

Meegroeien met zeespiegelstijging

Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Deelrapport Werken met natuurlijke
oplossingen bij zeespiegelstijging

Opstellen van en rekenen met
natuurwaarden



Werken met natuurlijke oplossingen bij zeespiegelstijging

Opstellen van en rekenen met natuurwaarden

Deelrapport

Auteurs:	Alphons van Winden (Bureau Strooming), Jim van Belzen (WMR), Bregje van Wesenbeeck (Deltares)
Controle:	Alex Hekman (Sweco, NL2120)
Datum:	17-07-2025
Versie:	Definitief
In opdracht van	Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat en Staf Deltacommissaris, TKI Deltatechnologie en WNF
Financiering	Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat en Staf Deltacommissaris, TKI Deltatechnologie, WWF-NL, NL2120, Stichting EcoShape, Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur en in kind bijdragen van de partijen in het kernteam.
Kernteam	Sweco, Deltares, HKV, H+N+S, WWF-NL, EcoShape en Jong EcoShape, Wageningen Marine Research/NIOZ, Wageningen University, Bureau Strooming, Witteveen + Bos, Royal HaskoningDHV, Boskalis, Van Oord, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Staf Deltacommissaris en Rijkswaterstaat.

Colofon:

Dit rapport is gebaseerd op onderliggende rapportages. We verwijzen hier naar deze onderliggende rapportages voor nadere onderbouwing van getallen en referenties.



Verantwoording

Dit deelrapport beschrijft het resultaat van een onderdeel van de uitwerking van de denkrichting Meegroeien van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. De verkenning is een gezamenlijk initiatief van de Staf Deltacommissaris, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, de Topsector Water & Maritiem en NL2120. De denkrichting is een aanvulling op de denkrichtingen Beschermen (open/gesloten), Meebewegen en Zeewaarts die staan beschreven in het rapport 'Ruimte voor zeespiegelstijging, Een verkenning van denkrichtingen om Nederland ook op lange termijn veilig en leefbaar te houden bij zeespiegelstijging'.

De resultaten van deze verkenning zijn tot stand gekomen in vijf georganiseerde hackathons en door studies, berekeningen en uitwerkingen op basis van bestaande kennis en expert judgement door het kernteam. In totaal is een (ontwerp)proces van ca. negen maanden doorlopen. Er is in dit proces dankbaar gebruik gemaakt van bestaande uitwerkingen en plannen die de afgelopen jaren zijn ontwikkeld. Gedurende de hackathons hebben experts met verschillende thematische achtergronden meegedacht over oplossingsrichtingen. De resultaten van de hackathons zijn door het kernteam verder uitgewerkt en op verschillende aspecten gebundeld in deelrapporten.

Het hoofdrapport is vervolgens op basis van de deelrapporten geschreven. Resultaten in dit deelrapport kunnen afwijken van conclusies in het hoofdrapport als gevolg van gemaakte keuzes en relaties met andere onderwerpen. Het resultaat van het project kan als startpunt dienen voor vervolgonderzoek binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging.

Inhoudsopgave

1	Introductie	4
1.1	Ontwerpen met natuur	4
1.2	Natuurreferentiewaarden	4
1.3	Fysiotopen	5
1.4	Systeemmaatregelen	6
2	Status van ecosystemen	8
2.1	Historische referentie kustsystemen	8
2.2	Heden	9
2.3	Opgave	12
3	Onderzoeksalternatieven	14
3.1	Voorkeursstrategie/autonome ontwikkeling (“de ramp in beeld”)	14
3.2	Onderzoeksalternatief 0 / Meegroeiende delta	17
3.2.1	Beschrijving maatregelen	18
3.2.2	Effecten op de natuur - arealen per deelgebied	18
3.2.3	Overwegingen en aanbevelingen	19
3.3	Onderzoeksalternatief 1	20
3.3.1	Beschrijving maatregelen	20
3.3.2	Effecten op de natuur - arealen per deelgebied	20
3.3.3	Effecten op natuur – kwaliteit	22
3.3.4	Overwegingen en aanbevelingen	23
3.4	Onderzoeksalternatief 2	24
3.4.1	Beschrijving maatregelen	24
3.4.2	Effecten op de natuur - arealen per deelgebied	24
3.4.3	Effecten op natuur – kwaliteit	26
3.4.4	Overwegingen en aanbevelingen	27
3.5	Effecten op de natuur – verwachte ontwikkelingen tot 2200	28
4	Conclusies en experimenteeragenda	29
4.1	Conclusies	29
4.2	Kennisvragen, onderzoeksthema’s en experimenteeragenda	31
4.2.1	Systeemkennis: minimale arealen en systeemdynamiek	31
4.2.2	Ecologisch sedimentbeheer: samenstelling en dynamiek	31
4.2.3	Morfodynamiek en bio-geomorfologische stabiliteit	32
5	Referenties	33
	Bijlage A	35

1 Introductie

1.1 Ontwerpen met natuur

Natuur is niet alleen cruciaal voor het behoud van biodiversiteit en bedreigde soorten, maar vormt ook de basis van onze samenleving. Daarnaast speelt natuur een sleutelrol als natuurlijke oplossing (Nature-based Solution, NbS), met name voor hoogwaterbescherming en zoetwaterbeschikbaarheid. De Nederlandse kust- en getijdengebieden hebben echter ingrijpende veranderingen ondergaan door menselijke ingrepen, zoals inpoldering, bedijking, bebouwing en afdamming. Als gevolg hiervan zijn grote arealen intergetijden natuur verloren gegaan, is de kwaliteit van water in de afgesloten bekken problematisch en is de visstand drastisch afgenomen. Daarnaast zorgen menselijke activiteiten, zoals baggerwerkzaamheden voor scheepvaart, wateronttrekking en lozingen van nutriënten en chemische stoffen (bijv. PFAS), voor verdere aantasting van deze gebieden. Echter, we hebben in Nederland ook prachtige voorbeelden waarbij we de natuur vanaf het begin gelijkwaardig hebben meegenomen en hebben geïntegreerd in ons waterveiligheidssysteem. Denk aan onze zandige kust met strand en duinen en onze methoden om dit systeem in te zetten als essentieel element van onze kustverdediging. Hier verkennen we mogelijkheden om ook langs andere delen van de kustlijn een benadering in te zetten die waterveiligheid en natuur integreert. We doen dit door natuur mee te nemen als een integraal onderdeel van de hoogwaterbescherming en als basis voor een veerkrachtig en toekomstbestendig waterbeheer.

In dit rapport hanteren we een ontwerpfilosofie waarin natuur niet wordt beschouwd als een secundaire toevoeging of esthetische aanvulling, maar als een fundamentele pijler voor duurzaam water- en kustbeheer, essentieel voor een robuuste NbS-strategie. Dit vereist herstel en behoud van veerkrachtige ecosystemen in onze kustzone. Om dit te realiseren focussen we op herstel van het hele systeem middels het beïnvloeden van de stuurknoppen ruimte, dynamiek en connectiviteit. We doen een analyse van het huidige systeem en van de status van deze stuurknoppen. We bouwen voort op inzichten uit de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) en aankomende natuurherstelopgaven in het kader van EU-richtlijnen, maar gaan verder dan de huidige wettelijke kaders door te onderzoeken wat minimaal nodig is om voor de lange termijn een klimaatbestendig kustecosysteem te behouden met voldoende draagkracht en veerkracht van het systeem op het gebied van ruimte, dynamiek en connectiviteit. Wij analyseren wat er nodig is om een duurzaam en toekomstbestendig ecologisch systeem te waarborgen en verkennen daarbij mogelijke herinrichtingsmaatregelen. Dit doen we vanuit een systeem perspectief, waarbij niet alleen ecologische functies centraal staan, maar ook de onderliggende fysische en biogeochemische processen.

De stuurknop ruimte integreren we in het doelbereik door het opstellen van natuurreferentiewaarden die nodig zijn voor veerkrachtige ecosystemen. In dit document wordt de methodiek voor het opstellen van natuurreferentiewaarden beschreven en worden de uitkomsten van de verschillende alternatieven en de daarin meegenomen systeemmaatregelen op het gebied van ruimte, dynamiek en connectiviteit beschreven.

1.2 Natuurreferentiewaarden

We hanteren een benadering op basis van natuurreferentiewaarden als uitgangspunt voor NbS. Dit betekent dat we uitgaan van de hypothese dat het herstellen van de natuur tot een gunstige staat van instandhouding op de lange termijn (2100–2200). NbS richten zich op een zoveel mogelijk open delta. Wat grote gevolgen heeft voor de zoetwaterbeschikbaarheid. Tegelijk zijn er ook voordelen aan de NbS-strategie, omdat het bijdraagt aan duurzame hoogwaterveiligheid en leefbaarheid van de kust en delta. Zo zorgen natuurlijke processen, zoals sedimentaanvoer en bodemopbouw, niet alleen voor kustbescherming maar dragen ze ook bij aan het tegengaan van erosie en het behouden van hydrologische gradiënten die essentieel zijn voor zoetwaterbeheer.

Een kwantitatieve benadering van natuurherstel vereist expliciete ruimtelijke doelen. We beschouwen hiervoor drie fundamentele stuurknoppen voor een veerkrachtig ecosysteem:

- **Ruimte:** Deze stuurknop is gekwantificeerd in arealen per fysootoop per deelgebied. De natuurreferentiewaarden geven een indicatie hoeveel ruimte minimaal nodig is voor een veerkrachtig ecosysteem? We sluiten aan bij systematiek van de PAGW-streefbeeld, maar betrekken hierbij ook Europese afspraken die grootschalig natuurherstel vereisen.

- **Dynamiek:** Welke abiotische en fysische condities zijn noodzakelijk voor het functioneren van kust- en estuariene processen? Dit omvat onder andere getijwerking (essentieel voor sedimenttransport en nutriëntenhuishouding), rivierafvoer en natuurlijke verstoringen die bijdragen aan ecosysteemherstel en biodiversiteit.
- **Connectiviteit:** Hoe zijn verschillende habitats en ecologische functies met elkaar verbonden? Denk aan het herstel van natuurlijke estuariene zoet-zoutgradiënten en migratieroutes voor biota, die essentieel zijn voor de natuurlijke processen maar ook om klimaatverandering en de verschuiving van klimaatzones op te vangen.

Door deze factoren in kaart te brengen, bepalen we de noodzakelijke ruimtelijke condities die essentieel zijn voor het herstel van een robuust en veerkrachtig kust- en estuariene systeem.

1.3 Fysiotopen

Voor het ontwerpproces brengen we de essentiële ecosystemen van de kustzone in kaart met een basislaag van natuurreferentiewaarden waarin fysiotopen per deelgebied worden weergegeven. Grote delen van de Nederlandse kustzone zijn aangewezen als Natura2000 gebied, omdat ze grote ecologische waarde hebben. De Natura2000 gebieden zijn onderverdeeld in specifieke habitats die onder de Habitatrichtlijn of Vogelrichtlijn vallen. Nederland heeft de verplichting deze gebieden duurzaam in stand te houden. Om de natuurlijke variatie binnen het systeem goed vast te leggen, hanteren we hier fysiotopen als ruimtelijke eenheden in plaats van ecotopen. We kiezen fysiotopen die kenmerkend zijn voor de Nederlandse kust en van belang voor instandhouding van de karakteristieke soorten. Een kleiner detailniveau wordt gezien de onzekerheden die gepaard gaan met voorspellingen op de lange termijn, niet realistisch bevonden.

Fysiotopen zijn abiotische eenheden die worden gekenmerkt door vergelijkbare fysische omstandigheden, zoals bodemtype, waterdiepte en dynamiek. Binnen een fysiotop kunnen meerdere ecotopen voorkomen, die op hun beurt gekenmerkt worden door een vergelijkbare ecologische toestand en soortensamenstelling. De combinatie van een fysiotop en ecotoop vormt een ecosysteem of habitat. Meestal omvat één fysiotop meerdere habitattypen. Deze fysiotopenbenadering biedt een robuuste basis voor natuurherstelstrategieën en maakt het mogelijk om de huidige toestand en gewenste ontwikkeling van een gebied in brede lijnen te beschrijven. Indien nodig kunnen fysiotopen nader worden uitgewerkt in specifieke habitattypen, maar dit valt buiten de scope van dit werk.

De ruimtelijke verdeling en indeling van fysiotopen is cruciaal om natuurlijke processen en de daaraan gekoppelde ecologie goed te begrijpen en te benutten. In dit rapport onderscheiden we de volgende fysiotopen:

- **Komgebieden (getijdenwateren)**
 - Diep water: dieper dan -5 m NAP
 - Ondiep water: tussen -5 m en gemiddeld laagwater (GLW)
 - Onbegroeide slikken en platen
 - Begroeide kwelders
- **Kustgebieden**
 - Duinen
 - Strandwallen en strandvlakten (-1 tot +2,5 m NAP)
 - Ondiepe vooroever (-5 m tot GLW)
 - Diepe vooroever (-17 m tot -5 m NAP)
 - Diepe zee
- **Voormalige getijdenwateren**
 - Begroeide oeverzones (boven -0,3 m NAP)
 - Ondiep water (-3 m tot -0,3 m NAP)
 - Matig diep water (-3 m tot -5 m NAP)
 - Diep water (dieper dan -5 m NAP)

Deze indeling helpt bij het bepalen van de benodigde ruimtelijke condities voor een robuust en veerkrachtig kust- en estuarien ecosysteem. Door naast arealen ook dynamiek en connectiviteit te analyseren, kunnen we beter inschatten welke gebieden op lange termijn essentieel zijn voor ecosysteemfuncties en klimaatadaptatie.

1.4 Systememaatregelen

Door het herstel van fysiotopen te koppelen aan natuurlijke processen en klimaat robuuste inrichting, kunnen we de lange termijn draagkracht en veerkracht van het kuststelsysteem vergroten. De kern van onze aanpak bestaat uit systememaatregelen die natuurherstel ondersteunen en natuur als NbS robuust vormgeven. Deze maatregelen dragen bij aan:

- **Vergroting van natuurarealen (ruimte):** herstel van intergetijdengebieden, schorren, platen en onderwaterlandschappen.
- **Versterking van dynamiek:** maatregelen die natuurlijke stromingspatronen, sedimenttransport en getijdenwerking herstellen.
- **Bevordering van connectiviteit:** verbetering van de uitwisseling tussen verschillende habitats, wat niet alleen ecologisch van belang is, maar ook positieve effecten heeft op waterkwaliteit en biogeomorfologische processen.

De systememaatregelen zijn gebaseerd op het herstel en de benutting van natuurlijke processen. Dit heeft niet alleen ecologische waarde, maar draagt ook bij aan klimaatadaptatie en waterveiligheid. De belangrijkste processen die bijdragen aan de werking van systememaatregelen zijn:

- **Golfdemping:** herstel van kwelders(/schorren), wadden(/slikken) en platen vermindert de golfaanval op waterkeringen, waardoor de belasting op dijken afneemt.
- **Erosiereductie en kustbescherming:** vegetatie en biogene structuren, zoals oesterriffen, stabiliseren de kust en beperken erosie en bresgroei.
- **Afremmen van stormvloed:** een groter areaal aan intergetijdengebieden helpt bij de dissipatie van stormenergie op estuariene schaal, waardoor de impact van stormvloed afneemt.

Naast deze grootschalige processen voor waterveiligheid spelen kleinere NbS-bouwstenen, zoals schelpdierriffen, een aanvullende rol. Ze dragen lokaal bij aan biodiversiteit, golfdemping, erosiereductie en waterkwaliteit. Bovendien faciliteren deze processen cross-habitat interacties. Zo dragen oesterriffen bij aan de hydrodynamische stabiliteit van aangrenzende habitats, en speelt denitrificatie, bijvoorbeeld op droogvallende slikken en platen, een belangrijke rol bij het verminderen van nutriëntenbelasting van het watersysteem. Hoewel bijkomende ecosystemendiensten zoals waterfiltratie, koolstofvastlegging en alkaliniteitsexport belangrijke voordelen zijn, vallen deze buiten de primaire focus van dit rapport. Ze worden echter wel meegenomen in verdere analyses waarin de baten in kaart worden gebracht.

De volgende systememaatregelen spelen een rol in het herstel van ruimte, dynamiek en connectiviteit en daarmee bij de robuuste inrichting van kust- en estuariene systemen:

1. **Verwijderen of aanpassen van dammen.** Door het verwijderen van dammen wordt de natuurlijke dynamiek en connectiviteit hersteld. Denk aan het herstel van getij en morfologische processen in nu afgesloten deltawateren. Hierdoor ontstaat een meer verbonden systeem met natuurlijke overgangen tussen zoet en zout water. Argumenten vanuit zoetwaterbeschikbaarheid en hoogwaterveiligheid kunnen echter leiden tot keuzes voor het behoud van dammen, wat alleen onderzocht wordt voor de Rijn-Maasmonding.
2. **Natuurvriendelijke stormvloedkeringen.** Een stormvloedkering kan de hoogste waterstanden afvlakken, terwijl het estuarium onder normale omstandigheden zo open en dynamisch mogelijk blijft. Voorwaarde is dat nieuwe stormvloedkeringen de sedimentdynamiek en hydrodynamiek niet zodanig verstoren dat ecologisch herstel onmogelijk wordt of dat het estuarium niet kan meegroeien met zeespiegelstijging.

