

Kust
visie

Kustvisie

Nature based Solutions

29 november 2023

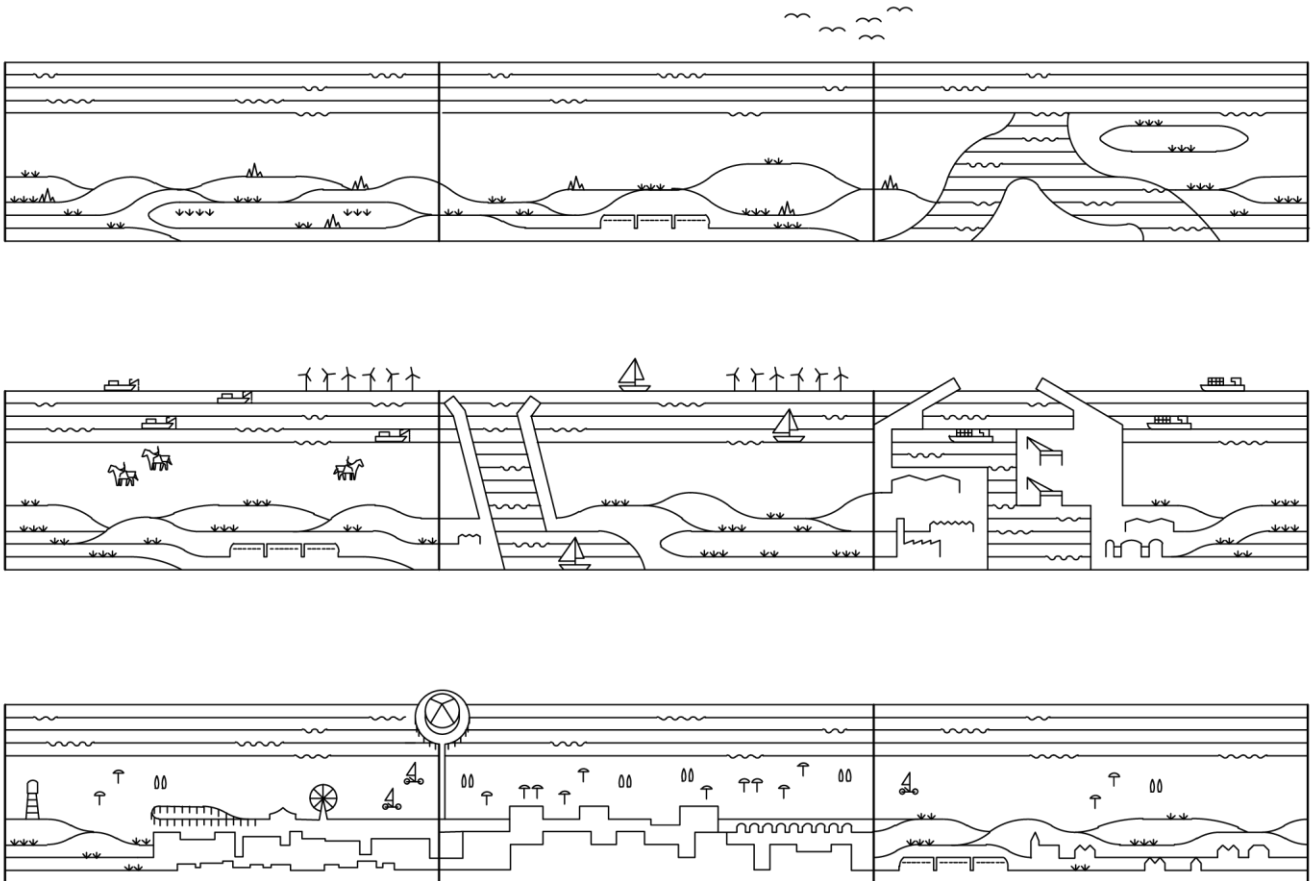
Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	08/09/2023	1 ^e versie	Nathalie Van Caster Lucy Gwen Gillis	Jo Derycke Aline Pieterse Mieke Deconinck Hans Van Gossum	Annelies Bolle
2.0	29/11/2023	Verwerkingen opmerkingen kernteam, WL	Nathalie Van Caster	Bart Verheyen	Annelies Bolle

De studies en het onderzoek in Kustvisie zijn uitgevoerd ter ondersteuning van het opstellen van het 'strategisch beleidsplan Kustvisie'. Het doel is daarbij een kansrijk kustbeschermingslint af te bakenen, dat is de ruimte waarbinnen de toekomstige zeekering kan worden ontworpen en uitgevoerd om de kust ook op lange termijn te blijven beschermen.

Dit document maakt deel uit van de onderbouwende studies. Het wordt gedeeld om inzicht en achtergrond te geven in het studiewerk voor en de onderbouwing van het strategisch beleidsplan Kustvisie.

Het onderzoek in Kustvisie is uitgevoerd op een niveau dat gepast is voor de keuze van een kansrijk kustbeschermingslint in het strategisch beleidsplan. De focus ligt daarbij op de studie van de onderscheidende effecten van de alternatieven ten opzichte van de referentiesituatie en ten opzichte van elkaar. Het gaat ook steeds over grootteorde dimensies en conceptuele ontwerpen, geschikt voor het opmaken van voorbeelduitwerkingen en voor de evaluatie van alternatieven op strategisch niveau. Het studiewerk in dit document kan daarom niet worden beschouwd als een detailonderzoek of detailontwerp. Dit gebeurt pas op projectniveau. Verder hoort er bij het strategisch beleidsplan Kustvisie een eerste actieplan 2025 – 2034. Dit actieplan bevat de nodige acties om Kustvisie stapsgewijs uit te voeren. In dit plan zijn ook een aantal acties gedefinieerd met betrekking tot het verder onderzoek, het ontwerp, de uitwerking en de uitvoering van de toekomstige kustbeschermingsmaatregelen binnen het gekozen kustbeschermingslint.

Nature based Solutions



Inhoud

1	Inleiding	12
1.1	Algemeen	12
1.2	Doel van het rapport	12
1.3	Leeswijzer	13
2	Nature-based Solutions	15
2.1	Definities	15
2.2	Ecosysteemdiensten	17
2.3	Natuur inclusief ontwerp	21
2.4	NbS langs de Vlaamse kust	22
3	Kustvisie	26
3.1	Doelstelling	26
3.2	Mogelijke kustbeschermingsmaatregelen	27
3.3	Ligging kustlijn	30
3.4	Redelijke alternatieven voor de strandzones	31
3.5	Redelijke alternatieven voor de havens	32
3.6	Ecosysteemdiensten aan de Vlaamse kust	32
4	Maatregelenspectrum Kustvisie	34
4.1	Mogelijke kustbeschermingsmaatregelen per kustlijn	34
4.1.1	Kustlijn 1	35
4.1.2	Kustlijn 2	35
4.1.3	Kustlijn 3	36
4.1.4	Kustlijn 4	37
4.2	Overzicht mogelijke solitaire maatregelen per kustlijn	37
4.3	Overzicht mogelijke solitaire maatregelen per alternatief	40

5	Kansen voor NbS in Kustvisie	46
5.1	Kansrijke NbS langsheen de Vlaamse kust	46
5.2	Referentiesituatie	48
5.3	Beoordeling maatregelen als NbS	49
5.3.1	Strandbeheer	49
5.3.2	Maatregelen op en voor de zeewering	53
5.3.3	Maatregelen in zee	60
5.4	NbS in relatie tot het Kader van Ambities	62
6	Conclusies	64
6.1	NbS als kustbescherming	64
6.1.1	Zandstranden als fundament	64
6.1.2	Solitaire kustbeschermingsmaatregelen	65
6.1.3	Complementaire kustbeschermingsmaatregelen	66
6.2	NbS in alternatieven Kustvisie	67
6.3	Aanbevelingen voor succesvol gebruik van NbS	67
7	Referenties	69

Bijlages

Bijlage A	Bijlagen	71
A.1	Lijst met afkortingen	72

Lijst van tabellen

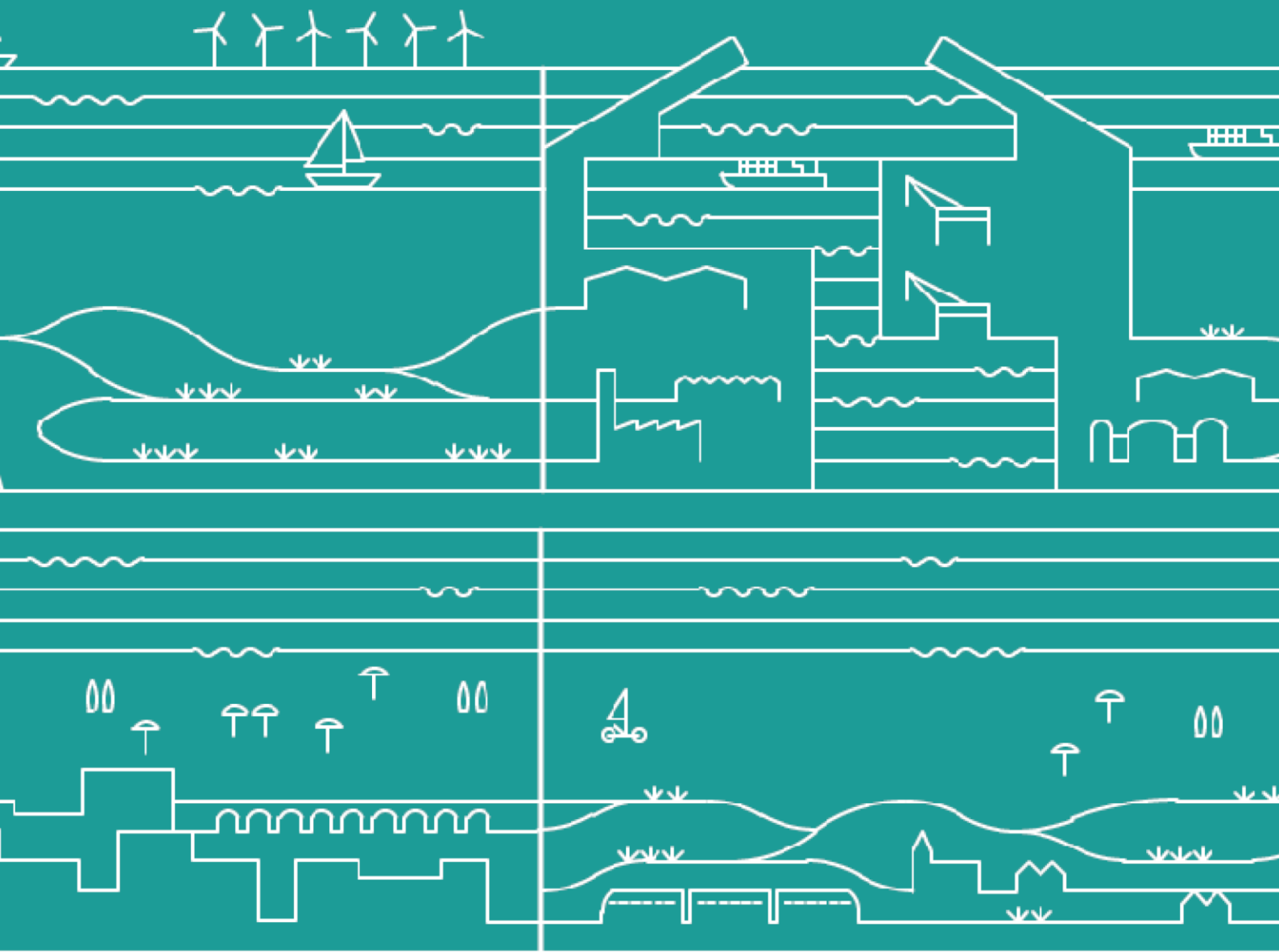
Tabel 2-1:	Overzicht ecosysteemdiensten	19
Tabel 3-1:	Overzicht van mogelijke kustbeschermingsmaatregelen gebaseerd op de longlist en opgedeeld op basis van locatie van voorkomen in de zeewering, solitair of complementair en type uitvoering (zacht, hard of combinatie). In Kustvisie zijn de solitaire maatregelen verder uitgewerkt (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023d).	29
Tabel 4-1:	Overzicht van de mogelijke (solitaire) kustbeschermingsmaatregelen langsheen de kustlijn met aanduiding van type (zacht, hard of combinatie) en inzetbaarheid per kustlijn (strandsuppleties zijn combineerbaar met alle maatregelen) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023i).	38
Tabel 4-2:	Overzicht van mogelijke solitaire kustbeschermingsmaatregelen gebaseerd op de longlist en opgedeeld op basis van locatie van voorkomen in de zeewering, type uitvoering (zacht, hard of combinatie) en mogelijke toepassing per type kustlijn.	39
Tabel 4-3:	Overzicht van mogelijke solitaire kustbeschermingsmaatregelen gebaseerd op de longlist en opgedeeld op basis van locatie van voorkomen in de zeewering, type uitvoering (zacht, hard of combinatie/hybride) en mogelijke toepassing in de alternatieven 'Ter Plaatsse' en 'Zeewaarts'.	40

Tabel 5-1: Maatregelen met aanduiding voor solitaire en complementaire maatregelen en Nbs met verkeerslicht beoordeling (rood voldoet niet, oranje voldoet deels, groen voldoet wel).....	47
Tabel 5-3: Overzicht maatregelen strandbeheer t.o.v. definitie Nbs	52
Tabel 5-4: Overzicht maatregelen t.o.v. definitie Nbs.....	59
Tabel 5-5: Maatregelen in zee t.o.v. definitie Nbs.....	61
Tabel 6-1: Overzicht solitaire kustbeschermingsmaatregelen & beoordeling als Nbs.....	65
Tabel 6-2: Overzicht complementaire kustbeschermingsmaatregelen & beoordeling als Nbs.....	66

Lijst van figuren

Figuur 2-1: Natuur gebaseerde oplossingen volgens IUCN (Cohen-Shacham et al., 2016).....	16
Figuur 2-2: Schema van de verschillende natuurlijke structuren die bijdragen tot de bescherming tegen overstromingen en kusterosie (Provoost et al., 2014).....	20
Figuur 2-3: Natuur geïnspireerde oplossing om energie op te wekken uit de wind (Bron: Belgian Offshore Platform)	21
Figuur 2-4: Rif blok van cement met gaten om biodiversiteit te bevorderen (Bron: ARC Marine – Reef Cubes©)	21
Figuur 2-5: Overzicht maatregelen van het Masterplan Kustveiligheid dat van start ging in 2011 (bron: https://www.agentschapmdk.be/nl/masterplan-kustveiligheid).....	23
Figuur 3-1: Illustratie drie soorten kust.....	28
Figuur 3-2: Locatie maatregelen t.o.v. huidige zeewering.....	28
Figuur 3-3: Vier mogelijk kustlijnen die gehanteerd worden. KL1: landwaartse verschuiving (linksboven), KL2: huidige locatie vasthouden (rechtsboven), KL3: zeewaartse verschuiving (linksonder) en KL4: volledige zeewaartse verplaatsing (rechtsonder).....	30
Figuur 3-4: Redelijke alternatieven voor de strandzones.....	31
Figuur 4-1: Indicatieschets ligging huidige kustlijn	34
Figuur 4-2: Illustratie kustlijn 1: locatie van de kustlijn en maatregeleneigenschappen wanneer de kustlijn landwaarts verschuift.....	35
Figuur 4-3: Illustratie kustlijn 2: locatie van de kustlijn en eigenschappen maatregelen wanneer de kustlijn wordt vastgehouden.	36
Figuur 4-4: Illustratie kustlijn 3: locatie van de kustlijn en eigenschappen maatregelen wanneer de kustlijn beperkt zeewaarts verschuift.	36
Figuur 4-5: Illustratie kustlijn 4: locatie van de kustlijn en eigenschappen maatregelen wanneer de kustlijn volledig zeewaarts verschuift.....	37
Figuur 4-6: Redelijk alternatief “Ter Plaatse” en “Zeewaarts” bij +3m zeespiegelstijging – Westkust.....	41
Figuur 4-7: Redelijk alternatief “Ter Plaatse” en “Zeewaarts” bij +3m zeespiegelstijging – Middenkust West.....	42
Figuur 4-8: Redelijk alternatief “Ter Plaatse” en “Zeewaarts” bij +3m zeespiegelstijging – Middenkust Oost.....	43
Figuur 4-9: Redelijk alternatief “Ter Plaatse” en “Zeewaarts” bij +3m zeespiegelstijging – Oostkust.....	44
Figuur 5-1: De alternatieven situeren zich op verschillende ruimtelijke niveaus: per zone (4 strandzones: Westkust – Middenkust-West – Middenkust-Oost - Oostkust), havens (Nieuwpoort – Oostende – Blankenberge – Zeebrugge) en voor de volledige kustzone.....	48
Figuur 5-2: Veiligheidsscan voor 3 m zeespiegelstijging langs Vlaamse Kust.....	49
Figuur 5-3: De zandmotor in Nederland: links kort na aanleg, rechts: na enige tijd (bron: dezandmotor.nl)	51
Figuur 5-4: Strandhoofden met duinenrij bij Bredene (bron: VLIZ).....	52
Figuur 5-5: Rijshouthagen bij het duin voor dijk project in Raversijde, voorjaar 2021 (bron: agentschapmdk.be).....	54
Figuur 5-6: Aanplant van helmgras, Oostende Oosteroever (bron: agentschapmdk.be).....	55
Figuur 5-7: Hondsbossche en Pettemer zeewering, voor aanleg van de duinen (bron: www.archi.nl/bergen-digitaal)	56

Figuur 5-8: Hondsbossche duinen na aanleg (Bron: https://www.ecoshape.org).....	57
Figuur 5-9: Hondsbossche duinen na 5 jaar (Bron: https://geografie.nl/artikel/vijf-jaar-hondsbossche-duinen).....	57
Figuur 5-10: Hybride dijk Middelkerke (bron: agenstschapmdk.be).....	58



Inleiding

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Op 22 december 2017 nam de Vlaamse overheid de startbeslissing om een 'Kustvisie' voor de lange termijn te maken. Deze visie heeft als doel een adaptieve lange termijn aanpak voor de bescherming van onze kust op te stellen, waarbij het mogelijk is om stapsgewijs in te spelen op de zeespiegelstijging en zo te komen tot een veilig, gezond en multifunctioneel kustsysteem dat op duurzame wijze gebruikt wordt voor menselijke behoeften.

Kustvisie zal daarbij de maatschappelijk meest wenselijke alternatieven identificeren die nodig zijn om onze kust en het achterland ook op lange termijn te beschermen tegen een zeespiegelstijging tot 3 meter. Het gaat daarbij om het vastleggen van een toekomstige kustlijn met bijhorende ruimte, namelijk een toekomstig zogenaamd kustbeschermingslint waarin plaats is voor het ontwikkelen van de gepaste kustbeschermingsmaatregelen in combinatie met eventuele andere opportuniteiten. Het toekomstige voorkeursalternatief moet toekomstgericht zijn en waar mogelijk wordt er gekozen voor 'op de natuur gebaseerde oplossingen'. Daardoor kan het alternatief op termijn ook ecologische systemen herstellen en ondersteunen.

Het consortium Hoogtijd) is gevraagd het studiewerk en de begeleiding van het proces- en onderzoekstraject uit te voeren. Het heeft daarvoor een proces- en projectaanpak opgesteld, die via een co-creatietraject in samenwerking met stakeholders tot gedragen oplossingen wil komen. Daarbij wordt een ambitieus realisme vooropgesteld waarbij we op zoek gaan naar:

- Een gedragen Kustvisie door het doorlopen van een intensief participatie- en co-creatietraject;
- Een onderbouwde Kustvisie door het uitvoeren van een geïntegreerd ontwerpend onderzoek;
- Een uitvoerbare Kustvisie door het uitwerken van een flexibel en adaptief toekomstig beleid.

Gedurende het traject worden verschillende studies uitgevoerd en rapportages opgesteld ter duiding van het onderzoek en het proces. Dit document is daar onderdeel van en gaat dieper in op natuur gebaseerde oplossingen ofwel 'Nature-based Solutions' (NbS).

1.2 Doel van het rapport

Op de natuur gebaseerde oplossingen, ook wel Nature-based Solutions (NbS) genoemd, zijn oplossingen die inspiratie halen uit de natuur en zodoende de natuur en natuurlijke processen gebruiken om problemen op te lossen, en die tegelijkertijd voordelen bieden voor milieu en mens. Dergelijke ecosysteemaanpak ondersteunt, versterkt en/of verbetert het ecosysteem, zodat het beter functioneert en ons op die manier functies levert die ons en onze maatschappij ten goede komen. NbS kunnen niet enkel ingezet worden voor kustbeschermingsmaatregelen, ze zijn ook een meerwaarde op vlak van groene beleving, gezondheid en ontspanning.

Het doel van dit rapport binnen Kustvisie is het onderbouwen van de definitie van NbS en de toepassingen op de voorgestelde maatregelen en alternatieven. Deze nota biedt het antwoord op de vraag welke 'oplossingen' effectief kunnen ingezet worden om onze kust te beschermen.

Momenteel zijn er meerdere definities gangbaar voor NbS en kunnen bepaalde maatregelen door verwarring uitgesloten worden uit de categorie NbS.

Onder meer volgende vragen worden behandeld in deze nota:

- Wat zijn de meest toegepaste definities in courante literatuur en projecttoepassingen?

- Hoe vertaalt dit zich naar de mogelijke maatregelen voor de verschillende alternatieven die Kustvisie beschouwt voor de Vlaamse Kust?
- Welke toepassingsmogelijkheden zijn er voor Nbs binnen Kustvisie en het toekomstige kustbeschermingslint?

Deze studie bouwt verder op de informatie die al verzameld werd tijdens de studies in het kader van Kustvisie. Daarnaast wordt er ook geput uit nationale en internationale literatuur van voorbeelden, waarbij Nbs werden gebruikt of aangewezen werden als oplossing voor kustbescherming naar aanleiding van de klimaatopwarming en de daartoe horende kustbedreigingen.

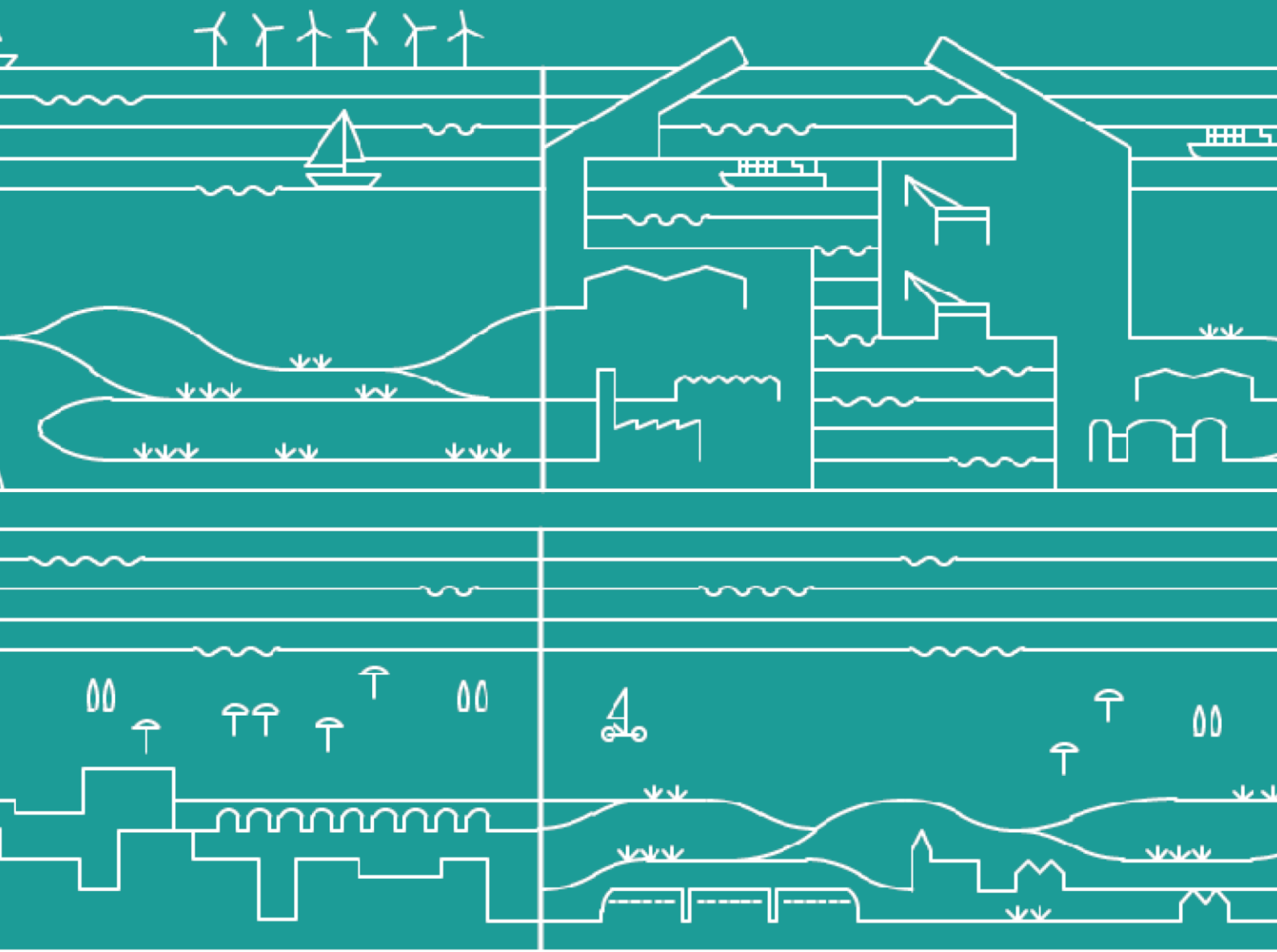
1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een inleiding van de term 'Nature-based Solutions' (Nbs) en de meest gekende definities. Verder worden de meest gangbare ecosysteemdiensten die een Nbs kan hebben in een mariene omgeving besproken.

Hoofdstuk 3 gaat over de verschillende soorten maatregelen die worden overwogen in het project Kustvisie. In Hoofdstuk 4 worden deze maatregelen verder besproken per toekomstige kustlijn.

Hoofdstuk 5 omvat de bespreking van de toepassingsmogelijkheden van Nbs voor de alternatieven langs de Vlaamse strandzones.

Als laatste wordt er in hoofdstuk 6 een conclusie beschreven die terugkoppelt naar de redelijke alternatieven in Kustvisie.



Nature-based Solutions

2 Nature-based Solutions

2.1 Definities

Het concept van "nature-based solutions" (op de natuur gebaseerde oplossingen) heeft zijn wortels in traditionele kennis en praktijken van inheemse volkeren over de hele wereld. Historisch gezien hebben gemeenschappen over de hele wereld natuurlijke processen en ecosystemen gebruikt om zich aan te passen aan en zich te beschermen tegen de omgeving. Denk aan het gebruik van vegetatie en natuurlijke barrières zoals mangroven en wetlands, voor bescherming tegen wind, water en erosie.

Echter, het concept van "nature-based solutions" zoals we het vandaag begrijpen, is meer formeel erkend en benoemd in recente jaren, vooral in het licht van klimaatverandering en duurzaamheidsuitdagingen. Het idee van het bewust en strategisch integreren van natuurlijke processen en ecosystemen in technologische oplossingen voor milieuproblemen heeft de aandacht gekregen als een effectieve en duurzame benadering. De term 'nature-based solutions' werd voor het eerst gebruikt door IUCN (International Union for Conservation of Nature) in 2009 en later naar voren gebracht als een overkoepelende term om de gemeenschappelijkheid van verschillende natuurconservatiebenaderingen te benadrukken.

NbS zijn benaderingen en maatregelen die gebruikmaken van de kracht en veerkracht van de natuur om duurzame oplossingen te bieden, voor maatschappelijke of klimaatgerichte uitdagingen, vandaag, in de nabije en verre toekomst. Deze benaderingen maken gebruik van ecosystemen en hun ecosysteemdiensten om op een holistische manier problemen aan te pakken, waarbij zowel ecologische, als sociale en economische aspecten worden geïntegreerd. Dit wordt ook samengevat in Figuur 2-1. Hier zijn enkele **definities** van natuur gebaseerde oplossingen:

- Het Europees Milieugentschap (European Environment Agency) definieert NbS als "Oplossingen die geïnspireerd zijn door de natuur en ondersteund worden door de natuur, die kosteneffectief zijn en tegelijkertijd milieu-, sociale en economische voordelen bieden en helpen bij het opbouwen van veerkracht. Dergelijke oplossingen brengen meer en meer diverse natuur en natuurlijke kenmerken en processen naar steden, landschappen en zeegebieden, door middel van lokaal aangepaste, hulpbronefficiënte en systematische ingrepen" (European Environment Agency, 2021). De Europese Commissie definieert NbS op een gelijkaardige manier.
- IUCN omschrijft NbS als "acties die de natuur gebruiken om problemen aan te pakken, zowel voor menselijke als voor ecologische duurzaamheid. Ze zijn ontworpen om sociaalecologische systemen te versterken, veerkracht op te bouwen en welzijn te bevorderen." (IUCN, 2020)
- Volgens het Wereld Natuur Fonds (World Wide Fund for Nature, WWF) zijn NbS "innovatieve benaderingen die de waarde en het potentieel van de natuur benutten om duurzame ontwikkeling te bevorderen. Ze omvatten het beschermen, herstellen en duurzaam beheren van ecosystemen, evenals het gebruik van duurzame natuurlijke hulpbronnen en het bevorderen van biodiversiteit."

Wat betreft de betekenis van de afzonderlijke woorden waaruit de term is samengesteld, wijzen sommige bronnen (Albert *et al.*, 2019) op het beschrijvende deel van de eerste term ('natuur gebaseerd'), wat wijst op de essentiële rol van natuurlijke of zelfregulerende ecosysteemprocessen. Ten tweede impliceert het woord 'oplossing' dat een vooraf bepaalde uitdaging moet worden opgelost, dus worden de ecosysteemprocessen beoordeeld op hun bijdrage aan probleemoplossing.



