



“Zouden we dijken kunnen ontwikkelen ... die de waterveiligheid borgen en de natuur ondersteunen?”



Voorstelling van een dijkzone met een aaneengesloten gradiënt van de kruin tot de vooroever - Beeld: Anne Raspoort

Uitwerkingsplan

Innovatievezone De Levende Dijk Ouwerkerk

Naar dijken voor al wat leeft!



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1. De Levende Dijk Ouwerkerk - Kernboodschap	4
2. Inleiding.....	6
3. Hoe zijn we te werk gegaan?	7
4. Onderzoeksvraag	9
5. Doelen en Ambities, ecologie, waterveiligheid, circulariteit, duurzaamheid	10
6. Waar zit de urgentie? Op het ecosysteem van de Oosterschelde en gids-soorten	11
<i>Paling (Glasaal)</i>	<i>13</i>
<i>Driedoornige Stekelbaars</i>	<i>14</i>
<i>Visdief.....</i>	<i>15</i>
<i>Grashommel</i>	<i>16</i>
<i>Gele hoornpapaver.....</i>	<i>17</i>
<i>Platte oester</i>	<i>17</i>
7. Waterveiligheid als basis.....	19
8. Dijkprofiel met habitats en gradiënten van top tot teen.....	20
9. Scope, ontwerpschetsen proeflocaties en SWOT.....	21
<i>A. De Vispassage - gemaal Ouwerkerk</i>	<i>23</i>
SWOT-analyse Vispassage	25
<i>B. De Getijdenbakken</i>	<i>26</i>
<i>C. De Museumglooiing.....</i>	<i>27</i>
SWOT-analyse Museumglooiing.....	28
<i>D. De Zuidbout.....</i>	<i>29</i>
SWOT-analyse De Zuidbout	30
<i>E. Watersnoodmuseum - Kenniscentrum & buitenruimte.....</i>	<i>31</i>
10. Naar veelzijdigheid en doelmatig, dankzij nieuwe technologie!.....	32
11. Uitgangspunten onderzoek en monitoring	33
12. Een Hinkstap- fasering 2026-2030	35
13. De aansluiting op beleidskaders	36
14. Voortbouwend op projectervaringen uit het land	39
<i>Dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizenegat.....</i>	<i>39</i>
Intergetijdegebied Marnewaard.....	39
Kunstmatige riffen en getijdenpoelen	40

<i>Afsluitdijk - Riffen vol Reuring</i>	41
<i>Houtribdijk - Natuurgebied Trintelzand</i>	41
<i>De brede Groene Dijk aan de Dollard</i>	41
15. Natura2000 als partner	43
16. Best practices voor toekomstige dijkversterking opgaven	44
17. Visie op voorbereidend werk & aanleg	45
18. Samenwerking met Watersnoodmuseum en creatieve denkers	46
19. Kansen leeromgeving voor jongeren en onderwijs	47
20. Voorzorgsprincipe einde onderzoeksperiode	48
21. Indicatieve begroting	49
22. Strategie van co-financiering	50
23. Hoe te organiseren?	51
24. Motivatie deelnemende partijen	53
25. Dankzegging	59
Bijlagen	61
- <i>Factsheets</i>	61
o Reefy BV	61
o Coastruction BV.....	61
o Martens Beton, Hillblock BV	61
o Netics BV	61
o Mecal BV	61
<i>Bronnen/ Verwijzingen</i>	61

1. De Levende Dijk Ouwerkerk - Kernboodschap

"Zouden we dijken kunnen ontwikkelen die de waterveiligheid borgen en de natuur ondersteunen?"

De Levende Dijk Ouwerkerk wil een **voorbeeld locatie** zijn voor dijken in de delta waar waterveiligheid en ecologie hand in hand gaan. Een dijkzone waar het versterken van de waterveiligheid en natuur niet als losse onderdelen worden gezien, maar als één geïntegreerd geheel.

In het besef dat **dijkzones geleidelijke overgangszones (gradiënten)** zijn van leefgebieden, van het binnentalud, via de top, tot de teen en vooroever van de dijk - wat zorgt voor een grote verscheidenheid aan milieus en daarmee van hoog toegevoegde waarde is voor de biodiversiteit - van zilt naar zoet.

In de Zuidwestelijke Delta staat het toepassen van deze innovatieve concepten nog een beetje in de kinderschoenen. Aan de ene kant is er onbekendheid over het bestaan van de innovaties. Aan de andere kant is nader **onderzoek nodig** om de werking van de concepten goed in beeld te krijgen en te onderbouwen, voor bijvoorbeeld dijken in estuaria zoals de Oosterschelde en Westerschelde.

Dankzij onderzoek en ondernemerschap, is de laatste jaren een reeks aan **uiteenlopende innovatieve concepten** voor dijkzones ontwikkeld. Denk daarbij aan zandige vooroevers, kunstmatige riffen, getijdenpoelen, dijkbekleding van circulair materiaal en bloemrijke dijken. Inmiddels wordt er al op verschillende locaties in Nederland (en daarbuiten) ervaring mee opgedaan. De eerste resultaten zijn positief. Onderzoeken tonen meerwaarde aan (bijvoorbeeld Future Dikes RU en Lauwersmeerdijk RUG).

De drie verantwoordelijke waterschappen staan richting 2050 voor enorme **dijkversterkingsopgaven** in verband met klimaatverandering en zeespiegelstijging. Kilometers dijk gaan op de schop om te zorgen dat toekomstige generaties ook veilig zijn. Tegelijkertijd zijn klimaatverandering en intensief ruimtelijk gebruik door mensen, oorzaken van achteruitgang van de biodiversiteit in de delta. En juist de delta vormt ook een essentiële schakel in het leven van veel vogels en vissen. Kortom, er ligt een kans en verantwoordelijkheid om werk met werk maken. In het vervlechten van versterking van de waterveiligheid en de deltanatuur. Naar zeedijken voor al wat leeft!

De innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk heeft de ambitie om **een uitnodigende plek** te zijn waar, door het plaatsen van combinaties van innovatieve ecologische concepten, de effecten van doorlopende gradiënten kunnen worden onderzocht en te zien zijn. Daarmee wordt bijgedragen aan de noodzakelijke kennis en ervaring over de relatie van innovatieve ecologische concepten in relatie tot de waterveiligheid. De verschillende innovatieve oplossingen hebben zich op andere locaties al bewezen. Door de verschillende oplossingen te combineren in de innovatiezone, kan onderzocht en getoond worden welke oplossingen en combinaties daarvan het beste werken in de specifieke omstandigheden van de Zuidwestelijke Delta. Hierdoor wordt een win-win situatie gecreëerd tussen waterveiligheid en ecologische vooruitgang.

De innovatiezone is gelegen **in de achtertuin van het Watersnoodmuseum in Ouwerkerk**, in een zone van ongeveer 1 km, langs de dijk met de Oosterschelde. Het Watersnoodmuseum kent jaarlijks zo'n 100.00 bezoekers. Daar waar de verhalen van de Watersnoodramp van 1953 en het belang van waterveiligheid levend wordt gehouden, vanuit de missie herinneren - leren - vooruitkijken. Precies daar kunnen we met de innovatiezone laten zien en vertellen hoe de dijken van de toekomst, met de uitdagingen van o.a. klimaatverandering, eruit zouden kunnen gaan zien.

De locatie bij het Watersnoodmuseum is een uitgelezen plek voor samenwerking tussen bewoners, scholieren, studenten, onderzoekers, ondernemers, kunstenaars en vertegenwoordigers van natuurorganisaties en overheden! **Een buitenlocatie** om te bezoeken, te onderzoeken en je te laten inspireren.

Het voorliggende Uitwerkingsplan beoogt uitwerking te geven aan het idee van de Levende Dijk en wat erbij komt kijken om het **te realiseren in de periode 2026-2030**.

2. Inleiding

Als Kennis Community Oosterschelde (KCO) maken we ons hard voor een leefbare Oosterschelde en haar gemeenschappen. Onze inzet is pragmatisch en praktijkgericht, we willen ervaring opdoen, innovaties demonstreren en vernieuwende antwoorden ontwikkelen op het vraagstuk van zeespiegelstijging en klimaatverandering van de Oosterschelde. Dit doen we door aansprekende projecten uit te voeren, als onderdeel en voorbeeld van de hink-stap-sprong visie van de Zuidwestelijke Delta.

De opbrengsten van ons project Klimaat Adaptieve Waterkerende Landschappen (2021-2023) zijn vastgelegd in zogenaamde [‘bouwstenen’](#), om samen te verkennen en verder (uit) te bouwen naar de praktijk. Alle inzet van de KCO is er namelijk op gericht om kennis en inzichten op te doen vanuit de praktijk. Op 20 maart 2024 zijn de bouwstenen bestuurlijk toegelicht en besproken tijdens de “Oogstsessie” in restaurant Oliegeultje te Burgsluis. Met het gepresenteerde voorstel zijn we aan de slag gegaan. Tijd en middelen zijn beperkt, daarom hebben we prioriteit gesteld bij het realiseren van drie bouwstenen, namelijk 1) Innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk, 2) Behoud Slikken van Viane en 3) Proeftuin Zeewaarts (nu Proeftuin Brouwersbaai).

Om voor de Innovatiezone De Levende Dijk tot een gedetailleerd **uitwerkingsplan** te komen, is in het najaar van 2024 een projectvoorstel opgesteld. De co-financiering hiervan is begin 2025 rond gekomen (maart 2025). Sindsdien is met een brede groep gewerkt aan de totstandkoming van een uitwerkingsplan. Het resultaat leest u in dit document. Heel veel dank gaat uit naar alle mensen die hieraan hebben meegewerkt en de partijen die financieel hebben bijgedragen.