3. **Waterkerende landschappen.** Deze oplossing zoekt naar ruimte voor meer natuurlijke land-waterovergangen, ontwikkeling van schorren en kwelders en mogelijkheden voor invang van slib door bredere waterkerende zones te realiseren. Dijkterugleggingen en wisselpolders kunnen hier een rol in spelen. De oude dijk kan eventueel dienst doen als lage kade om invang van sediment te verbeteren of golfaanval te verminderen. Of dit beter werkt dan een geheel open gebied dient te worden onderzocht. In de alternatieven wordt ruimte voor deze landschappen primair binnendijks gezocht.
4. **Vloedkommen.** Dit zijn laaggelegen binnendijkse gebieden (bijvoorbeeld ingepolderde zee-armen) die een nieuwe primaire waterkering krijgen en aan de zeezijde weer worden geopend. Ze vergroten het ecosysteemareaal, verhogen het sedimentinvangvermogen en verbeteren de connectiviteit, omdat ze estuariene dynamiek verder landinwaarts brengen. Vloedkommen kunnen mogelijk het getijdenprisma beïnvloeden en de sedimentvraag vergroten. Daarom dienen grotere schaafeffecten van deze maatregel eerst grondig te worden onderzocht. Een combinatie met een maatregel die het getijdenprisma weer verkleint, zoals buitendijkse voorlanden, kan mogelijk een oplossing bieden om het systeem niet al te veel uit evenwicht te brengen.
5. **Buitendijkse begroeide voorlanden.** Deze maatregel creert schorren en kwelders buitendijks om sedimentinvangvermogen te verhogen en golfbelasting op de dijk te verlagen. Deze maatregel kan alleen maar onder specifieke condities worden toegepast, waaronder: 1. voldoende ruimte in systeem, 2. voldoende areaal intergetijden gebied in estuarium, 3. voldoende sediment. Omdat er op plekken die hiervoor geschikt zijn geen natuurlijke schorren en kwelders ontstaan is een analyse van de beperkende factoren daarvoor noodzakelijk en zullen ook ingrepen moeten worden gedaan om de condities geschikt te maken voor de aangroei van een schor of kwelder. Het op grote schaal aanleggen van buitendijkse voorlanden veroorzaakt een afname van het fysiotoop 'onbegroeide slikken en platen'. Er moet dus ruim voldoende van dit fysiotoop in het systeem aanwezig zijn. Daarnaast heeft deze maatregel mogelijk gevolgen op het getijdenprisma en daarmee op het sedimentimporterend vermogen van het estuarium.
6. **Afvoerverdeling van rivieren.** Een goed regelbare afvoerverdeling over de riviertakken in het splitsingspuntengebied kan bijdragen aan zowel zoetwatervoorziening (bij lage afvoeren) als aan waterafvoer bij hoge afvoeren om dijkversterkingen elders te beperken.
7. **Waterbufferende landschappen.** Ontwikkeling van zoetwatermoerassen en veengebieden in de laagste delen van binnendijkse gebieden kan bijdragen aan waterberging en organische bodemgroei. Veengebieden hebben een sponswerking en kunnen grote hoeveelheden zoet water opslaan. Veengroei draagt bij aan koolstofinvanging, bodemstijging en het opslaan van zoetwater.
8. **Zandmotoren, duinverbreding en verwijderen van dwarsdammen.** Voor de zandige kust worden verschillende maatregelen overwogen. Naast voortzetting van de huidige suppleties uit het Deltaprogramma kunnen grootschalige zandmotoren, bredere duingebieden en meer dynamiek in duingebieden bijdragen aan een robuuster kustsysteem op de langere termijn. Dit draagt bij aan waterveiligheid maar ook aan het opslaan en zuiveren van regen- en rivierwater.
9. **Zandsuppleties.** Kwelders en platen in de Zuidwestelijke Delta en de Waddenzee groeien deels mee met de zeespiegelstijging. Bij extreme stijging kan dit tempo onvoldoende zijn, waardoor suppleties noodzakelijk worden om verdrinking van platen te voorkomen.
10. **Waterpeilbeheer IJsselmeer.** De ecologische kwaliteit van het IJsselmeer staat zwaar onder druk, onder andere door een tegennatuurlijk peilbeheer. Dit betekent dat het water in de zomer hoog staat, als zoetwaterbuffer, en in de winter laag, vanuit waterveiligheidsoverwegingen. Een natuurlijker peilbeheer en de aanleg van graduele oeverzones kunnen het meer robuuster maken tegen effecten van klimaatverandering, verdamping en ecologische verarming.

Door deze systeemmaatregelen strategisch in te zetten, kunnen we het kust- en estuariene systeem veerkrachtiger maken en tegelijkertijd de biodiversiteit en waterveiligheid versterken.

2 Status van ecosystemen

2.1 Historische referentie kustsystemen

De Nederlandse kustvlakte is gevormd door een samenspel van geologische en hydrologische processen gedurende de afgelopen duizenden jaren. Aan het einde van de laatste ijstijd (circa 10.000 jaar geleden) begon de zeespiegel te stijgen, waardoor een dynamisch kustlandschap ontstond met strandwallen en daarachter uitgestrekte veengebieden. Dit veen breidde zich uit in de beschutte zones achter de strandwallen en duinen, wat resulteerde in een uitgestrekt kustveenlandschap. Vanaf de Romeinse tijd (rond het begin van de jaartelling) vestigden zich steeds meer mensen in deze kustgebieden. Door ontwatering en veenwinning oxideerde het veen en klonk het in, waardoor het maaiveld daalde en de gebieden kwetsbaarder werden voor overstromingen. Dit leidde tot doorbraken en insnijdingen van de zee in land, zoals in de latere Zeeuwse delta en het Waddengebied. Hier ontstonden estuariene getijdensystemen, waarbij landopbouw niet langer primair door veenvorming plaatsvond, maar voornamelijk door opslibbing van sediment.

Om zich te beschermen tegen overstromingen begonnen bewoners vanaf circa 1000 na Christus dijken aan te leggen. De eerste bedijkingen beperkten zich tot ringdijken rondom nederzettingen, maar vanaf de late middeleeuwen (circa 1400) werd het inpolderen van grote gebieden steeds gangbaarder. Dit werd gedreven door de behoefte aan landbouwgrond en een veilige leefomgeving. Vooral in de zuidwestelijke delta verliep de inpoldering snel, mede door het relatief hoge sedimentaanbod in de diepe getijdengeulen. Langs de noordelijke kustlijn, waar minder sediment beschikbaar was, verliep landaanwinning langzamer.

De grootschalige bedijkingen en inpolderingen tussen 1400 en 1600 leidden tot een significante afname van intergetijdengebieden en een verminderde connectiviteit tussen binnen- en buitendijkse gebieden. De estuariene dynamiek bleef in eerste instantie grotendeels intact, maar werd indirect beïnvloed door de afname van de komberging, wat leidde tot verzanding van kreken en het verlies van waterverbindingen voor verschillende steden. Tegelijkertijd nam de amplitude van het getij toe, wat de noodzaak vergrootte om dijken verder te verhogen.

Vanaf de 18e eeuw werd ook het watersysteem zelf steeds meer aangepast aan menselijke behoeften. Rivieren en vaargeulen werden op diepte gehouden door baggerwerken, wat de morfodynamiek van de delta en de Waddenzee begon te veranderen. De industrialisatie en mechanisatie in de 19e en 20e eeuw versnelden deze ontwikkelingen, resulterend in de aanleg van kanalen en het recht trekken van rivieren. Deze ingrepen hadden een grote impact op de waterhuishouding en sedimentdynamiek.

Een cruciale ingreep was de realisatie van de Zuiderzeewerken (1920-1932), waarmee de Zuiderzee werd afgesloten en getransformeerd tot het IJsselmeer. Dit betekende het verlies van een groot en uniek systeem met een natuurlijke overgang van zoet naar zoutwater en met laag dynamische brakke habitats. De afsluiting had bovendien gevolgen voor de sedimenthuishouding langs de Nederlandse kust, omdat de Zuiderzee niet langer fungeerde als sedimentbron en vloedkom voor de Waddenzee. In de Waddenzee zijn de morfologische gevolgen van de afsluiting van de Zuiderzee nog steeds merkbaar aan het verlies aan slikken en kwelders in de Westelijke Waddenzee. Er heeft zich hier een vergelijkbaar proces voorgedaan van zandhonger zoals zich ook in de Oosterschelde voordoet.

Tot circa 1950 was, ondanks eerdere grootschalige landaanwinningen, het estuariene systeem in Nederland nog grotendeels intact wat betreft getijwerking, zoetzout-gradiënten en ecologische connectiviteit, met uitzondering van de Zuiderzeewerken. De Watersnoodramp van 1953 markeerde echter een keerpunt. De daaropvolgende Deltawerken leidden tot de afsluiting van vrijwel alle zeearmen in de Zuidwestelijke delta, waaronder het Haringvliet, de Grevelingen en het Veerse Meer. Daarmee verdween in deze wateren de natuurlijke dynamiek drastisch, door wegvallen van getij en zoutgradiënten.

Deze ingrepen hadden ingrijpende gevolgen voor de biodiversiteit. Van de circa 60.000 hectare getijdennatuur die rond 1950 aanwezig was, resteerde na voltooiing van de Deltawerken in de jaren '90 nog slechts een derde, ongeveer 20.000 hectare. Veel van de verdwenen gebieden waren ondiepe platen en schorren die essentieel waren als kraamkamer voor vissen, als foerageergebied voor trekvogels en als filter voor waterkwaliteit. Door het wegvallen van getijdenstromen nam de zuurstofverdeling in het water af, stagneerde de natuurlijke verversing en ontwikkelden zich zuurstofarme of zelfs zuurstofloze zones. In

afgesloten wateren zoals de Grevelingen en het Veerse Meer verslechterde de waterkwaliteit zichtbaar, met afnemende doorzicht, algenbloei en verlies aan soortenrijkdom tot gevolg. Daarnaast veranderde de fysieke inrichting van de delta drastisch. Grote havencomplexen, diep uitgegraven vaargeulen en kunstmatige infrastructuur verstoorden de hydrodynamiek en sedimentstromen verder. Hoewel er buitendijkse natuurgebieden werden ingericht, functioneerden deze niet langer als volwaardige schakel in het estuariene systeem door veranderingen in getijdendynamiek en connectiviteit. Elk van de nieuw onstane waterlichaam kent inmiddels zijn eigen ecologische problematiek.

- De Grevelingen en het Veerse Meer kampen met zuurstofloosheid in de diepere delen, veroorzaakt door waterlaagstratificatie en een hoge organische stofbelasting.
- Het Haringvliet en het IJsselmeer, nu beide zoetwatersystemen, hebben een sterk verarmde ecologie door ontbreken van getijwerking en het verlies van morfologische variatie.
- Zoetwatermeren zoals het Volkerak-Zoommeer, hebben te maken met ernstige waterkwaliteitsproblemen, waaronder eutrofiëring en toxische algenbloei.

Wat resteerde, was een systeem dat in ecologisch opzicht sterk verarmde, met verstoringen in voedselwebben en verlies van karakteristieke estuariene soorten. De Deltawerken brachten veiligheid, maar gingen gepaard met een ingrijpende ecologische desintegratie waarvan de gevolgen tot op de dag van vandaag zichtbaar zijn.

Als referentieperiode voor een relatief goed functionerend estuarien systeem is de periode rond 1950 het meest geschikt. In deze tijd was de dynamiek in van het buitendijkse gebied nog grotendeels intact, waren de estuariene systemen onderling verbonden, en bestonden er nog natuurlijke overgangen tussen zoet en zout water. Wel was het areaal aan begroeide intergetijdengebieden (zoals kwelders en gorzen) al aanzienlijk kleiner dan in het oorspronkelijke natuurlijke systeem.

2.2 Heden

Het estuariene systeem staat al eeuwenlang onder druk door tal van ingrepen die de 3 systeemfactoren hebben aangetast: zo is de dynamiek aan banden gelegd, de connectiviteit verloren gegaan en het areaal sterk verkleind. De huidige toestand staat daardoor ver af van een natuurlijke situatie, al zijn er wel grote verschillen tussen de deelgebieden (zie tabel 1). Zo is de getijdendynamiek in de Waddenzee en de Westerschelde nog in orde, terwijl die in voormalige estuaria zoals het Haringvliet en de Biesbosch grotendeels is verdwenen. De rivierdynamiek is in relatief veel deelgebieden nog in orde, maar de morfodynamiek is bijna overal sterk veranderd. Bij de connectiviteit is de zoet-zoutverdeling alleen nog intact in de open estuaria. Bij de connectiviteit tussen de gebieden is getoetst in hoeverre deelgebieden in open verbinding staan met elkaar en dit is relatief vaak nog deels of geheel intact. Bij de connectiviteit tussen land en water gaat het om de verbindingen binnen het buitendijkse areaal, dus tussen de eventuele oeverzones en het watersysteem en dit is ook nog vaak in vrij goede staat. De verbinding tussen buiten- en binnendijks staat niet in de tabel, maar dit zou voor alle gebieden alleen maar rode vlakjes opleveren, omdat sinds de bedijking die verbinding is afgesloten of loopt via gemalen. Bij de arealen valt op dat overal het diepe water is oververtegenwoordigd, omdat de menselijke ingrepen daar niet veel aan hebben veranderd, hoogstens is het areaal nog wat vergroot door baggerwerk, het graven van nieuwe watergangen en door erosie van oeverzones en intergetijdengebieden. Aan de andere kant van het spectrum zien we dat de buitendijks gelegen onbegroeide en begroeide intergetijdengebieden wel zwaar onder druk staan en nog maar relatief weinig voorkomen vanwege alle inpolderingen uit het verleden.

Tabel 3. Areaal van de fysiotopen (links) en de procentuele verdeling (rechts) daarvan in de Zuidwestelijke Delta (boven) en de Waddenzee (onder).

Voormalig estuariën											
Huidige situatie	Totaal	diep water	ondiep water	oeverzone kaal	oeverzone begroeid	Verhard	Diep	Ondiep	oever kaal	oever begr.	verh
Veerse Meer	2.800	900	1.200		700		32%	43%	0%	25%	0%
Grevelingen	14.200	3.900	7.100	200	3.000		27%	50%	1%	21%	0%
Volkerak	6.500	2.700	2.000	100	1.700	100	42%	31%	2%	26%	2%
RMM-zuid	30.500	10.700	6.400	500	10.000	3.200	35%	21%	2%	33%	10%
Totaal	54.000	18.200	16.700	800	15.400	3.300	34%	31%	1%	29%	6%

Huidige situatie	Totaal	diep water	ondiep water	oeverzone kaal	oeverzone begroeid	Verhard	Diep	Ondiep	oever kaal	oever begr.	verh
Lauwersmeer	9.700	200	2400	100	6900	100	2%	25%	1%	71%	1%

Huidige situatie	Totaal	zeer diep en diep water	ondiep/matig diep water	oeverzone kaal	oeverzone begroeid	Verhard	zeer diep / diep	ondiep / matig diep	oever kaal	oever begr.	verh
IJsselmeer	202.000	160.500	36.500	-	4.800	200	79%	18%	0%	2%	0%

Tabel 4. Areaal van de fysiotopen (links) en de procentuele verdeling (rechts) daarvan in de kustzone van de Noordzee en de Waddenzee samen.

Kustzone											
Huidige situatie	Totaal	vooroever diep	vooroever ondiep	strandvlakte/strandwallen	duinen	Verhard	Diep	Ondiep	strand	Duin	verh
Noordzee- en Waddenkust	365.000	265.000	45.000	16.000	39.000	1.000	73%	12%	4%	11%	0%

Het totale areaal dat anno 2025 nog onder invloed staat van getij bedraagt ca 385.000 ha, waarvan ca. 75% in de Waddenzee en 25% in de ZWD. Door het afsluiten van de zeearmen is het areaal waar het getij kan doordringen in de ZWD in de loop van de 20e eeuw met ruim 40.000 ha afgenomen (ca 40% van het totaal). Daarnaast is het areaal door de aanleg van havens en industrieterreinen ook nog ca. 12.000 ha (8% van het totaal) kleiner geworden. De grootste afname is er geweest in het areaal kwelders en slikken. In het Waddengebied is door de indijking van de Lauwersmeer ca 10.000 ha estuariën gebied verloren gegaan. In het noordelijk deel van Nederland is daarnaast een groot areaal weggefallen door de aanleg van de Afsluitdijk, waardoor de Zuiderzee als getijdengebied verloren ging. In tegenstelling tot de andere gebieden ging het hier vooral om areaal water van verschillende dieptes en nauwelijks intergetijdengebied.

De kustzone bestaat voor het grootste deel uit de fysiotop diep water, gevolgd door ondiep water; deze arealen zijn in de loop der tijd nauwelijks veranderd, evenals het areaal duinen dat nu ca 11% van de kustzone beslaat. De zone die binnen het bereik van de getijdendynamiek valt (strandvlakten en strandwallen) is met 4% relatief klein.

Als de individuele fysiotopen van de verschillende deelgebieden worden vergeleken, dan valt op dat er grote verschillen zijn tussen de Zuidwestelijke Delta en het Waddengebied. In de Zuidwestelijke Delta overheerst het areaal diep water (ca 40 - 45%) en zijn er weinig slikken (25%), terwijl in de Wadden het areaal slikken juist hoog is (ca 50%) en het areaal diep water klein (ca 15%). Dit is veroorzaakt door de inpolderingsgeschiedenis, die in de Zuidwestelijke Delta evenwijdig verliep aan de zeearmen, waardoor er een diepe geul in het midden overbleef, terwijl in het Waddengebied er vanuit het vaste land, meer loodrecht op de zeearmen werd ingedijkt. Kwelders zijn er in beide gebieden weinig tot zeer weinig (2-13%), wat vooral het gevolg is van de zogenaamde 'landaanwinningen', waarbij de kwelders, zodra ze hoog genoeg waren, steeds weer werden ingedijkt.

Als het Waddengebied wordt opgedeeld in de afzonderlijke komgebieden dan vallen de relatief grote verschillen op tussen deze deelgebieden (zie tabel 5). De westelijke Waddenzee, die via het Marsdiep met de Noordzee in verbinding staat, heeft een relatief klein areaal slikken (20% en juist veel ondiep water (60%) terwijl in alle andere gebieden het areaal slikken juist hoog tot zeer hoog is (50 - 70%). De Eems valt op door het relatief grote areaal diep water (30%), wat waarschijnlijk net als bij de Westerschelde het gevolg is van het onderhoud aan de scheepvaartgeul, waardoor er relatief weinig ondiep water is en veel diep water. Kwelders zijn er in de westelijke gebieden nauwelijks, centraal relatief veel en in de oostelijke Waddenzee

weer vrij weinig. Tabel 5. Areaal van de fysiotopen (links) en de procentuele verdeling (rechts) daarvan in de afzonderlijke komgebieden van de Waddenzee.

Detailering Waddenzee											
Huidige situatie	Totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders	Verhard	diep	ondiep	slikken	kwelders	verhard
Marsdiep (1)	67 200	13 500	40 000	13 500	100	100	20%	60%	20%	0%	0%
Engelschmangat (2)	17 600	1 200	3 600	12 500	200	100	7%	20%	71%	1%	1%
Vliestroom (3)	72 200	8 300	27 000	36 000	700	200	11%	37%	50%	1%	0%
Borndiep (4)	32 800	1 800	7 000	19 500	4 300	200	5%	21%	59%	13%	1%
Pinkegat & Zoutkamperlaag (5)	24 500	1 600	4 700	16 000	1 900	300	7%	19%	65%	8%	1%
Lauwers & Eilanderbalg (6)	19 800	1 000	3 900	13 500	1 300	100	5%	20%	69%	7%	1%
Schild (7)	3 600	100	700	2 700	100	-	3%	19%	74%	3%	0%
Eems (8)	29 000	8 700	4 500	14 900	800	100	30%	16%	51%	3%	0%
Totaal	266 700	36 200	91 400	128 600	9 400	1 100					

2.3 Opgave

De doelstelling van dit project gaat in op behoud, herstel en ontwikkeling van ecosystemen van de kustzone, waarbij de nadruk in de uitwerking ligt op de zoete, zoute en brakke intergetijdengebieden, moerassen, duinen en overgangswateren waar zee en rivier verbonden zijn. De opgave is opgebouwd uit de in 2024 aanwezige arealen per fysiotop per deelgebied, plus de wettelijk vastgestelde herstelopgave. Deze opgave wordt als gevolg van zeespiegelstijging hoger.