Figuur 2-1: Natuur gebaseerde oplossingen volgens IUCN (Cohen-Shacham et al., 2016).

Om een mitigatiemaatregel of oplossing als Nbs te classificeren, heeft IUCN ook een **Global standard for Nature-Based Solutions** geschreven (IUCN, 2020). Zowel het Europees Milieugentschap als het Wereld Natuur Fonds verwijzen naar deze standaarden om een Nbs te definiëren.

De standaard bevat **8 criteria met 28 ondersteunende indicatoren** die de gebruiker kunnen begeleiden in:

1. het beoordelen van in hoeverre een voorgestelde oplossing voldoet aan de criteria voor Nbs en het identificeren van mogelijke acties om de robuustheid van de ingreep verder te versterken, gebruikmakend van de schaal 'sterk', 'adequaat', 'gedeeltelijk' en 'onvoldoende'; en
2. het doelgericht ontwerpen van een oplossing die voldoet aan de criteria en indicatoren, waarbij adaptieve beheermechanismen worden ingebouwd om de relevantie en robuustheid van de oplossing gedurende de levensduur te waarborgen.

Hieronder worden de 8 criteria verder besproken. Elke criterium heeft indicatoren die de gebruiker kunnen helpen bij het evalueren:

- Criterium 1: richt zich op het belang van het duidelijk identificeren van de maatschappelijke uitdaging waarop de oplossing zal reageren. Soms kan dit betrekking hebben op meer dan één belangrijke prioriteit. Het doel van dit criterium is ervoor te zorgen dat er bewuste en doelgerichte ontwerpen zijn om aan de behoeften van het menselijk welzijn te voldoen.
- Criterium 2: begeleidt het ontwerp van een Nbs wat betreft belangrijke ruimtelijke overwegingen, vaak aangeduid als een landschapsbenadering.
- Criterium 3, 4 en 5: komen overeen met de drie belangrijke dimensies van duurzame ontwikkeling - milieu duurzaamheid, sociale rechtvaardigheid en economische levensvatbaarheid.
- Criterium 6: richt zich op de praktische aspecten van het afwegen en balanceren van de compromissen die inherent zijn aan de meeste besluitvorming op het gebied van natuurlijke hulpbronnen, inclusief het verzoenen van lange termijn en korte termijn behoeften. Het benadrukt dat beslissingen over compromissen worden genomen met volledige transparantie, openbaarmaking en consensus onder alle betrokken belanghebbenden.
- Criterium 7: bevordert een adaptieve benadering van het beheer, waarbij leren en acties elkaar aanvullen om een standaardgebruiker in staat te stellen de oplossing te ontwikkelen en te verbeteren.
- Criterium 8: bevordert integratie binnen het nationale beleid, wat essentieel is om de lange termijn duurzaamheid en duurzaamheid van een Nbs te ondersteunen. Door afstemming met beleid, nationale en mondiale verbintenissen, evenals het delen van lessen om andere oplossingen te informeren, kan dit worden bereikt.

Het is belangrijk op te merken dat het classificeren van een maatregel of oplossing als NbS afhankelijk is van de specifieke context en doelstellingen. Een holistische beoordeling van de kenmerken en doelen van een maatregel is vereist om te bepalen of deze als een NbS kan worden beschouwd.

Bij het bespreken van NbS komen verschillende definities en terminologieën naar voren, en men kan gemakkelijk verward raken door de verschillende bewoordingen die worden gebruikt in wetenschappelijke publicaties, beleidsdocumenten en aanbevelingen.

NbS worden beschouwd als een overkoepelend kader voor op ecosystemen gebaseerde benaderingen die worden gebruikt om belangrijke maatschappelijke uitdagingen aan te pakken (Cohen-Shacham et al., 2016) (zie Figuur 2-1). Bijkomende concepten die onder de NbS-paraplu vallen, zijn onder andere:

- **Natuurlijke oplossingen** (bv. de rol van beschermde gebieden bij de bestrijding van klimaatverandering);
- Op **ecosystemen gebaseerde aanpassing** (EbA);
- **Ecosysteem-gebaseerde rampen risicovermindering** (EcoDRR);
- **Groene infrastructuur** (voor economische groei en investeringen, in stedelijke context);
- **Natuurlijke infrastructuur** (voor duurzaam geïntegreerd waterbeheer); en
- **Holistisch of regeneratief landschapsbeheer.**

Om het concept te structureren en een duidelijke **werkdefinitie voor dit rapport** te definiëren, werd de term 'op de natuur gebaseerde oplossing' geïdentificeerd als de breedst overkoepelende term voor de maatregelen die in dit rapport worden onderzocht: *"NbS zijn strategieën die gebruikmaken van de **natuurlijke systemen** en **processen** om op een **duurzame** manier problemen aan te pakken, **veerkracht** op te bouwen en **welzijn** te bevorderen. Ze kunnen variëren van het herstellen van wetlands en bossen tot het implementeren van groene infrastructuur in stedelijke gebieden om de effecten van klimaatverandering, zoals vb. overstromingen, droogte en andere uitdagingen aan te pakken."*

2.2 Ecosysteemdiensten

NbS zijn nauw verbonden met verschillende ecosysteemdiensten (ESD), die de voordelen vertegenwoordigen die mensen ontvangen van natuurlijke ecosystemen. ESD kunnen opgedeeld worden in categorieën, nl. producerende (of voorzienende), regulerende, culturele en ondersteunende diensten (zie Tabel 2-1). Producerende of voorzienende ecosysteemdiensten zijn het meest voor de hand liggend omdat de opbrengsten duidelijk zichtbaar zijn, het gaat hier om drinkwatervoorziening, voedselproductie, houtproductie en dergelijke. Regulerende diensten zijn minder zichtbaar en vaak ook minder bekend. Hier gaat het om diensten die helpen de bodem kwaliteit te onderhouden, opslag van CO₂, luchtzuivering, etc. Culturele diensten, zijn ESD die (on) rechtstreeks invloed hebben op de mens: een betere leefomgeving bieden, recreatie, erfgoed, geloof etc. Ondersteunende diensten zijn de ESD zoals de nutriëntenkringloop en de bodemvorming die van belang zijn voor de ecosystemen en ESD uit de andere categorieën.

In dit rapport wordt gefocust op de meest gangbare ecosysteemdiensten waarmee NbS geassocieerd worden aan de Vlaamse kust. Zo kunnen NbS helpen bij het reguleren van het klimaat door het opnemen en opslaan van koolstofdioxide (CO₂) uit de atmosfeer. Dit omvat bijvoorbeeld de aanleg of het herstel van wetlands en biogene riffen of duingrassen, die koolstof opnemen en opslaan. Duinen en kustmoerassen dienen bijvoorbeeld als natuurlijke barrières en verminderen de impact van golven en erosie, waardoor ze als NbS bescherming kunnen bieden tegen natuurrampen en natuurlijke gevaren, zoals stormen, overstromingen en kusterosie. NbS bieden ook ondersteunende ESD aan en kunnen ook bij dragen j aan het behoud en herstel van biodiversiteit door het creëren, beschermen of herstellen van natuurlijke habitats. Dit biedt leefruimte voor verschillende planten- en diersoorten en ondersteunt de veerkracht en het evenwicht van ecosystemen.

Verder bieden NbS ook een rechtstreekse of onrechtstreekse bijdrage aan recreatie en cultureel welzijn. Ze leveren recreatieve en culturele voordelen zoals toegankelijke groene ruimtes, parken, natuurgebieden en kustgebieden. Deze bieden mogelijkheden voor ontspanning, sport, educatie en culturele activiteiten, wat bijdraagt aan het welzijn en de levenskwaliteit van mensen.

Als laatste kunnen ze ook bijdragen aan de visserij en aquacultuur-productiviteit en voedselzekerheid. Bijvoorbeeld, het bevorderen van biodiversiteit en het herstellen van de zeebodem zal op lange termijn de opbrengst verhogen en de veerkracht van de visbestanden versterken.

Het identificeren en benutten van deze ESD vormt de basis van NbS en benadrukt de waarde van het behoud en herstel van natuurlijke ecosystemen voor het welzijn van zowel de mens als de natuur.

De Vlaamse kuststreek is gekenmerkt door een sterke correlatie tussen ecologische en socio-economische belangen. Het concept van ecosysteemdiensten zorgt ervoor dat het belang van een gezond functionerend ecosysteem als basis kan gebruikt worden voor de socio-economische welvaart. Het geeft de afhankelijkheid weer tussen verschillende sectoren en het ecosysteem functioneren van de natuurwaarden langs onze kust.

Bij het ontwikkelen van een visie voor de kust is het cruciaal om naast ecologische doelstellingen (natuurdoelen) ook rekening te houden met deze verschillende socio-economische belangen (ecosysteemdiensten).

In het rapport 'Referentiesituatie ESD' van Kustvisie werd uitvoerig onderzoek gedaan naar het huidige aanbod van ecosysteemdiensten langsheen de Vlaamse kustlijn (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023a). Hieronder wordt een overzicht gegeven van de ESD uit dit rapport.

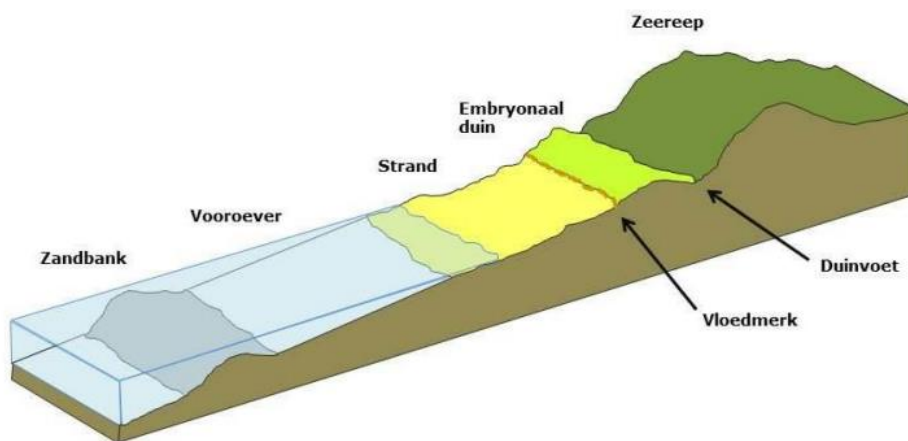
Tabel 2-1: Overzicht ecosysteemdiensten

ECOSYSTEEMDIENSTEN			KUSTELEMANT				
			ZEE VOOROEVER	EN DUIN	STRAND EN SLIK/SCHOR	DIJK/PROME NADE	HAVENS
Natuurlijkheid	Ondersteuning (Ecologische processen)	Instandhouding biogeochemische processen (incl. hydrodynamica en morfologie) Primaire productie en ondersteuning voedselwebben Sedimenthuishouding en nutriëntencycli Bentho-pelagische koppeling	✓		✓		
	Ondersteuning (Habitat en biodiversiteit)	Instandhouding van habitats en kweekpopulaties (incl. bescherming van de genenpoel)	✓	✓	✓	✓ <i>(mits ecologische inrichting)</i>	✓
Maatschappij	Productie	Voedselproductie Drinkwatervoorziening Abiotische energiewinning Andere materialen (o.a. zand en grind) Watervoorziening grondwater (incl. infiltratie)	✓	✓	✓	✓	
	Regulatie	Onderhoud van stromingen Massastabilisatie en beheersing erosiesnelheden Hydrologische cyclus (incl. zoutintrusie en verziltingsdynamiek) Bescherming tegen overstromingen vanuit de zee Klimaatregulatie Regulatie zee- en oppervlaktewaterkwaliteit	✓	✓	✓	✓	✓
	Cultuur	Beleving recreanten en toeristen Beleving omwonenden (bv. zeezicht) Instandhouding culturele, spirituele en symbolische waarden	✓	✓	✓	✓	✓
		Bevordering van fysieke gezondheid en herstel Bevordering van mentaal welzijn	✓	✓	✓	✓	

In het rapport '**Referentiesituatie ESD**' wordt verder ingegaan op de toestand van de ESD aan onze Vlaamse kust en de impact die de zeespiegelstijging zal hebben (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023b).

In Kustvisie wordt er vertrokken van kustbescherming als hoofddoelstelling. Deze regulerende ecosysteemdienst omschrijft de vraag naar, het aanbod en het gebruik van bescherming die de kust biedt tegen overstromingen vanuit de zee. Deze bescherming wordt gerealiseerd door middel van zeewerende en 'natuurlijke' structuren in te zetten. Het intergetijdengebied met daarachter het strand en de duinen bieden deze bescherming voor het achterliggende lager gelegen deel van de kustvlakte. Grote delen van deze vlakte liggen al onder het zeeniveau bij hoogwater en zijn bijzonder kwetsbaar voor de gemiddelde jaarlijkse stormen. De belangrijkste bedreiging gaat uit van stormvloed en doorbreekt (Provoost et al., 2014). Om de meest kwetsbare zones aan de kust te identificeren werd een veiligheidsscan (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023c) uitgevoerd uitgaande van de huidige situatie inclusief volledige uitvoering van het Masterplan Kustveiligheid. De resultaten tonen op welke plaatsen langs de kust extra ingrepen nodig zijn, om ook in de toekomst blijvend bescherming te bieden tegen overstromingen vanuit de zee. Hieruit blijkt dat bij toenemende zeespiegelstijging steeds grotere zones van de Vlaamse kust onveilig worden. Er kan worden gesteld dat bij een zeespiegelstijging van 3 m de Vlaamse kust grotendeels onveilig wordt en er grootschalige overstroming van het achterland kan optreden tijdens extreme stormen.

Het gehele natuurlijke systeem draagt bij aan de kustbescherming en omvat verschillende landschapscomponenten, zoals de zandbanken in zee tot de duinen achter het strand en alles wat er tussen ligt (Figuur 2-2).



Figuur 2-2: Schema van de verschillende natuurlijke structuren die bijdragen tot de bescherming tegen overstromingen en kusterosie (Provoost et al., 2014).

De ESD zijn sterk afhankelijk van de toestand en de locatie van het ecosysteem; de duinen die instaan voor de bescherming tegen overstroming moeten voldoende zandvolume bevatten, dat bestand is tegen de erosieve werking van golven en stormvloed. De breedte en vooral de hoogte van het duin dragen sterk bij tot de ecosysteemdienst.

Naast andere complementaire elementen zijn vegetaties die bijdragen aan het stabiliseren van het zandvolume van essentieel belang. Een beperkt aantal soorten speelt hierbij een cruciale rol. Op het hoog strand worden embryonale duinen (zie Figuur 2-2) voornamelijk gevormd door de ophoping van zand tussen biestargras (*Elymus farctus*), een sterk zouttolerante soort die de overgang vormt tussen de vloedmerken op het strand en de eigenlijke duinen.

De belangrijkste zandfixerende soort in de duinen is helmgras (*Ammophila arenaria*). Dit gras groeit zowel horizontaal als verticaal snel mee bij overstuiving. Daarnaast zijn duinzwenkgras (*Festuca juncifolia*), zandzegge (*Carex arenaria*), en kruipwilg (*Salix repens*) belangrijke zandfixeerdere, vooral bij minder sterke dynamiek. Bij afwezigheid van helmgras of andere zandfixeerdere wordt de vegetatie kwetsbaar omdat de mogelijkheid om mee te groeien met het sediment sterk beperkt is. Zelfs lichte overstuiving kan dan leiden tot volledige vernietiging van het plantendek, waardoor de wind vrij spel krijgt met het sediment.

Dynamische helmduinen hebben, dankzij de eigenschappen van de kenmerkende soorten, een natuurlijk vermogen tot zelfherstel bij duinerosie, en dragen in belangrijke mate bij aan ecosysteemdiensten. Gefixeerde duinen, die niet langer worden overstoven, dragen direct bij aan de kustbescherming doordat ze bresvorming vermijden bij stormen. Ook indirect dragen ze bij aan de bescherming tegen overstroming, doordat ze een sedimentreserve vastleggen. Het specifieke type begroeiing speelt daarbij een minder belangrijke rol.

Door het ingrijpen op de bepaalde zones van de kust om de kustbescherming te garanderen kan men door gebruik te maken van NbS verschillende ecosysteemdiensten gaan versterken en herstellen. Door de duinen verder aan te leggen kunnen andere voorzienende, regulerende, ondersteunende en ook culturele diensten verder ontwikkeld worden.

2.3 Natuur inclusief ontwerp

Terwijl NBS gebruikmaken van de kracht van functionerende of gezonde ecosystemen als infrastructuur om natuurlijke diensten te leveren ten behoeve van de samenleving en het milieu, zijn **natuurafgeleide en natuur geïnspireerde oplossingen**, die ook nodig zijn om een koolstofarme en duurzame toekomst te bereiken, anders.

Natuurafgeleide oplossingen of Natuur geïnspireerde oplossingen omvatten projecten zoals wind-, golf- en zonne-energie, die allemaal afkomstig zijn van de natuur en helpen bij het vervullen van de energiebehoeften met een lage koolstofuitstoot door productiemethoden die afkomstig zijn van natuurlijke bronnen. Hoewel deze energiebronnen uit de natuurlijke wereld komen, zijn ze niet direct gebaseerd op functionerende ecosystemen. Ze omvatten innovatieve ontwerpen en productie van materialen, structuren en systemen, die gemodelleerd zijn naar biologische processen en geïnspireerd zijn door de natuur. Biomimicry is een praktijk die strategieën in de natuur nabootst om uitdagingen op te lossen. Deze ontwerpen halen inspiratie uit de natuur, zoals zonnepanelen die fotosynthese nabootsen. Maar ze zijn niet gebaseerd op functionerende ecosystemen.



Figuur 2-3: Natuur geïnspireerde oplossing om energie op te wekken uit de wind (Bron: Belgian Offshore Platform)

Natuur inclusief ontwerp of Nature inclusive design (NID) is een ontwerpbenadering die streeft naar het integreren van natuurlijke elementen en processen in de gebouwde omgeving. Deze term omvat al de maatregelen die geïntegreerd zijn of toegevoegd worden aan een ontwerp, om geschikte habitat te laten toenemen voor inheemse soorten. Het is gericht op het creëren van duurzame, veerkrachtige en gezonde leefomgevingen waarin mens en natuur in harmonie kunnen samenleven. NID houdt rekening met ecologische principes en bevordert biodiversiteit, ecosysteemdiensten en het welzijn van zowel mens als natuur.



Figuur 2-4: Rif blok van cement met gaten om biodiversiteit te bevorderen (Bron: ARC Marine – Reef Cubes©)

NID gaat verder dan alleen het toevoegen van groene elementen aan de omgeving. Het omvat ook het begrijpen van de ecologische context, het bevorderen van natuurlijke processen en het integreren van duurzame technieken en materialen. Het doel is om een gebalanceerde relatie tussen de gebouwde omgeving en de natuur te creëren, waarbij het ontwerp zich aanpast aan en profiteert van de natuurlijke omgeving.

NbS aan de andere kant, verwijzen naar een breder scala aan benaderingen om maatschappelijke uitdagingen aan te pakken door gebruik te maken van natuurlijke processen. NbS omvatten strategieën die ecosystemen en hun diensten benutten om sociaal, economisch en ecologisch welzijn te bevorderen. Dit kan bijvoorbeeld het herstellen van wetlands voor overstromingsbeheersing zijn, het aanleggen van groene daken en gevels voor het verbeteren van stedelijke hitte-eilanden, of het bevorderen van natuurlijke infiltratie en waterzuiveringssystemen om de waterkwaliteit te verbeteren.

Hoewel NID en NbS overlappen in hun doelen en benaderingen, ligt de nadruk van NID meer op het ontwerpen en plannen van gebouwde omgevingen met respect voor en interactie met de natuurlijke omgeving. Het is een meer specifieke toepassing van de bredere concepten en principes van NbS, gericht op het creëren van leefomgevingen die duurzaam en veerkrachtig zijn door middel van het ontwerp en de integratie van natuurlijke elementen.

In sommige gevallen kunnen Nature-based Solutions (NbS) niet als solitaire maatregelen worden gebruikt voor kustbescherming aan de Vlaamse kust. Binnen Kustvisie wordt er naar oplossingen gezocht om ook bij verhoogde zeespiegelstijging de kust blijvend te beschermen. De huidige kustbescherming moet dus hoger worden in de toekomst. NbS zijn in sommige gevallen effectiever en duurzamer wanneer ze worden gecombineerd met traditionele kustbeschermingsmaatregelen, zoals harde constructies (zoals dijken en dammen). Deze gecombineerde aanpak wordt vaak aangeduid als "**hybride oplossingen**". Afhankelijk van de specifieke kenmerken en risico's van een bepaalde kustlocatie, kunnen NbS alleen mogelijk niet voldoende zijn om de kust volledig te beschermen tegen zeespiegelstijging, stormvloed en andere bedreigingen. In sommige gevallen kunnen hybride oplossingen, waarbij NbS worden gecombineerd met traditionele harde beschermingsmaatregelen, een betere en uitgebalanceerde benadering bieden. Door harde kustbeschermingsmaatregelen te combineren met NbS kan men mogelijk profiteren van de voordelen van beide benaderingen. Zo kunnen NbS bijdragen om de beschikbare zandbuffer voor bestaande of aan te passen harde constructies duurzamer te beheren door het stabiliseren van deze zandvolumes, of eventueel door ze natuurlijk te laten aangroeien, via bijvoorbeeld duinen of riffen. NbS kunnen bijvoorbeeld dienen als bufferzones en helpen bij het absorberen van golfenergie en aanleggen van sediment reserves, terwijl harde constructies de kustlijn beschermen tegen de directe impact van stormvloed. Door de extra bufferzone gevormd door de duinen of biogene riffen kan de hoogte van dijken ingeperkt worden.

2.4 NbS langs de Vlaamse kust

Kustecosystemen worden wereldwijd bedreigd en de toenemende druk van kustontwikkeling, klimaatverandering en de daarmee gepaard gaande zeespiegelstijging heeft aanzienlijke negatieve gevolgen voor kustbiodiversiteit en ecosysteem functioneren. Kusterosie, zeespiegelstijging en de toenemende frequentie en intensiteit van stormen en overstromingen zijn de grootste zorgen voor kustgemeenschappen. De focus op aanpassingsstrategieën neemt hierbij toe. Er is een groeiend besef van de noodzaak om gebruik te maken van natuurlijke kenmerken voor kustbeschermingsmaatregelen en veerkracht zoals NbS. Vanwege minder verstoring van sedimentdynamiek en bijkomende ecosysteemvoordelen, worden NbS voor kustbescherming steeds meer gezien als te verkiezen alternatieven in plaats van harde of grijze structuren zoals golfbrekers en dijken. Ook in het Vlaamse beheer en beleid van de kustbescherming werd hier reeds aandacht aan geschonken bij het uitwerken van de maatregelen voor het Masterplan Kustveiligheid en de verdere opvolging ervan en geldt het Vlaamse kustbeschermingsbeleidsprincipe "zacht waar het kan, hard waar het moet" (Afdeling Kust, 2011) en (Agentschap Maritieme Dienstverlening & Kust, 2021).

Om te zorgen voor een **veerkrachtige en multifunctionele kustbescherming** kan het nodig zijn om complementaire maatregelen te combineren die foreshore- (het gebied tussen de laag- en hoogwaterlijn), backshore- (het gebied achter de duinen) en duinbescherming faciliteren en tegelijkertijd ecologische connectiviteit mogelijk maken (Cheong et al., 2013).

De **Vlaamse kust** is 67 kilometer lang en bestaat uit vier kuststeden en zes kustgemeenten, er zijn twee belangrijke handelhavens en vier recreatieve jachthavens. De Kuststreek is dichtbevolkt en heeft een enorme socio-economische waarde. Daarnaast zijn er ook tal van waardevolle natuurgebieden. Langs de Vlaamse kust zijn verschillende NbS geïmplementeerd om de diverse uitdagingen van klimaat wijziging, zeespiegelstijging en stormweer aan te pakken. Hier zijn enkele **voorbeelden van NbS-projecten en -maatregelen** die succesvol zijn geweest of waaruit lessen zijn geleerd:

- Het **Zwin Natuur Park** is een bekend NbS-project aan de Vlaamse kust. Het gebied werd heringericht om een grotere oppervlakte getijdennatuur te vergroten en door de grotere wateruitwisseling de verzanding van de Zwingeul aan te pakken. De bouw van de nieuwe stevigere zeeverende dijk rondom het gebied helpt het achterland tegen overstromingen te beschermen. Daarnaast helpt het de recreatie te ondersteunen. Door de herinrichting van het gebied zijn er slikken, schorren en duinlandschappen ontstaan, waardoor het een belangrijke broed- en rustplaats is geworden voor trekvogels. Het project heeft geleid tot een toename van de biodiversiteit en heeft ook educatieve en toeristische waarde.
- Langs de Vlaamse kust zijn verschillende **duinherstelprojecten** uitgevoerd om de natuurlijke veerkracht van de duinen te vergroten. Deze projecten omvatten het herstellen van duinvegetatie, het creëren van nieuwe duinpannen en het beperken van verstoring door menselijke activiteiten. Dergelijke maatregelen hebben geholpen om de stabiliteit van de duinen te vergroten, waardoor ze beter bestand zijn tegen erosie en stormen.

- In sommige kustgemeenten in België zijn **strandvoedselbanken** opgezet als een Nbs-initiatief. Dit houdt in dat aangespoeld zeewier wordt verzameld en gebruikt als een natuurlijke meststof voor de landbouw. Op deze manier wordt zeewier op een duurzame manier hergebruikt, wat de kustecosystemen helpt beschermen en bijdraagt aan circulaire landbouwpraktijken.

In 2011 ging het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK) met het **Masterplan Kustveiligheid** (MPKV) van start waarbij verschillende maatregelen werden ingezet om onze kust te beschermen tegen zware stormvloed (Figuur 2-5). Deze maatregelen zouden onze kust moeten beschermen tot minstens 2050 tegen overstromingen waarbij er rekening wordt gehouden met een zeespiegelstijging van 30 cm.

Het MPKV overweegt ook een aantal Nbs in te zetten om de kustbescherming te garanderen en onderzoekt ook de mogelijkheid om bepaalde concepten uit het buitenland bij ons in te zetten:

- Duin-voor-dijk concept: Er werden duinen zeewaarts aan de dijken aangelegd wat voor een grotere zandbuffer heeft gezorgd en dus op deze manier ook een betere bescherming tegen overstromingen. De duinen werden voorzien van helmgras wat een typische duinvegetatie is om zandoverlast te beperken. In Middelkerke en Raversijde (Oostende) werd dit concept al toegepast en worden deze momenteel gemonitord door het beleidsdomein MOW, UGent en KULeuven.
- Vooroeversuppletie: om de natuurlijke aangroei van het strand te bevorderen wordt de vooroever van de kust aangevuld met zand. Het getij, de golfslag en de wind zullen dan dit zand verder transporteren naar het strand. Dit concept is locatie afhankelijk en werd al op kleine schaal toegepast in Oostende en Knokke. De resultaten van deze testen zijn veelbelovend en worden verder gemonitord door het beleidsdomein MOW.
- Verhoging zandbanken en ecoriffen: Zandbanken verhogen met ecoriffen levert een belangrijke ecologisch voordeel op en kan tegelijkertijd de kust beschermen. Momenteel loopt het proefproject Coastbusters waarin er drie soorten onderzocht worden voor de aanleg van ecoriffen (De Blauwe Cluster, 2018).
- Zandmotor: Dit is een alternatief voor de regelmatige onderhoudssuppleties op het strand en werd al succesvol toegepast in Nederland. Deze vorm van kustbescherming langs de Vlaamse kust wordt momenteel nog onderzocht door het beleidsdomein MOW maar zou ook overwogen kunnen worden in de toekomst.
- Natuurbeheer stranden: het onderhouden en herstellen van de bestaande natuurlijke systemen is ook een belangrijke stap in Nbs en omvat het beschermen van de embryonale duinen langs de hoogwaterlijn. Betreding, machinale reiniging, wegen en paden, en nivellering van de hoge stranden kunnen de begroeiing bedelven onder het zand en zo verhindert de menselijke druk de natuurlijke groei van duinen. Na de lockdown van 2020 was er meer begroeiing op de stranden doordat er weinig activiteit was op de hoogstranden. Op de Oosteroever in Oostende werd een zone afgebakend om de begroeiing te beschermen en werd er een natuurlijke duinontwikkeling geobserveerd. Het aanplanten van helmgras droeg ook bij aan dit proces.

De mate waarin elk van deze maatregelen voldoen aan de definitie van Nbs wordt besproken in hoofdstuk 5.3.