“Dit Uitwerkingsplan zet geen punt maar een komma”

3. Hoe zijn we te werk gegaan?

Er is gekozen voor een uitnodigende aanpak met brede participatie van deelnemers, een co-creatie proces met inbreng van inspiratie, verbeelding, ecologische en technische kennis, kaders, referenties en bovenal verbinding met de praktijkomstandigheden langs de dijkzone. In stappen divergeren en convergeren.

Er is ook naar buiten getreden. Toetsen en bevragen tijdens deelname aan bijeenkomsten zoals die van de Zuidwestelijke Delta, Future Dikes, RWS Duurzame Dijkendag, HWBP-PAGW Community dag en die van waterschappen. Allemaal input voor dit uitwerkingsplan.

We zijn gestart op 14 april 2025 met lunch en 1e dijkshow langs de Oosterschelde. Juist op het moment dat het laagwater was zodat we de gehele dijkzone van top tot teen goed konden zien. Voor presentaties en verdieping was het Vijfde Caisson van het Watersnoodmuseum steeds onze thuisbasis.



Foto: op de zeedijk achter het Watersnoodmuseum, bij de start op 14 april 2025.

2025

- 13 maart - Def. Plan van Aanpak (incl. cofinanciering)
- 14 april - 1e (start) bijeenkomst - op de dijk en in Vijfde Caisson
- 30 juni - 2e Voortgangsbijeenkomst - op de dijk en in Vijfde Caisson
- 1 oktober - 3e Voortgangsbijeenkomst - in Vijfde Caisson daarna op de dijk
- 30 oktober - Uitwerkdag, veldbezoek "innovators" van de vijf prioritaire locaties
- 28 november - 4e Voortgangsbijeenkomst - online

2026

- 23 januari - 5e Voortgangsbijeenkomst - in Vijfde Caisson met afsluitend moment op dijk
- 6 februari - Uitwerkingsplan gereed



Foto's: Op de zeedijk bij de Vispassage/Gemaal Ouwerkerk- 23 januari 2026.

Tussentijds zijn deelproducten opgesteld:

- Vijf factsheets met inzichten over alternatieve toepassingen die door ondernemers zijn ontwikkeld, te weten: Coastruction, Reefy, Martens Beton, Netics en Mecal.
- Ontwerpschetsen per locatie (Anne Raspoort)
- SWOT analyse locaties (Hugo Ekkelenkamp)
- Onderbouwing ecologische urgentie soorten (Jordy de Brabander)

Nota Bene: Momenteel omvat de projectgroep vijf ondernemers, “**de innovators**”, die vanaf het begin betrokken zijn. De voorstellen, gedaan in dit uitwerkingsplan, zijn voornamelijk gebaseerd op hun innovatieve oplossingen. Gedetailleerdere informatie over de oplossingen van deze innovators is te vinden in de factsheets in de bijlagen. Het werken met een beperkte groep innovators is een pragmatische aanpak, om het plan werkbaar te houden. Er wordt uiteraard naar gestreefd de definitieve voorstellen, financierings- en vergunningaanvragen, zodanig in te steken, dat aanvullende innovaties toegevoegd kunnen worden.

4. Onderzoeksvraag

“Zouden we dijken kunnen ontwikkelen, die zowel onze veiligheid waarborgen, als de natuur ondersteunen?”

Misschien zijn er kansen om de dijk meer als onderdeel van het landschap te gaan zien: een waterkerend landschap, dat meerdere functies dient.

Context

In de Zuidwestelijke Delta lopen overheidsprogramma's voor waterveiligheid, dijkversterking en verbetering kwaliteit ecologie en water zoals HWBP, PAGW en KRW. Meer en meer wordt ingezet om deze programma's slim met elkaar te verbinden, werk met werk te maken, budgetten en planning op elkaar af te stemmen, voor meer integraliteit en meer maatschappelijke waarde!

Gelijktijdig is er een aanbod, hebben onderzoekers en ondernemers concepten ontwikkeld die een waardevolle toevoeging kunnen leveren aan dijkzones en de eerdergenoemde programma doelstellingen kunnen verbinden en naar de praktijk kunnen vertalen.

Het ontbreekt echter in de Zuidwestelijke Delta aan een test- en demonstratie dijklocatie die onder praktijkcondities inzichten geven en toepassing stimuleren. Een locatie waar wordt samengewerkt. Een missing link! Zo'n locatie kan de Innovatiezone Levende Dijk Ouwerkerk worden!

5. Doelen en Ambities, ecologie, waterveiligheid, circulariteit, duurzaamheid

Doelstelling (wat willen we creëren?)

Het doel van het Uitwerkingsplan is het realiseren van de Innovatiezone de Levende Dijk Ouwerkerk.

Een dijkzone aan de Oosterschelde, met buitenlocaties in de achtertuin van het Watersnoodmuseum in Ouwerkerk, voor praktijkonderzoek en demonstratie van innovatieve elementen van vooroever- en dijkbekledingen met primair meerwaarde voor de delta-ecologie en die hand in hand gaan met waterveiligheid, circulariteit en duurzaamheid. En bovendien onderwijs, ondernemerschap en recreatie bevorderen.

Subdoelen:

- Waar kennis en ervaring wordt doorontwikkeld t.b.v. toekomstige meer grootschalige toepassingen bij dijkversterkingen langs de Oosterschelde en in de Zuidwestelijke Delta, ook binnen het Kenniscentrum van het Watersnoodmuseum.
- Het realiseren van een dijkzone met een aaneengesloten gradiënt over het dwarsprofiel van de dijk, van het binnentalud tot en met de vooroever.
- Waar essentiële habitats voor Zeeuwse en migrerende soorten samenkomen, voor regionale partners om te ervaren.
- Waar men elkaar kan treffen, en het gesprek kan plaatsvinden over klimaatverandering en zeespiegelstijging, de opgaven naar de toekomst, de rol van getoonde innovaties en de rol van eenieder in het realiseren ervan
- Waar een publiekvenster wordt geboden dat een brug slaat tussen de dijken van de toekomst en de watersnoodramp, met het Watersnoodmuseum en de 'museumglooiing'.

Ambitie

- Dat we hebben kunnen aantonen dat innovatieve elementen in dijkzones, die de natuur versterken, niets afdoen aan de waterveiligheid, integendeel zelfs.
 - Dat we de bezoekers van het Watersnoodmuseum zoveel mogelijk ook hebben meegenomen in deze innovaties.
 - Dat we verrast worden en met onze eigen ogen kunnen zien, hoe de natuur profiteert van de toepassen van zowel de individuele innovaties, als in samenhang met elkaar (gradiënten).
 - Dat innovaties grootschalig in de Zuidwestelijke Delta gaan worden toegepast en ingepast in de planning en budgetten.
 - Dat de innovaties uiteenlopende beleidskaders en programma's weet te verbinden.
 - Dat de dijken locaties zijn waar men graag naartoe komt en energie van krijgt!
 - Dat partners hun doel voor deelname aan de Levende Dijk hebben bereikt!
- Deze doelen/motivaties zijn geïnventariseerd en opgenomen in hoofdstuk 24.*

6. Waar zit de urgentie? Op het ecosysteem van de Oosterschelde en gids-soorten

Sinds de Watersnood van 1953 is een groot deel van de estuaria van Zeeland beschermd door keringen langs de Noordzeerand. Sommige estuaria zijn volledig afgesloten van de Noordzee, de Oosterschelde is deels afgesloten, waarbij de Oosterscheldekering uitwisseling van zee en fauna met de Noordzee mogelijk maakt. Toch is de kwaliteit en kwantiteit van het ecologische systeem in de Oosterschelde sterk verslechterd, onder andere door de gedempte uitwisseling met de Noordzee alsmede een verminderde toevoer van zoetwater uit het rivierengebied.

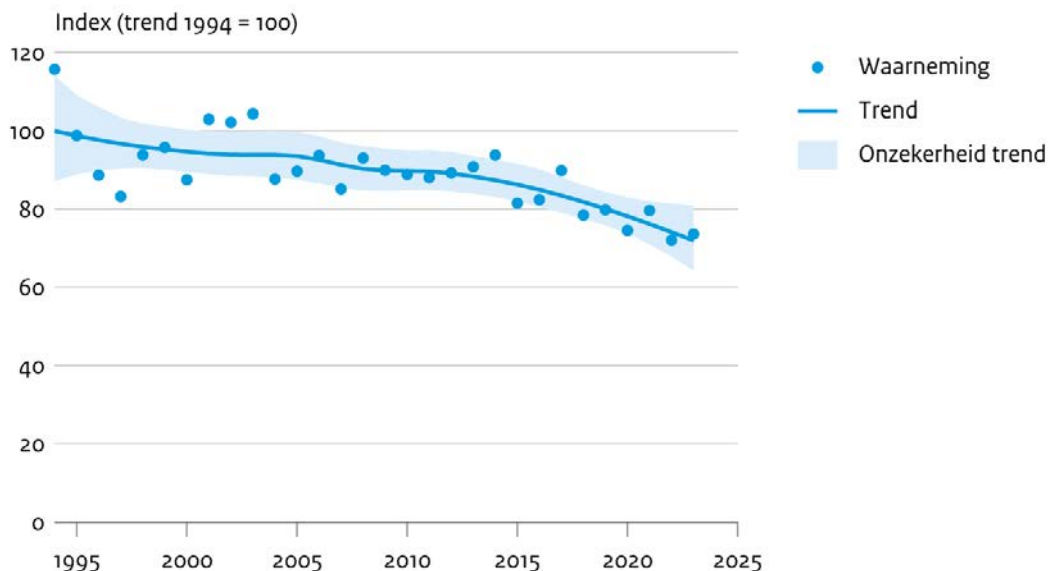
Verlies van gradiënten en connectiviteit

Het verlies van de gradiënten en de connectie met zoete milieus heeft geleid tot een afname van voedingsstoffen en sediment in het systeem. Vooral groepen karakteristiek aan de Oosterschelde als estuaria, zoals zeeanemonen, sponzen, kreeftachtigen en vissen, gaan in aantallen en biodiversiteit achteruit door de afbraak van het onderliggende voedselweb. Migrerende vissoorten hebben hiernaast ook veel moeite om de paai- en opgroeigebieden in deze zoete milieus te bereiken waardoor met name deze groep is afgenomen in de Oosterschelde (Didderen, et al., 2025; van der Loos & Gmelig Meyling, 2019; Troost, et al., 2012; CLO, 2025).

