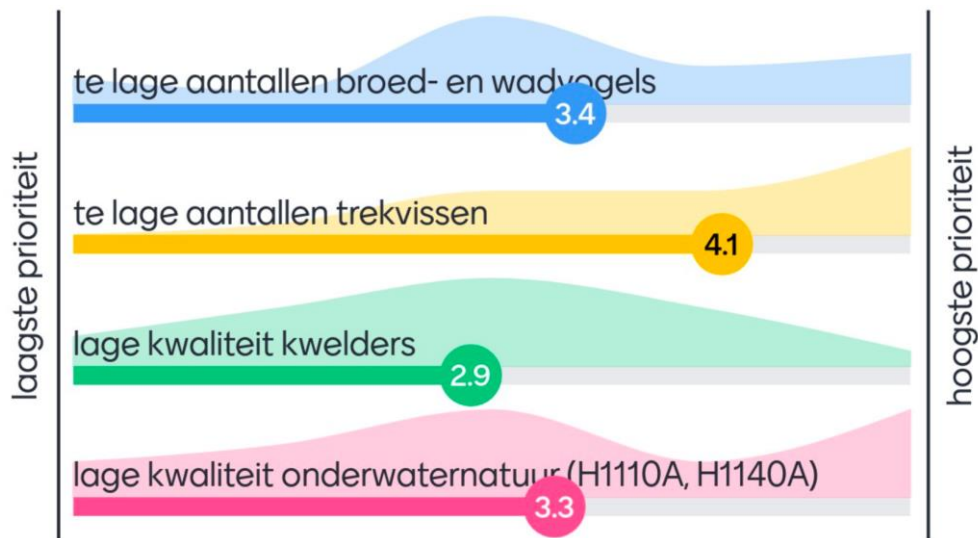
Albert Formsma	Provincie Fryslân - broedvogel expert
Erik Bruin Slot	Provincie Fryslân - waterbouwkundig, ecoengineer
Chris Bakker	't Fryske Gea - ervaring met zoet-zout gradiënten, kwelders
Els van der Zee	Altenbrugh & Wymenga - marien ecooloog, projectleider onderzoek HVP's wad
Eelke Folmer	Aeria - Ecooloog
Kelly Elschot	WMR - kwelder ecooloog, verstand van monitoring
Harry Feenstra	Gemeente Noardeast-Fryslân - kennis van wad + kwelders
Gertie Papenburg	Stichting FLORON - vegetatie expert
Meinte Engelmoer	Provincie Fryslân - steltlopers- en wadvogels
Albert Oost	Staatsbosbeheer - morfooloog en terreinadviseur Nederlandse kust, kennis van zoet/zout overgangen
Peter Herman	TUDelft/ Deltares - voormalig lid waddenacademie, biobouwers, bodemdieren
Sander Holthuijsen	NIOZ - kennis bodemleven en waddenmozaïek
Willem van Duin	kwelderonderzoek
Wouter Patberg	Wetterskip Fryslân - aquatisch ecooloog en visonderzoek

4 PLENAIRE SESSIE

Er is een overzicht gegeven van de totstandkoming en de eerste bevindingen van de systeemanalyse. Vervolgens zijn een aantal zaken bediscussieerd:

- **Wat zou u willen toevoegen aan de systeemanalyse?**
 - rol van natuurlijke processen/dynamiek;
 - inbreng van lokale experts/bewoners van het kustgebied;
 - binnendijkse gebieden;
 - aanpak kwelders;
 - rekening houden met ontwikkelingen klimaatverandering (zeespiegelstijging);
 - rekening houden met een verandering (toename) van recreatie;
 - hou ook rekening met *zout-zout* migratie van vissen (geep);
 - wat is het verschil tussen een gewenst volledig voedsel en de vos?
 - toelichting achterliggende gegevens;
 - kansen voor planten (ruw substraat);
 - helder beeld over veranderingen in aantallen (vogels) als gevolg van reproductie dan wel sterfte;
 - onderwaternatuur binnendijks: langs en in de waterlopen;
 - wisselpolders;
 - integratie met KRW;
 - waar doen we niets?;
 - het afbakenen van gebieden waar niet geknutseld wordt.
- **Welke maatregelen zouden volgens u nog toegevoegd moeten worden?**
 - binnendijkse onderwaternatuur;
 - dijk opnemen als onderdeel van het ecologische systeem;
 - waar doen we niks;