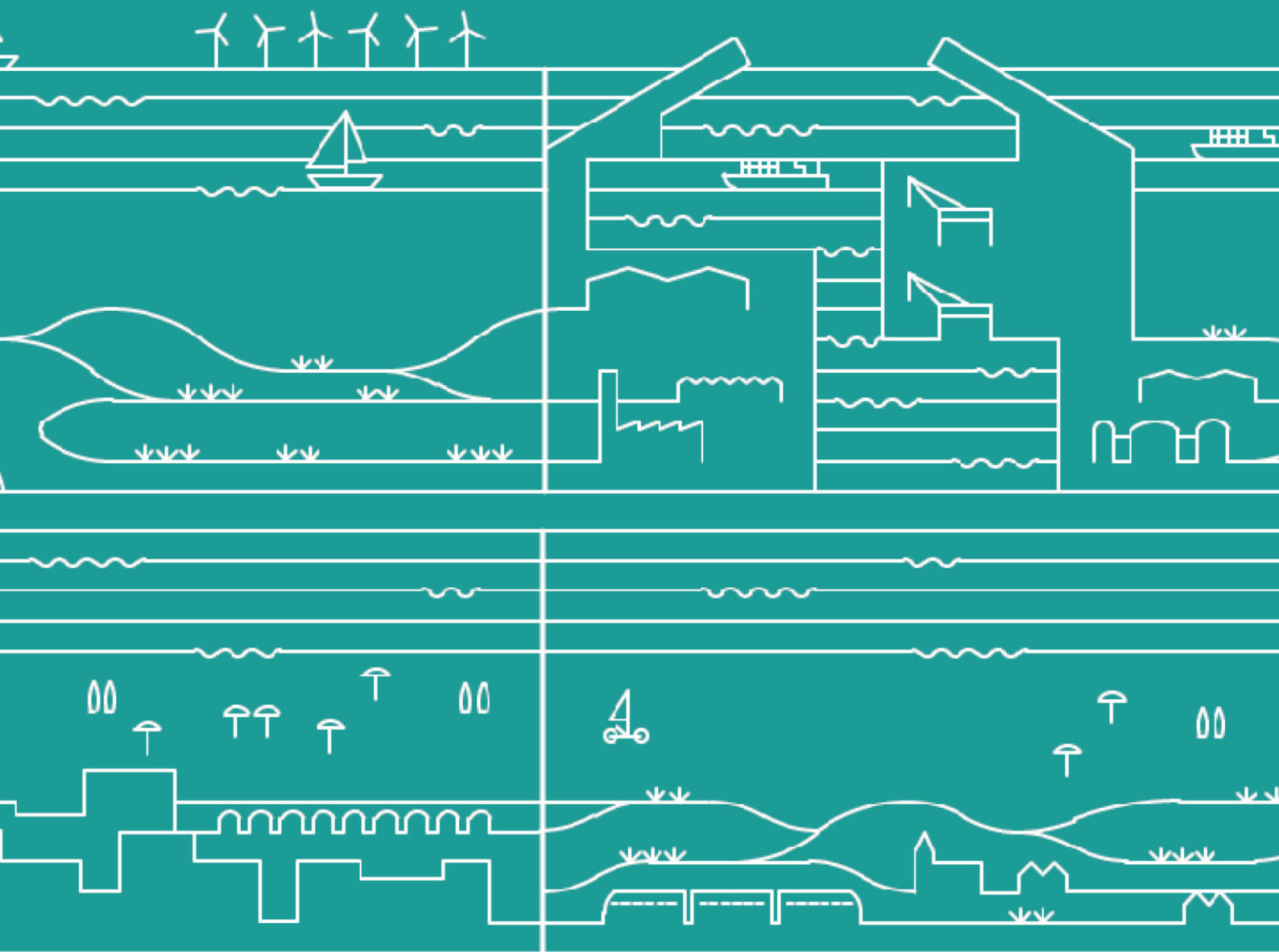
Figuur 2-5: Overzicht maatregelen van het Masterplan Kustveiligheid dat van start ging in 2011 (bron: <https://www.agentschapmdk.be/nl/masterplan-kustveiligheid>)

Naast onderzoek dat uitgevoerd wordt door het beleidsdomein MOW, wordt er in verschillende vakgebieden **onderzoek** gevoerd **naar Nbs aan de Vlaamse kust** door het agentschap voor Natuur en Bos (ANB) en het Instituut Natuur- en Bosonderzoek (INBO), de academische wereld en de private sector.

In het verleden zijn er langs de Vlaamse kust harde structuren zoals strandhoofden en dijken gebouwd om de kust te beschermen tegen erosie. Deze benadering kan echter negatieve gevolgen hebben voor het natuurlijke evenwicht van kustecosystemen. Het kan leiden tot verlies van stranden, aantasting van habitats en verminderde veerkracht van het kustgebied. Hoewel dijken en golfbrekers kunnen worden ingezet als middelen voor kustbescherming, vallen ze buiten de definitie van Nbs vanwege hun kunstmatige aard en de mogelijke negatieve effecten op de natuurlijke kustprocessen en habitats. In plaats daarvan vallen deze maatregelen onder traditionele grijze infrastructuur, die gebruikmaakt van harde en kunstmatige structuren.

Het herstellen van aangetaste kustecosystemen vergt tijd en geduld. Het kan moeilijk zijn om een natuurlijke balans te herstellen, vooral wanneer er sprake is van langdurige verstoringen zoals verstedelijking, vervuiling en klimaatverandering. Het is belangrijk om realistische verwachtingen te hebben en adaptieve beheerstrategieën toe te passen om te leren van de resultaten en aan te passen waar nodig.

Het is essentieel om voortdurend onderzoek, monitoring en evaluatie uit te voeren om de effectiviteit van Nbs-projecten op te volgen.



Kustvisie

3 Kustvisie

3.1 Doelstelling

De centrale doelstelling van het strategisch beleidsplan Kustvisie (en het kustbeschermingslint) is het blijvend beschermen van de kust tegen de ontwerpstorm (de zogenaamde 1000-jarige storm) bij hogere en versnelde zeespiegelstijging tot +1, +2 en zelfs tot +3m. Om dit te bereiken, zoeken we naar een 'beschermingslint' dat de strandzones en havens met elkaar verbindt.

Er wordt gesproken van een **kustbeschermingslint** omdat er met Kustvisie een toekomstige kustlijn met bijhorende ruimte afgebakend wordt. In deze ruimte kunnen dan de beschermingsmaatregelen worden uitgevoerd. Met Kustvisie wordt beoogd om de kust te beschermen, duurzaam te ontwikkelen en veerkrachtig te maken tegen de uitdagingen van klimaatverandering, bevolkingsgroei en veranderende behoeften van zowel de lokale bevolking als toeristen.

Enkele belangrijke aspecten van Kustvisie zijn als volgt:

- Participatief proces: Kustvisie is tot stand gekomen via een participatief proces waarbij belanghebbenden, waaronder lokale gemeenten, overheden, natuur- en milieuorganisaties, bedrijven en het grote publiek, betrokken waren. Dit zorgt voor een brede betrokkenheid en het integreren van verschillende perspectieven bij het vormgeven van de toekomst van de kustregio.
- Duurzaamheid en veerkracht: Het project streeft naar duurzame ontwikkeling en veerkracht van de kustregio. Het omvat maatregelen om de natuurlijke kustprocessen en ecosystemen te behouden en te versterken, zoals het herstel van duinen, het creëren van natuurgebieden en het bevorderen van biodiversiteit. Het benadrukt ook het belang van klimaatadaptatie en het verminderen van de kwetsbaarheid voor overstromingen en erosie.
- Balans tussen economie en natuur: Kustvisie erkent de economische waarde van het toerisme en de recreatieve sector aan de kust, maar streeft naar een evenwicht tussen economische ontwikkeling en het behoud en versterken van de natuurlijke en landschappelijke kwaliteiten van de kustregio. Het houdt rekening met de draagkracht van het gebied en streeft naar een duurzame ontwikkeling die de leefbaarheid voor de lokale bevolking behoudt en de natuurlijke hulpbronnen beschermt.
- Toekomstbestendigheid: Kustvisie heeft betrekking op een langetermijnvisie voor de kustregio en anticipeert op veranderingen en uitdagingen die zich in de toekomst kunnen voordoen. Het omvat strategieën om flexibel en adaptief te zijn, zodat het kan reageren op veranderende omstandigheden en nieuwe inzichten.

Bij de start van Kustvisie werden in het **kader van ambities** vier doelstellingen gedefinieerd waaraan het uiteindelijk voorkeursalternatief moet voldoen. Het alternatief moet **toekomstgericht, beschermend, aantrekkelijk en haalbaar** zijn. Het toekomstige kustbeschermingslint is bij voorkeur een op natuur gebaseerde oplossing waarbij aan de vier doelstellingen wordt voldaan.

Kustvisie streeft naar een geïntegreerde en evenwichtige benadering van de ontwikkeling van de kustregio, waarbij rekening wordt gehouden met de natuurlijke, economische en sociale aspecten. Het biedt een kader voor duurzame ontwikkeling en beheer van de kust, en dient als leidraad voor toekomstige besluitvorming en investeringen in het gebied.

3.2 Mogelijke kustbeschermingsmaatregelen

In Kustvisie wordt onderzocht welke ruimte is aangewezen voor een toekomstige kansrijke zeewering. Die zeewering bestaat uiteraard uit kustveiligheidsmaatregelen die mee de ruimte bepalen. In het ondersteunende onderzoek van Kustvisie worden mogelijke kustbeschermingsmaatregelen bestudeerd. Deze maatregelen, hun (grootteorde) dimensies en hun toepassingsmogelijkheden (bijvoorbeeld geen harde ingrepen in duingebieden) zijn daarbij de input voor het ontwerpend onderzoek bij de opbouw en invulling van de alternatieven en ook voor de evaluatie ervan. Op deze manier wordt aangegeven wat de potenties zijn voor de invulling en toepassing in de bestudeerde alternatieven, en worden waar mogelijk richtlijnen of aandachtspunten voor de toepassing van maatregelen meegegeven. Belangrijk is daarbij te onthouden dat deze mogelijke invullingen geen voorafname zijn op de toekomstige ontwerpen op projectniveau van de kustbeschermingsmaatregelen voor elk van de alternatieven. Het strategisch beleidsplan Kustvisie maakt enkel een keuze voor de ligging en de ruimte van het kansrijke kustbeschermingslint.

De kustlijn is voortdurend in beweging en haar ligging is door de tijd heen mee geëvolueerd met opeenvolgende veranderingen in zeespiegel. Klassiek wordt de kustlijn gezien als de overgang tussen land en zee, maar haar ligging is omgevingsafhankelijk: ze wordt bepaald door een samenspel van stroming en golven, zandbanken, getijden en duinlandschappen. Het is met andere woorden het rijke en diverse kustlandschap in haar geheel dat de ligging van de kustlijn bepaalt (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023d). In het synthese rapport **'Optiespectrum kustlijnen'** worden de verschillende toekomstige liggingen van de kustlijn besproken. Deze ligging bepaalt mee de ruimte die beschikbaar is voor de toekomstige kustbeschermingsmaatregelen.

Kustbeschermingsmaatregelen zijn methoden, technieken of benaderingen die op zichzelf, of in combinatie met andere kustbeschermingsmaatregelen, kunnen worden toegepast om veiligheidsdoelstellingen te bereiken en kunnen ook andere voordelen bieden. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen solitaire maatregelen en complementaire maatregelen:

- **Solitaire maatregelen** zijn in staat om op zichzelf kustveiligheid te bieden voor de beschouwde zeespiegelstijging. Ze richten zich voornamelijk op het creëren van voldoende hoogte en buffer in de zeewering.
- **Complementaire** of aanvullende maatregelen kunnen alleen voldoende veiligheid garanderen wanneer ze samen met andere maatregelen worden uitgevoerd. Deze maatregelen kunnen bijdragen aan het beperken van de omvang van andere maatregelen, al dan niet solitair.

In het geïntegreerd onderzoek wordt voornamelijk gewerkt met solitaire maatregelen, met uitzondering van strandsuppleties, omdat deze dienen als basis voor bijna alle interventies langs de kust. Complementaire maatregelen op zich volstaan immers niet om de gewenste bescherming te bieden.

Er zijn verschillende **soorten kustbeschermingsmaatregelen**, variërend van harde oplossingen tot zachte maatregelen en combinaties daarvan of hybride maatregelen. Het principe van NbS krijgt steeds meer aandacht en wordt al toegepast binnen het Masterplan Kustveiligheid (Afdeling Kust, 2016). In hoofdstuk §2.4 werden de concepten die momenteel al toegepast of onderzocht worden al besproken. NbS houdt rekening met natuurlijke elementen en processen om kustbescherming te realiseren. Het omvat voornamelijk zachte maatregelen of combinaties van harde en zachte maatregelen, maar kan ook geïntegreerd worden met harde maatregelen.

De uitvoering van de maatregelen kan op verschillende manieren plaatsvinden:

- **Zachte maatregelen** zijn gebaseerd op het gebruik van sediment, met name zand, zoals vooroever- en strandsuppleties, duinmaatregelen en zee-eilanden (opgebouwd uit zand of andere sedimenten). Deze maatregelen zijn onderhevig aan natuurlijke processen, zoals erosie en sedimentatie, en kunnen in de loop der tijd veranderen.
- **Harde maatregelen** zijn constructies zoals strandhoofden, golfbrekers en dijken, gemaakt van harde materialen zoals steen en beton. Deze maatregelen hebben over het algemeen een lange levensduur.
- **Hybride maatregelen** zijn combinaties van harde en zachte maatregelen, zoals dijken in duingebieden of grasdijken. Bestaande harde maatregelen in duingebieden kunnen worden versterkt, maar er worden geen nieuwe harde maatregelen toegevoegd waar deze nog niet aanwezig zijn (zie ook §2.3).

De kustzone (het deel van de kust tussen de laagwaterlijn en (inclusief) de 'zeewering' zoals duin, dijk of kaaimuur) is in drie soorten kust onder te verdelen (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023b) (zie Figuur 3-1):

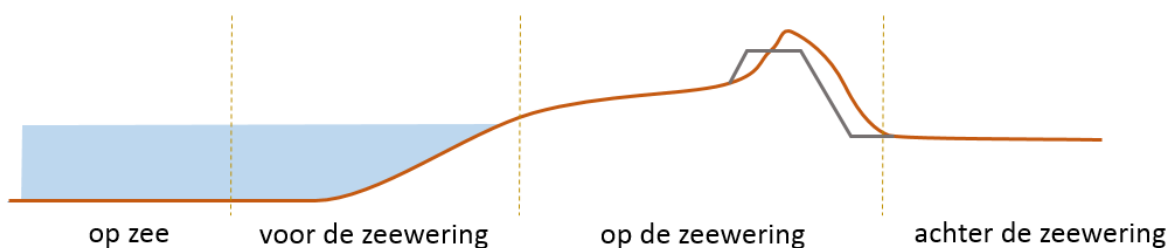
1. **De duinen:** in dit landschap gaat het strand langzaam over in de duinen. De overgang varieert langsheen de kust. Op sommige locaties is er een volledig zandige kust, terwijl op een aantal locaties een dijk is gelegen tussen het strand en de duinen.
2. **Zeegaten en havens:** hier reikt een verdiepte vaargeul vanuit de Noordzee tot in het achterland. Zeebrugge is de grootste haven, gevolgd door Oostende. De havens van Blankenberge en Nieuwpoort zijn kleinere havens. Ter hoogte van het Zwin komt een zeegat voor. Dit zeegat bestaat uit een opening in de duinen en het strand met een geul waardoor er wateruitwisseling is met het achterliggende slikken en schorregebied.
3. **De badplaatsen:** op deze locaties hebben de duinen plaats gemaakt voor bebouwing op en achter de zeewering. Voor de bebouwing is ofwel een zeedijk aanwezig met promenade of duin of enkel een bestrating (zonder dijk).



Figuur 3-1: Illustratie drie soorten kust

Op basis van de kustzone verdeling, is ook **de locatie ten opzichte van de huidige zeewering (voor, op of achter)** belangrijk in het ontwerpen van de maatregelen. Figuur 3-2 illustreert de ruimtelijke oriëntatie van de maatregelen op een kustdwarsdoorsnede:

- Op zee: verder weg van het strand, in diepere wateren, op de zandbanken.
- Voor de zeewering: in de ondiepe zone direct aan het strand of voor de dijk.
- Op de zeewering: op en achter de dijk, op het droge strand, in de duinengordel, in het havengebied.
- Achter de zeewering: in het achterland van de zeewering, zoals polders en stadsgedeelten achter de dijk en/of de primaire zeewering.



Figuur 3-2: Locatie maatregelen t.o.v. huidige zeewering

Bij aanvang van Kustvisie werd een **long list gemaakt van alle mogelijke kustbeschermingsmaatregelen**. Nadien werd bekeken welke maatregelen zinvol zijn voor de Vlaamse kust, en in welke categorie ze vallen: solitair / complementair en hard / zacht / hybride. Tabel 3-1 hieronder geeft een overzicht van alle mogelijke maatregelen en opgedeeld volgens locatie en andere kenmerken (Consortium Hooftij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023d).

Tabel 3-1: Overzicht van mogelijke kustbeschermingsmaatregelen gebaseerd op de longlist en opgedeeld op basis van locatie van voorkomen in de zeewering, solitair of complementair en type uitvoering (zacht, hard of combinatie). In Kustvisie zijn de solitaire maatregelen verder uitgewerkt (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023d).

Locatie	Maatregel	Solitair / Complementair	Type		
			Zacht	Hard	Zacht + Hard
Strandbeheer	Strandsuppleties (breed, hoog)	C	X		
	Zandmotor	C	X		
	Natuurlijke strandverbreding	C	X		
	Strandhoofden	C		X	
Op de zeewering	Ingrijpen op de bestaande dijk (dijk of stormmuur)	S		X	
	Hybride dijk (type dijk in duin, grasdijk)	S			X
	Ingrijpen in de bestaande duinen (duinsuppleties)	S	X		
	Aanleggen nieuwe duinen (duin voor dijk of duin voor duin)	S	X		
	Verbreden van dijk en golfdempende uitbouw	S		X	
	Aangepast bouwen op de dijk	C		X	
	Duinversterking (harde ingreep)	C		X	
	Versterken duindynamiek	C	X		
	Activeren bestaande duingebieden	C	X		
Voor de zeewering (uitbouw van de kust)	Aanleggen nieuwe duinen	S	X		
	Slikken en schorren (wetlands)	C	X		
Op zee (uit de kust)	Open eilandengordel (open of afsluitbaar)	S	X	X	X
	Gesloten eilandengordel (afgesloten lagune)	S	X	X	X
	Alleenstaand eiland	C	X	X	X
	Verhogen zandbanken	C	X		
	Vaste golfbrekers en kunstmatige riffen	C		X	X
	Natuurlijke rifvorming	C	X		
	Drijvende golfbrekers	C		X	

Voor de visualisaties van de alternatieven en de effectieve evaluaties wordt verwezen naar de alternatievenatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022), de strandzoneatlas voor de geoptimaliseerde alternatieven (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023e), de trechteringsnota met de eerste evaluatie (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023f), de havenzoneatlas voor de geoptimaliseerde diverse havenalternatieven (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023g) en de afwegingsnota van de geoptimaliseerde alternatieven (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023h).

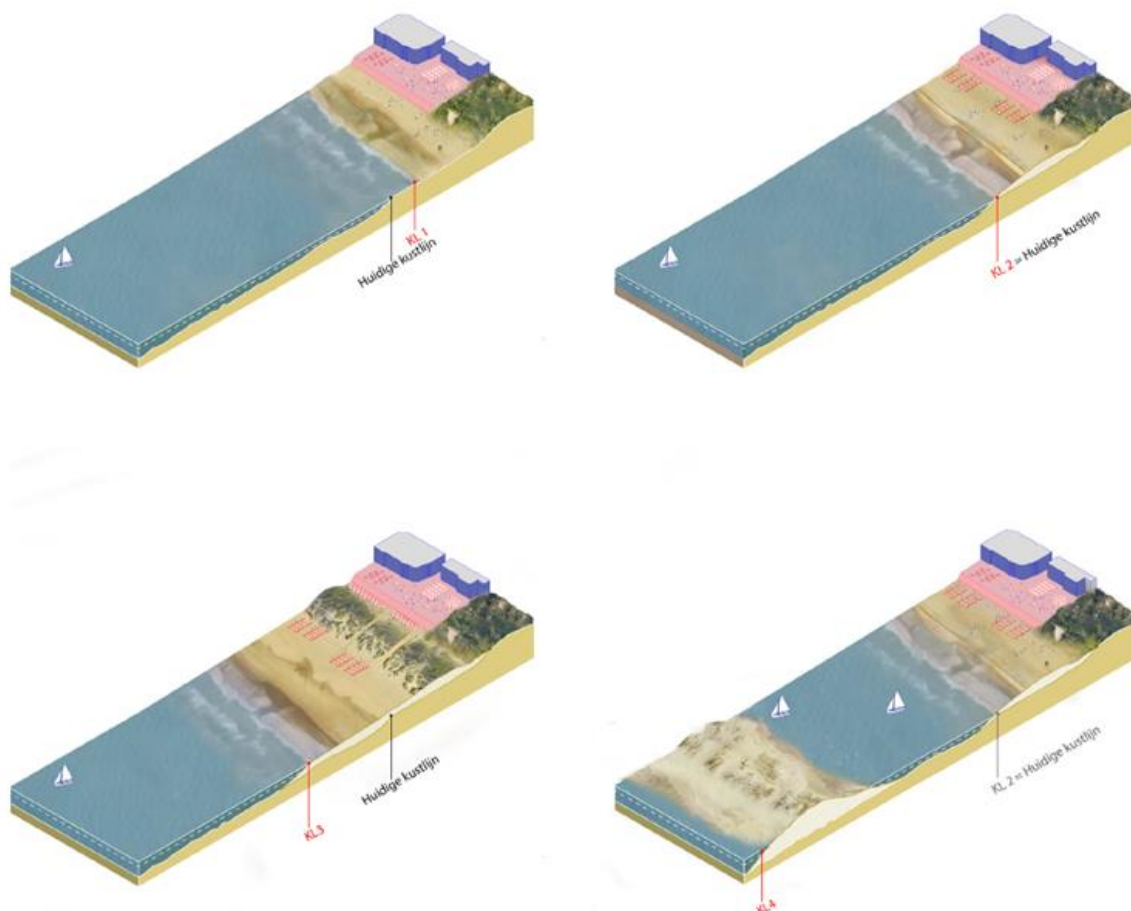
Een technische uitwerking van de kustveiligheidsmaatregelen kan worden gevonden in het rapport ontwerp zeekering (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023i) voor de maatregelen ter hoogte van badplaatsen en duingebieden en in het rapport ontwerp havens (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023j) voor de maatregelen in de havens.

3.3 Ligging kustlijn

Uit het overzicht van het type kustveiligheidsmaatregelen (zie Tabel 3-1) blijkt dat deze op verschillende locaties dwars op de kust kunnen worden ingezet. In Kustvisie werd een voorstel uitgewerkt voor de toekomstige ligging van de kustlijn en de ruimte die nodig zal zijn om de maatregelen uit te voeren. Er werden vier mogelijke locaties van de kustlijnligging voorgesteld bij een zeespiegelstijging tot drie meter:

- KL1 = Kustlijn 1: de gemiddelde laagwaterlijn verschuift beperkt landwaarts
- KL2 = Kustlijn 2: de gemiddelde laagwaterlijn blijft op dezelfde locatie waar die vandaag ligt
- KL3 = Kustlijn 3: de gemiddelde laagwaterlijn wordt zeewaarts verschoven;
- KL4 = Kustlijn 4: eilanden/een boog staan in voor de toekomstige kustbescherming; ingrepen aan huidige kustlijn afhankelijk van keuze afsluiting eilanden

Deze vier principes worden hieronder afgebeeld (Figuur 3-3). Afhankelijk van de ligging van de kustlijn zijn bepaalde NbS maatregelen meer van toepassing.



Figuur 3-3: Vier mogelijk kustlijnen die gehanteerd worden. KL1: landwaartse verschuiving (linksboven). KL2: huidige locatie vasthouden (rechtsboven). KL3: zeewaartse verschuiving (linksonder) en KL4: volledige zeewaartse verplaatsing (rechtsonder).

De kustlijn die zich beperkt of volledig zeewaarts zal verschuiven, geeft verschillende voordelen:

- Om de zeespiegelstijging van 3 meter te bufferen zal er iets minder in de hoogte moeten ingegrepen worden, omdat er voldoende ruimte is voor dissipatie van golfslag, waardoor de huidige dijken in beperktere mate verhoogd moeten worden
- Een groter strand geeft ook op zijn beurt meer mogelijkheden naar recreatie en toerisme
- Het geeft ook meer mogelijkheden naar natuurherstel en natuurontwikkeling in de duinen maar ook voor het strand als er gebruikt gemaakt wordt van NBS zoals biogene riffen.

Ook een beperkt negatief effect kan verwacht worden bij het volledig zeewaarts verschuiven. Een groot stuk van de kustlijn met benthische soorten zal namelijk ingenomen worden en dieper levende soorten zullen zich moeten verplaatsen. Voor mobiele soorten zal deze impact beperkt zijn, voor sessiele soorten neemt deze aanpassing tijd in. Deze soorten zullen over een bepaalde tijd wel weer de kustlijn koloniseren. Voor een verdere bespreking van de ecologische impact van de alternatieven wordt verwezen naar het plan-MER (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023k).

3.4 Redelijke alternatieven voor de strandzones

Twee redelijke alternatieven voor de strandzones worden onderzocht voor het strategisch beleidsplan Kustvisie: het alternatief 'Ter Plaatsse' en het alternatief 'Zeewaarts' (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023l).

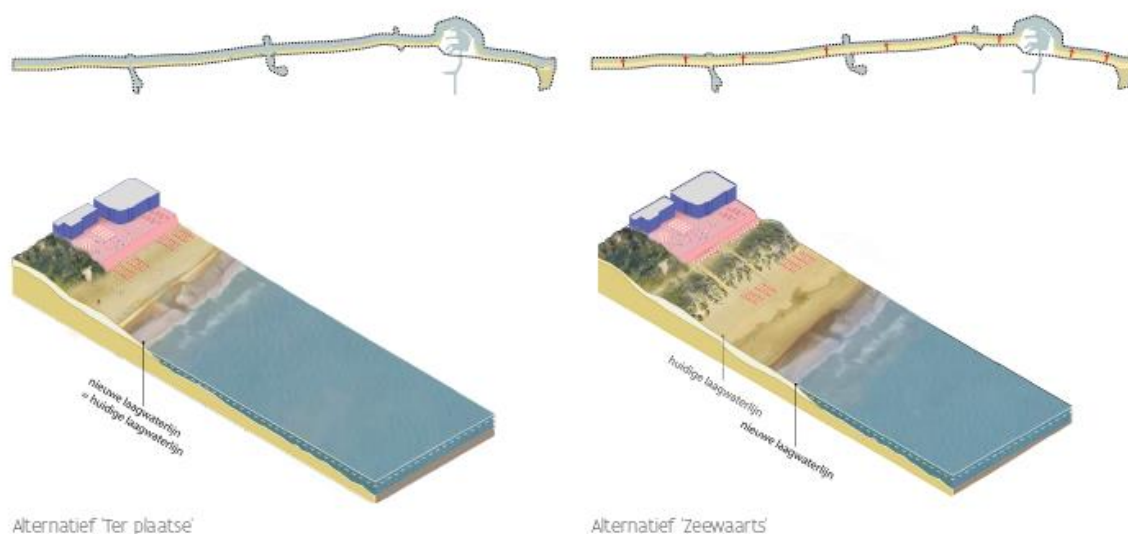
- Bij het alternatief '**Ter Plaatsse**' blijven de huidige hoog- en laagwaterlijn waar die vandaag zijn. We nemen de zeeweringsmaatregelen met andere woorden binnen de zone die er vandaag bestaat tussen de zee en de bebouwing. Hier wordt dus een Kustlijn 2 ingezet.

Dit betekent wel dat zeeweringsmaatregelen zoals bijvoorbeeld dijken breder en hoger worden naarmate de zeespiegel stijgt. Hierdoor zal het aandeel droog strand stelselmatig afnemen. Omdat de ruimte beperkt is, zal er ter hoogte van badsteden daarom vaak geen plaats zijn om beschermende duinen in te passen. Harde maatregelen (vb. multifunctionele dijken) of hybride maatregelen (vb. grasdijk in Westende) vormen dan de oplossing.

- Alternatief '**Zeewaarts**' maakt de ruimte voor beschermingsmaatregelen groter en creëert dus ook meer opportuniteiten voor NBS. De hoog- en laagwaterlijn verschuiven doorheen de tijd: in één stap of in meerdere stappen. Zo zal de hoog- en laagwaterlijn op termijn gemiddeld een honderdtal meter in zee verschuiven. Hier werken we dus met een Kustlijn 3.

Hierdoor is er niet alleen meer ruimte voor het inpassen van zeeweringsmaatregelen ter hoogte van de promenade. Dankzij het verbreden van het strand kan – in vergelijking met alternatief 'Ter Plaatsse' – de huidige breedte van het droog strand behouden en zelfs vergroot worden. Bovendien wordt de ruimte gecreëerd om langsheen de ganse kust een continu, beschermend én robuust duinenlandschap in te passen, ook ter hoogte van de badsteden.

Zowel alternatief 'Ter Plaatsse' als alternatief 'Zeewaarts' kunnen - gespreid over de komende 100 jaar of langer - in kleine stapjes uitrollen of net in grotere stappen.



Figuur 3-4: Redelijke alternatieven voor de strandzones.

In de onderzoeksnota van Kustvisie en de strandzoneatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023e) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023l) worden de verschillende mogelijke maatregelen voor elk van deze twee alternatieven beschreven en inzichtelijk gemaakt.

3.5 Redelijke alternatieven voor de havens

Voor het strategisch beleidsplan Kustvisie worden ook redelijke alternatieven onderzocht in de vier kusthavens, bestaande uit roadmaps opgebouwd uit beschermingsstrategieën als het open houden van de haven, het voorzien van een stormvloedkering of een (keer)sluis. Er wordt verwezen naar de havenatlas voor een overzicht van deze redelijk alternatieven (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023l).

In de havenalternatieven worden overall harde maatregelen toegepast om te beschermen tegen overstroming. Vermits de functionaliteit en veiligheid prioriteit hebben in een haven, en omwille van de noodzaak om maatregelen in de complexe drukbezette ruimte van het havengebied af te stemmen op de havenactiviteiten waardoor er beperkt beschikbare ruimte is voor maatregelen met andere functies, is er bijgevolg momenteel weinig tot geen mogelijkheid of ruimte om met NbS te werken in de havens. Daarentegen kan bij het ontwerp van de maatregelen wel gestreefd worden om NID toe te passen als ontwerpbenadering waar mogelijk. Zo kunnen havens getransformeerd worden tot ecologische en veerkrachtige ecosystemen zonder de integriteit en veiligheid aan te tasten. Dit dient echter per haven op projectniveau aangepakt te worden en daar gaat deze studie niet verder op in.