Beperkingen werken door in voedselketen

De beperkingen in voedselbeschikbaarheid werken uiteindelijk door naar de bovenste delen van de voedselketen. Vogels afhankelijk van bodemorganismen en schelpdieren zijn sinds 1986 het sterkst afgenomen, grotendeels veroorzaakt door de toegenomen zandhonger. Hoewel de trend van visetende vogels stabielier ligt, wordt het broedsucces en behalen van de Natura 2000 doelstellingen nog verhinderd door de afname van hoofdzakelijk energierijke migrerende vissoorten (Lilipaly, et al., 2024; van Donk, et al., 2020; Sovon Vogelonderzoek Nederland, 2025).

Populatieaantal karakteristieke soorten van Oosterschelde



Bron: NEM (Stichting ANEMOON, CBS)

CBS/feb25
www.clo.nl/nl156302

Algehele trendlijn van 37 mariene soorten karakteristiek aan de Oosterschelde sinds 1994. De soorten zijn geselecteerd op basis van voorkomen voor 1994, waarde voor Natura 2000 habitatrichtlijn doelen en representativiteit van de habitateisen voor een bredere groep (CLO, 2025).

Dijkzones: locaties met het hoogste potentieel aan biodiversiteit

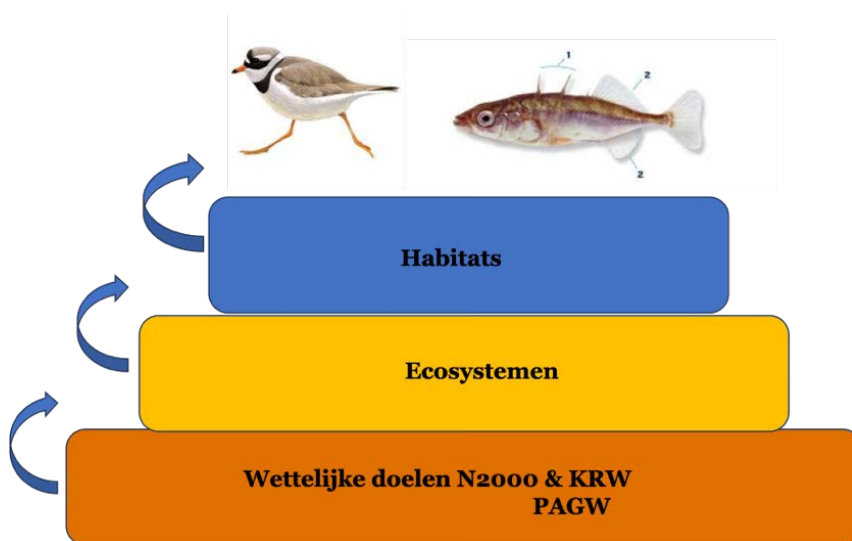
De hoogste productiviteit aan voedingsstoffen in een estuariën watersysteem bevindt zich in de eerste 3 meter waterdiepte.

Groter toegang tot zonlicht en hogere watertemperaturen overdag geven waterplanten en algen betere ontwikkelingskansen. Een goede connectie met zoete milieus die regelmatig voedingsstoffen kan aanleveren versterkt deze kans. Deze hoge productiviteit in combinatie met geschikte abiotische omstandigheden en beschutting, geeft deze zone een hoge potentie als paai- en opgroeigebied voor jonge vis. Schol, bot, haring en zeebaars maken regelmatig gebruik van de ondiepe delen binnen de Oosterschelde. Aal en stekelbaars gebruiken verder deze beschutting gedurende de migratie.

Kustgebonden vogels concentreren het merendeel van de foerageertijd in deze zelfde zone om gebruik te maken van deze voedselrijkdom, vaak ook gelegen nabij geschikte broedlocaties inlands. Getijdenwerking binnen de Oosterschelde creëert hiernaast kansen voor soorten als de bontbekplevier om in de drooggevallen delen te foerageren naar garnalen, wormen en wadslakjes (Troost, et al., 2025; Didderen, et al., 2025; Aarts et al., 2008)).

Gidsoorten

De belangrijkste soorten kunnen in dit gebied worden geïdentificeerd door vanuit het overkoepelende systeem van de Wettelijke doelen, voortkomend uit de Natura2000, KRW en PAGW, te kijken naar de aanwezige ecosystemen. Binnen deze ecosystemen zijn de verschillende habitats te identificeren, waarbij de bijbehorende soorten naar voren komen.



Figuur: Mascha Dedert, Rijkswaterstaat Zee & Delta

Voor de dijkzone bij Ouwerkerk zijn aaneensluitende habitats met bijbehorende gidsoorten te identificeren. Te weten:

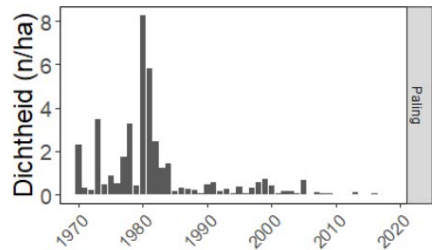
- Top van de dijk
 - Argusvlinder
 - Grashopper
 - Graspieper
 - Zwartkop meeuw

- Bekleding en spatzone
 - Zeevenkel
 - Gele hoornpapaver
 - Scholekster
 - Bontbekplevier
- Getijdebakken
 - Anemoon
 - Naaktslakken
- Kreukelberm / teen van de dijk
 - Wieren/mossen
 - Oesters, mosselen en kreeften
- Vooroever
 - Aal/paling
 - Stekelbaars
 - Visdief

Gidssoorten uitgelicht

Onderstaand worden enkele soorten uitgelicht en de ecologische omstandigheden besproken die de soort kunnen versterken.

Paling (Glasaal)



Beeld: Landelijk afgenomen tot <1% van het oorspronkelijk Populatie-niveau.

De glasaal is het larve stadium van de paling. De glasaal trekt honderden kilometers vanaf de Sargassozee, trotseert de Oosterscheldekering en wil met 100.000-en andere glasaaltjes naar binnen via de vispassage nabij het Watersnoodmuseum.

Knelpunten:

- Gebrek aan connecties naar polderwater (intrekpercentage 6% bij Ouwerkerk).
- Gebrek aan luwe zones om te wachten voor het gemaal.
- Gevaarlijke uittrek voorzieningen (volwassen paling).

Behoeften:

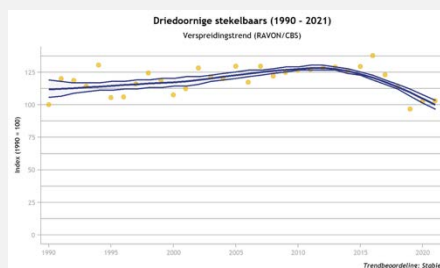
- Connectie met het poldergebied voor opgroeien.
- Beschutte locaties tijdens het wachten voor passage.

Maatregelen:

Versterking connectiviteit met Schouwen Duiveland:

- Optimalisatie vismigratievoorzieningen gemaal voor intrek en uittrek.
- Aanleg aalreservaat.

Nota bene: Maatregelen voor de glasaal zijn voordelig voor andere zwakke zwemmers die gemalen en vispassages willen passeren.

Driedoornige Stekelbaars

Beeld: Landelijke trend verspreiding.

Voor de paai migreren stekelbaarzen van de Oosterschelde richting het polderwater. Precies deze migrerende stekelbaarzen zijn van belang als voedsel voor vele vogelsoorten.

Knelpunten:

- Gebrek aan connecties naar polderwater.
- Gebrek aan luwe zones tijdens het spuien.

Behoeften:

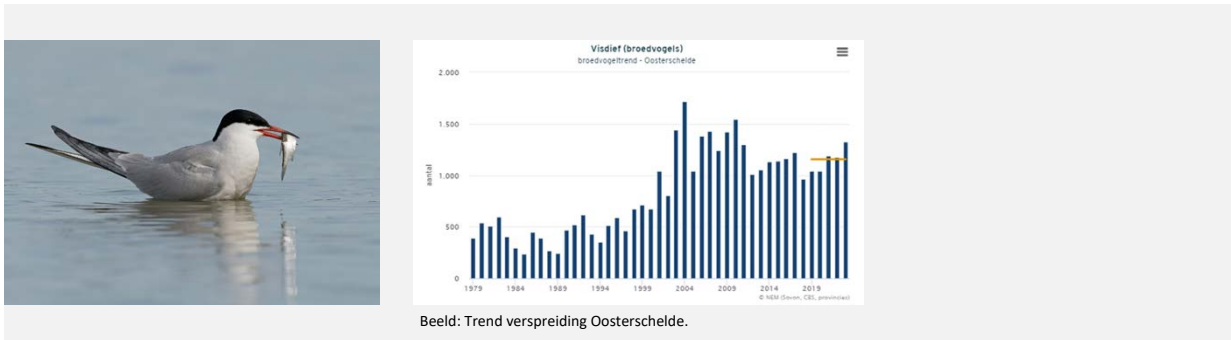
- Connectie met het polderwater.
- Luwe zones nabij het gemaal om te schuilen van hoge stroomsnelheden.