- zee-land overgangen (was normaal tot 1900);
 - gebieden afbakenen waar niet of nooit geknutseld wordt;
 - dijk als ecodeuct en als corridor;
 - factor tijd meenemen (bijvoorbeeld dynamische afslag/aangroei mogelijk maken);
 - gefaseerd gebruik van gebieden door recreanten (bijvoorbeeld niet bij hoogwater);
 - zoetwaterbuffers veilig stellen samen met connectiviteit-herstel;
 - systeemanalyse aansluiten op landbouwanalyse;
 - brakke opgroeigebieden voor vis binnendijks;
 - vogeilanden (oppassen met nutriënten huishouding).
- Welk thema verdient de hoogste prioriteit in relatie tot de dijk?



Peter Herman: Het is opvallend dat de kwelder hier weinig prioriteit krijgt. Verbetering kwelders zit vooral in het toelaten van dynamiek (de zee de kwelder laten overspoelen).

Willem van Duin: Als je dynamiek toelaat komt alles mee: vogels, vissen, pionierssoorten. Kwelders zijn zeer belangrijk en vormen een huis voor vogels als vis. Als het huis op orde is volgt herstel..

- Welke maatregel heeft volgens u de grootste bijdrage aan het behalen van de N2000 en KRW doelen?



Albert Formsma: De oplossing voor hoogwatervluchtplaatsen zit niet altijd bij de aanleg. Denk ook aan het aanpassen van het beheer en het handhaven van recreatie.

Conclusie plenaire sessie

De experts onderkennen in grote lijnen de gedane systeemanalyse. Het is zaak te focussen op het herstellen van het "huis" natuurlijke dynamiek. Daarnaast dient het effect van klimaatverandering meegenomen te worden. De analyse gaat inhoudelijk op basis van de gemaakte inhoudelijke opmerkingen en aangeleverde literatuur verder uitgewerkt worden en zal worden toegestuurd aan de experts. Een beoordeling van haalbaarheid valt buiten de scope van de opdracht

5 KWELDERS

Een volledig overzicht van de input is te vinden in bijlage 1. Hier volgt puntsgewijs een samenvatting.

5.1 Algemeen

- Kwelders zijn altijd belangrijk leefgebied geweest
 - Foerageergebied vogels
 - Broedgebied vogels
 - 'kinderkamer' voor kuikens
 - Kraamkamer voor vis
- Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen natuurlijke kwelders (zoals op de eilanden) en cultuurhistorische kwelders (als gevolg van de landaanwinning).
- Eelke Folmer: bij landaanwinningskwelders is wel ruimte om het natuurlijker te maken. Daar waar naar natuurlijke ontwikkeling is (morfologische processen): loslaten RWS heeft lang niets aan beheer van de kwelderwerken gedaan; dat is goed geweest voor de natuurlijke dynamiek (meer natuurlijke geulen).
- Over kwaliteit van de kwelders zijn de meningen verdeelt: Kelly Elschot vindt de verruiging beperkt, Chris Bakker is het hier niet mee eens en ziet een gebrek aan HVP's.
- Te weinig eilanden in hogere kwelders bij vaste land;
- Te weinig hoge kwelderruggen en de dijkvoet vervangt dat tot nog toe niet;
- Samenhang vissen en kwelders als opgroeigebied;
- Kijk ook naar randvoorwaarde (zoals verstoring);
- Kijk ook naar oorzaken verslechtering