De PAGW heeft in 2023 een opgave geformuleerd voor systeemherstel in de zuidwestelijke delta (zie tabel 6). Voor de Waddenzee zijn door de PAGW (nog) geen opgaven geformuleerd, maar uit de huidige fysiotopenverdeling van de Waddenzee blijkt er wel een groot tekort te zijn aan kwelderareaal. Dit areaal is door de eeuwenlange inpolderingen steeds kleiner geworden en momenteel bedraagt het areaal kwelders nog maar 9.500 ha, wat slechts ca 4% is van het totale oppervlak. Uit studies blijkt dat het areaal rond 1800, voor de fase van de grotere inpolderingen, nog ca 22.000 ha bedroeg, wat bijna 10% van het totale areaal was. Herstel van een voldoende groot kwelderareaal, bij voorkeur ca 10% van het totale Waddenareaal, gebruiken we in deze verkenning daarom als opgave; boven op het in standhouden van de nog aanwezige kwelders en slikken.

Tabel 6. Opgaven estuariene milieus volgens PAGW voor de ZWD.

	ZWD-huidig	opgave areaal min	opgave areaal max	nieuw totaal min	nieuw totaal max
permanent overstroomd ondiep water (-5 m tot GLW)	21.345	8.500	11.000	29.845	32.345
slikken en platen onbegroeid (incl krekens)	17.794	7.000	12.500	24.794	30.294
kwelders begroeid	4.976	4.500	6.000	9.476	10.976
Totaal binnengaats	44.115	20.000	29.500	64.115	73.615
Duin	38.767	700	800	39.467	39.567
Strandwal en strandvlakte	16.222	1.500	2.500	17.722	18.722
Totaal kustzone	54.990	2.200	3.300	57.190	58.290

De opgaven voor deze studie hebben als extra randvoorwaarde meegekregen dat er ook voldoende dynamiek (t.b.v. sedimentaanwas) en connectiviteit (open verbindingen met zoet-zout gradiënten en transport van sediment) op de locaties wordt gerealiseerd om goed ecologisch functioneren mogelijk te maken. Dit is vervolgens weer vertaald in extra areaal (zie tabel 7) op basis van de aanwezige arealen voorafgaand aan de grote waterkundige ingrepen uit de 20e eeuw, de streefbeelden in PAGW en de natuurherstelopgave voor de toekomst onder de nieuwe natuurherstelverordening. Daarnaast is rekening gehouden met het herstellen van robuuste en veerkrachtige ecosystemen die natuurlijk kunnen functioneren met minimaal beheer, voor zover mogelijk ook onder zeespiegelstijging. Voor het IJsselmeer, de zandige kust en het rivierengebied benaderen we de opgave voor natuur in deze studie alleen kwalitatief.

Tabel 7. Benodigd extra areaal voor goed ecologisch functioneren waarin er op de locaties ook ruimte is voor voldoende dynamiek (t.b.v. sedimentaanwas) en connectiviteit (open verbindingen met zoet-zout gradiënten en transport van sediment).

Extra areaal		Huidig areaal	PAGW herstel 2030	PAGW herstel 2050	extra areaal alternatief 1	extra areaal alternatief 2
ZWD	Ondiep	21200	11.000	2000	8.900	13.000
	Slikken	18000	12.500	3000	49.700	19.600
	Kwelders	7500	6.000	1500	7.800	8.600
Waddenzee	Ondiep	91500	-	-	500	5.200
	Slikken	128500	-	-	17.000	23.500
	Kwelders	9500	8000	2000	9.200	4.400

3 Onderzoeksalternatieven

Om de volledige potentie van het natuurlijk systeem te verkennen is een aanpak gekozen die een combinatie van forecasten en backcasten gebruikt. Bij forecasten wordt gebruik gemaakt van gegevens uit het verleden om ontwikkelingen in de toekomst te voorspellen. Onder de autonome strategie verstaan we het voorkeursscenario, zoals beschreven onder het kennisprogramma zeespiegelstijging. We gebruiken de natuurreferentiewaarden per deelgebied om de effecten van zeespiegelstijging van 2 en 5,4 meter op het totale areaal aan intergetijdengebied te voorspellen op basis van verwachte meegroeisnelheden van de fysiotopen in elk deelgebied. Dit brengt de opgave voor intergetijdennatuur bij zeespiegelstijging in kaart (Figuur 3.1).

Onder backcasten wordt het opstellen van een toekomst of gewenst referentiebeeld verstaan. Om dit beeld te verkrijgen, maken we gebruik van systeemingenrepen die meer ruimte voor intergetijdengebieden realiseren en die de dynamiek en connectiviteit van de kustecosystemen verbeteren. Daarbij is het uitgangspunt dat voor het land achter de dijken de huidige norm voor waterveiligheid gehandhaafd blijft. De voorkeurstrategie (par.3.1) en het opstelde toekomstbeeld (alternatie 0, par. 3.2) vormen beiden uitersten van het spectrum aan mogelijke alternatieven. De ontwerpogave wordt verder onderzocht door middel van twee onderzoeksalternatieven (paragraaf 3.3 en 3.4) waarin wordt gekeken wat de verschillende systeemmaatregelen onafhankelijk van elkaar opleveren. Het uit de onderzoeksalternatieven 0, 1 en 2 voortvloeiende wensbeeld wordt in dit hoofdstuk getoetst aan de opgestelde natuurreferentiewaarden op het gebied van arealen en voor onderzoeksalternatief 1 en 2 ook op de kwaliteit van de dynamiek en de connectiviteit.

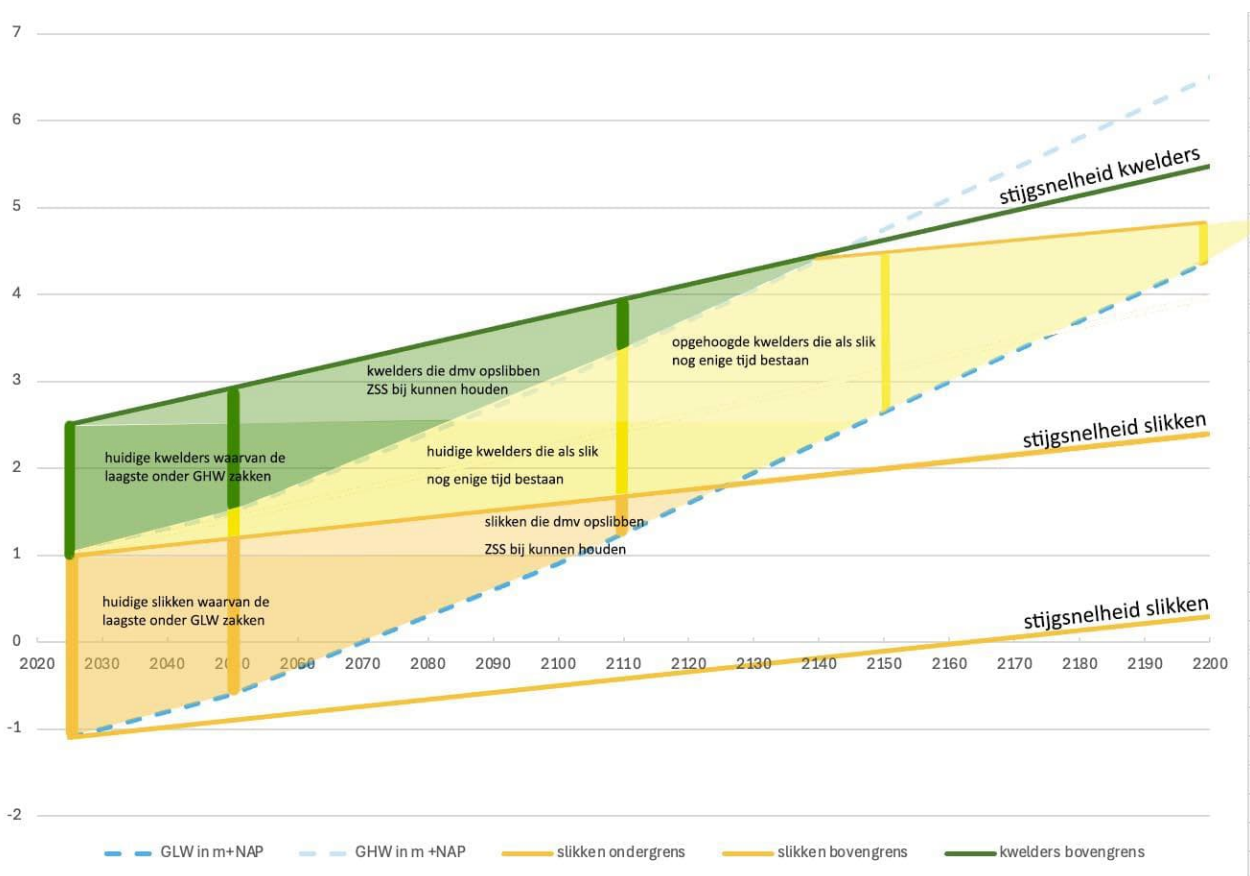
3.1 Voorkeursstrategie/autonome ontwikkeling (“de ramp in beeld”)

Het huidige areaal intergetijdengebied (slikken en kwelders) zal bij een steeds sneller stijgende zeespiegel bovenop de nu al aanwezige problemen steeds meer onder druk komen te staan en uiteindelijk zelfs grotendeels verdwijnen. Gebieden die minder snel opslibben dan de zeespiegel stijgt, zullen verdrinken, waardoor het areaal afneemt en daarmee de foerageermogelijkheden voor tal van wad- en watervogels. In figuur 1 is dit proces in beeld gebracht voor een gebied in de Wadden waar de slikken zich vandaag de dag bevinden tussen -1 m en +1 m NAP en de kwelders tussen +1 en +2,5 m NAP. De figuur laat zien op welke hoogte in de toekomst nog kwelders en slikken te vinden zijn bij opslibsnelheden van 17 mm voor de kwelders (groene lijn) en 8 mm voor de slikken (oranje lijnen). Als de stijgsnelheden van het kennisprogramma worden aangehouden dan stijgt de zeespiegel tot 2050 met 2 cm/jr, van 2050 tot 2100 met 3 cm/jr en daarna tot 2200 met 3,5 cm per jaar (lichtblauwe streepjeslijnen).

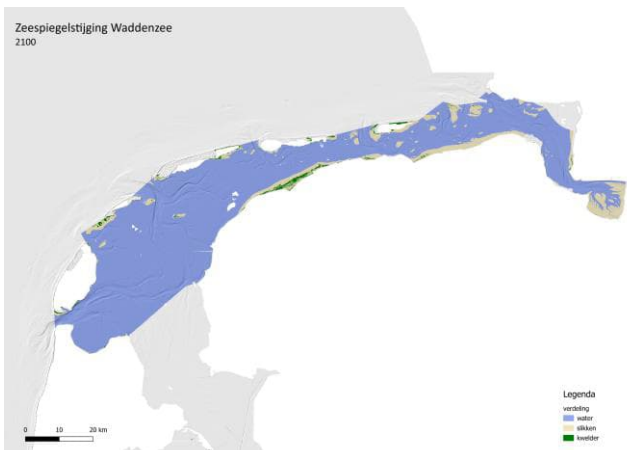
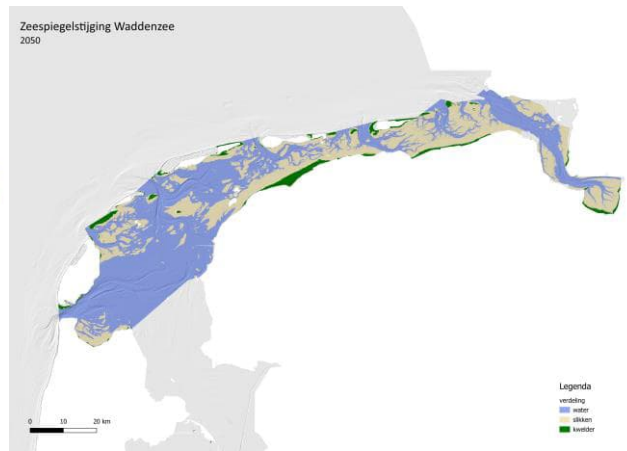
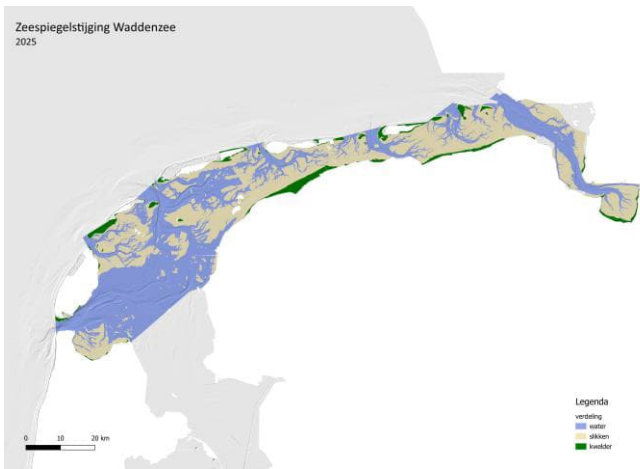
De lage slikken (links onderaan in de figuur) houden de snelheid al vanaf het begin niet bij; zij verdrinken en veranderen in ondiep water. De hogere slikken groeien ook langzamer dan de zeespiegelstijging, maar liggen aanvankelijk nog hoog genoeg om niet meteen te verdrinken. Gaandeweg verdringt echter een steeds groter areaal en met name grote aaneengesloten arealen, die kenmerkend zijn voor de deltawateren en de Waddenzee zullen een steeds kortere periode van de getijslag droogvallen, wat hun functie als foerageer- en rustgebied onder druk zet. Als we de stijgsnelheid van de hoogste slikken in de figuur naar rechts volgen, dan zien we dat ook deze uiteindelijk onvoldoende mee kunnen groeien en rond 2125 verdrinken. Dat betekent dat op de plekken waar nu slikken liggen tegen die tijd alle slikken permanent onder water zijn komen te liggen. In de figuren 2a t/m 2d is dit verdrinken zichtbaar gemaakt en tegen 2150 zijn op de plek van de huidige slikken geen intergetijdengebieden meer over.

De kwelders groeien aanvankelijk door hun grotere groeisnelheid (hier is uitgegaan van 17 mm/jr) nog bijna net zo snel als de zeespiegelstijging maar vanaf 2050 is de zeespiegelstijging zo ver toegenomen dat de lagere kwelders het niet meer bij kunnen houden. Zij veranderen dan in slikken en gaan met een lagere groeisnelheid verder (het gele vlak). Het kwelderareaal neemt vanaf dat moment snel af en ook zal de kwaliteit afnemen omdat verjonging onder de steeds dynamischere omstandigheden niet meer optreedt. De hoogste kwelders houden het tot rond 2140 vol om de zeespiegelstijging te kunnen volgen, maar zullen dan zo vaak overstroomd dat ze overgaan in slikken. Met de lagere opslibsnelheid van slikken houden deze gebieden het nog vol tot rond de volgende eeuwwisseling; geheel rechts in de figuur. Het zijn dan lage slikken, gelegen op ca 4,5 m hoogte, die bij een ca 5 m hogere zeespiegel nog kort droogvallen.

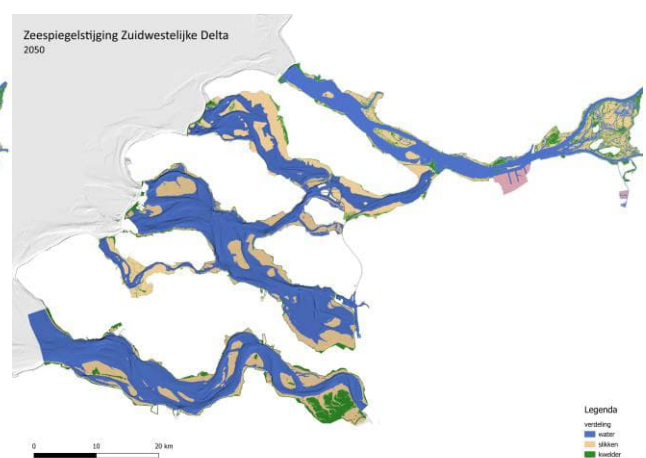
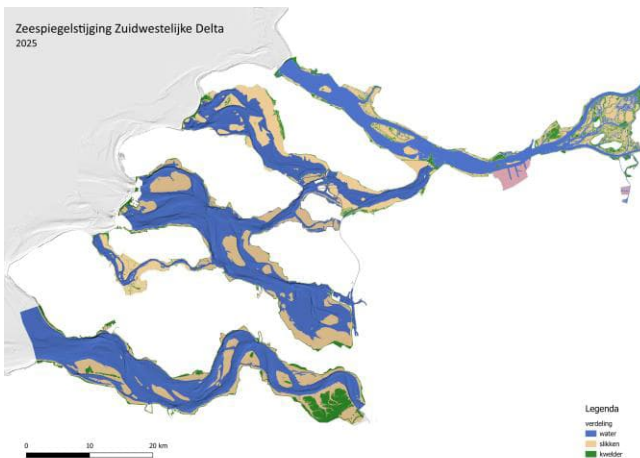
Het gaat hier om een schematische weergave, die afhankelijk is van de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt en de mate waarin er sedimentatie optreedt. Hierbij zijn de uitgangspunten van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging gevolgd, waarbij is uitgegaan van een al meteen hoge stijgsnelheid, om in 2100 een stijging van 2 m te bereiken maar ook als de stijgsnelheid langzamer toeneemt zullen de laagste slikken al snel permanent onder water verdwijnen. Waarschijnlijk verloopt de snelheid van de zeespiegelstijging deze eeuw nog minder snel, zodat het verlies aan areaal rond 2100 kleiner zal zijn dan in deze figuur. Daarentegen is ook onzeker hoe snel de intergetijdengebieden mee kunnen stijgen. Als deze geringer is dan in de figuur, zal de afname eerder inzetten en sneller verlopen. In de figuur is geen rekening gehouden met suppletie, maar het is nog onzeker hoeveel extra sediment dit op gaat leveren voor de intergetijdengebieden. Mocht het lukken om het sedimentaanbod te vergroten dan zal het proces van verdrinken (veel) langer duren.