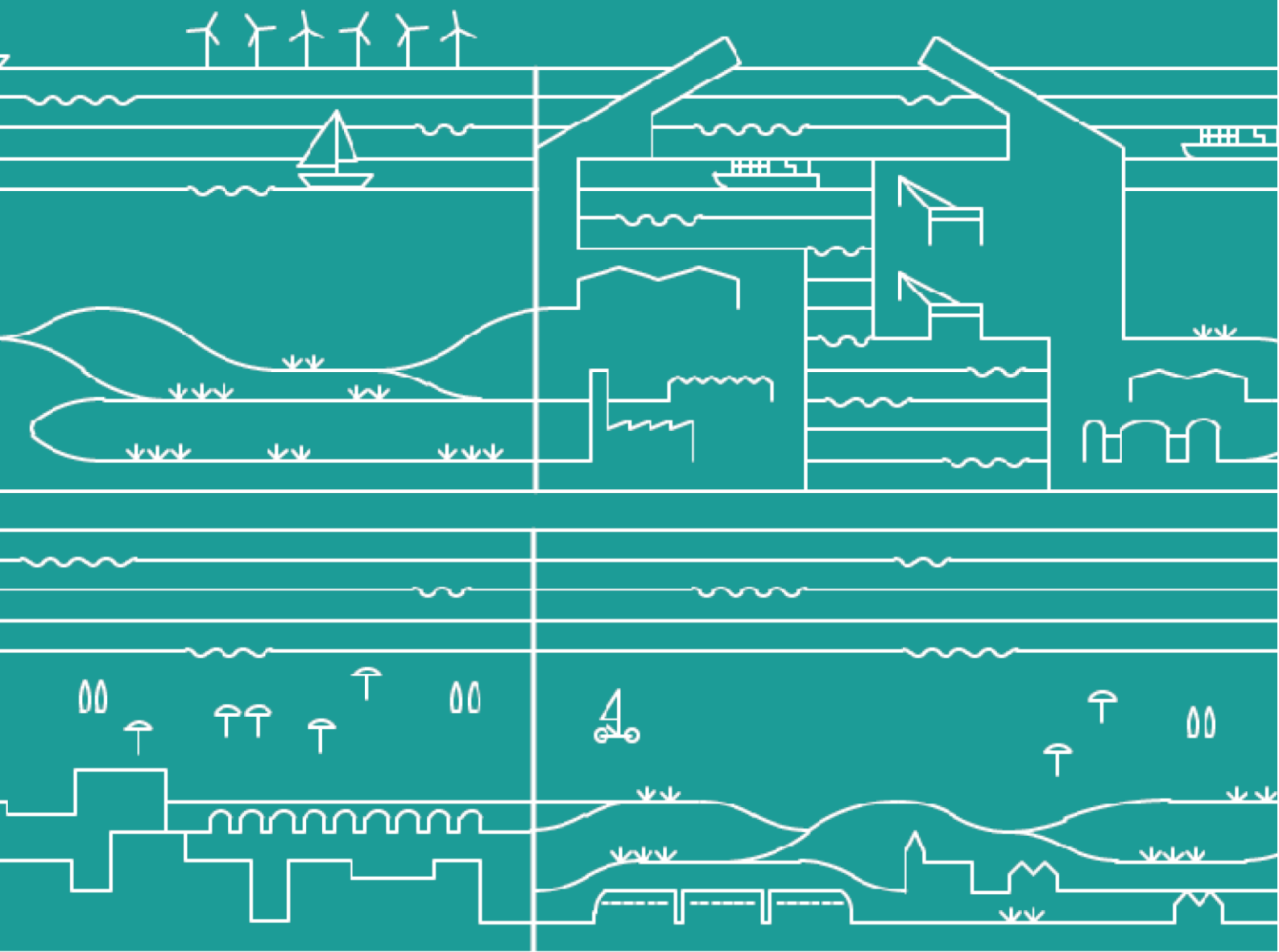
De rest van het rapport focust dan ook verder op de alternatieven voor de strandzones.

3.6 Ecosysteemdiensten aan de Vlaamse kust

In Hoofdstuk 2.2 werd reeds de link tussen ecosysteemdiensten en NbS aangehaald. In Kustvisie komen de ecosysteemdiensten verder aan bod in een aparte ondersteunende studie.

In het rapport 'Referentiesituatie ESD' van Kustvisie werd uitvoerig onderzoek gedaan naar het huidige aanbod van ecosysteemdiensten langs de Vlaamse kustlijn (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023a).

Het rapport (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023n) bespreekt de effectbeoordeling van de ecosysteemdiensten voor de redelijke alternatieven.



Maatregelenspectrum Kustvisie

4 Maatregelenspectrum Kustvisie

In Kustvisie is een overzicht gemaakt van de verschillende kustbeschermingsmaatregelen voor de zeevering van de toekomst. Elke maatregel is een methode, aanpak of techniek die op zichzelf, of in combinatie met andere ingrepen, kan worden toegepast om het doel van de zeevering te bewerkstelligen. De maatregelen hebben als hoofdfunctie kustbescherming en daarnaast zijn er ook mogelijkheden voor multifunctionele ontwerpen waarbij een meerwaarde kan gecreëerd worden voor andere diensten zoals recreatie, natuur, aquacultuur, scheepvaart, energie, etc. Hieronder gaan we kort in op de verschillende mogelijk maatregelen per kustlijn (zie Figuur 3-3) met als hoofdfunctie kustbescherming.

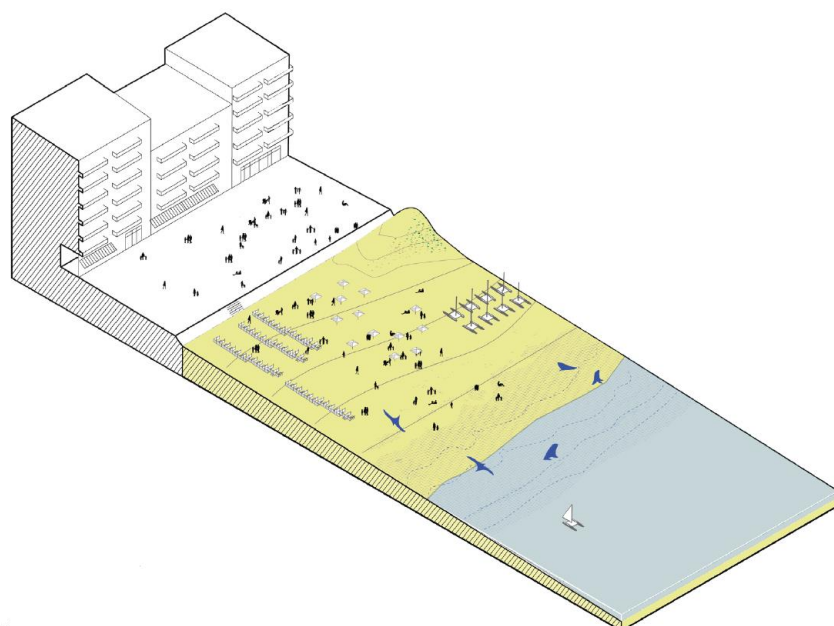
4.1 Mogelijke kustbeschermingsmaatregelen per kustlijn

In het vorige hoofdstuk zijn de kustveiligheidsmaatregelen en de mogelijke liggingen van de kustlijn besproken. In dit hoofdstuk worden maatregelen per kustlijn beschouwd. De schetsen in dit hoofdstuk geven een verkennend inzicht in hoe de solitaire maatregelen kunnen worden toegepast per kustlijn.

Voor een meer uitgebreide beschrijving van de verschillende kustbeschermingsmaatregelen en de toepassing ervan binnen de verschillende kustlijnen wordt verwezen naar het synthesedocument optiespectrum kustlijnen (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2021b).

De grootteorde dimensies van de kustveiligheidsmaatregelen worden voor de badplaatsen en duingebieden besproken in (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023i) en voor de havens in (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023j). Maatregelen voor de havenzones worden hier niet verder besproken omdat deze momenteel geen toepassingsmogelijkheden voor Nbs bevatten.

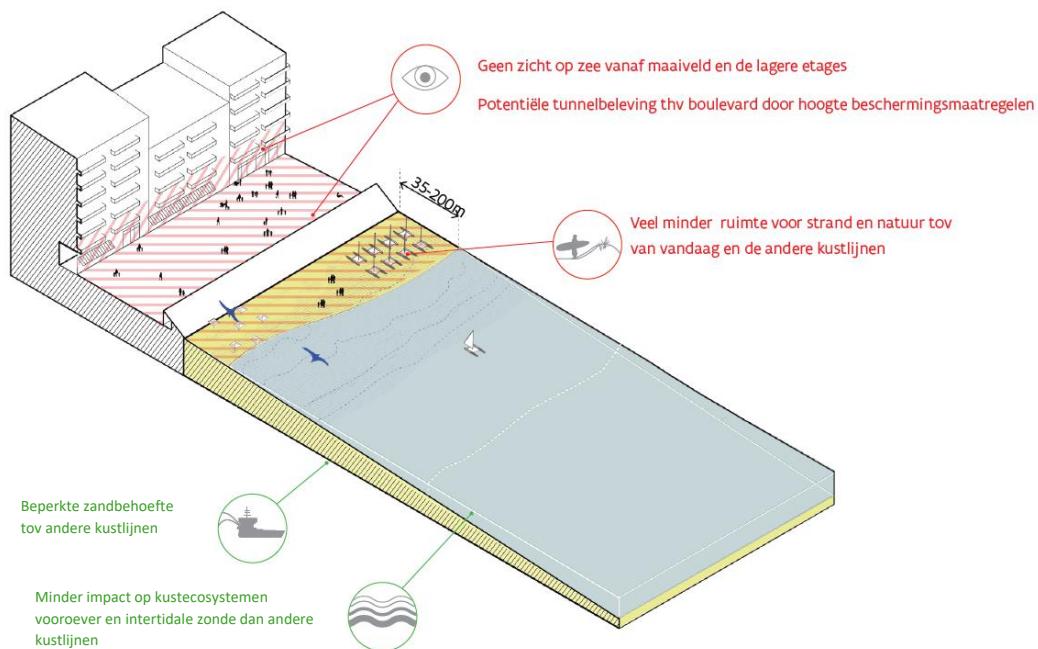
Ter referentie wordt in Figuur 4-1 de ligging van de huidige kustlijn weergegeven. In het verloop van dit hoofdstuk wordt telkens per kustlijn die 'nieuwe' situatie geschetst op eenzelfde manier.



Figuur 4-1: Indicatieschets ligging huidige kustlijn

4.1.1 Kustlijn 1

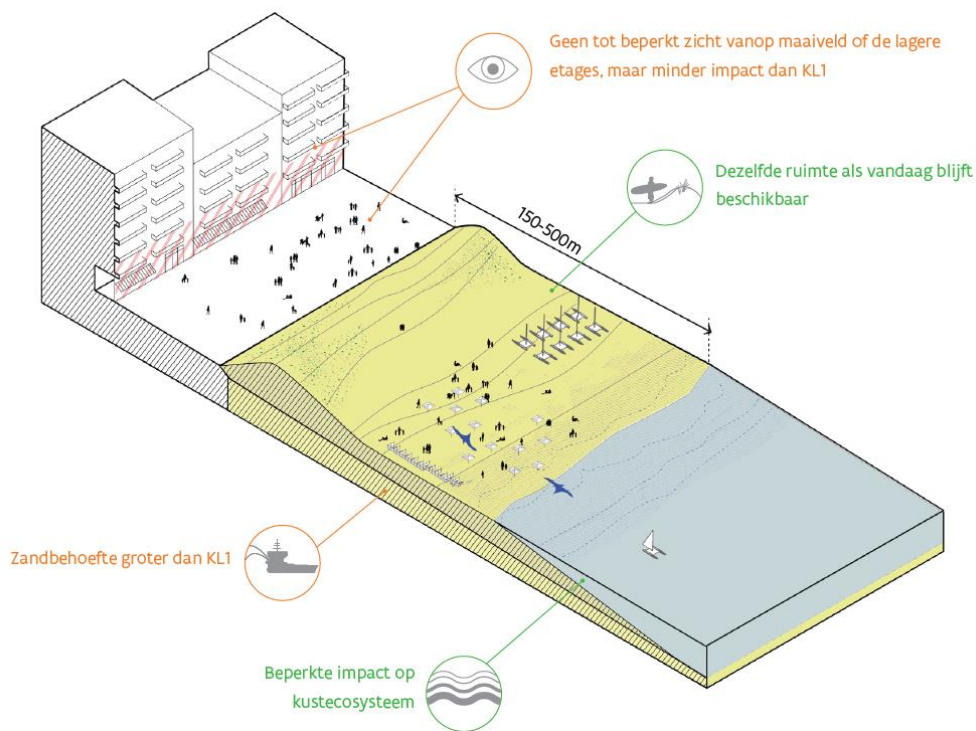
Voor **kustlijn 1** situeren de maatregelen om de kust te beschermen tegen overstromingen uit zee zich op de bestaande dijken en duinen (Figuur 4-2). In geval van duinen gaat het om suppleren van de bestaande duinen zowel op het strand, als aan de duinvoet en de duin zelf indien deze te laag is of te weinig zandvolume bevat. In geval van badsteden gaat het om het voorzien van harde maatregelen op de bestaande dijk zoals stormmuren en ophogen van de dijken en eventueel ophogen van stranden (hybride maatregel).



Figuur 4-2: Illustratie kustlijn 1: locatie van de kustlijn en maatregeleneigenschappen wanneer de kustlijn landwaarts verschuift.

4.1.2 Kustlijn 2

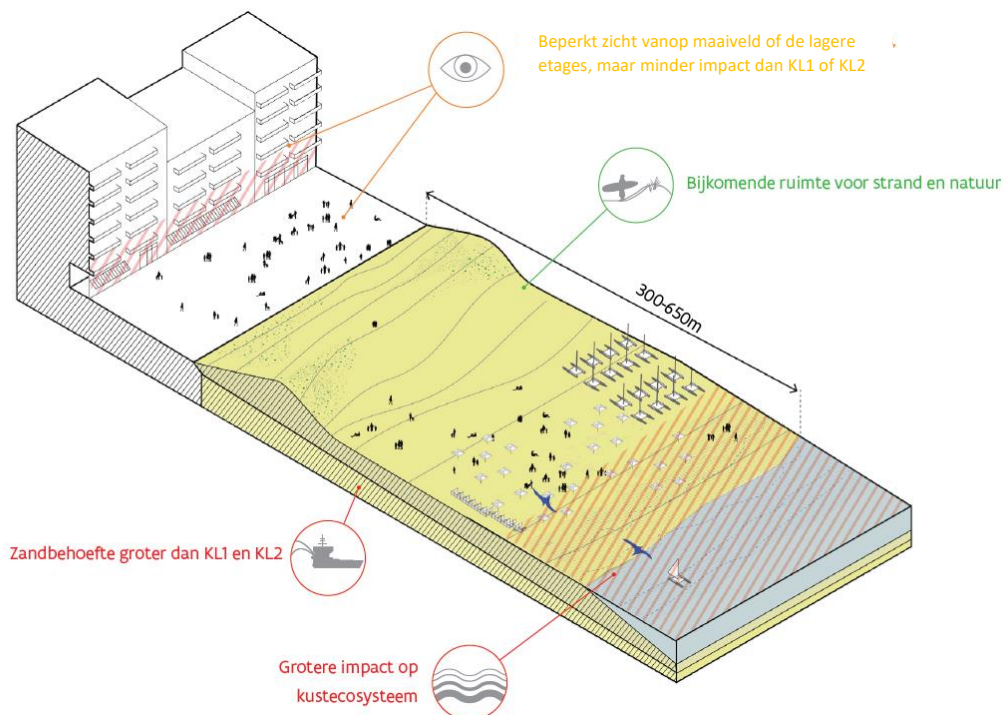
Voor **kustlijn 2** situeren de maatregelen zich op en zeewaarts van de bestaande dijken en duinen. Daarbij worden in eerste instantie strandsuppleties uitgevoerd om de kustlijn op de huidige locatie te behouden. De strandsuppleties leiden ertoe dat de golven in vergelijking met kustlijn 1 sterker worden gedempt alvorens ze de dijken of duinen bereiken en aanpassingen daarom minder fors hoeven te zijn. Daarnaast moeten dijken en duinen verhoogd worden, en zijn ook hybride oplossingen mogelijk. Figuur 4-3 geeft een illustratie van de locatie van kustlijn 2 en typische eigenschappen.



Figuur 4-3: Illustratie kustlijn 2: locatie van de kustlijn en eigenschappen maatregelen wanneer de kustlijn wordt vastgehouden.

4.1.3 Kustlijn 3

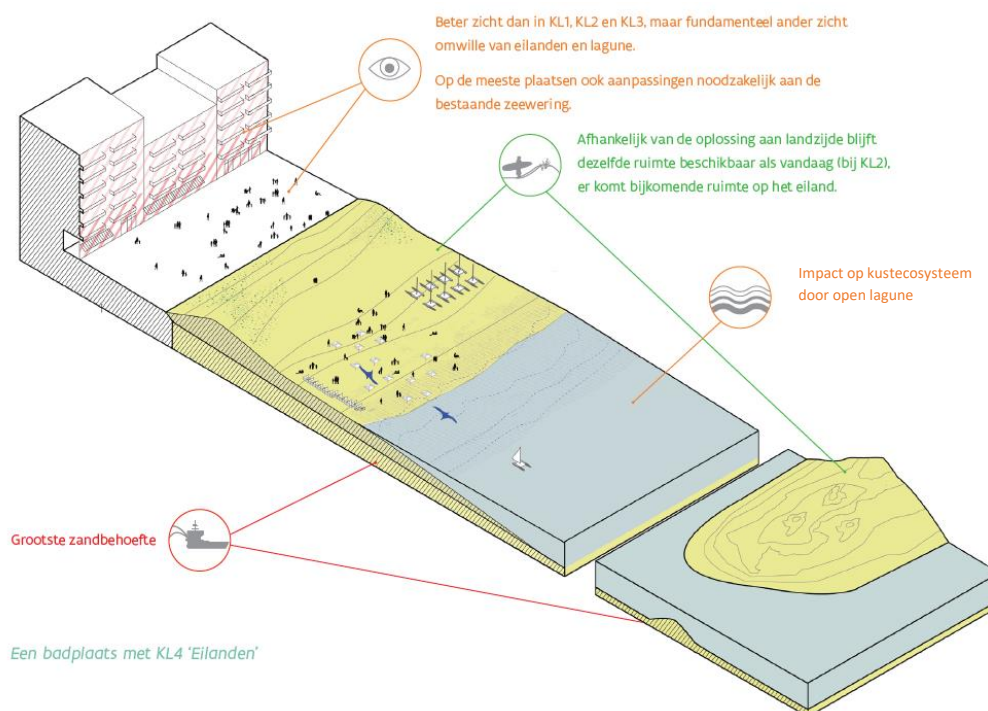
Bij **kustlijn 3** situeren de maatregelen zich op en zeewaarts van de bestaande dijken en duinen. Door middel van suppleties wordt het strand daarbij zeewaarts uitgebreid. Dezelfde maatregelen als bij kustlijn 2 kunnen worden ingezet, zoals harde maatregelen op de dijk, duinsuppleties of hybride oplossingen. De aanpassingen aan dijken en duinen kunnen door de grootschalige strand- en vooroever-suppletie verder beperkt worden ten opzichte van kustlijn 2. Figuur 4-4 geeft een illustratie van de locatie van kustlijn 3 en typische eigenschappen.



Figuur 4-4: Illustratie kustlijn 3: locatie van de kustlijn en eigenschappen maatregelen wanneer de kustlijn beperkt zeewaarts verschuift.

4.1.4 Kustlijn 4

Bij **kustlijn 4** wordt een nieuwe kustlijn in zee opgebouwd aan de hand van een eilandengordel. Deze eilandengordel kan gesloten zijn of openingen bevatten. Verschillende invullingen zijn daarbij mogelijk: permanente openingen of afsluitbare openingen aan de hand van een stormvloedkering of zeesluis. Figuur 4-5 geeft een illustratie van de locatie van kustlijn 3 en typische eigenschappen.



Figuur 4-5: Illustratie kustlijn 4: locatie van de kustlijn en eigenschappen maatregelen wanneer de kustlijn volledig zeewaarts verschuift.

4.2 Overzicht mogelijke solitaire maatregelen per kustlijn

Binnen Kustvisie wordt op zoek gegaan naar de ruimte van het kustbeschermingslint. Afhankelijk van de gekozen kustlijning (Kustlijn 1/2/3/4) is er meer of minder ruimte beschikbaar en kunnen bepaalde maatregelen al dan niet ingepast worden. De ruimte van het lint wordt bepaald door de dimensies van de solitaire maatregelen, waarmee het gewenste veiligheidsniveau kan behaald worden. Drie types solitaire maatregelen werden beschouwd (zie §3.2): harde (type dijken), zachte (type duinen) en hybride maatregelen (vb. dijk in duin, grasdijk). De types dijk / duin / hybride stemmen overeen met de varianten die beschouwd worden in de redelijke alternatieven 'Ter Plaatsse' en 'Zeewaarts' voor de strandzones.

Tabel 4-1 geeft een overzicht van potentiële (solitaire) maatregelen en hun opdeling naar zacht, hard, of combinatie, en inzetbaarheid per kustlijn. Strandsuppleties zijn hier niet apart in onder genomen gezien deze niet op zichzelf voor voldoende veiligheid kunnen zorgen bij de hoge zeespiegelstijgingsniveaus die worden beschouwd (complementaire maatregel). Zij kunnen echter gecombineerd worden met alle mogelijke ingrepen. De inschatting van de grootteorde dimensies voor elk alternatief (S, M, L; ter plaatse vs. zeewaarts) werd gerapporteerd in (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023i).

Tabel 4-1: Overzicht van de mogelijke (solitaire) kustbeschermingsmaatregelen langsheen de kustlijn met aanduiding van type (zacht, hard of combinatie) en inzetbaarheid per kustlijn (strandsuppleties zijn combineerbaar met alle maatregelen) (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023i).

Maatregel		Type			Kustlijn			
		Zacht	Hard	Combinatie	KL1	KL2	KL3	KL4
Type dijken	Dijkaanpassing of strommuur		H		X	X	X	
	Uitbreiding dijk		H				X	
Type duinen	Duinsuppletie	Z			X	X	X	
	Uitbreiding duinengordel	Z			X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	
	Duin-voor-dijk			Z+H	X ⁽¹⁾	X(1)	X	
Type hybride	Dijk-in-duin (hybride), grasdijk			Z+H	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	
Type eiland	Open eilandengordel (eventueel afsluitbaar)	Z	H	Z+H				X ⁽²⁾
	Gelsoten eilandengordel (afgesloten lagune)	Z	H	Z+H				X

(1) Waar haalbaar in functie van de beschikbare ruimte op het huidige strand

(2) In combinatie met maatregelen aan de huidige kustlijn

Onderstaande Tabel 4-2 maakt de link tussen Tabel 3-1 met de mogelijke maatregelen en de inzetbaarheid van de solitaire maatregelen zoals getoond in Tabel 4-1. Zoals eerder in dit document beschreven kunnen complementaire maatregelen hieraan toegevoegd worden bij een verdere uitwerking van de kustbeschermingsmaatregelen op projectniveau.

Tabel 4-2: Overzicht van mogelijke solitaire kustbeschermingsmaatregelen gebaseerd op de longlist en opgedeeld op basis van locatie van voorkomen in de zeewering, type uitvoering (zacht, hard of combinatie) en mogelijke toepassing per type kustlijn.

Locatie	Maatregel	Solit./ Compl.	Type			Kustlijn KL				Variant
			Zacht	Hard	Z+H	1	2	3	4	
Op de zeewering	Ingrijpen op de bestaande dijk (dijk of stormmuur)	S		X		x	x	x		Dijk
	Hybride dijk (type dijk in duin, grasdijk)	S			X	X***	X***	x		Hybride
	Ingrijpen in de bestaande duinen (duinsuppleties)	S	X			x	x	x		Duin
	Aanleggen nieuwe duinen: duin voor dijk	S	X*		X*	X***	X***	x		Hybride
	Aanleggen nieuwe duinen: duin voor duin	S	X			X***	X***	x		Duin
	Verbreden van dijk en golfdempende uitbouw	S			X				x	Dijk
Voor de zeewering (uitbouw van de kust)	Aanleggen nieuwe duinen	S	X					x		Duin
Op zee (uit de kust)	Open eilandengordel (open of afsluitbaar)	S	X	X	X				x	Eiland**
	Gesloten eilandengordel (afgesloten lagune)	S	X	X	X				x	Eiland**

* De maatregel is zacht, het resultaat is een hybride oplossing

** Eilandengordels behoren niet tot de redelijke alternatieven voor Kustvisie. Voor de volledigheid werden ze opgenomen in de tabel.

*** Wanneer haalbaar in functie van de beschikbare ruimte op het huidige strand

4.3 Overzicht mogelijke solitaire maatregelen per alternatief

Tabel 4-3 geeft een overzicht van de mogelijke solitaire kustbeschermingsmaatregelen opgedeeld op basis van locatie van voorkomen in de zeewering, type uitvoering (zacht, hard of combinatie) en de mogelijke toepassing ervan in de alternatieven 'Ter Plaatsse' en 'Zeewaarts'.

Tabel 4-3: Overzicht van mogelijke solitaire kustbeschermingsmaatregelen gebaseerd op de longlist en opgedeeld op basis van locatie van voorkomen in de zeewering, type uitvoering (zacht, hard of combinatie/hybride) en mogelijke toepassing in de alternatieven 'Ter Plaatsse' en 'Zeewaarts'.

Locatie	Maatregel	Solit./ Compl.	Type			Alternatief		Variant
			Zacht	Hard	Z+H (hybride)	Ter Plaatsse	Zeewaarts	
Op de zeewering	Ingrijpen op de bestaande dijk (dijk of stormmuur)	S		X		x	x	Dijk
	Hybride dijk (type dijk in duin, grasdijk)	S			X	X***	x	Hybride
	Ingrijpen in de bestaande duinen (duinsuppleties)	S	X			x	x	Duin
	Aanleggen nieuwe duinen: duin voor dijk	S	X*		X*	X***	x	Hybride
	Aanleggen nieuwe duinen: duin voor duin	S	X			X***	x	Duin
	Verbreden van dijk en golfdempende uitbouw	S			X			x
Voor de zeewering (uitbouw van de kust)	Aanleggen nieuwe duinen	S	X				x	Duin

* De maatregel is zacht, het resultaat is een hybride oplossing

** Eilandengordels behoren niet tot de redelijke alternatieven voor Kustvisie. Voor de volledigheid werden ze opgenomen in de tabel.

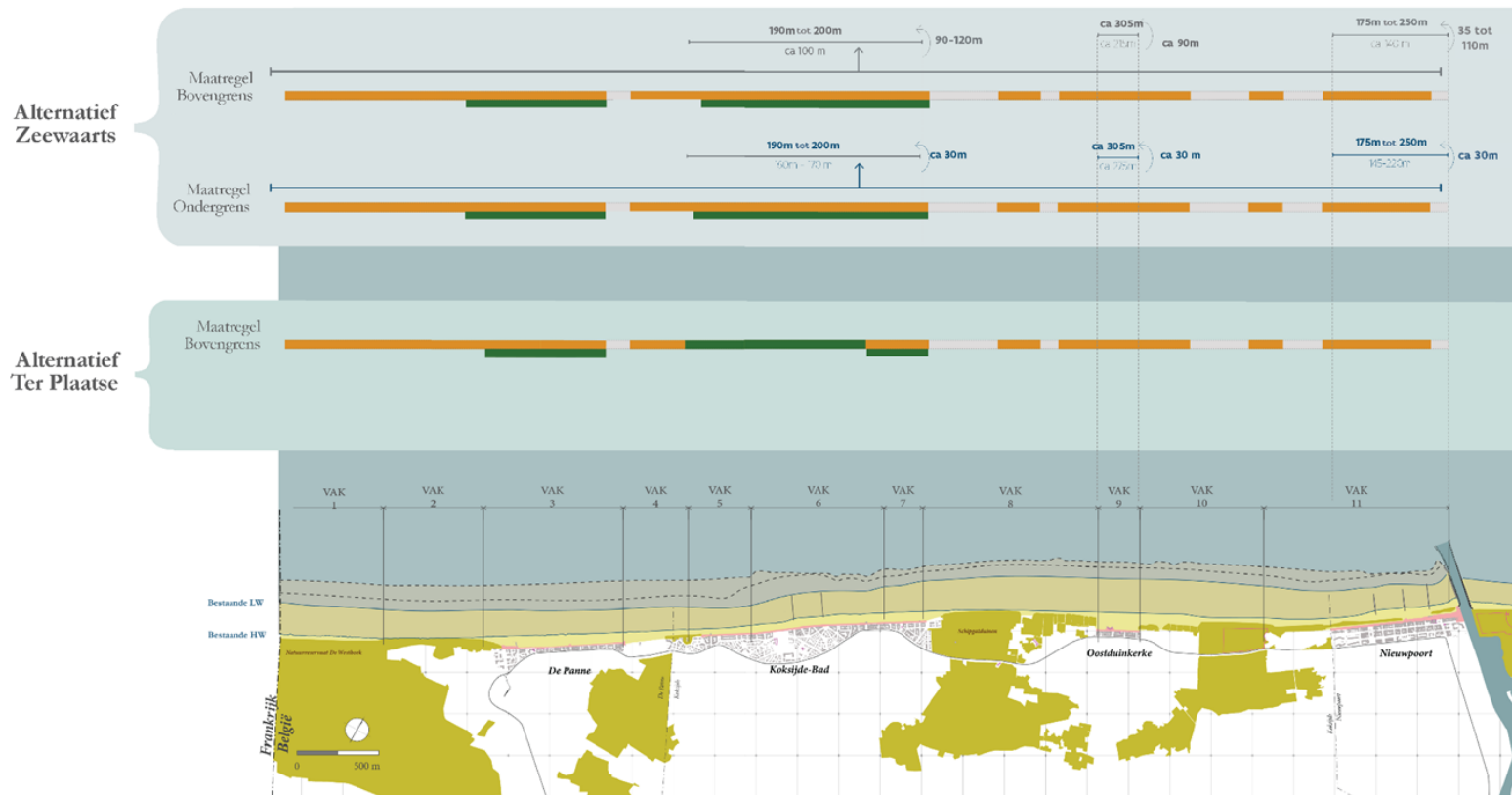
*** Wanneer haalbaar in functie van de beschikbare ruimte op het huidige strand

Een overzicht van de redelijke alternatieven "Ter Plaatsse" en "Zeewaarts" voor de vier strandzones aan de Vlaamse Kust bij +3 m zeespiegelstijging wordt gepresenteerd in onderstaande kaarten (Figuur 4-6 tot Figuur 4-9). Het type mogelijke maatregelen binnen de ruimte van het afgebakende lint wordt telkens getoond met de gekleurde balkjes (duin = geel, dijk = roze, hybride = groen).