5.2 Maatregelen

- Het aanleggen van een dam/kwelderwerken om meer natuurlijke kwelders te krijgen is contradictoir: kwelderwerken zijn niet natuurlijk.
- Niet te grofstortelijk aanpassen met kwelderwerken, etc., eerder beter extensiever beheer
- Overweg begrazing uit achterliggende natuurgebieden
- Koop alle kwelders buitendijks op tegen binnendijkse landbouwgrondprijzen en geef ze een natuurbestemming.
- Binnendijks nieuwe kwelders waar buitendijks geen kwelder is;
- De HVPs bij westhoek en zwarte haan zijn belangrijk voor de vogels die gebruik maken van de foerageergebieden ten westen ervan. Meer rust en ruimte zou de vogels kunnen helpen. Denk ook aan binnendijkse gebieden voor Wulpen.
- Zomerpolders (particulier eigendom) waar nog drijfmest en bestrijdingsmiddelen worden aangewend omvormen naar natuurlijke kwelder.
- Kweldertjes Wierum en Ternaard zijn te klein om een HVP te huisvesten als er ook mensen op de kwelder komen (gerechtvaardigd vanuit dorp achter de dijk).

5.3 Combinatie kansen

- dubbele dijk tussen westhoek en Koehool;
- Bij van Aa tot zee;
- Bij Paesens richting Lauwersmeer;
- Bij het militair oefenterrein richting Lauwersmeer;
- Holwerd en de veerdam: moet die daar wel blijven liggen. komberging onvoldoende groot. Kan je daar een meer integrale opmerking vinden.

- Bij Holwerd kwelderwerken opruimen en kwelder afgraven om komberging te creëren. En de veerdam op poten (of weg).

6 VISMIGRATIE

Een volledig overzicht van de input is te vinden in bijlage 2. Hier volgt puntsgewijs een samenvatting.

6.1 Soorten

- Soorten die over lange afstand migreren hebben een te lage kans rijkheid in het gebied. Deze komen alleen voor in grote zeearmen. Het achterland is niet geschikt voor deze soorten (fint, zalm, rivier-, zeeprick, houting, forel).
- Wel geschikt zijn: paling en stekelbaars (hoge prioriteit).
- Kansrijk met lage prioriteit zijn: bot en spiering.

6.2 Maatregelen buitendijks

- Richt op hierbij op kraamkamer functie.
- Dit vertaald zich met naar de geulen/kwaliteit kwelders.
- Vergroten van geul (bij bijvoorbeeld de heining) maak het tijdslot dat soorten kunnen migreren langer. Dit is secundair: zorg eerst dat er een doorlaat middel aanwezig is wat tenminste bij hoogwater passeerbaar is.

6.3 Maatregelen binnendijks

- onderwaterprofiel herinrichten (niet langs de dijk) Getrapte onderwater taluds - met name rond wat zilte wateren (meer luwte en schuilgelegenheden);
- denk daarbij ook aan duurzaam beheer;
- zoek combinatie met landbouw - bloemrijke akkerranden;

6.4 Doorlaat middelen

- Zoet-zout gradiënten is lastig. Een zoete lokstroom is vaak al voldoende.
- Als er we zoutwater binnendijks komt kan je beheer invullen: zoutwater extra weerstand geven bij instromen en 2x zo veel afvoeren bij laagwater.
- Meer door laatmiddelen is altijd van waarde: elke passage draagt bij (want doelsoorten zijn relatief passief);
- Wees hierin vooral ambitieus.

7 HOOGWATERVLUCHTPLAATSEN EN BROEDGELEGENHEDEN

7.1 Hoogwatervluchtplaatsen

- Els van der Zee: wordt momenteel gewerkt aan het vervolg rapport met kansen voor HVP'. Deels is het vooral een benuttingsanalyse, op basis van voedselbeschikbaarheid en andere factoren en gebaseerd op verstoring en vogeltellingen (SOVON, coördinatoren van SOVON).
- Albert stelt voor om deze telgegevens te combineren met de data van de lokale vogelwerkgroepen.
- De eerste resultaten van de A&W studie laat onderbenutting van potentiële HVP's zien tussen Harlingen en Zwarte haan en vanaf Wierum naar oosten. Dat komt vooral door verstoring en fysieke aanwezigheid van HVP. Daartussen worden HVP's goed benut.
- Oplossing is terugdringen verstoring en meer geschikt areaal HVP, door bijvoorbeeld een deel van buitentalud niet toegankelijk te maken: Geen fietspad en geen landbouw.
- Belangrijk voor HVP's zijn oppervlak onverstord gebied en afstand tot foerageergebieden.

