



KENNISDOCUMENT VOORBIJ DE KIER

Wetenschappelijke onderbouwing voor estuarien ecosysteemherstel in het Haringvliet

COLOFON

Datum documentversie: 15-11-2021

Auteurs: G.T.M. Hanon - ARK Natuurontwikkeling, Bas Roels -
WWF-NL, Alphons van Winden - Bureau Strooming, Gerard Litjens - Bureau Strooming

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	4
VOORUITZICHT	4
HANDELINGSPERSPECTIEF	5
IN KOSTEN EN BATEN	5
VERVOLG	6
1. INLEIDING	8
1.1 Haringvliet, unieke monding van Rijn en Maas	8
1.2 Droomfondsproject en de kier	9
1.3 Voorbij de Kier, stappen naar een dynamisch Haringvliet	10
1.4 Scenario's herstel getijdedynamiek	12
2. KANSEN VOOR NATUUR IN HET HARINGVLIET	13
2.1 Natuurlijke processen en habitats	13
2.1.1 Getijslag en intergetijdengebied	13
2.1.2 Getijstroom, sedimentatie en erosie	18
2.1.3 Brakwaterzone en connectiviteit estuarium	22
2.1.4 Nutriëntencyclus en waterkwaliteit	25
2.2 Effecten soorten, populaties en gemeenschappen	27
2.2.1 Primaire productie en plantengemeenschappen	27
2.2.2 Benthos en ongewervelden	29
2.2.3 Vissen en trekvisserij	32
2.2.4 Vogels	36
2.2.5 Zoogdieren	40
3. VOORUITZICHT MAATSCHAPPIJ & ESTUARIENE NATUUR	41
3.1 Stakeholderanalyse	41
3.2 Hoogwaterveiligheid	44
3.2.1 Haringvlietdam en sluisbeheer	44
3.2.2 Keringen en overige infrastructuur	46
3.2.3 Klimaatverandering en sluisbeheer	47
3.3 Zoetwater	48
3.3.1 Zoetwatervoorziening en -inlaten	48
3.3.2 Zout en landbouw	51
3.4 Sociaal-economische effecten	51
3.4.1 Leefbaarheid en beleving (PEOPLE)	51
3.4.2 Ecosysteemdiensten (PLANET)	55
3.4.3 Recreatie en regionale economie (PROFIT)	59
3.5 Scheepvaart	61
3.5.1 Scheepvaart en havens	61
3.5.2 Recreatievaart	64
4. ONDERZOEKSVRAGEN	65
5. BRONVERMELDING	66
6. BIJLAGE	68
6.1 Kaarten intergetijdengebieden	68
6.2 Gemodelleerde waterstanden en stroomsnelheden	72
6.3 Vegetatieontwikkeling met getij	78

SAMENVATTING

Vooruitzicht

De resultaten van dit literatuuronderzoek en onderliggende onderzoeken (zie hoofdstuk 5) laten zien hoe het herstel van getijdendynamiek in het Haringvliet mogelijk is, welke consequenties dat kan hebben voor verschillende functies en welke winst ermee geboekt kan worden voor de natuur in de Rijn en Maasmonding. Met het verder openen van de verbinding tussen het Haringvliet en de Voordelta/Noordzee (via de Haringvliet-sluizen) worden natuurlijke estuariene processen hersteld die kenmerkend zijn voor het overgangsgedrag tussen zee en rivier. Kust- en getijdendynamiek als de motor van het systeem, die stroomsnelheden en sedimentdynamiek voorstuwen, het intergetijdengebied vergroten, een brede brakwaterzone met natuurlijke seizoensdynamiek vormen en de voor het estuariene leven belangrijke nutriëntencyclus aanjagen, waarbij nutriënten en voedsel vanuit het water op het land wordt gebracht en vice versa. Daarmee worden belangrijke bottlenecks voor ontwikkeling van deltanatuur aangepakt. De overgangszone van zout naar zoet gaat van de nu harde abrupte grens over in een brede zone, wat gunstig is voor vismigratie van lange afstandszwemmers en ontwikkeling van estuarien residente vissoorten. Nationaal kritische soorten en natuurtypes krijgen daarmee significant ruimte wat de algehele soort- en biodiversiteit ten goede komt, tegelijkertijd neemt de biomassa enorm toe. De ecologische winst is terug te vinden in alle facetten van het voedselweb, van de planktongemeenschappen tot benthos, kreeftachtigen, trekvis en estuariene vissen, vogels en (zee-)zoogdieren. Dit versterkt tevens de ecologische doelen van vigerend beleid zoals Kaderrichtlijn Water, Natura 2000 (soort- en habitatbescherming), Masterplan Trekvis Rijn en Europese aal verordening, om de belangrijkste te noemen.

Het effect van zeespiegelstijging zal zijn dat alle landecotopen opschuiven naar de randen van het gebied, die begrensd worden door dijken. De netto sedimentatie die plaatsvindt vanuit de rivieren en via slib wat vanuit zee naar binnenkort zal dit enigszins compenseren, daarnaast zal slimme lokale suppletie nodig zijn waarbij het gesuppleerde sediment door de herstelde dynamiek op de juiste plekken terecht komt. Een terugkeer naar een natuurlijke balans is door de grote ingrepen in de Nederlandse kustlijn en door zeespiegelstijging niet meer mogelijk. In de wisselwerking tussen zeespiegelstijging, sedimentatie/suppletie en de huidige vorm/begrenzing van het gebied lijkt het herstel van de estuariene dynamiek rondom een 'beperkt getij' scenario, met de Haringvliet-sluizen continu nagenoeg volledig open (behalve bij storm), het optimum en goed mogelijk. De natuurwinst die hierbij optreedt is significant en er blijft zo ruimte om te anticiperen op zeespiegelstijging en sedimentatie-erosieprocessen op een manier die gunstig is voor het compleet herstel van estuariene natuur. Het areaal intergetijdengebied zal op lange termijn door netto sedimentatie op peil blijven en niet door zeespiegelstijging verdringen. Ondanks de toenemende dynamiek in de Voordelta, zal het areaal intergetijdengebied daar behouden blijven door autonome morfologische processen van verzanding.

Er zijn ook effecten op andere functies dan natuur, hoewel die merendeels op de lange termijn positief uitpakken is dat beeld op de korte termijn anders en zal het investeringen en aanpassingen vragen van gebruikers. Initieel zal het handhaven van de bevaarbaarheid wel tot extra baggerinspanning en kosten leiden, later zal het minder worden. De impact op de vaardiepte bij Moerdijk zal negatief zijn maar in hoeverre dat ook tot praktische belemmeringen leidt en in welke mate moet nader onderzocht worden. Nieuwe condities zoals getij en brakwater zal voor recreatievaart en sportvisserij tot andere situaties leiden. De zoetwatervoorziening levert direct knelpunten op en vraagt om een aanpassing. De inzet op het verziltingsongevoelig maken van Gouda (met de nieuwe strategie voor de zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem en inzet van de Permanente Oostelijke Aanvoer/AORTA) is daarom onveranderd urgent en essentieel. Aanvullend is het de vraag welke maatregelen nodig zijn om de zoetwaterinlaten bij de Bernisse, op Goeree Overflakkee en in de Hoeksche Waard bij Numansdorp en Nieuwendijk aan te passen, hierbij kunnen grotere aanpassingen nodig zijn maar leveren recente inzichten ook perspectief voor kleinere aanpassingen in sluisbeheer en zoetwaterwinning die de zoetwaterinlaten toekomstbestendig maken. Hier tegenover staan ook positieve ontwikkeling, zoals dat er minder erosie op zal treden in het Spui/Dordtse Kil, de dijksterkte zal verbeteren door voorlandontwikkeling, belangrijke ecosysteemdiensten worden versterkt, leefbaarheid voor omwoners wordt vergroot en er ontstaan meer kansen voor recreatie.

Handelingsperspectief

De hoofdconclusie is dat er handelingsperspectief is voor de ambitie om het Haringvliet te herstellen tot een zoveel mogelijk natuurlijk functionerend estuarium van de rivieren Rijn en Maas met positieve gevolgen voor natuur, zoetwatervoorziening, waterveiligheid, (lokale) economie als voor de leefomgeving en recreatiemogelijkheden. Dit betekent op hoofdlijnen drie maatregelen:

- **Sluisbeheer en sedimentstrategie:** Het aanpassen van het sluisbeheer van de Haringvlietdam, zodat deze permanent geopend is (m.u.v. van stormvloed) en er beperkt getij ontstaat in het Haringvliet met een getijslag van ongeveer 80 cm oplopend tot 100 cm in de Biesbosch, en er een natuurlijk verloop van de brakwaterzone en menging kan optreden. Aanpassingen aan kunstwerken en havenvoorzieningen etc. zijn niet nodig. Aanvullende sedimentbeheer is nodig om vooroevers en platen te laten groeien met de zee.
- **Vaarwegbeheer:** de baggerinspanning moet plaatselijk tijdelijk verhoogd worden om de beroepsvaart te handhaven en effectief gebruik van de havens en vaarwegen bij knelpunten te garanderen. Op langere termijn zal deze baggerinspanning door zeespiegelstijging en toenemende stroomsnelheden afnemen.
- **Zoetwatervoorziening:** aanpassingen moeten doorgevoerd worden voor de inlaten bij Gouda, Bernisse, Goeree Overflakkee en Hoeksche Waard.



Figuur 0 1: Scheelhoek met Haringvlietluizen op de achtergrond © Jan de Roon - Natuurmonumenten

In kosten en baten

Voor een inschatting van de benodigde investeringen bestaat een ruwe schatting met een forse bandbreedte. Voor deze maatregelen moet gedacht worden aan 75-125 miljoen voor aanpassingen aan de zoetwatervoorziening en 25-75 miljoen voor extra baggerinspanning, totaal 100-200 miljoen. De kosten voor de zoetwatervoorziening dragen ook bij aan een robuuste toekomstbestendig zoetwatervoorziening voor West-Nederland en kunnen daarom eigenlijk niet (volledig) ten laste komen van de plannen voor Haringvliet. Baten ofwel besparingen zijn ook ruim, zo zal de verminderde stroomsnelheid door de verbindende takken (Spui, Noord, Oude Maas, Dordtsche Kil) zorgen voor een flinke besparing op permanente maatregelen om bodemerosie te bestrijden. Ook zal de toegenomen stroomsnelheid in de hoofdgeulen, samen met de zeespiegelstijging, zorgen voor minder baggerinspanning in de vaargeulen op lange termijn. Beide baten zijn nog niet uitgedrukt in euro's. De baten vanuit recreatie voor de regionale economie zijn afhankelijk van welke investeringen zullen worden gedaan in natuurontwikkeling en recreatieve ontsluiting van het gebied, een beperkt getij scenario maakt dit soort baten mogelijk. Als laatste zijn er toenames in ecosystemendiensten, voortkomend uit het herstel van het estuariene ecosysteem. Ook hier ontbreekt nog de doorberekening naar euro's.

Vervolg

Voor al deze bevindingen geldt dat onderliggende literatuur en onderzoeken daar op hoofdlijnen conclusies over trekken, en dat dit in vervolgtrajecten nader met betrokkenen onderzocht en verkend moet worden. Tegelijk ontstaat er een haalbaar en realistisch perspectief op ecologisch herstel naar een estuarien Haringvliet. Het belang hiervan voor natuur is groot, de koppeling met beleidsdoelen KRW en Natura 2000 evident en er lijken belangrijke meekoppelkansen te zijn voor andere functies en op vlak van klimaatadaptatie en gebiedsontwikkeling. Dit alles rechtvaardigt volgens WWF een voortvarende verdere verkenning in 2022 en verder van deze ontwikkelrichting in het kader van KRW, Natura 2000, Programmatische Aanpak Grote Wateren, Deltaprogramma, Kennisprogramma Zeespiegelstijging en/of NOVI gebiedsverkenning Noordrand Delta.

Tabel 1: Kosten en baten op verschillende domeinen voor realiseren van een estuarien ecosysteem met beperkt getij op het Haringvliet. Voor ecosysteemdiensten is zowel kwantitatief als kwalitatief aangegeven hoeveel meer de ecosysteemdiensten zouden produceren dan wel afvangen in het beperkt getij scenario, dit in vergelijking tot het basisscenario (zonder kier) .

Zoetwater	Kosten	Baten
POA of AORTA & aanvullende maatregelen Bernisse en andere inlaten Haringvliet	75-125 € mln.	
Hoogwaardige teelten landbouw (Boskoop)		0,9-2,2 € mln. / jaar
HOOGWATERVEILIGHEID		
Beheer & slijtage Haringvlietssluisen (in tegenstelling tot huidige kieren)		Onbekende positieve baat vanwege minder sluisbewegingen
Onderhoud en versterken dijklichamen door opslibbende voorlanden		Onbekende positieve baat
Minder erosiepreventie in verbindende takken		10-50 € mln. / jaar
SCHEEPVAART		
Initieel verhoogde baggerinspanning	25-75 € mln.	
Langdurige baggerinspanning		?
Aanpassingen havens en knelpunten	?	
RECREATIE & REGIONALE ECONOMIE		
Incidentele effecten werkgelegenheid en toegevoegde waarde		5 fte / € mln. investering en 350 k€ / € mln. investering
Structureel effecten werkgelegenheid en inkomenseffect		21 fte / € mln. besteding en €360 k€ / € mln. besteding
WAARDE ECOSYSTEEMDIENSTEN	KWANTITATIEF	BATEN
Sedimentatie & erosie		Reeds behandeld
Koolstofvastlegging		- 6000 ton C/ha/jaar
Stikstofverwijdering		- 300 ton N/ha/jaar
Fosforverwijdering		- 80 ton P/ha/jaar
Fijnstof afvang (PM10)		- 10 ton /ha/jaar
KWANTITATIEF		
Productiediensten		+ 3%
Habitat diensten		+ 7%
Waterkwantiteit regulering		+ 11%
Stormwater regulering		+ 8%

1. INLEDING

1.1 Haringvliet, unieke monding van Rijn en Maas

Het Haringvliet is de belangrijkste riviermonding van de Rijn en Maas. De Rijn, de grootste rivier van West-Europa, ontspringt in het Alpengebergte in Zwitserland en stroomt meer dan 1200 kilometer door het landschap voor zij via de Rijn- en Maasdelta ofwel Zuidwestelijke delta in de Noordzee uitmondt. De Maas, meer dan 900 kilometer lang, ontspringt in Frankrijk en voegt zich vervolgens pas in de Biesbosch samen met de Rijn. Samen verbinden Rijn en Maas via hun zijrivieren, bovenlopen en voedende beken een stroomgebied van 185.000 km², ofwel 5,5x het landoppervlak van Nederland, en doorkruisen en verbinden zij zeven landen en talloze landschappen, ecosystemen en habitats. Daarbij leven er 75 miljoen mensen aan de oevers van de Rijn.

Het Haringvliet, circa 25.000 hectare groot, vormt dé verbindende schakel en overgangszone, ofwel estuarium, tussen het zoete en voedselrijke rivierwater van Rijn en Maas en het relatief voedselarme zoute zeewater van de Noordzee. Haringvliet, Hollandsch Diep en de Biesbosch maakten tot 1970 nog onderdeel uit van een omvangrijk estuarien gebied waar de zee tweemaal daags in en uit kon stromen en het intergetijdengebied periodiek werd overstroomd. De getijslag bedroeg 180 cm bij Hellevoetsluis en 225 cm bij Moerdijk was de belangrijkste motor achter de processen in het systeem en zorgde, samen met de wisselende afvoer van zoet water door Rijn en Maas, voor een groot estuarien gebied met voortdurend wisselende omstandigheden. Bij gemiddelde rivierafvoer werd het rivierwater ongeveer gelijk verdeeld over het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg en was het Haringvliet voor een groot deel brak. Bij zeer hoge rivierafvoeren kon de overgangszone van zoet naar brak westwaarts tot in de zee doordringen. Bij lage afvoeren in combinatie met vloed, en extra aanvoer van brakwater vanuit het Volkerak, kon deze oostwaarts doordringen tot Moerdijk en zelfs de Brabantse Biesbosch. De ligging van de overgangszone en brakwaterzone was sterk afhankelijk van getij, windrichting en ook de mate van achterwaartse verzilting vanuit het Volkerak (Schaminée et al., 2019). Het Haringvliet werd gekenmerkt door een hoge mate van dynamiek als gevolg van de voortdurende wisselwerking tussen getij, golven, rivierafvoer, beschikbaarheid en transport van sediment en voedingsstoffen, en menging van zoet en zout. Dit leidt tot een zeer gevarieerd estuarien landschap met veranderlijke overgangen van zout naar zoet, van diep naar ondiep, van zandig naar slikkig en van hoog naar laag, waardoor er een hoge verscheidenheid aan plantensoorten, diersoorten en biotopen (schorren, platen en watervlakten) kan voorkomen. (Schaminée et al., 2019).

Daarbij is het Haringvliet een kruispunt van twee grote migratiestromen, zowel onder als boven water. Als belangrijkste riviermonding van Rijn en Maas was het de ingang en uitgang voor trekvis die voor voortplanting het verder stroomopwaarts het stroomgebied van Rijn en Maas op moeten trekken zoals zalm, paling en steur. Het Haringvliet bood als brak en voedselrijk estuarium een leefgebied voor diverse soorten trekvis en in verschillende stadia van ontwikkeling. Als verbindende schakel op de Oost-Atlan-

tische vogelmigratieroute is het Haringvliet als wetland een onmisbare foerageer-, rust- en broedplaats voor kustvogels en watervogels die tussen hun overwinteringsgebied, opgroeigebied en broedgebied de Atlantische kustlijn volgen. Het Haringvliet is daarmee een van de essentiële schakels in een keten aan kustwetlands langs de Oost-Atlantische vogelmigratieroute.

In 1971 werd het Haringvliet afgesloten door de Haringvlietsluizen als onderdeel van de Deltawerken en sindsdien bestaat bij de dam een harde gradiënt tussen zoet rivierwater en het zoute water van de Noordzee. De belangrijkste monding van Rijn en Maas werd afgesloten van het water, sediment en dynamiek van de zee. Het rijke estuariene ecosysteem kwam tot stilstand en degradeerde als gevolg van het verdwijnen van de eerder beschreven natuurlijke processen die het gevarieerde landschap en de veranderlijke overgangen eeuwenlang hebben gevormd. Het Haringvliet werd een stilstaand zoetwatermeer, amper verbonden met de zee, waarbij ontwikkeling van een weelderig intergetijdengebied voor vogels en migratie van trekvis als ook de essentiële brakwaterzone verdween. De 'getijslag' op het Haringvliet bedraagt gemiddeld nog een kleine 30 cm door de invloed van de resterende open verbinding met de zee via Dordtsche Kil, Spui en de Nieuwe Waterweg. Ten behoeve van scheepvaart en de zoetwatervoorziening werd de gemiddelde waterstand kunstmatig 40 cm verhoogd met directe grote gevolgen voor geomorfologie en biotopen. Zo kwam het voormalige intergetijdengebied onder water te liggen en verdween in het Haringvliet, Hollandsch Diep en Biesbosch ongeveer 4900 ha intergetijdengebied en zo'n 6900 ha gorzen en grienden. De gewijzigde hydrodynamische omstandigheden door wegvallen van getij en stroomsnelheid betekent een verstoring in evenwicht tussen waterbeweging en opbouw van geulen en platen. De geulen van het Haringvliet zijn te groot gedimensioneerd voor de geringe hoeveelheid water die ze nu vervoeren en verzanden als gevolg hiervan, doordat sediment vanuit zee niet de Haringvlietsluizen kan passeren verkeert het systeem in een zogenaamde zandhonger en eroderen de aanwezige platen en slikken om de geulen op te vullen. De erosie gaat nog sneller door de minimale getijzone waardoor alle golfenergie geconcentreerd afbreuk doet aan platen en oevers, zonder een compenserende opbouwende kracht van getij dat nieuw sediment hoog op kan werpen (Schaminée et al., 2019). Al met al zal door de omvang van het Haringvlietbekken en de beperkte aanvoer van sediment een nieuw morfologisch evenwicht na de deltawerken nog decennia vergen (Schaminée et al., 2019; Wijsman et al., 2018).

1.2 Droomfondsproject en de kier

Sinds 2015 werken zes natuurorganisaties (Wereld Natuur Fonds, Sportvisserij Nederland, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Vogelbescherming Nederland en ARK Natuurontwikkeling) aan een ambitieus natuurherstelplan en recreatieve impuls voor het Haringvliet. Dit was mogelijk met een bijdrage uit het Droomfonds van de Nationale Postcode Loterij en een groeiend aantal partners in de regio. Zo hebben Het Rijk, Provincie Zuid-Holland, provincie Brabant, zes gemeenten, waterschappen en drinkwaterbedrijven, regionale natuur- milieu- en of landschapsorganisaties, sportvissers, recreatiebedrijven en bouwbedrijven als partner meegewerkt. Verschillende projecten en activiteiten hebben tot een ecologische en sociaal-economische impuls in het Haringvliet geleid met als doel: gezonde en dynamische deltanatuur als trekpleister voor soorten en mensen. De projecten vanuit het Droomfondsproject Haringvliet hebben gezorgd voor nieuwe natuurontwikkeling (voornamelijk intergetijdengebied), waar mogelijk ruimte voor estuariene dynamiek en kenmerkende soorten als ook nieuwe manieren en voorzieningen om deltanatuur te bereiken en te beleven en in de maatschappij op te nemen via recreatieve voorzieningen, exposities, educatieve activiteiten en zelfs vernieuwende manier van wonen.

Het gehele droomfondsproject 'Natuurherstel Haringvliet' was tegelijkertijd ook de finale stuwende kracht die uitvoering van het Kierbesluit mogelijk maakte. Door het op een kier gaan van de Haringvlietsluizen in september 2018 ontstond weer een verbinding tussen het Haringvliet en zee en kunnen trekvissen in de toekomst weer via het Haringvliet het stroomgebied van Rijn en Maas optrekken. De Kier heeft als doel herstel van de corridor-functie van het Haringvliet en internationale vismigratie tussen de Noordzee en de rivieren Rijn en Maas. Zout water van de Noordzee mag beperkt het Haringvliet binnenstromen, daarbij wordt een zoutgradiënt toegelaten tot maximaal aan de denkbeeldige lijn Spui-Middelharnis omwille van de zoetwaterinnamefunctie. Echter wordt de werking van deze zoutgradiënt de komende jaren al lerend geïmplementeerd waarbij het verspreidingsgedrag van ingelaten zout water in het Haringvliet bekken onder verschillende omstandigheden wordt getest, een proces dat naar verwachting minimaal 5-7 jaar gaat duren.

1.3 Voorbij de Kier, stappen naar een dynamisch Haringvliet

Het Haringvliet is één van de bekkens van de Zuidwestelijke delta maar is een boegbeeld voor estuariene ontwikkeling. Het is namelijk het enige bekken waar een volwaardig estuariene overgang van het Rijn-Maas riviersysteem naar marien systeem nog mogelijk is. Alhoewel het gedegradeerd is door menselijke ingrijpen, is het uniek door aanwezige potentie en handelingsperspectief. Hier het verschil maken betekent een grote stap dichterbij een mooier, gezonder en veiliger deltagebied, dat fungeert als een natuurlijke buffer voor de mogelijke gevolgen van klimaatverandering, met volop kansen voor natuurontwikkeling en economische activiteiten.

De samenwerkende natuurorganisaties blijven ook de komende jaren de krachten bundelen voor een dynamisch Haringvliet en zich daarmee inzetten voor een dynamische en robuuste delta. Afgelopen jaren zijn er al belangrijke stappen gezet, maar

er zijn nog volop kansen voor het herstellen van de dynamiek in en om het Haringvliet. Dit is ook in lijn met de totstandkoming van het nieuwe Nationaal Park NLDelta, waarbij er een natuurvisie met vier concrete ambities voor de korte termijn ligt. Hierbij is werken aan meer getijdengebieden en overstromingsdynamiek er één. De ambitie voor meer getijdendynamiek op het Haringvliet is dus ook echt een pijler in de ambitie van de gebiedsnetwerken, terreinbeheerders, provincies en NGO's die gezamenlijk hun schouders onder NLDelta zetten.

De droom voor het Haringvliet is een zoveel mogelijk natuurlijk functionerend estuarium van de rivieren Rijn en Maas met positieve gevolgen voor zowel de natuur, de (lokale) economie als ook de beleving en recreatiemogelijkheden. **Hiervoor zijn of worden enkele stappen in de goede richting gezet:**

- De Kier zorgt voor een verbinding voor vismigratie, maar geen getijdendynamiek en herstel van estuariene processen in het ecosysteem. Ook is er hoogstens sprake van een tijdelijke binnengaatsse brakke overgangszone door onvoldoende menging van de zoete bovenlaag en zoute onderlaag in de diepe putten en geulen nabij de sluizen. Met de Kier is er nog sprake van een hoge mate van menselijke regulering van het systeem die nodig is om bepaalde functies te handhaven. Ook als de Kier eenmaal in werking is zal de situatie binnengaats van de Haringvlietsluizen ook niet stabiel gehandhaafd kunnen worden maar zal zoetspoelen altijd nog gebruikt worden als zoutindringing risico's voor zoetwaterwinning brengt. Het streven is om de Kier dicht te zetten wanneer de Bovenrijn afvoer bij Lobith onder 1500 m³/sec daalt, het traject van Lerend implementeren moet uitwijzen wat werkelijk haalbaar is. Met bovenstaande in acht nemend is de originele doelstelling dat de Kier in een gemiddeld jaar (qua rivierafvoer) circa 100 dagen gesloten is, ook rond dit getal heerst nog veel onzekerheid. Daarmee is wel duidelijk dat het inzetten van de Kier leidt tot een beperkte corridor voor trekvis en vooralsnog niet tot het gewenste herstel van een natuurlijke estuarien ecosysteem met bijbehorende dynamiek in het Haringvliet. Dit betekent dat er geen brakke overgangszone ontstaat terwijl een natuurlijk en robuust estuarium een kilometers brede en dynamische overgangszone tussen rivier en zee hoort te zijn die gestuurd wordt door natuurlijke processen.
- Inmiddels is uit het Lerend Implementeren van de Kier al gebleken dat het zoetspoelen veel meer water vraagt dan waar eerder vanuit werd gegaan. De frequentie van een open Kier zou daardoor afnemen tot nog maar 150 dagen per jaar en zoetspoelen zou nog veel vaker nodig zijn. Deze resultaten zijn nu aanleiding om ook een ander scenario te onderzoeken waarbij de onderste waterlagen van het Haringvliet altijd zout of brak mogen blijven en de bovenste 5 tot 8 meter in tijden van een lage rivierafvoer zoet gehouden worden met een permanente kleine zoetwaterstroom van ca 100 – 150 m³/s). Voor het functioneren van de Kier is dat mogelijk goed nieuws, want zoetspoelen hoort dan tot het verleden en er kan zich een meer geleidelijke zoet-zout-overgang ontwikkelen die zich ook over de Voordelta uitstrekt. De Kier zal naar verwachting

- zelfs nog wat langer open kunnen blijven. De komende jaren worden de effecten van dit scenario op de zoetwatervoorziening in de regio en op de natuur onderzocht, waarna een besluit volgt over een nieuw definitief beheerprotocol. Voor onze visie op het Haringvliet betekent dit dat de Kier een meer volwaardige tussenstap wordt op weg naar een estuarien systeem. Een permanente zoetwaterstroom met een debiet van 100-150 m³/s door de sluizen betekent namelijk een duurzame verbinding voor (trek)vissen.
- De stap die nodig is om ook het estuariene ecosysteem in het Haringvliet bekken te ontwikkelen, met alle bijbehorende habitats en soorten, is om de getijslag te vergroten en daarvoor is het verder openen van de Haringvlietssluzen noodzakelijk. Om te komen tot herstel naar een natuurlijk, robuust en biodivers estuarien ecosysteem in het Haringvliet is op voorhand duidelijk dat er daarvoor een zekere mate van open verbinding tussen zee en rivier nodig is mét getijdedynamiek. Vanuit hydromorfologisch en ecologisch perspectief wint een dynamisch estuarien systeem in toenemende mate aan kwaliteit bij introductie van meer getijde-energie. De optimale getijde-energie voor estuarien ecosysteemherstel in het Haringvliet is de historische en van nature voorkomende getijde-energie (zoals voor de afsluiting) die de omvang en volume van het estuarium heeft gecreëerd. Echter zal het Haringvlietbekken door de aanwezigheid van het vaste gedeelte van de Haringvlietdam altijd, met welk sluisbeheer dan ook, een min of meer geknepen systeem blijven met een beperkte in- en uitstroom van water en daarmee van getijde-energie. Enig realisme is wel op zijn plaats, het historische niveau aan getijde-energie in het Haringvliet-bekken is dus met de huidige dam en sluisencomplex niet haalbaar. Maar om een kwalitatief hoogwaardig estuarien systeem te ontwikkelen moeten cruciale natuurlijke processen als menging van zoet en zout water en sedimentbeweging wel voldoende op gang gebracht worden en getijde-energie is daarvoor de enige motor van het estuariene systeem. Daarom is het vanuit hydromorfologisch en ecologisch perspectief altijd streven naar de maximale haalbare getijde-energie, onder de geknepen omstandigheden waarin het Haringvliet-bekken zich bevindt. Om te komen tot optimale hydromorfologische ontwikkeling van het estuariene systeem en robuuste ontwikkeling van estuariene natuur zal een zo groot mogelijke open verbinding waarbij alle sluizen open zijn en alleen tijdens storm gesloten (een stormvloedkeringsvariant) altijd dé stip op de horizon moeten blijven.

Echter heeft een maximale verbinding met getijde-energie in het Haringvliet ook consequenties voor de huidige bestaande natuur en andere maatschappelijke functies, binnen het bekken maar ook buiten het gebied. Hierin ligt een uitdagende maatschappelijke afweging. Daarom zijn de samenwerkende natuurorganisaties voor een Dynamisch Haringvliet op zoek gegaan naar een tussenstap, die zowel soelaas biedt om het estuariene systeem voldoende op gang te brengen als ook de andere functies in het Haringvliet de minste beperkingen oplegt en deze de kans geeft zich te ontwikkelen richting een robuust en duurzaam systeem. Daarmee bouwen

de samenwerkende natuurorganisaties graag verder door op de mooie basis die de afgelopen jaren samen met de regio is neergelegd. Het streven is herstel van het estuarien ecosysteem voor mens en natuur, onlosmakelijk verbonden in het Haringvliet.

1.4 Scenario's herstel getijdynamiek

Om de juiste keuze te kunnen maken die moet leiden tot herstel van het estuarien ecosysteem zijn de effecten van verschillende scenario's van sluisbeheer - voor zowel de huidige situatie, maximale open verbinding als voor de mogelijke tussenstappen - in meerdere onderzoeken in de periode 2016-2018 onderzocht, vergeleken en geconcretiseerd. **Zonder in details te treden zijn de scenario's grofweg onder te verdelen in een vijftal stappen van minder getijdynamiek naar meer getijdynamiek en daarbij een 6e scenario waar effecten van 30 jaar klimaatverandering in zijn meegenomen:**

- Situatie 2018 zonder kier
- Scenario met kier (huidige situatie, dus 'business as usual')
- Scenario verruimde kier (langer en meer open door inzet
- Permanente Oostelijke Aanvoer)
- Scenario beperkt getij (sluizen gedeeltelijk open met getijdynamiek van 80 tot 100cm)
- Scenario stormvloedkering (sluizen geheel open met getijdynamiek van 130cm)
- Scenario klimaat (stormvloedkering + doorkijk 30 jaar vooruit klimaatverandering)*

* Hierbij is gebruik gemaakt van het scenario KNMI Warm 2050 uit de KNMI'14-scenario's (uit 2014), wat uitgaat van snelle klimaatverandering: de zeespiegel stijgt met 40 centimeter ten opzichte van de huidige situatie en de rivierafvoer varieert veel meer over het jaar, m.a.w. de maximale afvoeren zullen hoger zijn terwijl de minimale afvoeren lager zullen zijn.

Uit de vergelijkende onderzoeken is gebleken dat het scenario met beperkt getij als tussenstap richting een scenario met stormvloedkering (maximaal getij) kansrijk is voor herstel van een belangrijk deel van het estuariene systeem in het Haringvliet. Uiteraard zal laatstgenoemde scenario (waarbij de Haringvlietssluisen als stormvloedkering functioneren en altijd geheel open zijn behalve onder bedreigende omstandigheden voor de waterveiligheid) meer getijdynamiek toelaten en daarmee het hydromorfologisch en ecologisch functioneren van het Haringvliet bekken dichterbij de historische en natuurlijke situatie van vóór de aanleg van de Haringvlietssluisen brengen. De visie van de samenwerkende natuurorganisaties is herstel van het estuariene systeem in het Haringvliet, gepaard met positieve gevolgen voor zowel natuur, (lokale) economie, beleving en recreatiemogelijkheden. Daarom is er eerder een kosten/baten-analyse gedaan van de scenario's en daarbij ook gekeken naar de impact en kosten op de zoetwatervoorziening, hoogwaterveiligheid en scheepvaart. Dit betekent op basis van de resultaten van een uitgebreide analyse een pleidooi voor:

Het aanpassen van het sluisbeheer van de Haringvlietdam, zodat deze permanent geopend is (m.u.v. stormvloed) en er beperkt getij ontstaat in het Haringvliet met een getijslag van ongeveer 80 cm oplopend tot 100 cm in de Biesbosch, en er een natuurlijk verloop van de brakwaterzone en menging kan optreden waarbij het zoetspoelen niet meer nodig is.

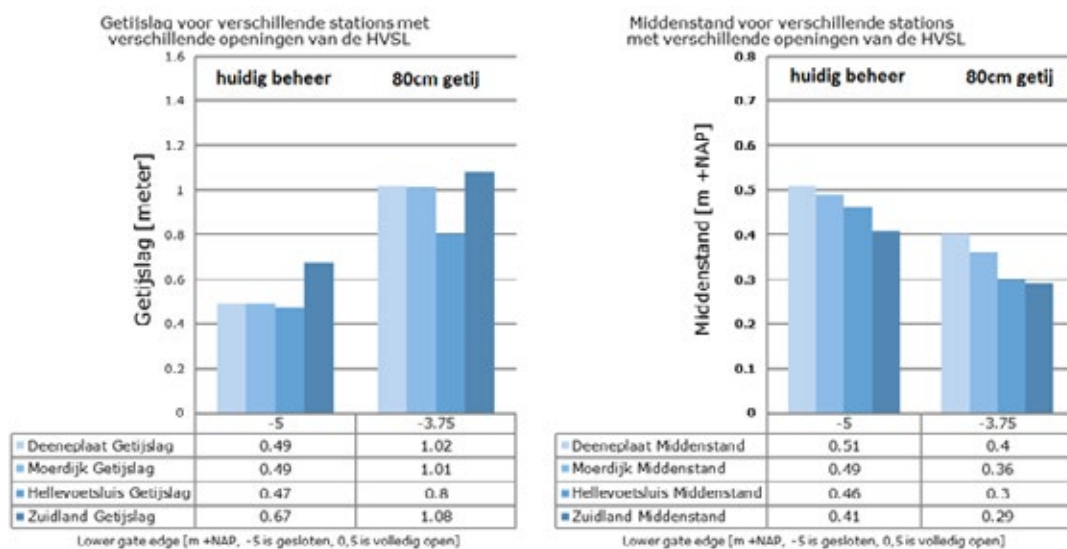
Dit rapport is een samenvatting van de resultaten van de verschillende wetenschappelijke onderzoeken en daarmee de wetenschappelijke onderbouwing voor het scenario met beperkt getij. Onderliggend aan deze onderzoeksrapporten zijn de resultaten van het milieu-effectrapport 'Beheer Haringvlietssluisen' (Ministerie van Verkeer en Waterstaat et al., 1998) gebruikt daar waar de resultaten uit 1998 bruikbaar waren voor de huidige situatie en kennisvragen, waarbij het MER scenario 'getemd getij' enigszins overeenkomt met de huidige omschrijving van scenario 'beperkt getij'. Dit rapport geeft concreet weer welke ecologische en maatschappelijk effecten en gevolgen te verwachten zijn als ook de aandachtspunten voor het verwezenlijken van beperkt getij op het Haringvliet. Zo is bijvoorbeeld inherent aan het voorkeursscenario ook inzet van de Permanente Oostelijke Aanvoer (dan wel AORTA) nodig. Dit heeft op zichzelf consequenties voor waterbeheer en waterkwaliteit en zal samengaand met het scenario met beperkt getij meegenomen worden in de resultaten van dit samenvattende rapport.