De kaarten voor +1 en +2m zeespiegelstijging en de verbeelding van de mogelijke maatregelen zijn te vinden in de strandzoneatlas (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023e). De alternatieven worden ook besproken in de onderzoeksnota voor het strategisch beleidsplan Kustvisie (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023l).

Westkust_+ 3 m

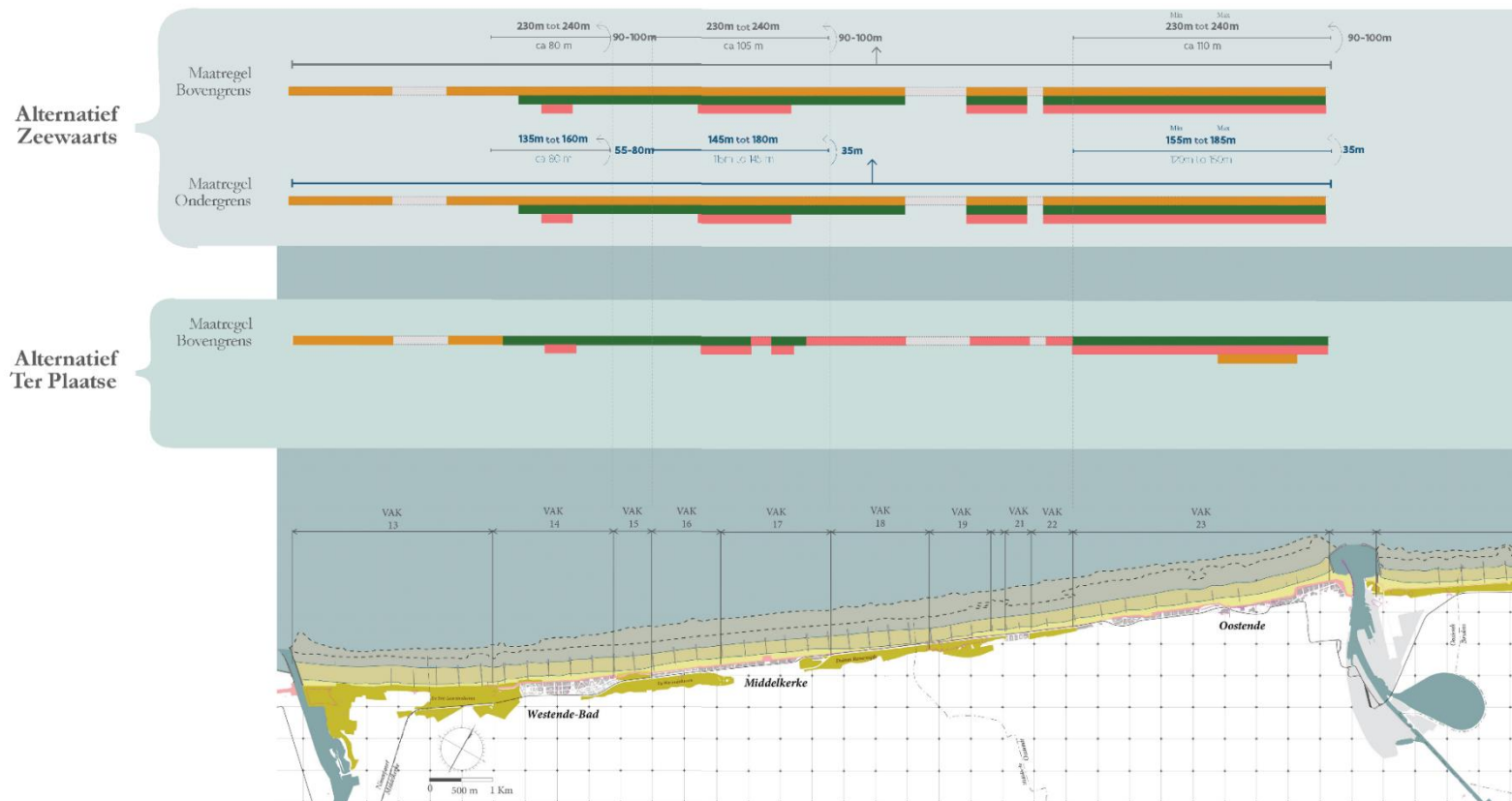
- Suppletie
- Duin
- Hybride
- Dijk
- 1 — Strandsuppletie
- 2 — Strandsuppletie + stormmuur/dijk (max. 1.2m)
- 3 — Strandsuppletie + stormmuur/dijk (max. 1.2m) + suppletie hoog strand
- 4 — Strandsuppletie
- 5 — Strandsuppletie + duinsuppletie



Figuur 4-6: Redelijk alternatief 'Ter Plaatsse' en 'Zeewaarts' bij +3m zeespiegelstijging – Westkust

Middenkust West_+ 3 m

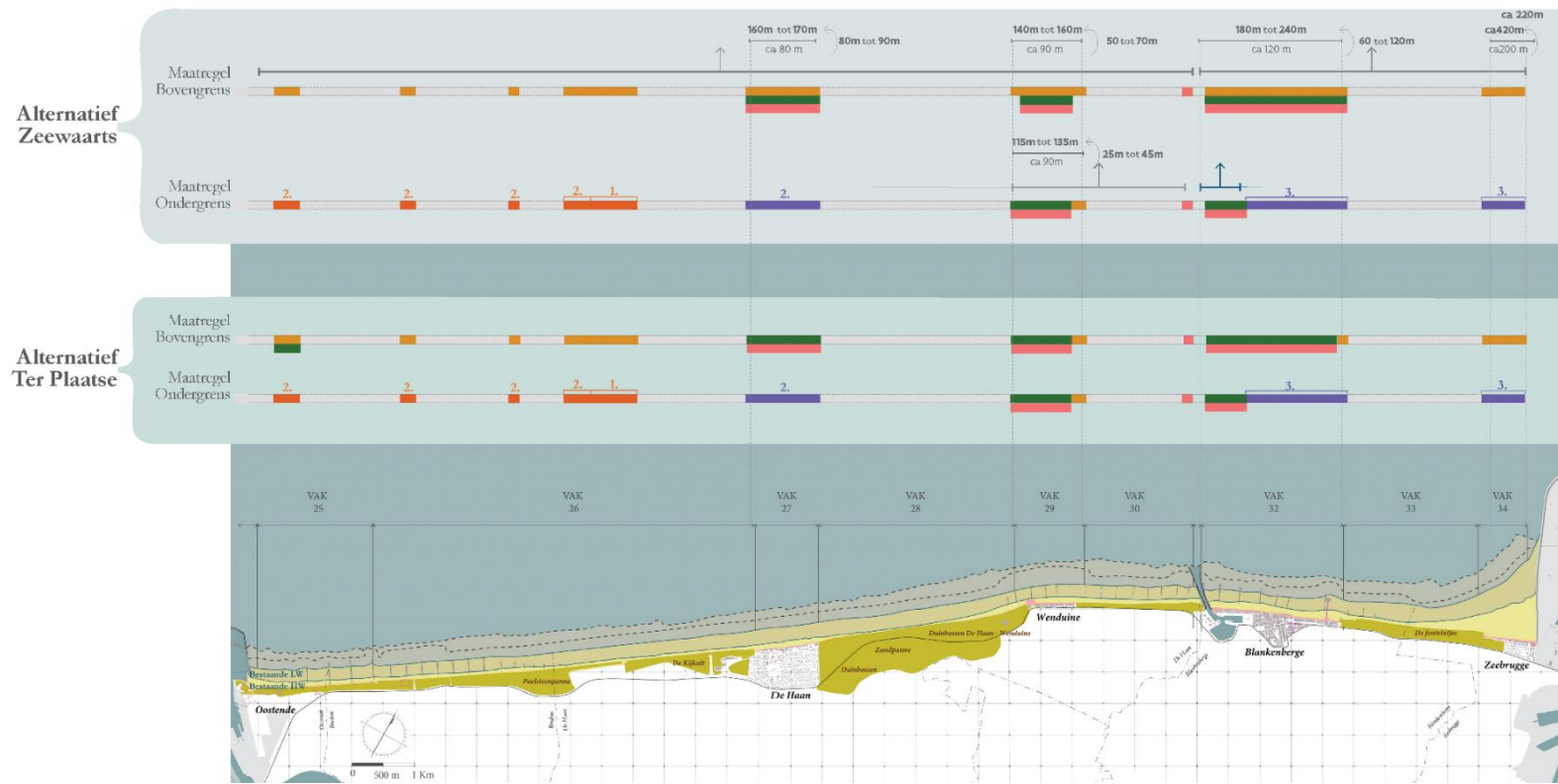
- Suppletie
- Duin
- Hybride
- Dijk
- 1 — Strandsuppletie
- 2 — Strandsuppletie + stormmuur/dijk (max 1.2m)
- 3 — Strandsuppletie + stormmuur/dijk (max 1.2m) + suppletie hoog strand
- 1 — Strandsuppletie
- 2 — Strandsuppletie + duinsuppletie



Figuur 4-7: Redelijk alternatief "Ter Plaatsse" en "Zeewaarts" bij +3m zeespiegelstijging – Middenkust West

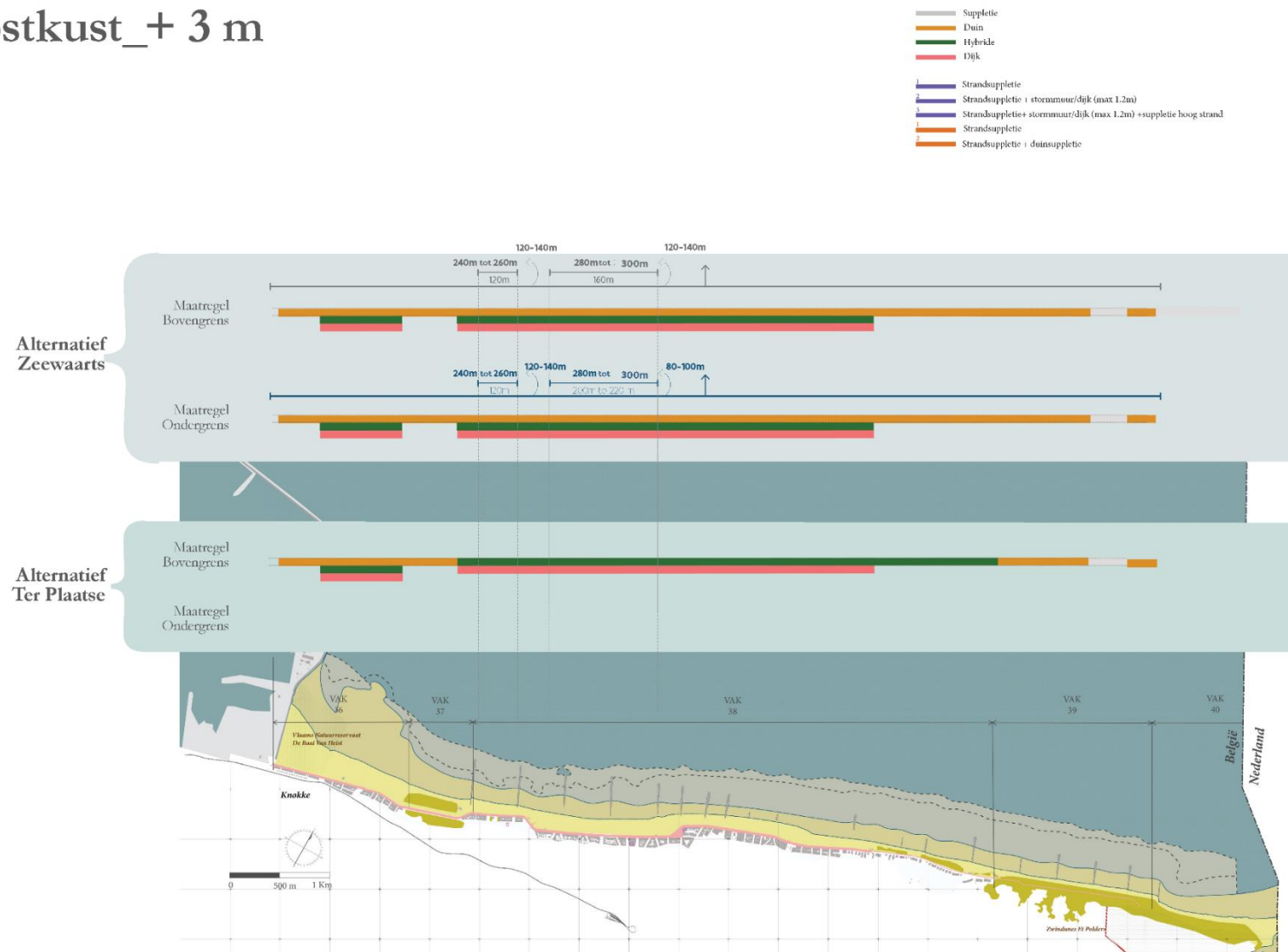
Middenkust Oost_+ 3 m

- Suppletie
- Duin
- Hybride
- Dijk
- 1 — Strandsuppletie
- 2 — Strandsuppletie + stormmuur/dijk (max 1.2m)
- 3 — Strandsuppletie + stormmuur/dijk (max 1.2m) + suppletie hoog strand
- 1 — Strandsuppletie
- 2 — Strandsuppletie + duinsuppletie

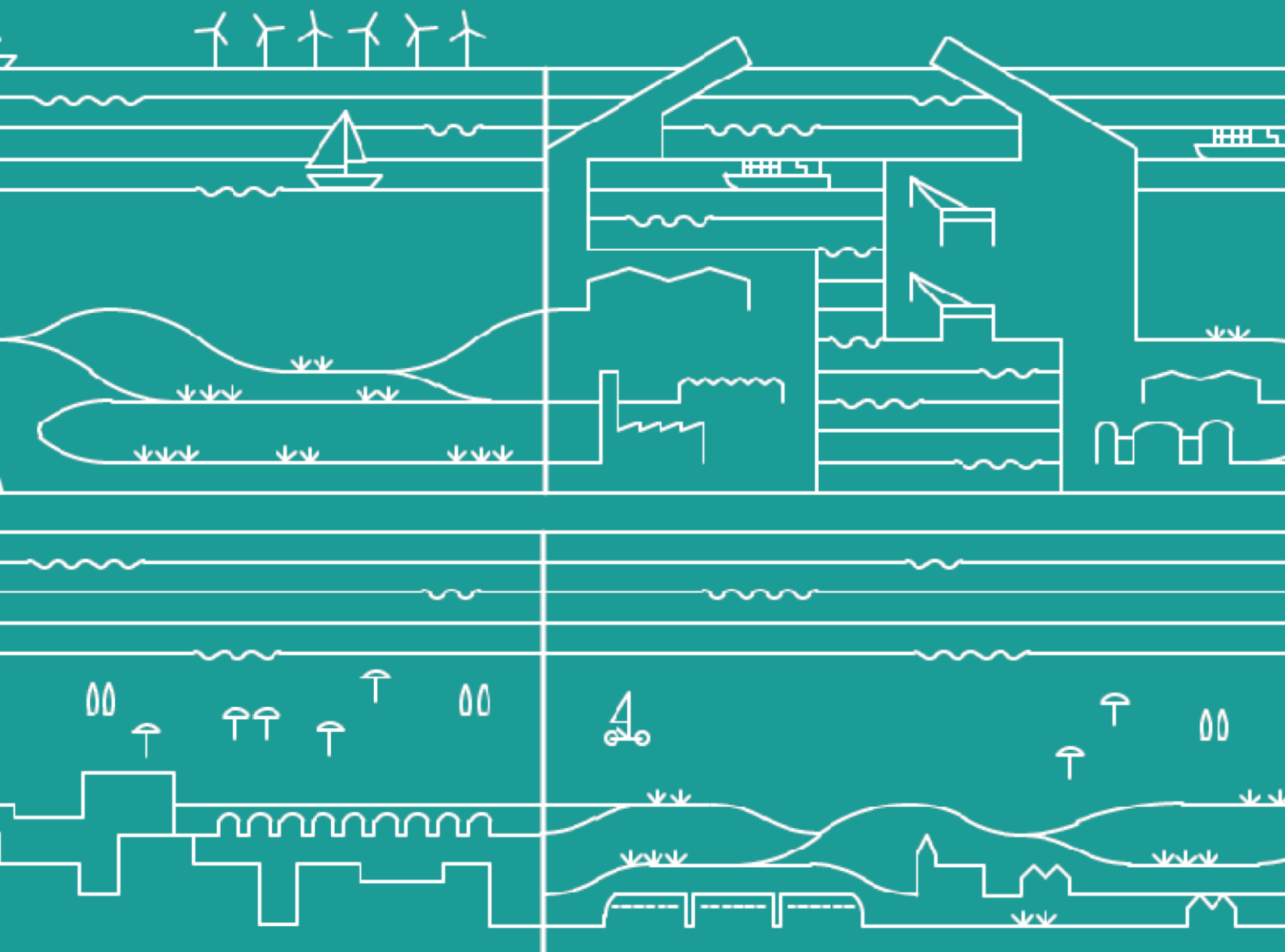


Figuur 4-8: Redelijk alternatief "Ter Plaatsse" en "Zeewaarts" bij +3m zeespiegelstijging – Middenkust Oost

Oostkust_+ 3 m



Figuur 4-9: Redelijk alternatief 'Ter Plaats' en 'Zeewaarts' bij +3m zeespiegelstijging – Oostkust



Kansen voor NbS in Kustvisie

5 Kansen voor NbS in Kustvisie

Uit hoofdstuk 2.1 blijkt al snel dat de term NbS zeer breed moet bekeken worden en dat er een holistische benadering nodig is als we de verschillende maatregelen bekijken.

In dit hoofdstuk wordt verder ingegaan op de vraag welke kenmerken, eigenschappen of maatregelen van NbS kunnen toegepast worden voor de toekomstvisie van Kustvisie. Dit is sterk afhankelijk van de locatie. Voor zandige kusten hebben traditionele waterbuffers of voedselvlaktes, bijvoorbeeld gecreëerd door het openen van vroeger ingepolderde gebieden, weinig of geen invloed op de lokale waterstanden, omdat de oceanen simpelweg te groot zijn en het effect verwaarloosbaar is (Hofstede, 2019). Daarom lijken de sleutelfactoren voor kustaanpassing te liggen in het afremmen van golfenergie en het bevorderen van sedimentaccumulatie, in combinatie met de al bestaande en goed functionerende infrastructuur voor kustbescherming (Jordan en Fröhle, 2022).

Kustecosystemen bestaan vaak uit sterk met elkaar interagerende strand- en duingebieden. Zandbanken, slikken, schorren, stranden en duinen op zichzelf en in combinatie met elkaar fungeren als bolwerken en dynamische buffers tegen stormen en extreme gebeurtenissen aan de kust. Ze bieden ook ruimte voor verschillende toeristische en sportieve activiteiten en dienen als leefgebied, rustplaatsen en kraamkamers voor een verscheidenheid aan dier- en plantensoorten.

Als we de besproken maatregelen verder in detail bekijken, zien we dat er maar enkele volledig voldoen aan de term 'natuur gebaseerde oplossing'. Hier moet wel een nuance gebeuren aangezien diverse maatregelen wel aan verschillende aspecten van de definitie voldoen, en dat de beoordeling vaak subjectief is. Doel van dit rapport is te duiden in welke mate verschillende types kustbeschermingsmaatregelen te beschouwen zijn als NbS.

5.1 Kansrijke NbS langs de Vlaamse kust

Uit de gehanteerde werkdefinitie voor NbS "*NbS zijn strategieën die gebruikmaken van de **natuurlijke systemen en processen** om op een **duurzame** manier problemen aan te pakken, **veerkracht** op te bouwen en **welzijn** te bevorderen. Ze kunnen variëren van het herstellen van wetlands en bossen tot het implementeren van groene infrastructuur in stedelijke gebieden om klimaatverandering, overstromingen, droogte en andere uitdagingen aan te pakken*" die eerder werd besproken, komen vier belangrijke kenmerken naar voor:

- **Natuurlijk systeem of proces:** Is de maatregel gebaseerd op een natuurlijk voorkomend proces en/of systeem? Zullen er natuurlijke evoluties voorkomen die de maatregel mee helpen onderhouden?
- **Duurzame manier:** Is de maatregel duurzaam en zal deze mee evolueren met de nieuwe ontwikkelingen in zijn omgeving? Is er veel regelmatig onderhoud nodig om de effectiviteit van de maatregel te garanderen? Is het een statisch of dynamische concept?
- **Opbouwen van veerkracht:** Wordt er bijgedragen aan de veerkracht van het natuurlijke ecosysteem?
- **Bevorderen van welzijn:** Is het systeem een bijdrage aan het socio-economische welzijn van de lokale gemeenschappen? Welk zijn de ESD die de maatregel bevorderen of voorzien?

Aan de hand van deze kenmerken kunnen we verder hieronder in Tabel 5-1 de maatregelen beschouwd in Kustvisie beoordelen volgens de definitie voor NbS. Analoog aan de richtlijnen geschreven door het IUCN wordt hier ook gebruik gemaakt van een evaluatie aan de hand van een verkeerslicht code waarbij rood totaal niet voldoet aan het kenmerk, oranje deels voldoet aan het kenmerk en groen volledig voldoet aan het kenmerk.

Het combineren van NbS in een geïntegreerde aanpak voor kustbescherming biedt vele voordelen, waaronder verbeterde ecologische veerkracht, behoud van biodiversiteit, verbetering van ecosystemendiensten en duurzame kustbescherming op de lange termijn. Het is essentieel om een holistische en op maat gemaakte benadering te hanteren bij het kiezen van de meest geschikte kustbeschermingsmaatregelen voor elke specifieke locatie langs de Vlaamse kust.

Tabel 5-1: Maatregelen met aanduiding voor solitaire en complementaire maatregelen en NbS met verkeerslicht beoordeling (rood voldoet niet, oranje voldoet deels, groen voldoet wel).

Locatie	Maatregel	Solitair / Complementair	Natuurlijk systeem/p roces ?	Duurzaam ?	Opbouwen de veerkracht ?	Welzijn bevordering?
Strandbeheer	Strandsuppleties (breed, hoog)	C				
	Zandmotor	C				
	Natuurlijke strandverbreding	C				
	Strandhoofden	C				
Op de zeewering	Ingrijpen op de bestaande dijk (dijk of stormmuur)	S				
	Hybride dijk (type dijk in duin, grasdijk)	S				
	Ingrijpen in de bestaande duinen (duinsuppleties)	S				
	Aanleggen nieuwe duinen (duin voor dijk of duin voor duin)	S				
	Verbreden van dijk en golfdempende uitbouw	C				
	Aangepast bouwen op de dijk	C				
	Duinversterking (harde ingreep)	C				
	Versterken duindynamiek	C				
	Activeren bestaande duingebieden	C				
Voor de zeewering (uitbouw van de kust)	Aanleggen nieuwe duinen	S				
	Slikken en schorren (wetlands)	C				
Op zee (uit de kust)	Open eilandengordel (open of afsluitbaar)	S				
	Gesloten eilandengordel (afgesloten lagune)	S				
	Alleenstaand eiland	C				
	Verhogen zandbanken	C				
	Vaste golfbrekers en kunstmatige riffen	C				
	Natuurlijke rifvorming	C				
	Drijvende golfbrekers	C				

De beoordeling van de verschillende maatregelen is in zeker mate subjectief en daardoor voor discussie vatbaar. In de tekst hierna wordt de beoordeling verder genuanceerd per maatregel en wordt een overzicht gegeven voor de verschillende opportuniteiten van de maatregelen aangaande ESD en socio-economische opportuniteiten.

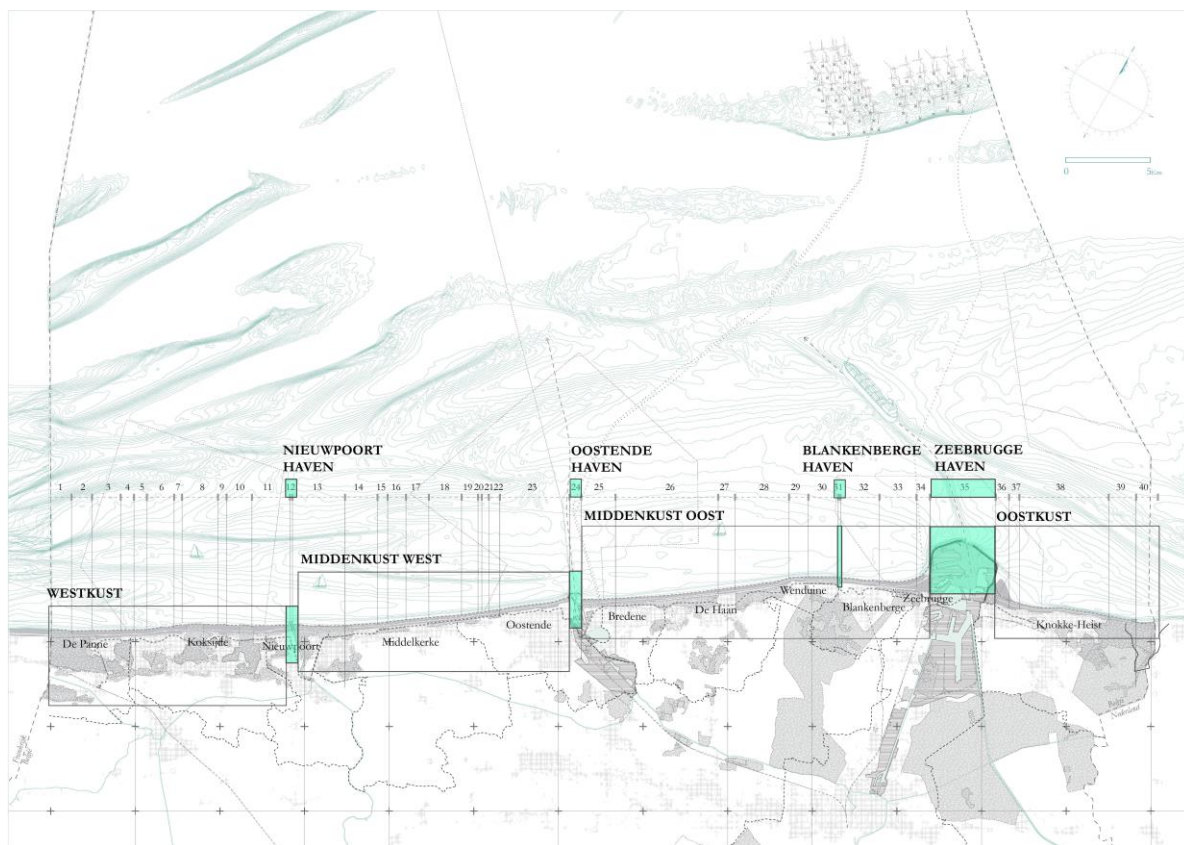
5.2 Referentiesituatie

Om de toepassingsmogelijkheden van Nbs langs de Vlaamse kust te bepalen, is het belangrijk om eerst naar de bestaande opportuniteiten in de referentiesituatie te kijken. In de afgelopen eeuwen is er een aanzienlijke achteruitgang geweest van natuurlijke landschappen, vooral met betrekking tot de kustduinen. Om de duinengordel verder te ontwikkelen of opnieuw aan te leggen, is er voldoende ruimte nodig ter hoogte van de strandzone.

De Vlaamse kust is een ruime zone onder invloed van de Noordzee, die vooroevers, stranden, duinen, dijken en infrastructuur, kustgemeenten en kustpolders omvat. De kustbeschermingszone is dat deel van de kust en de Noordzee dat een rol speelt bij de natuurlijke (bijvoorbeeld duinen en strand) en kunstmatige (bijvoorbeeld dijk, golfbreker en stormmuur) bescherming van de kust tegen overstromingen. Deze zone bevat de eerste zeewering.

De Vlaamse kust meet ongeveer 67 kilometer tussen Frankrijk en Nederland en wordt gekenmerkt door zandbanken en geulen, brede zandstranden, duinengordels, badplaatsen en polders. De zandkust wordt op vier plaatsen onderbroken door havens. Naast de vier kusthavens worden in het strategisch beleidsplan Kustvisie vier strandzones beschouwd (Figuur 5-1):

- Westkust: Zone vanaf de grens met Frankrijk tot voor de haven van Nieuwpoort;
- Middenkust-West: Zone vanaf de haven van Nieuwpoort tot voor de haven van Oostende;
- Middenkust-Oost: Zone vanaf de haven van Oostende tot voor de haven van Zeebrugge;
- Oostkust: Zone vanaf de haven van Zeebrugge tot aan de grens met Nederland.