7.2 broedgebieden

- Verstoringaspecten moeten in duidelijk in de systeem analyse worden meegenomen, ook voor broedvogels.
- Belangrijke factoren tbv broedgebieden zijn:
 - predatie terugdringen, door aanbrengen sloten rasters, aanleg broedvogeleilanden etc... (sloten moeten toch wel 5 a 10 meter).

- Herstel sloten en geultjes in kwelders, die zijn de opgroeigebieden voor platvisjes en rijk aan bodemleven met o.a. zeezagers. Dat is van belang voor opgroeiende kuikens, die vanaf het nest op zoek gaan naar voedsel.
- Willem: Herstel van broedgebieden is het belangrijkste langs Fryslan Butendyks. Zie ook publicaties van Jeroen Huisman over Noordeleech. Belangrijk zijn de kwaliteit van voedsel en aanwezigheid van onverstoorde broedgebied
- Nu broeden broedvogels vooral in de zomerpolders. Voor die vogels is ontpolderen niet goed (Tureluurs en grutto). Er moet voor bijvoorbeeld de Kluut en Visdieven dus niet in de zomerpolders worden gekeken, maar meer aan de rand van Fryslan Butendyks. Strandplevier zit momenteel bij kop van pier bij Holwerd. Van dat gebied moet dus worden afgebleven.
- Kwelder herstel is dus ook goed voor vogels en als je prielen ophoudt, is dat ook goed voor jonge vis. Wel is duidelijk dat je echt stukken moet afgraven t.b.v. herstel.
- Meinte; In Duitsland zijn echt stukken afgegraven, anders komt oude landpatroon weer terug.
- Meinte: De prielen in kwelders hebben een kraamkamerfunctie voor vis. KLM kan daaraan bijdragen door het vergroten van geul oppervlak in kwelders.

8 AFRONDING

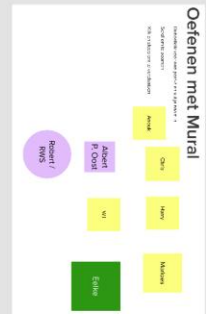
- Peter Herman: voordat maatregelen worden genomen moet gekeken worden naar de effectiviteit van maatregelen. Belangrijk is dus een overzicht van eerdere geld bestedingen in relatie tot resultaat.
- Erik Bruin Slot: dit wordt de komende tijd geëvalueerd. Plannen van PAGW moeten eerst financieel worden geëvalueerd t.b.v. optimale besteding.

9 LITERATUUR EN UITZOEKWERK

- "Niedersachsen" (kleiwinning tbv natuur) voor zowel vogels als kwelders van belang;
- Studie van Jantsje van Loon WUR over waar nog potentieel is voor nieuwe kwelders en waar ze niet kunnen vormen: gebruik deze;
- Actuele kaarten vismigratie en binnendijkse waterverbindingen;
- Joka jansen - hydroloog wetterskip
- Het belang van gezonde prietjes in kwelders voor de vogelpopulatie zijn te achterhalen uit de publicaties van Beukema over landaanwinning landaanwinning. Die gebieden waren dus goed.
- Ook kan gekeken worden naar het succesverhaal in de Duitse hoek kijken.
- Jeroen Huisman over Noordeleech
- Voorbeeld Kluuterplas in de Eems Dollard
- <https://rijkwaddenzee.nl/en/sedimentsolutions/>
- <https://rijkwaddenzee.nl/wp-content/uploads/2020/12/2-Concept-general-overview-development-of-Clay-Pits.pdf>
- https://rijkwaddenzee.nl/wp-content/uploads/2020/12/21-201127-Sediment_solutions-Anna-Groeneveld-NLPV-Saltmarsh-restoration-v2.pdf