2. KANSEN VOOR NATUUR IN HET HARINGVLIET

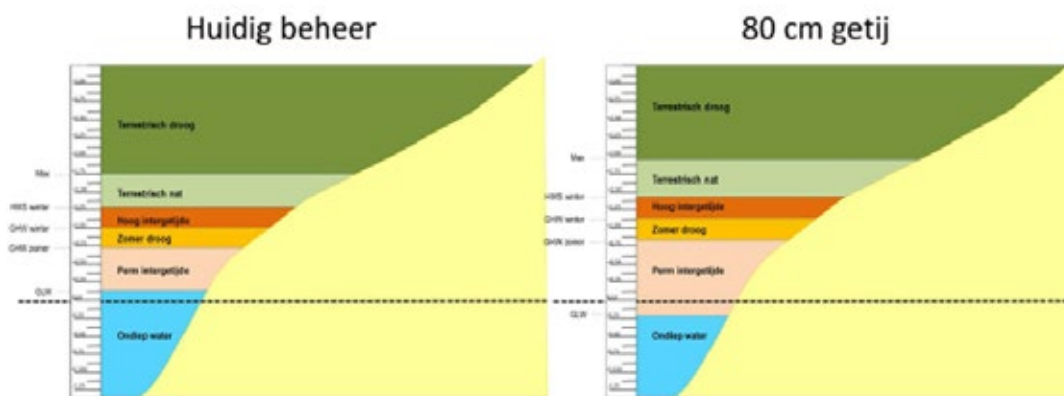
2.1 Natuurlijke processen en habitats

Getijslag en intergetijdengebied Met het deels openen van de Haringvlietsluizen, waarbij de schuifopening 1,75 m groot is, zal de getijslag op het estuarium toenemen. De gemiddelde getijslag neemt met 40 centimeter toe tot 80 centimeter getijslag bij Hellevoetsluis en neemt met 60 centimeter toe op het Hollands Diep en de Biesbosch tot 100 centimeter getijslag. Opvallend is de sterkere toename op het Hollands Diep in vergelijking met het Haringvliet (Figuur 2 1). Dit verschil in toename van getijslag over het estuarium komt doordat het getij wordt opgeslingerd, wat typisch is voor trechtervormige estuaria (Wijsman et al., 2018).

Als gevolg van de verminderde opstuwende werking van de Haringvlietsluizen door het verder openzetten daalt de middenstand over het hele estuarium met 11 tot 16cm. Bij Hellevoetsluis betekent dat bijvoorbeeld een daling in middenstand van 46 cm naar 30cm NAP maar bij Deeneplaat een daling in middenstand van 51cm naar 40cm NAP. (Wijsman et al., 2018).



Figuur 2 1: Verandering in getijparameters voor de varianten huidig beheer (vóór inzet Kierbesluit) en 80 cm getij. Getoond zijn de mediane waarden (Wijsman et al., 2018).



Figuur 2 2: Schematisch overzicht van de koppeling van de ecotopen aan de getijstatistieken voor de verschillende varianten. De variant Kierbesluit is identiek aan de variant Huidig beheer omdat daar hetzelfde getij is gebruikt. Getijstatistieken zijn bepaald voor locatie Deeneplaat (Wijsman et al., 2018)

Meer getijslag betekent meer intergetijdengebied (Figuur 2 2). Met 80cm beperkt getij neemt het areaal potentieel intergetijdengebied in het hele gebied toe (Tabel 2). Onder huidige beheer (met Kierbesluit) is er in potentie 6.513 ha intergetijdengebied (ecotopen Permanent intergetijdengebied, Zomerdroog en Hoog intergetijdengebied). Het meeste van dit potentieel intergetijdengebied bevindt zich in het Haringvliet (2.240 ha) en de Biesbosch (3.635 ha). Met 80cm beperkt getij neemt het areaal potentieel intergetijdengebied in het hele gebied toe tot 7.774 ha (19% toename) (Wijsman et al., 2018). Er heerst wel enige onzekerheid rondom de hoogtegegevens waardoor de arealen intergetijdengebied in huidig scenario en kierscenario zijn overschat (med. A. Nolte) (Noordhuis, 2018), hierdoor is de relatieve toename in intergetijdengebied over het onderzoeksgebied zeker groter dan 19% (zie aandachtspunten). De grootste toename wordt verkregen in het Haringvliet en de Biesbosch.

Tabel 2: Arealen ecotopen (ha) in het volledige onderzoeksgebied (Wijsman et al., 2018). 'Huidig beheer' is het beheer vóór het Kierbesluit. Werkelijke huidig beheer is onder het Kierbesluit. De toename van brak intergetijdengebied bij het Kierbesluit is wel onzeker aangezien het onduidelijk is of een geleidelijke zoet-zout gradiënt gecreëerd kan worden met de Kier.

Ecotoop	Huidig beheer	Kierbesluit	80 cm getij
+	8.303	6.062	4.209
Ondiep Water zoet	7.546	6.264	5.224
Permanent intergetijdengebied zoet	2.522	2.263	3.126
Zomer droog zoet	2.314	2.162	1.812
Hoog intergetijdengebied zoet	1.677	1.506	775
Nat terrestrisch zoet	881	770	417
Droog Terrestrisch zoet	944	752	610
Diep Water brak zoet	15	2.257	3.526
Ondiep Water brak	2	1.284	1.966
Permanent intergetijdengebied brak	0	260	810
Zomer droog brak	0	152	592
Hoog intergetijdengebied brak	0	171	658
Nat terrestrisch brak	0	112	258
Droog Terrestrisch brak	1	193	223
Totaal	24.206	24.206	24.206
Potentieel intergetijdengebied	6.513	6.513	7.774

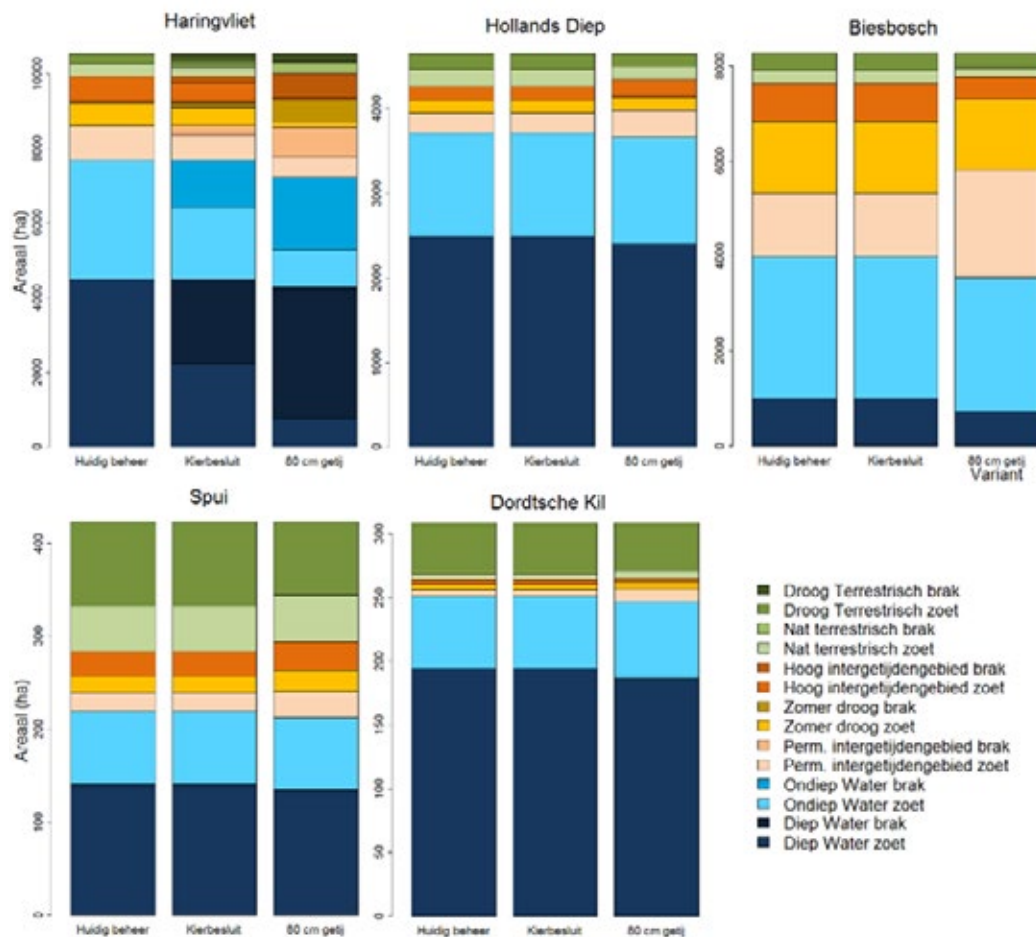
Onderverdeeld voor de verschillende gebieden ziet het er als volgt uit (zie ook Figuur 2 3):

- In het **Haringvliet** neemt het areaal potentieel intergetijdengebied met beperkt getij toe met 24% tot 2.778 ha, een toename van 538 ha. De grootste veranderingen is de overgang van zoetwater naar deels brak voor diep water, ondiep water en intergetijdengebieden. De verwachte zoutgrens ligt ongeveer bij Tiengemeten, waardoor er rond het eiland zowel brakke als zoete ecotopen zijn te verwachten (Figuur 2 3). Op en rond het eiland Tiengemeten is te zien dat, als gevolg van de toename in het getijamplitude, een deel van de terrestrische ecotopen aan de zuidwestzijde onder invloed komt te staan van getij tijdens de winterperiode. Als gevolg van de toename in getijamplitude wordt de Slijkplaat en het eiland Bliet groter en nemen ook de Ventjagersplaten in het oostelijk deel van het Haringvliet in omvang toe. Deze nieuwe potentiële intergetijdengebieden ontstaan daar waar nu door huidig beheer sublitoraal aanwezig is. De Korendijkse slikken en Beningerslikken in het Haringvliet kennen onder 80 cm getij nog uitgebreide arealen van de intergetijden-ecotopen “Zomer droog” en Hoog intergetijdengebied (Wijsman et al., 2018).
- Ook in het **Hollandsch Diep** hier leidt de toename van de getijslag tot 679 ha areaal aan potentiële intergetijdengebieden (21% toename). Dit gaat voornamelijk ten koste van de terrestrische (nat en droog) ecotopen (Wijsman et al., 2018).
- In de **Biesbosch** is er een duidelijke toename van het areaal potentieel intergetijdengebied. Meer dan de helft van het gebied Biesbosch komt met beperkt getij onder invloed te staan van de getijdenwerking, het areaal potentieel intergetijdengebied is dan 4.217 ha (16% toename). In de Biesbosch komt er door opslinging 100cm getij en zal een groot deel van het gebied dat nu 's zomers droog is onder invloed van permanent getij komen te staan. Dit betekent een netto afname van het areaal Hoog intergetijdengebied met 329 ha. Dit verlies in areaal Hoog intergetijdengebied in de Biesbosch komt voornamelijk ten goede van het areaal Zomer droog. De diversiteit aan ecotopen neemt hierdoor wel enigszins af (Wijsman et al., 2018).
- In het **Spui** leidt de toename in getijslag duidelijk tot een toename van potentiële intergetijdengebieden naar 81 ha (27% toename) (Wijsman et al., 2018).
- In de **Dordtsche Kil** zijn de absolute effecten van de toename van de getijslag minder uitgesproken en neemt het areaal potentieel intergetijdengebied toe tot 18 ha (weliswaar relatief 38% toename). De Dordtsche Kil heeft veel minder ondiepe gebieden. (Wijsman et al., 2018).
- Het areaal intergetijdengebied en andere ecotopen in de **Haringvlietmonding** verandert niet of nauwelijks (Figuur 2 5). Morfologische ontwikkeling blijkt verreweg het dominantst voor de areaalontwikkeling in de Haringvlietmonding. Een toekomstige richting voor de morfologische ontwikkeling bij een ander beheer van de Haringvlietsluizen is slechts zeer kwalitatief aan te geven. Op de langere termijn

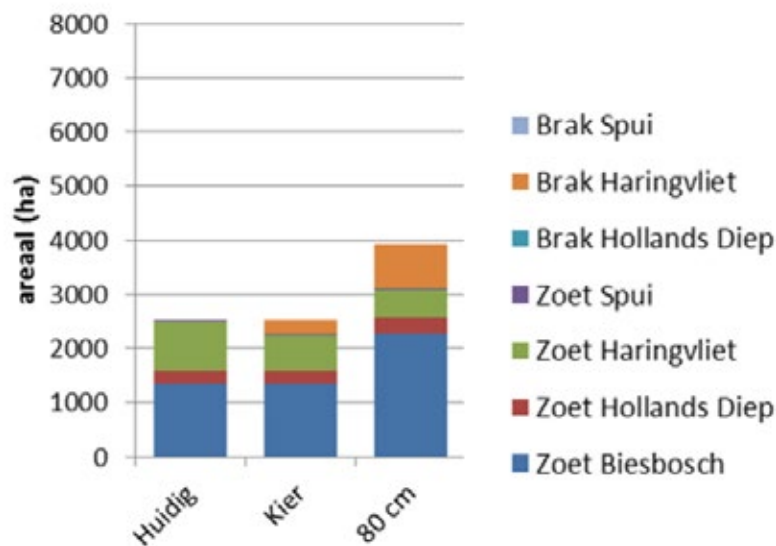
zal de nu nog doorgaande trend van ondieper worden en verlanden wel temperen of deels omkeren in het zuidelijkste deel van de Haringvlietmonding wanneer stroomsnelheden daar toenemen (Hansen et al., 2018).

Het ontstaan van nieuw, zoet en brak intergetijdengebied levert verschillende habitats op, afhankelijk van het zoutgehalte en de expositie van getijde vormen deze zich ieder met een specifieke begroeiing en zonering van vegetatie en creëren deze intergetijdengebieden specifieke condities voor fytoplankton, zoöplankton en daarvan afhankelijke soorten in het voedselweb, waarover meer in paragraaf 2.2.

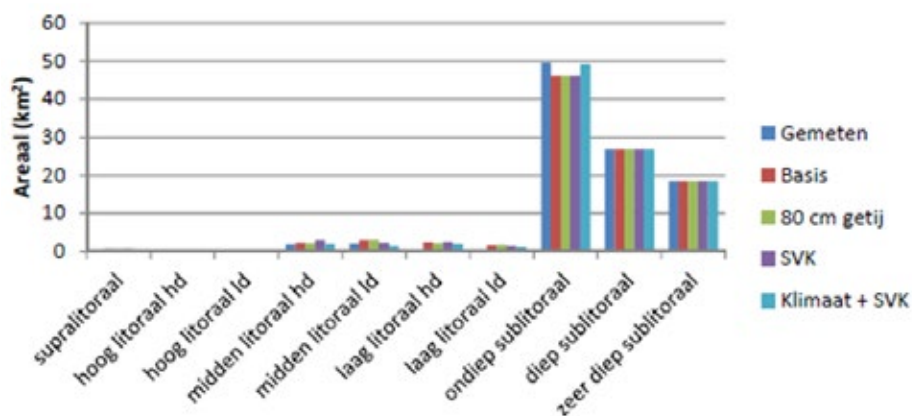
Meer informatie over precieze ligging van ecotopen en verschilkaarten met toename van intergetijdengebied zijn te vinden in de bijlage.



Figuur 2 3: Arealen ecotopen in het Haringvliet, Hollandsch Diep en Biesbosch inclusief Spui en Dordtse Kil voor de varianten Huidig beheer (nu oud beheer zonder kier), Kierbesluit (nu huidig beheer) en 80 cm getij (Wijsman et al., 2018)



Figuur 2 4: Berekende arealen van permanent zoet en brak intergetijdengebied bij de verschillende scenario's (naar Wijsman et al. 2018). N.B.: De arealen bij huidig beheer en de kier zijn waarschijnlijk overschat in het model (med. A. Nolte) (Noordhuis, 2018).



Figuur 2 5: Areaal (in km²) van de zoute ecotopen in de Haringvlietmonding volgens de vier scenario's (Hansen et al., 2018).

Aandachtspunten

De modelresultaten van Wijsman (2018) voor getijslag en dus arealen intergetijdengebied wijken enigszins af van de werkelijkheid doordat:

- De verdeling in arealen ecotopen permanent zoet en brak intergetijdengebied onder beheer zonder en met de kier waarschijnlijk overschat zijn in het model. Deze gaan ervan uit dat de kier daadwerkelijk voor een brakke zone zorgt tot en met de denkbeeldige lijn Spui-Middelharnis, er is nog geen aanleiding om te verwachten dat dit in werkelijkheid zo zal uitpakken en is het maar de vraag of de kier überhaupt voor een gemengde brakke zone in het Haringvliet kan zorgen. Naar alle waarschijnlijkheid blijft een bij een sterk gestratificeerd systeem wat door middel van zoetspoelen beheerst zal moeten blijven. Ook bij 80cm getij zal er namelijk naar verwachting nog enige gelaagdheid in de brakke overgangszone plaatsvinden (HydroLogic, 2019).

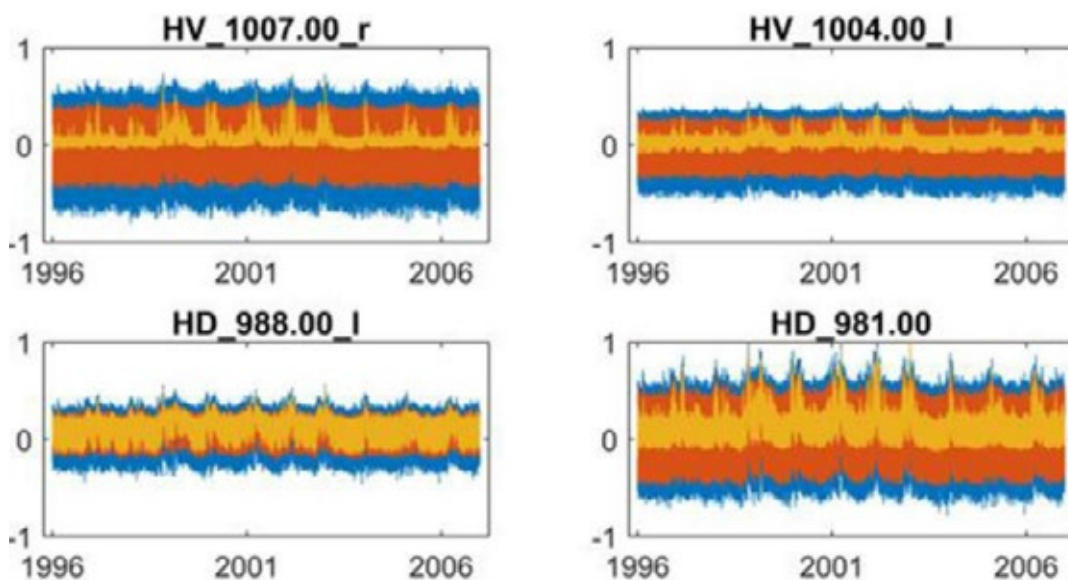
- Lokale opstuwing door windopzet is niet meegenomen, hierdoor worden de werkelijke maxima van getij (maxima hoog en laag water) niet gesimuleerd in het model (Wijsman et al., 2018). Dit heeft invloed op de werkelijke reikwijdte van het intergetijdengebied.
- Het model voor de berekeningen aan de huidige situatie geeft een kleine onderschatting van de middenstand van gemiddeld 5cm. Voor getijslag wordt gemiddeld genomen een overschatting van enkele centimeters door het model gemaakt, echter maakt het model weer een onderschatting van de variatie in getijslag (mogelijk door windopzet) (Wijsman et al., 2018).
- Er is beperkt informatie en inzicht in de huidige bodemprofielen van de ondieptes van het Haringvliet van de huidige laagwater-lijn tot 1,5 meter diepte, aangezien deze niet met vaartuigen of satellietbeelden goed te bemeten zijn. Dit heeft invloed op:
 - de berekende huidige arealen intergetijdengebied bij huidig beheer en de kier. Deze worden waarschijnlijk overschat in het model (med. A. Nolte) (Noordhuis, 2018), daarmee is de toename in intergetijdengebied door beperkt getij groter dan de eerdere berekende 19% toename in het volledige onderzoeksgebied (Wijsman et al., 2018).
 - het intergetijdengebied wordt bij beperkt getij vormgegeven door de daling van de middenstand van het waterpeil. De lokale topografie, bijv., het voorkomen van oeverwallen of dijkjes kan het overstromen van een bepaald gebied beperken of verhinderen, waardoor andere natuurwaarden ontstaan dan verwacht op basis van modelstudie door Wijsman et al. (2018). Mogelijk zijn er maatregelen nodig, zoals het weggraven van delen van oeverwallen of dijkjes om het getijdewater daadwerkelijk te kunnen toelaten (Wijsman et al., 2018).
- De stabiliteit van het gedefinieerde intergetijdengebied en -zones moet nader onderzocht worden aangezien het waterpeil en dus droogvalduur in het Haringvlietestuarium sterk beïnvloed wordt windopzet en hoge rivierafvoeren van de Bovenrijn. Daarmee zouden intergetijdenezones een sterkere variatie en instabiliteit kennen dan verwacht voor ontwikkeling van zonerings- en bepaalde soortengemeenschappen van het intergetijdengebied. Dit effect zou in een nader onderzoek kunnen worden meegenomen door een onderverdeling te maken in sub-ecotopen van gebieden die over een x-aantal dagen droogvallen en gebieden die een y-aantal dagen onder water blijven staan. Echter is ook hiervoor meer zekerheid nodig over huidige overbodemprofielen die bepalend zijn voor de precieze zonerings- en droogvalduur (Wijsman et al., 2018). Daarbij is de 'instabiliteit' onder de huidige omstandigheden in het Haringvliet sterker dan elk ander toekomstscenario waar meer invloed van getij op het estuarium komt.

Ondanks de verschillen en onzekerheden tussen de metingen en het model bieden de modelresultaten een bruikbare referentiesituatie voor de effecten van het inbrengen van beperkt getij op het estuarium van het Haringvliet (Wijsman et al., 2018).

2.1.2 Getijstroom, sedimentatie en erosie

De hydrologie van het hele estuarium-systeem wordt in de huidige situatie, vooral in de winter, sterk bepaald door afvoer bij eb. Met een verblijftijd van ongeveer een week legt het water in het Haringvliet per getijcyclus gemiddeld 2-3 km westwaarts af, met hogere snelheden bij eb en min of meer stilstaand water bij vloed. Alleen in het oosten van het Haringvliet en het Hollands Diep en vooral in de Biesbosch is bij vloed nog enigszins sprake van een negatieve stroomsnelheid (d.w.z. van de rivier afgekeerd) (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018).

Bij meer getij op het Haringvliet estuarium ontstaan er significante getijstromen. Zo ontstaat er op het Haringvliet een significante oostwaartse stroming bij opkomend tij, waarbij deze vloedstroom enkele kilometers af kan leggen naar binnen in het estuarium. De getijstroom is minder sterk aanwezig voor de Biesbosch. In het Haringvliet worden de door getij gegenereerde stromingen dominant over de fluctuaties in rivierdebiet, inclusief de seizoenspatronen. Van 'rivierafvoer-dominantie' is dan geen sprake meer. Getij wint het als het ware van fluctuaties in rivierafvoer en windopzet. De stroomsnelheden van de ebstroom nemen zodanig toe dat de maxima bij afgaand water de seizoen ritmiek van de rivierafvoer grotendeels maskeren (zie Figuur 2.6). De sterk op afvoer gebaseerde huidige situatie, met de nadruk op de winter, verandert dus naar een situatie van uitwisseling, waarbij het hele jaar in elk geval de maxima van eb- en vloedstroom ongeveer even sterk zijn (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018).

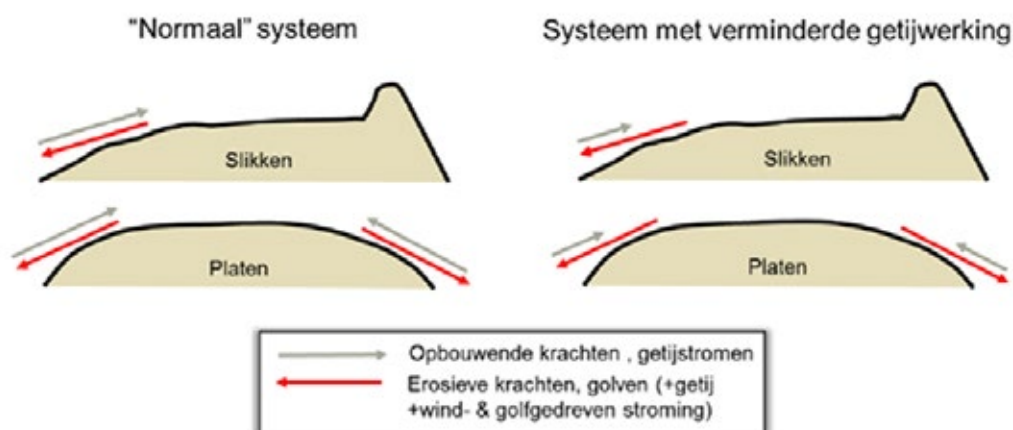


Figuur 2.6: Enkele voorbeelden van modelresultaten van de afwisseling van positieve, westwaartse stroomsnelheden bij eb en negatieve, oostwaartse stroomsnelheden bij vloed op enkele locaties in het Haringvliet (HV) en het Hollands Diep (HD). Huidige situatie geel, 80 cm getij rood en stormvloedkering blauw. Bij de huidige situatie is in geel het seizoens-verloop met relatief hoge afvoer in de wintermaanden goed herkenbaar, bij de andere scenario's domineert de getijbeweging (Wijsman et al., 2018).

In de geulen van het Haringvliet neemt de stroomsnelheid toe en zal er minder sedimentatie van slib of zelfs erosie optreden. HKV voorspelt uitdieping van de geulen en daarmee netto meer doorstroomcapaciteit in het Haringvliet bekken (Wegman et al., 2018).

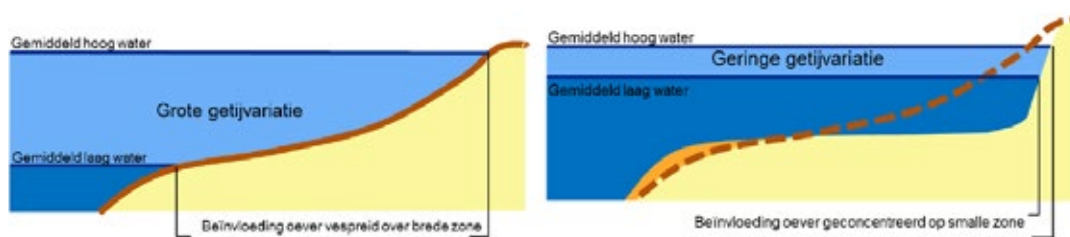
Daar staat weer tegenover dat erosie in de geulen van het Spui en Dordtse Kil volgens de modellen (HKV en Deltares studie) fors zal afnemen omdat daar de stroomsnelheden zullen afnemen. Hoge stroomsnelheden in deze wateren komen namelijk door grote getijverschillen tussen het noordelijke deel van het estuarium (Nieuwe Waterweg/Oude Maas) en zuidelijke deel (Haringvliet). Meer getij en getijstroming op het Haringvliet zorgt voor minder stroming in de verbindende geulen van het Spui en Dordtse Kil en daarmee minder geulerosie. De erosieproblematiek die in deze wateren heerst wordt minder waarmee veel geld voor beheer en onderhoud bespaart wordt (miljoenen per jaar). (Wegman et al., 2018; Wijsman et al., 2018).

De dynamiek in het Haringvliet zal bij intrede van beperkt getij niet voldoende veranderen om tot een evenwichtssituatie tussen opbouw en afbraak van zand- en slibplaten te komen (zie Figuur 2 7). Stroomsnelheden in het Haringvliet blijven op de meeste locaties ruim onder de 1 m/s, terwijl voorheen de stroomsnelheden bij Hellevoetsluis ruim boven de 1 m/s lagen waarbij natuurlijke plaatopbouw ontstond. Ook bij verdergaande opening van de sluizen zullen snelheden aanzienlijk lager zijn dan vóór de sluiting van Haringvliet, de reden hiervoor is de versmalde monding van het Haringvliet waardoor een kleiner doorstroomoppervlak wordt behaald zelfs met de sluizen geheel open. Daarbij blijft er een sedimenttekort wat vanuit zee enkel met slib zal worden aangevuld, zand kan door de drempel die de sluizen vormen niet naar binnen. Ook riviersediment draagt bij aan de sedimentdynamiek in het Haringvliet, deze aanvoer van riviersediment is redelijk beperkt in het Haringvliet maar kan onder de juist omstandigheden wel voor voldoende plaatopbouw zorgen, in ieder geval in het oosten van het bekken. In het westen zal er zal waarschijnlijk nog geen sprake zijn van natuurlijke plaatopbouw (Wijsman et al., 2018).



Figuur 2 7: Illustratie morfodynamiek platen en slikken. De rechterfiguur schetst de situatie onder de huidige omstandigheden, ook met extra maar beperkt getij zullen de opbouwende krachten niet compenseren voor de erosieve krachten en zal een gebalanceerde situatie zoals op de linkerfiguur niet behaald worden (Wijsman et al., 2018).

Toename van de getijvariatie in het Haringvliet en Hollands Diep zal leiden tot een verdeling van de erosieve werking van de golven over een groter bereik waardoor de erosie van onbeschermde oevers afneemt en het talud van de oevers minder steil worden. Op dit moment zijn de meeste oevers in het Haringvliet en Hollands diep kunstmatig beschermd met oeverbekleding of vooroeverbescherming. Plekken waar intergetijdengebied en natte oever ecotopen ontstaan liggen dus veelal achter vooroeververdediging, daar wordt de erosie dus nog verder beperkt. Voor oevers met oeverbescherming betekent een gedaalde middenstand dat de golfenergie zich gemiddeld lager op de oeverbescherming uitstort, verwacht wordt dat de oeverbescherming de golven voldoende zullen blijven breken, ook met hogere getijamplitude (Wijsman et al., 2018).



Figuur 2 8: Illustratie oever- of plaaterosie door invloed van golven over een kleiner (rechter figuur) of groter en 'natuurlijker' verticaal bereik (linker figuur) (Wijsman et al., 2018).

Daarbij zal er meer slib en fijn sediment in de waterkolom in suspensie zijn als gevolg van de getijdendynamiek en influx hiervan uit zee (en rivier), waardoor extra sedimentatie mogelijk wordt in de luwe delen achter de vooroeverbescherming. Er zal dus netto sedimentatie optreden. Dit zal een positief effect hebben op de aangroei van slikken, platen en oevers. Berekeningen van HKV en Deltares voorspellen sedimentatiesnelheden van tussen de 0,6 en 2 cm per jaar. Hiermee kunnen met gemak de effecten van zeespiegelstijging gecompenseerd worden en de initiële natuurwinst van meer intergetijdengebied aan de oevers lijkt daarmee duurzaam. Vegetatie of kwelderschermen versnellen aanslibbing waarschijnlijk (Hansen et al., 2018). Deze voorspelling is nog wel met veel vragen omgeven en kent een grote ruimtelijke variatie. (Wijsman et al., 2018). De hierboven beschreven sedimentatie gaat alleen om de smalle zones tussen de vooroevers en de landoever. In die smalle zone kan de zeespiegelstijging bijgehouden worden, maar de hogere delen van het systeem zullen waarschijnlijk niet ophogen. In eerste instantie omdat het water er niet komt, maar temeer ook omdat er onvoldoende sediment voor wordt aangevoerd om het op te hogen als het wel zo nu en dan onder water staat. Dit benadrukt dat ook extra inzet en suppletie van sediment in het Haringvliet nodig is.

Het terugbrengen van getijdynamiek en extra slib en fijn sediment vanuit zee zal de zandhonger in het Haringvliet verminderen maar niet doen verdwijnen, daarvoor zijn aanzienlijke hoeveelheden sediment nodig. Huidig sedimenttekort bedraagt namelijk ongeveer 1.000 Mm³ en zal bij maximaal openen van de Haringvlietsluizen (stormvloedkering) nog steeds naar schatting 400 Mm³ bedragen, het sedimenttekort bij scenario beperkt getij is niet duidelijk uit de studies te herleiden. Dergelijke suppleties brengen aanzienlijke kosten met zich mee. Maatregelen gericht op het mitigeren van de negatieve gevolgen van de zandhonger zijn daarom kostenefficiënter. Bij de berekende gelijkblijvende sedimentatiesnelheid (0,6-2 cm/jaar) en zeespiegelstijging (0,2 cm/jaar) zullen de smalle oevers van het Haringvliet in staat zijn om mee te groeien, de zandhonger van het gehele systeem zal blijven bestaan maar wordt dan gemitigeerd via lokale sedimentatie achter oeververdediging en schermen. Alleen wanneer de zeespiegelstijging gaat versnellen of de sedimentatiesnelheid gaat afnemen bestaat de kans dat de invloed van de zandhonger op het systeem weer wel toe gaat nemen. Met lokale suppleties kunnen de negatieve effecten van lokale erosie op onbeschermde platen worden beperkt (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018), hierbij moet worden gedacht aan suppletie van sediment op plekken waar de stroming sterk genoeg om het op te pakken en te verplaatsen zodat het sediment op natuurlijke wijze via de aanwezige waterstromen op de juiste plek in het Haringvliet terechtkomt. Het verder openzetten van de Haringvlietsluizen zal ook effect hebben op de morfologie van de Haringvlietmonding:

- Omdat door het openen van de sluisen het getijvolume zal toenemen, wordt verwacht dat de bestaande geulen minder sterk zullen aanzanden of weer zullen verruimen, afhankelijk van hoever ze nu van hun morfologisch evenwicht verwijderd zijn. Of de geulen in het noordelijke deel zich weer zullen openen is zeer de vraag, gezien dit deel inmiddels sterk is opgehoogd door het landwaarts verplaatsen van de voormalige buitendelta. De vroegere geulen zijn hier grotendeels opgevuld en het is de vraag of ze weer uit zullen diepen. (Wijsman et al., 2018).
- In de buitendelta zullen de verwachte morfologische veranderingen voor de komende decennia geleidelijk zijn met een continue trend van depositie in de geulen en op de platen. Er is een constante toevoer van zandig sediment door golf- en getij gedreven transport van de kust van Goeree-Overflakkee en de vooroever. Slib kan zich makkelijk afzetten in voor golven beschutte gebieden achter de Kwade Hoek en het Brielse Gat. Opening van de Haringvlietsluizen zal depositie in het Slijkgat tegengaan (en misschien enige erosie opleveren) door de hogere stroomsnelheden als gevolg van het grotere getij prisma. Wellicht kan er een nieuwe, noordelijker gelegen geul ontwikkelen vergelijkbaar met het Oostgat in de Westerschelde en het Molengat in het Marsdiep (Hansen et al., 2018).
- De morfologie buiten de sluisen zal veranderen, maar niet terugkeren naar de oude situatie, omdat de vaste constructie van de Haringvlietdam nog altijd belemmering zal vormen voor water- en sedimentuitwisseling, en door veranderingen in de omgeving zoals de aanleg van de Maasvlakte. De Voordelta is ondieper dan het Haringvliet. Door

de aanleg van Maasvlakte II en de uitstroom van slib via de Haringvlietsluizen wordt de Voordelta nog ondieper (Noordhuis, 2018). Echter ook hier zal met betrekking tot sedimentatie en areaalontwikkeling in de buitendelta de autonome morfologische ontwikkeling dominant zijn over veranderingen in sluisbeheer (Hansen et al., 2018).

Aandachtspunten

Extra stroomsnelheid zal voldoende laag blijven om geen (substantiële) erosie te veroorzaken in de doorgangen van de vooroeverbescherming. Wel kunnen de hogere stroomsnelheden erosie langs de dammen veroorzaken en is daardoor de stabiliteit van de voor-oeverbescherming een aandachtspunt, deze zijn in de huidige situatie namelijk al gedeeltelijk verzakt (Wijsman et al., 2018).

2.1.3 Brakwaterzone en connectiviteit estuarium

De grote winst van herstel getijdedynamiek is een natuurlijker overgang van rivier naar zee. Met herstel van getijdedynamiek staan de sluisen permanent in beperkte mate open en, behoudens stormincidenten, is er geen zoetspoel regime. Daardoor ontstaat een brakwaterzone die een meer natuurlijk verloop over de seizoenen kent (Noordhuis, 2018). Een geleidelijke dan wel licht gelaagde overgang van zoet naar brak en zout water blijft ten allen tijde in stand en heeft een natuurlijk seizoensverloop met de meest stroomopwaartse ligging in de nazomer en de herfst. Zonder zoetspoelregime treedt er geen abrupte zoutstress op voor de aanwezige soorten en kunnen estuariene gemeenschappen zich duurzaam ontwikkelen, voor zover mogelijk in de van nature wisselende zoutconcentraties.

Het ontstaan van brakwater ecotopen in het estuarium leidt daarmee tot gedeeltelijk herstel van het estuariene ecosysteem. Geleidelijke estuariene overgangen (met verticaal getij) zijn zeldzaam geworden in Nederland (en Europa). Hiermee wordt een habitat dat op Europese schaal relatief zeldzaam geworden is hersteld (Wijsman et al., 2018).

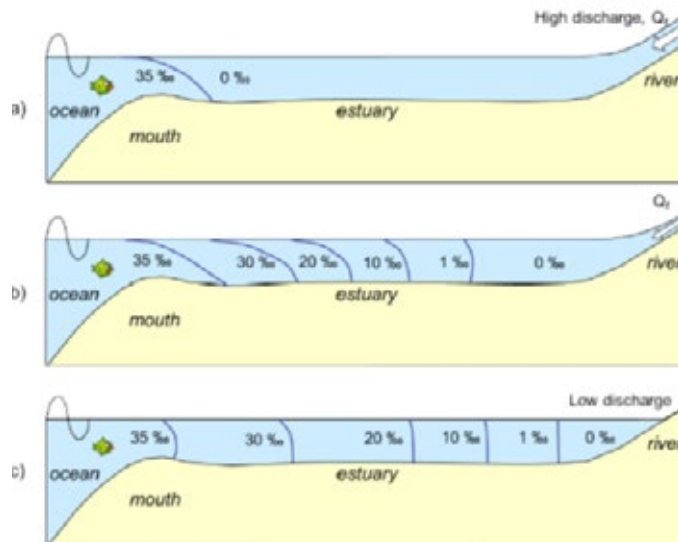
Het brak worden van delen van het studiegebied zal een direct effect hebben op de planten en dieren die er leven. De verwachting is dat beperkt getij niet gaat leiden tot echte mariene (polyhaline, saliniteit > 18 ppt) condities, maar dat er in hoofdzaak brakke (meso- en oligohaliene) condities zullen ontstaan (Wijsman et al., 2018). De grens tussen zoet en licht brak water zal bij gemiddelde rivierafvoer aan de oostkant Tiengemeten komen te liggen. Bij lage rivierafvoer ligt die grens bij Moerdijk. De Biesbosch blijft geheel zoet (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018). Vanwege de onzekerheid van de ligging van de zoutgrens, omdat er geen betrouwbare berekeningen voorhanden zijn, is er een bandbreedte aangegeven in Figuur 2 9 (Wijsman et al., 2018).