Maatregelen:

Versterking connectiviteit met Schouwen Duiveland:

- Optimalisatie vismigratievoorzieningen gemaal voor intrek en uittrek.
- Aanleg luwe zones nabij gemaal.

Visdief



De visdief is een trouwe koloniebroeder en iconische soort van de Zeeuwse wateren. De visdief bewoont kale of schaars begroeide eilanden langs zoute wateren, ook in de buurt van Ouwerkerk. Jaagt met plonsduiken op voornamelijk haring, sprot en zandspiering.

Waterdiepte	Afstand voet	Waterbodem	Stroomsnelheden
<5 m	0-2 km	Fijn zand of slib	Rond 0.7 m/s

Knelpunten:

- Beperkt in voedselbeschikbaarheid.
- Beperkt in broedhabitat door:
 - Zandhonger.
 - Predatoren (ratten, grote meeuwen en vossen).

Behoeften foerageerhabitat:

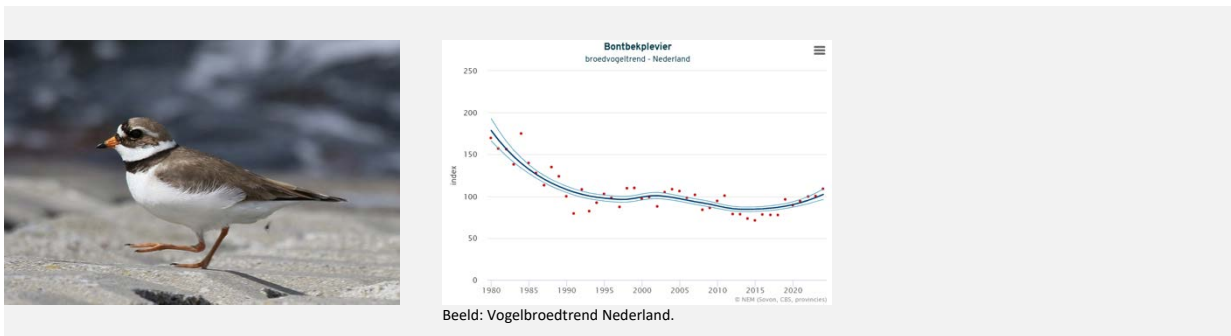
- Ondiep zandig open water nabij de dijk.

Maatregelen

- Herstel voedselweb in de buurt van kolonies door inrichting opgroei gebied jonge haring, ondiepe luwe zones.

Nota Bene: Maatregelen voor de visdief zijn ook voordelig voor andere vogelsoorten als sterns, futen en meeuwen.

Bontbekplevier



De bontbekplevier is een kleine waadvogel, die in Zeeland relatief veel voorkomt. Hij broedt op schelpenstrandjes maar ook op kale open akkers.

Knelpunten:

- Rode lijst – Kwetsbaar
- 410-490 paar in heel Nederland.

Behoeften foerageerhabitat:

- Zeedijken en strandjes langs de Oosterschelde vormen het belangrijkste broedgebied van Nederland (100 paar). Rust, foerageergebied, aanspoelrand heeft voedsel functie.

Maatregelen:

- nesten monitoren op dijken en langs stranden Oosterschelde
- tijdelijk afrastering van nesten met informatieborden
- verbetering van nest, rust en voedsel locaties o.a. binnen samenwerking Het Groene Strand <https://duinbehoud.nl/het-groene-strand/>

Grashommel



Beeld: Voorkomingsgebieden Nederland.

Van de 29 Nederlandse hommelse soorten gaan er de laatste decennia 15 hard achteruit en zijn er 6 vermoedelijk al verdwenen. In heel Nederland zeldzaam, met uitzondering van Zeeland en West-Friesland.

Behoeften foerageerhabitat:

- Bloemdijken, sterke voorkeur voor vlinderbloemigen als rode klaver. Nesten aan de oppervlakte (graspol).

Maatregelen:

- Grasbekleding inzaaien met kruidenrijke/ bloemrijke soorten.
- Aanpassen maaibeeld (fasering en wijze van maaien)
- Gebruik gebiedseigen grond voor natuurlijke vegetatie

Gele hoornpapaver



Beeld: Voorkomingsgebieden Nederland.

De tamelijk zeldzaam te vinden Gele hoornpapaver, uit de Papaverfamilie, is als inheemse wilde plant beperkt tot strand, zeereep en de duinen. De Gele hoornpapaver heeft blauwgroen gekleurde bladeren met ruwe beharing en een oudere plant heeft geen melksap meer. Jonge planten hebben wel oranjegeel melksap.

Het is een Zeeuwse aandachtsoort. Sinds 1951 bekend voor Zeeland toen 3 planten werden gevonden bij Westenschouwen. De soort is sterk toegenomen, met name langs de Oosterschelde. Op enkele locaties sterk afgenomen na dijkwerken (Flora Zeelandica).

Typische kustsoort met het zwaartepunt van voorkomen rondom de Oosterschelde.

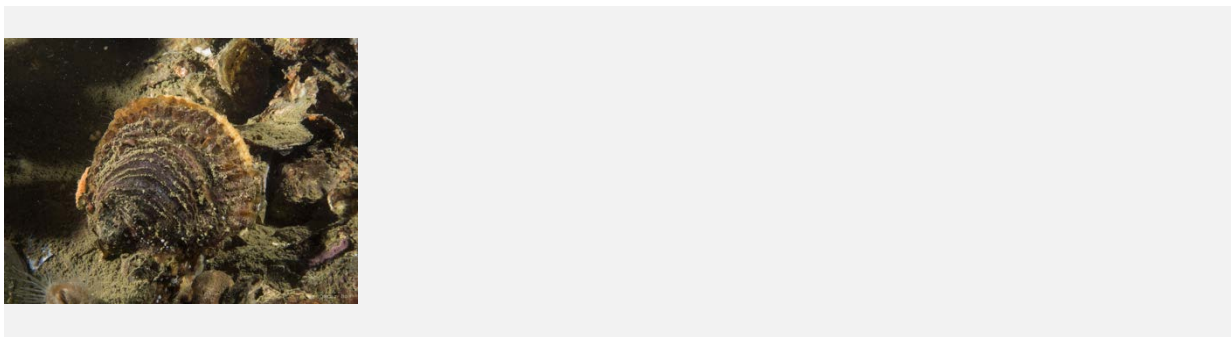
Behoeften habitat:

- Gedijt het beste in zandige, goed doorlatende bodems en kan zoute omgevingen tolereren.

Maatregelen:

- Bevorderen van kustdynamiek
- Natuurvriendelijk dijkenbeheer

Platte oester



De platte oester (*Ostrea edulis*) is een inheemse schelpdiersoort die historisch een sleutelrol speelde in de kustecosystemen van de Noordzee en de Zeeuwse delta, waaronder de Oosterschelde.

Ecologische functie en habitat:

Platte oesters zijn typische ecosysteem-ingenieurs. Ze vormen riffen en zorgen daarmee voor:

- verhogen van de habitatcomplexiteit
- bieden schuil- en opgroeigebied voor vissen en ongewervelden
- verbeteren de waterkwaliteit door filtratie van zwevend materiaal
- stabiliseren sediment

Knelpunten:

- Afwezigheid van voldoende reproductieve volwassenen voor natuurlijke vorming van een rif
- Beperkte vestigingssubstraten
- Vergunningverlening voor actieve herintroductie middels 'pre-settlement' methode

Maatregelen:

- Actief herstel van oesterriffen (middels 'pre-settlement' van oester spat op harde substraten
- alleen op die manier kan een voldoende grote populatie worden bereikt)
- Bescherming van bestaande en nieuwe riffen tegen verstoring
- Integratie met dijkversterking (nature-based solutions, zoals oesterriffen voor golfdemping)

7. Waterveiligheid als basis

Waterveiligheid staat natuurlijk niet ter discussie. Zeker niet in de Zuidwestelijke Delta in het besef van de ervaringen met de gevolgen van de Watersnoodramp 1953.

Uitgangspunt is dat maatregelen ter versterking van de ecologische omstandigheden van de kust- en dijkzone niet ten koste gaan van de waterveiligheid, maar een aanvulling daarop zijn. Daarbij komt dat de afgelopen jaren steeds meer oog is voor zogenaamde nature-based solutions, die ook een positieve bijdrage kunnen leveren aan de waterveiligheid, zoals brede zanderige vooroevers. Waterveiligheid is immers niet alleen meer de enige prioriteit, een leefbare omgeving voor mens en natuur vinden we net zo belangrijk.

De in dit uitwerkingsplan genoemde maatregelen beogen de ecologische omstandigheden van dijk zones te verbeteren, zonder de waterveiligheid aan te tasten.

Beheer en onderhoud

Dijken worden zo ontworpen en aangelegd dat ze lang meegaan, ten minste 50 jaar, en weinig onderhoud vragen, lees lage onderhoudskosten hebben. Voor de waterschappen zijn het garanderen van de waterveiligheid in combinatie met het beheer en onderhoud van de dijken, primaire taken.

Bij de in dit uitwerkingsplan genoemde maatregelen zal daarom steeds gekeken moeten worden naar de effecten voor beheer, onderhoud en monitoring van dijken. Inzicht hierin is cruciaal voor de waterschappen. Mogelijke wijzigingen in beheer, onderhoud en monitoring vragen om een zorgvuldige afweging en borging (bijvoorbeeld dekking van meerkosten).