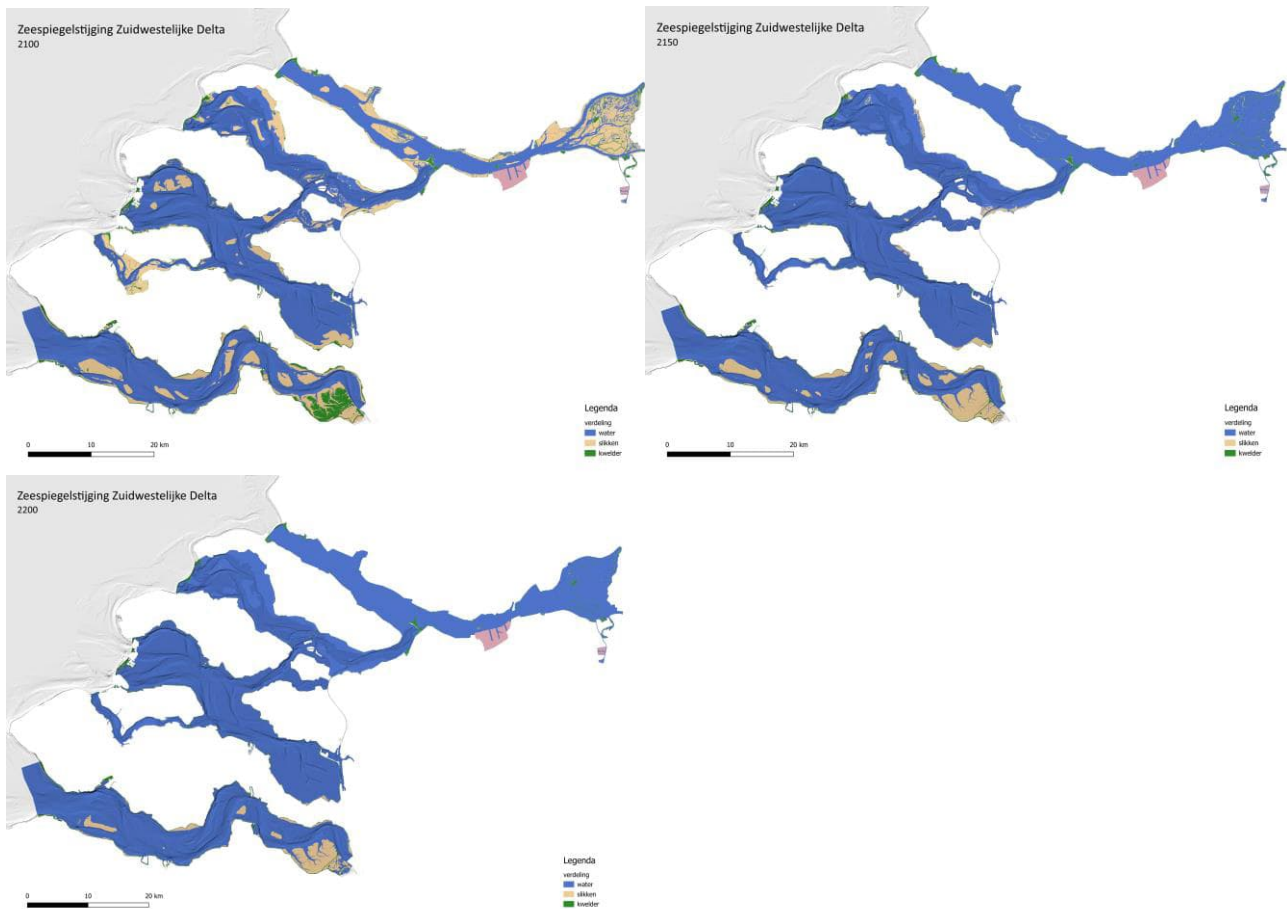


Figuur 1. Schematische weergave van de afname van slikken en kwelders onder invloed van een grotere stijgsnelheid van de zeespiegel dan de aangroeisnelheid door sedimentatie.



figuur 2a t/m d. Het verdrinken van de Waddenzee. Zodra de snelheid van de zeespiegelstijging sneller gaat verlopen dan de opslibingsnelheid neemt areaal intergetijdengebied af. Rond 2100 is het grootste deel van de huidige slikken al permanent onder water verdwenen en in 2150 is alleen op de plaatsen van de huidige kwelders nog een klein areaal slikken over. In 2200 (niet afgebeeld) is vrijwel alles onder water verdwenen. NB. Deze kaarten gaan uit van het huidige sedimentaanbod, zonder suppletie.





figuur 3a t/m e. Het verdrinken van de Zuidwestelijke Delta in 5 stappen vanaf 2025 via 2050, 2100 en 2150 tot 2200). De grootste afname vindt plaats tussen 2100 en 2150 als de zeespiegelstijging versnelt tot ca 3,5 cm/jr. Dit is in de meeste gebieden veel meer dan de opslibsnelheid door sedimentatie bij kan houden. Alleen de relatief hooggelegen slikken en vooral kwelders in de Westerschelde blijven nog lang boven water, eerst als kwelder en vanaf 2150 nog als slikkig terrein. In 2200 is in Saeftinghe nog steeds een areaal slikken aanwezig. NB. Deze kaarten gaan uit van het huidige sedimentaanbod, zonder suppletie.

3.2 Onderzoeksalternatief 0 / Meegroeïende delta

Het onderzoeksalternatief meegroeïende delta verkent het maximale potentieel binnen de Nederlandse kustzone voor een zo groot mogelijk herstel van het natuurlijk systeem om daarmee ruimte te scheppen via aanzanding en opslibbing om het land weer mee te laten groeien met de zeespiegelstijging. Het zet de bouwstenen die ter beschikking staan maximaal in op een zo groot mogelijk areaal en herstelt de dynamiek, die nodig is om het meegroeien op gang te brengen, met als doel om in beeld te brengen wat maximaal mogelijk is. Buiten het blijvend kunnen garanderen van de waterveiligheid is in dit onderzoeksalternatief nog nauwelijks rekening gehouden met de andere functies van de kustzone, zoals waterbeschikbaarheid en scheepvaart. Het is dan ook een onderzoeksalternatief waarvan de effecten niet zijn beoordeeld en het dient als basis voor de twee verder uitgewerkte alternatieven 1 en 2.

3.2.1 Beschrijving maatregelen

In dit onderzoeksalternatief 0 is maximaal ingezet op estuarien herstel en zijn in de Zuidwestelijke Delta alle zeearmen geopend, zijn in het noorden de voormalige vloedkommen hersteld en zijn langs alle zeearmen en langs de Waddenzee op grote schaal waterkerende landschappen aangelegd. De afsluitdijk is geopend en IJsselmeer en Markermeer zijn weer aangesloten op het estuariene systeem. In de kustzone is zowel aan de zee- als de landzijde gezocht naar maximale uitbreiding en zijn in zee grote zandmotoren aangelegd. Laaggelegen polders in het binnenland worden ingericht als grootschalige moerasgebieden waar veengroei weer mogelijk is.

Tabel 7. Overzicht van ingrepen in het onderzoeksalternatief Meegroeiende Delta.

MEEGROEIENDE DELTA	OPEN ARM (= DAM ERUIT)	WATERKERENDE LANDSCHAPPEN	VLOEDKOM	VOORLAND	KERVEN MEGASUPPLETIES	NBS SVK	WATERBUFFERENDE LANDSCHAPPEN
WESTERSCHELDE	= huidig		x				x
OOSTERSCHELDE (INCL MARKIEZAAT)	x	x					x
VEERSE MEER	x	x					
GREVELINGEN	x	x					
VOLKERAK	x	x					
HARINGVLIET-HD-BIESBOSCH	x	x					x
RMM-NOORD	Open arm (= dam eruit)						
WADDEN	= huidig	x	x	x			
IJSSELMEER	Open arm (= dam eruit)						
ZANDIGE KUST	Breed + grote zandmotoren						

3.2.2 Effecten op de natuur - arealen per deelgebied

In het onderzoeksalternatief Meegroeiende delta neemt het totale areaal onder invloed van estuariene dynamiek door het toepassen van alle ingrepen uit tabel 7 met bijna 160.000 ha toe, waarvan 1/3^e deel (56.400 ha) in de Waddenzee en 2/3^e deel (101.300 ha) in de gehele Zuidwestelijke Delta. In tabel 8 is deze toename per deelgebied zowel in absolute waarden als procentueel uitgesplitst.

Tabel 8. Uitbreiding van het areaal en het nieuwe totaal onder invloed van estuariene dynamiek na het doorvoeren van al de ingrepen uit tabel 7 in de ZWD, de Waddenzee en de kustzone

Meegroeiende delta											
extra areaal ZWD	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders		Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	
Westerschelde	14.000	100	400	12.500	1.000		1%	3%	89%	7%	
Oosterschelde	14.600	100	1.100	12.600	800		1%	8%	86%	5%	
Veerse Meer	7.400	900	1.000	4.200	1.300		12%	14%	57%	18%	
Grevelingen	18.300	3.900	5.100	8.300	1.000		21%	28%	45%	5%	
Volkerak	10.000	2.100	1.600	5.600	700		21%	16%	56%	7%	
Haringvliet-HD-Biesbosch	37.000	10.700	6.100	13.300	6.900		29%	16%	36%	19%	
RMM-noord	-										
Totaal ZWD	101.300	17.800	15.300	56.500	11.700		18%	15%	56%	12%	
nieuwe totalen ZWD	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders	verhard	Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	verh
Westerschelde	45.100	14.500	5.900	20.000	4.500	200	32%	13%	44%	10%	0%
Oosterschelde	49.600	14.100	11.100	22.600	1.400	400	28%	22%	46%	3%	1%
Veerse Meer	7.400	900	1.000	4.200	1.300	-	12%	14%	57%	18%	0%
Grevelingen	18.300	3.900	5.100	8.300	1.000	-	21%	28%	45%	5%	0%
Volkerak	10.000	2.100	1.600	5.600	700	100	21%	16%	56%	7%	1%
Haringvliet-HD-Biesbosch	37.000	10.700	6.100	13.300	6.900	3.200	29%	16%	36%	19%	9%
RMM-noord	27.300	6.200	5.700	500	3.400	11.500	23%	21%	2%	12%	42%
Totaal ZWD	194.700	52.400	36.500	74.500	19.200	15.400	27%	19%	38%	10%	8%
extra areaal Wadden											
extra areaal Wadden	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders		Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	
Waddenzee	56.400	200	5.700	39.000	11.500		0%	10%	69%	20%	
nieuwe totalen Wadden	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders	verhard	Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	verh
Waddenzee	322.900	36.200	97.200	167.500	21.000	1.000	11%	30%	52%	7%	0%
extra areaal kustzone											
extra areaal kustzone	totaal	vooroever diep	vooroever ondiep	strandvlakte/strandwallen	duinen		Diep	Ondiep	Strand	Duin	
kustzone	+5.500	-15.000	-2.000	+17.000	+5.500		-4%	-1%	5%	2%	
nieuwe totalen kustzone	totaal	vooroever diep	vooroever ondiep	strandvlakte/strandwallen	duinen	Verhard	Diep	Ondiep	Strand	Duin	verh
kustzone	370.500	250.000	43.000	33.000	44.500	1.000	67%	12%	9%	12%	0%

3.2.3 Overwegingen en aanbevelingen

In het onderzoeksalternatief meegroeiende delta wordt het ecologisch potentieel van het huidige delta- en waddengebied maximaal benut. Door het weer openen van de zeearmen (in de ZWD) en historische vloedkommen (vnl in het Waddengebied) ontstaat de grootste winst voor de estuariene natuur, omdat hierbij naast een toename van het areaal ook de dynamiek en de connectiviteit worden hersteld. De hydrodynamiek en daarmee de morfodynamiek, die in veel gebieden decennia vrijwel heeft stilgelegen, komt weer op gang. De opbouw van platen en kwelders neemt daardoor weer een aanvang en het land kan weer meegroeien met de stijgende zeespiegel. Door het op grote schaal toepassen van waterkerende landschappen neemt daarnaast het areaal slikken en kwelders nog verder toe waardoor de verhouding tussen de fysiotopen sterk verbetert ten gunste van de intergetijdengebieden.

Bij het invullen van de bouwstenen in dit onderzoeksalternatief wordt nog weinig rekening gehouden met de andere functies van Laag-Nederland. Dit betekent trouwens niet dat ook de waterveiligheid in het geding is, die kan ook in dit onderzoeksalternatief overal blijvend worden gegarandeerd. Waterkeringen worden teruggelegd, waardoor de kustlijn langer wordt, maar de kans op falen verandert niet. Door uit te gaan van waterkerende landschappen ipv lijnvormige structuren neemt de gevolgschade af, waardoor het voor de waterveiligheid netto beter is.

Het zijn vooral de zoetwatervoorziening en de binnenvaart die de gevolgen ondervinden van de veranderde inrichting van de estuaria en kustwateren. In de onderzoeksalternatieven is de keuze gemaakt om de Afsluitdijk niet op te heffen. Vanwege het grote areaal diep en matig diep water zou de ecologische winst voor kustecosystemen in het IJsselmeergebied maar gering zijn. De dynamiek zal gering blijven en het areaal dat binnen de range van het getij komt te liggen bedraagt slechts ca 5.000 tot 10.000 ha, wat slechts 2 tot 5% is van het totaal. Alleen de connectiviteit is gebaat bij een open verbinding, maar dit kan eenvoudiger gerealiseerd worden door vismigratierivieren en door een verbeterd spuiregime op de Waddenzee. Het behoud van de Afsluitdijk betekent behalve een betere garantie voor de

zoetwatervoorziening van de gebieden rondom het meer, ook een minder grote extra opgave voor de waterveiligheid, omdat er veel minder dijken grenzen aan water dat met zeespiegelstijging te maken krijgt. Vanwege de beperkte meerwaarde van deze bouwsteen en de enorme impact op de andere doelstellingen van het kennisprogramma is deze bouwsteen ook niet meegenomen in tabel 8 en de verdere analyse van de nieuwe arealen. Ook de Oesterdam blijft bestaan om een goede scheepvaartverbinding naar Antwerpen te kunnen blijven garanderen.

3.3 Onderzoeksalternatief 1

3.3.1 Beschrijving maatregelen

In onderzoeksalternatief 1 wordt voortgebouwd op het 0-alternatief Meegroeierende Delta, waarbij ook hier een zo groot mogelijk herstel van het natuurlijk systeem wordt nagestreefd om daarmee ruimte te scheppen via aanzanding en opslibbing om het land weer mee te laten groeien met de zeespiegelstijging. Met name de bouwsteen 'waterkerende landschappen' wordt op grote schaal ingezet, door langs een groot deel van de randen van de eilanden in de Zuidwestelijke Delta en langs vrijwel de hele Waddenkust de dijken terug te leggen. Alleen dicht bebouwde gebieden zijn hier buiten gelaten.

In de kustzone is zowel aan de zee- als de landzijde gezocht naar maximale uitbreiding en zijn in zee grote zandmotoren aangelegd. In het IJsselmeergebied zijn maatregelen getroffen die het ecologisch functioneren als zoetwatermeer verbeteren.

die ter beschikking staan maximaal in op een zo groot mogelijk areaal en herstelt de dynamiek, die nodig is om het meegroeien op gang te brengen, met als doel om in beeld te brengen wat maximaal mogelijk is als grootste veranderingen dat de Afsluitdijk aanwezig blijft en de Rijnmond wordt afgesloten. Dit betekent dat de Nieuwe waterweg, Spui, Dordtse Kil en Beneden Merwede met dammen worden afgesloten en het buitendijkse natuurareaal langs deze wateren voortaan verstoken zal zijn van getijdedynamiek.

Tabel 9. Overzicht van ingrepen in onderzoeksalternatief 1.

ONDERZOEKSALTERNATIE F 1	OPEN ARM (= DAM ERUIT)	WATERKERE NDE LANDSCHAP PEN	VLOED KOM	VOORL AND	KERVEN MEGASUPPLET IES	NBS SVK	WATERBUFFERE NDE LANDSCHAPPEN
WESTERSCHELDE	= huidig	x					
OOSTERSCHELDE (INCL MARKIEZAAT)	x	x					
VEERSE MEER	x	x					
GREVELINGEN	x	x					
VOLKERAK	x	x					
HARINGVLIET-HD-BIESBOSCH	x	x					
RMM-NOORD	Deltapolder (sluizen) + Afvoerdeling						
WADDEN	= huidig	x					
IJSSELMEER	Vooroevers en luwtestructuren						
ZANDIGE KUST	Breed + grote zandmotoren				x		

3.3.2. Effecten op de natuur - arealen per deelgebied

In onderzoeksalternatief 1 neemt het totale areaal onder invloed van estuariene dynamiek potentieel toe met bijna 125.000 ha, waarvan 20% in de Waddenzee en 80% in de Zuidwestelijke Delta (zie tabel 10). De nadruk ligt steeds op het herstel van slikken en kwelders omdat daar de grootste opgaven liggen. Dit is hierna per deelgebied nader toegelicht.

Tabel 10. Uitbreiding van het areaal en het nieuwe totaal onder invloed van estuariene dynamiek in (van boven naar beneden) de ZWD, de Waddenzee en de kustzone. In het IJsselmeergebied zijn maatregelen getroffen die het ecologisch functioneren als zoetwatermeer verbeteren.