Figuur 2 9: Deskundigen inschatting van de ligging van de zoutgrenzen van ~300 mg Cl l⁻¹ bij 80 cm getij voor normale afvoer (paars) en lage afvoer (rood). Het kleurverloop is een weergave van de bandbreedte waar de grens zou kunnen komen te liggen en geeft de grote mate van onzekerheid weer. Ten behoeve van de ecotopenmodellering is voor de duidelijkheid het meest donkere deel van dit bereik (hoogste waarschijnlijkheid) aangeduid met een donkere streep (Wijsman et al., 2018).

Wel is er in 1970 gedurende 1 jaar gemeten met een vergelijkbare situatie als de stormvloedkering. De Haringvlietdam lag er al, maar was nog open. De grens tussen zoet en brak lag toen bij lager dan gemiddelde rivierafvoeren ten westen van Middelharnis. Echt lage afvoeren hebben dat jaar niet plaatsgevonden, dus het is onbekend tot hoever oostelijk de zoet-zout grens kan opschuiven. Deze historische waarnemingen geven aan de grens waarschijnlijk niet zo ver oostelijk ligt als de bovenstaande deskundigeninschatting (Wijsman et al., 2018).

De instroom van zout water zorgt er niet voor dat het Haringvliet geheel zout of brak wordt, dat is in een natuurlijk estuarium ook nooit het geval. Het zoute water verdeelt zich nooit evenredig over een estuarium. Hoever de mengzone en ook de bodemstroom zich landinwaarts zullen verplaatsen is hoofdzakelijk afhankelijk van de grootte van de rivierafvoer (Figuur 2 10), de opening van de sluizen en hoe de opening wordt verdeeld over het sluizencomplex (Griffioen et al., 2017). Verzilting in het estuarium van Rijn-Maas monding en zoetwaterbeschikbaarheid wordt meer gestuurd door fluctuaties in rivierafvoer (tegendruk op zout door zoetwater) dan door fluctuaties op zee (binnendringing zout met getijdebeweging), waarbij de afvoer van Boven-Rijn veel meer bepalend is dan de Maas. Dat betekent dat voor de ligging van de zoet-zout overgang aan de zuidrand van de Rijn-Maasmonding, ofwel Haringvliet en Hollandsch Diep, de netto afvoer via de Haringvlietssluzen een belangrijke rol speelt (HydroLogic, 2019).



Figuur 2 10: Model weergave van de longitudinale verspreiding van het zoutgehalte (saliniteit) in een (a) gestratificeerd estuarium, (b) gedeeltelijk gemixte en (c) goed gemixt estuarium (Griffioen et al., 2017)

Door lage stroomsnelheden kan gelaagdheid optreden waarmee zoutwater in de diepe geulen van het Haringvliet kan blijven steken. Zo kunnen mogelijk op bepaalde locaties zoute onderlagen ontstaan terwijl de bovenlaag relatief zoet is. Door de verminderde uitwisseling tussen de twee watermassa's en de zuurstofconsumptie bij de bodem door de afbraak van organisch materiaal is het zeer aannemelijk dat er zuurstof deficiëntie optreedt in de diepste waterlagen (HydroLogic, 2019). Indien er zuurstofloosheid optreedt als gevolg van stratificatie zal dit waarschijnlijk weinig effect hebben op de ecotopen van de intergetijdengebieden. Dit omdat het voornamelijk de bovenste (zuurstofrijke) waterlaag is die de ecotopen zal overspoelen (Wijsman et al., 2018). Daarbij treedt er in de diepe putten ook in de huidige situatie in de zomerperiode stratificatie op tussen de warme bovenlaag en koudere onderlaag. Dit is een natuurlijk fenomeen dat tot zuurstofloosheid nabij de bodem kan leiden (Reeze et al., 2017).

Onder het beoogde beheerprotocol zal de kier gemiddeld 100 dagen per jaar gesloten zijn. Het beperkt maar consequent openen van de Haringvlietsluizen zorgt voor een constante verbinding met de Noordzee, deze is niet meer onderhevig aan een seizoenspatroon met grote kans op sluiting in nazomer en herfst (door lage afvoer van Bovenrijn). Er ontstaat dus een (enigszins gelaagde) brakwaterzone én herstel van de originele toegangspoort en belangrijkste monding voor het gehele Rijn en Maas stroomgebied (Figuur 2 11). Door de Haringvlietsluizen constant (beperkt) te openen worden de Maas en Rijn, samen meer dan 2000 kilometer lang, weer verbonden aan de Noordzee via een estuarium met zoet-zout overgang. Via de zijrivieren, bovenlopen en voedende beken van Rijn en Maas wordt een stroomgebied van 185.000 km² hierbij betrokken, ofwel 5,5x het landoppervlak van Nederland. Alle inspanningen die in de afgelopen decennia in dit achterliggende stroomgebied gedaan zijn om connectiviteit en waterkwaliteit te verbeteren worden met openen van de Haringvlietsluizen bekrachtigd. Zo is het stroomgebied op 'natuurlijke wijze', via een brak estuarium als overgangsgebied, weer verbonden met de Noordzee.



Figuur 2 11: Stroomgebied Rijn en Maas dat verbonden is aan het estuarium van het Haringvliet als toegangspoor (bron: Wikipedia)

Aandachtspunten

- Door de diepe en brede geometrie van het Haringvliet(monding) en hoe deze geometrie zich verhoudt tot de beperkte rivierafvoer en getijdekracht (wat zorgt voor opmenging van zoet en zout) zal gelaagdheid van de verzilting in het Haringvliet-estuarium eerder optreden. In combinatie met de variabele bathymetrie (getijdegeulen en diepe putten) van het Haringvliet zorgt dit voor enige onzekerheid over de ligging van de zoet-zout gradiënt en mate van gelaagdheid bij beperkt getij (HydroLogic, 2019) Nader onderzoek met nauwkeurigere 3D-modellering is nodig om te onderzoeken hoe de zoutindringing en gelaagdheid/menging van zoet en zout water zich gedraagt bij toenemende getijde-energie in het Haringvliet estuarium. Zeker voor dit geknepen systeem, waar de dam van de sluizenconstructie zelfs bij volledige opening nog het estuarium afknijpt, is nader onderzoek nodig (Wijsman et al., 2018).
- Door het sluiten van de zuidelijke route via het Krammer-Volkerak (waar achterwaartse verzilting ontstond op het Haringvliet/Hollandsch Diep) zal de zoutgradiënt korter en stijler zal zijn dan voor de afsluiting (Noordhuis, 2018).
- Door het lerend implementeren van de kier weten we dat het tijdelijk sluiten van de kier en zoetspoelen van het zoute water, voordat lage rivierafvoer naderen, niet eenvoudig is en zout water makkelijk blijft hangen in de diepe geulen en putten van het Haringvliet. Hierdoor is aan te nemen dat grotere zoetwatervolumes en daarmee langere zoetspoeltermijnen nodig zullen zijn om het Haringvliet voldoende zoet te spoelen. De eerder gestelde sluiting van 100 dagen met het beoogde kierprotocol staat daarmee enigszins op losse schroeven en zal waarschijnlijk groter zijn, waardoor onder huidig beheer nog langere beperkingen in connectiviteit zijn te verwachten (pers. com. A. van der Winden). Overigens wordt er wel gewerkt aan de oplossing hiervoor en ge-experimenteert met het toepassen van een permanente zoetwaterstroom die de bovenste 5-8 meter van de waterlaag zoet kan houden, daarbij verdere verspreiding van het zout grotendeels voorkomt en de behoefte voor zoetspoelen weer verkleint (zie paragraaf 1.3).

2.1.4 Nutriëntencyclus en waterkwaliteit

De rijkdom in een estuarium ontstaat door de interactie van zee en rivier. De rivier voert veel voedsel, detritus en zoetwaterorganismen aan en de getijde vanuit zee zorgt ervoor dat dit tijdens eb en vloed wijd wordt verspreid. Daardoor kan het onderwaterleven tot in alle uithoeken van het estuarium ervan profiteren. Eerder werd vermeld dat met het beperkt openen van de Haringvlietsluizen de stroomsnelheden tijdens eb en vloed in het estuarium in balans komen, waar in de huidige situatie met de kier vrijwel enkel positieve stroomsnelheden (zeewaarts) te vinden zijn (Figuur 2.6). Het systeem verandert van een rivierafvoer-gedomineerd systeem naar een getijdesysteem. Toename van stroomsnelheden landinwaarts én getijslag verandert de koolstof- en nutriëntencirculatie van het gebied, doordat niet alleen de afvoer bij eb, maar juist ook de aanvoer van stoffen bij vloed naar de intergetijdengebieden wordt versterkt. Dit bevordert de kringloop van koolstof en nutriënten vanuit de intergetijdengebieden naar open water en vice-versa,

verwacht wordt dat dit zorgt voor een toename van de productiviteit in het water in het gehele estuarium (Noordhuis, 2018).

Een herstelde vloedstroom heeft gevolgen voor de interactie tussen zout- en zoetwatergetijden, waarbij beiden bij beperkt getij op het Haringvliet zullen ontstaan en ontwikkelen. Zoutwatergetijdegebieden hebben binnen de estuaria een functie voor het transformeren van voedingsstoffen vanuit de vloedstroom. Zoutwatergetijdegebieden omvatten habitats met hoge productie, maar dat zijn vooral de moeraszones in de hogere delen van de gradiënt. In het algemeen lijken zoetwater getijdegebieden (zoals de Biesbosch) een nutriëntensink te zijn in de zomer, en een bron in de winter. Er is daarbij een gemiddeld transport van particulier gebonden nutriënten in de vloedstroom naar de getijdegebieden toe en van opgeloste nutriënten in de ebstream naar buiten. De uitwisseling tussen de getijdengebieden zou dus in de loop van de eerste tien jaar na de afsluiting van het Haringvliet grotendeels zijn weggefallen door het verdwijnen van de toevoer van stoffen met de vloedstroom (Noordhuis, 2018). Deze natuurlijke uitwisseling en koppeling tussen de getijdengebieden wordt met beperkt openen van het Haringvliet weer hersteld wat ten goede komt aan de kwaliteit en productiviteit van het ecosysteem.

Van nature sluiten de zoetwater getijdegebieden in estuaria ongeveer aan op het turbiditeitsmaximum van de zoet-zout gradiënt, waardoor de uitwisseling van stoffen verder wordt versterkt. Door een combinatie van sediment opwerveling door de dichtheidsstroom (zout-tong) en vlokvorming door opgeloste stoffen in zoet water in contact met zout water, kan rond het front van de zout-tong een natuurlijke troebeling optreden ("Estuarien Turbiditeits Maximum"), maar ook extra sedimentatie (Noordhuis, 2017). Bij het beperkt openen van de Haringvlietsluizen zal dit natuurlijke 'contactpunt' tussen zoet en zout hersteld worden en oostelijk verplaatsen (zie Figuur 2.9) (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018). Daarmee zal de interactie en uitwisseling van nutriënten tussen zoet- zoutwatergetijdegebieden hersteld worden.

Beperkt getij op het Haringvliet betekent ook het bestendig maken van de zoetwatervoorziening via inzet van de permanente oostelijke aanvoer (of alternatief hierop). Met de inzet van de POA wordt er water vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal en de Lek aangevoerd voor het gebied van waterschap HDSR naar Rijnland. Het water in het Amsterdam-Rijnkanaal heeft een lagere nutriëntenconcentratie dan het gebiedseigen water van HDSR en Rijnland. Voor de nutriëntenhuishouding is dit gunstig. Dit geldt met name voor het gebied van HDSR. Voor Rijnland is het positieve effect kleiner, door oplading van het inlaatwater tijdens het transport. De kortere verblijftijd in het systeem van HDSR is gunstig, met name in de Lopikerwaard, waar de belasting uit de landbouw wordt verdund en versneld afgevoerd door de extra inlaat. Positieve ecologische effecten zijn nog niet direct te verwachten, omdat de interne fosfaatbelasting van het systeem nog steeds dominant en sturend is. Mogelijk zijn lokaal wel positieve effecten te realiseren, bijvoorbeeld in het Natura2000-gebied de Nieuwkoopse plassen (HydroLogic, 2018).

Aandachtspunten

- Het Haringvliet is, net als vele andere wateren van de delta en het rivierengebied, herstellende van een historische slechte waterkwaliteit, die al dateert vanuit 200 jaar industriële revolutie. Dit was een van de oorzaken van de dramatische achteruitgang bij vele soorten vissen en macrofauna in de periode voor de afsluiting (jaren 1960). Sindsdien is de waterkwaliteit sterk verbeterd (zie Watersysteemverkenning Rijn en Maas, Stowa 2019). Naast de chemische verontreiniging is ook de eutrofiëring sterk teruggedrongen en zijn onderwaterhabitats zoals rivierhout sterk afgenomen. De herstelde water- en waterbodempkwaliteit zal bij het verder openen van de Haringvlietsluizen geen belemmering meer vormen voor herstel van populaties (Noordhuis, 2018).
- Sinds de afsluiting is in het oostelijke deel van het Haringvliet en Hollands Diep vervuild slib afgezet. Met toename van stroomsnelheden en nutriëntcirculatie is de zorg dat vervuilde sliblagen in de bodem vrijkomen en negatieve impact hebben op het ecosysteem en waterkwaliteit. Echter veranderen de stroomsnelheden op de bodem en de erosie van de bodem bij zeer hoge rivierafvoeren niet en is deze erosie gelijk onder welk beheerscenario van de Haringvlietsluizen dan ook. Daarom is destijds tijdens zeer hoge rivierafvoeren al een groot deel van het vervuilde slib met zware metalen, PAK's, PCB's en bestrijdingsmiddelen weggespoeld. Wat wel veranderd is dat met het beperkt openen van de Haringvlietsluizen bij gemiddelde rivierafvoeren de stroomsnelheden enigszins hoger zullen zijn in het Haringvliet en er in de geulen netto erosie en resuspensie plaats kan vinden. Hiervoor moeten wel bepaalde kritische stroomsnelheden behaald worden. Deze erosie van vervuilde sliblagen zal plaatsvinden op plekken waar hogere dynamiek ontstaat en waar eerder laagdynamische omstandigheden heersten. Bij beperkt getij is dit mogelijk aan de orde op één locatie ten zuidoosten van Tiengemeten. Mogelijk moeten hier maatregelen worden getroffen, kanttekening is wel dat het zeer aannemelijk is dat het grootste gedeelte van het vervuilde slib al weggespoeld is zoals bij de zeer hoge rivierafvoeren in 1993 en 1995 (Wegman et al., 2018). Het wordt aanbevolen om na te gaan hoeveel vervuild slib er ten zuidoosten van Tiengemeten ligt en wat de gevolgen voor ecologie en waterkwaliteit zijn wanneer deze sliblaag in de loop der tijd weg-erodeert.

2.2 Effecten soorten, populaties en gemeenschappen

Met beperkt herstel van getijdedynamiek is er veel natuurwinst in en rondom het estuarium:

- Het Haringvliet kent een natuurlijkere overgang van rivier naar zee. Met herstel van getijdedynamiek staan de sluzen permanent in een bepaalde mate open, behoudens stormincidenten, en is er geen zoetspoel regime. Het estuarium heeft een dynamische brakwaterzone die een meer natuurlijk verloop over de seizoenen kent en een vloedstroom het Haringvliet bekken in.
- De dominantie van zoetwatermosselen wordt de kop ingedrukt door verzilting in het oosten van het estuarium. De verminderde graasdruk zorgt voor de ontwikkeling van een gevarieerde zoete en brakke fytoplankton gemeenschap met bijbehorende zoöplankton gemeenschap die cruciaal is voor bepaalde estuariene vissoorten.
- Macrofauna zoals krabben, schelpdieren en verschillende garnaa-soorten vinden door permanente brakwaterzone in ondiepe Haringvliet in zomer en najaar een plek wat past in hun seizoensgebonden migratiepatroon. Hierop foerageren weer verschillende vis- en vogelsoorten. Het hele voedselweb wordt vollediger en krijgt een typische estuariën soortensamenstelling.
- Alle migrerende vissoorten profiteren direct van de herstelde connectiviteit met brakke overgangszone. Door de vloedstroom zullen bepaalde juveniele vissoorten zoals bot ook passief kunnen migreren en opgroeien in het Haringvliet. Er kan zich een typische west-oost pelagische gemeenschap van respectievelijk sprot, haring en spiering (van zout naar zoet) vormen.
- Vrijwel alle vogelsoortgroepen profiteren van een open Haringvliet-estuarium met meer getijdenwerking en intergetijdengebied. Voornamelijk kustbroedvogels en visetende vogels door de verandering in visgemeenschap en extra dynamiek. Ook watervogels profiteren door een gevarieerder aanbod in benthos.

Uiteraard moet gerealiseerd worden dat meer getij ook leidt tot afname of verlies van bepaalde ecotopen of habitattypes, met de daarbij horende leefgemeenschappen. Welke natuur meer waarde heeft dan een andere is grotendeels een maatschappelijke keuze, maar kan wel onderbouwd worden door indicatoren zoals internationaal belang, zeldzaamheid, etc. (Wijsman et al., 2018). In het algemeen kan gesteld worden dat een brakke en typische estuariene gemeenschap als ook zoetwatergetijde zeldzaam is in West-Europa en de bijbehorende kritische soorten en schaarse habitattypes sterk ontwikkelen door ontwikkeling van een dynamischer en estuarien ecosysteem in het Haringvliet.

2.2.1 Primaire productie en plantengemeenschappen

De toename van intergetijdengebied in het studiegebied zorgt voor een herstel van dit ecotoop dat door de deltawerken fors is afgenomen. Intergetijdengebieden (schorren, slikken en zandplaten) zijn waardevolle, maar ook zeldzaam geworden ecotopen in Nederland en Europa die op veel plaatsen onder druk staan. Intergetijdengebieden herbergen een specifieke flora en fauna en zijn doorgaans zeer productief, wat ten goede komt aan heel wat hogere trofische niveaus, zoals vissen en vogels. Zowel brakwater intergetijdengebieden als zoetwater intergetijdengebieden zijn zeldzame habitats in Nederland en Europa, en worden met beperkt getij gedeeltelijk hersteld (Wijsman et al., 2018).

De terugkeer van (beperkt) getij op het Haringvliet heeft belangrijke gevolgen voor de vegetatie en plantengemeenschappen van het gehele estuarium:

Bij beperkt getij ontstaan belangrijke nieuwe arealen permanent getijdegebied, met name in de Biesbosch (zoet) en het Haringvliet (zout&brak). Dit gaat niet of nauwelijks ten koste van diep en ondiep water, maar vooral van de hoger gelegen ecotopen. De getijdezone, zeker in de zoete gebieden, heeft echter niet overal een kale bodem maar is grotendeels begroeid met emergente (boven het water uit stekende) vegetatie met helofyten met daar tussen diverse kruiden (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018).

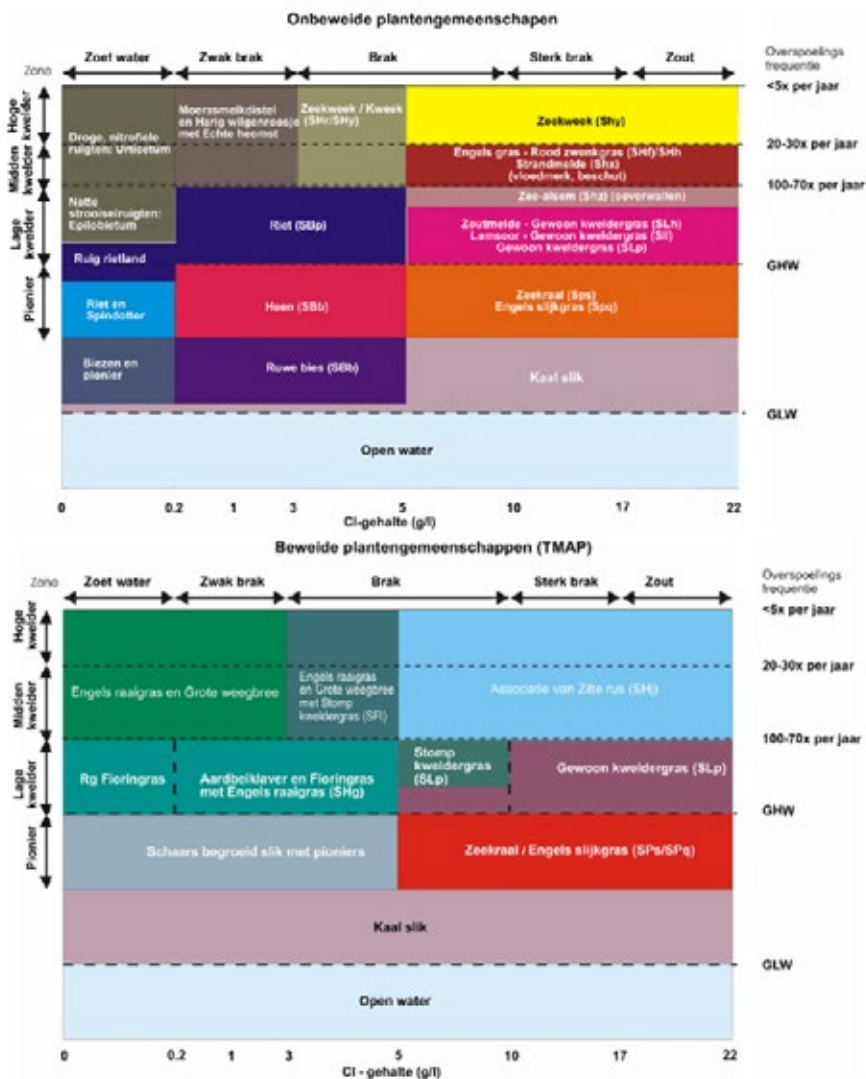
In het algemeen kan gezegd worden dat terugbrengen van getijdynamiek ervoor zorgt dat de vegetatiezones weer uit elkaar schuiven en er zo weer ruimte ontstaat voor een grotere variatie aan soorten (meer zonerings!). Daarbij heeft het verhogen van het zoutgehalte in het water invloed op de kiemkracht en concurrentiekracht van riet waardoor in brakke omstandigheden meer ruimte beschikbaar komt voor andere soorten, voornamelijk lager in het brakke intergetijdengebied (Noordhuis, 2018).

Op het hoog intergetijdengebied op de brakwaterschorren kunnen op de lagere delen kale slik- en zandplaten droogvallen. Dat geldt waarschijnlijk nog sterker voor de intergetijdengebieden die in open water ontstaan. Daar ontstaan pioniervegetaties zoals nopjeswier (*vaucheria*), die de opslibbing in de hand werken. Daarboven volgen soorten als zeebies of heen, waartussen zich zeeaster vestigt. Op de hogere delen komt ook spiesmelde, heemst en treffen we echt lepelblad aan, een exclusieve brakwatersoort. Hoger op het schor ontwikkelen zich soortenarme vegetaties gedomineerd door strandkweek en finaal riet (Wijsman et al., 2018).

Toename van het areaal zoet intergetijdengebied uit zich niet in toename van slik- en zandplaten, maar in sterke toename van het areaal van emergente helofyten-vegetatie die twee keer per dag onderstroomt. Op de hoge zoetwaterschorren kunnen pioniervegetaties voorkomen met ganzenvoet- en tandzaadsoorten. Daarnaast kunnen verruigde rietlanden met grote brandnetel en vitale rietlanden met lokaal zeer specifieke soorten zoals de spindotterbloem en biezenvegetaties (bastaardbies, ruwe biezen, mattenbies, heen, driekantige biezen) zich ontwikkelen. De herintroductie van getij kan dus leiden tot herstel van de kenmerkende zeldzame biezenvegetaties (Noordhuis,

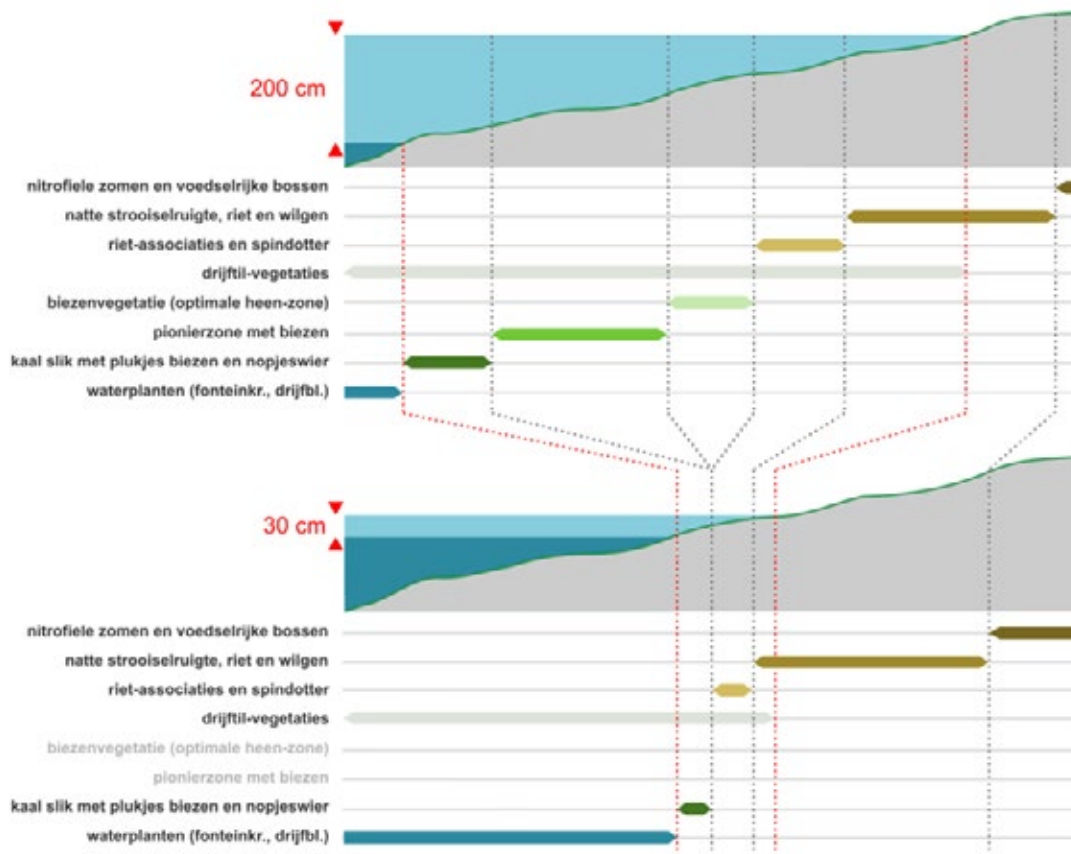
2018; Wijsman et al., 2018). De vorm van beheer (niets, snijden, maaien, intensieve of extensieve begrazing) heeft wel een groot effect op ontwikkeling en variatie van deze vegetatie (aandachtspunt!). Gedetailleerde inschatting van de ontwikkeling van vegetatie van verschillende hoogtezones, in zoet of brak milieu, en onder verschillende beheercondities is te lezen in de bijlage (Janssen, 2018).

De potentie voor vegetatieontwikkeling in de intergetijdenzones onder invloed van getij en saliniteit is eerder uitgebreid uitgewerkt in het kader van het MER Haringvliet. Het EMOE model (Ecohydrologisch Model voor de Oevervegetatie van Estuaria) kwam hier uit voort en is kort samen te vatten in onderstaande figuren (van de Rijt & Esselink, 2006). Te zien is dat onder invloed van saliniteit er een heel scala aan vegetatietypen bijkomen, waarbij beheer-/begrazingcondities en intensiteit hiervan wel vormend zijn voor de soortenvariatie. In de bijlage wordt hier nader op ingegaan door Janssen (2018).



Figuur 2 12. Vegetatietypen in relatie tot hydrologie en saliniteit volgens EMOE-model (Ecohydrologisch Model voor de Oevervegetatie van Estuaria), ontwikkeld in het kader van de MER Haringvliet. Bovenste figuur geeft vegetatietypen weer zonder beheer, onderste figuur met beweiding/begrazing. Er is geen onderscheid gemaakt in intensiteit van begrazing. (van de Rijt & Esselink, 2006)

In het zoetwatergetijde deel van het estuarium zal het vergroten van de getijslag weer ruimte creëren in de intergetijdenzoning zodat een biezenvvegetatie zich kan vestigen. Onderstaande figuur laat het ineenschuiven van de vegetatiezones (telescoopeffect) zien door de historische verkleining van getijslag van ongeveer 200cm naar 30cm getijslag. Een beperkte getijslag van 80cm zal weer kansen creëren voor met name de biezenvvegetatie in het oostelijke deel van het Haringvliet estuarium, voornamelijk in de Biesbosch.



Figuur 2 13 Verschuiving van de oorspronkelijke vegetatiezones in het zoetwatergetijde deel van het Haringvliet-Hollands Diep estuarium en de Biesbosch. Door het telescoopeffect bij een verkleining van de getijslag van 200cm naar de huidige 30cm schuiven de vegetatiezones in en elkaar en verdwijnt de ruimte voor de biezenvzone, deze wordt grotendeels ingenomen door rietland. Bij 80 cm getijdeslag wordt het onderste deel van de intergetijdenzone weer geschikt voor een biezenvvegetatie. Illustratie door B. de Jong, o.b.v. van de Rijf (2001) en Zonneveld (1999).

In het water zorgen microscopische algen (fytoplankton) en zoöplankton voor de basis van het voedselweb. De terugkeer van (beperkt) getij een geleidelijke zoet-zout overgang op het Haringvliet heeft belangrijke gevolgen voor de primaire productie en planktongemeenschappen van het gehele estuarium:

- De verdeling zoet/zout/ondiep/diep water in intergetijdengebied wordt evenwichtiger waarbij de terugkeer van getijdendynamiek voor betere uitwisseling van koolstof en nutriënten door getijdenstroming zorgt. Hierdoor wordt de planktongemeenschap in het hele estuarium (zoet, brak en zout) gestimuleerd, hierdoor kan de totale primaire productie iets toenemen en wordt de rol van planktongemeenschappen in het voedselweb belangrijker (Noordhuis, 2018).
- Gezien zoutgehalte zeer sturend is zal de soortensamenstelling van het zoöplankton in het westen van het Haringvliet uit copepoden en larven van crustaceeën bestaan. Met name de calanoïde copepoden *Eurytemora* en *Acartia* zullen in betekenis toenemen (en onder het kleinere zoöplankton de larven (copepodieten) van deze copepoden), maar ook raderdiertjes van het genus *Synchaeta* (Noordhuis, 2018).
- In de huidige situatie wordt de primaire productie van fytoplankton grotendeels benut door zoetwatermosselen, en is waarschijnlijk sprake van concurrentie met zoöplankton. In de brakwaterzone zullen de kansen voor zoöplankton verbeteren ten opzichte van mosselen. Beide concurreren om fytoplankton maar de mosselen kunnen niet tegen de grote range aan zoutgehaltes, zoöplankton ook niet maar kan zich in één seizoen vestigen in de waterkolom. Ontwikkeling van zoute en brakke ecotopen zorgt voor minder dominantie van de quaggamossel, met als gevolg minder begrazingsdruk door deze mosselen op fytoplankton. Meer fytoplankton leidt weer tot meer ontwikkeling van zoöplanktongemeenschappen in het water (Noordhuis, 2018).
- Het ontstaan van een redelijk stabiele brakwaterzone (zonder zoetspoelen!) zorgt voor ontwikkeling van bijzondere brakke zoöplanktongemeenschap, met name *Eurytemora* en *Acartia* soorten. Ook worden larven van brakwaterpokken, zeeduizendpoot en andere borstelwormen verwacht (Noordhuis, 2017, 2018).
- In brak intergetijdengebied met blootliggend slik en plaat zal de bentische primaire productie (microfytobenthos) meer nadruk krijgen dan in zoet intergetijdengebied met helofytenbegroeiing, waar de fytoplankton productie de primaire productie verschaft. Met meer brak intergetijdengebied ontstaat dus ook een verschuiving van het zwaartepunt van de secundaire productie in dergelijke gebieden van zoöplankton naar zoöbenthos (Noordhuis, 2018).
- In de zoete intergetijdenezones van de Biesbosch zal zoet zoöplankton, waaronder cladoceren en zoete raderdiertjes, nieuwe kansen krijgen, daar quaggamosselen afwezig zijn (Noordhuis, 2018).

Aandachtspunt:

- Successie hoger op de schorren leidt vroeg of laat tot monotone vegetaties van zeekweek (zoutwaterschorren), riet (brakwaterschorren) of wilg (zoetwaterschorren). Beheer is daarom een belangrijke factor in het behoud van structurele en biologische diversiteit. Het snijden van riet en biezen kan een vorm van beheer zijn. Vroeger was begrazing een belangrijke gebruiksvorm van zout- en brakwaterschorren; intensieve begrazing leidde tot kortgrazige kweldergrasvegetaties. Extensieve begrazing leidt tot een grotere variatie en mozaïek van kweldergraslanden en ruigtebegroeiing (Janssen, 2018; Wijsman et al., 2018).
- Afname van quaggamosselen leidt tot een afname van hun koloniserende planktonlarven (veliger larven), maar dit zal naar verwachting ruimschoots worden gecompenseerd door meer abundantie en variatie in ander zoöplankton (Noordhuis, 2018).

2.2.2 Benthos en ongewervelden

De bodemfauna omvat een groot aantal soorten met een breed spectrum aan voedingswijzen, habitateisen, etc. Benthos en ongewervelden zijn een zeer belangrijke voedingsbron voor vele vissoorten en vogels. Het weer beperkt toelaten van het getij in het Haringvliet en het herstel van de zoet-zoutgradiënt leidt tot de vooronderstelling dat de brakwatermacrofauna terugkeert in een deel van het estuarium. De zoetwaterfauna zal meer naar het oosten worden teruggedrongen (Reeze et al., 2017). Van west naar oost zijn de volgende veranderingen in bodemfauna te verwachten.

Westelijk, marien tot brakke gemeenschap

- De verwachting is dat de zoutgehaltenes in het westen te laag en vooral te variabel zullen zijn voor de ontwikkeling van echte mariene soortengemeenschappen. Soorten als mossel, kokkel en wadpier worden dus niet verwacht (Wijsman et al., 2018).
- Meer westelijk in het estuarium zullen bij wat hogere zoutgehaltenes soorten zoals platte slijkgaper, nonnetje en allerlei andere borstelwormen voorkomen. Om een indruk te krijgen van de gemeenschap die kan ontstaan is een vergelijking te trekken met de opening van het Hartelkanaal waar een zoutgradiënt ontstond. Brakke tot mariene soorten die in het westen verschenen waren onder meer de strandgaper en de gewone garnaal. Ook de wormen *Streblospio*, *Boccardiella* en *Polydora* behoorden tot het cluster van mariene soorten dat na de opening verscheen (Noordhuis, 2018).

Midden estuarium, variabele brakwatergemeenschap

- De meeste zoetwater bodemfauna zal verdwijnen in de variabele brakwaterzone, enkele soorten uitgezonderd die licht brakke omstandigheden kunnen overleven maar deze zullen beperkt en afnemend voorkomen in het westelijke gedeelte van het estuarium. Het binnendringen van zout water zal met name een positief

effect hebben op typische brakwatersoorten zoals de zeeduizendpoot en andere borstelwormen, nonnetje, pissebed (*Cyathura* sp.), slijkgarnalen (*Corophium* spp.) en andere kreeftachtigen, wadslakjes en oligochaete ringwormen. Zeker mobiele kreeftachtigen zoals garnalen, steurgarnalen en aasgarnalen zullen in de brakwaterzone goed kunnen gedijen. Het Nonnetje is een van de meest kansrijke kandidaten voor de brakke bodemgemeenschap op kaal zand en slik in de intergetijdenzone, net als zeeduizendpoot. (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018). Daar waar gezonde vegetatie op het intergetijdengebied ontstaat zal het getijdenslakje een typische soort worden (Reeze et al., 2017).