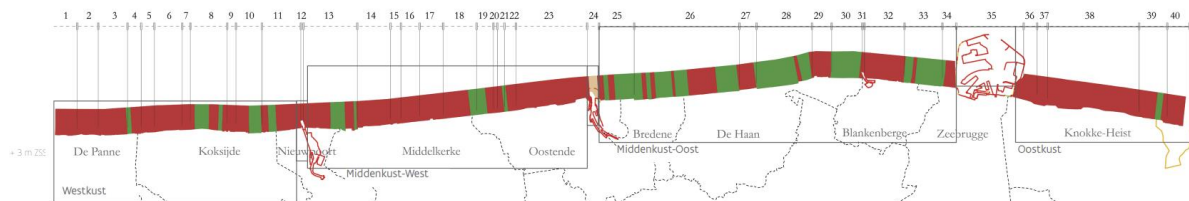
Figuur 5-1: De alternatieven situeren zich op verschillende ruimtelijke niveaus: per zone (4 strandzones: Westkust – Middenkust-West – Middenkust-Oost - Oostkust), havens (Nieuwpoort – Oostende – Blankenberge – Zeebrugge) en voor de volledige kustzone

Om de meest kwetsbare zones aan de kust te identificeren werd een veiligheidsscan (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023c) uitgevoerd uitgaande van de huidige situatie inclusief uitvoering van het Masterplan Kustveiligheid. De resultaten tonen op welke plaatsen langsheen de kust extra ingrepen nodig zijn, om ook in de toekomst blijvend bescherming te bieden tegen overstromingen vanuit de zee.

Uit de veiligheidsscan blijkt dat bij toenemende zeespiegelstijging steeds grotere zones van de Vlaamse kust onveilig worden. Er kan worden gesteld dat bij een zeespiegelstijging van 3 m de Vlaamse kust grotendeels onveilig wordt. Havens en badplaatsen vormen de meest kwetsbare zones en kleuren bij stijgende zeespiegelstijging het snelst rood (onveilig).

Alle badplaatsen en havens zijn voor 3 m zeespiegelstijging uiteindelijk volledig onveilig op enkele kleine uitzonderingen na in de haven van Zeebrugge. Middenkust-Oost toont zich in termen van kustveiligheid het meest robuust, gekenmerkt door hoge duingebieden (Bredene – De Haan, De Haan – Wenduine-West, Wenduine-Oost en Duinse Polders - Fonteintjes) die weerstand bieden tot 3 m zeespiegelstijging. De veiligheid op veel andere plaatsen en ook in de havens is tijdens de ontwerpstorm (de 1000-jarige storm) bij 3 m zeespiegelstijging niet gegarandeerd en bijkomende ingrepen zijn nodig voor de bescherming tegen overstromingen vanuit zee.

Hieronder worden de resultaten van de veiligheidsscan voor de Vlaamse kust bij +3 m zeespiegelstijging getoond. Hierbij wordt opgemerkt dat de groene kleur niet betekent dat er geen maatregelen nodig zullen zijn. Immers, in kader van de maatregelen in één bijvoorbeeld onveilige kustsectie kan het nodig zijn dat in de naastliggende groene secties maatregelen nodig zijn voor een stabiele kustlijn. Eveneens kunnen maatregelen nodig zijn die inspelen op de kansrijkheid van een kustsectie.



Figuur 5-2: Veiligheidsscan voor 3 m zeespiegelstijging langs Vlaamse Kust.

Daarnaast is er een beschrijving gemaakt van de referentiesituatie voor 2030, waarbij de **opportuniteiten voor ecosysteemdiensten** zijn uitgeschreven als onderdeel van het strategisch beleidsplan Kustvisie (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023b).

5.3 Beoordeling maatregelen als NbS

5.3.1 Strandbeheer

Stranden worden per definitie beschreven als kustgebieden bedekt met zand of kiezels en vertegenwoordigen 's werelds grootste type open kustlijn. Het is een dynamisch ecosysteem (IPCC, 2019) en de aard van een strand wordt sterk beïnvloed door hydrodynamica, getijden, golven en stromingen, evenals de omvang van de nabije kust, branding en het droge strandgebied (Finkl, 2004). Stranden kunnen worden ingedeeld als micro-getij (<2 m), meso-getij (2-4 m) of macro-getij (>4 m) op basis van de bestaande getijdenverschillen (Jordan en Fröhle, 2022). Aan de Vlaamse kust is de getijslag – of het hoogteverschil tussen laagwater en hoogwater – relatief groot. Ze bedraagt ongeveer 4 meter, bij springtij zelfs 5 meter.

Strandecosystemen zijn nauw verbonden met de branding aan de zeewaartse kant en de kustduinen aan de landwaartse kant door parallel en kruislings sedimenttransport, opslag en uitwisseling (Defeo *et al.*, 2009). Afhankelijk van de beschikbaarheid van zand kunnen **drie interactieve staten van strand-duinecosystemen** worden onderscheiden. Wat betreft het strandecosysteem zijn deze als volgt:

- **Erosie:** Met weinig tot geen begroeiing zijn kale zandgebieden dominant en beweegt het zand op het strand veel. Het sedimentbudget is negatief, waarbij de hoeveelheid verwijderd zand groter is dan de hoeveelheid aangevoerd zand op het strand.
- **Dynamisch evenwicht:** De stranden in deze staat zijn zeer mobiel en reageren op veranderende weersomstandigheden door landwaarts of zeewaarts te bewegen. Over het jaar in evenwicht, zorgen stormen ervoor dat het strand aanzwelt en zand naar het lagere strandniveau verplaatst (in de winter in gematigde gebieden, tijdens het moessonseizoen in de tropen), terwijl het in het stormvrije seizoen geleidelijk wordt opgebouwd aan het bovenste strand.
- **Aangroei:** Met overvloedige beschikbaarheid van sediment kan de kustlijn zeewaarts verplaatsen, omdat het strand verder sediment ophoopt en begroeiing en daarmee de ontwikkeling van kustduinen mogelijk maakt.

In principe spelen **natuurlijke en dynamische vormings- en vormgevingsprocessen** een essentiële rol in kustbescherming waarbij het kustsysteem zich aanpast aan de omgevingscondities. Bijvoorbeeld, in omgevingen met veel golfenergie en verhoogde golfactiviteit, komen typisch bredere dissipatieve zandstranden voor. De verhoogde golfactiviteit kan leiden tot erosie van stranden. Het transport van sediment langs de kustlijn wordt steeds meer naar de sublitorale zone verschoven.

Dit veroorzaakt een ondiepere vooroever, waar meerdere rijen ondergedompelde zandbanken kunnen ontstaan, en daarmee de ontwikkeling van een bredere branding zone. Hierdoor breken de golven al ver van de kust, waardoor de impact op het strand en de duinen sterk wordt vermindert.

In minder energieke omgevingen is het strand meestal meer doorlaatbaar en minder verzadigd met zeewater. Daardoor kunnen kortere en steilere golven die het strand bereiken sediment terug landinwaarts transporteren, wat leidt tot een verhoogde aangroei en versterking van het strand, dat vervolgens meer reflecterend wordt.

Als zand in de bovenste delen van het strand opdroogt, kunnen aanlandige winden het zand terug in aangrenzende duinecosystemen transporteren (Jordan en Fröhle, 2022). Bij storm treedt afslag op. Aan de Vlaamse kust is deze dubbele dynamiek aanwezig: erosie door stormen in de winterperiodes waarbij klifvorming plaatsvindt, en het natuurlijk herstel van de stranden in de rustigere periodes.

Bovendien spelen **strandecosystemen**, naast de eerdergenoemde bescherming tegen stormvloed en erosiecontrole, een belangrijke rol in het reguleren van het ecosysteem. Ze zijn vaak onderling verbonden met aangrenzende duinecosystemen, waarin ze sedimenten opslaan en waarmee ze dynamisch uitwisselen.

Voor kustbescherming in Vlaanderen is het dus van belang om de aanwezigheid van het strand te beschermen. Hoe breder en hoe hoger het strand, hoe beter de dempende werking zal zijn. Dit kan beïnvloed worden door aangepast strandbeheer, waarbij rekening gehouden wordt met de natuurlijke erosie en sedimentatie.

5.3.1.1 Nbs langs stranden

Het beschikbare zand langsheen de kust wordt getransporteerd door golven en stromingen. Dit leidt lokaal tot aanzanding of erosies (verlies) van zand langsheen de kust. Als er voldoende zand beschikbaar is ten opzichte van de lokale noden en als de aanvoer groter is dan de zeespiegelstijging kan de kust natuurlijk aangroeien. Zo kunnen er zich bijvoorbeeld natuurlijke zandbanken ontwikkelen die zich richting kust verplaatsen en zich aan de kustlijn toevoegen of is er zand beschikbaar voor windgedreven transport om duinen te laten groeien of verder te voeden en verlies na stormen te compenseren. Indien er onvoldoende zand is zijn deze natuurlijke processen niet meer snel of accuraat genoeg om de verstoring door stormen en zeespiegelstijging te corrigeren. Daarom wordt er globaal al een hele tijd gebruik gemaakt van '**artificiële**' **zandsuppleties** om deze processen na te bootsen en de erosie van de stranden tegen te gaan of te compenseren.

5.3.1.1.1 Suppleties van het strand met zand

Suppleties zijn vaak een onderbouwende maatregel die men in combinatie met andere gaat inzetten om de kustlijn op zijn gewenste positie te krijgen en te behouden. In dit geval spreken we over de zandsuppleties die worden uitgevoerd langs het strand, de vooroever of in zee bij het ophogen van zandbanken of het aanleggen van een eiland. Zandsuppleties van duinen en het verhogen van zandbanken wordt later besproken (zie 5.3.2.1.2 en 5.3.3.3).

Een strandsuppletie is het aanbrengen van zand op het strand. Dit kan verschillende vormen aannemen. Sommige stranden zullen van nature aanzanden (al dan niet onder invloed van artificiële constructies zoals strandhoofden of golfbrekers). Deze stranden kunnen bijkomend versterkt worden door ophoging of verbreding (structurele zandsuppleties). Bij vooroeversuppleties wordt enkel zand voor het strand (onder de laagwaterlijn) aangebracht, waarna het door natuurlijke processen verdeeld wordt in het systeem. Bij andere stranden is er een netto zandverlies, daar moet op regelmatige tijdstippen zand worden aangevoerd (onderhoudssuppleties). Onderhoudssuppleties zullen ook nodig zijn na stormen, wanneer aanzienlijke volumes van het hoog strand of de duin worden afgeslagen en het geërodeerde zand niet of niet snel genoeg vanop de vooroever naar het strand getransporteerd wordt. Een deel van de onderhoudssuppleties blijft doorgaans wel op de vooroever liggen, vanwaar het tijdens het zomerseizoen door natuurlijke processen (deels) terug op het strand terecht zal komen. De mate van erosie is sterk locatieafhankelijk. Deze onderhoudswerken maken dat deze maatregel minder duurzaam is.

Naast duidelijke effecten op kustveiligheid hebben zandsuppleties voordelen zoals het beter behouden van de zoetwaterlens (verminderen verzilting) en het vergroten van de beschikbare ruimte voor recreatie en toerisme. Er zijn ook nadelen zoals het impacteren van strandecologie (het duurt snel drie jaar alvorens benthos het steriele zand terug heeft gekoloniseerd) en de impact op het toerisme tijdens de uitvoering van de werken. Anderzijds kan er wel snel herkolonisatie optreden vanuit naastliggende gebieden, wanneer de suppleties niet de volledige strandzone ineens bedekken. Op het gebied van effecten van zandsuppletie op faungemeenschappen is tot nu toe vrijwel alleen onderzoek uitgevoerd naar de directe en korte termijn effecten op de locaties waar het zand gesuppleerd is. Dit betreft de benthische macrofauna op het strand (soms tot en met de eerste duinvoet) of op de vooroever, voor respectievelijk strandsuppletie en vooroeversuppletie (Arens et al., s.d.). Een belangrijk aspect bij strandsuppleties is de beschikbaarheid van geschikt zandmateriaal. Indien dit niet of onvoldoende beschikbaar is, moet ook bekeken worden of alternatieve bronnen of materialen gebruikt kunnen worden. Het suppletiezand komt momenteel in hoofdzaak uit zandwinningszones in het Belgische deel van de Noordzee. De beschikbare hoeveelheden in de huidige zones zijn in kaart gebracht in het rapport zandbeschikbaarheid (Consortium Hoogtij(d)) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023o). Mogelijke bronnen in de toekomst voor Kustvisie zijn de huidige of nieuwe extractiezones op het BNZ, bronnen uit het buitenland of zand dat vrijkomt bij grote infrastructuurwerken. Verdere opvolging en onderzoek (zie actiefiches) zal uitwijzen welke bronnen beschikbaar en aangewezen zijn.

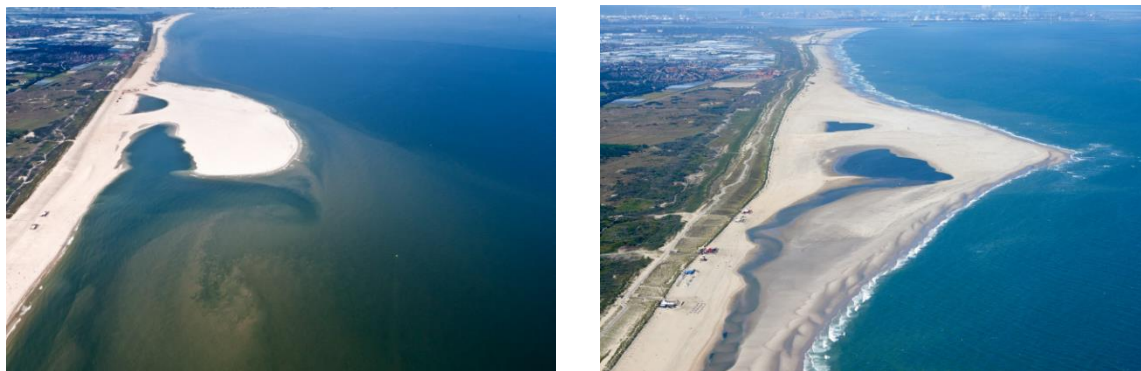
5.3.1.1.2 Zandmotor

Een alternatief voor (traditionele) strand- en vooroeversuppleties is een zandmotor. Bij een zandmotor worden (extreem) grote hoeveelheden zand op specifieke locaties voor de kust gebracht, waarna de natuurlijke processen (golven, stromingen, wind) zorgen voor de verspreiding van het zand langs de kuststrook, zowel op het strand als in de duinen. In Nederland loopt er een pilootproject, waarbij in 2011 een haakvormig schiereiland werd aangelegd (21,5 miljoen m³).

In de Schelde loopt het project 'Flexibel storten' waarbij plaatranden versterkt worden door gerichte stortingen, die dan door stroming verder worden vormgegeven, in dit geval voornamelijk uit oogpunt van natuurlijkheid.

De voordelen van de zandmotor zijn een mogelijk lagere kostprijs in vergelijking met reguliere onderhoudssuppleties (uiteraard sterk afhankelijk van de aanlegkost van de zandmotor), een langere levensduur, het ontstaan van nieuwe ruimte voor natuur en recreatie, en een minder frequente verstoring van de natuur dan bij regelmatige suppleties. Deze voordelen maken dat de zandmotor beantwoordt aan verschillende facetten van de definitie NbS.

Het aanleggen van een zandmotor in zee voor het strand neemt daarentegen zeer veel ruimte in voor de kust en heeft dus ook een grote footprint en overlap met de aanwezige ecosystemen op strand en vooroever. Lokale stromingspatronen worden verstoord door de plotse uitstulping langsheen de voor de rest rechte kust, en de grootschalige morfologische veranderingen nadien, met mogelijks risico's voor de zwemveiligheid. Verder zijn er zeer grote hoeveelheden zand nodig voor de aanleg van de zandmotor, met dus een grote initiële investeringskost. Aan het pilootproject in Nederland werd een zeer ruim monitorings- en onderzoeksprogramma gekoppeld aangezien veel effecten vooraf moeilijk of niet geschat konden worden.



Figuur 5-3: De zandmotor in Nederland: links kort na aanleg, rechts: na enige tijd (bron: dezandmotor.nl)

5.3.1.1.3 Strandhoofden

Strandhoofden zijn constructies (steen, hout) die dwars op de kust staan en bedoeld zijn om het verlies van zand door laterale stromingen te verminderen en zo het strand stabiliseren. Palenrijen zijn een variant van een strandhoofd. In de volksmond worden strandhoofden vaak 'golfbrekers' genoemd, maar dat zijn ze niet. Golfbrekers liggen niet dwars, maar parallel aan of schuin op de kust waardoor achter de golfbrekers een luwte staat. Hierdoor bouwen de golven zand op achter de golfbreker, het zand wordt als het ware vastgehouden waardoor de erosie vermindert.

Deze maatregel past niet binnen de term NbS, omdat het hier gaat om niet-natuurlijke structuren. Als de strandhoofden worden ingericht met het oog op het creëren van habitat voor inheemse soorten dan gaat het om natuur inclusief design, waarbij natuurlijke elementen worden meegenomen in het ontwerp. Strandhoofden kunnen wel in combinatie aangelegd worden om andere NbS te ondersteunen. Zoals bijvoorbeeld met de aanleg van duinen met vegetatie, waarbij de strandhoofden extra bescherming bieden tegen erosie van het strand en dus suppletie van de duinen kunnen garanderen.



Figuur 5-4: Strandhoofden met duinenrij bij Bredene (bron: VLIZ)

5.3.1.1.4 Natuurlijke strandvorming

In kustzones waar sedimentatie optreedt, kan het strand op natuurlijke wijze verbreden. Dit komt vooral voor waar dwarsstructuren zoals havendammen of golfbrekers het kustlangs zandtransport tegenhouden. Het kan ook voorkomen door transport uit zee via kustaangehechte banken (cf. natuurlijke voeding genoemd in recente publicaties van het Waterbouwkundig Laboratorium b.v. Verwaest et al (2022)). Zowel opwaarts als afwaarts kunnen dan bredere stranden voorkomen. Op termijn kunnen deze brede stranden zelfs verlanden of ingenomen worden voor andere functies. De ingreep 'natuurlijke strandvorming' omvat alle beheermaatregelen om natuurlijke strandverbreding te behouden en te stimuleren. In de eerste plaats door het niet baggeren van de stranduitbreiding, waar dit niet gewenst is. Daarnaast moet de zandtoevoer verzekerd blijven. Zo kan een strekdam langs de kust zorgen voor het afvangen van het zandtransport wat dan wel leidt tot verdere strandvorming aan de ene zijde van de strekdam maar waardoor er erosie kan optreden in de nabijgelegen strandzone. Mogelijke ingrepen hiervoor zijn het aanleggen van een bypass, of het aanbrengen van baggermateriaal nabij de strandzones afwaarts van de strekdam.

Natuurlijk strandvorming is zeer locatie afhankelijk, en hangt af van het beschikbare sediment, de lokale morfodynamiek en de resulterende erosie/sedimentatie patronen. Het proces natuurlijke strandvorming is een Nbs maar hoe dit bewerkstelligd wordt is niet altijd conform aan de term Nbs. Het stimuleren van dit proces kan bijvoorbeeld door het aanleggen van een strekdam of lang strandhoofd aan te leggen waardoor het natuurlijke zandtransport wordt opgevangen; wat dan echter naast kustlijnprogradatie aan de opwaartse kant ook tot afwaartse kustlijnerosie aanleiding geeft. Dergelijke maatregelen vallen zoals eerder besproken niet onder de term Nbs. Mogelijks kan door gericht aanbrengen van specie van doorbaggerde kustaangehechte banken natuurlijke strandvorming via voeding uit zee hersteld worden (cf. de door de vaargeul naar Oostende doorsneden Stroombank met aanhechting aan de kust ten westen van De Haan).

5.3.1.2 Samenvatting maatregelen strandbeheer

Hieronder is een overzicht van de verschillende maatregelen voor strandbeheer volgens de definitie van Nbs zoals eerder werd samengevat in paragraaf § 2.1 en Tabel 5-1.

Tabel 5-2: Overzicht maatregelen strandbeheer t.o.v. definitie Nbs

Locatie	Maatregel	Natuurlijk systeem/proces ?	Duurzaam?	Opbouwende veerkracht?	Welzijn bevordering?
Strandbeheer	Strandsuppletie				
	Zandmotor				
	Natuurlijke strandvorming				
	Strandhoofden				

Een zandmotor en strandsuppletie worden aanzien als een semi-natuurlijk proces, omdat er in normale omstandigheden een reservoir aan zand aanwezig is voor de kust om het strand te bevoorraden van zand. Het aanleggen van deze zandmotor of het mechanisch aanvullen van stranden is echter niet natuurlijk. Mits de juist complementaire maatregelen die het zand fixeren op de stranden is dit een duurzame oplossing die de veerkracht zal opbouwen en bijdraagt aan het welzijn door kustbescherming te garanderen.

Verder wordt ook natuurlijke strandvorming als een natuurlijk proces aanzien, mits er voor natuurlijke systemen wordt gekozen om dit proces te ondersteunen. Anderzijds is de oorzaak van de natuurlijke strandvorming vaak een harde maatregel, die het langtransport langsheen de kust onderbreekt (vb. een havendam).

Strandhoofden zijn geen natuurlijk systeem of proces aangezien het hier gaat om harde structuren die aangelegd worden in de strandzone. Ze zijn semi-duurzaam, omdat ze lang weerstand kunnen bieden aan de elementen maar niet dynamisch zijn om zich aan te passen aan een stijgende zeespiegel.

De vier maatregelen worden geacht de veerkracht van het strand op te bouwen en bij te dragen aan het welzijn door bescherming te garanderen en culturele en economische diensten te voorzien.

5.3.2 Maatregelen op en voor de zeekering

Landwaarts van de strandzone liggen de duinen die ook een cruciale rol spelen in het beschermen van de kustzone tegen overstromingen. Vanaf het *droog strand*, de zone boven de hoogwaterlijn, zien we een overgang in de duinvoet en daarna het duinfront. De zeeoep is het deel van de duinengordel dat grenst aan het strand en functioneert als zeeverende duinen (zie Figuur 2-2). Verschillende ingrepen kunnen bescherming bieden tegen het geweld van de zee. Vroeger werden er vooral '**harde**' maatregelen, zoals stenen glooiingen en dijken, al dan niet in combinatie met strandhoofden ter hoogte van de badplaatsen, aangelegd.

Door de jaren heen is er een wereldwijde tendens merkbaar om over te stappen naar '**zachte**' oplossingen en NBS. Door positief gebruik te maken van de krachten van de natuur zoals wind, getij, stromingen en golven, ontstaat een dynamische en veerkrachtige kust die bestand is tegen stormen en klimaatwijziging.

Natuurlijke duinvorming langs de Vlaamse kust is een essentieel proces dat een belangrijke rol speelt in het beheer van kustecosystemen en de bescherming tegen erosie. Duinen zijn dynamische systemen die ontstaan door de interactie tussen wind, zand en vegetatie. Langs de Vlaamse kustlijn wordt dit proces grotendeels gestuurd door de aanwezigheid van zandige stranden, wind en vegetatie zoals helmgrassen.

De wind transporteert zandkorrels landinwaarts vanaf het strand en de zee. Als de zandkorrels een obstakel tegenkomen, zoals helmgras en andere planten die zich in de duinen vestigen, worden ze tegengehouden en stapelen ze zich op. Deze ophoping van zand vormen embryonale duinen. Planten spelen een cruciale rol bij duinvorming doordat ze zand vasthouden met hun wortels, waardoor de duinen stabiliseren en groeien.

Duinen zijn niet alleen van ecologisch belang, maar ze dienen ook als natuurlijke barrières tegen stormen en overstromingen. Ze beschermen het achterliggende land tegen de impact van hoge golven en bieden een habitat voor verschillende planten- en diersoorten, waaronder zeldzame en bedreigde soorten die specifiek zijn aangepast aan dit dynamische kustmilieu.

Hoewel natuurlijke duinvorming een belangrijke rol speelt, wordt dit proces vaak beïnvloed door menselijke activiteiten, zoals bouwprojecten, recreatie en verstedelijking. Daarom is het cruciaal om zorgvuldig beheer en behoud van duingebieden te waarborgen om hun ecologische en beschermende functies te behouden en tegelijkertijd een evenwicht te vinden tussen menselijke activiteiten en natuurbehoud.

De golven zullen enkel bij zwaar stormweer reiken tot aan de duinen. Niet overal aan de Vlaamse kust zijn er nog duinen te vinden. Op verschillende badplaatsen heeft de zeeverende duin plaatsgemaakt voor **harde structuren** zoals zeedijken met promenades en een rij hoge appartementsgebouwen.

Om het achterland te blijven beschermen tegen de stijgende zeespiegel zouden de dijken (en andere harde structuren) moeten verhoogd worden of stormmuren aangelegd worden. Een andere optie is om badplaatsen op een meer natuurlijke manier te beschermen door de aanleg van bijvoorbeeld een duinengordel voor de dijk.

5.3.2.1 Versterken van de duinengordel

Duinen zijn actieve, levende systemen die een goede kustbescherming kunnen bieden indien ze voldoende breed en hoog zijn. Het versterken van de duinengordel kan enerzijds door het ingrijpen op de bestaande duinen of door het aanleggen van nieuwe duinen.

5.3.2.1.1 Ingrijpen in de bestaande duinen

Duinen vormen een natuurlijke beschermende buffer tussen de zee en het achterland. Het zandvolume van de duinen beschermt de kust tegen golfoverslag en overstroming bij stormvloed. Hierbij spelen hoogte en breedte (dus het volume) van het duin en de vegetatie een belangrijke rol. Duinen zullen eroderen tijdens stormen; het resterend volume moet dus voldoende groot blijven om bressen te voorkomen.

Maatregelen in de duinen richten zich op het handhaven van bestaande duinen zoals het voorzien van zandvangen of het voorzien of stimuleren van natuurlijke helmgrasvegetatie om sediment vast te houden of te vangen in de duinen, of het uitvoeren van duinsuppleties indien de zandvolumes of zandvang onvoldoende zijn.

Duinsuppleties kunnen de hoeveelheid zand in het systeem op peil houden of verhogen, net zoals dit voor strandsuppleties gebeurt. Duinsuppleties kunnen zowel aan zeezijde, in het duin, als aan landzijde worden uitgevoerd. Er moet nagedacht worden over de mogelijke ecologische impact van de zandsuppleties op het duinsysteem. Telkens er weer zand wordt toegevoegd aan de duinen, zal de aanwezige vegetatie verstikt worden door de laag zand die wordt toegevoegd.

De aanwezige fauna en flora zal na verloop van tijd zich kunnen herstellen. Herhaaldelijk ingrijpen dient vermeden te worden aangezien de fauna en flora zich anders nooit volledig kunnen herstellen naar de oorspronkelijk staat. Ook de socio-economische impact door de werken op het lokale toerisme dient bekeken te worden. De werken worden doorgaans zodanig gepland dat ze buiten het toeristische seizoen vallen, maar vallen dan samen met gevoelige broed en paarperiodes voor soorten die resident zijn in de duinen. De bestaande duinen kunnen verder worden verstevigd aan de hand van suppleties met als doel de duinen te verbreden en/of op te hogen.

Bestaande duinen kunnen ook versterkt worden door **maatregelen die het stuifzand gaan opvangen** en vastleggen op de duinhellingen en zo de hoeveelheid zand op peil gaan houden of vergroten. Kunstmatige maatregelen om zand vast te leggen zijn o.a. het plaatsen van **zandschermen of rijshout**. Dergelijke ingrepen zijn veelal kleinschalig en lokaal en vallen niet onder de term NBS. Ze zijn niet natuurlijk, niet duurzaam en bieden geen extra ESD aan. Een ander alternatief dat wel binnen de definitie van NBS valt, is het **stimuleren van een natuurlijke stuifduinvegetatie**. Het zijn meer bepaald de vegetaties met snelgroeiende rhizoomvormende grassen, kenmerkend voor deze zone, die de elasticiteit en het 'zelfhelend vermogen' van de duinen voor hun rekening nemen. Ook de opgaande vegetatie van gefixeerde duinen (duinstruweel en bos) kan verstuiving afremmen maar deze vegetatie is niet aangepast aan de extreme milieumomstandigheden van de zeereep.



Figuur 5-5: Rijshouthagen bij het duin voor dijk project in Raversijde, voorjaar 2021 (bron: agenschapmdk.be)

Helmgras is hierin de meest kenmerkende soort, een plant die uitstekende gedijt in een dynamisch stuifduinomgeving, en met zijn snelgroeiende wortels zand vastlegt. De meest zeewaartse groeiplaatsen van helm behoren tot de prille embryonale duinen op het hoogstrand waarin helm een constante soort is. Het zijn zeer soortenarme, open en efemere vegetaties waarin helm hoogstens een paar procenten van de bedekking uitmaakt. Andere soorten die ook gevonden worden in de duinen en bijdrage tot het stabiliseren van het zand zijn biestarwegras en zeeraket, etc. Achter de zeereep is een soort zoals duindoorn veelal aanwezig als stabilisator van het zand. Deze oplossing kan solitair gebruikt worden om natuurlijke duingroei te realiseren maar zal over een langere termijn onderhouden en gemonitord worden. Deze oplossing geeft ruimte aan de natuurlijk fysische processen en is op lange termijn een duurzame maatregel die de dynamiek ondersteunt. Dit kan eventueel gecombineerd worden met andere maatregelen die de embryonale duinen beschermen zodanig dat deze kunnen verder ontwikkelen. Embryonale duinen worden vaak beïnvloed door betreding, verontreiniging, machinale schade, aanleg van wegen en paden waardoor de begroeiing wordt bedolven onder het zand. De menselijk druk verhindert op deze manier de groei van robuuste duinen.

Na het vestigen van de helm of andere duinsoorten is voor de ESD kustbescherming zeer belangrijk dat de soort zich verder blijft ontwikkelen. Verschillende parasieten kunnen de helmgrassen aantasten en uitroeien. Dynamische duinen zijn belangrijk in het onderhouden van deze vegetatie daar de losse structuur van de stuifduinen ervoor zorgen dat de parasitaire organismen niet kunnen vestigen. Dit natuurlijk 'onderhoud' brengt verschillende socio-economische voordelen met zich mee. De ontwikkelde duinen brengen de ideale plaats voor recreatie en natuur.