Systeemanalyse - Expertsessie

18 februari / 2020

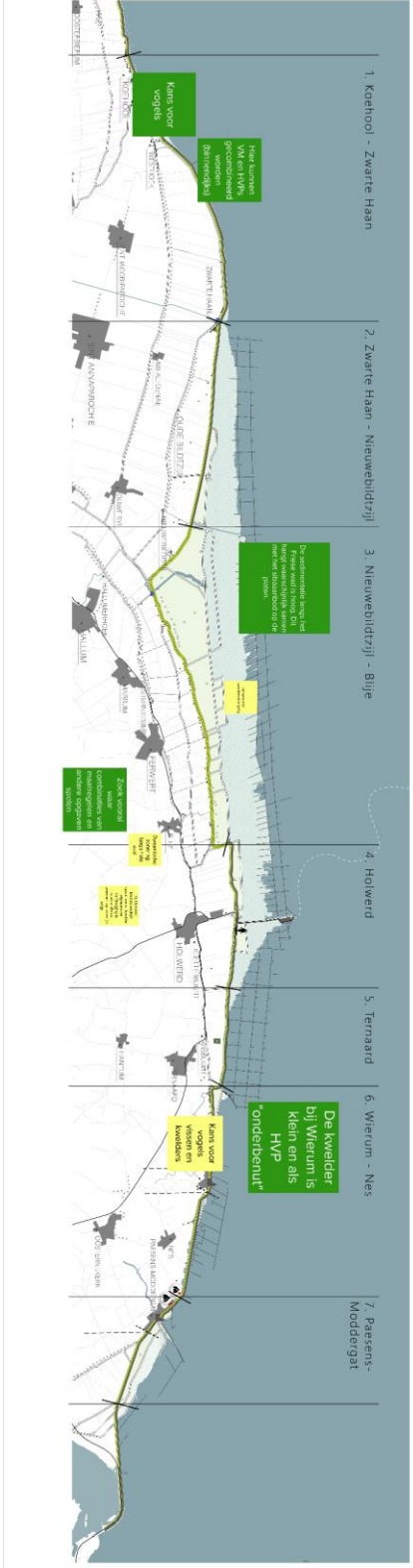
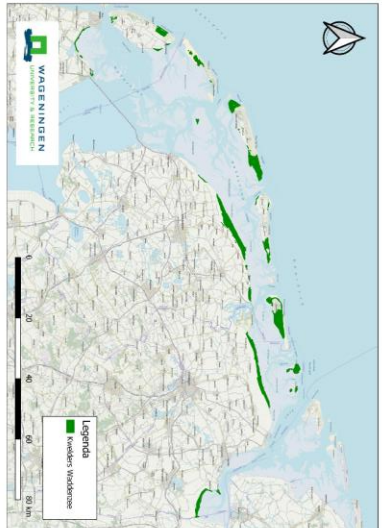


Tips voor literatuur

Er zijn een aantal van Junke's literatuurlijst voor de kwelders en natuur. Het is belangrijk om te kijken naar de literatuur die is gepubliceerd na 2010.

Unamed area

<h3>Hoe worden kwelders momenteel beheerd?</h3> <ul style="list-style-type: none"> De meeste kwelders worden momenteel beheerd als grasland. Er wordt gebruik gemaakt van meststoffen en kunstmest. De waterhuishouding wordt vaak niet aangepast aan de natuurlijke situatie. 	<h3>Welke maatregelen zijn er nodig voor kwelderherstel?</h3> <ul style="list-style-type: none"> De waterhuishouding moet worden aangepast aan de natuurlijke situatie. Er moet gebruik worden gemaakt van natuurlijke meststoffen. De bodem moet worden verbeterd. 	<h3>Op welke plekken zijn er maatregelen nodig?</h3> <ul style="list-style-type: none"> Op de plekken waar de waterhuishouding het meest is aangetast. Op de plekken waar de bodem het meest is verslechterd. Op de plekken waar de natuur het meest is aangetast. 	<h3>Wat kan kwelder herstel, variëteit en vogelgebieden gecombineerd?</h3> <ul style="list-style-type: none"> Door de waterhuishouding aan te passen aan de natuurlijke situatie. Door gebruik te maken van natuurlijke meststoffen. Door de bodem te verbeteren. 	<h3>In hoeverre draagt kwelder herstel bij aan de N2000 en KRW doelstellingen?</h3> <ul style="list-style-type: none"> Door de waterhuishouding aan te passen aan de natuurlijke situatie. Door gebruik te maken van natuurlijke meststoffen. Door de bodem te verbeteren.
---	--	---	--	---