- De soortenrijkdom in de brakwaterzone is typisch laag, maar de soorten kunnen wel in hoge dichtheden voorkomen, dus potentieel hoge biomassa. Dit zijn soorten die een brede saliniteitsrange hebben en zich snel en vaak meerdere malen per jaar vermenigvuldigen en gebieden snel koloniseren. Dit maakt het gebied ten oosten van de Haringvlietsluizen interessanter voor diverse vis- en vogelsoorten. Deze soorten zullen ook profiteren van schokeffecten in het estuarium: zij ruimen de restanten op van de organismen die afsterven ten gevolge van wisselingen in zoutgehalten door rivierafvoer. De dichtheid van de waterbodembegane fauna zal waarschijnlijk verminderen ten opzichte van de huidige situatie. Huidige hoge dichtheden met zoetwatersoorten zoals korfschelpen, driehoeksmosselen en quaggamosselen zullen verdwijnen doordat deze niet bestand zijn tegen verhoogde zoutgehalten. Door beide factoren wordt het voedselweb meer gevoed door soorten die zich in de waterfase bevinden dan door waterbodembegane soorten (Reeze et al., 2017; Wijsman et al., 2018).
- De seizoensopbouw van de zoutindringing wordt zonder zoetspoelen natuurlijker, met juist een sterke zoutindringing in perioden met lage rivierafvoer in de nazomer. Daartegenover kunnen hoge rivierafvoeren zorgen voor het voor een langere tijd terug zoet maken van (delen van) de brakwaterzone. Dit kan leiden tot het (tijdelijk) afsterven van brakwater bodemdieren, waarna herstel optreedt. Typisch estuariene soorten kunnen hier goed op inspelen. Ook kunnen dan de seizoens-gasten onder de ongewervelden, zoals krabben, gewone garnalen en aas- en steurgarnalen, meebewegende populaties in het Haringvliet vormen (Noordhuis, 2018).

Oostelijk, licht-brak tot zoetwatergemeenschap

- In het uiterste oosten van het Haringvliet en in het Hollands Diep zal de brakke gemeenschap niet terugkeren, omdat de zoutgradiënt niet tot zover zal reiken. Daar zal de zoete gemeenschap zoals nu in het Haringvliet aanwezig behouden blijven (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018). Wel zullen de waterbodembegane soorten (zoetwatermosselen en wormen) verder oostelijk terugtrekken dan de mobiele soorten (kreeftachtigen), gezien zij in perioden van lage rivierafvoeren niet mee kunnen bewegen met het oprukken van de zoutgrens en zullen afsterven.

- Geheel oostelijk in het zoete intergetijdengebied van de Biesbosch zal de gemeenschap veranderen door meer intergetijdengebied. De Sliedrechtse Biesbosch, waar door grotere invloed van de Nieuwe Waterweg de getijamplitude gemiddeld niet 30 cm is maar 60-70 cm, biedt kansen om de veranderingen in macrofauna van zoet intergetijdenzone te voorspellen bij toenemende getijamplitude. De samenstelling van de macrofauna in de oeverzones onderscheidt zich duidelijk van die van de andere habitats en er werden enkele soorten gevonden die karakteristiek zijn voor oeverzones en overstromingsgebieden. Terwijl muggenlarven opvallend schaars waren kwamen andere tweevleugeligen juist relatief veel voor. In plaats van tweekleppigen waren slakken hier sterk vertegenwoordigd (Noordhuis, 2018).

Algemeen voor benthos en ongewervelden

- Zuurstofloosheid door stratificatie (al dan niet tijdelijk) in de diepere putten kan ook tot een verarming van de bodemfauna leiden. Echter indien er zuurstofloosheid optreedt als gevolg van stratificatie zal dit waarschijnlijk weinig effect hebben op de bodemfauna die belangrijk is voor het voedselweb. Dit omdat het voornamelijk de bovenste (zuurstofrijke) waterlaag is die de intergetijdengebieden zal overspoelen en bereikbaar zal zijn voor watervogels (Wijsman et al., 2018). Daarbij is de mobiele brakwaterfauna beter bestand tegen zulke wisselende omstandigheden dan de huidige sessiele zoetwatermosselgemeenschap.
- Gedetailleerde voorspelling van arealen habitat voor brakke en estuariene gemeenschappen is niet mogelijk omdat de zoutgradiënt en de (seizoens) dynamiek daarvan door rivierafvoer nog niet in voldoende detail is gemodelleerd. De grens van de mogelijkheden voor brakke bodemfauna wordt, anders dan in de huidige situatie met de Kier met zoetspoelen, met beperkt getij juist bepaald door perioden met hoge afvoer, dus met name in de winter, wanneer de activiteit van de bodemdieren van nature meer beperkt is. Door de wisselingen in zoutgehalte ontstaat vooral habitat voor soorten met een grote tolerantie range voor concentraties, wat typisch is voor estuaria die gestuurd worden door rivierafvoer (Noordhuis, 2018).
- Vóór de afsluiting bestond de macrofauna gemeenschap in het Haringvliet en het Hollands Diep uit brakwatersoorten met een tolerantie voor zoutfluctuaties (en verontreinigingen). Deze gemeenschap had van het westelijke Haringvliet tot het oostelijke Hollands Diep ongeveer dezelfde samenstelling. In deze periode gold dat ook min of meer voor de zoutgehaltes door de aanvoer vanuit het zuiden. In de Biesbosch werd in de jaren 1960 een min of meer zoete gemeenschap met enige zoutinvloed aangetroffen (Noordhuis, 2018).

2.2.3 Benthos en ongewervelden

Estuariene systemen, waartoe het Haringvliet ooit behoorde, hebben een open karakter. Gedurende het jaar is het een komen en gaan van vissoorten of bepaalde levensstadia. De abundantie van soorten kan hierdoor sterk variëren gedurende verschillende perioden in het jaar. Factoren als zoutgehalte, temperatuur, zuurstofgehalte, troebelheid, voedselaanbod en mogelijkheden tot in- dan wel uittrek zijn hierbij sturend (Hop, 2016). Het terugbrengen van (beperkt) getij in het estuarium Haringvlietsluizen brengt enkele duidelijke ontwikkelingen voor de visgemeenschap:

- **Natuurlijkere seizoensritmiek en gradiënt:** Rivierafvoer en zoutindringing kennen een natuurlijker verloop met seizoenen. Afwezigheid van zoetspoelen in kritische perioden waarborgt een stabielere estuariene bodemfauna en lokale productie van brakke zoöplanktonsoorten. Dit creëert een beter voedselaanbod voor alle larvale vis, planktivore soorten en kansen voor seizoensgasten. Een geleidelijke west-oost zoutgradiënt creëert omstandigheden voor respectievelijk sprong, haring en spiering (Noordhuis, 2018).
- **Nieuw intergetijdengebied:** Fors meer areaal brak en zoet intergetijdengebied, grotendeels ten koste van hogere oeverzones dus extra (paai)habitat voor vis. Zoet intergetijdengebied kent zonering van riet en biezengroei, welke goed opgroei gebied biedt voor jonge zoetwatervis. Brak intergetijdengebied bestaat meer uit kaal zand en slik met voedsel en leefgebied voor jonge bot, jonge fint en aal. Extra brakke intergetijdengebieden met plaat en slik is goed voor microfyto-benthos, met extra voedselaanbod voor planktivore vis (Noordhuis, 2018).
- **Betere structuur voedselweb:** De verdeling zoet/zout/ondiep/diep water in intergetijdengebied wordt evenwichtiger. Minder dominantie van zoetwatermosselen leidt tot minder begrazingsdruk op fytoplankton, meer fytoplankton leidt tot meer zoöplankton en dus meer voedsel voor larvale vis en planktivore vis. Planktongemeenschap van het brak intergetijdengebied wordt gestimuleerd, maar ook zoete planktongemeenschap door zowel minder concurrentie met zoetwatermosselen als ook toename laterale uitwisseling nutriënten door getijdenstroming. Totale primaire productie kan daarmee iets toenemen (Noordhuis, 2018).
- **Herstel van een sterke directionele stroming in het Rijn-Maas estuarium** waardoor trekvis effectiever hun weg naar de bovenstroomse paaigronden verder op het rivierengebied kunnen vinden. De terugkeer van een duidelijke vloed- en ebstroom in de hoofdgeul voorkomt rondwalen van trekvis door alle misleidende keerstromen in het Rijn-Maas estuarium.
- **Verschuiving van de huidige zoetwatervisbestanden in het Haringvliet richting het oostelijke deel Haringvliet en Hollandsch Diep,** waarbij het getij en rivierafvoer de zoet-zout grens afbakent en daarmee de verspreiding van zoetwatervis-bestanden. Daarbij zullen tevens de zouttolerantie en verspreiding over de diepte (gezien enige gelaagde zoutindringing) bepalen welke zoetwatervissoorten waar voorkomen.

Om beter te begrijpen hoe de visgemeenschap zal veranderen is enig inzicht nodig in de huidige visgemeenschap op het Haringvliet en monding. De laatste visstandbemonstering is gedaan in 2016 (Hop, 2016). Bij het schrijven van dit document worden de resultaten van de nieuwste visstandbemonstering uit 2019 verwerkt maar kunnen nog niet meegenomen worden, deze bestrijkt het benedenriviergebied en een groot gedeelte van de Rijn-Maas monding. De zoetwatersoorten die frequent zijn aangetroffen in het Haringvliet zijn algemeen voorkomende zoetwatersoorten die over het algemeen in stagnante wateren worden aangetroffen. Typische stroominnende soorten zoals barbeel, sneep, en riviergrondel zijn slechts beperkt aangetroffen. Voor de diadrome soorten geldt, met uitzondering van paling en spiering, dat deze vissen nu het Haringvliet voornamelijk gebruiken als migratieroute tussen rivier en zee en vice versa (Hop, 2016; Hop et al., 2011).

De visstand in het Haringvliet is geschat op circa 41 kg/ha en 361 stuks/ha. De meest voorkomende vissoort is de blankvoorn. Het grootste deel van dit bestand bestaat uit éénzomerige vis (jaarklasse 0+). Andere relatief veel voorkomende soorten zijn brasem, baars, snoekbaars, zwartbekgrondel en winde. Op basis van biomassa wordt het visbestand gedomineerd door brasem (57%). Andere soorten met een relevant aandeel in de biomassa zijn snoekbaars (11%), blankvoorn (10%), baars, karper, paling en houting (3 tot 7%). De grootste visbestanden in het Haringvliet bevinden zich tegen of nabij de oevers van het Haringvliet. In het open water is de omvang van het visbestand aanzienlijk kleiner, in het bijzonder in de diepe delen van het Haringvliet (>15 meter) (Hop, 2016). Wanneer de omvang van het visbestand in het Haringvliet vergeleken wordt met de visstanden zoals deze in de bovenstrooms gelegen delen van de rivieren zijn aangetroffen, dan blijken de visbestanden in het Hollands Diep, Nieuwe Merwede en Boven Merwede aanzienlijk hoger dan in het Haringvliet. In het Maassysteem liggen de aangetroffen visbestanden in dezelfde orde van grootte (Hop, 2016).

Om beter te begrijpen hoe de gemeenschap met het openen van de Haringvlietssluisen in het westelijke gedeelte van het Haringvliet estuarium eruit zou kunnen komen te zien is inzicht in de visgemeenschap van de Haringvlietmonding van belang. De omvang van het visbestand in de oeverzone van de Haringvlietmonding is geschat op circa 60 kg/ha en ruim 23.500 stuks/ha en is in hoge mate indicatief voor de hele monding (Hop, 2016). Zowel op basis van aantallen als op basis van biomassa bestaat dit visbestand grotendeels uit haring/sprot (respectievelijk 59% en 35%). Naast deze soorten komen ook diverse grondelsoorten (dikkopje/brakwatergrondel) veelvuldig voor met aandelen tot (29%). De visbiomassa bestaat naast haring/sprot voornamelijk uit uitgespoelde snoekbaars (14%), grondels (12%) en vissoorten als bot, harder, fint, houting en zeeforel (Hop, 2016).

De gevolgen van een open Haringvliet met beperkt getij kunnen het beste per functionele groep worden uiteengezet:

Trekvissen (diadrome soorten)

Deze vissoorten gebruiken het estuarium als migratieroute tussen paai- en opgroei gebied, waarbij enkele soorten het estuarium eveneens gebruiken als foerageer- en leefgebied. Binnen de diadrome soorten is onderscheid te maken in anadrome en katadrome soorten. Anadrome soorten trekken vanuit zee de rivieren op om zich in het zoete water voort te planten. Katadrome soorten daarentegen planten zich voort op zee, waarna de larven/juveniele exemplaren het zoete water optrekken om op te groeien.

De [vismigratiekalender](#) voor het Haringvliet laat een grote diversiteit aan trekbewegingen zien. Het hele jaar door zwemmen vissen stroomopwaarts richting de rivier of stroomafwaarts richting zee. Er is geen periode aan te wijzen waarin er geen trekbewegingen zijn. Met de kier is er nauwelijks natuurwinst behalve voor migrerende anadrome vissoorten zoals zalm en zeeforel, en mogelijk estuariene soorten als spiering en haring (afhankelijk van zoetspoelregime). Beperkt getij op het Haringvliet betekent ook herstel van de directionele stroming, en vooral met de teruggekeerde ebstroom (sterker dan vloedstroom). In het huidige beheer van de Rijn-Maas monding 'verdwalen' trekvissen waardoor ze te laat aankomen op foerageergronden en paagronden. Dit is het gevolg van de huidige diverse keerstromen in het Spui, Dordtsche Kil, Noord, Oude Maas die afleiden van stroomopwaartse migratie door het Haringvliet, Hollandsch Diep en Biesbosch; afhankelijk van het beheer van de Haringvlietssluisen en de rivierafvoer draait het water rondjes in dit gebied waarin vissen verdwalen. Echter, terugkeer van een directionele eb-getijddestroom gaat zorgen voor een sterke en dynamische influx zout in het gebied. En dat triggert trekvissen tot stroomopwaartse migratie, vooral in de wat diepere stroomgeulen en de hoofdstam van de rivier (pers. comm. N. Brevé).

Naast de doortrekroute voor trekvissen, vervult een open verbinding en zoet-zout overgang een belangrijke rol als opgroei gebied en kraamkamer voor jonge vis (Kroes & Reeze, 2017). Voor diadrome soorten zoals zalm, zeeprink, driedoornige stekelbaars, paling en bot heeft een continu en open estuarium meerwaarde met betrekking tot de verbeterde intrekbaarheid (Hop et al., 2011; Hop & Vriese, 2011). Ook zullen aantallen bot en jonge aal groter worden door de ontwikkeling van gemeenschappen van bentische evertrebraten in het brakke intergetijdegebied, zeker ook gunstig is de mogelijkheid voor "selectief getijdetransport" stroomopwaarts waarvan de katadrome vislarven tijdens opkomend water gebruik kunnen maken (Noordhuis, 2018). Diadrome soorten die meer lokaal kunnen opgroeien zoals (de grotere diadrome variant van) de driedoornige stekelbaars, aal en bot zullen in aantal toenemen (Griffioen et al., 2017). Een open Haringvliet zorgt voor meer draagkracht van populatie zeeforel, en voor zalm zal een open Haringvliet enigszins bijdragen aan een verbeterde intrek en corridor-functie ten opzichte van de kier. Naast de 'poort' functie, was het estuariene Haringvliet systeem vooral functioneel als opgroei gebied voor een groot aantal soorten. Vooral een geleidelijke en stabiele brakwaterzone zal van grote meerwaarde zijn als opgroei gebied voor andere diadrome soorten die hiervan afhankelijk zijn in hun levenscyclus, zoals de Europese steur, spiering en fint (Griffioen et al., 2017). Ook jonge

sprot, rivierprik, zeebaars en haring verblijven soms wel meerdere jaren in de zoet-zout overgang voordat ze hun weg richting zee vervolgen. De jonge vis dient daarbij tevens als (stapel)voedsel voor veel andere soorten (trek)vissen, maar ook voor bijvoorbeeld (trek)vogels (Reeze et al., n.d.).

Estuariene soorten

De vissoorten die tot de estuariene soorten worden gerekend, kunnen hun gehele levenscyclus in het estuarium verblijven. Kenmerkend is dat voor hun paai-, opgroei- als leefgebieden er binnen het estuarium voldoende geschikt habitat aanwezig is. Daarom is voor estuarien residenten is een continue karakter van een functioneel estuarium nodig.

De functies van het estuarium als paai-, opgroei- en leefgebied van estuariene vis zullen zeer sterk verbeteren bij een open verbinding en herstel getij van 80cm. Estuarien residenten (o.a. brakwatergrondel en botervis, maar ook bot kan in het estuarium verblijven) hebben veel baat bij een herstel van een natuurlijke zoet-zout gradiënt. Toevoeging van zoet en brak intergetijdengebied en het wegvallen van het zoetspoelen betekent een beter evenwicht en betere uitwisseling tussen de verschillende habitats als ook een hogere voedsel productie voor vis. Goede kansen zijn er met name voor ontwikkeling van een west-oost pelagische gemeenschap van respectievelijk sprot, haring en spiering (van zout naar zoet) Dit zal samengaan met de ontwikkeling van een brakke zoöplankton gemeenschap met hoge dichtheden van de copepoden Eurytemora en Acartia en hun larven. Onderzoek in de Westerschelde suggereert dat de ontwikkeling van jonge Haring en Sprot hier gestuurd (gelimiteerd) wordt door de abundantie van deze twee calanoïde copepoden. Spiering en jonge haring waren vroeger waarschijnlijk in abundantie en productie de 'sleutelsoorten' voor het functioneren van het voedselweb in het Haringvliet, het ecosysteem en de visserij, met daarnaast een hoge productie van macrofauna zoals garnalen, vlokreeften, aasgarnalen en zoöplankton (Griffioen et al., 2017). Voor de fint zal herstel van de biezenvvegetatie in het zoete gedeelte uitstekend paaihabitat vormen en foerageergebied met het aansluitende intergetijdengebied. Hiermee kan herstel van de vroegere paaipopulatie van fint in en rond de Biesbosch worden gerealiseerd (Noordhuis, 2018).

De mate van belang van een estuarium voor trekvis en enkele estuariene soorten is hieronder uitgezet.



Figuur 2 14: Weergave mate van belang van estuarium als corridorfunctie (Y-as) en habitat functie (Griffoen et al., 2017).

Mariene juvenielen en seizoensgasten

De zogenaamde mariene juvenielen zijn typische zoutwatersoorten waarvoor het estuarium een functie heeft als opgroeigebied voor juvenielen. Het estuarium is als het ware een “kinderkamer” voor vissoorten die tot dit gilde behoren. Mariene seizoensgasten zijn zoutwatersoorten die in een vast seizoen in het estuarium te vinden zijn. De aanwezigheid van deze soorten in het estuarium is over het algemeen slechts van korte duur en afhankelijk van gunstige abiotische omstandigheden. Voor marien juveniele (o.a. haring, zeebaars, schar, schol en steenbolk) en seizoensmigranten (sprot) biedt een open en continu estuarium betere mogelijkheden tot meebewegen met het zoute water en dynamisch gebruik van habitat. Het zoutgehalte aan de westelijke zijde van het Haringvliet zal oplopen in tijden van lage rivierafvoeren en mariene soorten de mogelijkheid geven om met de zouttong mee te bewegen, waardoor tijdelijk extra opgroeihabitat voor hen beschikbaar komt. Soorten als haring en sprot met een wat grotere tolerantie voor een fluctuerende saliniteit kunnen profiteren van extra opgroeigebied in groot extra areaal fluctuerende brakwaterzone (Griffoen et al., 2017).

Mariene dwaalgasten (mariene soorten)

Mariene dwaalgasten zijn, zoals de naam al aangeeft, zoutwatersoorten die het estuarium onregelmatig bezoeken. Deze soorten hebben geen specifieke afhankelijkheid van het estuarium;

Zoetwatersoorten

Net als de mariene dwaalgasten hebben de zoetwatersoorten eveneens geen speciale afhankelijkheid van het estuarium. Deze soorten bevinden zich voornamelijk in de zoetwatergetijdenzone en, afhankelijk van de zouttolerantie van elke specifieke soort, soms ook in de (zwak) brakke zones (Hop, 2016). De typische zoetwatervis (o.a. brasem, baars en blankvoorn) zal fors habitat verliezen in het Haringvliet door de geleidelijke brakwaterzone en de landinwaarts verschuiving van de zoet-zout gradiënt. Al hebben enkele van deze typische zoetwatersoorten een hogere zouttolerantie; ondermeer alver, baars, brasem, blankvoorn, pos en snoekbaars (Hop et al., 2011). Dat de populaties van deze soorten naar het oosten zullen schuiven is zeker, maar in hoeverre is afhankelijk van de zouttolerantie, zoet-zoutgrens en verspreiding over de diepte. De huidige sportvisserij op zoetwatervis in het Haringvliet zal daarmee duidelijk effecten ondervinden, waardoor het nodig zal zijn om samen te zoeken naar nieuwe zoetwater-sportvisserij mogelijkheden en/of beschermende maatregelen daar waar verenigbaar met de doelstellingen voor estuarien herstel van het Haringvliet. Echter zal een open verbinding ook betekenen dat er geen zoetwatervissen meer worden uitgespoeld door de sluisen wat nu zelfs bij vrij zouttolerante soorten als snoekbaars problematisch is bij lage als ook gemiddelde rivierafvoeren (Brevé et al., 2018; Hop et al., 2011; Vis, 2017). De verspreiding van zoetwatervis in het Haringvliet wordt bij beperkt getij 'begrensd' door de dynamische zoet-zout gradiënt, de verspreiding van zoetwatervis zal zich daarmee aanpassen en meeschuiven met de zoet-zout gradiënt. 'Echte' zoetwatervissen zullen enkel bij hogere rivierafvoeren incidenteel in het westelijke deel van het Haringvliet aanwezig zijn (Griffioen et al., 2017). Beperkt getij betekent dat fors meer areaal brak en zoet intergetijdengebied zich zal ontwikkelen, grotendeels ten kosten van hogere oeverzones dus extra (paai)habitat voor vis. Het zoete intergetijdengebied (in de Biesbosch) zal grotendeels begroeid raken met een zonering van riet en biezten. De meer open delen van deze vegetatie in het onderste deel van deze zone, vooral waar die aansluiten op permanent ondergedoken vegetatie, vormen waarschijnlijk een interessant nieuw opgroeigebied voor jonge zoetwatervis (baars, blankvoorn) (Noordhuis, 2017). Ook zoetwatervissen zullen profiteren van de ontwikkeling van fyto- en zoöplankton populaties door de verminderde graasdruk van zoetwatermosselen.

2.2.4 Vogels

kustbroedvogels en visetende vogels (van Kleunen et al., 2018b). Kijkend naar de aangewezen vogelsoorten voor de Natura 2000-gebieden van het Haringvliet-Biesbosch estuarium wordt verwacht dat van deze een meerderheid van de soorten positief reageert op een open estuarium met meer getijdenwerking en een klein aantal soorten negatief (van Kleunen et al., 2018b). Onder de vogels voor welke betere leefgebiedcondities ontstaan, zitten soorten die landelijk onder druk staan zoals sterns, plevieren en kluten en ook soorten van dynamisch nat moeras (mogelijk zelfs grote karekiet). Voor moerasbroedvogels zijn voornamelijk in de Biesbosch positieve gevolgen te verwachten door sterkere zonering zoetwatergetijde en ontwikkeling van helofytenvegetatie als geschikt broedhabitat. Onzeker is of de toename in intergetijdengebied en daarmee voedselbeschikbaarheid voor ganzen effecten heeft op ontwikkeling van deze helofytenvegetatie en (broed)habitat voor moerasbroedvogels op de schaal van een geheel estuarium. Negatieve effecten van meer verzilting in het westelijke deel van het Haringvliet estuarium worden verwacht op de leefgebiedcondities voor moerasstruweelvogels en watervogels van zoetwater die van zoetwaterbodemdieren leven. Hieronder bevinden zich minder soorten die landelijk onder druk staan, maar wel soorten waarvoor de gebieden als Natura 2000 gebied zijn aangewezen. De vrees dat positieve effecten voor doortrekkende steltlopers in het Haringvliet gepaard gaan met afname van intergetijdenslikken in de Haringvlietmonding bij meer getijdenwerking (van Kleunen et al., 2018b) lijkt niet te kloppen met verwachtingen van autonome morfologische ontwikkeling van de Haringvlietmonding (Hansen et al., 2018) waardoor ook voor Natura-2000 aangewezen soorten steltlopers de effecten over het estuarium netto positief zijn.

BROEDVOGELS

Kustbroedvogels

Naar verwachting zullen kustbroedvogels als sterns, meeuwen, kluten en plevieren meer kale grond of pioniervegetatie tot hun beschikking hebben als potentieel nesthabitat, dit als gevolg van de vertraging van de vegetatiesuccessie door meer getijwerking en verzilting (van Kleunen et al., 2018b). In de huidige situatie vindt veel beheer plaats om gunstige omstandigheden voor kustbroedvogels te creëren en in stand te houden. Dit kan met intrede van getij worden overgenomen door natuurlijke dynamiek. Echter zal met beperkt getij op het Haringvliet nog onvoldoende dynamiek aanwezig zijn voor compleet 'reset' van vegetatiesuccessie en daarmee behoud van cruciale kale en open pioniervegetatie en broedhabitat, waardoor enig beheer waarschijnlijk op bepaalde locaties nodig blijft (van Kleunen et al., 2018b). Soorten van zeer dynamische milieus zoals bontbek- en strandplevieren en dwergsterns zullen het meest profiteren van meer nestgelegenheid, dit geldt vooral in het westelijke deel van het Haringvliet waar de verzilting onder bepaalde omstandigheden tot aan de oevers kan reiken waardoor de vegetatiegemeenschap verandert en meer openheid en nestgelegenheid ontstaat. Voor de viseters onder de kustbroedvogels, met name sterns, wordt een positieve toename van lokale visaanbod verwacht in de vorm van kleine pelagische soorten als sprot, haring en spiering (van Kleunen et al., 2018b). Ook worden er meer (seizoensgasten onder) kreeftachtigen verwacht

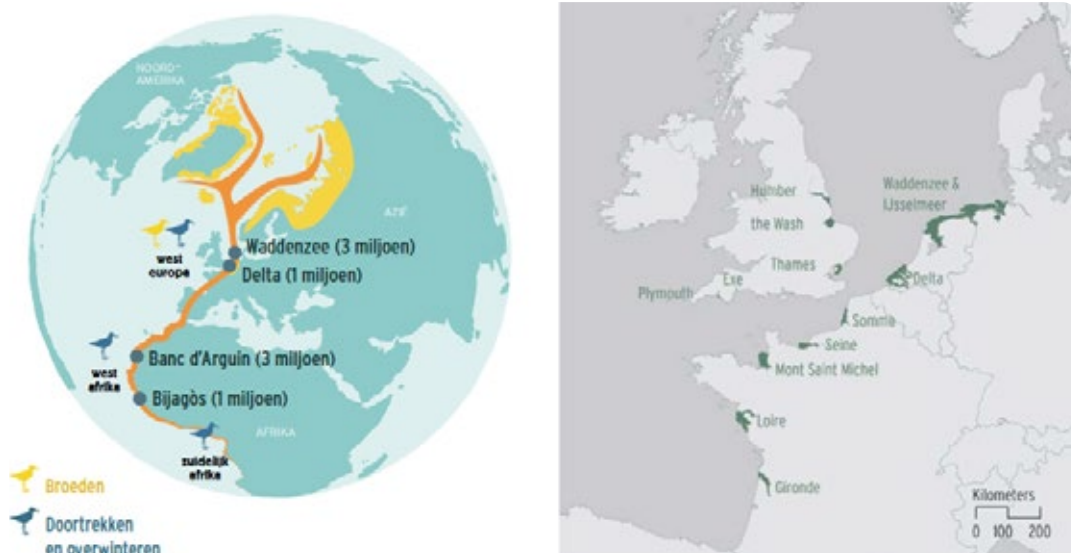
zoals verschillende soorten garnalen, een andere bron van voedsel en soortgroep die onder de huidige stabiele, zoete omstandigheden weinig tot uiting komen (Noordhuis, 2018; Wijsman et al., 2018). Daarbij zorgen toenemende getijdynamiek en stroming voor meer uitwisseling en circulatie waarbij, met name in de Biesbosch, de circulatie van organisch stof en voedingsstoffen wordt versterkt en productie van (zoetwater)vis wordt gestimuleerd. De evenwichtigere verdeling in aquatische habitats en intrede van brak water betekent dat het estuarium minder gedomineerd wordt door quaggamosselen, ten voordele van zoöplankton, planktivore vis en daarmee positief voor viseters. Voor de bodemdiereters onder de kustbroedvogels, zoals kluten en plevieren, zal het voedselaanbod substantieel toenemen bij extra getij vanwege de toename van het areaal intergetijdengebied. Dit speelt vooral in het Haringvliet. Bij belangrijke bestaande broedlocaties voor kustbroedvogels (Slijkplaat en Ventjagersplaten) zal het intergetijdengebied worden vergroot, wat gunstig is voor in ondiep water foeragerende soorten zoals kluten, plevieren maar ook dwersterns (van Kleunen et al., 2018b).

Riet- en moerasbroedvogels

Er wordt ten westen in het Haringvliet estuarium een verlaging van de moerasvegetatiedichtheid verwacht door verzilting en vooral ook door toegenomen golfslag daar waar er geen vooroevers zijn (Noordhuis, 2018; van Kleunen et al., 2018b; Wijsman et al., 2018). Echter worden de meeste begroeide oevers van het Haringvliet beschermd door een vooroever (Hansen et al., 2018). Daarom is er geen tot zeer beperkte afname van moerasbroedvogels ten westen in het Haringvliet estuarium te verwachten (van Kleunen et al., 2018b). Meer oostelijk, in Hollandsch Diep maar voornamelijk de Biesbosch, wordt door meer getijdewerking ontwikkeling van een helofytenvegetatie verwacht met de zonering zoals vroeger, met dikstengelig riet hogerin het intergetijdengebied en diverse biezensoorten in de lagere delen. Hier kunnen moerasvogels van natte moeras zoals de roerdomp en porseleinhoen sterk van profiteren. Ook de grote karekiet kan profiteren van meer natuurlijke dynamiek van het waterpeil, al broedt deze nu in dikstengelig overjarig riet wat aan open water grenst. Watervogelvraat kan ontwikkeling riet- en biezenvegetatie onderdrukken, wat lokaal impact kan hebben op ontwikkeling van moerasbroedvogelhabitat. Moerasvogels van minder natte moerasruigte zoals sprinkhaanzanger, blauwborst en cetti's zanger houden mogelijk minder broedhabitat over doordat de toegenomen getijdenwerking voor verdringing van hun broedhabitat zorgt. Met beheer van riet/biezen snijden en onderhoud van grienden kan hier nog wel enigszins op worden gestuurd (van Kleunen et al., 2018b). Ontwikkeling van zoetwater en brakwaterschorren is belangrijk voor broedende riet- en moerasvogels zoals kiekendief, blauwborst, rietzanger, bosrietzanger, rietgors, cetti's zanger en baardmannetje.

Overige broedvogels

Voor ganzenpopulaties (vooral brandgans) zal de voedselbeschikbaarheid in het estuarium toenemen als gevolg van een toename in areaal intergetijdengebied, dit is voornamelijk in de Biesbosch. Toenemende ganzenaantallen kunnen potentieel ontwikkeling van riet- en biezenvegetatie in het intergetijdengebied onderdrukken en daarmee ontwikkeling van broedhabitat voor riet- en moerasbroedvogels, impact hiervan op de schaal van het estuarium is echter onzeker. Onderzoeken naar vraat door ganzen betreffen vaak een beperkt areaal, op de schaal van een geheel estuarium zou het effect beperkt kunnen blijven. De auteurs in Kleunen et al (2018b) doen de suggestie dat meer intergetijdengebied (door meer getij) in het Haringvliet estuarium, minder afremming van de vegetatieontwikkeling door ganzenvraat tot gevolg zou kunnen hebben. Dit zou kunnen doordat de graasdruk verdeeld wordt over een groter areaal. Lepelaarpopulaties zullen ondanks meer getijdewerking hun broedlocaties in het estuarium behouden. Positieve ontwikkeling voor lepelaars wordt verwacht door de toename van kleine vis, extra voedselaanbod ongewervelden in de vorm van aasgarnalen, betere toegang in ondiep water door lagere dichtheid helofyten in brakke zone en in onderste laag intergetijdengebied. Voor weidevogels kan er enerzijds bestaand grasland verloren gaan bij grotere getijdenslag. Dit zou ten nadele kunnen zijn van de grutto, voor zover die er nog zit. Anderzijds kunnen nieuwe arealen zilte pioniermilieus hoge dichtheden aan bijvoorbeeld scholeksters en tureluurs herbergen, waarbij de aangrenzende slikken extra foerageergebieden opleveren (van Kleunen et al., 2018b).



Figuur 2 15: De Oost-Atlantische flyway en het belang van de Zuidwestelijke delta hierin voor broedende of-wel doortrekkende en overwinterende vogel (links) De Zuidwestelijke delta tussen andere belangrijke estuaria en waddengebieden in Noordwest Europa (van der Winden et al., 2017).

DOORTREKKERS EN OVERWINTERAARS

Plantenetters

Het Haringvliet-Biesbosch estuarium en de Voordelta hebben een belangrijke pleisterfunctie voor doortrekkende en overwinterende watervogels. Het meest sturend hiervoor is de beschikbaarheid van voedsel. Voor plantenetende watervogels zal meer getijdenwerking en fluctuaties in peil door getij en rivierafvoer voor terugbrengen van de pioniervegetatie en diversiteit in de pioniervegetatie in het gehele estuarium zorgen (van Kleunen et al., 2018b; Vergeer et al., 2016), wat gunstig is voor vele soorten afhankelijk van pionierplanten zoals wintertaling en pijlstaart. Verzilting in het Haringvliet zal niet van wezenlijke invloed zijn op voedselaanbod voor algemene plantenetende watervogels. Verder zal meer areaal intergetijdengebied in de Biesbosch zorgen voor meer helofyten begroeiing, waarvan veel planteneters zoals ganzen en zwanen kunnen profiteren (van Kleunen et al., 2018b).

Benthoseters

Zoete bodembenthos van hoofdzakelijk zoetwatermossels zal in het westelijke gedeelte van het Haringvliet-Biesbosch estuarium verdwijnen en plaats maken voor een west-oost gradiënt van matig zoute tot brakke bodemfauna, met meer variatie in voedselaanbod en ook seizoenaal aanbod van ongewervelden. Brakke habitats staan niet bekend als soortenrijk maar de teloorgang van de dominantie van zoetwatermosselen zal hier juist wel tot meer variatie leiden. Soorten zoals de brilduiker die naast (zoetwater)mosselen ook een diversiteit aan ongewervelden tot zich neemt zullen hier eerder van profiteren (van Kleunen et al., 2018b). Maar zoutmijdende soorten als kuifeend, tafeleend en meerkoet zullen in het westelijke deel van het Haringvliet foerageergebied verliezen. Echter zullen watervogels die van zoetwater bodemfauna leven waarschijnlijk nauwelijks worden beïnvloed omdat de gebieden die brak worden grotendeels (nu ook al) te diep zijn om in te foerageren (Noordhuis, 2017). Voor soorten als zwarte zee-eend, topper en eidereend is niet gelijk een positief effect te verwachten aangezien de zoutcondities in het estuarium niet stabiel genoeg zullen zijn voor ontwikkeling van zoutwaterschelpdierbanken (van Kleunen et al., 2018b).

Benthoseters op de slikken, voornamelijk steltlopers en bergeenden, zullen profiteren van de substantiële toename in areaal intergetijdengebied. Vroeger, voor de afsluiting en rivierverontrengingen, waren de zilte slikken in het Haringvliet van grote waarde in de Zuidwestelijke delta door de hoge dichtheden aan brakke macrofauna (Vergeer et al., 2016). Op het extra areaal permanent intergetijdengebied vormen de slikken en platen tijdens laag water een geschikt foerageergebied voor allerlei soorten steltlopers en watervogels (o.a. bonte strandloper, tureluur, zwarte ruit, groenpootruit, zilverplevier, wintertaling, krakeend, smient, bergeend). Deze zullen dan ook profiteren van de toename in areaal permanent intergetijdengebied. Omwille van het brakke karakter zullen bepaalde belangrijke prooi-soorten voor steltlopers (bijv. scholekster, wulp), zoals wadpieren, kokkels en mosselen zich niet vestigen op deze intergetijdengebieden. Deze soorten komen meer in zoute omstandigheden voor. Vooral op de slikkerige delen zullen soorten zoals ruiters en strandlopers geschikt voedsel kunnen vinden (Wijsman et al., 2018). Meer

oostelijk in het zoete intergetijdengebied zal dit positieve effect ook gelden voor de steltlopers van zoetere milieus maar de impact zal minder groot zijn door sterke ontwikkeling van helofytenvegetatie en minder toename in slik (van Kleunen et al., 2018b). Het intergetijdengebied in de monding van het Haringvliet is heel belangrijk foerageergebied voor steltlopers (van der Winden et al., 2017; van Kleunen et al., 2018b). Gevreesd wordt dat het openen van de Haringvlietsluizen zorgt voor een afname in intergetijdengebied en dus foerageergebied voor steltlopers. Dit areaal verandert echter op korte termijn niet door het toelaten van beperkte getij door de Haringvlietsluizen (Hansen et al., 2018). Daarbij is de verwachting dat autonome morfologische ontwikkeling van verondieping en verzanding in het gebied van de Haringvlietmonding, aangesterkt door de aanleg van de eerste en tweede Maasvlakte, veel sterker is dan de effecten door een veranderende getijstroom bij het openen van de Haringvlietsluizen (Hansen et al., 2018).