Alternatief 1 (afgerond)											
extra areaal ZWD	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders		Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	
Westerschelde	10.400	-	200	9500	700		0%	2%	91%	7%	
Oosterschelde	10.600	-	700	9300	600		0%	7%	88%	6%	
Veerse Meer	7.400	900	1000	4200	1300		12%	14%	57%	18%	
Grevelingen	18.300	3900	5100	8300	1000		21%	28%	45%	5%	
Volkerak	9.900	2100	1500	5600	700		21%	15%	57%	7%	
Haringvliet-HD-Biesbosch	37.000	10700	6100	13300	6900		29%	16%	36%	19%	
RMM-noord	-15.500	-6200	-5700	-500	-3400						
Totaal ZWD	77.800	11.400	8.900	49.700	7.800		15%	11%	64%	10%	
nieuwe totalen ZWD	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders	verhard	Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	verh
Westerschelde	41.500	14.400	5.700	17.000	4.200	200	35%	14%	41%	10%	0%
Oosterschelde	45.600	14.000	10.700	19.300	1.200	400	31%	23%	42%	3%	1%
Veerse Meer	7.400	900	1.000	4.200	1.300	-	12%	14%	57%	18%	0%
Grevelingen	18.300	3.900	5.100	8.300	1.000	-	21%	28%	45%	5%	0%
Volkerak	10.000	2.100	1.500	5.600	700	100	21%	15%	56%	7%	1%
Haringvliet-HD-Biesbosch	40.200	10.700	6.100	13.300	6.900	3.200	27%	15%	33%	17%	8%
RMM-noord	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal ZWD	163.000	46.000	30.100	67.700	15.300	3.900	28%	18%	42%	9%	2%
extra areaal Wadden	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders		Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	
Waddenzee	26.700		500	17.000	9.200		0%	2%	64%	34%	
nieuwe totalen Wadden	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders	verhard	Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	verh
Waddenzee	293.200	36.000	92.000	145.500	18.700	1.000	12%	31%	50%	6%	0%
extra areaal kustzone	totaal	voeroever diep	voeroever ondiep	strandvlakte/strandwallen	duinen		Diep	Ondiep	Strand	Duin	
kustzone	+5.500	-15.000	15.000-17.000	+17.000	+5.500		-4%	4%	5%	1%	
nieuwe totalen kustzone	totaal	voeroever diep	voeroever ondiep	strandvlakte/strandwallen	duinen	verhard	Diep	Ondiep	Strand	Duin	verh
kustzone	370.500	250.000	43.000	33.000	44.500	1.000	67%	12%	9%	12%	0%
extra areaal IJsselmeergebied	totaal	zeer diep en diep water	ondiep/matig diep water	oeverzone kaal	oeverzone begroeid		zeer diep / diep	ondiep / matig diep	oever kaal	oever begr.	
IJsselmeer	-	-1000	-500	500	1.000		-0,5%	-0,2%	0,2%	0,5%	
nieuwe totalen IJsselmeergebied	totaal	zeer diep en diep water	ondiep/matig diep water	oeverzone kaal	oeverzone begroeid	verhard	zeer diep / diep	ondiep / matig diep	oever kaal	oever begr.	verh
IJsselmeer	202.000	159.500	36.000	500	5.800	200	80%	18%	0%	3%	0%

ZWD

In de Zuidwestelijke Delta neemt het areaal onder invloed van estuariene dynamiek toe met ca 93.000 ha, maar verdwijnt ook ca 15.500 ha door het afsluiten van het noordelijk deel van de RMM. Dit is voor een relatief groot deel water (75%) en hooggelegen terreinen en het verlies aan intergetijdengebied blijft daarom beperkt tot ca 4.000 ha. Alle zeearmen (Haringvliet, Grevelingen-Volkerak en Veerse Meer) zijn weer geopend en dat levert in de Zuidwestelijke Delta ongeveer de helft van het herstelde areaal; de andere helft is afkomstig van de dijkterugleggingen en waterkerende landschappen die dat oplevert. De herstelde arealen in Westerschelde en Oosterschelde bedragen in beide zeearmen ca 10.000 ha, ca 25% kleiner dan in het onderzoeksalternatief Meegroeierende delta omdat respectievelijk de Braakman en het Markiezaat niet weer terug worden gebracht onder de invloed van estuariene dynamiek. De grootste winst aan hersteld areaal wordt bereikt met het openen van het Haringvliet en de grootste relatieve toename in intergetijden-gebied (vooral slikken) wordt bereikt in Grevelingen, Veerse Meer en Volkerak. Omdat door het afsluiten van de noordelijke RMM maar weinig areaal intergetijdengebied verloren gaat, neemt het totale areaal in dit alternatief nog steeds toe met ca 50.000 ha slikken en bijna 8.000 ha kwelders.

Waddengebied

In de Waddenzee neemt het nieuwe areaal in dit onderzoeksalternatief toe met ca 27.000 ha toe (ca 10% toename), wat geheel op het conto komt van de waterkerende landschappen. Dit is de helft minder dan in onderzoeksalternatief Meegroeierende delta omdat vloedkommen niet zijn meegenomen. De uitbreiding van de Waddenzee met binnendijks gebied levert vooral extra areaal slikken op omdat de hoogte van het maaiveld, dat bij indijking boven de GHW-lijn lag, nu relatief en absoluut lager ligt en tussen de GLW en GHW uitkomt. De hogere delen zijn nog wel hoog genoeg voor kwelders en dit areaal neemt daardoor toe met ruim 9.000 ha; twee keer zoveel als in de huidige situatie. Relatief blijft het areaal met 6% echter nog steeds aan de lage kant.

IJsselmeergebied

De Afsluitdijk blijft liggen en het IJsselmeer komt niet onder invloed van de estuariene dynamiek. Wel wordt er een natuurlijk uitzakkend peilbeheer ingesteld, maar dat heeft op de arealen weinig invloed. In dit onderzoeksalternatief worden voor de kusten van het hele IJsselmeergebied langgerekte eilanden aangelegd die naast betekenis voor de ecologie ook als luwtestructuur fungeren. De eilanden krijgen langzaam oplopende oevers met ruimte voor verschillende vegetatiezones. In de kern van de eilanden is er ruimte voor plas-dras situaties en moerasontwikkeling vergelijkbaar met eilanden die nu al in het gebied zijn aangelegd. Het areaal van de eilanden samen bedraagt ca 1.000 ha boven de gemiddelde waterlijn en 500 ha rond de waterlijn, wat deels ten kostte gaat van diep water en iets minder van ondiep water; afhankelijk van waar de eilanden worden aangelegd.

Kustzone

In de kustzone wordt voortgebouwd op succesvolle concepten uit het verleden. Door middel van aanvullingen met zand in de vorm van suppleties en kustuitbreidingen komen gebieden hoger te liggen en ontstaan meer interessante fysiotopen zoals ondiep water en strandwallen en strandvlakten. Zo wordt door megasuppleties op de buitendelta het areaal diep water ca 15.000 ha kleiner ten gunste van ondiep water. Tegelijkertijd wordt door de kustuitbreiding buitengaats en grootschalige zandmotoren het areaal ondiep water verkleind met 17.000 ha ten gunste van strandwallen en strandvlaktes met lage duinen. Het binnendijks uitbreiden van het duinareaal betekent wel een uitbreiding van het totale areaal kustzone met ca 5.500 ha.

3.3.3 Effecten op natuur – kwaliteit

In tabel 12 is indicatief weergegeven hoe de nieuwe toestand van de systeemfactoren zich kan ontwikkelen als de maatregelen van onderzoeksalternatief 1 worden toegepast in de verschillende deelgebieden (zie ook tabel 1 voor een vergelijking met de situatie vooraf). De grootste winst voor de estuariene natuur ontstaat in de ZWD, waar bijna 3 keer zoveel **nieuw areaal** wordt gerealiseerd als in de Waddenzee. Vooral het openen van de zeearmen is hier debet aan, maar ook de vele langgerekte dijkerugleggingen leveren veel nieuw areaal. De verhouding tussen de fysiotopen past ook beter bij een natuurlijk systeem met ca 50% intergetijdengebied; nu is dit slechts 20% van het totale buitendijkse areaal. In Westerschelde en Oosterschelde blijft het kwelderareaal relatief beperkt, omdat door de dijkerugleggingen in de waterkerende landschappen vooral slikken worden hersteld. In de Waddenzee verbetert de verhouding ook, maar blijft het areaal kwelders relatief gering voor een natuurlijk systeem. In de nu afgesloten zeearmen van de Zuidwestelijke Delta zal de **dynamiek** zich weer volledig herstellen, waardoor de voormalige slikken en kwelders weer onder invloed komen van het getij. De morfodynamiek, die hier decennia vrijwel heeft stilgelegen, komt weer op gang waardoor de opbouw van platen weer een aanvang neemt. De huidige maaiveldhoogte in de waterkerende landschappen in zowel de ZWD als de Waddenzee is zodanig dat het nieuwe areaal aanvankelijk vooral slikken zijn en in mindere mate kwelders. Het gaat echter vaak om relatief hooggelegen slikken, zodat de verwachting is dat ze zich door opslibbing al snel weer tot kwelders kunnen ontwikkelen. De sedimentatie wordt bevorderd doordat de waterkerende landschappen zich over vrijwel alle oevers uitstrekken, zodat het in het systeem aanwezige sediment zich goed over deze gebieden kan verspreiden. Bij voldoende aanbod van sediment en wanneer dat bij een snellere ZSS nodig wordt, aangevuld door suppletie, kunnen de intergetijdengebieden blijven meegroeien. Er zal dan ook een blijvende verjonging optreden van slikken en kwelders. In de Oosterschelde zal door het herstel van de getijdenstromen, en indien nodig suppletie, de zandhonger weer afnemen en kunnen slikken en zandplaten weer aangroeien. In de Westerschelde ontstaat er een betere verhouding tussen de intergetijdengebieden

3.4 Onderzoeksalternatief 2

3.4.1 Beschrijving maatregelen

In dit onderzoeksalternatief wordt ingezet op het herstel van gebieden met estuariene dynamiek door het weer openen van historische vloedkommen. Hiervan liggen er drie in de Waddenzee en één in de Westerschelde. In de ZWD is het herstel van estuariene dynamiek vooral het gevolg van het weer openen van de zeearmen, inclusief de RMM. De zeearmen zijn, op de Westerschelde na, voorzien van een stormvloedkering die de morfodynamiek ongemoeid laat. Waar mogelijk worden dijken voorzien van voorlanden waar de sedimentatie wordt bevorderd. Dit zal voornamelijk in de Waddenzee voor extra areaal zorgen, waar dit concept ook in het verleden al veel is toegepast. Ook in het IJsselmeergebied worden voorlanden aangelegd. In de kustzone wordt binnen de huidige duinen en strandwallen voortgebouwd op beproefde concepten zoals kerven en zandmotoren.

Tabel 12. Overzicht van ingrepen in onderzoeksalternatief 2.

ONDERZOEKSALTERNATIE F 2	OPEN ARM (= DAM ERUIT)	WATERKERE NDE LANDSCHAP PEN	VLOED KOM	VOORL AND	KERVEN MEGASUPP- LETIES	NBS SVK	WATERBUFFERE NDE LANDSCHAPPEN
WESTERSCHELDE	= huidig		x	x			
OOSTERSCHELDE (INCL MARKIEZAAT)	x					x	
VEERSE MEER	x					x	
GREVELINGEN	x					x	
VOLKERAK	x						
HARINGVLIET-HD-BIESBOSCH	x					x	
RMM-NOORD	(NBS SVK)					x	
WADDEN	= huidig		x	x			
IJSSELMEER	= huidig			x			
ZANDIGE KUST	Huidige strategie				x		

3.4.2 Effecten op de natuur - arealen per deelgebied

In onderzoeksalternatief 2 neemt het totale areaal onder invloed van estuariene dynamiek het minste toe, maar nog altijd met potentieel ruim 90.000 ha, waarvan 35% in de Waddenzee en 65% in de ZWD (zie tabel 13). Hieronder is dit per deelgebied verder uitgewerkt.

Tabel 13. Uitbreiding van het areaal en het nieuwe totaal onder invloed van estuariene dynamiek in (van boven naar beneden) de ZWD, de Waddenzee en de kustzone. In het IJsselmeergebied zijn maatregelen getroffen die het ecologisch functioneren als zoetwatermeer verbeteren.

Alternatief 2 (afgerond)											
extra areaal ZWD	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders		Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	
Westerschelde	3.600	100	200	3.000	300		3%	6%	83%	8%	
Oosterschelde	-	-	-	-	-		-	-	-	-	
Veerse Meer	4.200	900	1.000	1.200	1.100		21%	24%	29%	26%	
Grevelingen	14.200	3.900	4.900	4.700	700		27%	35%	33%	5%	
Volkerak	6.500	2.100	1.500	2.400	500		32%	23%	37%	8%	
Haringvliet-HD-Biesbosch	30.400	10.700	5.400	8.300	6.000		35%	18%	27%	20%	
RMM-noord	-	-	-	-	-						
Totaal ZWD	58.900	17.700	13.000	19.600	8.600		30%	22%	33%	15%	
nieuwe totalen ZWD	Totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders	verhard	Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	verh
Westerschelde	34.700	14.500	5.700	10.500	3.800	200	42%	16%	30%	11%	1%
Oosterschelde	35.000	14.000	10.000	10.000	600	400	40%	29%	29%	2%	1%
Veerse Meer	4.200	900	1.000	1.200	1.100	-	21%	24%	29%	26%	0%
Grevelingen	14.200	3.900	4.900	4.700	700	-	27%	35%	33%	5%	0%
Volkerak	6.600	2.100	1.500	2.400	500	100	32%	23%	36%	8%	2%
Haringvliet-HD-Biesbosch	33.600	10.700	5.400	8.300	6.000	3.200	32%	16%	25%	18%	10%
RMM-noord	27.300	6.200	5.700	500	3.400	11.500	23%	21%	2%	12%	42%
Totaal ZWD	155.600	52.300	34.200	37.600	16.100	15.400	34%	22%	24%	10%	10%
extra areaal Wadden	totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders		Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	
Waddenzee	33.000	200	5.200	23.500	4.400		1%	16%	71%	13%	
nieuwe totalen Wadden	Totaal	diep water	ondiep water	slikken	kwelders	verhard	Diep	Ondiep	Slik	Kwelder	verh
Waddenzee	299.500	36.200	96.700	152.000	13.900	1.000	12%	32%	51%	5%	0%
extra areaal kustzone	totaal	vooroever diep	vooroever ondiep	strandvlakte/strandwallen	duinen		Diep	Ondiep	Strand	Duin	
kustzone	0	0	0	0	0		0%	4%	0%	0%	
nieuwe totalen kustzone	totaal	vooroever diep	vooroever ondiep	strandvlakte/strandwallen	duinen	verhard	Diep	Ondiep	Strand	Duin	verh
kustzone	365.000	265.000	45.000	16.000	39.000	1.000	73%	12%	4%	0%	0%
extra areaal IJsselmeergebied	totaal	zeer diep en diep water	ondiep/matig diep water	oeverzone kaal	oeverzone begroeid		zeer diep / diep	ondiep / matig diep	oever kaal	oever begr.	
IJsselmeer	-	-1000	-2500	500	3.000		-0,5%	-1,2%	0,2%	1,5%	
nieuwe totalen IJsselmeergebied	totaal	zeer diep en diep water	ondiep/matig diep water	oeverzone kaal	oeverzone begroeid	verhard	zeer diep / diep	ondiep / matig diep	oever kaal	oever begr.	verh
IJsselmeer	202.000	159.500	34.000	500	7.800	200	79%	17%	0%	4%	0%

ZWD

Alle zeearmen in de ZWD zijn weer geopend en dat levert in de ZWD vrijwel al het herstelde areaal (ca 95%) en daarmee de grote winst voor de natuur: slikken nemen toe met ca 16.500 ha en kwelders met ruim 8.000 ha. Waterkerende landschappen worden in dit onderzoeksalternatief niet toegepast, wat ca 35.000 ha minder areaal oplevert aan estuariene natuur als in onderzoeksalternatief 1. Alleen het openen van de Braakman levert langs de Westerschelde ca 3.500 ha extra estuarien milieu. In het Oosterscheldebekken zijn er geen veranderingen in areaal. De dynamiek zal in de geopende zeearmen weer goed gaan functioneren en ook de Oosterschelde profiteert van de verbeterde stormvloedkering, waardoor de morfodynamiek weer op orde wordt gebracht. De RMM blijft open en het huidige areaal blijft beschikbaar als estuarien milieu; ruimte voor uitbreiding is er niet.

Waddengebied

In de Waddenzee neemt het nieuwe areaal toe met ca 33.000 ha toe (ca 15% uitbreiding); wat geheel het gevolg is van de 3 vloedkommen die toegevoegd worden aan de Waddenzee, zoals de Lauwersmeer en delen van de Dollard. Bij de vloedkommen neemt vooral het areaal slikken toe, maar er is ook toename van ondiep water doordat historische krekken weer onderdeel worden van het systeem. De toename van kwelders in de vloedkommen is met ca 2.500 ha relatief gering en het aandeel van deze fysiotop in het totaal neemt daarom nauwelijks toe en blijft ca 4%. Hier bovenop komen nog wel extra kwelders die ontstaan door het

stimuleren van voorlanden. De verwachting is dat ca 2.000 ha buitendijkse slikken door landaanwinning worden omgezet in kwelders; waardoor het aandeel kwelders toeneemt tot 5%.

IJsselmeergebied

De Afsluitdijk blijft liggen en het IJsselmeer komt niet onder invloed van de estuariene dynamiek. Wel wordt er een natuurlijk uitzakkend peilbeheer ingesteld, maar dat heeft op de arealen weinig invloed. In dit onderzoeksalternatief worden voor de kusten van grote delen van het IJsselmeergebied vooroevers aangelegd die ca. 150 tot 200 m breed zijn en naast betekenis voor de ecologie ook als golfbreker fungeren. De vooroevers krijgen langzaam oplopende oevers (1:10 tot 1:15) met ruimte voor veel verschillende vegetatiezones. Door de aanleg van depressies en lagunes bieden de vooroevers ruimte voor veel verschillende habitats rondom de waterlijn. Het areaal van de vooroevers samen bedraagt ca 3.500 ha, waarvan ca 3.000 boven de waterlijn en 500 ha rond de waterlijn. Ze liggen deels in gebieden met diep water, maar meestal daar waar het water nu ondiep is. Tegelijkertijd komt er ook minder diep ondiep water voor terug.

Kustzone

In de kustzone is in dit onderzoeksalternatief gekozen voor het voortzetten van het huidige kustbeleid met vooroeversuppleties en kleinere zandmotoren. De areaalverdeling van de fysiotopen in de kustzone verandert hier niet door.