BIJLAGE:



BIJLAGE: UITWERKING ECOLOGISCHE BOUWSTENEN

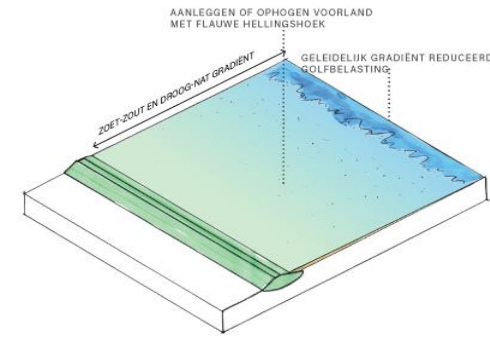
Tabel 2 Relatie tussen ecologische kansen en ecologische bouwstenen. Hierbij is aangegeven of de ecologische meerwaarde groot is (++) of de meerwaarde beperkt is (+). Lege cellen geven aan de er geen relatie is tussen de kans en de bouwsteen

ecologische kansen \ ecologische bouwstenen	zoet-zout overgangen creëren	nat-droog overgangen en dynamiek creëren	gradiënt onderwaternatuur versterken	brakke zones creëren	hoogwatervluchtplaatsen en slaapplaatsen voor wadvogels creëren	broedgelegenheid voor wadvogels creëren	versterken foerageer gelegenheid in brakke zones	vergroten areaal pionierskwelders	paaigelegenheden en kraamkamers voor vissen creëren	biodiversiteit kwelders toekomstig maken	vismigratie van en naar het achterland versterken	natuur op de dijk versterken
flauwe hellingshoek in voorland		++	++					+		+		
(broed) vogeleiland		+	+		++	++						
kwelderwerken		++	+		+		+	++		+		
geul in kwelder	+	++	++	+	+	+	++	+	+	+	++	
doorsteken zomerkade	+	++	++	+	+	+	++	+	+	+	++	
natuurvriendelijke onderwaterbekleding			++									+
getijdenpoel		+	+				+		+			
flauw talud		++			+							+
natuurlijke dijkbekleding					+							++
gefaseerd maaibeheer					+							++
schuil- en broedgelegenheid					+	+						++
doorlaatmiddel met vispassages	++			++					+		+	
dubbele dijk	++	++		++	++	++	++	++	+	++	++	
afgraving ten behoeve van water binnendijks	++	++		++	++	++	++		+	+	++	



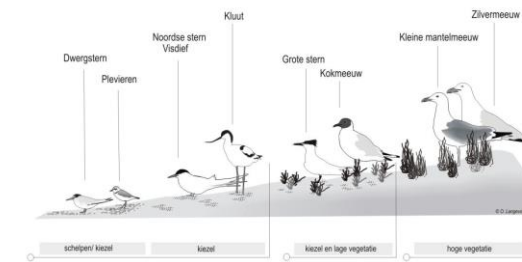
bouwsteen
flauwe hellingshoek
in voorland

toelichting
Een zeer flauwe hellingshoek (circa <math><1:500</math>) van het voorland creëert een geleidelijke nat-droog overgang. Dit omvangrijke getijdengebied kan bijdrage aan het foerageergebied van steltlopers. Een randvoorwaarde voor het toepassen van deze bouwsteen is een beperkte mate van erosie. Wanneer de bouwsteen wordt toegepast in een gebied met een hoge mate van erosie, zal de gradiënt op korte termijn eroderen. Hierdoor wordt de overgang over tijd korter en steiler waardoor er meerwaarde verloren gaat.