Figuur 5-6: Aanplant van helmgras. Oostende Oosteroever (bron: agenstschapmdk.be)

De evolutie in zandvolumes van de bestaande duinen kan worden bestudeerd aan de hand van gemonitorde kustprofielen. Daarnaast zijn er verschillende pilootprojecten in uitvoering zoals in Raversijde en Oostende Oosteroever die de mogelijkheden voor duin voor dijk oplossingen onderzoeken. Op basis van deze gegevens is het natuurlijke transport van zand en de aangroei van bestaande duinen aan de Vlaamse kust bestudeerd in (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023p).

Uit de analyse blijkt dat er in de meeste bestaande duinen langs de Vlaamse kust een aanhoudende natuurlijke aangroei is. Gemiddeld groeien ze met $6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Die groei is wel voor een groot deel te danken aan de vele suppleties langs de kust en het actieve beheer met stuifschermen en helmaanplant. De duinvoet neemt ook sneller in hoogte toe dan de zeespiegelstijging. Ook het duinvolume van de zeereep neemt sneller toe dan noodzakelijk om de zeespiegelstijging te compenseren.

In de duin voor dijk proefprojecten is het ook mogelijk gebleken om duinen te laten ontstaan op het droogstrand, door aanzandingsruimte te creëren door de aanplant van helmgras en/of aanbrengen van stuifschermen (rijshout). In de eerste maanden is de aanplantdichtheid en vegetatiehoogte bepalend voor de morfologie van de aanzanding, op langere termijn is de vegetatieontwikkeling meer bepalend. Zodra verzadiging wordt bereikt vindt weer transport tot achter de zone plaats. Monitoring van de proefprojecten geven aan dat er sterke aanzanding optreedt op het droogstrand waar helmgras en of rijshouten hagen worden voorzien. In het proefproject in Oostende bleek er een aangroei van het duin voor de dijk met $6 \text{ m}^3/\text{m}$ in 3 maanden en $11 \text{ m}^3/\text{m}$ na 1 jaar, en in Raversijde een toename met $12\text{-}14 \text{ m}^3/\text{m}$ na 1 jaar in de zones met enkel helmgras en $14\text{-}26 \text{ m}^3/\text{m}$ na 1 jaar in de zones met combinaties van rijshouthagen en helmgras (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023p).

Duinvoetverdediging zorgt ervoor dat de duinen worden afgesneden van zandaanvoer door eolisch transport. Op plaatsen waar deze aanwezig is wordt geen duinaangroei vastgesteld. Dit komt mede doordat er op deze duinvoetverdediging vaak een weg aanwezig is, die actief wordt uitgeruimd door de kustgemeentes. Hierbij wordt het zand terug op het strand geschoven. Enkel bij uitzonderlijk harde wind stuift hier nog enige hoeveelheid zand naar de zeereep.

Om het bestaande potentieel aan duingroei in de toekomst te behouden zijn ruimte, beheer en voldoende sediment belangrijk. Er moet voldoende ruimte zijn voor de duinen om te groeien en ook voldoende droogstrandbreedte zeewaarts van het duin om de kritieke strijklengte en maximaal transport te bieden. Het beheer van de duinen moet de vangstcapaciteit garanderen zoals het beperken van de toegang tot duingebieden om de jonge vegetatie te beschermen of het gebruik van rijshouthagen of vegetatie zoals helmgras of andere soorten indien er onvoldoende invangcapaciteit is ter hoogte van de natuurlijke vegetatieontwikkeling. Er dient ook voldoende sediment beschikbaar te zijn voor de opbouw en eventuele herstel na stormen van de duinen.

Op basis van de geobserveerde volumes in bestaande duinen en in pilootprojecten blijkt dat het enkele jaren zal duren om de vereiste duinvolumes op natuurlijke wijze te ontwikkelen, wanneer uiteraard voldaan wordt aan de voorwaarden uit bovenstaande paragraaf. De daadwerkelijke ontwikkelingstijd van de vegetatie hangt af van het klimaat en de beheeromstandigheden.

5.3.2.1.2 Aanleggen van een nieuwe duinengordel

Naast het versterken van de bestaande duinen kan gekeken worden naar de aanleg van nieuwe duinengordels. Bestaande dijken kunnen versterkt worden door een duin voor de harde zeedijk te plaatsen ('duin voor dijk'-principe). De duin neemt daarbij grotendeels de rol van zeekering over. Ook voor bestaande duinengordels kan een nieuwe duinenrij worden aangelegd om extra bescherming te bieden.

Nieuwe duinen worden natuurlijk gevormd vanuit de embryonale duinen op het strand. Door het springtij worden vloedmerken afgezet en zij verhinderen tijdelijk het wegstuiven van strandzand waardoor de gespecialiseerde plantensoorten zich verder kunnen ontwikkelen. De soorten die hier voorkomen worden gekenmerkt door hun hoge tolerantie voor zout en de grote drijfkracht van hun zaden die door het zeewater verspreid worden. Het organische materiaal dat meedrijft in de vloedmerken, zoals bruinwieren, leveren de nodige voedingsstoffen voor de planten. Het aanleggen van nieuwe duinengordels kan dus met andere woorden gestimuleerd worden door het beschermen van de embryonale duinen, mits er voldoende zand in het systeem aanwezig is/of gebracht wordt.

Indien de natuurlijke duinvorming niet snel genoeg gaat in functie van de zeespiegelstijging, of wanneer er onvoldoende zand aanwezig is in het systeem, kunnen ook hier zandsuppleties ingezet worden. Die kunnen verschillende vormen aannemen en kunnen meer zand in het systeem brengen (op het strand, zeewaarts van de nieuwe duinen) dat op een natuurlijke manier tot in de nieuwe duinen getransporteerd wordt. Een andere optie is om het duin aan te leggen door het zandvolume aan te brengen op de gewenste locatie voor het nieuwe duin, in combinatie met het aanplanten van vegetatie om het zand te fixeren. Na aanleg kan het duin verdere natuurlijk evolueren en aangroeien door de natuurlijke processen.

Voor de bestaande zeekering kan een nieuwe duinengordel worden aangelegd. Afhankelijk van de beschikbare ruimte kan deze worden toegevoegd als een compacte zanddijk met minimale dimensies om de veiligheid te waarborgen of als een uitgebouwd duinlichaam. De mate van natuurlijkheid en kwalificatie als NbS kan hierbij sterk verschillen.

Zoals beschreven aan het einde van voorgaande sectie wijzen de monitoring van de bestaande duinen en de duin voor dijk proefprojecten uit dat natuurlijk aangroei en opbouw van duinen aan de Vlaamse kust mogelijk zijn. Belangrijke voorwaarden daarbij zijn evenwel ruimte, beheer en voldoende sediment.

Het **duin-voor-dijk**-principe biedt verschillende voordelen. Vooreerst vormen de duinen een zandbuffer die zonder gevaar voor overstroming winterse erosie mogelijk maakt. Dit principe is ook gunstig voor de biodiversiteit en kan ook een sociale meerwaarde hebben voor toerisme. Goed ontwikkelde, vegetatieve duinen vormen het ideale 'vangnet' voor het stuifzand dat veel problemen kan veroorzaken in badsteden.



Figuur 5-7: Hondsbossche en Pettemer zeekering, voor aanleg van de duinen (bron: www.archi.nl/bergen-digitaal)



Figuur 5-8: Hondsbossche duinen na aanleg (Bron: <https://www.ecoshape.org>)



Figuur 5-9: Hondsbossche duinen na 5 jaar (Bron: <https://geografie.nl/artikel/vijf-jaar-hondsbossche-duinen>)

5.3.2.2 Aanleg van hybride maatregelen

Hybride maatregelen zijn een combinatie van harde infrastructuur en natuurgebaseerde elementen. Hybride maatregelen dragen bij aan een geïntegreerde benadering van kustbescherming die de veerkracht en duurzaamheid van kustecosystemen bevordert. Ze illustreren hoe technologische innovatie en respect voor de kracht van de natuur hand in hand kunnen gaan om onze kwetsbare kustgebieden te beschermen. Hybride maatregelen zijn innovatieve oplossingen die traditionele technische methoden voor kustbescherming combineren met natuurlijke processen en ecosystemen. Deze benadering integreert menselijke infrastructuur met de kracht van natuurlijke elementen om veerkrachtige en duurzame kustbeschermingsmaatregelen te bieden.

Enkele kenmerken en voordelen van hybride maatregelen zijn de integratie van natuurlijke elementen en het versterken van de kustbescherming. Hybride maatregelen maken gebruik van natuurlijke materialen en vegetatie om de stabiliteit en duurzaamheid van de dijk te vergroten. Hierbij wordt slim gebruik gemaakt van de natuurlijke eigenschappen van planten, zoals wortels die de bodem vasthouden en de impact van golven dempen. Deze dijken verminderen de golfenergie en erosie door de interactie tussen water, zand en vegetatie te benutten. Het gebruik van vegetatie, zoals riet, helmgras en andere lokale plantensoorten, vermindert de impact van golven en versterkt het zandige substraat van de dijk.

Hybride maatregelen verminderen de behoefte aan harde materialen zoals beton en steen, wat de negatieve milieueffecten van traditionele dijkbouw kan verminderen. Ze bevorderen tevens de biodiversiteit en bieden habitat aan verschillende planten- en diersoorten. Ze spelen ook een belangrijke rol naar connectiviteit toe. Deze dijken hebben de capaciteit om zich beperkt aan te passen aan zeespiegelstijging en klimaatverandering. Ze kunnen beperkt meegroeien en evolueren naarmate de omgeving verandert, waardoor ze duurzame bescherming bieden op lange termijn.

Hybride maatregelen hebben vaak een positievere impact op de lokale bevolking dan de traditionele grijze harde infrastructuur. Ze kunnen recreatiemogelijkheden bieden, educatieve waarde hebben en eventueel positieve impact hebben op de gezondheid van de lokale bevolking. Hoewel de initiële kosten voor de aanleg van hybride maatregelen, zoals hybride dijken, vergelijkbaar kunnen zijn met traditionele dijken, kunnen de lagere onderhouds- en herstelkosten op de lange termijn aanzienlijke financiële voordelen opleveren.

Het ontwerp en de implementatie van hybride maatregelen vereisen vaak nauwe samenwerking tussen ingenieurs, ecologen, beleidsmakers en lokale gemeenschappen. Deze aanpak stimuleert synergie tussen menselijke en natuurlijke systemen.

De grasdijk in Middelkerke is een voorbeeld van dergelijke hybride dijk aan de Vlaamse Kust.



Figuur 5-10: Hybride dijk Middelkerke (bron: agenstschapmdk.be)

5.3.2.3 Slikken en schorren (wetlands)

Het succes van het gebruik van slikken en schorren of wetlands als NbS hangt af van zorgvuldige planning, beheer en samenwerking tussen ecologen, beleidsmakers en lokale gemeenschappen. Het behoud en herstel van deze waardevolle kusthabitats dragen niet alleen bij aan kustbescherming, maar ook aan het behoud van biodiversiteit en de veerkracht van onze kustecosystemen.

Slikken en schorren kunnen fungeren als natuurlijke golfbrekers die de energie van de golven verminderen voordat deze de kust bereiken. De begroeiing en de onregelmatige topografie van deze habitats helpen om golven te breken en te dempen waardoor de impact van erosie en overstromingen wordt verminderd. De begroeiing zal ook bijdragen bij het verankeren van sedimenten en modder waardoor de erosie van sedimenten naar zee wordt verminderd, wat essentieel is in het behoud van stranden en duinen. Slikken en schorren zijn dynamische gebieden die zich kunnen aanpassen aan de zeespiegelstijging door langzaam mee te bewegen. Dit natuurlijke proces, bekend als "veenslikken", zorgt voor verticale groei van het oppervlak en helpt bij het behoud van een natuurlijke buffer tegen stijgende zeespiegels.

Behoud van slikken en schorren betekent het beschermen van hun unieke ecologische waarde. Deze habitats bieden een thuis aan diverse planten- en diersoorten, waaronder trekvogels en vissen. Door deze ecosystemen te behouden, behouden we niet alleen de biodiversiteit, maar versterken we ook de veerkracht van kustecosystemen. Ze kunnen ook worden gebruikt voor duurzaam toerisme en educatieve doeleinden. Ze bieden kansen voor natuurobservatie, ecotoerisme en educatieve programma's die bewustzijn creëren over de waarde van deze ecosystemen en het belang van kustbescherming (Provoost et al., 2014).

Het Zwin in Knokke-Heist is hier een goed voorbeeld van. De Zwinvlakte is een reservaat van 158 ha over een kustlengte van ongeveer 2.3 km, en strekt zich grensoverschrijdend uit over Vlaanderen en Nederland. Het gebied is afgesloten van de zee door duinen en staat via de Zwingel in verbinding met de zee. Bij elke vloed overstroomt de Noordzee het natuurgebied en bij eb trekt het water zich terug. Door dit spel van eb en vloed is het Zwin een 'intergetijdengebied' en zorgt het zoutwater voor het vormen van slikken en schorren. Tussen 2016 en 2019 is het Zwin uitgebreid met 120 hectare. De uitbreiding zorgde voor een grotere oppervlakte van getijdennatuur en verkleinde het overstromingsgevaar vanuit zee, in combinatie met de bouw van de nieuwe Zwindijk. De aanleg van de nieuwe dijk was ook een deelproject van het Masterplan kustveiligheid (Afdeling Kust, 2016).

5.3.2.4 Samenvatting maatregelen op en voor de zeewering

De slikken, schorren en duinen maken samen met de strandzone deel uit van de zeewering en zijn een dynamisch gegeven. Maatregelen die inwerken op het behoud en herstellen van de duinen zoals het faciliteren van natuurlijke duinvorming kunnen aanzien worden als NbS. In Tabel 5-3 worden de hierboven voorgestelde maatregelen getoetst aan de definitie van NbS.

Kunstmatige maatregelen zoals zandschermen vallen in de grijze zone van deze term, dit zijn geen natuurlijke processen en zijn niet duurzaam als er gebruik wordt gemaakt van niet-natuurlijke materialen. Deze elementen zullen slijtage ondergaan door wind en regen en moeten herhaaldelijk vervangen worden. Bij het gebruiken van natuurlijke zandschermen, zoals rijshouthagen, wordt het zand opgehoopt onder invloed van water en wind en worden er duinen gevormd. Deze natuurlijke schermen worden opgenomen door de duinen en kunnen beschreven worden als een NbS.

De ontwikkeling van nieuwe duinen kan door het bevorderen van de natuurlijke processen in duinvorming, en is op lange termijn een duurzame aanpak. Het artificieel aanleggen van een duin zal een tijdelijk impact hebben op de lokale vegetatie, maar deze zal zich herstellen op lange termijn. De verdere ontwikkeling van zo'n duin is een natuurlijk proces maar de initiële aanleg wordt echter als niet-natuurlijk gezien.

Dijken worden over het algemeen niet als NbS aanzien omdat het aangelegde structuren zijn die niet natuurlijk mee evolueren met de omstandigheden. Ze bevorderen enkel het welzijn door recreatiemogelijkheden aan te bieden en bescherming te bieden tegen overstromingen. Een hybride dijk gaat al meer richting NbS omdat deze vaak gecombineerd wordt met NbS zoals het aanleggen van vegetaties. Het combineren van de duinen en dijken wordt ook gezien als een hybride oplossing waarbij een NbS wordt gecombineerd met een niet-NbS.

Tabel 5-3: Overzicht maatregelen t.o.v. definitie NbS

Maatregel		Natuurlijk systeem/proces ?	Duurzaam ?	Opbouwende veerkracht?	Welzijn bevordering ?
Op de zeewering	Ingrijpen op de bestaande dijk (dijk of stormmuur)				
	Hybride dijk (type dijk in duin, grasdijk)				
	Ingrijpen in de bestaande duinen (duinsuppleties)				
	Aanleggen nieuwe duinen (duin voor dijk of duin voor duin)				
	Verbreden van dijk en golfdempende uitbouw				
	Aangepast bouwen op de dijk				
	Duinversterking (harde ingreep)				
	Versterken duindynamiek: natuurlijke materialen				
	Versterken duindynamiek: niet-natuurlijke materialen				
	Activeren bestaande duingebieden				
Voor de zeewering (uitbouw van de kust)	Aanleggen nieuwe duinen				
	Slikken en schorren (wetlands)				

5.3.3 Maatregelen in zee

Verder zijn er ook maatregelen die verder in zee kunnen toegepast worden. Deze maatregelen zullen ervoor zorgen dat de kracht van de golven al afneemt nog voor ze kust bereiken (een complementaire maatregel, op zich niet voldoende voor kustbescherming) of dat de zeewering en de nieuwe kustlijn verder in zee komt te liggen. Dit kan op verschillende manieren.

5.3.3.1 Riffen als kustbescherming

Zandbanken en zandsuppleties op de stranden en vooroever vormen een uitstekende zeewering. Ze dempen de kracht van de golven, maar ze zijn onderhevig aan erosie en niet altijd even stabiel. Een bijzonder kustelement dat zich situeert in de zee, maar ook op de grens tussen zee en strand zijn de riffen. Onder riffen vallen zowel **biogene, geogene, als artificiële riffen**. Momenteel loopt aan de Vlaamse kust een proefproject om grote oppervlakken op de vooroever te 'fixeren' door gebruik te maken van inheemse organismen die zich vastzetten in de zeebodem, dit worden biogene riffen genoemd.

- **Biogene riffen** bestaan bijvoorbeeld uit *Lanice conchilega* (zandkokerworm) of andere soorten zoals zeegras, mosselen en oesters. Deze komen voor op zachte substraten langs, en soms dichtbij, de kust en kunnen dus overwogen worden als kustbeschermingsmaatregel.
- **Geogene riffen** zijn natuurlijke grindbedden of rotsformaties (in tegenstelling tot artificiële harde substraten), beschermd onder het Natura 2000 netwerk. Deze riffen komen voornamelijk offshore voor, wat betekent dat ze momenteel nog niet beschouwd worden als kustbeschermingsmaatregel in Kustvisie.
- **Artificiële riffen** ontstaan door de introductie van kunstmatig hard substraat, zowel offshore (bv. windturbines met erosiebescherming) als nabij de kust (bv. strekdammen, golfbrekers, strandhoofden). Deze worden gekoloniseerd door typische fauna die op harde substraten leeft en hebben net zoals geogene riffen een hoge biodiversiteit en grote biomassa aan gemeenschappen. Er is echter een verschil in soortensamenstelling tussen natuurlijke en artificiële riffen, waardoor artificiële riffen het beschermde habitattype niet kunnen vervangen. Ze kunnen wel dezelfde rol en ecosystemendiensten vervullen.

Verschillende mogelijkheden worden onderzocht in Coastbusters. Een eerste experiment werkt met zeewier of zeegras dat aangeplant wordt op grote textielmatten die vastgemaakt zijn op de zeebodem. Een andere manier is het creëren van een mossel rif op een onderliggende textielmat. Mosselen klitten samen en creëren een natuurlijk rif met hun schelpen. Het derde experiment is er een met schelpkokerwormen. Kokerwormen nestelen zich in het zand en maken een kokertje aan om zich te beschermen. Zo stabiliseren ze de bodem. Heel veel wormen samen zullen hun kokers steeds hoger bouwen, wat een rif kan creëren.

Het grootste voordeel van deze aanpak is dat zand kan sedimenteren op en langs de riffen en dat het dus minder onderhevig is aan erosie. Hierdoor kunnen natuurlijke zandbanken ontstaan die het strand en de vooroever kunnen voorzien van zand. Er ontstaan ook rijke ecologische hotspots die verschillende diensten kunnen voorzien voor organismen. Ook voor menselijke consumptie kunnen deze oplossingen verschillende voordelen bieden.

De natuurlijk gevormde riffen werken gelijkaardig als verhoogde zandbanken of zeer lage submerged golfbrekers. Het effect van deze natuurlijke riffen is veel kleiner dan dat van de traditionele golfbrekers die parallel aan of schuin voor de kust worden aangelegd en typisch veel hoger zijn (minstens tot laag water, en om werkzaam te zijn tijdens stormen tot boven het hoog water).

Golfbrekers zijn grijze of harde structuren die niet dynamisch zijn. Bij een stijgende zeespiegel worden ze minder efficiënt en moeten ze opgehoogd worden. Natuurlijke riffen zijn wel dynamisch en kunnen zich in zekere mate aanpassen aan hun veranderende omgeving.

Momenteel is het debat nog gaande of het uitzetten van artificiële structuren ter bevordering van deze biogene riffen onder de noemer van NbS valt, aangezien het ook om natuur inclusief design kan gaan. Een aangelegd rif heeft een andere soorten compositie dan natuurlijk riffen. Een kunstmatig rif wordt wel aanzien als een gezond rif eenmaal er een vestiging is van verschillende soorten (Hill, 2021).

5.3.3.2 Een open of afsluitbare eilandengordel

In zee kan een eilandengordel worden aangelegd bestaande uit een reeks van **losse eilanden** met daartussen relatief beperkte openingen zodat er een wateruitwisseling en scheepvaart blijft bestaan tussen open zee en de binnenzee achter de eilanden. De eilandengordel dempt de golven richting de bestaande kustlijn wat de druk op kustveiligheid doet afnemen op de bestaande zeewering. Deze losse eilanden zorgen voor een wind- en/of golfuwte net achter het eiland, maar nemen de rol van de primaire zeewering niet over (bescherming tegen hoogwater of golfoverslag). Indien ze langgerekt de lengte van de kust volgen spreekt men van barrière-eilanden. Dit is vergelijkbaar met de situatie aan de Waddenzee of voor de kust van Louisiana. De eilanden hebben ook een effect op de lokale stromingen, waardoor erosie- of sedimentatiepatronen in het gebied kunnen veranderen.

Afsluitbare eilandengordel: door verbinden van de eilanden met tijdelijke barrières kan de kust ook beschermd worden tegen hoogwater door stormopzet. Een voorbeeld is de stormvloedkering uit het MOSE-project, waar caissons tussen de barrière-eilanden de lagune van Venetië afsluiten bij stormdreiging (in normale omstandigheden liggen ze afgezonken op de zeebodem). Verbonden eilanden beschermen tegen stormopzet en stormgolven. Aangezien in normale condities de lagune in rechtstreekse verbinding staat met open zee beschermen ze niet rechtstreeks tegen zeespiegelstijging en is er nog nood aan een adequate zeewering op de oude kustlijn om de effecten van zeespiegelstijging onder normale condities op te vangen. Indien de lagune redelijk groot is van omvang, zal er wel opnieuw een stormopzet en windgolven kunnen ontstaan, maar de lokaal opgewekte windgolven hebben vaak niet dezelfde energie als zeegolven.

Eén enkel afgezonderd eiland wordt niet beschouwd als een solitaire maatregel. Eén eiland, in tegenstelling tot een eilandenreeks met beperkte openingen, voorziet in een beperkte afscherming van de kust, en heeft slechts als een complementaire maatregel enige lokale bijdrage voor kustbescherming. In Kustvisie is dit dan ook niet opgenomen binnen de alternatieven. Eén enkel los eiland kan daarnaast wel nuttig zijn en relevant om te realiseren omwille van andere functies zoals bijvoorbeeld natuur, recreatie, etc.

5.3.3.3 Verhogen van zandbanken

Net als bij golfbrekers en eilanden zal het verhogen van de zandbanken voor de kust de kracht van de stormgolven breken. De doeltreffendheid hangt samen met de mate van ophoging en de afstand tot kust. De kustbanken (5-10 km uit de kust) zijn daarom meer geschikt dan Vlaamse banken, die verder in zee liggen (10-20km). Bovendien liggen de kustbanken in ondieper water, waardoor er minder zand nodig zal zijn. Ophogen van de zandbanken heeft een impact op het zeeleven van de banken net zoals besproken bij de strand- en duinsuppleties. Het aanwezige bodemleven wordt telkens verstoord. Zolang de zandbanken niet gefixeerd worden door organismen en/of vegetatie zullen deze mogelijks ook onderhevig blijven aan erosie. Indien er regelmatig weer nieuwe hoeveelheden aan toegevoegd moeten worden, is deze maatregel niet duurzaam.

5.3.3.4 Afgesloten lagune

Met deze maatregel wordt de bestaande kust afgeschermd van golven en stormvloeden door het creëren van een afgesloten lagune voor de bestaande kustlijn. Deze afgesloten lagune wordt zeewaarts begrensd door een maatregel op zee. Deze maatregel kan zacht zijn (bijvoorbeeld een zandige eilandenboog), hard zijn (bijvoorbeeld een dijk) of een combinatie waarin zandige eilandelementen worden beschermd door harde structuren.

Deze nieuwe afgesloten kust- of eilandenboog bevindt zich op zee. Om uitwisseling tussen de lagune en open zee mogelijk te maken, kunnen er zeesluizen worden voorzien in de eilandenboog.

5.3.3.5 Samenvatting maatregelen in zee

Het aanleggen van eilanden voor de kust kan niet aanzien worden als natuurlijke systemen of processen en is niet duurzaam. Door lokale stromingen en de veranderde hydrodynamiek zullen de eilanden mogelijks steeds eroderen, waardoor er jaarlijkse suppleties moeten gebeuren. Deze onderhoudswerken hebben een grote impact op de ontwikkelende ecosystemen. Ook de natuurlijk impact van deze eilanden is nog niet helemaal onderzocht.

Biogene riffen zijn wel natuurlijke processen en brengen verschillende ecosystemendiensten met zich mee. Er blijft echter discussie over de term natuurlijk bij het aanleggen van structuren om deze riffen te ondersteunen bij hun ontwikkeling.

Tabel 5-4: Maatregelen in zee t.o.v. definitie NBS

Locatie	Maatregel	Natuurlijk systeem/proces?	Duurzaam?	Opbouwende veerkracht?	Welzijn bevordering?
In zee	Open eilandengordel (open of afsluitbaar)				
	Gesloten eilandengordel (afgesloten lagune)				
	Alleenstaand eiland				
	Verhogen zandbanken				
	Vaste golfbrekers en kunstmatige riffen				
	Riffen: natuurlijke rifvorming				
	Riffen: artificiële aanleg				
	Drijvende golfbrekers				

5.4 NbS in relatie tot het Kader van Ambities

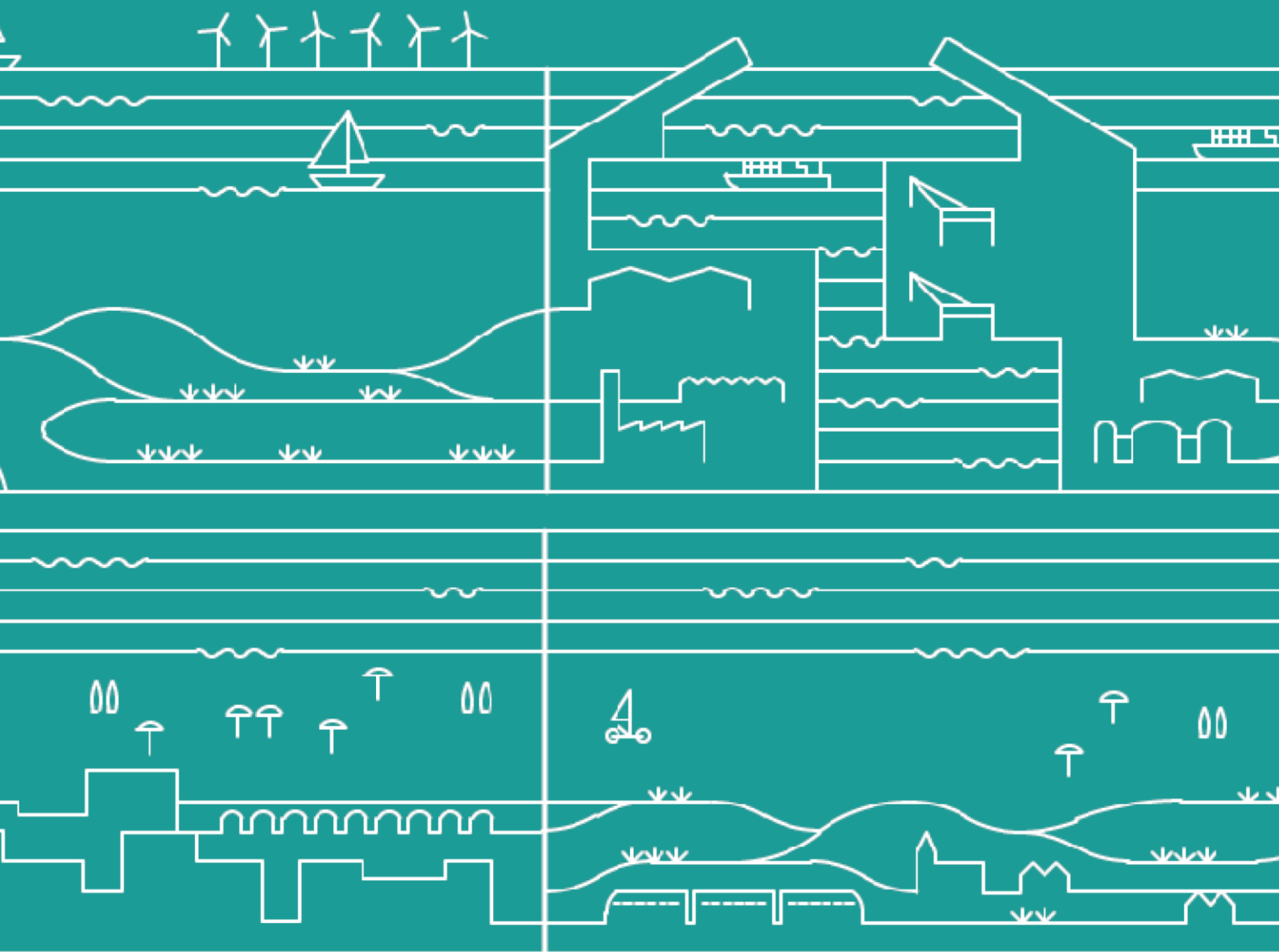
Kustvisie heeft als ambitie een beschermend, toekomstgericht, aantrekkelijk en haalbaar alternatief voor te stellen om kustbescherming te garanderen. Het gebruik van NbS kan deze ambities helpen behalen.