8. Dijkprofiel met habitats en gradiënten van top tot teen

De innovatiezone De Levende Dijk wil als project laten zien, dat het mogelijk is om het gehele dijkprofiel ecologisch aantrekkelijk te maken, van het binnentalud, via de kruin, het buitentalud en de kreukelberm, tot en met de vooroever. In het besef dat dijkzones geleidelijke overgangszones (gradiënten) zijn van leefgebieden, wat zorgt voor een grote verscheidenheid aan milieus en daarmee van hoge toegevoegde waarde heeft voor de biodiversiteit, van zilt naar zoet.

Dit wordt gevisualiseerd in onderstaande figuur.



Voorstelling van een dijkzone met een aaneengesloten gradiënt van de kruin tot de vooroever.

Beeld: Anne Raspoort

Toelichting op dwarsdoorsnede:

- ★ Het binnentalud, de kruin en het hoge buitentalud van de dijk kan een bloemrijke grasbekleding de biodiversiteit versterken.
- ★ Onderhoudspaden hoeven niet per se van asfalt te zijn, maar kunnen ook met blokken van gerecyclede baggerspecie worden gemaakt.
- ★ De steenbekleding op het lagere buitentalud kan (deels) worden voorzien van een overlaging, gemaakt van ecologische producten. In de steenbestorting kan worden gekozen voor elementen, die niet alleen de teen vastleggen, maar ook aantrekkelijk zijn voor soorten, die leven in deze zone.
- ★ De zandige vooroever kan aantrekkelijker gemaakt worden met behulp van rif-elementen of andere elementen, die luwtes en vestigingsplaatsen creëren voor vissen en schaaldieren.

Wij hebben vier locaties geïdentificeerd, waar kleinere en grotere ingrepen, veelal in samenhang, mogelijk zijn om de bovenstaande elementen uit de voorbeeld-dijk te realiseren.

9. Scope, ontwerpschetsen proeflocaties en SWOT

Het concept voor de Innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk is voorzien in dijkzone tussen Duikplaats Zuidbout en Gemaal Ouwerkerk, in de achtertuin van het Watersnoodmuseum in Ouwerkerk. Met een dwarsdoorsnede van de kruin van de dijk met grasbekleding, het talud met dijkbekleding t/m de teen van de dijk en de vooroever.

Hieronder op de luchtfoto: dijkzone vanaf de linker **rode stip** tot aan de rechter **rode stip**. De zone kan worden gezien als zoekgebied voor het onderzoeken en demonstreren van innovatieve dijk toepassingen. De zone geeft de bandbreedte aan. De dijk is in beheer bij Waterschap Scheldestromen en de Oosterschelde in beheer bij Rijkswaterstaat.

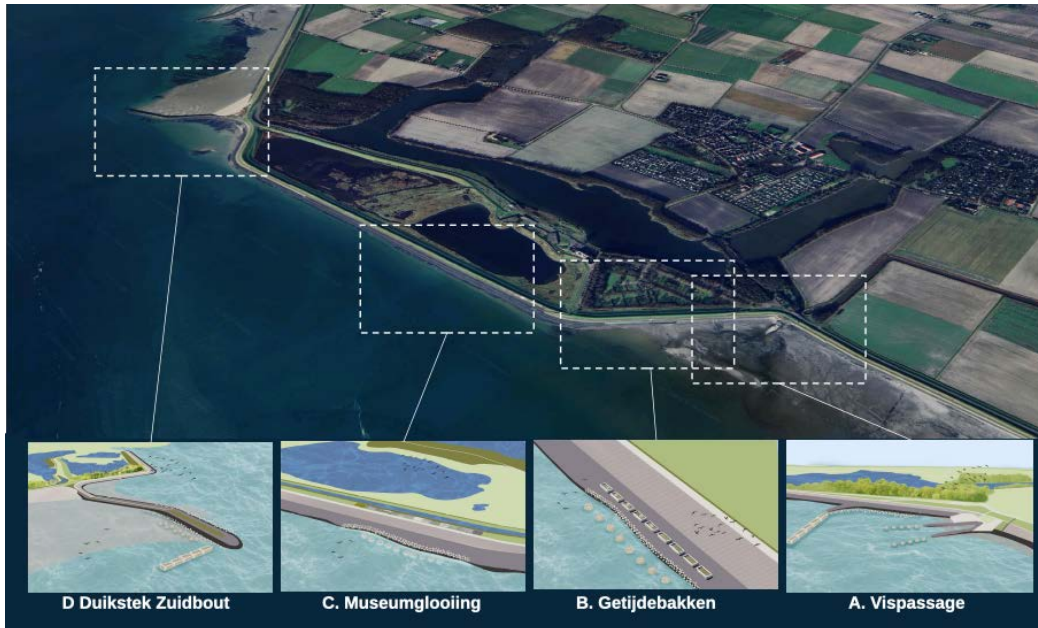


Beeld: luchtfoto van de dijkzone voor het Watersnoodmuseum in Ouwerkerk

De scope van dit plan van aanpak richt zich binnen de dijkzone op het zeewaartse dijkvlak vanaf de verbindingsweg (fietspad), het talud met dijkbekleding t/m de teen van de dijk en de vooroever/onderwater (5-50 meter). Binnen deze scope worden de proeflocaties bepaald waar innovatieve toepassingen onderzocht en gedemonstreerd kunnen worden.

Binnen dit traject zijn een vijftal mogelijke locaties geïdentificeerd:

- A. De Vispassage
- B. De Getijdenbakken
- C. De Museumglooiing
- D. De Zuidbout
- E. Het Watersnoodmuseum



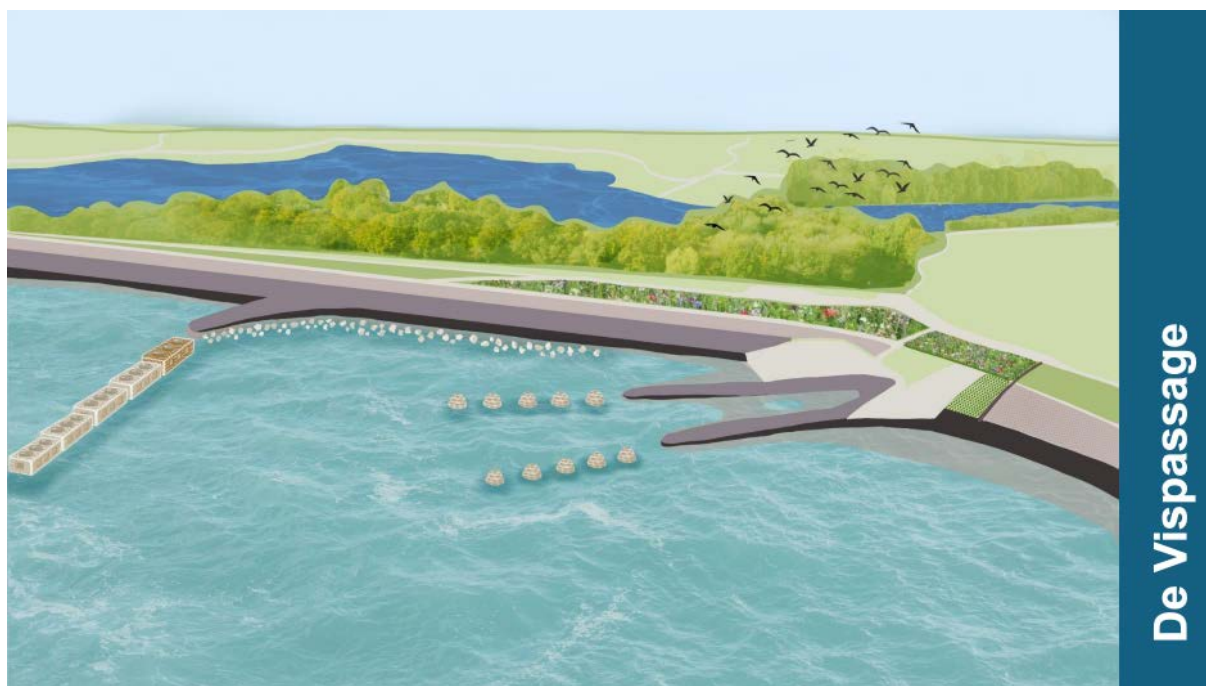
Beeld: Google Earth foto van de dijkzone voor het Watersnoodmuseum in Ouwerkerk met vier potentiële dijklocaties

Voor de vier dijklocaties is weergegeven hoe de inrichting er uit kan zien, hoe de ecologie versterkt kan worden, gebruikmakend van de oplossingen van de “innovators” en een analyse van Sterktes, Zwakten, Kansen en Risico’s (SWOT) van de locaties. Meer informatie over de oplossingen van de “innovators” is te vinden in de factsheets die zijn bijgevoegd als **bijlagen**.

De SWOT-analyse wordt voor de belangrijkste locaties gedaan op de navolgende aspecten:

- A. Morfologie en sedimenttransport
- B. Belastingen door stroming en golven
- C. Gradiënt aanwezig
- D. Demonstratie mogelijkheden voor talud
- E. Demonstratie mogelijkheden voor teenconstructie
- F. Demonstratie mogelijkheden voor vooroever
- G. Interessant voor wenssoorten
- H. Bereikbaarheid van de locatie
- I. Kansen voor onderwater leven
- J. Kansen voor bovenwater leven

A. De Vispassage - gemaal Ouwerkerk



Beeld: impressie van de dijkzone bij de vispassage en gemaal De Vierbannen van Duiveland.