3.4.3 Effecten op natuur – kwaliteit

In tabel 15 is indicatief weergegeven hoe de nieuwe toestand van de systeemfactoren zich kan ontwikkelen als de maatregelen van onderzoeksalternatief 2 worden toegepast in de verschillende deelgebieden (zie ook tabel 1 voor een vergelijking met de situatie vooraf). De grootste winst voor de estuariene natuur ontstaat in de ZWD, waar bijna 2 keer zoveel **nieuw areaal** wordt gerealiseerd als in de Waddenzee. Vooral het openen van de zeearmen is hier debet aan. Met het openen herstelt ook de historische ecotoopverdeling en dat betekent dat er relatief veel slikken en permanent water onder invloed van het getij worden hersteld en maar weinig kwelders. De verhouding tussen de fysiotopen in de deelgebieden blijft daardoor verder verwijderd van een natuurlijke verhouding dan in onderzoeksalternatief 1. In de Oosterschelde- en Westerschelde is er, op het openen van de Braakman na, geen toename van het areaal, waardoor een aantal problemen, zoals de versteiling in de Westerschelde en de scheve fysiotopenverdeling in beide zeearmen, niet worden opgelost. Een deel van de uitbreiding van het kwelderareaal in de Waddenzee bestaat uit extra inspanningen voor landaanwinning. Slikken worden daarbij ingewisseld voor kwelders, waardoor de verhouding verandert, maar de ecologische winst beperkt is. Het is vooral de toename van de **dynamiek** waar de natuur van profiteert, bij het openen van zeearmen en vloedkommen: hydrodynamiek en morfodynamiek en daarmee samenhangende ecologische processen komen weer op gang. De huidige maaiveldhoogte in de nieuwe buitendijkse landschappen, in zowel de ZWD als de Waddenzee, is zodanig dat het nieuwe areaal aanvankelijk vooral slikken zijn en in mindere mate kwelders. Het gaat echter vaak om relatief hooggelegen slikken, zodat de verwachting is dat ze zich door opslibbing al snel weer tot kwelders kunnen ontwikkelen. Bestaande en nieuwe intergetijdengebieden blijven in stand doordat sedimentatie wordt bevorderd vanwege het herstel van de dynamiek. De geconcentreerde ligging van de nieuwe arealen betekent wel dat er op sommige plaatsen veel extra sediment nodig zal zijn en op andere plaatsen juist minder, wat mogelijk tot tekorten leidt op de eerste. Dit suppletiestrategie zal hierop ingesteld moeten worden. Bij voldoende aanbod van sediment en, wanneer dat bij een snellere zeespiegelstijging nodig wordt, aangevuld door suppletie, kunnen de intergetijdengebieden vervolgens blijven meegroeien. Er zal dan ook een blijvende verjonging optreden van slikken en kwelders. De innovatieve stormvloedkeringen zijn zo ontworpen dat ze de uitwisseling van sediment tussen zee en estuarium niet belemmeren. De **connectiviteit** binnen het watersysteem verbetert in de ZWD op een vergelijkbare manier als in onderzoeksalternatief 1 en ook hier zullen de huidige waterkwaliteitsproblemen grotendeels zijn opgelost. De connectiviteit tussen water- en landecotopen verbetert niet omdat er geen waterkerende landschappen worden aangelegd die als tussenzone kunnen dienen. Uitzondering is het Waddengebied waar er in de vloedkommen ruime overgangszones ontstaan.

Tabel 14. Indicatie van de toestand van het estuariene systeem aan de hand van de drie systeemfactoren (ruimte, dynamiek en connectiviteit) in vergelijking met een natuurlijke toestand.

Alternatief 2	RUIMTE (areaal)				DYNAMIEK			CONNECTIVITEIT		
	Slikken-platen	Kwelders	Ondiep water	Diep water	Getijden-dynamiek	Morfo-dynamiek	Rivierdynamiek	Zout-zoet verdeling	Tussen de gebieden	Tussen land-water
Zuid-Westelijke Delta										
Westerschelde	Yellow	Orange	Orange	Green	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
Oosterschelde	Red	Red	Orange	Green	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
Veerse Meer	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Grevelingen	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Krammer Volkerak	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Rijn-Maasmonding										
Noordrand	Red	Red	Orange	Green	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
Tussenwateren	Red	Red	Orange	Green	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
Zuidrand	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Getijdenrivieren	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Waddenzee										
Westelijke Waddenzee	Orange	Red	Green	Green	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
Oostelijke Waddenzee	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Eems-Dollard	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Kustzone										
ZW-Delta	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Orange	Green	Red	Orange	Yellow
Hollandsche Kust	Yellow	Red	Orange	Green	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
Waddenkust	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
IJsselmeergebied										
IJsselmeer	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
IJsseldelta	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Orange	Green	Orange	Orange	Yellow
Markermeer	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Red	Green	Orange	Red	Yellow
	Red	grotendeels afwezig			Red	grotendeels verdwenen		Red	grotendeels verdwenen	
	Orange	beperkt afwezig			Orange	beperkt aanwezig, functioneert onvoldoende		Orange	beperkt aanwezig, functioneert onvoldoende	
	Yellow	in redelijke mate aanwezig			Yellow	nog beperkt aanwezig		Yellow	nog beperkt aanwezig	
	Green	nog in takt			Green	natuurlijke staat		Green	verbindingen nog in takt	

3.4.4 Overwegingen en aanbevelingen

- Door het ontbreken van waterkerende landschappen in onderzoeksalternatief 2, is de uitbreiding van het areaal in dit onderzoeksalternatief meer geconcentreerd in grotere eenheden, in plaats van langgerekt langs de randen van de eilanden in de Delta en de Wadden.
- Innovatieve natuurvriendelijke stormvloedkeringen zorgen ervoor dat het sedimenttransport niet meer gehinderd wordt. Daarbij is van belang dat de hydrodynamiek in het systeem evengroot is. Door extra suppletie is dat mogelijk, zoals in de situatie zonder stormvloedkering. Nagegaan moet worden of het zo nu en dan sluiten tijdens extreme stormevents niet al een te grote reductie van de plaatopbouw bewerkstelligt omdat tijdens die schaarse momenten de morfodynamiek juist erg actief is. Dat zou betekenen dat erosie toch de overhand krijgt wat dan weer aangevuld moet worden door extra suppleties.
- Een variant op dit alternatief is het behouden van de tussendammen achterin de Zuidwestelijke Delta (Volkerakdam, Philipsdam en evt Grevelingendam). Dit betekent dat de Volkerak afvalt als hersteld systeem en dus een kleiner areaal. Verkend moet worden wat dit betekent voor de hydrodynamiek en morfodynamiek in de Oosterschelde en de Grevelingen. Een belangrijk effect is op voorhand al duidelijk; dat de connectiviteit tussen het zoete en nutriëntrijke rivierwater aan de noordkant en het zoutere water aan de zuidkant verbroken blijft. De Oosterschelde en de Grevelingen zullen hierdoor relatief voedselarm blijven en ook is er een veel kleiner herstel van brakwatermilieus.
- Eenzelfde keuze, open of gesloten door dammen te laten liggen, is mogelijk bij het Veerse Meer. Dit was een deelsysteem dat voor de afsluiting opvallend rijk was aan kwelders en slikken en niet openen betekent dat het intergetijdenareaal in de Zuidwestelijke Delta een minder gunstige verhouding houdt.

3.5 Effecten op de natuur – verwachte ontwikkelingen tot 2200

Het nieuw gerealiseerde areaal estuariene gebied in de ZWD en de Waddenzee (ca 85.000 ha in onderzoeksalternatief 1 en 55.000 ha in onderzoeksalternatief 2) zal met de invloed van de stijgende zeespiegel worden geconfronteerd en de verwachting is dat niet al het areaal behouden zal blijven. Het is onderdeel van het natuurlijk systeem dat gebieden verdwijnen en elders weer aanwassen, maar naar verwachting zal de natuurlijke aanvoer van sediment niet voldoende zijn om het hele areaal duurzaam in stand te houden (zie figuur in paragraaf 3.1). Suppleren zal nodig zijn om de aanvoer van sediment te vergroten, maar de verwachting is dat ook dan een deel van het areaal het niet redt. In de rapportage mbt de morfologie worden hier uitgebreid op ingegaan, maar als denkoefening is hier (zie tabel 15) al uiteengezet hoe het areaal zich zou kunnen ontwikkelen bij een scenario dat de zeespiegel versneld stijgt en er wel wordt gesuppleerd, maar dat dat niet voldoende zou zijn. Dit zou dan betekenen dat er bijvoorbeeld een verlies optreedt van 10% tussen 2050 en 2100, 25% tussen 2100 en 2150 en 50% tussen 2150 en 2200.

Rond 2200 zal volgens deze prognose in onderzoeksalternatief 1 nog ca 40.000 ha van het nieuw gerealiseerde areaal over zijn, waarvan ca 30.000 ha slikken en 10.00 ha kwelders. In onderzoeksalternatief 2 gaat dat om ca. 27.500 dat nog resteert, waarvan 21.000 ha slikken en 6.500 ha kwelders. Met name het areaal kwelders zou in die situatie in zowel de Wadden als de ZWD alweer onder de huidige doelstelling zijn gezakt en ook de slikken in de ZWD.

Dit is een hypothetische situatie omdat de snelheid van de zeespiegelstijgingen die van de potentiële meegroei snelheid niet precies bekend zijn. Deze prognose is vooral bedoeld om te laten zien hoe met extra areaal ingespeeld kan worden op deze onzekere situatie. Zo wordt voorkomen dat het areaal op termijn alweer geringer is dan de huidige opgaven. Ook moet er rekening mee gehouden worden dat een deel van het areaal verloren zal gaan ten behoeve van toekomstige dijkversterkingen die in het vervolg buitendijks kunnen plaatsvinden. Een groter areaal maakt het ook mogelijk om door middel van meer of minder suppleren het areaal en de verhouding tussen slikken en kwelders enigszins bij te sturen. Omdat hier veel vanaf hangt is het belangrijk om al op korte termijn, dwz voordat de zeespiegelstijging te snel is gaan stijgen, ervaring mee op te doen in de experimenteeragenda.

Tabel 15. Indicatie van de mogelijke afname van het areaal intergetijdengebied (slikken en kwelders) in de ZWD en de Waddenzee na realisatie van de arealen uit onderzoeksalternatief 1 (boven) en onderzoeksalternatief 2 (onder). Links staat de huidige situatie weergegeven en daarna de situatie in 2050, waar er van uit is gegaan dat dan het totale areaal zal zijn gerealiseerd. In de decennia daarna begint het verlies, dat per stap van 50 jaar is weergegeven.

Alternatief 1	2025 (huidig)		2050 (100%)		2100 (90%)		2150 (75%)		2200 (50%)		PAGW	
nieuwe totale ZWD	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders
Westerschelde	7.500	3.500	17.000	4.200	16.050	4.130	14.625	4.025	12.250	3.850		
Oosterschelde	10.000	600	19.300	1.200	18.370	1.140	16.975	1.050	14.650	900		
Veerse Meer	-	-	4.200	1.300	3.780	1.170	3.150	975	2.100	650		
Grevelingen	200	-	8.300	1.000	7.490	900	6.275	750	4.250	500		
Volkerak	100	-	5.600	700	5.050	630	4.225	525	2.850	350		
Haringvliet-HD-Biesbosch	500	-	13.300	6.900	12.020	6.210	10.100	5.175	6.900	3.450		
RMM-noord	500	3.400	-	-	50	340	125	850	250	1.700		
Totaal ZWD	18.800	7.500	67.700	15.300	62.810	14.520	55.475	13.350	43.250	11.400	25.800 - 31.300	12.000 - 13.500
	2025 (huidig)		2050 (100%)		2100 (90%)		2150 (75%)		2200 (50%)		PAGW	
nieuwe totale Wadden	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders
Waddenzee	128.500	9.500	145.500	18.700	143.800	17.780	141.250	16.400	137.000	14.100	128.500	19.500
	2025 (huidig)		2050 (100%)		2100 (90%)		2150 (75%)		2200 (50%)		PAGW	
Alternatief 2	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders
nieuwe totale ZWD	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders
Westerschelde	7.500	3.500	10.500	3.800	10.200	3.770	9.750	3.725	9.000	3.650		
Oosterschelde	10.000	600	10.000	600	10.000	600	10.000	600	10.000	600		
Veerse Meer	-	-	1.200	1.100	1.080	990	900	825	600	550		
Grevelingen	200	-	4.700	700	4.250	630	3.575	525	2.450	350		
Volkerak	100	-	2.400	500	2.170	450	1.825	375	1.250	250		
Haringvliet-HD-Biesbosch	500	-	8.300	6.000	7.520	5.400	6.350	4.500	4.400	3.000		
RMM-noord	500	3.400	500	3.400	500	3.400	500	3.400	500	3.400		
Totaal ZWD	18.800	7.500	37.600	16.100	35.720	15.240	32.900	13.950	28.200	11.800	25.800 - 31.300	12.000 - 13.500
	2025 (huidig)		2050 (100%)		2100 (90%)		2150 (75%)		2200 (50%)		PAGW	
nieuwe totale Wadden	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders	slikken	kwelders
Waddenzee	128.500	9.500	152.000	13.900	149.650	13.460	146.125	12.800	140.250	11.700	128.500	19.500

4 Conclusies en experimenteeragenda

4.1 Conclusies

Het estuariene systeem van de Nederlandse kustzone staat al eeuwenlang onder druk door tal van ingrepen die de werking van de 3 systeemfactoren hebben aangetast; zo is: het areaal sterk verkleind, de dynamiek aan banden gelegd en de connectiviteit verloren gegaan. Het areaal nam met name af door bedijkingen, waardoor vooral hoger opgeslibde gebieden buiten bereik van het getij kwamen te liggen. Dit leverde een scheve verdeling op in de resterende fysiotopen, waarbij per deelgebied nu vaak nog minder dan 5% van het areaal uit kwelders bestaat, terwijl dat in een onveranderd systeem vaak 20 tot 25% beslaat. Tegelijkertijd is het areaal diep water vaak relatief hoog, met name op plaatsen waar vaargeulen worden gebaggerd; daar nam het areaal toe tot 40 à 50% van het totaal terwijl dat oorspronkelijk ook niet meer was dan 15 tot 25%. Dynamiek en connectiviteit zijn ook al vanaf de Middeleeuwen veranderd, maar omdat de technische mogelijkheden aanvankelijk beperkt waren, bleef de dynamiek ook in die veranderende situatie nog actief. Het is vooral in de laatste eeuw dat door het geheel of gedeeltelijk afsluiten van zeearmen de dynamiek wel op grote schaal aan banden is gelegd en, mede door de aanleg van dammen in het binnenland, ook de connectiviteit. Daardoor nam het areaal onder invloed van getijdendynamiek in enkele decennia versneld verder af met ca 70.000 ha, waaronder een relatief groot aandeel aan intergetijdengebieden. De huidige toestand staat daardoor ver af van een natuurlijke situatie en de estuariene natuur in de Nederlandse kustzone is deze grote ingrepen niet meer te boven gekomen. Van deelgebied tot deelgebied zijn er wel grote verschillen (zie tabel 1). Zo zijn er gebieden waar de dynamiek nog in orde is, maar het aan areaal ontbreekt voor een evenwichtig pallet aan fysiotopen (vb Westerschelde en Waddenzee), terwijl in andere deelgebieden er wel voldoende areaal beschikbaar is, maar de getijdendynamiek grotendeels ontbreekt (vb Haringvliet-Biesbosch).

Om herstel van estuariene omstandigheden in gang te zetten zal van gebied tot gebied nagegaan moeten worden welke systeemomstandigheden hersteld moeten worden en welke bouwstenen hiervoor benut kunnen worden. In de verschillende onderzoeksalternatieven is deze keuze verder uitgewerkt.

Het onderzoeksalternatief Meegroeierende Delta (alternatief 0) verkent het potentieel binnen de gehele Nederlandse kustzone voor een zo groot mogelijk herstel van het natuurlijk systeem. Dit onderzoeksalternatief laat zien dat door maximaal in te zetten op de bouwstenen die ruimte, dynamiek en connectiviteit herstellen er in potentie een veel grotere areaal natuur kan worden gerealiseerd dan wordt beoogd in de recent opgestelde PAGW-streefbeelden. Waar de PAGW uitgaat van ca 40.000 ha extra areaal, laat dit onderzoeksalternatief zien dat er (exclusief het IJsselmeer en de kustzone) in potentie ruim 155.000 ha mogelijk is, waarvan 2/3^e deel in de Zuidwestelijke Delta en Rijn-Maasmonding, waar het areaal daarmee ruim verdubbeld. Dit viel ook te verwachten aangezien de PAGW-streefbeelden uitgaan van het benodigde areaal voor soortenbehoud, maar dan grotendeels binnen de huidige kaders van het watersysteem. Echter, daarbij moet worden opgemerkt dat uit forecasten van de opgestelde natuurreferentiewaarden blijkt dat door verdrinking van kustnatuur als gevolg van versnelde zeespiegelstijging, de bestaande en nieuwe arealen intergetijdenfysiotopen in de loop der tijd ook weer zullen afnemen. Dit betekent dat het noodzakelijk is om in de huidige situatie een robuust ecologisch systeem, met ruim voldoende areaal en maximaal meegroeivermogen te creëren, zodat er in de toekomst bij zeespiegelstijging voldoende areaal overblijft.

Daarnaast blijkt dat er additionele waarde is in het herstellen van hogere, begroeide intergetijdengebieden. Deze gebieden zijn niet alleen effectiever in het invangen van sediment, en dus in staat om langer mee te groeien bij zeespiegelstijging. Een extra voordeel van dit hoge begroeide areaal is dat het bij een tijdelijk te beperkt sedimentaanbod eerst nog in lagere intergetijdengebieden zal veranderen, wat zich, bij een weer hoger sedimentaanbod, eenvoudiger kan herstellen in hoger areaal dan gebieden die niet meer droogvallen en ondiep water zijn geworden. De aanwezigheid van voldoende hoog intergetijdengebied (schorren en kwelders) is dus van cruciaal belang bij het zo lang mogelijk behouden van arealen intergetijdengebieden in tijden van zeespiegelstijging. Uit de historische analyse blijkt nu echter dat juist het hogere, meegroeierende intergetijdenareaal in de afgelopen decennia in Nederland grotendeels is verdwenen. Dynamische schorren en kwelders, zijn zowel in de Waddenzee als in de Zuidwestelijke delta, steeds zeldzamer geworden. Een uitzondering is te vinden op de eilandstaarten van de Waddeneilanden, maar ook daar is dynamiek uit veel stukken grotendeels verdwenen.

Er zijn verschillende methodes (en daarmee bouwstenen) voor het herstellen van schorren en kwelders, die de oorzaken van het verdwijnen van deze milieus weer terugdraaien, Het onderzoeksalternatief Meegroeierende Delta maakt voor de uitbreiding van het areaal gebruik van de historische intergetijdengebieden die er voldoende beschikbaar zijn in de afgedamde en bedijkte gebieden. In de twee overige onderzoeksalternatieven is een nadere keuze gemaakt uit deze gebieden waarbij beide verschillende methodes (en daarmee bouwstenen) voor het herstellen van schorren en kwelders. Onderzoeksalternatief 1 zet maximaal in op de bouwsteen 'waterkerende landschappen' en onderzoeksalternatief 2 op vloedkommen. Belangrijk hierbij is dat deze bouwstenen zo gekozen zijn dat ze naast de ecologische winst ook andere (maatschappelijke) functies van het kustecosysteem kunnen faciliteren.