(broed) vogeleiland

Er zijn verschillende vormen van een vogeleilanden, die onder deze bouwsteen geclusterd zijn. Een hoogwatervluchtplaats (hvp) is idealiter een eiland dat bij hoogwater omgeven wordt door water (minimaal 20 m, >1 m diep). Hierdoor kunnen grondpredatoren tijdens hoogwater de eilanden niet bereiken en bieden ze een veilige rustplaats voor vogels. Broedvogeleilanden dienen tijdens het broedseizoen gedurende ieder getij omgeven te zijn door water. Vogelsoorten kennen verschillende voorkeuren als het om ondergrond gaat. Veelal wordt de voorkeur gegeven aan schelpen of kale grond. Zo wordt bij voor Holwerd aan Zee bijvoorbeeld ingezet op broedeilanden voor noordse stern, visdief, kluut, bontbekplevier en kokmeeuw. Sommige vogels hebben een voorkeur voor kale eilanden, andere voor meer begroeide eilanden. Een (broed)vogeleiland kan worden gerealiseerd door het graven van een ringgracht, ophogen van een eiland of het plaatsen van een kunstmatig eiland (bijvoorbeeld een ponton). Een vogeleiland kan ook in een binnendijks water worden aangelegd.



kwelderwerken

Door middel van kwelderwerken wordt de kweldervorming gestimuleerd. Dit wordt gedaan door het aanleggen van kleine dammen (<math><1,5</math> m hoog). Hierdoor wordt slib ingevangen, waardoor pioniervegetatie zich kan ontwikkelen. Naarmate dit proces vordert, zal de kwelder verder ophogen en de vegetatie in een volgend stadium komen. Deze ontwikkeling duurt tientallen jaren. Kwelderwerken kunnen enkel worden toegepast als voldoende slib beschikbaar is in de waterkolom, en/of de morfologie van het gebied aanslibbing toestaat. Dit laatste kan deels worden gestimuleerd door de kwelderwerken.



geul in kwelder

Een geul in een bestaande kwelder kan de diversiteit van verbeteren. Deze geul dient natuurlijk (meanderend, van breed (<math><10</math> m) naar smal (1 m) landinwaarts) te worden aangelegd. Dit verhoogt niet alleen de ecologische waarde en uiteindelijk diversiteit, maar verkleint ook de kans op dichtslibben. Een morfologische studie kan inzicht geven in het risico van dichtslibben.



bouwsteen
doorsteken
zomerkaede

toelichting

Door het doorsteken van de zomerkaede kan een deel van de natuurlijke dynamiek worden hersteld achter de zomerdijk. Dit zal een vergelijkbaar effect hebben als het graven van een geul in de huidige kwelder. Het grote verschil is echter dat de geul op natuurlijke wijze kan ontstaan. Dit proces zal tijd kosten (jaren), maar zal door de natuurlijke vorm van de geul ook stabiel zijn. Hierdoor is de kans op dichtslibben kleiner dan bij aangelegde geulen.



bouwsteen
natuurvriendelijke
onderwaterbekleding

Voor het versterken van de onderwaternatuur wordt met name gedacht aan het bieden van hardsubstraat als vestiging voor speciale inheemse soorten. Hierbij speelt de bekleding een belangrijke rol. Bekleding die gunstig is voor de aanhechting van soorten [lit. 3]:

- Vilvoordse kalksteen;
- Noorse steen;
- ruw beton, of;
- mangaanslak.

Daarnaast is het van meerwaarde wanneer de bekleding holtes en gaten bevat (orde grote: van millimeters centimeters tot vijftig cm in diameter). Bij dijkversterking Lauwersmee-Vierhuizengat wordt momenteel een pilot uitgevoerd waarbij geëxperimenteerd wordt met verschillende onderwaterstructuren.



bouwsteen
getijdenpoel

Een getijdenpoel is een waterdichte bak in de getijdenzone. Tijdens laagwater blijft hier zeewater instaat. Tijdens vloed wordt dit water ververst. Deze bakken zijn 0,5-1 m diep en hebben veelal een omvang van 2 m breed (zeewaarts) en 3 m lang (parallel aan de dijk). Deze kunnen ook aangelegd worden rond kwelderwerken. Grotere poelen zijn echter ook goed mogelijk. In slibrijke omgevingen bestaat het risico dat de getijdenpoelen dichtslibben.