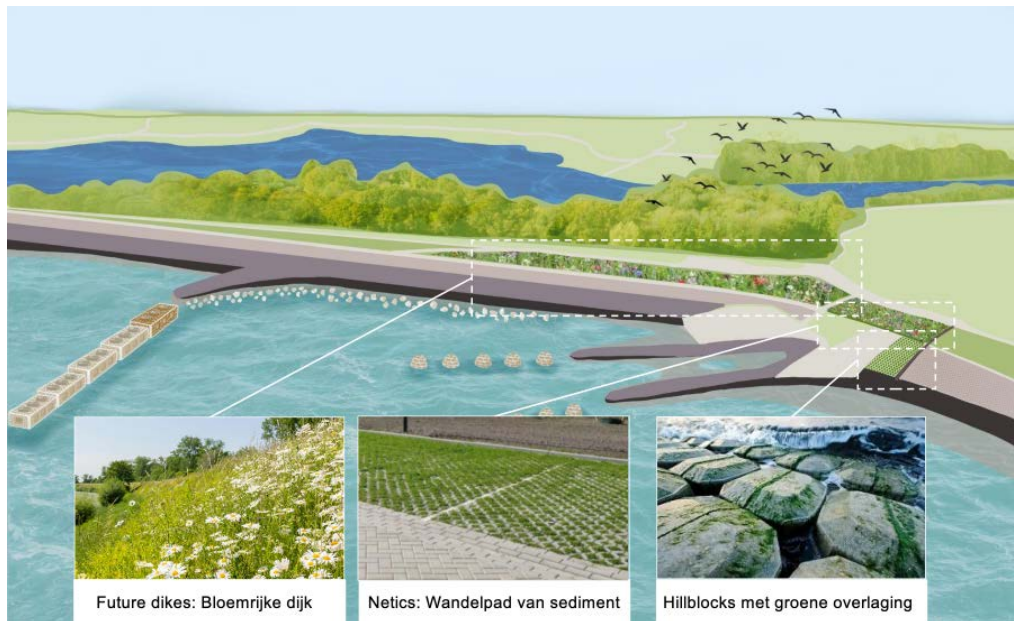
Bij gemaal Duiveland is een vispassage. Deze vispassage zorgt voor migratiemogelijkheden van onder andere de paling (glasaal) en de driedoornige stekelbaars vanuit de Oosterschelde naar de polders van Schouwen-Duiveland. Belangrijke knelpunten voor deze soorten zijn luwte zones nabij de vispassages.

Het primaire doel van de innovatieve oplossingen is het verbeteren van de omstandigheden voor diverse soorten rond de vispassage om zo het percentage gewenste soorten, dat de vispassage passeert te vergroten. Daarnaast is het doel om de ecologische omstandigheden voor overige soorten te verbeteren.

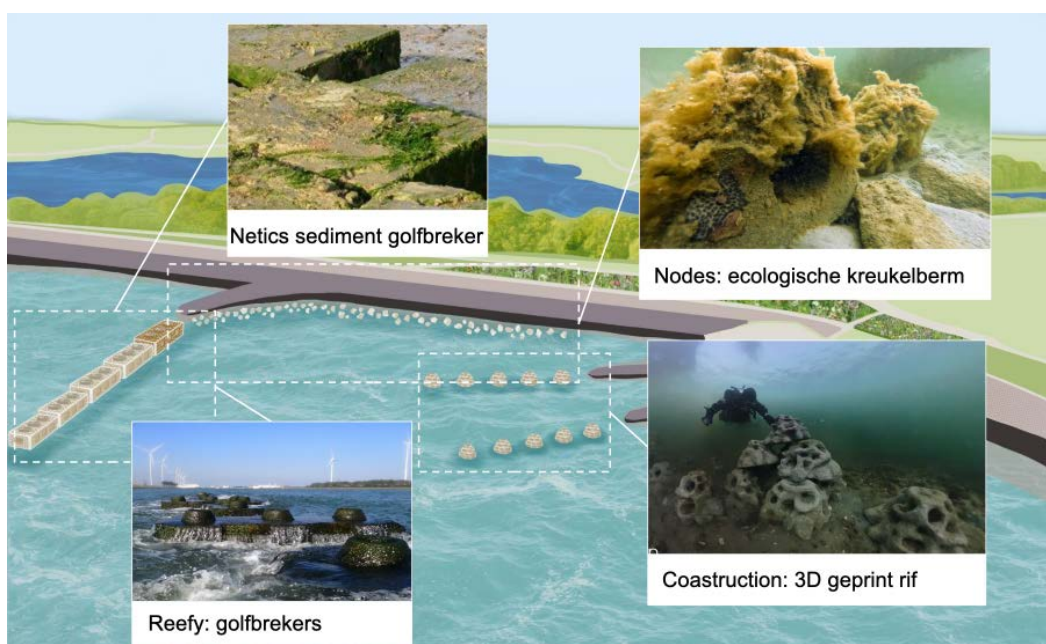
Op deze locatie kunnen verschillende ecologische maatregelen getroffen worden:

- ★ De grasbekleding boven het onderhoudspad kan ingezaaid worden met een bloemrijk mengsel, om zo een bloemrijke dijk te creëren,
- ★ De bestaande Hillblock bekleding aan de oostzijde van het gemaal is een open structuur, waardoor jonge vogels als de Bontbekplevier tussen de blokken kunnen komen. Door een deel van deze bekleding te overlagen met een grasbekleding kan tijdens reguliere omstandigheden een gesloten bekleding gerealiseerd worden. Het overgrote deel van de Hillblock bekleding ligt in gesloten N2000 beheergebied. Deze zone kan als referentie gebruikt worden bij de beoordeling van de effectiviteit van de overlaging.
- ★ Het wandel-/onderhoudspad ter hoogte van de uitstroom kan vervangen worden door een Netics tegelpad, gemaakt van baggerspecie.

Aanvullende opmerking: De onderhoudswegen hebben ook een functie in het kader van waterveiligheid. Hier breken de golven op en is er ook sprake van golfploep. Het asfalt heeft daarom ook een waterkeringstechnische sterkte. Andere materialen zijn mogelijk, maar moeten dan dezelfde sterkte kunnen verzorgen als het asfalt.



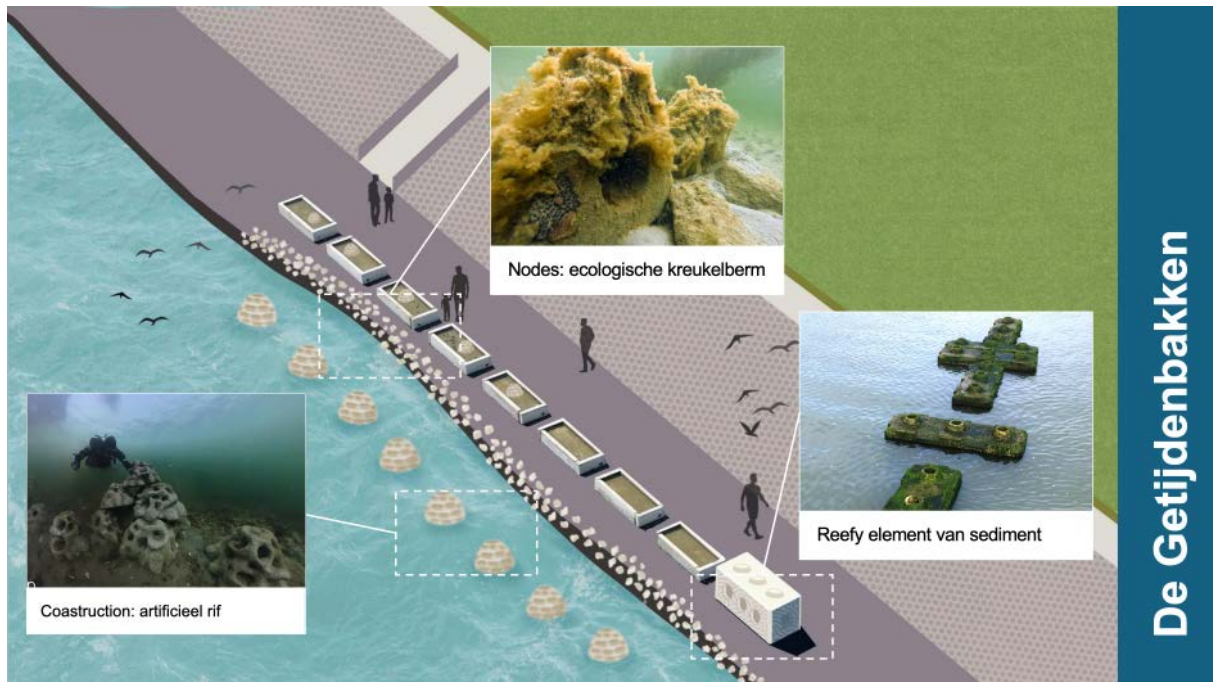
- ★ In de kreukelberm en steenbestorting kunnen Mecal-elementen en Netics-blokken worden toegevoegd om de vestiging van schelpdieren en kleine krabben en kreeften te stimuleren.
- ★ Langs de uitstroomgeul van het gemaal, kunnen rifelementen van Coastruction geplaatst worden om luwte zones te creëren voor vissen als de glasaal en driedoornige stekelbaars. Hierdoor zou het percentage vissen, dat via de vispassage de polder in kan migreren toenemen.
- ★ Door voor deze luwte zone, in het verlengde van het aanwezige strekdammetje een rij Reefy Blocks onder water te plaatsen, kan in de zone voor de uitstroom van het gemaal extra luwte gecreëerd worden. Deze onder waterdam ligt op voldoende afstand van de uitstroom van het gemaal om geen invloed te hebben op de uitstroom zelf. Enkele blokken kunnen van Netics specie geproduceerd worden.