Viseters

Duikende viseters als sterns, futen, zaagbekken en aalscholvers zullen sterk profiteren van een open estuarium met getijdenwerking en zoet-zout gradiënt. Over het gehele Haringvliet-Biesbosch estuarium neemt het voedselaanbod van planktivore en ook pelagische vis toe, wordt de productiviteit van het systeem an sich vergroot door betere nutriëntenuitwisseling en land-water interactie, ontstaan gunstige waterdoorzichtgradiënten door toenemende getijstromingen en zoet-zout spronglagen waardoor vangbaarheid van vis vergroot wordt (Griffioen et al., 2017; van Kleunen et al., 2018a). Ook voor viseters die in ondiepe wateren foerageren zoals reigers en lepelaars zal het visaanbod en daarmee kwaliteit van de oevers toenemen en zal ook meer intergetijdengebied als geschikt foerageergebied ontstaan (van Kleunen et al., 2018b).

2.2.5 Zoogdieren

Apart is gekeken naar de effecten op de noordse woelmuis, een streng beschermde en zeer kritische soort die in het Haringvliet-Biesbosch voorkomt maar met een negatieve trend. Op basis van de berekende arealen aan zoete ecotopen neemt het areaal geschikt leefgebied af. Maar de gebieden die sterker onder invloed van getij en brak water komen te staan maakt ze gunstiger voor de noordse woelmuis. Netto gaat er echter meer zoet habitat verloren. De noordse woelmuis heeft vooral te leiden onder concurrentie met andere muizensoorten die beter bestand zijn tegen verzuuring en veraarding. Absolute afname in oppervlak, maar een verbetering van de concurrentiepositie van de noordse woelmuis in een kleiner oppervlak (door sterkere invloed van getij en brak water) kan toch een overall verbetering (een grotere populatie-omvang) betekenen. Op alle plekken waar de noordse woelmuis nu voorkomt blijft geschikt leefgebied bestaan, wat door de betere condities voor de noordse woelmuis netto dus voor een uitbreiding van de populatie zou kunnen zorgen (Bekker, 2018).

In de Voordelta leven twee verschillende soorten zeehonden: de gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en de grijze zeehond (*Halichoerus grypus*). Beide soorten leven en foerageren op zee, maar komen regelmatig op de kant om te rusten en worden vaker waargenomen in binnenwateren (Schop et al., 2018). Ook in het Haringvliet en verder in het rivierengebied

worden zeehonden waargenomen. Door de intrede van (beperkte) getijdewerking zal het gebied morfologisch veranderen en zullen zich meer potentiële rustplaatsen kunnen ontwikkelen (Wijsman et al., 2018). Zo zal de Slijkplaat in omvang toenemen. Tevens zouden de Ventjagersplaten zich kunnen ontwikkelen tot een groot intergetijdengebied en zou mogelijk met laagwater als rustplaats kunnen dienen. De aanwezigheid van zeehonden op deze platen zal mede afhankelijk zijn van de beheersmaatregelen; met name het voor mensen afsluiten van deze gebieden zal een gunstig effect hebben. Zeehonden kunnen probleemloos de sluisen passeren gezien de constante opening bij beperkt getij. Door de continue open verbinding met de Voordelta zal er mogelijk ook meer vis kunnen uitwisselen waarop de dieren lokaal zouden kunnen foerageren (Schop et al., 2018). De belangrijkste rustplaats voor zeehonden in de buitendelta is de Hinderplaat, het openen van de sluisen zal niet of nauwelijks invloed hebben op de ecotopen en droogvalduur (Hansen et al., 2018) waardoor de rustplaatsen voor zeehonden in dit gebied behouden blijven. Zeehonden zijn te verwachten als nieuwe soorten in het Haringvliet afhankelijk van het voedselaanbod en rustplaatsen (Schop et al., 2018).

Bruinvissen zullen de sluisen mogelijk ook passeren maar heel groot lijkt die kans niet. Een groot deel van het jaar zullen ze er ook geen geschikt leefgebied vinden maar zullen meer gebonden zijn aan zout water en meeschuiven met de zoet-zout grens (pers comm., Stichting Rugvin).

3. VOORUITZICHT MAAT- SCHAPPIJ & ESTUARIENE NATUUR

3.1 Stakeholderanalyse

Onderstaande tabel biedt een overzicht van belanghebbenden in het Haringvliet en omgeving en consequenties die te voorzien zijn voor hen door intrede van beperkt getij in het Haringvliet. Met een dergelijke analyse kan een eerste inschatting gemaakt worden waar winst wordt bereikt en waar verlies wordt geleden in de omgeving en hoe vervolgens onze plannen voor een dynamisch Haringvliet mogelijk worden ontvangen bij de stakeholders. Dit helpt bij het bepalen bij wie en hoe verdere afstemming nodig is om onze plannen voor estuarien ecosysteemherstel in het Haringvliet verder aan te passen bijvoorbeeld met mitigerende of compenserende maatregelen.

Tabel 3: kort overzicht van de consequenties van intrede beperkt getij op het Haringvliet met de verwachting van ontvankelijkheid voor deze visie bij de belangengroep/gebruiker

Belangengroep/gebruiker	Consequenties van beperkt getij in het Haringvliet	Verwachting ontvankelijkheid
PUBLIEKE SECTOR		
Ministerie I&W	+ KRW doelstellingen, visintrek worden bevorderd, past binnen PAGW - zal zoetwatervoorziening moeten aanpakken	Positief tot negatief, sterk afhankelijk van positie andere partijen
Ministerie LNV	+ realisatie Natura 2000 doelen landelijk voor habitat estuaria en soorten trekvogels, heeft zich hier ook al formeel positief over uitgelaten binnen DP - zorgen en interne verdeeldheid over impact landbouw en voedsel	Positief met betrekking tot natuur, maar negatief tot neutraal door interne verdeeldheid met landbouw en voedsel
Ministerie I&W	+ KRW doelstellingen, visintrek worden bevorderd, past binnen PAGW - zal zoetwatervoorziening moeten aanpakken	Neutraal
Waterschappen (WSHD)	- ziet nog geen noodzaak of aanleiding	Negatief
Waterschappen (noordflank)	+/- krijgen te maken met meer zoutindringing, hebben afgesproken daar constructief naar te kijken als het de natuur helpt - kosten en impact op watersysteem HDSR	Neutraal tot negatief
Gemeenten (GO, VP, HW, MD) en Provincies (Z-H & N-B)	+/- wisselend, sommige gemeente positief, HV bestuurlijk negatief, provincie Z-H heel terughoudend maar collectief scharen ze zich achter NLDelta ambitie	Neutraal
Stroomopwaartse overheden (Rijnlidstaten)	+ herstel longitudinale connectiviteit en estuarium na alle investeringen bovenstrooms + herstel trekvispopulaties bovenstrooms Rijn en Maas (zalm, forel, steur, paling, etc.) passend bij N2000 en KRW doelstellingen van bovenstroomse wateren - knelpunten bereepsvaart?	Positief
Nationaal Park NLDelta (NLDeltafel)	+ vervulling ambitie natuurvisie voor meer ruimte voor getijdedynamiek + investeringen in gebied en impuls toerisme	Positief, past geheel binnen natuurvisie

Belangengroep/gebruiker	Consequenties van beperkt getij in het Haringvliet	Verwachting ontvankelijkheid
NGO's (ook stroomopwaarts en Rijnlidstaten)	<ul style="list-style-type: none"> + robuust herstel estuariene systeem als impuls voor bijzondere estuariene natuur + lokaal en longitudinaal herstel enkele beschermde en bedreigde (trek)vissoorten en vogelsoorten + alle inspanningen voor habitatverbetering en connectiviteit bovenstrooms voor (trek)vis worden hiermee verzilverd - bestaande zoete natuur en soorten verschuift oostwaarts en hogerop het intergetijdengebied 	Positief, mogelijk nog zorgen voor specifieke soorten fauna of vegetatie die lokaal voorkomen en niet gebaat zijn bij verzilting en meer getijdewerking
INDUSTRIE/ECONOMIE		
Drinkwaterbedrijven	<ul style="list-style-type: none"> + toekomstbestendigere zoetwatervoorziening West-Nederland met POA/AORTA - grote inspanningen voor aanpassing zoetwaterinlaten en/of methoden 	Neutraal/positief, als kosten maar gedekt zijn wil Evides zich er voor inzetten en past het bij hun missie. Oasen is wat minder uitgesproken
Landbouw	<ul style="list-style-type: none"> + hoogwaardige teelt Boskoop (minder gewasverliezen door hogere kwaliteit zoetwater vanuit POA/AORTA) 	Neutraal/negatief ondanks lokale positieve effecten, er zijn (onterechte) zorgen in de directe omgeving over zoetwaterbeschikbaarheid en toename zoute kwel (zie 3.3.2)
Havenbedrijf Rotterdam & industrie	<ul style="list-style-type: none"> + toekomstbestendigere zoetwatervoorziening industrie - initieel inspanning nodig voor aanpassing zoetwatervoorziening Bernisse - knelpunten beroepsvaart (zie hieronder) 	Negatief. Havenbedrijf blijft tegenstand bieden omdat ze hier geen direct belang bij hebben en enkel risico lopen
Beroepsvaart & binnenhavens (ook veerboten)	<ul style="list-style-type: none"> - mogelijk ontstaan van knelpunten bij doorvaart bij lokale dieptebeperkingen in vaargeul en door sluisen bij verlaging laagwaterstand door getij - initieel dieptebeperkingen voor doorvaart en ook smallere hoofdgeul door verlaging laagwaterstand (waarvoor baggerinspanningen nodig zijn) - veranderingen in waterstanden, stroomsnelheden en kenteringen zorgen voor gewijzigde (waarschijnlijk beperktere) tijpoorten op Oude Maas en Hollandsch Diep - mindere bereikbaarheid enkele binnenhavens (Moerdijk, Dordrecht, Zwijndrecht) en ligplaatsen voor maatgevende schepen door verlaging laagwaterstand (echter zullen baggerinspanning dit moeten oplossen) - uitdagendere vaaromstandigheden door getijstromingen maar geen extra nautische veiligheidsrisico's (echter weer verbetering verwacht in Dordtsche Kil, Oude Maas, Noord) 	Negatief, waarbij veel negatieve gevolgen op te lossen zijn door een initiële hogere baggerinspanning. Op langere termijn zorgen de verhoogde stroomsnelheden gecombineerd met autonome zeespiegelstijging weer voor betere diepte in vaargeul en havens. Is tevens een onderzoeksvraag.
Horeca & strandtenten	<ul style="list-style-type: none"> + positieve gevolgen voor horeca door sociaal-economische effecten van incidentele en structurele investeringen in gebied en impuls toerisme 	Neutraal, waarschijnlijk positief wanneer de investeringseffecten duidelijk zijn voor deze sector
Verblijfsrecreatie	<ul style="list-style-type: none"> + positieve gevolgen voor verblijfsrecreatie door sociaal-economische effecten incidentele en structurele investeringen in gebied en impuls toerisme - mogelijk verminderde verblijfsrecreatie door sportvissers bij verminderde zoetwatersportvisserij 	Neutraal, waarschijnlijk positief wanneer de investeringseffecten duidelijk zijn voor deze sector
Bouwsector	<ul style="list-style-type: none"> + positieve gevolgen voor bouwsector door incidentele en structurele investeringen in gebied 	Neutraal, waarschijnlijk positief wanneer de investeringseffecten duidelijk zijn voor deze sector

Belangengroep/gebruiker	Consequenties van beperkt getij in het Haringvliet	Verwachting ontvankelijkheid
SOCIAAL-RECREATIEF		
Bewoners	<ul style="list-style-type: none"> + beleving recreatieve activiteiten + beleving grootschalige open delta-natuur + extra ecosysteemdiensten in leefomgeving (aantrekkelijker woonklimaat) - zorgen over hoogwaterveiligheid - zorgen over landbouw, etc (zie 3.4) 	Positief tot neutraal, echter zijn er wel zorgen over zoetwatervoorziening landbouw en op het gebied van hoogwaterveiligheid die weggenomen moeten worden
Toeristen (ook buitenland)	<ul style="list-style-type: none"> + meer beleving recreatieve activiteiten door incidentele en structurele investeringen in het gebied + beleving natuur 	Positief, echter negatief voor toerisme specifiek voor zoetwatersportvisserij
Recreatievaart & watersporters (incl. jachthavens, scheepswerven en -hellingen)	<ul style="list-style-type: none"> + beleving recreatieve activiteiten door incidentele en structurele investeringen +/- uitdagender vaarwater door getij en stromingen +/- verandering vaarwater trekt ook ander type recreatievaart aan - klein verlies bevaarbaar gebied voor zeilboten bij laagwater 	Onbekend, bij sector nagaan hoe ze erin staan en de balans zien. Is tevens een onderzoeksvraag (zie waterrecreatie).
Sport vissers (ook buitenland & stroomopwaarts Rijnlandstaten)	<ul style="list-style-type: none"> + nieuwe mogelijkheden sportvisserij op herstelde trekvispopulaties (zalm, forel, fint, etc) in gehele stroomgebied Rijnlandstaten + nieuwe mogelijkheden sportvisserij op estuarien/ pelagische vis in Haringvliet (echter nu weinig voorzieningen voor visserij vanuit de oever, bootvisserij op pelagisch/estuarien visbestand is waarschijnlijk niet interessant) + algehele voedselrijkdom vergroot en daarmee ook visbestanden - internationale toplocatie zoetwatervisserij (baars, snoekbaars en snoek) Haringvliet vermindert in areaal en verschuift oostwaarts (waar nu minder voorzieningen en bestaande zonering) 	Positief voor hele stroomgebied Rijnlandstaten, maar negatief voor bestaande zoetwatersportvisserij op roofvis op het Haringvliet. Is tevens een onderzoeksvraag.
Natuur recreanten (wandelaars, vogelaars, duiksport, etc)	<ul style="list-style-type: none"> + beleving unieke estuariene deltanatuur en vis- en vogelsoorten die hier op afkomen + beleving herstel trekvispopulaties verderop in het stroomgebied Rijnlandstaten 	Positief
Strand- & waterrecreanten	<ul style="list-style-type: none"> + beleving recreatieve activiteiten +/- uitdagender door getij - nieuwe getijstromingen potentieel risicovol voor bestaande stranden? - minder helder water 	Positief & negatief, er zal een verandering zijn in recreatie door zouter, troebeler en dynamisch water. Is tevens een onderzoeksvraag.

3.2 Hoogwaterveiligheid

3.2.1 Haringvlietdam en sluisbeheer

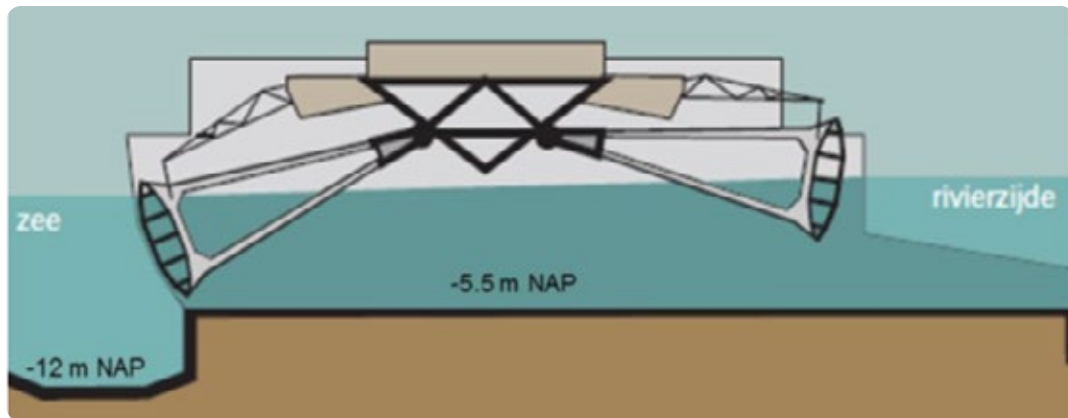
Het beheer voor beperkt getij is erop gericht om een getijslag van 80 centimeter in het Haringvliet te realiseren, gemiddeld over de gehele 10 jaar aan modelresultaten. Hiervoor is een constante schuifstand van -3,75 meter +NAP gebruikt (Figuur 6). Dit betekent dat er ten alle tijden een opening van 1,75 meter door elke sluis wordt gebruikt voor deze variant. Dit komt overeen met een opening van iets meer dan 1600 m² over de gehele breedte van de Haringvlietsluizen (Wijsman et al., 2018).

Wanneer de sluisen verder opengaan, zullen de lokale stroomsnelheden door en nabij de sluisen toe gaan nemen. Hierdoor kunnen diepe ontgrondingskuilen ontstaan, welke een risico kunnen vormen voor de stabiliteit van de constructie. Hier is met de aanleg van de sluisen rekening mee gehouden en bodembescherming aangelegd. De bestaande bodembescherming rond de Haringvlietsluizen is ontworpen op een situatie met geheel geopende sluisen, hier worden geen problemen verwacht. De verwachting is dus dat eventuele ontgrondingskuilen ver van de constructie ontstaan, waarbij de constructie dus niet ondermijnd wordt. De bodembescherming van het Haringvliet is in goede staat en er zijn ook geen ontgrondingskuilen van betekenis maar het wordt aangeraden de ontwikkeling van erosiekuilen aan het einde van de bodembescherming te monitoren, waarbij zonnodig maatregelen voor extra bodembescherming getroffen kunnen worden zoals voor de Oosterscheldekering gedaan is (Wegman et al., 2018; Wijsman et al., 2018).

De hoogwaterveiligheid zal door een verdere opening van de sluisen niet veranderen. De Haringvlietdam blijft namelijk werkzaam als stormvloedkering en bij extreme rivierafvoeren staan de sluisen nu al geheel open. De toegenomen hoeveelheid slib in de waterkolom bij een grotere sluisopening gaat bijdragen aan het ophogen van de voorlanden waardoor de dijk op een natuurlijke manier versterkt wordt (Wegman et al., 2018).

De Haringvlietsluizen en -dam zijn ontworpen en berekend op permanent geheel openstaan en behoeven geen aanpassing bij andere sluisbeheer waarbij getijdynamiek wordt teruggebracht in het Haringvliet (Wegman et al., 2018). De hoogwaterveiligheid is niet in het geding omdat de Haringvlietsluizen en -dam in situaties met hoogwater en storm blijven functioneren zoals nu (Wegman et al., 2018)

Het beperkt maar constant openen van de Haringvlietsluizen kan een besparing opleveren, gezien het feit dat het onderhoud gericht op een strikte en nauwkeurige zoet-zout scheiding dan niet meer nodig is. Ook kan hierdoor het bewegingswerk van de sluisen minder slijtage en onderhoud vergen en dus een kostenbesparing vergeleken met het huidige beheer (inclusief Kierbesluit) (van Sprundel & van Dijke, 1998).



Figuur 3 1: Verticale doorsnede Haringvlietsluizen (Wijsman et al., 2018).

3.2.2 Keringen en overige infrastructuur

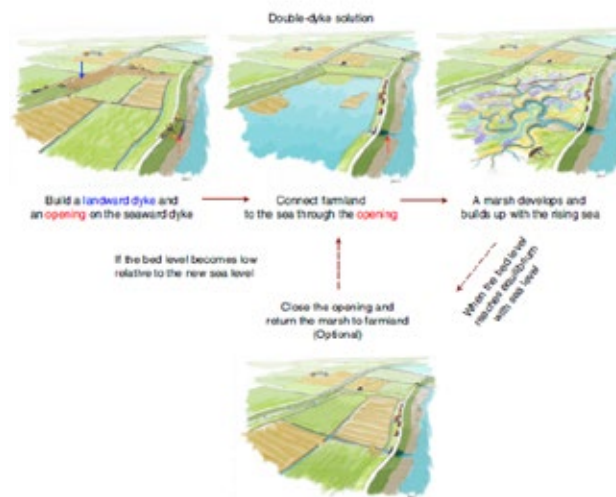
Bij extreem hoog water zal het sluisbeheer bij 80cm beperkt getij hetzelfde blijven als nu. Bij hoge afvoeren vanuit het achterland zullen de sluisen volledig openstaan. De Haringvlietdam zal ook blijven staan, dus de werking als stormvloedkering gaat niet verloren. Het enige verschil in extreme situaties is dat de morfologie van het estuarium op termijn aangepast zal zijn bij een ander sluisbeheer. Door de grotere stroomsnelheden en debieten bij een grotere opening van de sluisen zal het doorstroomoppervlak van de geulen vergroten. Daardoor zakken de waterstanden (bij plaatselijk gelijkblijvend debiet) maar er wordt ook meer afvoer naar het Haringvliet getrokken. Welk effect 'wint' is op voorhand niet te zeggen, maar de verwachting is dat de effecten klein blijven (Wegman et al., 2018).

Door de afsluiting van het Haringvliet is het getij ten noorden en zuiden van de Rijn-Maas delta uit fase geraakt, met als gevolg hoge waterstandsverschillen en een toename van stroomsnelheden en bodemerosie door de verbindende takken (Oude Maas, Spui, Noord, Dordtsche Kil). Hierdoor zijn vele ontgrondingskuilen sterk gegroeid en zijn deze een risico voor stabiliteit van keringen en overige infrastructuur. Wanneer de Haringvlietsluisen verder open gaan zullen stroomsnelheden in deze verbindende takken en daarmee erosietrends teruggebracht worden, echter niet tot het niveau van voor de afsluiting. Aanvullende berekeningen kunnen hier meer inzicht in geven (Wijsman et al., 2018).

Er zijn waarschijnlijk wel positieve effecten voor de hoogwaterveiligheid maar die moeten nader onderzocht worden. Zo zal er zal meer slib in de waterkolom in suspensie zijn als gevolg van de getijdendynamiek en omdat influx van slib uit zee mogelijk wordt. Op de plekken waar er nu vooroeververdediging is heersen laag dynamische condities waar sedimentatie van dat slib plaats zou kunnen vinden. Daarmee wordt de vooroever voor de dijken verstevigd wat invloed heeft op de golfoploop bij stormcondities en mogelijk zo de benodigde hoogte/sterkte van de dijk vermindert. Wel liggen deze vooroevers voornamelijk voor de schorren en dragen dus veel beperkter bij aan de bescherming van de dijken dan wanneer sedimentatie hoger op de oever zou optreden, wat bij een stormvloedkeringscenario eerder te verwachten is. HKV verwacht dat de sedimentatie achter de vooroeverbescherming zeker één cm per jaar kan bedragen. Deltares komt met modelberekeningen tot 0,6 a 2 cm per jaar. Dat zijn sedimentatiesnelheden die met gemak het tempo van zeespiegelstijging bijhouden, mogelijk ook in de toekomst bij versnelde zeespiegelstijging. Dit levert potentieel een kostenbesparing op het hoogwaterbeschermingsprogramma en levert een randvoorwaarde voor behoud van intergetijdennatuur (Hansen et al., 2018; Wegman et al., 2018; Wijsman et al., 2018).

Daarbij zal de stroomsnelheid in de geulen toenemen en er minder sedimentatie van slib of zelfs erosie optreden. HKV voorspelt uitdieping van de geulen en daarmee netto meer doorstroomcapaciteit in het Haringvliet bekken (Wegman et al., 2018).

Zulke sedimentatiesnelheden kunnen extra effectief worden ingezet voor hoogwaterveiligheid in een dubbele dijk systeem, een klimaatrobuust veiligheidsconcept wat gebruik maakt van natuurlijke sedimentatie. Laaggelegen land tussen twee dijklichamen in wordt via een doorlaat verbonden met het water waardoor een natuurlijk estuarien ecosysteem ontstaat en het land met de zeespiegel meestijgt (dit proces kan met genoeg sediment en getijde-energie voorhanden ontzettend snel gaan, zie het Land van Saeftinghe). Gedurende dit proces kunnen diverse functies met natuur worden gecombineerd, zoals zilte teelt en (natuur)toerisme. Na enkele decennia is het land tussen de twee dijklichamen dermate gegroeid dat zich een natuurlijke 'superdijk' heeft ontwikkeld. Later kan de keuze worden gemaakt hoe dit opgehoogde natuurlijke landschap te gebruiken, als nieuwe natuur of als rijke landbouwgrond. Het dubbele dijk concept kan, wanneer slim toegepast, zeer kostenefficiënt zowel dienen als hoogwaardig natuurlijk hoogwaterveiligheidsconcept als ruimte geven aan andere functies als recreatie en vormen van zilte teelt en/of aquacultuur.



Figuur 3 2: Dubbele dijk concept geïllustreerd (Zhu et al., 2020). Illustratie door Jeroen Helmer / ARK Natuurontwikkeling.

3.2.3 Klimaatverandering en sluisbeheer

Door klimaatverandering zal de stijgende zeespiegel bij het huidige beheer van de Haringvlietsluizen invloed hebben op de mogelijkheden om te spuien. Doordat de mogelijkheden voor spuien onder vrij verval afnemen, moet eerder worden overgaan tot pompen (Noordhuis et al., 2019). Dit heeft consequenties voor de connectiviteit tussen wateren en kost veel energie. Pompen kan stroomsnelheden en trekmogelijkheden van vis en ongewervelden (kreeftachtigen) beïnvloeden. De overstap naar pompen zal ook leiden tot verlies van natuurlijk peildynamiek in het Haringvliet. Het peil wordt namelijk nog veel strakker gehandhaafd. Bij toenemende regulering van het peil zal de kwaliteit van de habitats op de grens van land en water afnemen (Noordhuis et al., 2019).

Naast zeespiegelstijging hebben veranderende patronen in neerslag, rivierafvoer en verdamping via de afvoer van de rivieren invloed hebben op de deltawateren die door de rivieren worden gevoed, zoals het Haringvliet. Het huidige beheer van de

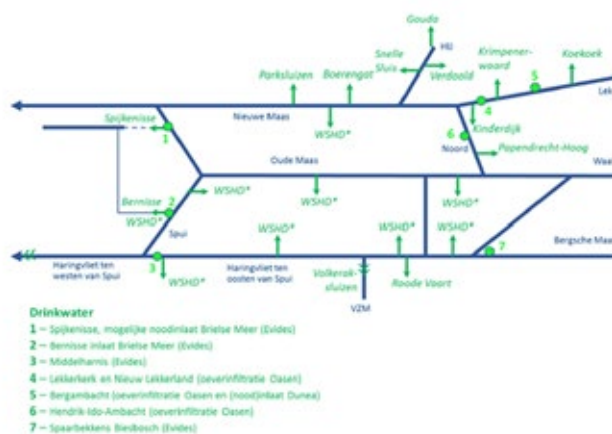
Haringvlietsluizen is gericht op het toelaten van zout water (via de kier), tenzij de kans op zoutindringing te groot wordt door lage rivierafvoer. Het Haringvliet wordt dan uit voorzorg 'zoetgespoeld'. Klimaatverandering kan invloed hebben op de kans dat een dergelijk lage rivierafvoer zich voordoet, vooral als de zomers droger worden en droge periodes met lage rivierafvoeren vaker en langer voorkomen. Dat kan een robuuste connectiviteit van het rivierengebied met de zee verhinderen als ook een natuurlijk ontwikkeling van brakke overgangshabitats en stabiele zoet, mariene en brakke gemeenschappen in het Haringvliet bemoeilijken. Bij onregelmatige (niet seizoensgebonden) afwisseling tussen deze twee toestanden kan zich dus geen van de gemeenschappen goed ontwikkelen (Noordhuis et al., 2019). Door dit 'zoetspoelen' wordt het natuurlijke seizoenspatroon – met hogere zoutgehalten in de rivier bij lage zomerafvoer – als het ware omgedraaid.

Bij het continueren van het huidige beheer van de Haringvlietsluizen met de kier is aan te nemen dat de ecologische winst van de kier langzaam te niet wordt gedaan door peilbeheer enerzijds en voorkomen van verzilting anderzijds. Het openen van de Haringvlietsluizen voor beperkt getij voorkomt dat zulke harde barrières gehandhaafd moeten worden. Daarmee zorgt het openen van de Haringvlietsluizen voor klimaatrobuuster sluisbeheer en daarmee bestendiger ecologisch én sociaal-economisch systeem.

3.3 Zoetwater

3.3.1 Zoetwatervoorziening en -inlaten

De primaire, grote 'stuurknop' in de Rijn-Maasmonding zijn de Haringvlietsluizen. Hiermee kan de hoeveelheid rivierwater over de noordrand (uitstroom via de Nieuwe Waterweg) en de zuidrand (uitstroom via Haringvlietsluizen) worden gereguleerd, evenals de hoeveelheid instromend zout water bij vloed. Met deze grote stuurknop kan de waterbeschikbaarheid van de eerder genoemde zoetwatervoorzieningen en -inlaten worden beïnvloed (HydroLogic, 2019). Onderstaande figuur geeft een overzicht van de belangrijkste inlaatlocaties in de Rijn-Maasmonding.



Figuur 3 3: Inlaatlocaties uit het hoofdwatersysteem van de Rijn-Maasmonding voor onder andere drinkwater en landbouw (* voor WSHD zijn de vele kleinere inlaten in deze visualisatie samengevoegd). De locaties waar drinkwater kan worden onttrokken zijn genummerd (HydroLogic, 2019).

In het geval van openen van de Haringvlietsluizen en daarmee meer rivierafvoer en getij door de Haringvlietsluizen zorgt dit voor meer zoutindringing en dus minder zoetwaterbeschikbaarheid voor enkele zoetwatervoorzieningen in de Rijn-Maasmonding. De mate van zoutindringing is sterk afhankelijk van de rivierafvoer, voor 80cm beperkt getij op het Haringvliet-Biesbosch estuarium en bijbehorende doorstroomoppervlak van 1600m² voor de Haringvlietsluizen wordt verwacht dat:

- Bij relatief hoge rivierafvoeren (Bovenrijn > 3000 m³/s, 20% onderschrijdingskans) er geen (substantiële) verzilting optreden zal optreden, omdat de nette afvoer via zowel noord- als zuidrand dusdanig groot is dat het zoute water met vloed (beperkt) binnenstroomt en weer bij eb door het zoete rivierwater wordt weggespoeld.
- Bij middelhoge en lage rivierafvoer condities (Bovenrijn < 2200 m³/s, 50% onderschrijdingskans) er echter zowel aan de noord- als aan de zuidrand een groter risico is op verzilting. Er stroomt meer water via de zuidrand naar zee en de noordrand raakt ook bij middelhoge afvoeren al gevoelig voor verzilting. Door de vloed-openingen van de Haringvlietsluizen stroomt zout water het Haringvliet op en treedt ook gedeeltelijke verzilting van het Haringvliet op.
- Bij lagere rivierafvoeren (Bovenrijn < 1500 m³/s, 25% onderschrijdingskans) de noordrand beduidend sterker zal verzilten, omdat de zuidrand het grootste deel van de rivierafvoer op zal nemen en het netto debiet via de Nieuwe Waterweg klein is. Echter zal ook aan de zuidrand zal de zoet-zout overgang bij zo een lage afvoer verder landinwaarts komen te liggen.

Effecten op de zoetwaterbeschikbaarheid in de Rijn-Maasmonding kunnen (deels) worden gemitigeerd. Het gaat hierbij nadrukkelijk niet om het tegengaan van verzilting maar het zorgdragen voor voldoende waterbeschikbaarheid voor de verschillende gebruiksfuncties zoals drinkwater, industrie en landbouw. Het gaat om verschillende typen maatregelen, mede bepaald door de aard van de verzilting. Zo kan in het ene gebied de zoetwatervoorziening via een andere route worden gerealiseerd, terwijl in een ander deelsysteem slimmer gebruik kan worden gemaakt van inlaatvensters (kortdurend meer inlaten bij eb) of gelaagdheid (onttrekken uit bovenste zoete laag) (HydroLogic, 2019).

Het handelingsperspectief van maatregelen voor zoetwaterrobuust maken van inlaatlocaties van de Rijn-Maasmonding bestaat uit:

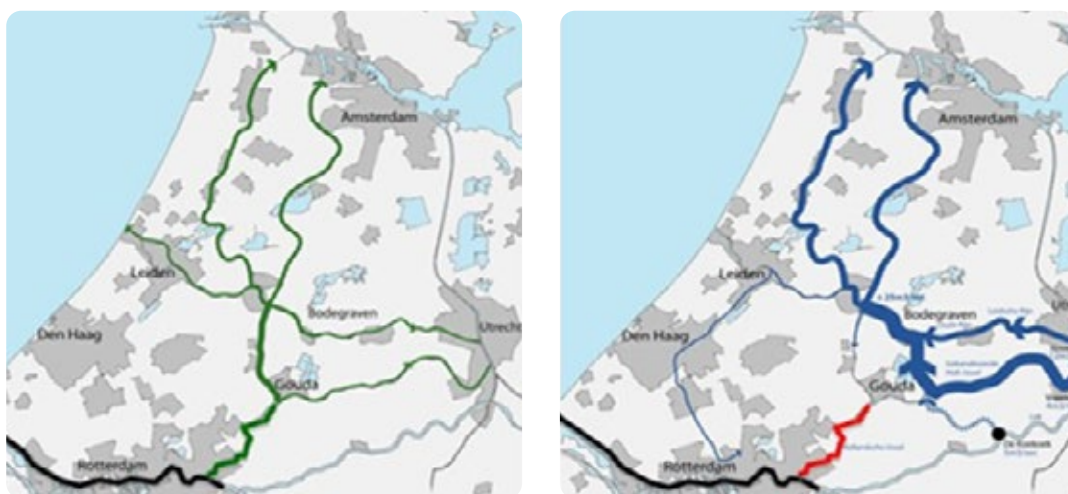
- het Groene Hart voorzien van zoetwater uit het Amsterdams-Rijnkanaal via de Permanent Oostelijke Aanvoer (POA) of tijdelijke variant hiervan (AORTA), hiermee vervalt de verziltingseis (voorkomen van verzilting) van de Hollandsche IJssel en kan de grotere zoutlast op inlaatlocaties aan de Nieuwe Maas worden gemitigeerd door een groter doorspoeldebiet vanuit Delfland;
- voor inlaatlocatie Bernisse aan het Spui:
 - a. onderzoeken of met lage Bovenrijn-afvoeren duurzame oppervlakkige onttrekking van zoetwaterbovenlaag mogelijk is, met nodige infrastructurele aanpassingen;
 - b. anders deze inlaatlocatie ontkoppelen van het Spui en voeden via kreekherstel in de Hoeksche Waard, hiermee wordt inlaatlocatie Bernisse zoetwaterrobuust en vervalt de verziltingseis voor het Spui;
- onderzoeken of oppervlakkige zoetwateronttrekking mogelijk is voor huidige inlaatlocaties op het Haringvliet (Middelharnis en Nieuwendijk) gezien de enige gelaagdheid van de verzilting bij 80cm beperkt getij, waardoor mogelijk behoud van een zoetwaterbovenlaag via een permanente zoetwaterstroom en/of zoetwaterwinning binnen getijdensters. Anders deze inlaatlocaties oostelijk verplaatsen;
- automatiseren en zo nodig vergroten van de inlaatlocaties aan de Oude Maas om optimaal gebruik te maken van het beperkte zoetwatervenster dat ontstaat bij eb tijdens lage rivierafvoeren;
- verder afbouwen van benedenstroomse inlaatlocaties aan de Lek, de bovenstroomse locaties kunnen dan met beperkte hoeveelheid zoetwater vanuit Hagestein worden bediend. Dit wordt overigens al gedaan.
- onderzoeken in hoeverre adaptief sluisbeheer van de Haringvlietsluizen (bijvoorbeeld een grotere ebopening) de verzilting van de Rijn-Maasmonding en zoetwaterknelpunten kan oplossen. Dit gegeven de randvoorwaarden dat de indringing via de Nieuwe Waterweg door genomen maatregelen (POA) niet problematisch meer is. Daarbij zal adaptief sluisbeheer een impact hebben op het Haringvliet-estuarium en de werkelijke natuurwinst, wat dan ook nader onderzocht zal moeten worden (HydroLogic, 2019).

Oostelijk aanvoeren van zoet water

De eerste eis van het voorkomen van het verzilten van de Hollandsche IJssel en zoetwaterwinning aldaar is door de Permanente Oostelijke Aanvoer (POA) geen probleem meer, de eis vervalt gezien de POA een duurzame alternatieve wateraanvoer van zoetwater kan verzorgen voor West-Nederland dat geen gebruik meer maakt van de inlaat bij Gouda (van der Kaaij & Huismans, 2016).

Inzet van de oostelijke aanvoerroute volgens de POA variant betekent een systeemverandering voor het watersysteem van HDSR. Technisch gezien is wateraanvoer conform POA mogelijk, waarbij de 'hydraulische grenzen van het systeem' worden opgezocht maar niet overschreden. Het structureel oostelijk aanvoeren van de watervraag van Rijnland via het watersysteem van HDSR West brengt geen grootschalige ontwerpogave met zich mee. De kosten voor en impact op het watersysteem van HDSR zijn wel substantieel. Naast een structurele en langdurige inzet van gemalen vraagt het naar verwachting aanpassing van peilbesluiten, aanpassing van een aantal lokale inlaten, alerte en actieve sturing en is er een vergroot risico op wateroverlast (HydroLogic, 2018).

Gezien de lokale kosten en baten voor het structureel inzetten van het beheersgebied van HDSR als doorvoersysteem niet in balans zijn, vraagt dit om een bestuurlijke keuze of HDSR bereid is zijn watersysteem ter beschikking te stellen en onder welke voorwaarden. De globale kosten-baten analyse laat vooralsnog een positieve kostenbateninvestering voor POA zien (HydroLogic, 2018). Voor de wateraanvoer van West-Nederland zijn alternatieven voor POA denkbaar, waarbij de kosten voor en impact op het watersysteem van HDSR aanzienlijk worden beperkt. Het beperken van deze impact gaat logischerwijs samen met een vermindering van de beoogde landbouwbatens bij Boskoop. Op hoofdlijnen zijn er twee typen tussenvarianten denkbaar: de getrapte KWA en Adaptieve Oostelijke Regionale Tijdsafhankelijke Aanvoer (AORTA) (HydroLogic, 2018).