De waterkerende landschappen in onderzoeksalternatief 1 benutten het areaal dat in de loop der eeuwen als begroeide intergetijdengebieden is ingedijkt. Het aandeel binnen de kustzone is nu vaak niet groter dan 5% en om dit aandeel substantieel te laten stijgen is in dit onderzoeksalternatief een groot areaal eerder ingedijkt land weer uitgedijkt; Door dijkterugleggingen langs een groot deel van de randen van de eilanden in de Zuidwestelijke Delta kan ca 34.000 ha intergetijdengebied worden hersteld en langs vrijwel de hele Waddenkust levert dit bijna 26.000 ha op. In het 'tussenland' tussen de oude kering, die als golfwering kan blijven liggen en de achterliggende nieuwe kering die de waterstand keert, wordt een zo groot mogelijk herstel van het natuurlijk systeem nagestreefd, waar het land via aanzanding en opslibbing weer mee kan groeien met de zeespiegelstijging. In dit onderzoeksalternatief wordt ook de dynamiek en de connectiviteit hersteld, vooral door het weer volledig openen van de zeearmen die ca 50 jaar geleden zijn afgesloten. Om dit mogelijk te maken is een forse investering nodig in andere oplossingen voor de waterveiligheid, maar daar staat tegenover dat het getij wordt hersteld als motor van de opbouwende processen. Het weer openen van de zeearmen levert namelijk alleen al in de Zuidwestelijke delta ruim 50.000 ha op waar de getijdynamiek en daarmee de morfodynamiek weer actief zijn, waardoor buitendijkse gebieden weer slib en zand ontvangen en mee kunnen groeien met de zeespiegelstijging. Tegelijkertijd is het voorstel in dit onderzoeksalternatief om de Rijn-Maasmonding volledig af te sluiten, waardoor het gebied waar het getij actief is ca 15.000 ha afneemt. Het gaat hier echter om een gebied met slechts een beperkt areaal intergetijdengebied, waarmee de mogelijkheden voor het weer mee laten groeien van buitendijkse gebieden relatief veel kleiner is dan in de andere zeearmen.

In onderzoeksalternatief 2 is gekozen voor herstel van vloedkommen; waar compacte grote arealen beschikbaar komen (ca 3.500 ha in de Zuidwestelijke Delta en 33.000 ha in de Waddenzee. Hier kan zich na het herstel van het getij een volledige gradiënt van fysiotopen ontwikkelen, met aanvankelijk het grootste aandeel voor de onbegroeide intergetijdengebieden (slikken), voornamelijk door de lage ligging van deze gebieden. In onderzoeksalternatief 2 wordt in de Zuidwestelijke Delta ook de dynamiek hersteld door het openen van de zeearmen, maar wel met behoud van stormvloedkeringen die ook de morfodynamiek in takt laten. Dit levert ca 28.000 ha intergetijdengebied op in de gebieden die nu van getij verstoken zijn.

Deze dijkterugleggingen in beide onderzoeksalternatieven kunnen al op korte termijn veel hooggelegen en begroeid intergetijdengebied op leveren, maar we zijn ons bewust dat dit ook vaak pijnlijke discussies zal opleveren met bewoners en landeigenaren. Het is daarom van belang om de voordelen van zo'n meegroeierende kustzone, als langetermijn- waterveiligheidsoplossing, goed op een rij te zetten. Ook zullen we duidelijk moeten maken dat we niet te lang kunnen wachten om de meegroeicapaciteit van deze gebieden al meteen te kunnen benutten; voordat de zeespiegel de opslibsnelheid voorbijstreeft. Goede referenties kunnen helpen om de positieve en negatieve gevolgen van dijkterugleggingen in beeld te brengen. In Nederland zijn er op bescheiden schaal al voorbeelden van teruggelegde waterkeringen, meestal in getijluwe gebieden (Noordwaard, Sophiapolder, Tiengemetten, Waterdunen), maar soms ook op locaties waar wel volop getij is (Hedwigepolder). In de landen om ons heen zijn er veel meer voorbeelden, zoals bijvoorbeeld in de UK waar inmiddels meer dan vijftig voorbeelden zijn te vinden van dergelijke projecten. Daarnaast zijn er genoeg voorbeelden, ook in onze geschiedenis, waarbij erosie en overstromingen ons noodzaakten om land 'terug te geven aan de zee'. Om ook in Nederland meer ervaring op te doen met gebieden waar het getij is hersteld en het land weer mee kan groeien is het nodig om, verspreid over de verschillende deelgebieden, op zoek te gaan naar nieuwe pilots met voldoende experimenteerruimte.

Intergetijdengebieden dienen voldoende hoogte en beschutting te hebben zodat vegetatie zich kan vestigen. Waterkerende landschappen daarentegen liggen als een langgerekt lint langs de buitenrand van eilanden en

het vasteland en hebben meer potentie tot het genereren van de juiste condities voor begroeid intergetijdengebied. Voor de vestiging van vegetatie moet de overstromingsduur laag zijn maar mag ook de impact van golven niet al te groot zijn opdat fijn sediment kan bezinken. Deze condities kunnen in de waterkerende landschappen en in voorlanden worden verbeterd met behulp van rijshouten dammen. Dit concept wordt vanouds al veel gebruikt langs het vasteland van de Waddenzee en dient om de golfwerking te verminderen en slib te laten bezinken. Het verhoogt de invangsnelheid van slib, zodat de hoogte van het intergetijdengebied toeneemt en vegetatie zich kan vestigen.

In de onderzoeksalternatieven 1 en 2 zijn in het IJsselmeergebied maatregelen getroffen die het ecologisch functioneren als zoetwatermeer verbeteren. Een open IJsselmeer, dat onderdeel was van het alternatief Meegroeierende delta, is hier niet meer opgenomen, omdat het slechts een bescheiden meerwaarde betekent voor het ecologische herstel (m.n. voor connectiviteit en niet voor areaal en dynamiek). In de kustzone is enkele decennia terug al gekozen voor het inzetten van bouwstenen die aansluiten bij de systeemvoorwaarden van de kust, zoals zandmotoren, kustsuppleties en dynamisch duinbeheer. In de beide onderzoeksalternatieven wordt dit beleid voortgezet en wordt met name de schaal van de ingrepen groter, bv door megasuppleties en meer zandmotoren in te zetten. Dit heeft tot gevolg dat er meer ruimte komt voor de fysiotopen van de kust en er meer tijd is voor natuurlijke successie tussen de fasen waarin wordt gesuppleerd.

4.2 Kennisvragen, onderzoeksthema's en experimenteeragenda

Het vaststellen van natuurreferentiewaarden is cruciaal om te begrijpen hoe kust-, estuariene- en riviersystemen functioneren en welke voorwaarden nodig zijn om ecologische veerkracht te herstellen. Historische en natuurlijke referenties geven overal in de Nederlandse kustzone inzicht in de interactie tussen hydrodynamiek, sedimentatie en biodiversiteit onder relatief ongestoorde omstandigheden. Echter, door eeuwenlange menselijke ingrepen—zoals inpolderingen, de aanleg van Zuiderzee en deltawerken en baggerwerk— is deze natuurlijke balans verstoord. Dit roept fundamentele vragen op: welke natuurdoelen zijn essentieel voor het waarborgen van natuur als NbS binnen de context van klimaatverandering en zeespiegelstijging? Hoeveel en welke typen estuariene habitats zijn nodig voor een robuust en veerkrachtig ecosysteem? De kennis- en experimenteeragenda richt zich op het definiëren van ecologisch relevante natuurreferentiewaarden, de processen die deze waarden in stand houden, en de vertaalslag naar beleid en beheer. Uit de opsomming blijkt dat vooral de vragen op het snijvlak van ecologie en morfologie zich hier goed voor lenen.

4.2.1 Systeemkennis: minimale arealen en systeemdynamiek

Om een robuust en veerkrachtig estuarien systeem te behouden of herstellen, is inzicht nodig in de optimale arealen en systeemdynamiek die nodig zijn voor een duurzame instandhouding. Historische referenties bieden aanknopingspunten, maar zijn niet altijd geschikt als leidraad, omdat veel ecosystemen al eeuwenlang door menselijke ingrepen zijn beïnvloed. Zo zijn schorren en kwelders sinds de middeleeuwen steeds weer ingepolderd zodra ze voldoende hoog water voor agrarisch gebruik, wat niet alleen de natuurwaarden, maar ook hun waterkerende functie heeft aangetast.

Belangrijke vragen binnen dit thema zijn:

- Hoe groot moeten estuariene natuurgebieden minimaal zijn om veerkrachtig te functioneren? *
- In hoeverre verschillen de vereiste natuurarealen afhankelijk van de natuurfunctie versus de rol binnen Nature-based Solutions (NbS)?
- Welke afwegingskaders zijn nodig op verschillende schaalniveaus om tot de juiste balans te komen tussen natuurbehoud en klimaatadaptatie?
Hoeveel 'surplus' aan natuur is nodig om onzekerheden door klimaatverandering, zeespiegelstijging en meegroeicapaciteit dmv sedimentatie op te vangen?

4.2.2 Ecologisch sedimentbeheer: samenstelling en dynamiek

Voor het goed functioneren van getijdenatuur is adequaat sedimentbeheer essentieel. Hierbij dient helder onderscheid te worden gemaakt tussen slib en zand, maar is het wel behulpzaam om beiden in samenhang te beschouwen. Zo is zand nodig om het fundament van een estuarium en de onbegroeide slikken en platen

te laten meegroeien en wordt slib veelal ingevangen in de intergetijdengebieden. Slib is van groot belang voor veel ecologische processen, maar een te hoog gehalte slib in de waterkolom kan ook negatieve effecten hebben, zoals het verminderen van doorzicht en daardoor een lagere primaire productie waardoor de basis van de voedselpiramide onder druk komt te staan. De uitdaging is om sedimentbeheer zo in te richten dat de juiste sedimentmix op de juiste locaties terecht komt, zowel ter ondersteuning van natuurwaarden als van NbS-functies.

Kernvragen binnen dit thema zijn:

- Is er voldoende zand en slib aanwezig om onze estuaria te laten meegroeien met zeespiegelstijging?
- Wat betekent het invangen van sediment op een plaats voor de beschikbaarheid verder 'stroomafwaarts' langs de kust.
- Verandert het sediment importerend vermogen van estuaria bij zeespiegelstijging?
- Hoe beïnvloedt het beheer en het extra voeden van sedimentstromen de kwaliteit van estuariene ecosystemen?
- Welke sedimentcomposities (samenstelling en korrelgrootte) zijn optimaal voor verschillende ecologische functies?
- Met welke volumes en frequenties kan sedimentbeheer worden uitgevoerd zonder negatieve effecten op ecosystemen, bijvoorbeeld door verstoring van natuurlijke herstelprocessen?
- Hoe kunnen we ecologisch en morfologisch beheer combineren om zowel natuurdoelen als klimaatadaptatie te ondersteunen?

4.2.3 Morfodynamiek en bio-geomorfologische stabiliteit

Veel Nature-based Solutions (NbS) zijn in essentie (bio)geomorfologische systemen. Dit betekent dat natuurlijke processen zoals sedimentatie, erosie en organische bodemvorming, gedreven door biomassaopbouw en interacties met waterstromen, een cruciale rol spelen naast ecologische en biologische processen. Tot nu toe ligt de focus bij het bepalen van natuurreferentiewaarden vooral op de benodigde arealen voor biodiversiteit en gezonde populaties. Echter, een volledig functionerend systeem vereist ook inzicht in morfologische evenwichten en hoe biologische processen deze stabiliseren of verstoren. Dit betekent dat naast oppervlakenormen ook dwarsprofielen en bodemopbouw van belang zijn om stabiliteit en effectiviteit op de lange termijn te beoordelen.

Kernvragen binnen dit thema zijn:

- Hoe werkt de samenhang tussen biologische en geomorfologische processen en hoe beïnvloedt dit de stabiliteit en ontwikkeling van NbS-ecosystemen?
- Wat zijn de kritische parameters voor morfologische evenwichten in getijdengebieden op verschillende schalen?
- Hoe kunnen biologie en geomorfologie gecombineerd worden in ontwerprichtlijnen voor klimaat adaptieve kustbescherming?
- Wat zijn de langetermijneffecten van verschillende NbS-interventies op sedimenthuishouding en bodemontwikkeling?

5 Referenties

CBS and WUR (2022), Natural Capital Accounting in the Netherlands – Technical report. Statistics Netherlands (CBS) and Wageningen University and Research (WUR).

DNB & PBL (2020). Biodiversiteit en de financiële sector: een kruisbestuiving? Verkenning van risico's van biodiversiteits verlies voor de Nederlandse financiële sector.

WUR (2010). Het biodiversiteitsbeleid in Nederland werkt (wur.nl). WOt document 225.



Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

NATIONAAL DELTAPROGRAMMA



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

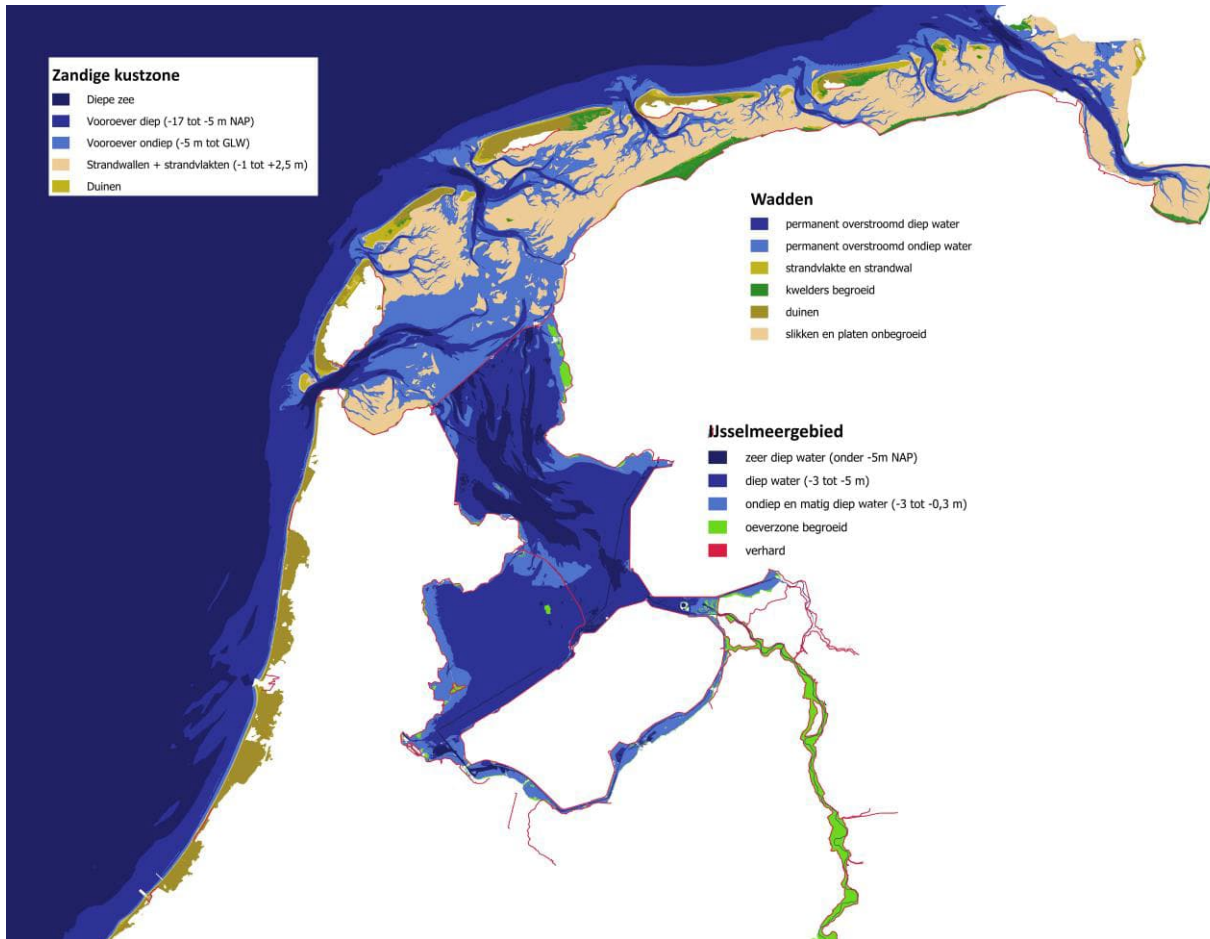


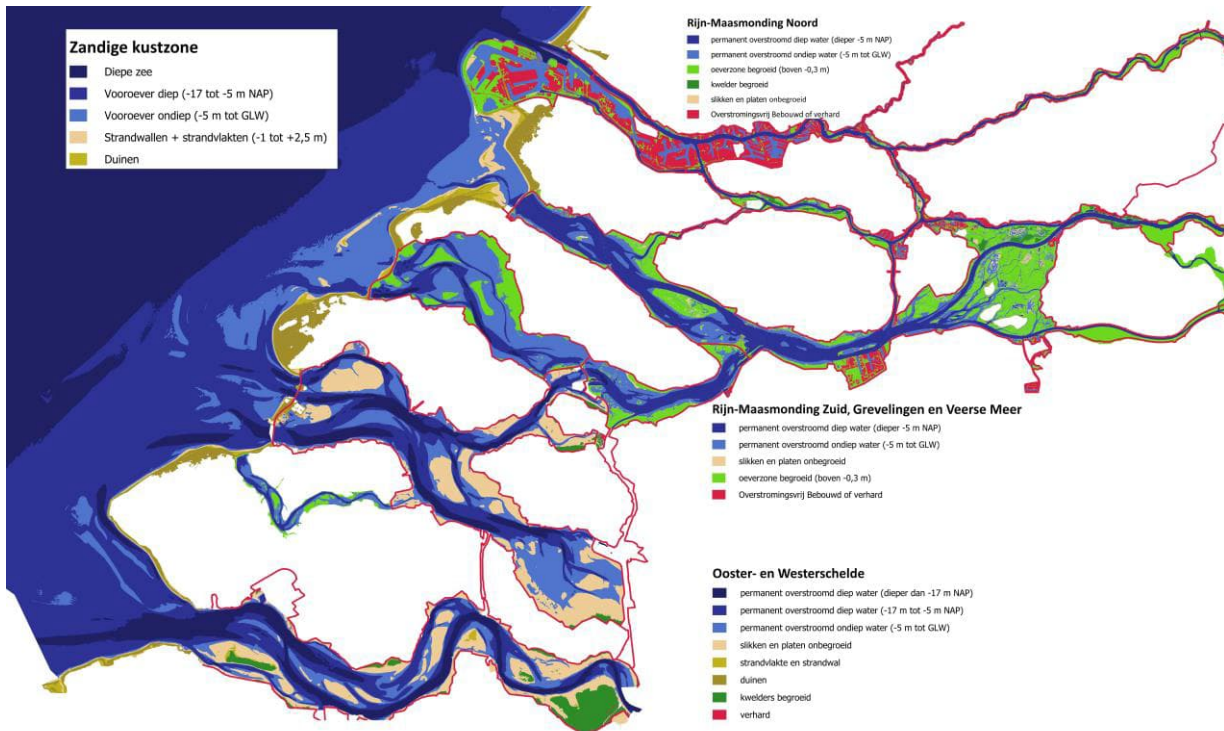
WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Bijlage A