SWOT-analyse Vispassage

Sterktes	Zwaktes
<ul style="list-style-type: none"> - De teenconstructie/kreukelberm is breed. - De ruime vooroever is beschikbaar en ecologisch interessant door de interactie met de vispassage. - Interactie met fauna via het gemaal/vispassage en de luwtezone voor diverse soorten - Goede sedimentvangst en lage erosie, morfologie is stuurbaar door verschillende oriëntaties - Goede toegang tot infrastructuur / nutsvoorzieningen. - Aanwezige (afgeschermd) natuur die goed gemonitord kan worden - Verschillende dijkzones kunnen worden gecreëerd 	<ul style="list-style-type: none"> - Luwtezone is minder representatief voor blootgestelde constructies. - Slechts een gemiddelde gradiënt is aanwezig. - Beperkte toegang voor bouwmaterieel kan kostenverhogend zijn - De gradiënten zijn minder groot waardoor verschillende dijkzones apart gecreëerd moeten worden
Kansen	Bedreigingen
<ul style="list-style-type: none"> - Ecologische koppeling van de gemaaluitstroom met rif- en vooroeverconstructies - Eenvoudige, veilige monitoring door stabiele omgeving en aanwezige infrastructuur en weinig recreatie - Reeds aanwezige zetsteen kan worden opgenomen in de constructie. - Ook kunnen er toegangswegen met innovaties worden gerealiseerd - Verschillende type constructies kunnen worden getest 	<ul style="list-style-type: none"> - Het spuien van het gemaal kan stabiliteitsproeven mogelijk verstoren - Conflicterende belangen met de waterbeheerder - Te veel sedimentatie geeft blokkering van het gemaal en/of bedekking riffen

B. De Getijdenbakken

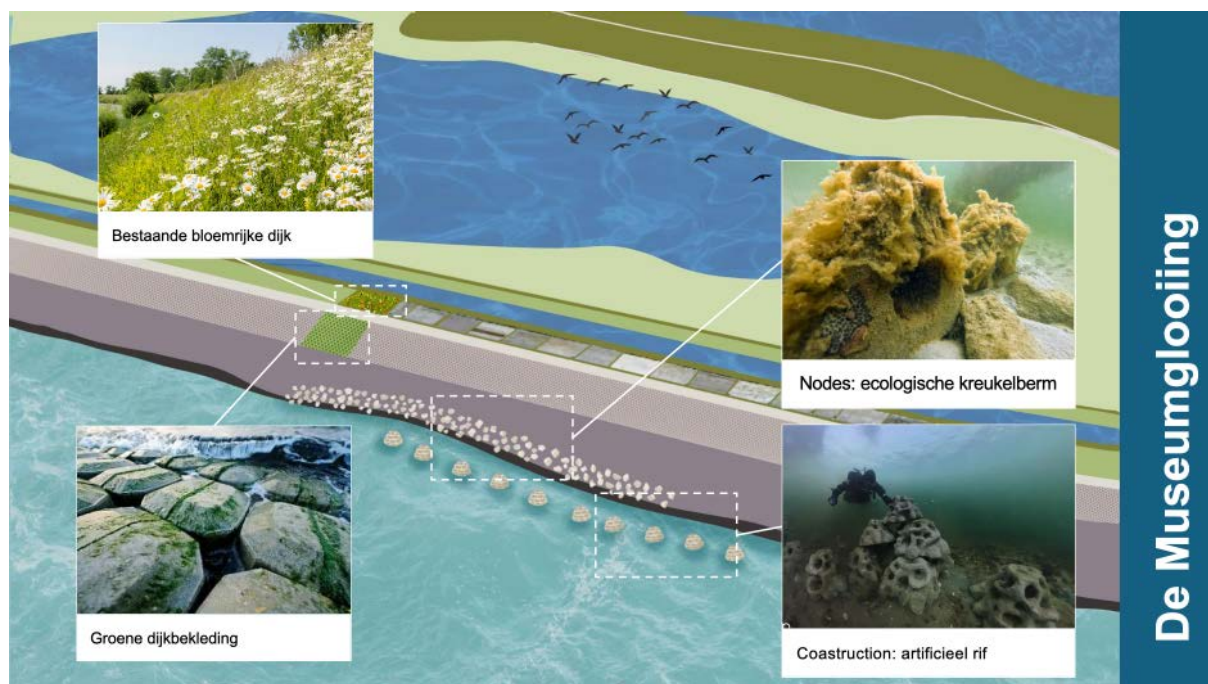


De getijdenbakken bij het Watermuseum hebben voornamelijk een educatieve functie. De bakken vallen bij laagwater droog, waarbij er water in de bakken blijft staan. In de bakken kunnen dan in alle rust verschillende waterplanten, krabbetjes en andere soorten worden bekeken. Op deze locatie zijn beperkt mogelijkheden om grotere maatregelen te nemen.

Op deze locatie kunnen de volgende ecologische maatregelen getroffen worden:

- ★ In de bakken kunnen kleinere ecologische objecten, zoals de 3D-geprinte rifobjecten van Coastruction of de elementen van Mecal, geplaatst worden, om zo de effectiviteit te vergelijken met de huidige, voornamelijk basalt objecten. Hiermee kan ook de educatieve functie worden verrijkt.
- ★ Daarnaast kunnen ook aan de buitenzijde van de bakken elementen geplaatst worden. Momenteel zijn er nauwelijks ecologische ontwikkelingen op het kale beton. Door ecologische elementen aan de wanden te bevestigen kan de verbeterde ontwikkeling gemonitord worden.
- ★ Hetzelfde kan gedaan worden met de huidige basalt steenbestorting rond en voor de getijdenbakken. Door hier elementen aan toe te voegen kan de verbeterde ecologische ontwikkeling gemonitord en getoond worden.

C. De Museumglooiing



Nabij de bestaande museumglooiing zijn er mogelijkheden om vrijwel een geheel ecologisch dijkprofiel te tonen. Ten westen van de bestaande bekledingsvakken zijn op het boventalud in het voorjaar van 2025 door Future Dikes 3 vakken voor onderzoek naar bloemrijke grasbekleding gerealiseerd, als ecologisch alternatief voor de standaard grasbekleding. Het dijkprofiel daaronder bestaat voornamelijk uit een met bitumen ingegoten storsteen bekleding. Daaronder is een brede bestorte teen gerealiseerd. Deze bekleding is ecologisch zeer arm.

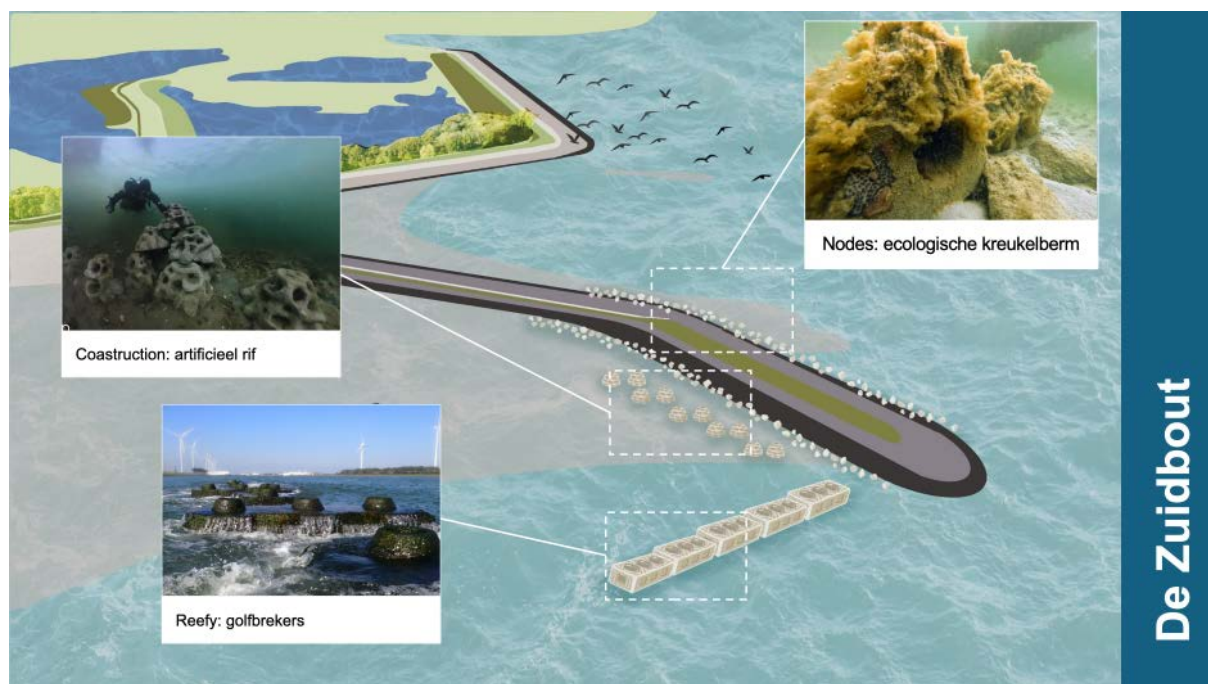
Op deze locatie kunnen de volgende ecologische maatregelen getroffen worden:

- ★ Uitbreiden van de bloemrijke grasbekleding naar de kruin en het binnentalud van de dijk.
- ★ Het vervangen van een deel van het geasfalteerde fietspad door Netics bestratingstegels. Deze tegels zijn gemaakt van onder andere baggerspecie.
- ★ Overlagen van de bestaande bitumen bekleding met deels overlaagde Martens Hillblocks en/of Netics ecoblocks. Aan deze elementen kunnen 3D-geprinte Coastruction elementen worden bevestigd om de ontwikkeling van zeekool op de dijk te stimuleren.
- ★ Aan de steenbestorting kunnen kleinere ecologische objecten, zoals de 3D-geprinte rifobjecten van Coastruction of de elementen van Mecal, geplaatst worden, om zo de effectiviteit te vergelijken met de huidige, voornamelijk basalt objecten. Door hier elementen aan toe te voegen kan de verbeterde ecologische ontwikkeling gemonitord en getoond worden.
- ★ In de vooroever kunnen zowel rifelementen als Reefyblocks geplaatst worden om zo luwtezones te creëren, waardoor op de zandige vooroever bijvoorbeeld grasse en wieren kunnen ontwikkelen, en extra beschutting voor soorten ontstaat. Door de aanwezigheid van verpachte oesterkwekerijen is de ruimte beperkt.