bouwsteen
flauw talud

Een talud van 1:10 tot 1:20 vormt een meer natuurlijke overgang, waardoor een lange nat-droog gradiënt ontstaat. Het toepassen van een flauw talud vergt grote hoeveelheden grond. Om de haalbaarheid van deze bouwsteen te verhogen, kan deze gekoppeld worden aan afgravingen in de directe omgeving. Een voorbeeld hiervan is het afgraven van een binnendijks gebied om een binnenwater te creëren, zoals de plannen bij Holwerd aan Zee.

bouwsteen

natuurlijke
dijkbekleding

**toelichting**

Het inzaaien van de dijk met inheemse en gevarieerde plantensoorten. Hierbij kan ook gedacht worden aan planten die watervasthoudend werken. Daarnaast kunnen insecten en hotels op de dijk worden geplaatst om de ecologische kansen voor insecten te verhogen.

gefaseerd
maaibeheer



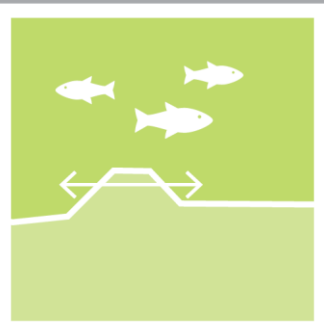
Een beheermaatregel kan ook gezien worden als een bouwsteen. Bij gefaseerd maaibeheer wordt telkens een deel van de vegetatie gemaaid/begrazen. Daarbij blijft per maaibeurt 40% van de vegetatie staan. Dit versterkt de biodiversiteit van planten en insecten en daarmee ook de voedselbeschikbaarheid voor bijvoorbeeld vogels.

schuil- en
broedgelegenheid



Schuil- en broedgelegenheden kunnen op de dijk worden aangelegd. De vormgeving hiervan verschilt per vogelsoort (zie (broed)vogeleiland). Zo zou een broedbak (2x2m) met stenen geschikt kunnen zijn voor scholeksters. Deze bouwsteen dient enkel te worden toegepast in rustige gebieden, zodat broedende vogels niet verstoord worden.

doorlaatmiddel met
vispassages



Een schuif, stuw, gemaal of vishevel waarbij zoet- en zoutwater kunnen vermengen en vissen vrij kunnen passeren. Hierbij is van belang:

- dat zeewater het doorlaatmiddel kan bereiken. Hiervoor kan geul worden gegraven in het voorland;
- een zoetwater lokstroom richting zee kan stromen. Deze lokstroom kan kunstmatig (via pompen) worden gerealiseerd;
- binnendijks een zoet water aanwezig is met een verbinding naar stromingsgebieden (zoals Friese boezem/Lauwersmeer).

De ecologische waarde van de passage is groter wanneer het doorlaatmiddel een omvangrijk binnenwater ontsluit. Op deze wijze wordt een zo groot mogelijk zoetwaterhabitat in verbinding gesteld met de Waddenzee.



bouwsteen

dubbele dijk

**toelichting**

Dit concept berust op een dijk achter de primaire kering. In het tussengebied is ruimte voor een brakwatersysteem. Hiervoor is een doorlaatmiddel naar de Waddenzee vereist. Hierdoor kan een (controleerde) getijden dynamiek worden gerealiseerd. Dit biedt paaipplaatsen voor vis en foerageergebied voor vogels. Daarnaast wordt de ecologische meerwaarde verhoogt als er ook een doorlaatmiddel aanwezig is naar een zoetwatersysteem in het achterland. Een wisselpolder is een vorm van invulling van het tussengebied van de dubbele dijk.

afgraving ten
behoefte van water
binnendijks



Binnendijks kan een watersysteem door middel van afgraving worden gerealiseerd of uitgebreid. Hierbij is naast de ecologische meerwaarde, een belangrijke kans voor kleiwinning, die gebruikt kan worden voor de dijkversterking (kleiputten). Ook kan het gebied worden gebruikt als zoetwater opslag.

Doormiddel van een brakwaterkwel kan er ook een brak binnenwater worden gerealiseerd zonder een doorlaatmiddel. Dit wordt onder meer in Zeeland toegepast. Hierdoor ontstaan brakke inlagen. Deze kennen echter een beperkte dynamiek, waardoor er beperkte ecologische meerwaarde is. Zo kan er geen migratie van aquatische soorten plaatsvinden.