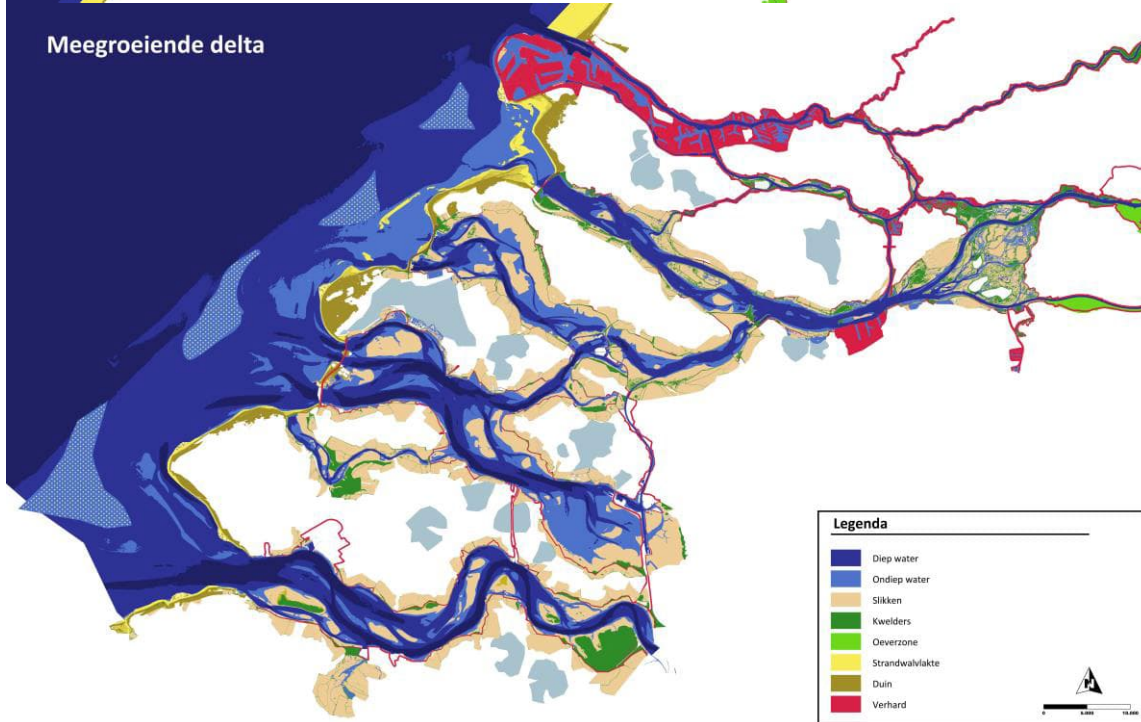
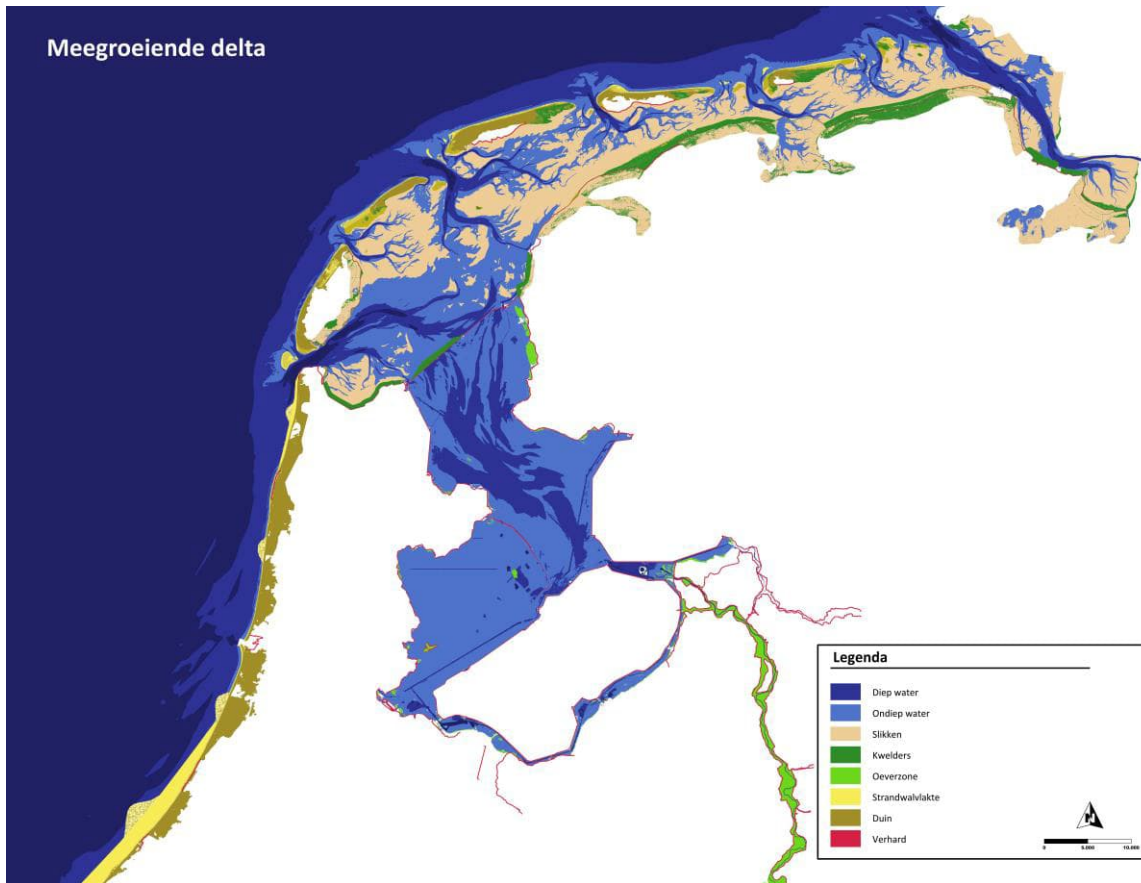
Fysiotopen huidig





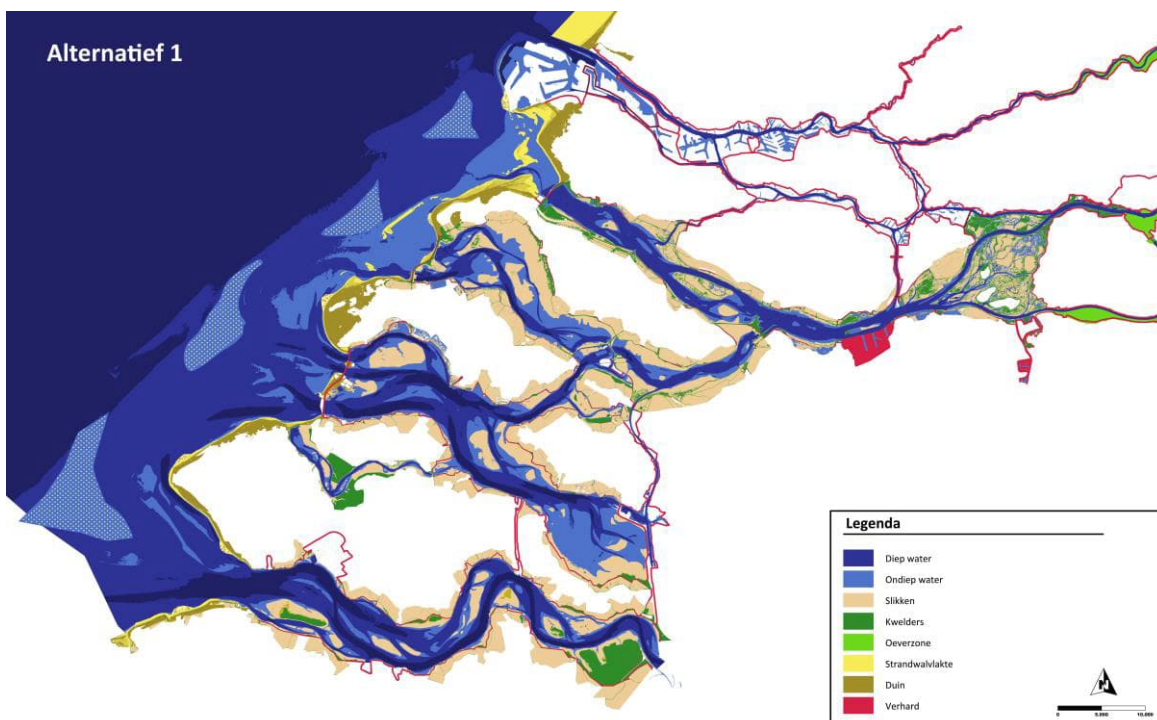
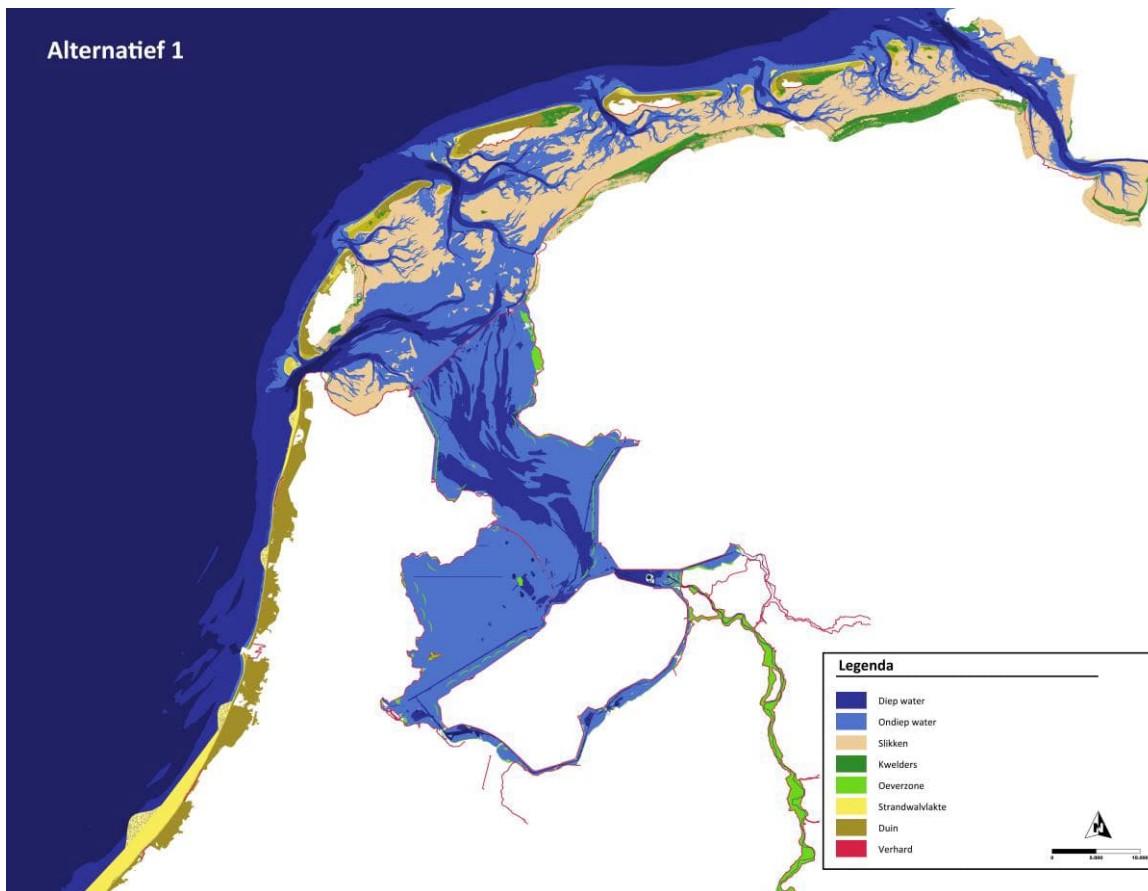
Fysiotopen in de huidige situatie in Noord-Nederland (boven) en Zuidwest-Nederland (onder) en de zandige kustzone.

Fysiotopen Meegroeie Delta



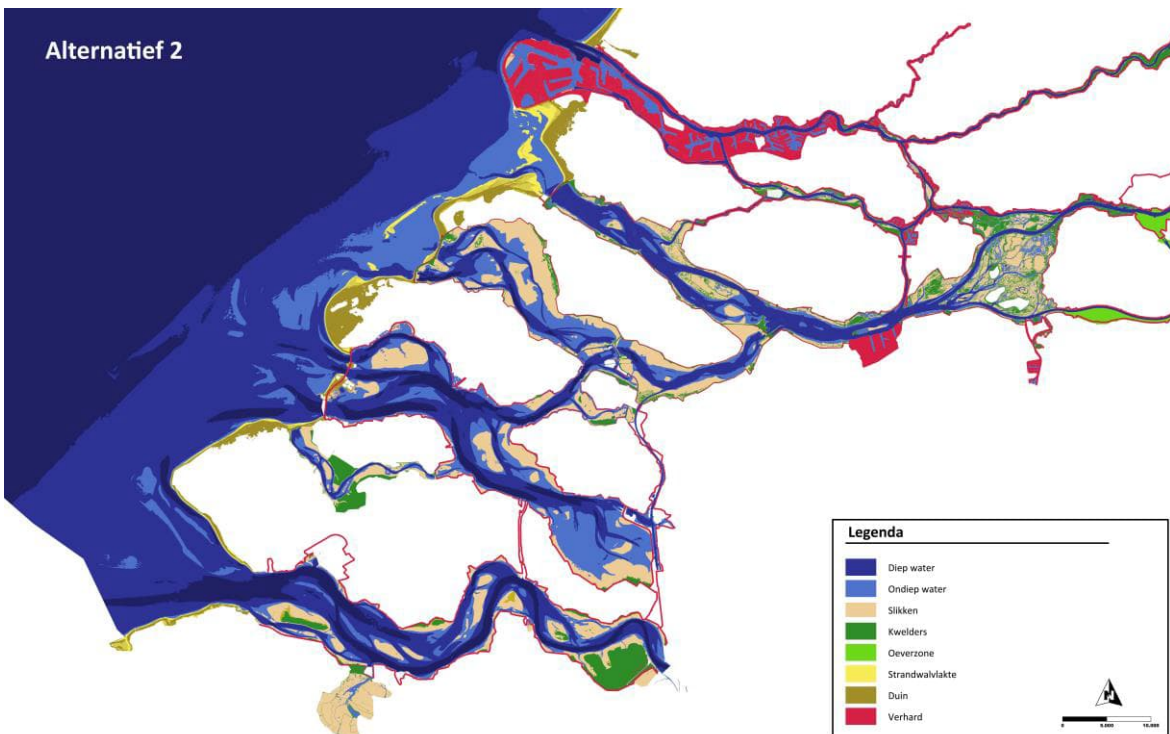
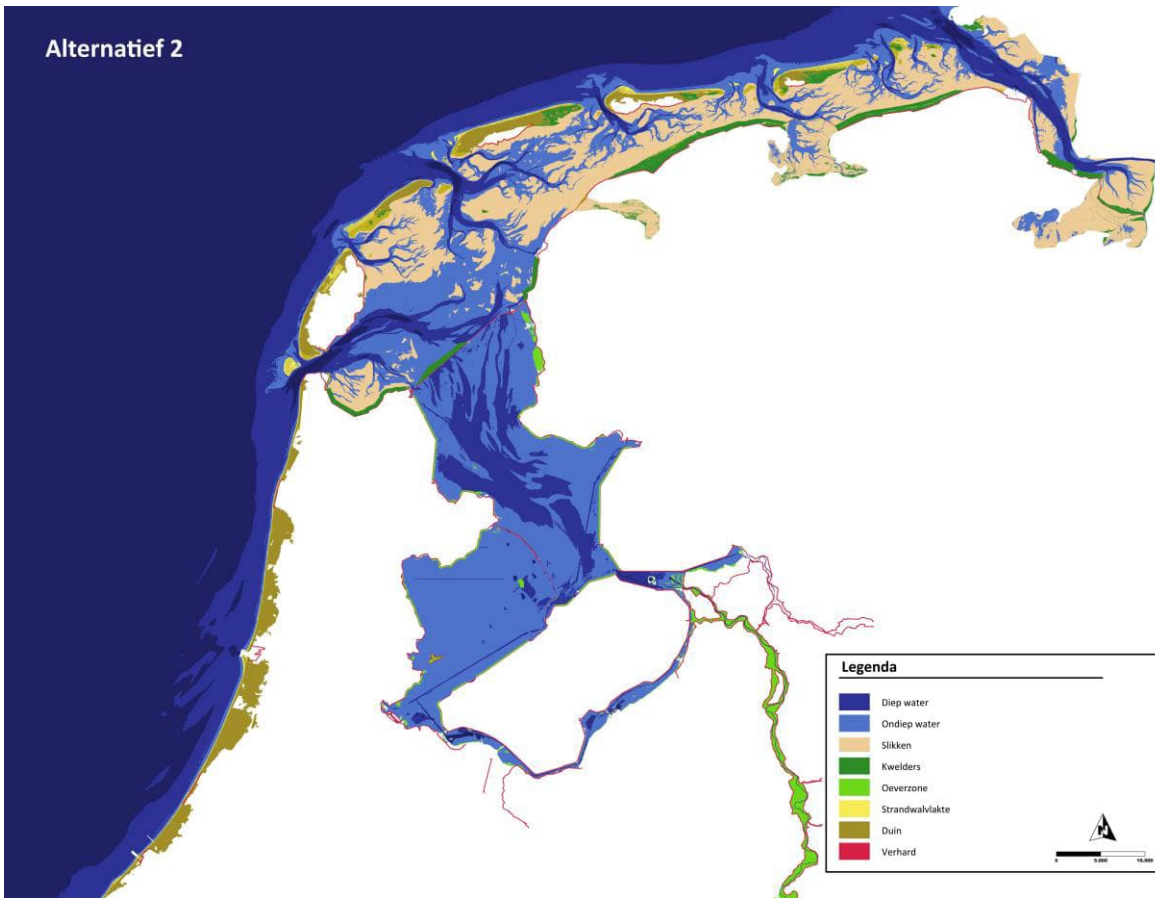
Fysiotopen in onderzoeksalternatief Meegroeiende Delta in Noord-Nederland (boven), Zuidwest-Nederland (onder) en de zandige Kust.

Fysiotopen Onderzoeksalternatief 1



Fysiotopen in Onderzoeksalternatief 1 in Noord-Nederland (boven), Zuidwest-Nederland (onder) en de zandige Kust.

Fysiotopen Onderzoeksalternatief 2



Fysiotopen in Onderzoeksalternatief 2 in Noord-Nederland (boven), Zuidwest-Nederland (onder) en de zandige Kust.