Figuur 3 4: Schematisch overzicht van de huidige aanvoer via Hollandsche IJssel en inname bij Gouda (links) en voorgestelde aanvoer (POA) vanuit het ARK nabij Utrecht (rechts). Het traject van de Hollandsche IJssel tussen Gouda en Rotterdam wordt dan niet meer voor de aanvoer van zoetwater gebruikt (Reeze et al., 2017).

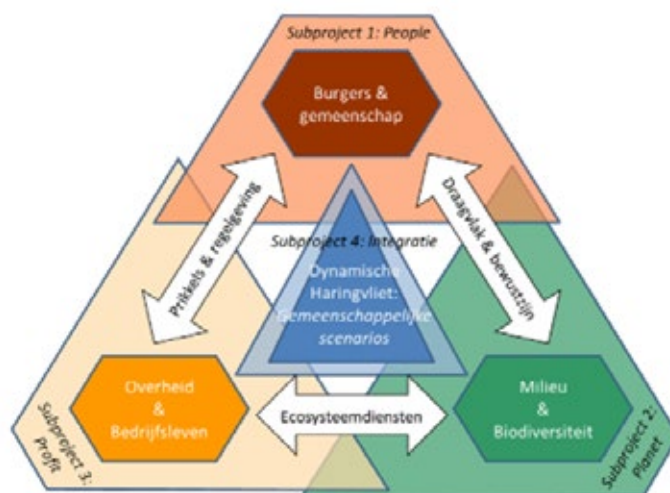
3.3.2 Zout en landbouw

Er zal nagenoeg geen problematiek zijn met zoute kwel vanuit het Haringvliet. Bij het openen van de Haringvlietsluizen zal de middenstand van het waterpeil dalen en daarmee neemt de (nu al beperkte) kwel af. Kwel in het gebied draagt nu beperkt bij aan de waterbalans rondom het Haringvliet en nu doet Haringvlietwater er vele decennia over om via kwel weer aan het oppervlakte te komen (relatief slecht doorlaatvermogen van de bodem). Waarbij het zoutgehalte vooral bepaald wordt nalevering vanuit de oude zoute bodem dan het zoutgehalte van het kwelwater zelf (HydroLogic, 2019).

De inzet van de POA zorgt voor lagere zoutgehaltenes in het water van de gebieden van HDSR en Rijnland. De lagere chlorideconcentraties en daarmee betere waterkwaliteit van het aanvoerwater in Rijnland, zorgt voor een gunstigere uitgangssituatie dus lagere schades en lagere kosten voor maatregelen om schade te voorkomen aan gewassen. Dit is voornamelijk van toepassing voor de hoogwaardige teelten in Boskoop. Door de inzet van de POA zal de gemiddelde schade per jaar aan landbouw in Rijnland 1,5M€ minder zijn (~1% totale opbrengst, en vooral Boskoop), met een bandbreedte van 0.9 - 2.2M€. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze landbouwbatens indicatief zijn, een nadere agro-economische onderbouwing is gewenst om tot preciezere te verwachten landbouwbatens te komen (HydroLogic, 2018).

3.4 Sociaal-economische effecten

Wanneer er wordt geïnvesteerd in de ontwikkeling van natuur en landschap heeft dat gevolgen voor de recreatief-toeristische infrastructuur en mogelijkheden. Een meer natuurlijke inrichting van het Haringvliet levert, gecombineerd met meer beleving, economische en maatschappelijke winst op. Een integrale aanpak vanuit verschillende disciplines schetst een totaalbeeld van sociaal-economische effecten door verdergaande natuur- en recreatieve ontwikkeling van het Haringvliet op basis van de resultaten in het Droomfondsproject (van Beukering et al., 2019). Uitgangspunt van de studie is dat duurzaamheid in een dynamisch Haringvliet verbeteringen impliceert in de domeinen 'People', 'Planet' en 'Profit' (Figuur 3 5).

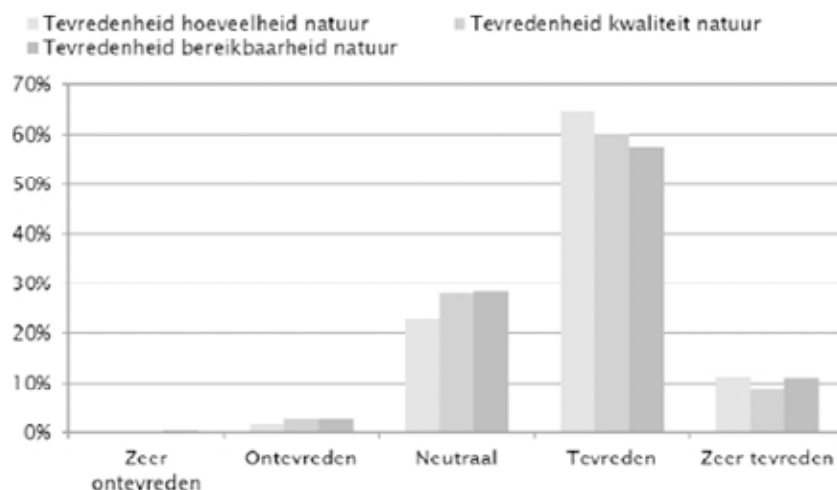


Figuur 3 5: Conceptueel raamwerk van het onderzoek n.a.v. het droomfondsproject Haringvliet (van Beukering et al., 2019)

3.4.1 Leefbaarheid en beleving (PEOPLE)

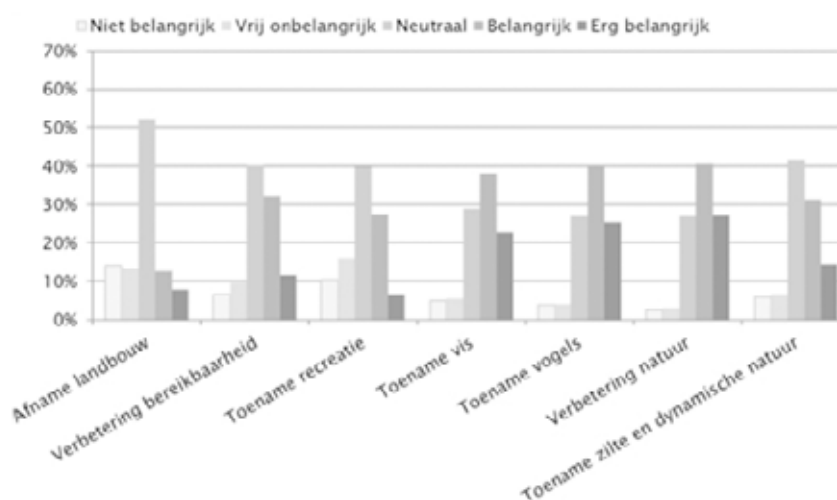
Draagvlak onder burgers kan alleen bereikt worden als de maatschappelijke baten voor de gemeenschap inzichtelijk worden gemaakt en initiatieven rekening houden met de voorkeuren en sentimenten die onder de lokale bevolking leven. Belangrijk is om te weten hoe burgers en bezoekers verschillende aspecten van een dynamische Haringvliet beleven, waarderen en ondersteunen.

Tevredenheid van bewoners met de hoeveelheid natuur en kwaliteit en bereikbaarheid en beleefbaarheid van natuur in het Haringvliet is gepresenteerd in onderstaande figuur. Een overgrote meerderheid is tevreden of zeer tevreden met zowel hoeveelheid en kwaliteit van de natuur als met de bereikbaarheid en beleefbaarheid van natuur in de regio, en een zeer beperkte minderheid is ontevreden over de hoeveelheid, kwaliteit en bereikbaarheid en beleefbaarheid van natuur (niemand of vrijwel niemand is zeer ontevreden).



Figuur 3 6: Tevredenheid hoerveel en kwaliteit van natuur, en bereikbaarheid en beleefbaarheid natuur, uit bewonersonderzoek van 519 personen (van Beukering et al., 2019).

Bewoners is vervolgens gevraagd naar het belang van effecten als gevolg van fysieke veranderingen in de leefomgeving in een dynamischer Haringvliet. Resultaten zijn gepresenteerd in onderstaande figuur. Voor bewoners blijkt met name de afname in areaal landbouw van minder belang; rond 25-30% vindt dit onbelangrijk, rond 50% is neutraal en rond de 20% vindt dit belangrijk. In vergelijking, alle andere ontwikkelingen worden door een groter gedeelte van bewoners als belangrijk gezien, en met name een toename in vissoorten en -aantallen, een toename in vogelsoorten en -aantallen, en een verbetering en versterking van natuur is voor een ruime meerderheid van bewoners belangrijk tot erg belangrijk.



Figuur 3 7: Mate waarin bewoners de ontwikkelingen door kierbesluit en droomfondsmaatregelen belangrijk vinden, uit bewonersonderzoek van 519 personen (van Beukering et al., 2019)

In het Kien Onderzoek (Klumper, 2017) zijn iets andere vragen gesteld rondom ontwikkelingen door kierbesluit en de droomfondsmaatregelen, maar de patronen in de bevindingen zijn vergelijkbaar. Zo laten de Kien Onderzoek resultaten (Figuur 3.8) zien dat 20% van de bewoners denkt dat het Kierbesluit negatieve gevolgen heeft voor de agrarische sector, en dat 38% vindt dat de agrarische sector zich moet aanpassen aan nieuwe ontwikkelingen zoals die rondom het Haringvliet. 9% van de respondenten denkt dat het Kierbesluit negatieve gevolgen heeft voor de visserij, terwijl bijna vier op de tien het daar (helemaal) niet mee eens zijn (38%); vooral mannen delen deze mening niet (47% vs. 30% (helemaal) niet eens). Vier op de tien vinden dat de visserijsector zich moet aanpassen aan nieuwe ontwikkelingen (40%). Inwoners van Goeree-Overflakkee zijn vaker van mening dat het op een kier zetten negatieve gevolgen heeft voor de agrarische sector (40% vs. 14% (helemaal) mee eens) en de visserijsector (15% vs. 7%). Zij zijn het vaker niet eens met de stellingen dat de agrarische sector (30% vs. 13% (helemaal) niet eens) en de visserijsector (24% vs. 9%) zich moeten aanpassen aan deze nieuwe ontwikkelingen. Daarnaast vindt 70% van de respondenten het belangrijk dat de sluisen op een kier worden gezet om de natuur meer ruimte te geven en zodat trekvisserij als zalm en steur het Haringvliet weer binnen kunnen zwemmen. De vraag of de verandering in visstand van zoetwatervis naar brakke-/estuariene gemeenschap belangrijk voor hen is, is niet gesteld. Ook vindt 65% van de bewoners het belangrijk dat er maatregelen getroffen worden, zodat vissen niet in fuiken en netten belanden. Met betrekking tot het Droomfondsproject vindt 60% dat de natuur in en om het Haringvliet verbeterd is door het Droomfondsproject, en vindt meer dan de helft van de bewoners dat het project voor waardevolle nieuwe recreatieve voorzieningen heeft gezorgd. Zulke resultaten hebben betrekking op de kier, maar zijn in zekere zin te gebruiken om inzicht te krijgen in de perceptie van bewoners ten opzichte van natuurontwikkeling in het gebied.

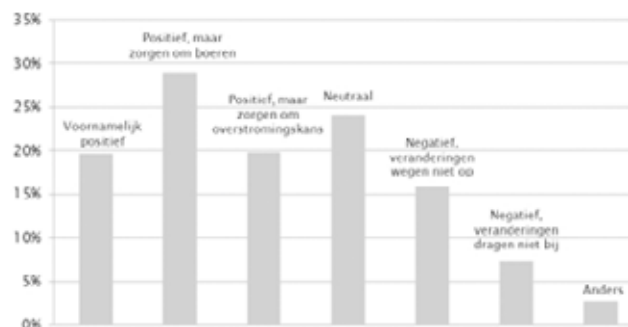
Één vraag, die gesteld werd in het bewonersonderzoek door Kien Onderzoek (Klumper, 2017) is hier zeer relevant. De vraag werd gesteld of bewoners akkoord zouden zijn met het verder openen van de Haringvlietsluizen voor de natuur, met de randvoorwaarde dat de veiligheid gewaarborgd is. Slechts 9,7% van de respondenten uit dit bewonersonderzoek was hier in meer of mindere mate tegen. Meer dan de helft van de 527 bewoners uit dit onderzoek, maar liefst 53,3%, was hier in meer of mindere mate vóór. Een flinke derde, 37% van de bewoners, was neutraal of nam geen standpunt in. In de figuur hieronder zijn de uitslagen te zien.



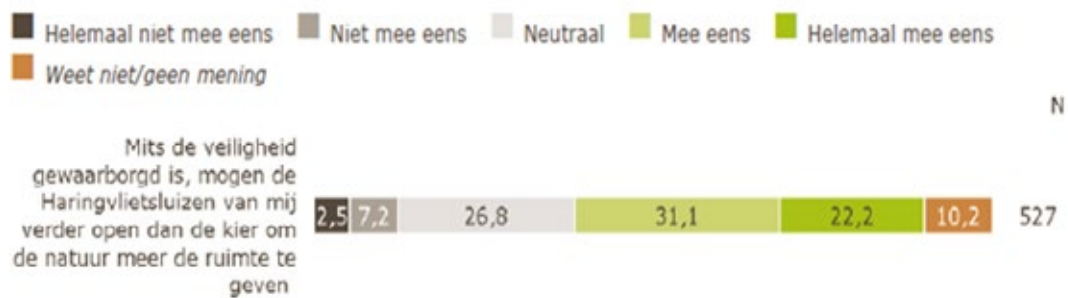
Figuur 3 8 : Mate waarin bewoners eens of oneens zijn over ontwikkelingen voor de agrarische- en visserijsector door de kierbesluit en verdere ontwikkelingen, rood omcirkeld zijn de stellingen die van belang zijn voor toekomstige ontwikkelingen in beheer van de Haringvlietsluizen (zoals beperkt getij en stormvloedkeringscenario). Uit bewonersonderzoek van 521 personen (Klumper, 2017)

Er is ook aan bewoners gevraagd naar hun mening over een mogelijk scenario waarbij de Haringvlietdam wordt gebruikt als stormvloedkering. De resultaten zijn gepresenteerd in onderstaande figuur. Bewoners zijn overwegend positief, maar 20-30% maakt zich zorgen om gevolgen voor boeren en/of toename in overstromingskansen. Ongeveer 15% lijkt de veranderingen zelf positief te vinden, maar vind ook dat ze niet opwegen tegen negatieve gevolgen, terwijl ongeveer 7% de veranderingen niet vind bijdragen aan de kwaliteit van het gebied. Een aantal mensen (14 in totaal) geeft ook een andere mening op, waarbij de meeste van deze meningen negatief van aard zijn, en waarbij mogelijke problemen met zoetwatervoorziening bij droogte een veel gehoorde zorg is. Verwacht wordt dat deze zorgen weggenomen worden wanneer een beperkt getij scenario in beeld gebracht zou worden. Ook bezoekers zijn overwegend positief over een stormvloedkeringscenario. Verschillen zitten in de details: een iets groter deel van bezoekers dan bewoners zijn tevreden tot zeer tevreden over natuur en bereikbaarheid daarvan in de Kier- en daaropvolgende scenario's met getij. Verder geldt voor beide groepen dat verbetering van natuur en toename in soorten en aantallen vogels en vis in de regio van groter belang worden geacht dan effecten op recreatie en verbetering van de bereikbaarheid van de regio. Mogelijke effecten op de landbouw zijn voor zowel bezoekers als bewoners van minder belang dan andere effecten, zoals een toename in natuur. Bij bewoners is dit nog iets meer het geval (van Beukering et al., 2019).

Figuur 3 9: Verdeling van meningen van bewoners over een hypothetisch stormvloedscenario, uit bewonersonderzoek van 519 personen (van Beukering et al., 2019).



Één vraag, die gesteld werd in het bewonersonderzoek door Kien Onderzoek (Klumper, 2017) is hier zeer relevant. De vraag werd gesteld of bewoners akkoord zouden zijn met het verder openen van de Haringvlietsluizen voor de natuur, met de randvoorwaarde dat de veiligheid gewaarborgd is. Slechts 9,7% van de respondenten uit dit bewonersonderzoek was hier in meer of mindere mate tegen. Meer dan de helft van de 527 bewoners uit dit onderzoek, maar liefst 53,3%, was hier in meer of mindere mate vóór. Een flinke derde, 37% van de bewoners, was neutraal of nam geen standpunt in. In de figuur hieronder zijn de uitslagen te zien.



Figuur 3 10: Verdeling van meningen van bewoners over het verder openen van de Haringvlietsluizen, uit bewonersonderzoek (Klumper, 2017)

Uit het onderzoek (Klumper, 2017; van Beukering et al., 2019) kan worden geconstateerd dat er een groot maatschappelijk draagvlak bestaat voor alle bestudeerde scenario's van een dynamischer Haringvliet. De combinatie van droomfondsmaatregelen met een opener dambeheer leidt tot de levering van ecosysteemdiensten waar veel vraag naar is, zowel voor recreatieve activiteiten als voor de beleving van bewoners en bezoekers. De maatregelen voor een dynamischer Haringvliet, zowel voor natuur als recreatie, leiden om deze reden tot meer gebruik en hogere bestedingen in de regio (van Beukering et al., 2019). Aandachtspunt is wel dat er nog misconcepties bestaan, zoals overstromingsrisico's, die door goede voorlichting en communicatie weggenomen kunnen worden.

3.4.2 Ecosysteemdiensten (PLANET)

Maatschappelijke baten van landschapsherstel en watermanagement zijn sterk afhankelijk een goed-functionerend ecosysteem. Om dit verband aan te tonen is het belangrijk om de ecologische condities en 'diensten' (ecosysteemdiensten) in kaart te brengen. Ecosysteemdiensten zijn de maatschappelijk en economisch waardevolle diensten die ecosystemen leveren aan de samenleving. Hieronder vallen diensten die makkelijk te herkennen zijn, zoals de levering van vis, maar ook maatschappelijk belangrijke diensten die minder zichtbaar zijn, zoals klimaatregulatie door koolstofvastlegging. In de basis heeft aanpassing van het sluisbeheer in de Haringvliet positieve gevolgen voor het functioneren van het ecosysteem en zorg daarmee voor een gedeeltelijk herstel van de estuariene biodiversiteit en de geleverde ecosysteemdiensten (van Beukering et al., 2019). Een opener Haringvliet met meer getij leidt tot meer intergetijdengebied, waarbij brak

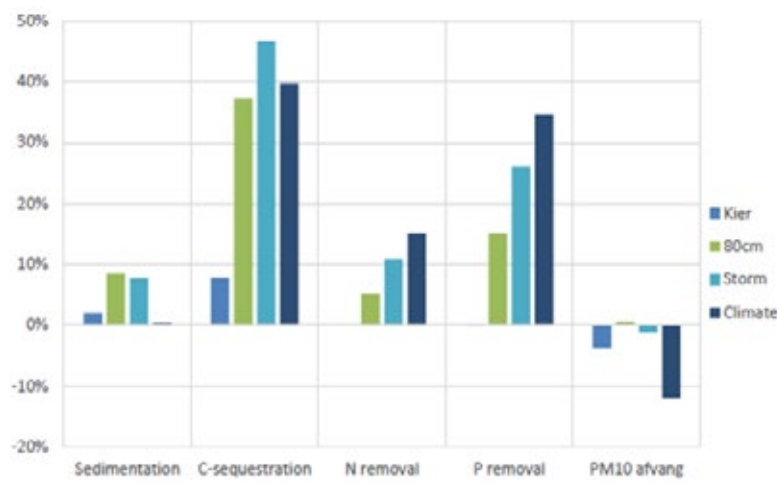
intergetijdengebied in het bijzonder veel ecosystemendiensten levert per hectare. Op systeemniveau zal de toegenomen stroomsnelheden, troebelheid en verminderde erosie van oevers meer verminderde sedimentatie van geulen positieven effecten op levering van ecosystemendiensten. De verschillende mate waarin elk ecosystemendiensten door het systeem wordt geleverd is gekwantificeerd voor vijf regulerende ecosystemendiensten: sedimentatie, koolstofvastlegging, waterzuivering voor stikstof en fosfor, en afvang van fijnstof uit de lucht (van Wieringen, 2019).

Ecosystem Services Quantitative	Base	Ajar	80cm	Storm	Climate
Sedimentation ($10^5 \text{ m}^3 \cdot \text{yr}^{-1}$)	23	23	25	25	23
C-sequestration ($10^6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$)	18	19	24	26	24
N removal ($10^5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$)	58	58	61	64	67
P removal ($10^4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$)	49	49	57	62	66
PM10 capture ($10^4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$)	27	26	27	27	24

Tabel 4: De kwantitatieve ecosystemendiensten in absolute aantallen die naar schatting worden geleverd door het gehele systeem (van Wieringen, 2019). Bij volledige implementatie van de kier met een zoet-zout overgang tot Spui-Middelharnis en bijbehorende ecotopen kan het kierscenario (ajar) beschouwd worden als de basis

Sedimentatie neemt onder andere toe met overstromingsfrequentie, vegetatie, en neemt af als stroomsnelheden toenemen. Door hoge overstromings-frequentie en vegetatie is sedimentatie het hoogst in intergetijdengebied, en neemt sedimentatie toe (positief effect ivm vooroeverbescherming en zeespiegelstijging) met verdergaande ontwikkeling van het estuariene systeem. Het openen van de Haringvlietdam verhoogt stroomsnelheden sterk, wat de sedimentatie in bovenstroomse zoete gebieden verlaagt (positief effect ivm baggeren vaargeulen). Sedimentatie & erosie als ecosystemendiensten nemen toe met verdergaande ontwikkeling van estuariene natuur, 8% voor het beperkt getij scenario in vergelijking tot het pre-kier scenario.

Het vastleggen van koolstof (C-sequestration) gebeurt voornamelijk door begraving en is daarom gerelateerd aan sedimentatie. Koolstofvastlegging wordt gecompenseerd door de uitstoot van broeikasgassen N_2O en CH_4 , vooral in zoetwater. Als gevolg van hogere begraving en lagere broeikasgasuitstoot, is koolstofvastlegging het hoogst in brak intergetijdengebied. Koolstofvastlegging neemt daarmee sterk toe met verdergaande ontwikkeling van estuariene natuur. Grotere zoutinrusie en getijdenamplitude in het beperkt getij scenario leidt tot 35% stijging van koolstof vastlegging, ofwel 6.195 miljoen kilo CO_2 -equivalent. De verhoogde koolstofvastlegging compenseert de CO_2 -uitstoot van meer dan 2420 Nederlanders. De geschatte toename in koolstofvastlegging in het beperkt getij scenario kan een belangrijke bijdrage leveren aan de realisatie van de regionale klimaatdoelen. De 6.195 ton per jaar extra koolstofvastlegging in het stormvloedkering scenario draagt bij aan de regionale klimaatdoelen. In dit kader is het interessant om te onderzoeken of het vermarkten van deze koolstof-vastlegging kan bijdragen aan een systeem van duurzame financiering van het beheer van natuur in het Haringvliet.



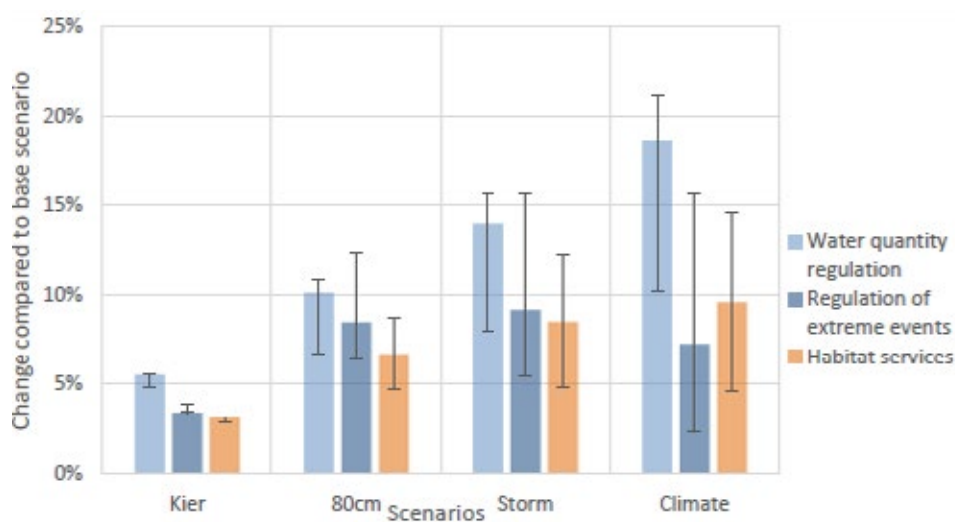
Figuur 3 11: De relatieve verandering in de levering van vijf regulerende en kwantitatieve ecosysteemdiensten (sedimentatie, koolstofvastlegging en de afvang van stikstof, fosfor en fijnstof) in Haringvliet studiegebied voor verschillende scenario's (van Wieringen, 2019).

Stikstof verwijdering is berekend op basis van begraving en denitrificatie. Afname door annamox en het verwijderen van vegetatie is niet meegenomen, wat dit een conservatieve schatting maakt. Stikstofverwijdering neemt toe met verdergaande ontwikkeling van estuariene natuur. Door hogere waarden in brak intergetijdengebied neemt het in het beperkt getij scenario toe met 5%, maar blijft nagenoeg gelijk in het kierscenario. De stikstof afvang is het belangrijkste in kustgebieden waar dit nutriënt limiterend is. De nutriëntenbalans in de zuidelijke Noordzee is nog steeds sterk verstoord en leidt tot schadelijke algenbloei, om verdere schade te voorkomen moeten de zomergemiddelden van stikstof in het estuarium van boven de 2mg/l naar 1,8 mg/l dalen. Met 5% reductie door beperkte getij wordt de helft van deze ambitie behaald, 9% reductie zoals bij het stormvloedkeringscenario zou dit doel bijna in zijn geheel halen. Net als voor klimaatregulatie, heeft deze waterzuiverende functie een groot economisch belang en vermarkting van deze functie kan bijdragen aan een systeem van duurzame financiering van natuurbeheer in het Haringvliet (van Beukering et al., 2019).

Fosfor verwijdering is afhankelijk van begraving. Deze is vooral hoger in zoet permanent intergetijden ecotopen. Omdat deze in het verdergaande scenario's toenemen, veroorzaakt dit een sterke toename in de fosfor verwijdering bij verdergaande ontwikkeling van estuariene natuur. Fosfor verwijdering neemt fors toe en wel met 15% in het beperkt getij scenario. Te veel fosfor is meestal limiterend in zoetwater en dus bovenstrooms het belangrijkste.

De hoeveelheid fijnstof (hier PM10) die wordt afgevangen is sterk afhankelijk van de vegetatiestructuur. Op basis van vegetatie opnames en PM10 afvang metingen is hier een totaal berekend voor de ecotopen, met de hoogste waarden voor wilgen vegetatie, gevolg door riet vegetatie. De afname van wilgen wordt gecompenseerd door meer land areaal met rietvegetatie, wat leidt tot een lichte toename van fijnstof afvang in verdergaande ontwikkeling van estuariene natuur. De fijnstofafvang neemt licht toe in het beperkt getij scenario en wel met 1%.

Voor de verandering van ecosystemendiensten waarvoor kwantitatieve data ontbrak is een kwalitatieve inschatting gemaakt op basis van eerdere studies en deskundigenoordeel (Jacobs et al., 2013). Zoals weergegeven in onderstaande figuur, is er een toename verwacht in de levering van productie, waterkwantiteitregulatie, stormwaterregulatie en habitatdiensten in het Haringvliet.



Figuur 3 12: De relatieve toename van kwalitatieve ingeschatte ecosystemendiensten zoals , waterkwantiteit regulatie, stormwater regulatie en habitat ecosystemendiensten in het Haringvliet studiegebied op basis van deskundigenoordeel (Jacobs et al., 2013; van Wieringen, 2019). Echter goede data voor de meeste terrestrische ecotopen, waardoor alternatieve waarden zijn gebruikt en een onzekerheidsmarge voor hoogste en laagst mogelijke scores voor terrestrische ecotopen is gehanteerd

De regulering van waterkwantiteit, waaronder de vermindering van getijde- en rivierenergie en landschapsonderhoud vallen, neemt fors toe met verdergaande ontwikkeling van estuariene natuur en wel met 11% voor het scenario beperkt getij. Stormwaterregulatie, waaronder golfslagbeperking en stormwateropslag, neemt toe met verdergaande ontwikkeling van estuariene natuur en wel met 8% voor het scenario beperkt getij. De toename in waterkwantiteit en stormwater regulatie kan verklaard worden door meer kweldervegetatie, bijv. riet in plaats van wilgen. De toename van habitatdiensten (kraamkamer, bescherming, onderhoud en stabilisatie van de leefomgeving) is 7% in het beperkt getij scenario. Verder geeft van Wieringen (2019) ook aan dat het ecosysteem productiediensten levert. Met name de productie van dierlijk voedsel (vooral vis) en de ‘productie’ van water voor navigatie en industrieel gebruik. Verdergaande ontwikkeling van estuariene natuur brengt 3% extra productiediensten voor het scenario beperkt getij. De habitatdiensten en productiediensten kunnen beschouwd worden als een onderschatting aangezien de corridorfunctie niet adequaat kon worden meegenomen in de analyse (van Wieringen, 2019).

Biodiversiteit op zichzelf kan worden beschouwd als een kwalitatieve ecosystemedienst. Een divers en robuust ecosysteem met vele soorten die elkaar overlappen in niche en ecologische functie is waardevoller voor de maatschappij dan een instabiel en uitgekleed voedselweb wat niet klimaatbestendig is en gevoelig voor 'schokken' in de toekomst. Vooral door het herstel van de corridorfunctie en (brak)intergetijdengebied, neemt in elk scenario de biodiversiteit van het totale systeem toe voor vissen, benthos, vegetatie, vogels en zeehonden (van Beukering et al., 2019). Er is een toename van estuariene soorten, welke zeldzaam zijn geworden in Nederland. Naast een toename biodiversiteit op basis van ecotopen, zal er ook een verbetering zijn door het herstel van de corridorfunctie en de vermindering van uitspoeling. Zie paragraaf 2.2 voor een gedetailleerde beschrijving van de impuls op biodiversiteit.

3.4.3 Recreatie en regionale economie (PROFIT)

Door te investeren in natuur en landschap kan de recreatie en de lokale economie op de Zuid-Hollandse eilanden worden versterkt. Het bedrijfsleven (bijv. toerisme, recreatie, woningbouw en landbouw) speelt een cruciale rol door in te spelen op nieuwe mogelijkheden die ontstaan door aanpassingen in het landschap en door het beschikbaar komen van nieuwe voorzieningen. In de studie door van Beukering et al. (2019) is er onderzocht of investeren in natuur en landschap de ecologische én economische leefbaarheid op de Zuid-Hollandse eilanden kan versterken, conform de doelstelling van het Droomfondsproject Haringvliet. Daarnaast is een inschatting gemaakt van het economische rendement van additionele investeringen en bestedingen in de sector Recreatie & Toerisme.

Een terugblik op de voorspoedige ontwikkeling van de werkgelegenheid en de toegevoegde waarde in de sector Recreatie & Toerisme na 2015 stemt tot optimisme. De lichte teruggang van deze werkgelegenheid in 2018 tijdens een periode van hoogconjunctuur van Nederland laat echter zien dat deze groei in arbeidsplaatsen fragiel is. Deze trendbreuk is het gevolg van de toegenomen aantrekkelijkheid van het toeristisch-recreatief aanbod in grote steden zoals Rotterdam en Breda. Dit gaat niet alleen ten koste van het omringende landelijk gebied, maar ook van de kleine en middelgrote steden in het Rijnmondgebied en West-Brabant, de belangrijkste brongebieden voor recreatie en toerisme in het Haringvliet-gebied. Zo trekken grote tentoonstellingen in de belangrijkste stedelijke musea veel ouder publiek, een groep die traditioneel ook geïnteresseerd is in wandelen en fietsen in het landelijk gebied. Naast toegenomen concurrentie is ook de kwaliteit van het vestigingsklimaat en het ondernemerschap voor toeristisch-recreatieve activiteiten een punt van aandacht, zo blijkt uit de negatieve regionale groeicomponenten in Voorne-Putten en Hoeksche Waard.

Daarmee kan worden geconcludeerd dat het Droomfondsproject op het juiste moment is geïntroduceerd, waardoor een impuls is gegeven aan sectoren die dit goed kunnen gebruiken. Mede dankzij de Droomfonds-investeringen en de daarvan af te leiden bestedingseffecten in de dagrecreatie in 2020, kan het gebied daarmee weer de positieve economische trend na 2015 hervatten (van Beukering et al., 2019). Hieruit blijkt dat grootschalige investeringen in natuur, leefomgeving en recreatie kunnen leiden tot positieve gevolgen voor natuur en mens. De financiële gevolgen van de coronacrisis zullen ook zijn weerga hebben op het Haringvliet-gebied, onduidelijk is in hoeverre de toeristisch-recreatieve 'concurrentiepositie' van dit gebied ten opzichte van grote steden is veranderd. Natuurbeleving is daarbij een van de weinige 'sectoren' die het goed heeft gedaan, de recreatiedruk in Nederlandse natuurgebieden was nog nooit zo hoog als in 2020.

Op basis van de investeringen en uitvoering van de Droomfondsmaatregelen zijn enkele kengetallen te genereren voor gelijksoortige investeringen voor verder gevorderde ontwikkeling van natuur en recreatie met het oog op een dynamischer Haringvliet. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in incidentele en structurele economische effecten:

- Incidentele effecten: Investeringen leiden tot incidentele bestedingseffecten die voor een deel in de betreffende regio plaatsvinden, deels door toeleveranties en spin-offs ook in andere gebieden merkbaar zijn. Het gaat dus om de sectoren waar de effecten het eerst zullen plaatsvinden. Dat is in dit geval vooral de bouw-, vervoer- en de recreatiesector (van Beukering et al., 2019).
- Structurele effecten: Investeringen leiden tot directe en indirecte werkgelegenheidseffecten (met toerisme en recreatie samenhangend) en de daaruit voortvloeiende inkomenseffecten.

Door uitvoering van de Droomfondsmaatregelen worden incidentele economische effecten gerealiseerd in de sectoren bouw, vervoer en recreatie. Het gaat hierbij om een gemiddeld werkgelegenheidseffect van 5 fte en een toegevoegde waarde-effect van 350.000 euro per miljoen euro investering. De structurele inkomens- en werkgelegenheidseffecten als gevolg van de dagrecreatie liggen fors hoger. Hierbij gaat het om een jaarlijks werkgelegenheidseffect van 1 fte per 47.000 euro besteding van dagrecreanten, wat neerkomt op 1.335 arbeidsjaren in 2020, waarvan 579 fte wordt gecreëerd door bezoekers van buiten regio Haringvliet-Biesbosch (van Beukering et al., 2019).

Daarmee kan worden geconcludeerd dat het Droomfondsproject op het juiste moment is geïntroduceerd, waardoor een impuls is gegeven aan sectoren die dit goed kunnen gebruiken. Mede dankzij de Droomfonds-investeringen en de daarvan af te leiden bestedingseffecten in de dagrecreatie in 2020, kan het gebied daarmee weer de positieve economische trend na 2015 hervatten (van Beukering et al., 2019). Hieruit blijkt dat grootschalige investeringen in natuur, leefomgeving en recreatie kunnen leiden tot positieve gevolgen voor natuur en mens. De financiële gevolgen van de coronacrisis zullen ook zijn weerga hebben op het Haringvliet-gebied, onduidelijk is in hoeverre de toeristisch-recreatieve 'concurrentiepositie' van dit gebied ten opzichte van grote steden is veranderd. Natuurbeleving is daarbij een van de weinige 'sectoren' die het goed heeft gedaan, de recreatiedruk in Nederlandse natuurgebieden was nog nooit zo hoog als in 2020.

Op basis van de investeringen en uitvoering van de Droomfondsmaatregelen zijn enkele kengetallen te genereren voor gelijksoortige investeringen voor verder gevorderde ontwikkeling van natuur en recreatie met het oog op een dynamischer Haringvliet. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in incidentele en structurele economische effecten:

- Incidentele effecten: Investeringen leiden tot incidentele bestedingseffecten die voor een deel in de betreffende regio plaatsvinden, deels door toeleveranties en spin-offs ook in andere gebieden merkbaar zijn. Het gaat dus om de sectoren waar de effecten het eerst zullen plaatsvinden. Dat is in dit geval vooral de bouw-, vervoer- en de recreatiesector (van Beukering et al., 2019).
- Structurele effecten: Investeringen leiden tot directe en indirecte werkgelegenheidseffecten (met toerisme en recreatie samenhangend) en de daaruit voortvloeiende inkomenseffecten.