- Een **beschermend** alternatief richt zich vooral op maatschappelijk regulerende ecosysteemdiensten. Deze zijn vooral gekoppeld aan de nood aan bescherming tegen overstromingen vanuit de zee. NbS zijn maatregelen die aangeboden kunnen worden vanuit een maatschappelijk uitdaging. De nood aan bescherming tegen een stijgende zeespiegel om overstromingen van het achterland te vermijden zorgt voor een opportuniteit van NbS. Momenteel is nog onderzoek lopende naar welk beschermingsniveau bepaalde NbS kunnen bieden. Hierbij is het belangrijk om voldoende lopende (inter)nationale pilootprojecten op te volgen. NbS kunnen sowieso als complementaire maatregelen ingezet worden, in combinatie met andere types maatregelen, om zo een voldoende hoog veiligheidsniveau te bekomen.
- Een **toekomstgericht** alternatief is een duurzaam alternatief dat maximaal dynamisch mee evolueert met zijn omgeving. NbS bieden deze dynamiek en kunnen zich geheel of beperkt aanpassen aan de zeespiegelstijging. Ze vergen geen tot weinig onderhoud en moeten niet vervangen worden door slijtage. Een aangepast beheer dient voorzien te worden zodat deze dynamiek effectief kan spelen.
- Een **aantrekkelijk** alternatief is een sociaal geaccepteerd alternatief. De socio-economische voordelen die NbS met zich mee brengen zorgen voor deze aantrekkelijkheid. Het bevorderen van het maatschappelijk welzijn en de culturele ecosysteemdiensten van de natuur zorgen ervoor dat NbS door de lokale maatschappij worden geaccepteerd en deze oplossing als meerwaarde wordt gezien.
- Een **haalbaar** alternatief is een alternatief dat financieel, technisch en sociaal haalbaar is. Het moet kosteneffectief zijn en ingenieurs technisch mogelijk zijn. Als de maatregel een lokaal maatschappelijk draagvlak heeft is het ook sociaal haalbaar. Een NbS is op lange termijn vaak financieel interessanter omdat de onderhoudskosten mogelijks aanzienlijk minder kunnen zijn. Momenteel zijn nog verschillende onderzoeken lopende naar de technische haalbaarheid van bepaalde maatregelen. Een NbS dat door de lokale gemeenschappen mee onderhouden wordt en dat aanzienlijk bijdraagt aan het sociale welzijn, is sociaal haalbaar.

Het geïntegreerd onderzoek omvat een plan-MER een strategische MKBA en toetst elk van de alternatieven af aan het vooropgestelde Kader van Ambities. Beide alternatieven hebben ruimte en bieden mogelijkheden om NbS toe te passen.

Voorlopig lijkt alternatief 'Zeewaarts' meer ruimte en dus ook meer kansen te bieden voor natuur, recreatie en beleving dan alternatief 'Ter Plaatse':

- Bij het alternatief 'Zeewaarts' gaat dit echter sneller en 'makkelijker' aangezien er meer ruimte is en duinen en stranden de tijd hebben om natuurlijk te groeien. Er is in vergelijking met 'Ter Plaatse' wel een beperkte impact op zeegebonden ecosysteemdiensten.
- Bij het alternatief 'Ter Plaatse' is er een tijdsdruk en beperktere ruimte voor natuurlijke processen en kan het aanleggen van duinen door zandsuppletie ondersteuning bieden. Het alternatief 'Zeewaarts' biedt meer toepassingsmogelijkheden voor NbS wat mogelijkheden biedt tot een vergroening van de kuststrook door aanleg van duingrassen, meer ruimte voor recreatie dat het algemene welzijn zal bevorderen en sterkere veerkracht van de Vlaamse kustlijn tegen overstromingen en de zeespiegelstijging.



Conclusies

6 Conclusies

In Kustvisie wordt onderzocht welke ruimte is nodig is voor een toekomstige kansrijke zeevering. Die zeevering bestaat uit kustveiligheidsmaatregelen die mee de ruimte bepalen. Deze maatregelen, hun (grootteorde) dimensies en hun toepassingsmogelijkheden zijn daarbij de input voor het ontwerp onderzoek bij de opbouw en invulling van de alternatieven en ook voor de evaluatie ervan. Zo bepalen ze mee de keuze voor de ruimte die wordt afgebakend met het kustbeschermingslint in het strategisch beleidsplan Kustvisie.

Mogelijke kustbeschermingsmaatregelen die daarbij zijn beschouwd, kunnen op de natuur gebaseerde oplossingen zijn. Op de natuur gebaseerde oplossingen, ook wel Nature-based Solutions (NbS) genoemd, zijn oplossingen die inspiratie halen uit de natuur en zodoende de natuur en natuurlijke processen gebruiken om problemen op te lossen, en die tegelijkertijd voordelen bieden voor milieu en mens. Dergelijke ecosysteemaanpak ondersteunt, versterkt en/of verbetert het ecosysteem, zodat het beter functioneert en ons op die manier functies levert die ons en onze maatschappij ten goede komen. NbS kunnen niet enkel ingezet worden voor kustbeschermingsmaatregelen, ze zijn ook een meerwaarde op vlak van groene beleving, gezondheid en ontspanning.

In deze studie worden NbS voorgesteld, vertrekkende van de meest gangbare definities. Deze definities zijn vervolgens gebruikt om de kustbeschermingsmaatregelen die in Kustvisie zijn beschouwd hieraan te toetsen. Vervolgens zijn de kansen voor NbS in Kustvisie geïdentificeerd. Ten slotte is dit vertaald naar de toepassingsmogelijkheden voor NbS in de redelijke alternatieven en draagt dit op die manier bij aan de evaluatie.

Het is belangrijk op te merken dat dit rapport weliswaar een spectrum aan kustbeschermingsmaatregelen bespreekt die zijn beschouwd in Kustvisie en de toepassingsmogelijkheden ervan als NbS. Op deze manier wordt aangegeven wat de potenties zijn voor de toepassing ervan in de bestudeerde alternatieven, en worden waar mogelijk richtlijnen of aandachtspunten voor de toepassing van maatregelen meegegeven. Deze mogelijke invullingen zijn echter geen voorafname op de toekomstige ontwerpen op projectniveau van de kustbeschermingsmaatregelen voor elk van de alternatieven. Het strategisch beleidsplan Kustvisie maakt enkel een keuze voor de ligging en de ruimte van het kansrijke kustbeschermingslint.

6.1 NbS als kustbescherming

6.1.1 Zandstranden als fundament

De **basis van de twee redelijke alternatieven 'Ter Plaats' en 'Zeewaarts'** die onderzocht worden voor het strategisch beleidsplan Kustvisie zijn brede zandstranden, die gradueel opgehoogd worden in functie van de zeespiegelstijging. Bij het alternatief zeewaarts worden stranden ook breder en verschuift de kustlijn zeewaarts. Het aanleggen van **hogere en bredere stranden** biedt tal van voordelen:

1. Bescherming tegen stormvloed: Een hoog en breed strand fungeert als een buffer tegen stormgolven, waardoor ze hun energie verliezen voordat ze schade kunnen veroorzaken aan de dijk en de bebouwing achter de kust. In extreme situaties biedt de zeedijk nog extra bescherming.
2. Versterking van de kustdynamiek en ecosysteemdiensten: Door het aanleggen van grotere stranden wordt de natuurlijke dynamiek van de kust versterkt, wat gunstig is voor de ecologische functies en ecosysteemdiensten.
3. Meer ruimte voor recreatie: Een breder strand biedt extra ruimte voor recreatieve activiteiten, waardoor er meer mogelijkheden zijn voor strandbezoekers en toeristen.
4. Kosten- en tijdbesparend herstel na stormschaad: Bij eventuele schade door stormen kan het herstel van een breder strand doorgaans goedkoper en eenvoudiger zijn dan bij smalle stranden.

Echter, het aanvoeren van extra zand brengt ook enkele 'tijdelijke' uitdagingen met zich mee:

1. Zandoverlast bij harde wind: Bij veel wind kan het extra zand zorgen voor overlast op de zeedijk, de rijweg of de trampsporen. De gemeenten en het openbaar vervoer moeten zich bezighouden met het verwijderen van het overtollige zand. Dit is echter van tijdelijke aard als er voldoende vegetatie wordt voorzien om verstuiving en erosie van zand te vermijden.
2. Tijdelijke verstoring van het kustecosysteem: Het aanbrengen van extra zand kan het ecosysteem van de kust tijdelijk verstoren. Milderende maatregelen zoals een gepaste fasering kunnen overwogen worden.
3. Mogelijke vorming van kliffen na stormvloed: Na een stormvloed kunnen er kliffen ontstaan langs het strand, vooral bij grote niveauverschillen. Deze kliffen kunnen een risico vormen voor recreanten, en indien nodig worden ze afgebroken om de veiligheid te waarborgen. Met een verlegging van de kustlijn dieper in zee en een zachtere helling naar de vooroever kan dit risico verkleind worden.

Natuurlijke strandverbreding wordt beschouwd als een volwaardige NBS, strandsuppleties slechts deels (geen volledig natuurlijk proces en minder duurzaam) (zie Tabel 6-1 en Tabel 6-2).

Deze stranden zijn echter nooit een solitaire maatregel, dit wilt zeggen dat ze gecombineerd moeten worden met een andere solitaire maatregel (zacht / hard / hybride) om het vooropgestelde veiligheidsniveau te realiseren.

6.1.2 Solitaire kustbeschermingsmaatregelen

Solitaire maatregelen zijn in staat om op zichzelf kustveiligheid te bieden voor de beschouwde zeespiegelstijging. Ze richten zich voornamelijk op het creëren van voldoende hoogte en buffer in de zeewering.

Het **overzicht van de mogelijke solitaire maatregelen** per alternatief werd besproken in sectie 4.3. Hoe deze solitaire maatregelen scoren als NBS wordt hieronder samengevat in de tabel.

Binnen Kustvisie wordt op zoek gegaan naar de **ruimte van het kustbeschermingslint**. De ruimte van het lint wordt bepaald door de dimensies van de solitaire maatregelen, waarmee het gewenste veiligheidsniveau kan behaald worden. Drie types solitaire maatregelen werden beschouwd: harde (type dijken), zachte (type duinen) en hybride maatregelen (vb. dijk in duin, grasdijk). De types dijk / duin / hybride stemmen overeen met de varianten die beschouwd worden in de redelijke alternatieven 'Ter Plaatse' en 'Zeewaarts' voor de strandzones.

Tabel 6-1: Overzicht solitaire kustbeschermingsmaatregelen & beoordeling als NBS

Locatie	Maatregel	Solitair / Compleme-ntair	Natuurlijk systeem/p roces ?	Duurzaam ?	Opbouwen de veerkracht ?	Welzijn bevordering ?
Op de zeewering	Ingrijpen op de bestaande dijk (dijk of stormmuur)	S				
	Hybride dijk (type dijk in duin, grasdijk)	S				
	Ingrijpen in de bestaande duinen (duinsuppleties)	S				
	Aanleggen nieuwe duinen (duin voor dijk of duin voor duin)	S				
Voor de zeewering (uitbouw van de kust)	Aanleggen nieuwe duinen	S				
Op zee (uit de kust)	Open eilandengordel (open of afsluitbaar)	S				
	Gesloten eilandengordel (afgesloten lagune)	S				

6.1.3 Complementaire kustbeschermingsmaatregelen

Daarnaast kunnen ook andere **complementaire kustbeschermingsmaatregelen** worden toegevoegd. Deze complementaire of aanvullende maatregelen kunnen alleen voldoende veiligheid garanderen wanneer ze samen met andere maatregelen worden uitgevoerd. Deze maatregelen kunnen bijdragen aan het beperken van de omvang van andere maatregelen, al dan niet solitair. Naast bijdragen aan kustbescherming, kunnen deze maatregelen ook andere baten hebben.

Hoe deze complementaire maatregelen scoren als NbS wordt hieronder samengevat in de tabel. Hierin is duidelijk zichtbaar dat de volwaardige NbS vooral als complementaire maatregel te vinden zijn, zoals bijvoorbeeld: natuurlijke strandverbreding, versterken van de duindynamiek en het activeren van bestaande duingebieden, slikken en schorren en natuurlijke rifvorming.

Een grote uitdaging bij de NbS die volledig gestuurd worden door natuurlijke processen is het inschatten van de tijdsdimensie van deze evolutie en het omgaan met de dynamiek in deze systemen. Het minimale veiligheidsniveau moet immers op elk moment gegarandeerd blijven, ongeacht de natuurlijke veranderingen. Wereldwijd lopen er heel wat verschillende projecten en onderzoeken om een efficiënte oplossing te zoeken voor de uitdagingen van kustbescherming met NbS.

Complementaire maatregelen kunnen toegepast worden in beide alternatieven voor de strandzones: 'Ter Plaatsse' en 'Zeewaarts'.

Tabel 6-2: Overzicht complementaire kustbeschermingsmaatregelen & beoordeling als NbS

Locatie	Maatregel	Solitair / Complementair	Natuurlijk systeem/processes ?	Duurzaam ?	Opbouwende veerkracht?	Welzijn bevordering?
Strandbeheer	Strandsuppleties (breed, hoog)	C				
	Zandmotor	C				
	Natuurlijke strandverbreding	C				
	Strandhoofden	C				
	Verbreden van dijk en golfdempende uitbouw	C				
	Aangepast bouwen op de dijk	C				
Op de zeekering	Duinversterking (harde ingreep)	C				
	Versterken duindynamiek	C				
	Activeren bestaande duingebieden	C				
Voor de zeekering (uitbouw van de kust)	Slikken en schorren (wetlands)	C				
Op zee (uit de kust)	Alleenstaand eiland	C				
	Verhogen zandbanken	C				
	Vaste golfbrekers en kunstmatige riffen	C				
	Natuurlijke rifvorming	C				
	Drijvende golfbrekers	C				

6.2 NbS in alternatieven Kustvisie

Uit de beschouwing blijken er **potenties voor werken met het natuurlijke systeem** in de strandzones voor beide redelijke alternatieven 'Ter Plaatse' en 'Zeewaarts'. In de havenalternatieven is die mogelijkheid er quasi niet om te werken met NbS, daarentegen kan bij het ontwerp wel gestreefd worden naar mogelijkheden om Natuur inclusief ontwerp of Nature inclusive design toe te passen. Dit dient echter per haven op projectniveau aangepakt te worden en daar gaat deze studie niet verder op in.

In de alternatieven voor de strandzones kunnen verschillende maatregelen worden ingezet die in meer of mindere mate bijdragen als NbS. Er is echter een **verschil in potenties** tussen de alternatieven. Het alternatief 'Zeewaarts' biedt meer ruimte en dus ook meer kansen voor natuur, recreatie en beleving dan alternatief 'Ter Plaatse'. De zeewaartse uitbreiding leidt tot grotere ruimte wat de inzet van meer maatregelen mogelijk maakt alsook meer vrijheid voor het toelaten van natuurlijke processen. Daarentegen leidt de zeewaartse uitbreiding in alternatief 'Zeewaarts' tot een beperkt (tijdelijk) negatief ecologisch effect door de zeewaartse inname van habitats. Bij het alternatief 'Ter plaatse' komt bij zeespiegelstijging een steeds grotere druk op het natuurlijke systeem voor. Er is een beperktere ruimte waarbinnen natuur, recreatie en beleving allen een plaats willen. In de beperktere ruimte is er ook minder plaats voor het laten spelen van natuurlijke processen en een tijdsdruk waarbinnen deze moeten plaatsvinden, waardoor bijvoorbeeld de noodzaak voor ingrepen zoals het uitvoeren van duinsuppleties groter kan zijn.

Bekijken we specifiek **duinen** als mogelijk kustbeschermingsmaatregel, dan blijkt uit analyse van bestaande duinsystemen en proefprojecten met duin voor dijk opstellingen dat natuurlijke aangroei van duinen haalbaar is voor beide alternatieven. Belangrijke voorwaarden hierbij zijn ruimte, beheer en voldoende sediment. Echter ook hier geldt dat er een verschil is in potentie tussen de redelijke alternatieven. Ten eerste zijn er in het alternatief 'Zeewaarts' door de beschikbare ruimte meer kustgebieden waar nieuwe duinen als maatregel mogelijk worden, en dan gaat het specifiek over badsteden of gebieden met een zeedijk waar in dit alternatief een duin voor dijk kan gerealiseerd worden. In 'Ter plaatse' ontbreekt in veel van deze gebieden de ruimte om nieuwe duinen te ontwikkelen op het strand of gaat dit ten koste van een zeer groot deel van het droog strand wat niet gewenst is. Ten tweede biedt de zeewaartse uitbreiding in het alternatief 'Zeewaarts' meer ruimte voor de natuurlijke werking en aangroei van bestaande en nieuwe duingebieden, waardoor deze veerkrachtiger worden.

Tot slot wordt ook in de **vervolgfase** verder gewerkt rond de toepassing van NbS in Kustvisie en zijn hiervoor acties opgenomen in het actieplan. Het gaat onder meer over het ontwikkelen van een toekomstvisie over natuur, een continue geïntegreerde visievorming, een beheervisie voor de strandzones, het verder uitwerken van het stappenplan voor het voorkeursalternatief en het ontwerpen van maatregelen op projectniveau.

6.3 Aanbevelingen voor succesvol gebruik van NbS

Het succesvolle gebruik van NbS langs de kust is afhankelijk van verschillende **essentiële voorwaarden**. Hierna worden de belangrijke vereisten belicht die moeten worden vervuld om een effectieve toepassing van NbS in kustgebieden te verzekeren.

1. Voldoende Ruimte:

Een van de belangrijkste voorwaarden voor de implementatie van NbS is de beschikbaarheid van voldoende ruimte. Bijvoorbeeld, het ontwikkelen of aanleggen van kustduingebieden vereist voldoende ruimte achter de kustlijn. In situaties waar de ruimte beperkt is, kan dit de toepassing van bepaalde NbS-methoden belemmeren. Idealiter zouden NbS moeten worden toegepast op relatief grote schaal, zoals een hele strandzone aan de kuststrook (duizenden hectares). Maar in gevallen waar de ruimte beperkt is, zoals in dichter bebouwde badplaatsen, kunnen NbS nog steeds op kleine schaal worden uitgevoerd (enkele of tientallen hectares).

2. Geschikte Omgevingscondities:

Het succes van NbS hangt in belangrijke mate af van hun compatibiliteit met de bestaande milieuomstandigheden. Factoren zoals het lokale klimaat, de samenstelling van de bodem en de zouttolerantie van plantensoorten beïnvloeden de keuze van de meest geschikte NbS-benaderingen voor een specifieke locatie.

3. Aandacht voor Ecosysteemdiensten:

Het ontwerp en de implementatie van NbS moeten prioriteit geven aan het leveren van ecosysteemdiensten. Door ervoor te zorgen dat NbS in harmonie zijn met het natuurlijke milieu, kunnen ze een scala aan voordelen bieden, zoals bescherming tegen erosie en overstromingen, behoud van biodiversiteit en het verbeteren van leefgebieden voor zowel mensen als dieren.

4. Samenwerking en Participatie van Belanghebbenden:

De betrokkenheid van diverse belanghebbenden is van essentieel belang voor het succesvol inzetten van NbS. Door lokale gemeenschappen, overheidsinstanties, wetenschappelijke organisaties en niet-gouvernementele organisaties (NGO's) actief te betrekken, kan een synergetische aanpak worden bereikt bij het ontwikkelen en uitvoeren van NbS-projecten.

5. Wetenschappelijk Onderbouwd en Getest:

NbS-initiatieven moeten gebaseerd zijn op wetenschappelijk onderzoek en uitgebreid worden getest op hun effectiviteit. Een goed begrip van welke NbS-aanpak het meest geschikt is voor specifieke situaties en het anticiperen op mogelijke resultaten, zijn cruciale aspecten van een succesvolle toepassing. Kustvisie zorgt alvast voor een grondig onderzoek naar de mogelijkheden aan de Vlaamse kust. Deze mogelijkheden voor NbS moeten verder onderzocht worden aan de hand van de resultaten van enkele pilootprojecten die momenteel al lopende zijn zoals Coastbusters (<https://www.blauwecluster.be/projecten/coastbusters-biogenic-reefs>).

6. Financiële en Institutionele Ondersteuning:

Gezien de inzet van middelen voor NbS-projecten is het van essentieel belang om voldoende financiële middelen en institutionele ondersteuning te verkrijgen. Toegang tot financiering en institutionele steun op verschillende bestuursniveaus verzekert de implementatie en het onderhoud van NbS op de lange termijn.

7. Monitoring en Evaluatie:

Voortdurende monitoring en evaluatie zijn van groot belang om de doeltreffendheid en impact van NbS-projecten te beoordelen. Regelmatige evaluaties bieden waardevolle inzichten in de prestaties van NbS en stellen in staat om indien nodig aanpassingen te maken, waardoor hun effectiviteit wordt geoptimaliseerd.

Langs de Vlaamse kust bieden NbS verschillende kansen en mogelijkheden om de kustecosystemen te beschermen, het milieu te verbeteren en de veerkracht van de kust tegen klimaatverandering en menselijke activiteiten te vergroten.

Enkele van de belangrijkste kansen voor NbS zijn:

- **Kustbescherming:** NbS kunnen een effectieve en natuurlijke methode bieden om de kust te beschermen tegen erosie en overstromingen. Het herstellen en versterken van natuurlijke kustgebieden, zoals duinen en schorren en het creëren van natuurlijke kustbarrières kan helpen bij het verminderen van de impact van zeespiegelstijging, stormen en het behoud van de kustlijn.
- **Biodiversiteitsbehoud:** Door het herstellen en ontwikkelen van kusthabitats, zoals duingebieden, wetlands en estuaria zoals het Zwingebied, kunnen NbS bijdragen aan het behoud en herstel van de biodiversiteit langs de Vlaamse kust. Het bieden van geschikte leefgebieden voor planten en dieren, waaronder bedreigde soorten, bevordert de ecologische diversiteit.
- **Waterzuivering:** NbS, zoals de aanleg van moerasgebieden en vegetatiebufferstroken, kunnen helpen bij het zuiveren van het water dat vanuit het achterland naar de kust stroomt. Hierdoor wordt de waterkwaliteit verbeterd en worden schadelijke stoffen uit het oppervlaktewater verwijderd voordat het de kust bereikt.
- **Recreatie en Toerisme:** NbS kunnen bijdragen aan het verbeteren van de recreatieve en toeristische waarde van de kustgebieden. Goed onderhouden duinen, stranden en natuurlijke habitats trekken bezoekers aan en bieden mogelijkheden voor duurzaam toerisme en natuurgerichte activiteiten.
- **Koolstofopslag:** Het herstellen van kustecosystemen, zoals biogene riffen, zeegrassen en zeewier, kunnen bijdragen aan het vastleggen van koolstofdioxide uit de atmosfeer. Dit helpt bij het verminderen van de koolstofvoetafdruk en het tegengaan van klimaatverandering.
- **Socio-economische voordelen:** Het implementeren van NbS kan ook bijdragen aan de lokale economie en gemeenschappen. Door het creëren van werkgelegenheid in natuurbehoud en toerisme, kunnen NbS de lokale economie stimuleren en een positieve invloed hebben op de levenskwaliteit van de bevolking.

Bij de opmaak van het **strategisch beleidsplan Kustvisie** worden 2 alternatieven voor de strandzones onderzocht: 'Ter Plaatse' en 'Zeewaarts'. Elk alternatief bakent een kustbeschermingslint af, dit is de ruimte waarin in de toekomst bijkomende kustbeschermingsmaatregelen moeten kunnen ingepast worden.

De keuze van één van deze alternatieven legt het **kustbeschermingslint** vast. Aangezien de ruimte verschilt tussen beide alternatieven beïnvloedt dit ook het spectrum van de mogelijke kustbeschermingsmaatregelen. Ook de huidige context, duin of badplaats, is bepalend voor de range aan weerhouden maatregelen. Zo worden er geen harde maatregelen voorgesteld in de bestaande duingebieden.

De keuze van de uiteindelijke kustbeschermingsmaatregelen (of de combinatie van meerdere types maatregelen) wordt nog niet gemaakt. De uiteindelijke maatregelen zullen verder bestudeerd en uitgewerkt worden met alle betrokken actoren op **projectniveau**, in een volgende fase. De potenties voor NbS en de aanbevelingen opgelijst in dit rapport vormen hierbij een essentiële input.

7 Referenties

Afdeling Kust (2011). Masterplan Kustveiligheid.

Afdeling Kust (2016). Masterplan Kustveiligheid (in Dutch). <http://www.kustveiligheid.be>.

Agentschap Maritieme Dienstverlening & Kust (2021). Tien jaar Masterplan Kustveiligheid. Tien jaar investeren in een veilige, aantrekkelijke en natuurlijke kust.

Albert C., Schröter B., Haase D., Brillinger M., Henze J., Herrmann S., Gottwald S., Guerrero P., Nicolas C. & Matzdorf B. (2019). Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute? *Landscape and Urban Planning*, *182*, 12-21, doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.10.003.

Arens S.M., Everts F.H., Kooijman A.M., Leek S.T., Nijssen M. & De Vries N.P.J. (s.d.). Ecologische effecten van zandsuppletie op de duinen langs de Nederlandse kust. Bosschap, bedrijfsschap voor bos en natuur.

Cheong S.-M., Silliman B., Wong P.P., van Wesenbeeck B., Kim C.-K. & Guannel G. (2013). Coastal adaptation with ecological engineering. *Nature Clim Change*, *3*(9), 787-791, doi: 10.1038/nclimate1854.

Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C. & Maginnis S. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN International Union for Conservation of Nature.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022). Kustvisie - Alternatievenatlas. I/RA/11630/21.190/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023a). Kustvisie - Referentiesituatie ecosysteemdiensten. E/RA/11630/23.035/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023b). Kustvisie - Referentiesituatie Milieueffecten. E/RA/11630/21.041/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023c). Kustvisie - Veiligheidsscan. I/RA/11630/21.202/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023d). Kustvisie - Synthese Optiespectrum Kustlijnen. I/RA/11630/21.189/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023e). Kustvisie - Strandzoneatlas. I/RA/11630/23.008/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023f). Kustvisie - Trechteringsnota. I/RA/11630/22.078/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023g). Kustvisie - Havenzoneatlas. I/RA/11630/23.009/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023h). Kustvisie - Afwegingsnota na optimalisatie. I/RA/11630/22.199/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023i). Kustvisie - Ontwerp zeewering. I/RA/11630/21.186/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023j). Kustvisie - Ontwerp havens. I/RA/11630/21.187/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023k). Kustvisie - Ontwerp plan-MER. E/RA/11630/23.045/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023l). Kustvisie - Onderzoeksnota Strategisch beleidsplan. E/RA/11630/22.041/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023m). Kustvisie - Synthesenota. I/RA/11630/22.209/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023n). Kustvisie - ESD effectbeoordeling en milderende fase. E/RA/11630/23.049/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023o). Kustvisie - Zandbeschikbaarheid. E/RA/11630/22.013/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2023p). Kustvisie - Natuurlijke transporten en aangroei stranden en duinen. I/RA/11630/23.205/ABO/.

De Blauwe Cluster (2018). Coastbusters. Geraadpleegd 2 oktober 2018, <https://www.blauwecluster.be/project/coastbusters>.

Defeo O., McLachlan A., Schoeman D.S., Schlacher T.A., Dugan J., Jones A.R., Lastra M. & Scapini F. (2009). Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, (1).

European Environment Agency. (2021). Nature-based solutions in Europe policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction. Publications Office, LU.

Finkl C.W. (2004). Coastal Classification: Systematic Approaches to Consider in the Development of a Comprehensive Scheme. *Journal of Coastal Research*, 166-213.

Hill C. (2021). Zijn kunstmatige riffen de toekomst?

Hofstede J.L.A. (2019). On the feasibility of managed retreat in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein. *J Coast Conserv*, 23(6), 1069-1079, doi: 10.1007/s11852-019-00714-x.

IPCC (2019). Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. IPCC.

IUCN (2020). IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: a user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS: first edition 1ste dr. IUCN, International Union for Conservation of Nature.

Jordan P. & Fröhle P. (2022). Bridging the gap between coastal engineering and nature conservation?: A review of coastal ecosystems as nature-based solutions for coastal protection. *J Coast Conserv*, 26(2), 4, doi: 10.1007/s11852-021-00848-x.

Provoost S., Dan S. & Jacobs S. (2014). Hoofdstuk 23 – Ecosysteemdienst kustbescherming (INBO.R.2014.1988082). In Stevens, M. et al. (eds.), *Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen*. Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek. INBO, 1988582.

Verwaest T., Dujardin A., Montreuil A.-L. & Trouw K. (2022). Understanding Coastal Resilience of the Belgian West Coast. *Water*, 14(13), 2104, doi: 10.3390/w14132104.

Bijlage A Bijlagen

A.1 Lijst met afkortingen

Afkorting	Betekenis
ANB	agentschap voor Natuur en Bos
CO2	Koolstofdioxide
ESD	Ecosysteemdiensten
INBO	Instituut Natuur- en Bosonderzoek
IUCN	International Union for Conservation of Nature
MDK	Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust
MPKV	Masterplan Kustveiligheid
Nbs	Nature-based Solutions
NID	Nature Inclusive Design
SVK	Stormvloedkering
TAW	Tweede Algemene Waterpassing

Colofon

COPYRIGHT	Copyright © 2023, Alle rechten voorbehouden. Deze publicatie of delen mogen niet worden gekopieerd, gereproduceerd of verzonden in welke vorm of op welke manier dan ook, digitaal of anderszins zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Verwijzing naar een deel van deze publicatie dat tot verkeerde interpretatie kan leiden, is verboden.
OMSLAG	Hoogtij(d)
PUBLICATIEDATUM	29/11/2023
UITGEVER	ir. Annelies Bolle Senior ingenieur Projectleider Kustvisie – consortium Hoogtij(d) +32 479 92 03 08, Annelies.bolle@imdc.be
OPMAAK	Hoogtij(d)



Kust
visie