Door uitvoering van de Droomfondsmaatregelen worden incidentele economische effecten gerealiseerd in de sectoren bouw, vervoer en recreatie. Het gaat hierbij om een gemiddeld werkgelegenheidseffect van 5 fte en een toegevoegde waarde-effect van 350.000 euro per miljoen euro investering. De structurele inkomens- en werkgelegenheidseffecten als gevolg van de dagrecreatie liggen fors hoger. Hierbij gaat het om een jaarlijks werkgelegenheidseffect van 1 fte per 47.000 euro besteding van dagrecreanten, wat neerkomt op 1.335 arbeidsjaren in 2020, waarvan 579 fte wordt gecreëerd door bezoekers van buiten regio Haringvliet-Biesbosch (van Beukering et al., 2019).

Profit-effecten		Basisscenario		Kier & Droomfonds	Extra investering
Incidentele werkgelegenheid a.g.v. extra investeringen	fte (fulltime-equivalent)	6.351 (totaal fte in R&T)	-	167	5 fte per € mln.
Incidentele toegevoegde waarde a.g.v. extra inv.	€/mln.	€ 315 mln. (totaal in R&T)	-	11.5	€ 350.000 per € mln.
Structurele werkgelegenheid a.g.v. extra bestedingen dagrecreanten	fte	6.351 (totaal fte in R&T)	-	1.335 (in 2020)	1 fte per € 47.000
Structurele inkomens-effect in toev. waarde a.g.v. extra bestedingen dagrecreanten	€/mln.	€ 315 mln. (totaal in R&T)	-	30.5 (in 2020)	€ 359.000 per € mln.

Tabel 5: Samenvatting van de belangrijkste economische effecten voor de basissituatie en de drie hoofdsenario's. Met het inbrengen van extra maatregelen en investeringen voor een dynamischer Haringvliet kunnen de getallen zoals in de rechterkolom onder 'extra investering' gehandhaafd worden (van Beukering et al., 2019).

Met kennis van deze kengetallen kan een inschatting worden gemaakt van de incidentele en structurele economische effecten als gevolg van de investeringseffecten die gepaard gaan met de transitie van het Haringvliet gebied naar een dynamischer en estuarien systeem.

Enkele aandachtspunten voor toekomstige investeringen in het gebied:

- Belangrijk voor een gezonde ruimtelijke- economische ontwikkeling op toeristisch-recreatief gebied is dat overheden en ondernemers investeringen een vervolg geven, respectievelijk in de daartoe benodigde infrastructuur én door bedrijfsinvesteringen. Daarmee kan een positieve toeristisch-recreatieve sectorstructuur ook regionaal tot bloei komen.
- Vooral extra mogelijkheden voor horeca en logiesverstrekking waar deze schaars zijn kunnen een positieve bijdrage aan de regionale economie leveren, wat betekent dat met name verblijfs- recreatie in het gebied aandacht behoeft. In directe zin heeft dit invloed door de veel hogere bestedingseffecten van verblijfsrecreatie t.o.v. dagrecreatie, maar ook indirect door de spin-off van verblijfsrecreanten met bestedingen tijdens dagtochten in het gebied.
- Uit de analyse van van Beukering (2019) blijkt dat een aantal ruimtelijke concentraties van toeristisch-recreatieve werkgelegenheid succesvol opereert (i.e. Noordzeekust, Stellendam, Hellevoetsluis, Middelharnis, Numansdorp en het Brabantse deel van de Biesbosch). Deze ruimtelijke clustering heeft een positief economisch effect omdat daarmee een grotere economische massa kan worden bereikt (behalen drempelwaarde) en een groter draagvlak aan bezoekers kan worden gegenereerd. Het is voor overheden en ondernemers interessant om voor beleids- en ondernemingsplannen bij deze ruimtelijke concentraties aan te sluiten.

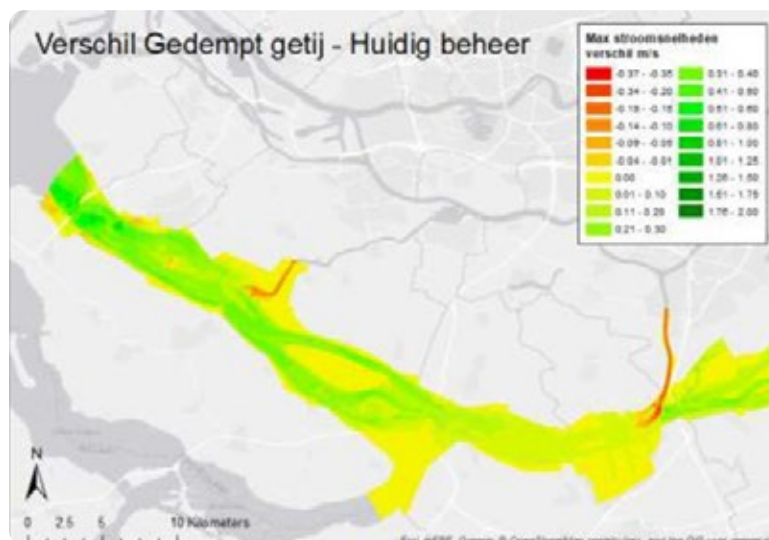
- In de praktijk blijkt het voor startende ondernemers moeilijk om in het gebied een geschikte vestiging met de juiste bestemming te vinden om een ondernemersplan of idee uit te voeren. Daarnaast ondervinden deze startende ondernemers geregeld beperkte medewerking van een gemeente. De gemeentelijke overheid stelt zich lijdelijk op, waardoor ondernemers met weinig in- en overzicht van de ruimtelijke mogelijkheden en planologisch-juridische procedures niet verder kunnen met de uitvoering van hun plannen. Zo kan het helpen om met behulp van ruimtelijke en vastgoedinformatie gericht kansen voor specifieke ondernemingen zoals horeca en dag- of verblijfs- recreatie in kaart te brengen (van Beukering et al., 2019).

3.5 Scheepvaart

3.5.1 Scheepvaart en havens

De havens van Stellendam en Moerdijk zijn belangrijk voor zeeschepen en binnenvaartschepen. Tussen de haven van Moerdijk en Willemstad varen meer dan 1 miljoen binnenvaart en short sea shipping schepen per jaar (Wegman et al., 2018).

Daar staat weer tegenover dat erosie vanwege hoge stroomsnelheden in het Spui en Dordtse Kil volgens de modellen (HKV en Deltares studie) fors zullen afnemen omdat daar de stroomsnelheden afnemen. Hoge stroomsnelheden in deze wateren komen namelijk door getijverschil tussen Nieuwe Waterweg/Oude Maas en Haringvliet wat kleiner wordt. De erosieproblematiek die in deze wateren nu een hoop beheer en geld (miljoenen per jaar) vraagt wordt daarmee minder (Wegman et al., 2018; Wijsman et al., 2018).



Figuur 3 13: Verschil in maximale stroomsnelheden tussen het 'Gedempt getij' en het huidige beheer. Een positieve waarde betekent een toename van de stroomsnelheid bij 'Gedempt getij' (Wegman et al., 2018).

Door fluctuatie van de waterstanden zal de laagste waterstand dalen. Dat zou kunnen leiden tot problemen met de minimale diepte, maar of dat ook daadwerkelijk zo is, hangt af van de ontwikkeling van de invaardiepte van de havens en geuldiepte (Wegman et al., 2018).

Op dit moment vindt er netto sedimentatie plaats in het Haringvliet en Hollandsch Diep, met name in de (vaar)geulen. Er vinden dan ook baggerwerkzaamheden plaats om de bevaarbaarheid te handhaven. Met herstel van getijdendynamiek neemt de sedimentatie af en zal er ook erosie optreden. Tegelijk dalen de gemiddelde en laagwaterstanden door het wegvallen van opstuwing bij de gesloten sluisen. Dit varieert van 30 cm in het westen tot 40 cm bij de haven van Moerdijk in maximale laagwaterstand bij 'beperkt getij'. Initieel zal dus extra baggerwerk nodig zijn om de bevaarbaarheid te handhaven, maar niet in extreme mate. Aangezien in de geulen de stroomsnelheden ook zullen toenemen zal een deel van de waterdiepteverkleining die wordt veroorzaakt door de waterstandsverlaging over tijd opgevangen worden door verdieping van de geulen. Op termijn zou de deze autonome geulverdieping door tot verminderde baggerinspanning leiden (Wegman et al., 2018).

De bevaarbaarheid van de vaargeul van de buitenhaven van Stellendam naar de Noordzee zal toenemen door hogere stroomsnelheden en daardoor minder sedimentatie. De huidige baggerinspanning kan verlaagd worden wat flinke kosten bespaart (Wegman et al., 2018).

De verwachting is dat bij het huidige beheer de verondieping van de zuidrand van het Haringvliet en Hollands Diep zal doorgaan en dat dit een baggerprobleem kan geven voor het rivierbeheer: de verwachting die volgt uit een verkennende studie die voor de MER in 1998 is uitgevoerd is dat bij het huidige beheer rond 2020 regelmatig gebaggerd zou moeten worden om een minimaal doorstroomprofiel te garanderen. Bij sluisbeheer met 'gedempt getij' (te vergelijken met beperkt getij) zou dit pas tegen het einde van de 21ste eeuw zijn en neemt het benodigde baggerwerk ook flink in omvang af (Wegman et al., 2018).

De stroomsnelheden bij de Haringvlietsluizen worden groter. Dit betekent dat ook de stroomsnelheden bij de uitgang van de haven van Stellendam toenemen en dat dwarsstroming mogelijk een probleem kan vormen voor schepen. Dit aspect verdient mogelijk nader onderzoek (Wegman et al., 2018).

De Mer in 1998, specifiek het deelrapport scheepvaart (van Sprundel & van Dijke, 1998), heeft berekeningen en gevolgen voor scheepvaart in kaart gebracht waarbij het alternatief 'getemd getij' in vele opzichten grote gelijkenis vertoont met 'beperkt getij' zoals in de recentere scenariostudies door Wijsman et al (2018). Uit de analyse van de Mer blijkt dat getemd/beperkt getij de volgende knelpunten oplevert voor scheepvaart:

- Verhoging van de hoogwaterstand kon voor de situatie in 1998 (en waarschijnlijk nog steeds zeer vergelijkbaar met de huidige situatie) bij 2 van de 12 betrokken bruggen knelpunten veroorzaken voor doorvaart van scheepvaart. De Moerdijkspoorbrug heeft al doorvaartproblematiek waarbij er 23 uren per jaar aan extra verwacht oponthoud zal optreden voor scheepvaart. Voor de Haringvlietbrug, met een beweegbaar brugdeel, ondervindt de scheepvaart geen hinder maar zullen de stremmingen voor het wegverkeer over de brug toenemen (deze situatie zal voornamelijk in de zomermaanden voorkomen).
- Verlaging van de laagwaterstand kan op enkele locatie dieptebeperkingen geven en gevolgen voor doorvaart op bepaalde vaarwegen. Bij getemd getij zou voor de situatie van vaarwegen van 1998 de doorvaart op de Nieuwe Merwede, Beneden Merwede, het Spijkerboor en de Donge extra beperkingen optreden. Hiervoor kunnen op korte termijn baggermaatregelen worden genomen,
- Doorvaart door sluisen kan bij verlaging van de laagwaterstand beperkt worden voor maatgevende schepen, wat tot oponthoud leidt voor scheepvaart. Voor de situatie in 1998 werd voor 4 sluiscomplexen economische schade verwacht, te weten de Henriëtteluis te Engelen, sluisen bij Lith, de sluis St. Andries en de Wilhelminasluis bij Andel.
- Bereikbaarheid van havens en ligplaatsen kan, gezien de nautische diepte, beperkt worden door verlaging van de laagwaterstand. Vele havens die nadeel ondervinden hiervan hebben hun functie reeds verloren of waren voor 1970 ook al tijhavens, waarbij schepen enkel op hoogwater naar binnen konden. In 1998 zouden echter problemen ontstaan voor de haven van de Amercentrale en de overnachtingshaven De Wacht langs de Dordtsche Kil, waarbij verdiepen door te baggeren als oplossing wordt aangedragen.
- Er worden geen extra nautische veiligheidsrisico's verwacht door toenemende stroomsnelheid, zeker na gewinning zal scheepvaart hier geen problemen aan ondervinden. Wel zou in 1998 de veilig navigatie van de binnenvaart in het geding komen door minder kielspeling en vaargeulversmalling bij verder verlaging van de laagwaterstand, aangezien schepen hierdoor minder manoeuvreerbaar zijn. Destijds werd verwacht dat dit kon gaan spelen op de Nieuwe Merwede, de Beneden en de Boven Merwede, de Amer en de Bergsche Maas. Baggeren wordt aangedragen als oplossing.

- Veranderingen in waterstanden, stroomsnelheden en kenteringen zijn zodanig dat de bestaande T0-tijpoorten op de Oude Maas en het Hollandsch Diep niet langer geschikt zijn. Tijpoorten zijn bepaalde periodes van het getij waarin zeeschepen, gelet op hun afmetingen en manoeuvreerbaarheid, bepaalde knelpunten langs de route naar en terug van Dordrecht en Moerdijk veilig kunnen passeren. Alleen in die periode is combinatie van waterstand, stroomsnelheid en stroomrichting zodanig dat passage langs het knelpunt veilig kan. Deze knelpunten kunnen ver buiten het gebied liggen waardoor lokale verbeteringen niet altijd belangrijk zijn. Volgens de randvoorwaarden in 1998 waren nieuwe alternatieve tijpoorten, zodat onder gelijke condities de zeeschepen Dordrecht en Moerdijk kunnen bereiken, niet mogelijk. Ofwel, er kan niet meer dan bestaande randvoorwaarden met betrekking tot de bereikbaarheid van Havenschap Moerdijk worden voldaan.
- Aanvullend op de zeehaven van Moerdijk werden in 1998 ook extra baggerkosten verwacht voor het op voldoende diepte houden van de zeehaveninfrastructuur en havens van Dordrecht en Zwijndrecht tijdens verdere verlaging van de laagwaterstand.

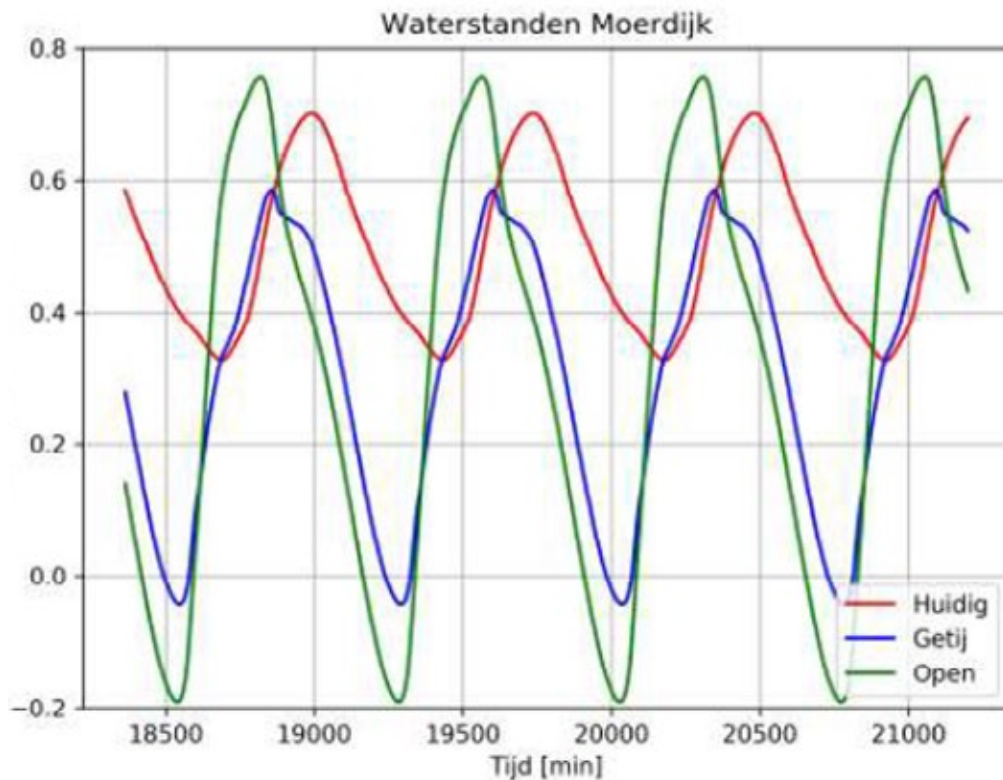
Voor enkele van deze knelpunten waarvoor een baggerinspanning wordt aangedragen als oplossing zal zeer aannemelijk op langere termijn de toegenomen getijdestroom gecombineerd met zeespiegelstijging juist voor verminderd baggeronderhoud zorgen.

De minimale waterstanden bij een gemiddelde afvoer en getij zullen bij Moerdijk afnemen met $-0,35$ meter. De haven van Moerdijk is 9 meter diep bij 0 NAP, waarbij 0 NAP in de praktijk bijna nooit wordt onderschreden doordat hierop wordt gestuurd met de Haringvlietsluizen. Met 5% kielspeling wordt er dan afgeladen op 8,5 meter diepgang voor zeeschepen, meer kan niet omdat de Dordtse Kil en met name de tunnel die daarin ligt beperkend is. De gemodelleerde waterstand van een paar eb en vloed cycli laat zien dat er gemiddeld genomen een dagelijkse onderschrijding van 0 NAP van enkele centimeters lijkt te zijn. De onderschrijdingen bedragen enkele centimeters en zijn van beperkte duur. Maar met de onzekerheidsmarges van het model geeft dit geen goed beeld van hoe vaak er beperkingen zullen optreden. Tegelijk kunnen we hieruit opmaken dat die beperkingen er vaker zullen zijn. Of dit in de praktijk tot economische schade en/of problemen leiden in de haven van Moerdijk is niet onderzocht. De zeespiegel zal ook in de komende decennia nog stijgen en eventuele problemen verder mitigeren (van der Kaaij & Huismans, 2016; Wegman et al., 2018).

- Veranderingen in waterstanden, stroomsnelheden en kenteringen zijn zodanig dat de bestaande T0-tijpoorten op de Oude Maas en het Hollandsch Diep niet langer geschikt zijn. Tijpoorten zijn bepaalde periodes van het getij waarin zeeschepen, gelet op hun afmetingen en manoeuvreerbaarheid, bepaalde knelpunten langs de route naar en terug van Dordrecht en Moerdijk veilig kunnen passeren. Alleen in die periode is combinatie van waterstand, stroomsnelheid en stroomrichting zodanig dat passage langs het knelpunt veilig kan. Deze knelpunten kunnen ver buiten het gebied liggen waardoor lokale verbeteringen niet altijd belangrijk zijn. Volgens de randvoorwaarden in 1998 waren nieuwe alternatieve tijpoorten, zodat onder gelijke condities de zeeschepen Dordrecht en Moerdijk kunnen bereiken, niet mogelijk. Ofwel, er kan niet meer dan bestaande randvoorwaarden met betrekking tot de bereikbaarheid van Havenschap Moerdijk worden voldaan.
- Aanvullend op de zeehaven van Moerdijk werden in 1998 ook extra baggerkosten verwacht voor het op voldoende diepte houden van de zeehaveninfrastructuur en havens van Dordrecht en Zwijndrecht tijdens verdere verlaging van de laagwaterstand.

Voor enkele van deze knelpunten waarvoor een baggerinspanning wordt aangedragen als oplossing zal zeer aannemelijk op langere termijn de toegenomen getijdestroom gecombineerd met zeespiegelstijging juist voor verminderd baggeronderhoud zorgen.

De minimale waterstanden bij een gemiddelde afvoer en getij zullen bij Moerdijk afnemen met $-0,35$ meter. De haven van Moerdijk is 9 meter diep bij 0 NAP, waarbij 0 NAP in de praktijk bijna nooit wordt onderschreden doordat hierop wordt gestuurd met de Haringvlietsluizen. Met 5% kielspeling wordt er dan afgeladen op 8,5 meter diepgang voor zeeschepen, meer kan niet omdat de Dordtse Kil en met name de tunnel die daarin ligt beperkend is. De gemodelleerde waterstand van een paar eb en vloed cycli laat zien dat er gemiddeld genomen een dagelijkse onderschrijding van 0 NAP van enkele centimeters lijkt te zijn. De onderschrijdingen bedragen enkele centimeters en zijn van beperkte duur. Maar met de onzekerheidsmarges van het model geeft dit geen goed beeld van hoe vaak er beperkingen zullen optreden. Tegelijk kunnen we hieruit opmaken dat die beperkingen er vaker zullen zijn. Of dit in de praktijk tot economische schade en/of problemen leiden in de haven van Moerdijk is niet onderzocht. De zeespiegel zal ook in de komende decennia nog stijgen en eventuele problemen verder mitigeren (van der Kaaij & Huismans, 2016; Wegman et al., 2018).



Figuur 3 14: Gemodelleerde waterstanden bij Moerdijk voor de verschillende varianten, hier zijn 'huidig' en 'getij' interessant voor de vergelijking. (Wegman et al., 2018)

3.5.2 Recreatievaart

Het Haringvliet zelf wordt voornamelijk gebruikt door de recreatievaart. Bij Willemstad varen tussen de 25.000 en 50.000 recreatievaartuigen per jaar (Wegman et al., 2018). Voor de recreatievaart is in kaart gebracht of het areaal bevaarbaar gebied voor zeilboten bij laagwater afneemt. Met een diepgang van 1 á 1,5 meter zullen deze in het gebied tot met betrekking tot 2 meter diepte iets vaargebied verliezen. Het areaal ondieper dan 2 meter neemt bij beperkt getij in het Haringvliet marginaal toe en merendeels als randen rondom de al bestaande ondiepe zone (Wegman et al., 2018), aparte kaarten). Alle jachthavens in het gebied hebben nu te maken met maximale hoog- en laagwaterstanden die hetzelfde zijn als bij het scenario 'beperkt getij'. Het is daarom niet te verwachten dat hier in het dagelijks beheer aanpassingen voor nodig zijn dan wel extra kosten aan verbonden zitten. De beheerders van de jachthaven(s) bij Middelharnis en Stad aan 't Haringvliet bevestigen dit ook (mondelijke mededeling bij Bas Roels), de jachthaven van Stellendam heeft drijvende steigers. Voor de havenkanalen is nog niet duidelijk wat de effecten van beperkt getij zijn, maar het is aannemelijk dat gezien dezelfde maximale hoog- en laagwaterstanden ook hier geen verschil is in doorvaarbaarheid. De effecten op waterrecreatie en -voorzieningen is tevens een onderzoeksvraag.

4. ONDERZOEKSVRAGEN

Limitatieve lijst relevante onderzoeksvragen voor vervolg:

Onderzoeksvragen m.b.t. ontwikkeling estuarien ecosysteem:

- Zoutindringing en gelaagdheid/stabiliteit in Haringvliet en bij zoetwaterinlaten meten met proef of nieuw modelinstrumentarium.
- Impact op estuariene natuur van sluisopening verkleinen om zoutindringing te temperen tijdens verlaagde rivierafvoer.
- Sedimentdynamiek en plaatopbouw onderzoeken in Haringvliet bekken, daarbij meenemen in hoeverre riviersediment en extra invoer marien sediment in westelijke en oostelijke gedeelte voor natuurlijke plaatopbouw kan zorgen.
- Sedimentbalans van het estuarium nader onderzoeken door opening en toename in stroomsnelheden, koppeling maken met inzet gebaggerd slib in de vorm van slibmotoren.
- Overkoepelend natuurbeheersplan voor het Haringvliet estuarium om successie en variatie van habitattypes te handhaven (denk aan extensief natuurlijk begrazingsbeheer om mozaïek en diversiteit in kweldergraslanden en ruigtebegroeiing te behouden).
- Stabiliteit intergetijdengebied en -zones in kaart brengen door dominantie fluctuerende rivierafvoer Bovenrijn.
- Lokale topografie en bodemprofielen in ondiepe oeverzones in beeld brengen voor effect op realisatie intergetijdengebied en te nemen maatregelen voor maximale realisatie intergetijdengebied.
- Stabiliteit van aanwezige vooroeverbescherming gezien de verhoogde gemiddelde stroomsnelheden door extra getij.

Onderzoeksvragen m.b.t. effecten gebruiksfuncties:

- De effecten in beeld brengen op de haven van Moerdijk, op andere havens en op knelpunten scheepvaart. Daarmee ook de benodigde initiële baggerinspanning in kaart brengen en het effect van veranderende stroomsnelheden in geulen én zeespiegelstijging op lange termijn baggerinspanning.
- Volume vervuild slib oostelijk van Tiengemetten en gedrag bij toename van gemiddelde stroomsnelheden door getijstromen.

- Nadere agro-economische onderbouwing voor positieve effecten POA of AORTA op landbouw in omgeving Boskoop.
- Benodigde investeringen voor ontwikkeling estuarien ecosysteem met beperkt getij en gevolgen financiële impuls op sociaal-economische spin-off op zowel recreatie (natuur, watersport) als ook regionale economie (toerisme, bouw).
- Effectieve kostenbesparing door toename ecosystemendiensten door extra getij en verkenning voor investeringsmodel (denk aan koolstofvastlegging en stikstofverwijdering).
- Effect van openen Haringvlietsluizen op stroomsnelheden verbindende takken (Oude Maas, Spui, Noord, Dordtsche Kil) en besparing maatregelen tegen erosie.
- Gevolgen verschuiven zoetwaterstand Haringvliet voor huidige (internationale) zoetwatersportvisserij, daarbij oplossingen oostelijk in het estuarium en/of 'beschermende' maatregelen onderzoeken die verenigbaar zijn met estuarien herstel op het Haringvliet. Daarbij ook de kansen voor nieuwe pelagische/estuariene sportvisserij verkennen o.a. uit huidige bestaande open estuaria zoals in Nederland (Nieuwe Waterweg), Engeland (Severn, Thames), België (Schelde), Duitsland (Elbe) en Frankrijk (Gironde).
- Effecten van meer getij en veranderen stroomsnelheden op watersport en waterrecreatie op het Haringvliet en bestaande recreatieve voorzieningen en stranden.

5. BRONVERMELDING

Bekker, D. L. (2018). Veranderingen voor de Noordse woelmuis binnen het Haringvliet, het Hollands Diep en de Biesbosch als gevolg van de verschillende scenario's van het open zetten van de Haringvlietsluizen. Notitie Zoogdiervereniging, Kenmerk N2018009.

Brevé, N. W. P., Vis, H., & Breukelaar, A. W. (2018). Escape from the North Sea: the possibilities for pikeperch (*Sander lucioperca* L. 1758) to re-enter the Rhine and Meuse estuary via the Haringvlietdam, as revealed by telemetry. *Journal of Coastal Conservation*, 23. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0654-5>

Griffioen, A. B., Winter, H. V., & van Hal, R. (2017). Prognose visstand in en rond het Haringvliet na invoering van het Kierbesluit in 2018. Wageningen Marine Research Rapport C081/17.

Rijt, C. van de. (2001). De aanpassing van het model EMOE aan de vegetaties van de Biesbosch. Rapport Hansson Ecodata, iov Rijkswaterstaat Directie Zuid Holland.

van de Rijt, C.W.C.J. & P. Esselink. (2006). Toepassing van het vegetatiemodel EMOE voor de introductie van een gemdempt getij in de Lauwersmeer, rapport 2006-2, Hansson Ecodata, Freiburg / rapport 2006-102, Bureau Koeman en Bijkerk, Haren.

Zonneveld, I.S.. (1999). De Biesbosch een halve eeuw gevolgd: van hennip tot netelbos en verder. De vierde dimensie van de vegetatie en de bodem in de Brabantse Biesbosch (1949-1998). Uitgeverij Unipers, Abcoude en Staatsbosbeheer.

Hansen, J. L. J., van der Wegen, M., Boon, A. R., & Nolte, A. J. (2018). Ecotopen Haringvlietmonding en aanslibbing vooroevers Haringvliet bij scenario's opening Haringvlietsluizen. Deltares, Kenmerk 11202497-000-ZKS-0004.

Hop, J. (2016). Visstand Haringvliet en Voordelta – heden. ATKB, Rapportnummer 20150469/Rap01, 111.

Hop, J., & Vriese, F. T. (2011). Vismigratie Rijn-Maasstroomgebied: samenvatting op hoofdlijnen. ATKB, Rapportnummer 20110414/001.

Hop, J., Vriese, T., Quak, J., & Breukelaar, A. W. (2011). Visstand Haringvliet en Kier. ATKB, Rapportnummer 20110243/001.

HydroLogic. (2018). Vervolgonderzoek kosten en effecten permanente oostelijke zoetwateraanvoer voor West-Nederland. HydroLogic Rapport P950, April, 60.

HydroLogic. (2019). Zoet-zout dynamiek en waterbeschikbaarheid in de Rijn-Maasmonding bij een meer natuurlijk beheer Haringvlietsluizen. HydroLogic Rapport P983, April.

Jacobs, S., Vandenbruwaene, W., Vrebos, D., Beauchard, O., Boerema, A., Wolfstein, K., Maris, T., Saathoff, S., & Meire, P. (2013). Ecosystem service assessment of TIDE estuaries. Study Report in the Framework of the Interreg IVB Project TIDE. ECOBE, UA, Antwerp, Belgium.

Janssen, J. (2018). Plantengemeenschappen in Ecotopen Haringvliet. Notitie Wageningen Environmental Research.

Klumper, D. (2017). Vervolgonderzoek Haringvliet WNF: Perceptie en sentiment bewoners Haringvliet-regio t.a.v. het Kierbesluit, natuur(-herstel) in algemene zin en Droomfondsproject in het bijzonder. Kien Onderzoek.

Kroes, M. J., & Reeze, B. (2017). Advies bescherming trekvisserij in Haringvliet en Voordelta tegen gevolgen van visserij. Kroes Consultancy i.s.m. Bureau Strooming, Projectnr KC2016-012.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RWS-ZH, projectgroep Jos Hees, & Peters, H. (1998). MER beheer Haringvlietsluizen. Over de grens van zout en zoet. Hoofdrapport. 118 p.-APV nummer 98.186.-ISBN 9036948029.

Noordhuis, R. (2017). Het Haringvliet na de Kier: Samenvatting van hydrologische prognoses ten behoeve van effectinschattingen op vis en vogels. Deltares, Kenmerk 11200854-010-ZWS-0001, 38.

Noordhuis, R. (2018). Haringvliet voorbij de kier: mogelijkheden voor vis. Deltares, Kenmerk 11202566-000-ZWS-0008, 65.

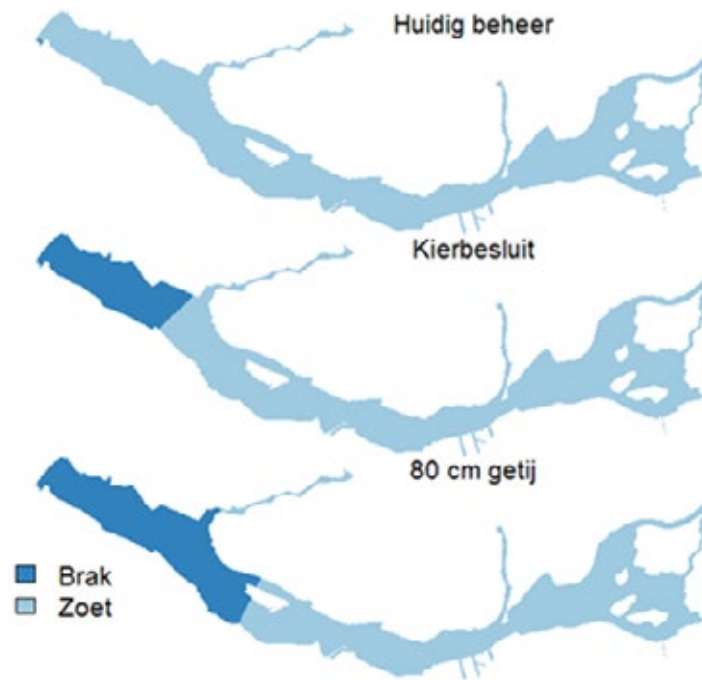
Noordhuis, R., de Rijk, S., van Geest, G., Maarse, M., Vergouwen, S., Boon, A., & van den Hurk, B. (2019). KlimaatScan: Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering voor het ecologisch functioneren van de Nederlandse Grote Wateren? Deltares, Kenmerk 11203733-000ZWS-0006.

Reeze, B., Kroes, M., & van Emmerik, W. (n.d.). Strooming vis: Trekvisserij en migratiekalender van Haringvliet en Voordelta. Publicatie Droomfondsproject Haringvliet.

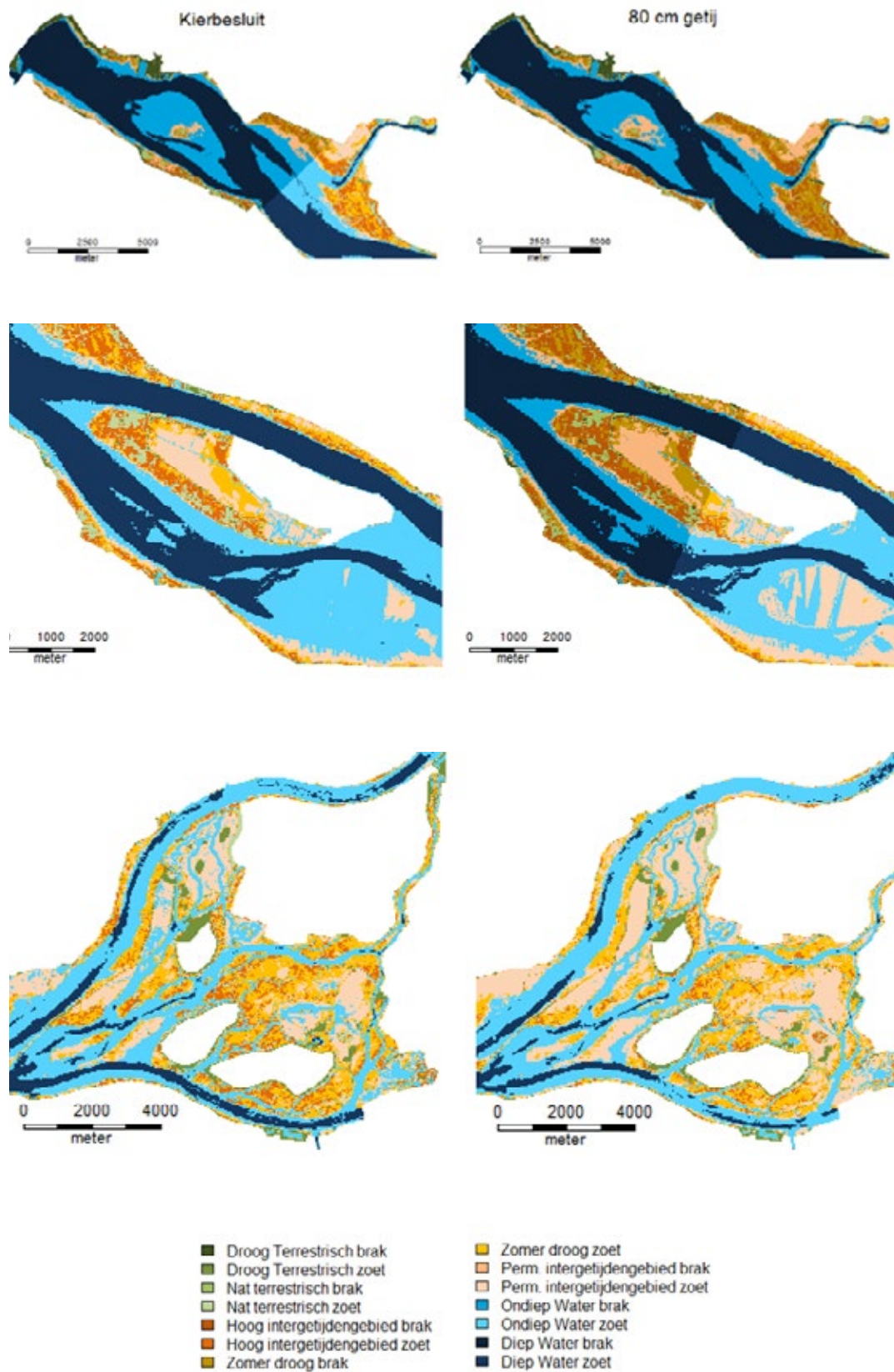
- Reeze, B., van Winden, A., & Kroes, M. (2017). Effecten van POA (Permanent Oostelijke Aanvoer) op Kierregime en ecologie in Haringvliet en Voordelta. Bureau Stroming, 55.
- Schaminée, J. H. J., Janssen, J. A. M., Kwak, R., Litjens, G. J. J. M., Mulder, J. P. M., Roels, B., Smith, S. R., Walles, B., van Winden, A., Winter, H. V., & Ysebaert, T. (2019). Biodiversiteit in de Zuidwestelijke Delta. Wageningen Environmental Research, Rapport 2942.
- Schop, J., Cremer, J., & Brasseur, S. (2018). Mogelijke effecten van opening van de Haringvlietsluizen op zeehonden. Wageningen Marine Research, Rapport C041/18. <https://doi.org/10.18174/452177>
- van Beukering, P., Rienstra, G., Koetse, M., van Teeffelen, A., de Groot, D., van Wieringen, D., & Schulp, N. (2019). De Dynamische Delta Socio-economische effecten van toekomst alternatieven van een duurzame Haringvliet. IVM, blueconomy, WUR & VU Amsterdam. IVM Instituut Voor Milieuvraagstukken, Rapport R-19/02.
- van der Kaaij, T., & Huismans, Y. (2016). Deltares Onderzoek kierprogramma Haringvliet, verziltingssituatie monding Hollandsche IJssel. Deltares, Kenmerk 1221159-000-ZWS-0016.
- van der Winden, J., de Fouw, J., Dreef, C., van Horssen, P., & Dirksen, S. (2017). Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels. Status, trends, bedreigingen en toekomst voor watervogels in het Deltagebied. Sjoerd Dirksen Ecology, Utrecht & Vogelbescherming Nederland. Rapport SjDE 17-02.
- van Kleunen, A., Noordhuis, R., & Arts, F. (2018a). Prognose gevolgen uitvoering Kierbesluit voor vogels van het Haringvliet. Sovon, Rapport 2018/10.
- van Kleunen, A., Noordhuis, R., & Arts, F. (2018b). Prognose gevolgen van verschillende scenario's van sluisbeheer voor de vogels van het Haringvliet. Sovon, Rapport 2018/36.
- van Sprundel, A., & van Dijke, J. (1998). Mer Beheer Haringvlietsluizen. Deelrapport 8 Gevolgen voor scheepvaart en overig gebruik.
- van Wieringen, D. (2019). The impact of sluice management on biodiversity and ecosystem services in the Haringvliet. WUR MSC Thesis in Environmental Sciences.
- Vergeer, J. W., Arts, F. A., Lilipaly, S., Hoekstein, M., & Strucker, R. (2016). Vogels van het Haringvliet. Impressie van vogelwaarden voor en na de afsluiting in 1970. Sovon, Rapport 2016/09. <https://www.sovon.nl/en/publicaties/vogels-van-het-haringvliet-impressie-van-vogelwaarden-voor-en-na-de-afsluiting-1970>
- Vis, H. (2017). Onderzoek naar de intrekmogelijkheden voor snoekbaars na uitspoeling via de Haringvlietdam. VisAdvies BV, Projectnummer VA2016.
- Wegman, C., Lokin, L., & Huthoff, F. (2018). Onderzoek sluisbeheer Haringvliet: Morfologische veranderingen en implicaties. HKV, Rapport PR3779.10.
- Wijsman, J., Escaravage, V., Huismans, Y., Nolte, A., van der Wijk, R., Wang, Z. B., & Tom Ysebaert, T. (2018). Potenties voor herstel getijdenatuur in het Haringvliet, Hollands Diep en de Biesbosch (WMR & Deltares). Wageningen Marine Research, Rapport C008/18. <https://doi.org/10.18174/440424>
- Zhu, Z., Vuik, V., Visser, P. J., Soens, T., van Wesenbeeck, B., van de Koppel, J., Jonkman, S. N., Temmerman, S., & Bouma, T. J. (2020). Historic storms and the hidden value of coastal wetlands for nature-based flood defence. *Nature Sustainability*, 1–10.
- Rijt, C. van de. (2001). De aanpassing van het model EMOE aan de vegetaties van de Biesbosch. Rapport Hansson Ecodata, iov Rijkswaterstaat Directie Zuid Holland.
- van de Rijt, C.W.C.J. & P. Esselink. (2006). Toepassing van het vegetatiemodel EMOE voor de introductie van een gemdempt getij in de Lauwersmeer, rapport 2006-2, Hansson Ecodata, Freiburg / rapport 2006-102, Bureau Koeman en Bijkerk, Haren.
- Zonneveld, I.S.. (1999). De Biesbosch een halve eeuw gevolgd: van hennip tot netelbos en verder. De vierde dimensie van de vegetatie en de bodem in de Brabantse Biesbosch (1949-1998). Uitgeverij Unipers, Abcoude en Staatsbosbeheer.

6. BIJLAGE

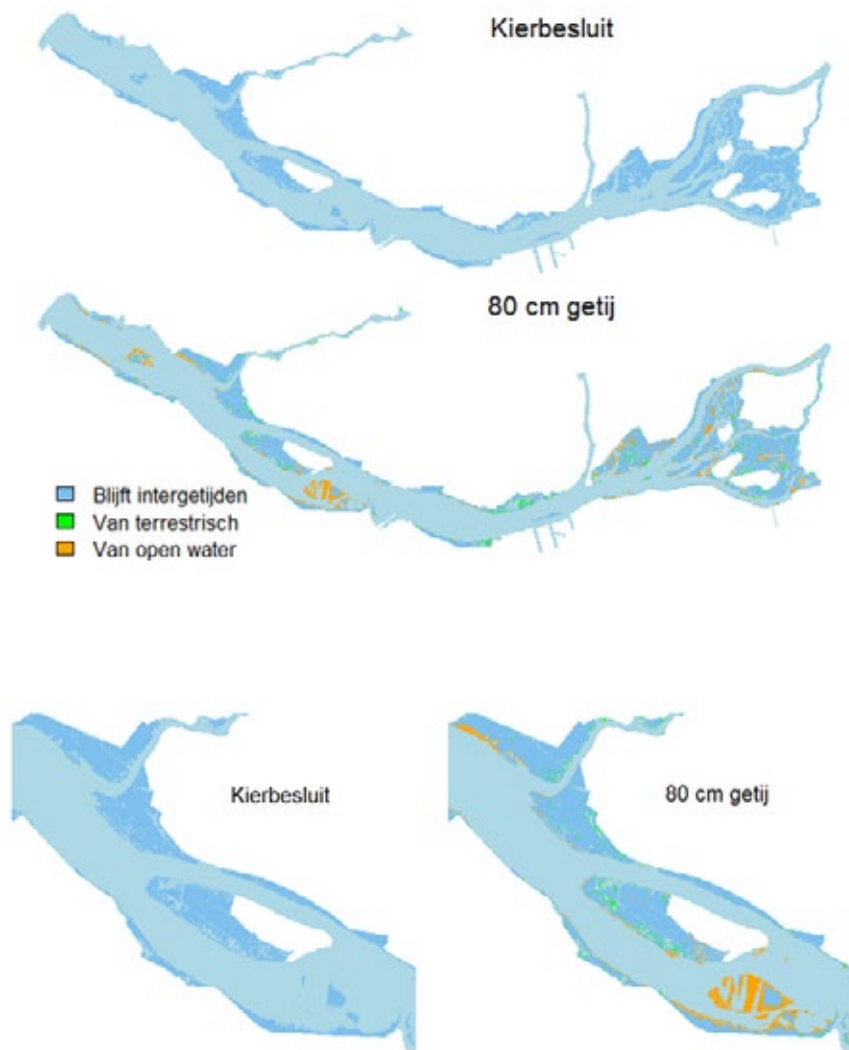
6.1 Kaarten intergetijdengebieden



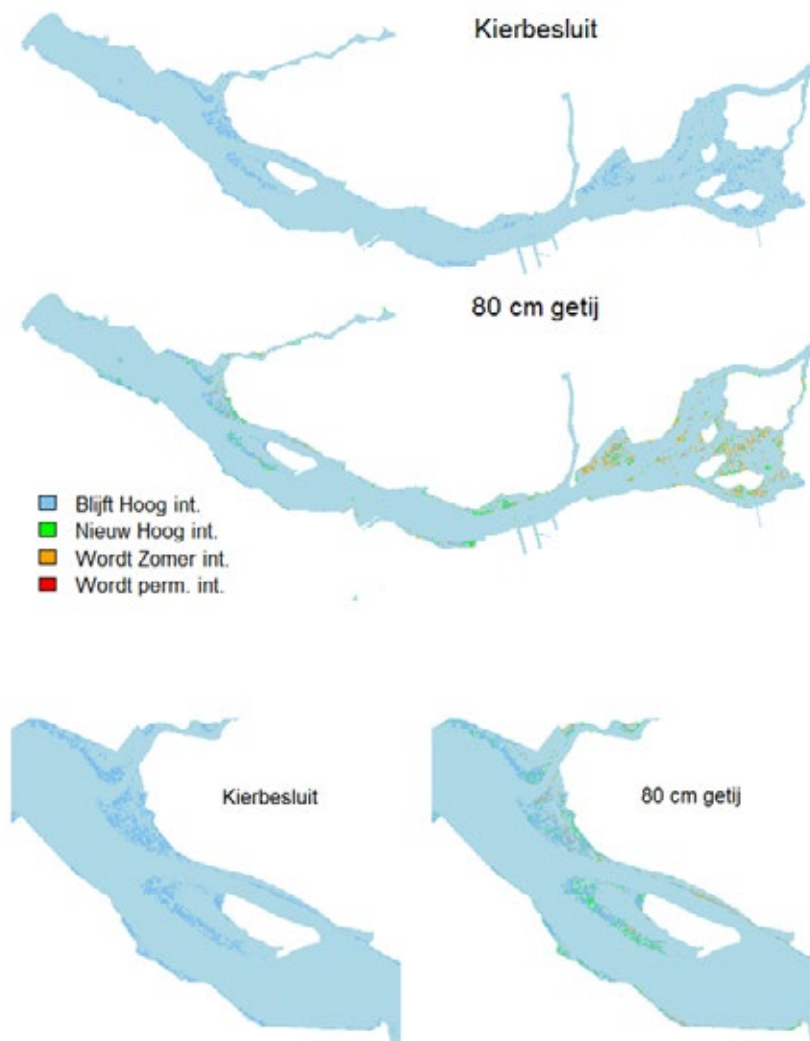
Figuur 5 1: Ligging van de zoutgrenzen bij gemiddelde afvoer zoals ze zijn gebruikt voor de ecotopenmodellering. Huidig beheer is inmiddels oud beheer, vóór het Kierbesluit. Brakwater is hierbij gedefinieerd als $>0,5$ ppt $\sim 0,3$ g Cl/l. De zoutgrenzen voor de verschillende varianten zijn gebaseerd op deskundigen-oordeel met een aanzienlijke geografische bandbreedte. Ten behoeve van de ecotopenmodellering is het midden van de bandbreedte als uitgangspunt genomen (Wijsman et al., 2018).



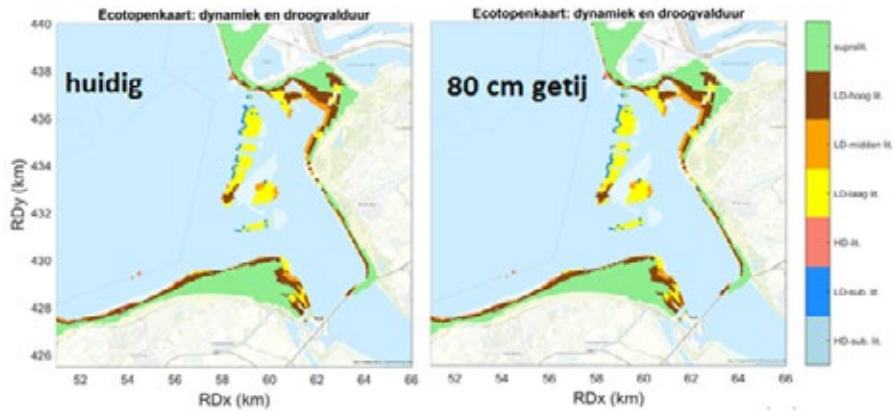
Figuur 5 2: Ligging van de ecotopen in het Haringvliet en Biesbosch voor huidig beheer (incl kierbesluit) en 80 cm getij (Wijsman et al., 2018)



Figuur 5 3: Verschilkaarten van intergetijdengebieden t.o.v. beheer voor Kierbesluit. In donkerder blauw is het gebied aangegeven wat intergetijdengebied blijft. De groene gebieden zijn terrestrische ecotopen in de variant Huidig beheer en worden intergetijdengebied in de betreffende variant. De oranje gebieden waren open water ecotopen tijdens beheer voor de kier en worden intergetijdengebied (Permanent intergetijdengebied, Zomer droog en Hoog intergetijdengebied) in de betreffende variant (Wijsman et al., 2018).



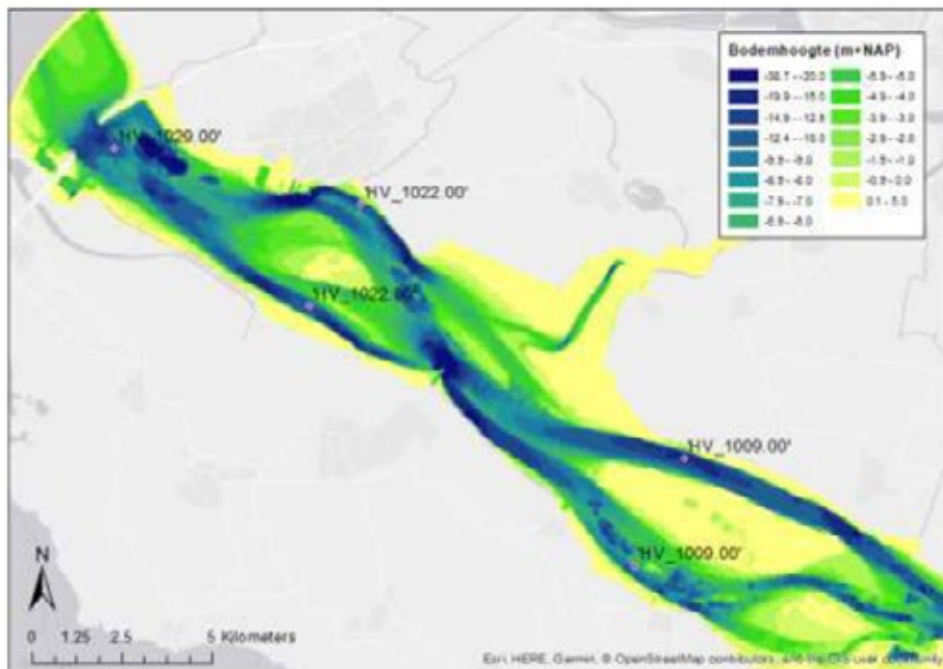
Figuur 5 4: Verschilkaarten van het ecotoop Hoog intergetijdengebied t.o.v. beheer voor Kierbesluit. In donkerder blauw is het gebied aangegeven wat Hoog intergetijdengebied blijft. De groene gebieden zijn de nieuwe gebieden waar Hoog intergetijdengebied ontstaat (was terrestrisch in de variant Huidig beheer). De oranje gebieden zijn de gebieden waar het ecotoop Hoog intergetijdengebied plaatsmaakt voor Zomer intergetijdengebied. De rode gebieden zijn de gebieden waar het ecotoop Hoog intergetijdengebied plaatsmaakt voor permanent intergetijdengebied (Wijsman et al., 2018).



Figuur 5 5: Ecotopenkaart van de haringvlietmonding voor huidige situatie en 80cm beperkt getij op het Haringvliet (Hansen et al., 2018).

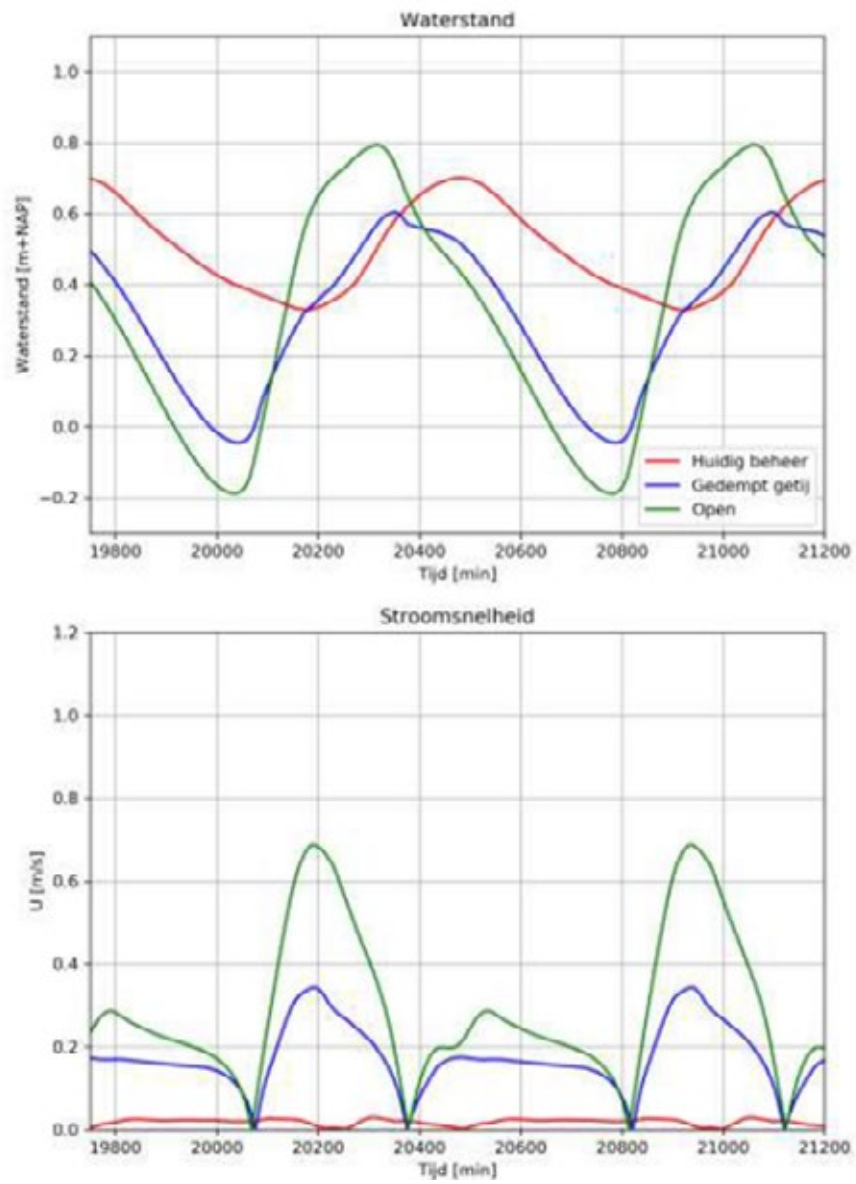
6.2 Gemodelleerde waterstanden en stroomsnelheden

Onderstaande figuren zijn afkomstig uit de hydrodynamische modelstudie van Wegman et al. (2018).



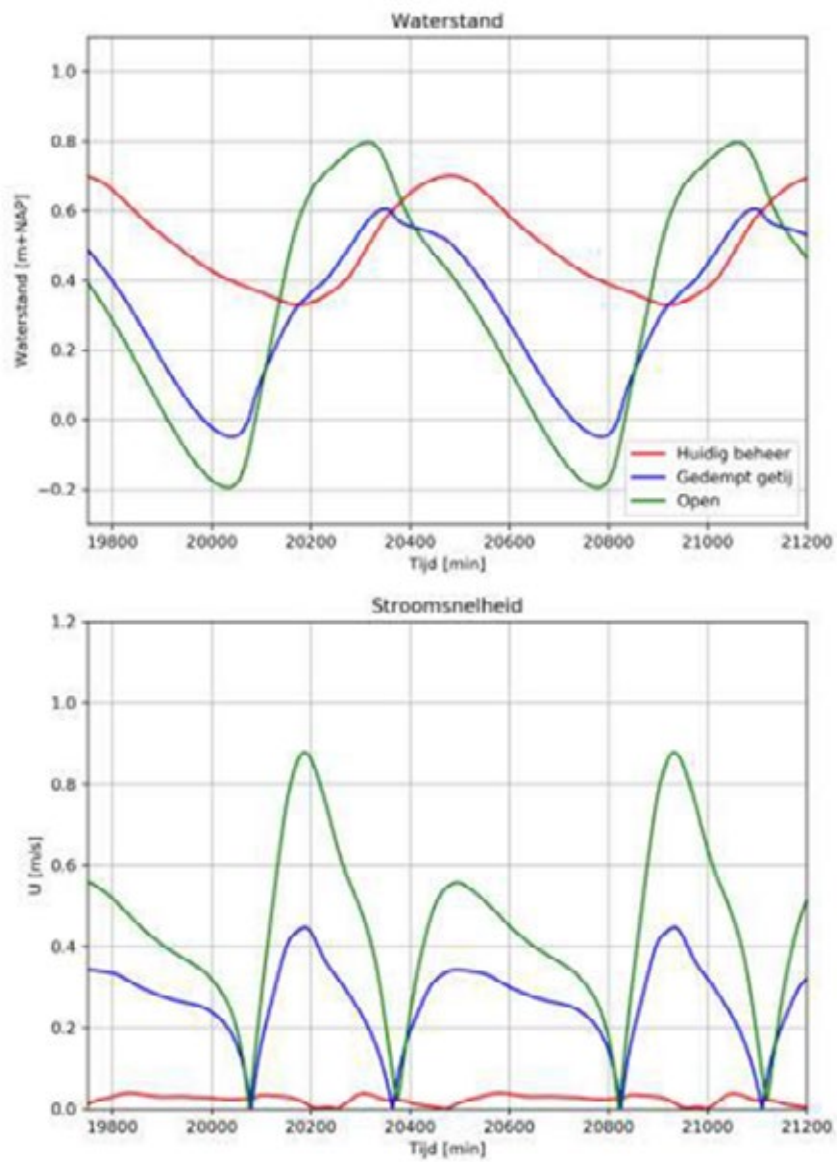
Figuur 5 6: Meetpunten gemodelleerde waterstanden en stroomsnelheden in het Haringvliet (Wegman et al., 2018)

Meetpunt 1022 Noord: Gemiddeld getij



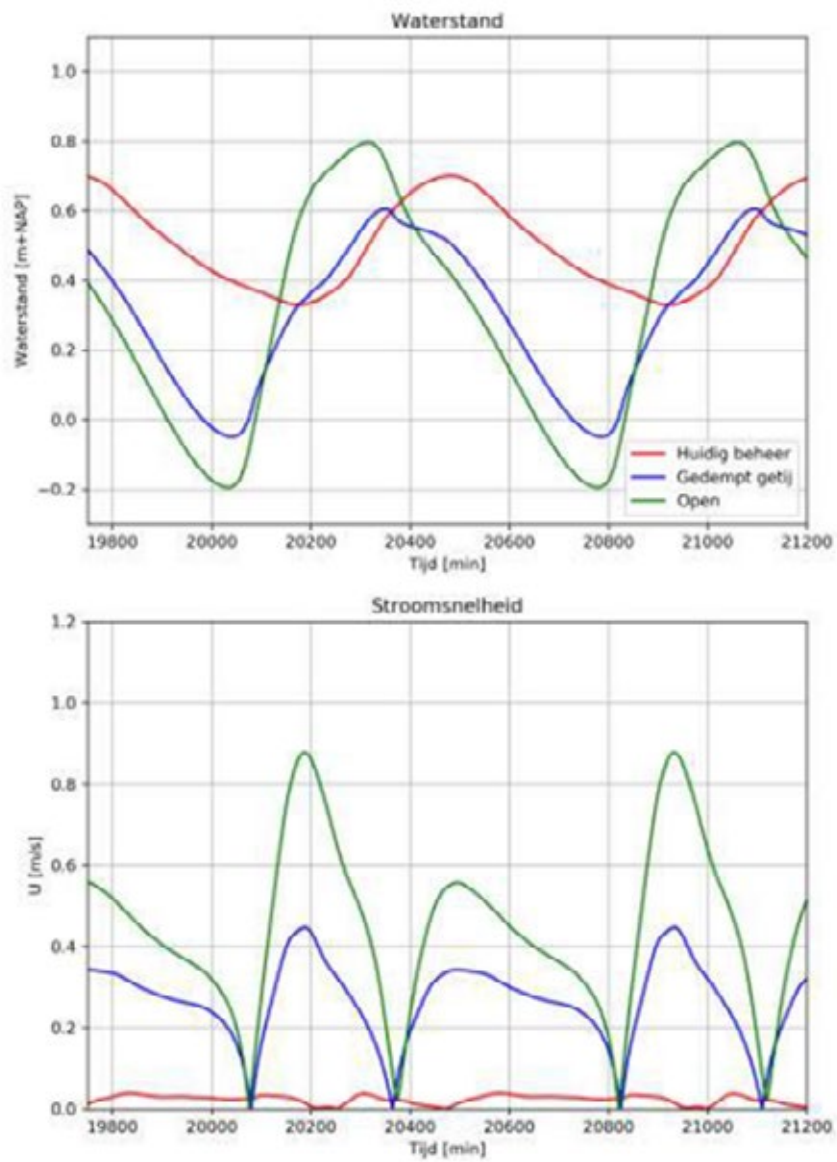
Figuur 5 7: Gemodelleerde waterstanden en stroomsnelheden bij gemiddeld getij onder drie scenario's bij meetpunt 1022 Noord, waarbij gedempt getij gelijk is aan beperkt getij (Wegman et al., 2018)

Meetpunt 1022 Zuid: Gemiddeld getij



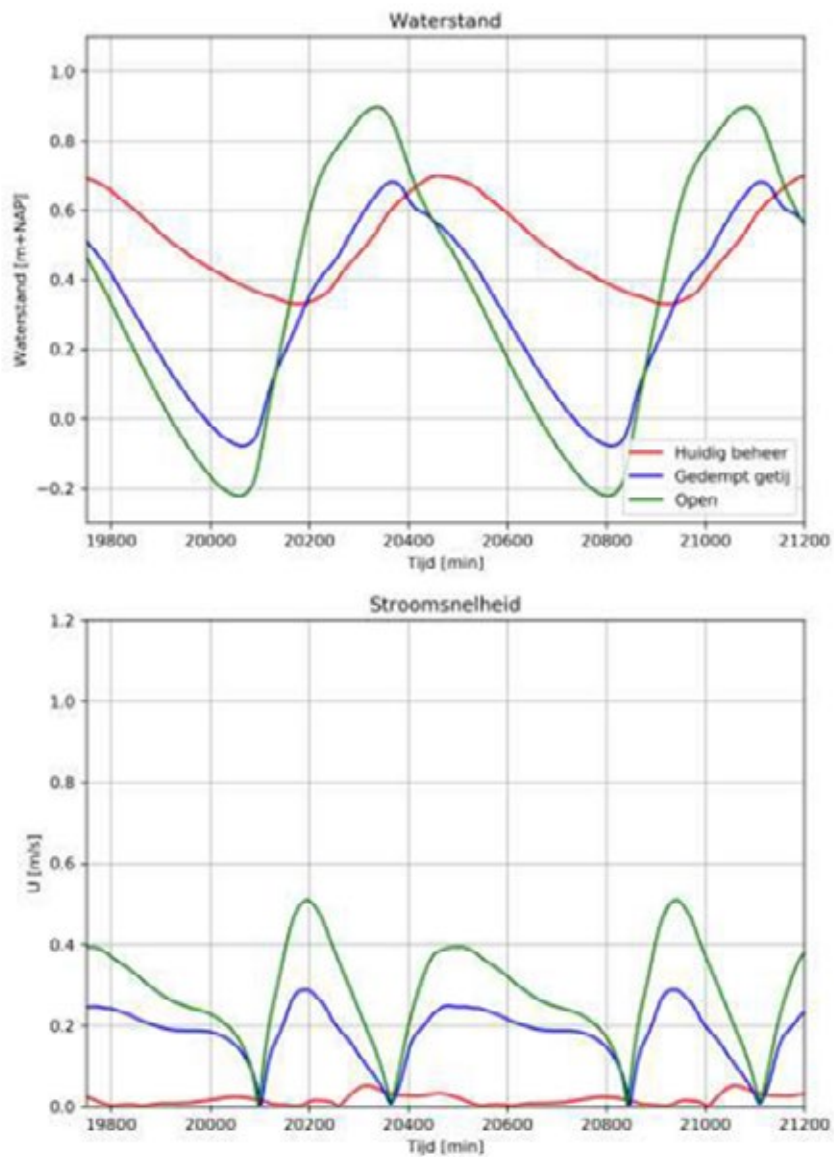
Figuur 5 9: Gemodelleerde waterstanden en stroomsnelheden bij gemiddeld getij onder drie scenario's bij meetpunt 1022 Zuid, waarbij gedempt getij gelijk is aan beperkt getij (Wegman et al., 2018)

Meetpunt 1022 Zuid: Gemiddeld getij



Figuur 5 10: Gemodelleerde waterstanden en stroomsnelheden bij gemiddeld getij onder drie scenario's bij meetpunt 1009 Noord, waarbij gedempt getij gelijk is aan beperkt getij (Wegman et al., 2018)

Meetpunt 1009 Zuid: Gemiddeld getij



Figuur 5 11: Gemodelleerde waterstanden en stroomsnelheden bij gemiddeld getij onder drie scenario's bij meetpunt 1009 Zuid, waarbij gedempt getij gelijk is aan beperkt getij (Wegman et al., 2018)

6.3 Vegetatieontwikkeling met getij

Tabel 6: Ecotopen van verschillende hoogtezone in twee varianten (brak, zoet) uitgezet tegen de belangrijkste te verwachten vegetatie, nogmaals in twee varianten: bij niets doen en bij beheer. Bij het ecotoop “permanente intergetijdengebieden” en de beide water-ecotopen is geen beheervariant beschreven, aangezien beheer hier relatief weinig invloed heeft. Bij de hoogste zones is geen brakke variant beschreven, aangezien deze zones niet direct door brak water zullen worden beïnvloed (Janssen, 2018).

	Vegetatie		Natura 2000 habitattypen	
	Bij niets doen	Bij beheer	Bij niets doen	Bij beheer
Terrestrisch droog (> 1.75)	zoet	Wilgenbos- en struweel (Salicion albae) en droog struweel (Vlier), met overgangen naar Vogelkers-Essenbos (Alno-Padion). Betreft aan westzijde Haringvliet (Quackgors, Scheelhoek) duingebieden met duingrasland en duindoorn-struweel.	Extensieve begrazing: mozaïek struweel (Salicion albae, Carpino-Prunion), droge ruigte (Galio-Alliarion) en voedselrijk grasland (Cynosurion cristati, rompgemeenschappen Molinio-Arrhenatheretea). Intensieve begrazing: voedselrijk grasland. Maaien: Glanshaverhoiland (Arrhenatherion elatoris)	Salicion albae = 91E0 (Vochtige alluviale bossen, subtype A Zachthoutoibos; Alno-Padion = subtype B Essen-lepenbossen), Arrhenatherion elatoris = 6510A (Glanshaver- en vossenstaarthoïlanden, subtype A Glanshaverhoïlanden)
	brak	n.v.t. (niet onder zoutinvloed)	n.v.t. (niet onder zoutinvloed)	--
Terrestrisch nat (NAP 1.25 tot 1.75)	zoet	Wilgenbos (Salicion albae) en op open vallende of zeer natte plekken ruigte (Epilobion hirsuti)	Extensieve begrazing: mozaïek ruigtebegroeiing (Epilobion hirsuti), graslanden (Lolio-Potentillion op lage delen, Cynosurion cristati op hogere delen). Intensieve begrazing: vochtige graslanden (Lolio-Potentillion). Maaien: mogelijk Vossenstaarthoïlanden (Alopecurion pratensis).	Salicion albae = 91E0 (Vochtige alluviale bossen, subtype A Zachthoutoibos), Alopecurion pratensis = 6510 (Glanshaver- en vossenstaarthoïlanden subtype B Vossenstaarthoïlanden), Epilobion hirsuti = 6430B (Ruigten en zomen, subtype B Harig wilgenroosje)
	brak	n.v.t. (niet onder zoutinvloed)	n.v.t. (niet onder zoutinvloed)	--
Hoog intergetijde (NAP+1.00 tot 1.25)	zoet	Wilgenstruweel- en bos (Salicion albae), zeldzame zoetwatergetijdenvarianten, en op open of zeer natte plekken ruigte (Epilobion hirsuti) of rietland (Phragmition australis)	Extensieve begrazing: mozaïek ruigtebegroeiing (Epilobion hirsuti), graslanden (Lolio-Potentillion op lage delen, Cynosurion cristati op hogere delen). Maaien: Rietvelden (Phragmition australis) en mogelijk Vossenstaarthoïlanden (Alopecurion pratensis). Intensieve begrazing: vochtige graslanden (Lolio-Potentillion)	Epilobion hirsuti = H6430 (Ruigten en zomen, subtype B Harig wilgenroosje, variant met Moerasmelkdistel of Rivierkruid), Alopecurion pratensis = 6510 (Glanshaver- en vossenstaarthoïlanden subtype B Vossenstaarthoïlanden).
	brak	Brakke ruigte (Epilobion hirsuti) en mogelijk op meest zilte delen schor (Puccinellion maritimae, Armerion maritimae, Lolio-Potentillion)	Extensieve begrazing: mozaïek brakke ruigtebegroeiing (Epilobion hirsuti), brakke graslanden (Lolio-Potentillion op lage delen, Cynosurion cristati op hogere delen). Maaien of intensieve begrazing: brakke of zoute graslanden (Lolio-Potentillion, Armerion maritimae)	Epilobion hirsuti = H6430 (Ruigten en zomen, subtype B Harig wilgenroosje, variant met Heemst), Armerion maritimae + Puccinellion maritimae = H1330 (Schorren en zilte graslanden, subtype A Buitendijks)
Zomer droog (NAP+0.75 tot 1.00)	zoet	Wilgenstruweel- en bos (Salicion albae), open plekken met natte ruigte (Epilobion hirsuti), mogelijk op natste delen zoetwatergetijde Rietmoeras (Phragmition australis) met spindotterbloemen; op enkele open plekken pionierbegroeiing	Extensieve begrazing: mozaïek ruigtebegroeiing (Epilobion hirsuti), graslanden (Lolio-Potentillion op lage delen, Cynosurion cristati op hogere delen). Maaien: Rietvelden (Phragmition australis) en mogelijk Vossenstaarthoïlanden (Alopecurion pratensis). Intensieve begrazing: vochtige graslanden (Lolio-Potentillion) en pioniervegetatie (Bidention tripartiae).	Epilobion hirsuti = H6430 (Ruigten en zomen, subtype B Harig wilgenroosje, variant met Moerasmelkdistel of Rivierkruid), Alopecurion pratensis = 6510 (Glanshaver- en vossenstaarthoïlanden subtype B Vossenstaarthoïlanden), Bidention tripartiae = H3270 (Slikkige rivieroever)
	brak	n.v.t. (niet onder zoutinvloed)	n.v.t. (niet onder zoutinvloed)	--

		Vegetatie	Natura 2000 habitattypen	
		Bij niets doen	Bij beheer	
	brak	Brakke ruigte (<i>Epilobion hirsuti</i>) en mogelijk op natste delen brakke rietlanden en biezenvelden (<i>Phragmition australis</i>); op enkele open plekken brakke pionierbegroeiing (brakke vormen <i>Bidention tripartitae</i>)	Extensieve begrazing: mozaïek brakke ruigtebegroeiing (<i>Epilobion hirsuti</i>) en brakke graslanden (<i>Lolio-Potentillion</i> , <i>Armerion maritimae</i>). Intensieve begrazing: brakke of zoute graslanden (<i>Lolio-Potentillion</i> , <i>Armerion maritimae</i>) en pioniervegetatie (<i>Bidention tripartitae</i> ; <i>Puccinellio-Spergularion salinae</i>). Maaien: op natste delen mogelijk rietgors of biezen	<i>Armerion maritimae</i> en <i>Puccinellio-Spergularion salinae</i> = H1330 (Schorren en zilte graslanden, subtype A Buitendijks), <i>Epilobion hirsuti</i> = H6430 (Ruigten en zomen, subtype B Harig wilgenroosje, variant met Heemst); <i>Bidention tripartitae</i> = H3270 (Slikkige rivieroeveren)
Permanent intergetijde (NAP+010 tot +0.70)	zoet	Schorren, slikken en platen met op hoogste delen van geleidelijk oplopende oevers helofytenbegroeiing met Biezen en Riet, mits weinig ganzenvraat (<i>Phragmition australis</i> ; inclusief zoetwatergetijdenvormen met Spindotterbloem en Driekantige bies), afgewisseld met pioniervegetatie (<i>Bidention tripartitae</i>); deze laatste frequenter op begraasde delen (ganzen, vee)	<i>Bidention tripartitae</i> = H3270 (Slikkige rivieroeveren); biezenvegetatie valt niet onder habitattypen maar is in Europees opzicht zeldzaam	
	brak	Schorren, slikken en platen met op hoogste delen van geleidelijk oplopende oevers, bij weinig ganzenvraat biezen (Ruwe bies, Zeebies) en Riet (<i>Phragmition australis</i>), afgewisseld met brakke pioniervegetatie (<i>Bidention tripartitae</i>); op meest zilte delen mogelijk zilte pioniervegetatie met Zeekraal (<i>Thero-Salicornion</i>) en laag schor (<i>Puccinellion maritimae</i>)	<i>Bidention tripartitae</i> = H3270 (Slikkige rivieroeveren), <i>Thero-Salicornion</i> = H1310 (Zilte pionierbegroeiingen, subtype A Zeekraal), <i>Puccinellion maritimae</i> = H1330 (Schorren en zilte graslanden, subtype A Buitendijks)	
Ondiep water (NAP-1.50 tot +0.10)	zoet	Watervegetatie met Doorgroeid fonteinkruid en Rivierfonteinkruid (<i>Nymphaeion</i>); waarschijnlijk niet verder stroomafwaarts dan de Biesbosch	<i>Nymphaeion</i> = H3260 (Beken en rivieren met waterplanten, subtype B Grote fonteinkruiden)	
	brak	Waarschijnlijk geen watervegetatie van hogere planten	brak water = H1130 (Estuaria)	
Diep water (onder NAP-1.50)	zoet	geen vegetatie	--	
	brak	geen vegetatie	brak water = H1130 (Estuaria)	



Be one with nature.

Voor ons staat de natuur niet tegenover de mens, maar zijn we er onlosmakelijk deel van. We houden van die allesomvattende natuur. Van planten, dieren en mensen in hun grootst mogelijke diversiteit. Wij zijn natuur!

wwf.nl