SWOT-analyse Museumglooiing

Sterktes	Zwaktes
<ul style="list-style-type: none"> - De locatie wordt sterk belast door golven en stroming. - De aanwezige gradiënt van vooroever tot kruin maakt de plek geschikt voor een breed scala aan innovaties - Het talud is technisch goed geschikt voor het plaatsen van zetsteen over de bestaande bitumenlaag. - De teenconstructie en kreukelberm zijn aanwezig - De ligging naast de getijdenbakken zorgt voor een vergelijkbare ecologische samenstelling en daardoor een voorspelbare basis voor het aantrekken van gewenste soorten. - De locatie is uitstekend bereikbaar voor bezoekers en verkeer dankzij nabijgelegen parkeerplaatsen. - Door de oriëntatie op de Oosterschelde en de aanwezige stroming is er kans op veel ecologische ontwikkeling op constructies 	<ul style="list-style-type: none"> - Er is weinig sediment beschikbaar en de erosie is hoog vanwege de directe blootstelling aan golven en stroming. - De drukke fietsroute langs de locatie veroorzaakt verstoring voor vogels. - Mogelijk concessies van vissers geeft beperkingen aan het ontwerp en locatie - Het creëren van een de verschillende dijkzones is technisch heel goed mogelijk maar moet passen in de vergunningen en regels
Kansen	Bedreigingen
<ul style="list-style-type: none"> - De aanwezige gradiënt biedt de mogelijkheid om meerdere innovaties gelijktijdig te demonstreren. - De bestaande teenconstructie kan worden benut om modulair rifontwerp te demonstreren op een plek met veel stroming. - Getijdenbakken kunnen worden toegevoegd met riffen of andere constructies 	<ul style="list-style-type: none"> - Verstoring van vogels door recreanten vormt een risico voor het behalen van ecologische doelstellingen. - Restricties door visserijconcessies kunnen conflicterende belangen veroorzaken en de operationele vrijheid voor monitoring beperken.

D. De Zuidbout



De strekdam bij de duikstek zuidbout is in particulier bezit en wordt veel gebruikt door hobby duikers. De strekdam creëert aan de westzijde een soort baaitje met een strandje. Op dit strandje broeden in het voorjaar Bontbekplevieren. De strekdam leent zich voor het realiseren van verschillende soorten innovatieve dijkbekledingen, omdat de strekdam geen waterkerende functie heeft. Hier kunnen de verschillende ecologische maatregelen onderwater ook goed gemonitord worden door de sportduikers en tegelijkertijd de locatie voor hen aantrekkelijker maken. Deze locatie is opgenomen in ANEMOON (<https://www.anemoon.org/anemoonlocaties/locatienummer/147>). Door duikers nu al te vragen om ook aan de andere zijde van de dam waarnemingen te doen op de momenten dat ze daar toch al duiken, kan de nulsituatie nu al worden vastgelegd, waardoor de ontwikkelingen na het aanbrengen van de maatregelen goed beoordeeld kunnen worden.

Opmerking: ontwerp idee moet nog worden voorgelegd aan particuliere eigenaar.

Er kunnen verschillende maatregelen worden getroffen, zoals:

- ★ Het vervangen van een stuk van de bestaande bekleding aan de westzijde door een deels overlaagde, of met fijn materiaal afgevulde Hillblock bekleding. Omdat de strekdam niet heel ver boven water uitsteekt, zal een overlaging met gras mogelijk beperkte levensduur hebben.
- ★ Het vervangen van een deel van de bestaande bekleding door een ecologische blokken bekleding met Netics blokken van samengeperste baggerspecie.
- ★ Aan de aanwezige steenbestorting kunnen Mecal- en Netics-elementen worden toegevoegd om zo de ecologische aantrekkelijkheid te versterken.
- ★ Aan de kop van de strekdam is ruimte om een langere reeks van Reefy blocks op te bouwen, waardoor in het baaitje extra luwtezone wordt gecreëerd en gemonitord kan worden op de golfremmende effecten.
- ★ In het baaitje kan een kunstmatig rif worden gecreëerd met Coastruction rif elementen. Hierdoor worden de ecologische omstandigheden voor vissen en schaaldieren (bijvoorbeeld kreeften) versterkt.

SWOT-analyse De Zuidbout

Sterktes	Zwaktes
<ul style="list-style-type: none"> - De locatie biedt flexibiliteit: afhankelijk van de positie ten opzichte van de golfbreker kan worden gekozen voor hoge of juist lage stroming en golfbelasting. - Het aanwezige talud is goed geschikt voor zetsteen als overlaging en daarmee inzetbaar voor typische taludproeven. - De teenconstructie en kreukelberm zijn breed genoeg om verschillende rifopstellingen te plaatsen. - Door variabele stromings- en golfcondities en open verbinding met de Oosterschelde kan veel onderwaterleven de structuren passeren - De locatie ligt bij een goed bereikbaar strand en is zowel voor bezoekers (& duikers) als verkeer goed toegankelijk. 	<ul style="list-style-type: none"> - Een kruin ontbreekt, waardoor demonstratiemogelijkheden over de volledige dwarsdoorsnede beperkt zijn. - Door de dynamiek van strand, stroming en golven is de locatie minder geschikt voor het ontwikkelen van stabiele habitatgebieden voor specifieke wenssoorten. - De locatie mist beschutting door het ontbreken van een kruin en ligt bovendien op een drukbezochte plek.
Kansen	Bedreigingen
<ul style="list-style-type: none"> - De mogelijkheid om zowel hoge als lage belasting te creëren is interessant voor vergelijkende testen. - Mogelijkheid om schaalbare en modulaire rifopstellingen te tonen. - Er is al een duikers locatie waardoor monitoring door sportduikers is te combineren - Veel variatie in aanwezige ecologie (zowel flora als fauna) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Verstoring door recreatie geeft een risico ondanks tijdelijke afsluiting in het broedseizoen. - Verstoring flora en fauna door monitoring van de constructies.

E. Watersnoodmuseum - Kenniscentrum & buitenruimte

Het Kenniscentrum van het Watersnoodmuseum biedt een publiek platform voor onderzoek en communicatie over De Levende Dijk, over de doelen, oplossingen en het opschalen ervan. Zo wordt bijvoorbeeld de Levende Dijk meegenomen in studenten bezoeken aan het Watersnoodmuseum, en worden lezingen, symposia en andere bijeenkomsten rondom de Levende Dijk georganiseerd.

In de specifieke binnenruimte de "Waterwerkplaats" werken studenten en onderzoekers samen aan de vraagstukken rondom de totstandkoming en de opschaling van de Levende Dijk. Ook in het museum zelf komt, in het 4e caisson, de connectie met waterveiligheid in de toekomst terug.

Daarnaast kan voor demonstratieve doeleinden in de buitenruimte van het Watersnoodmuseum een tentoonstelling ingericht worden met dijken van de toekomst, met voorbeelden van innovatieve & ecologische oplossingen. Bezoekers kunnen hier oplossingen van dichtbij bekijken en geïnformeerd worden. O.a. vanuit hier wordt hen de weg gewezen naar de "levende" demonstratie langs de dijkzone aan de Oosterschelde.

Zo legt het Watersnoodmuseum een stevige link tussen het museum en een veranderende visie op hoogwaterbescherming van functionele veiligheid naar ook ecologische oplossingen, waarbij deze hand in hand gaan.



Foto's: illustratie tentoonstellingsruimte terras, tijdens opening Waterwerkplaats, 28 augustus 2025.

10. Naar veelzijdigheid en doelmatig, dankzij nieuwe technologie!

Wat vroeger ondenkbaar was, onuitvoerbaar, is dat nu wel dankzij automatisering en intelligente systemen. Van sober en doelmatig *naar* veelzijdigheid en doelmatig....

Kan een dijk, die optimaal is ontworpen voor de ecologie & waterveiligheid, binnen de budgetten passen? Kan de sleutel wel eens liggen bij moderne technologie & intelligentie?

Dus, complexe structuren, maatwerk structuren, samenhang is zones, gradiënt en habitat overstijgend ontwerpen, hoogwaardig circulair materiaalgebruik, vroeger kon dat niet, nu en in de toekomst wel. En zoals zoveel producten door automatisering goedkoper zijn geworden, waarom zou dat niet kunnen met natuurvriendelijke dijkbekleding en vooroeverstructuren?

Sober en doelmatig. Ook nu is geld schaars en we willen doelmatige dingen doen. Maar sober in de betekenis van saai, hoeft het niet meer te worden! Eerder valt te denken in de termen: veelzijdig en doelmatig. Binnen beschikbare budgetten, meer! Dankzij nieuw ontwikkelde technologie, die niet stilstaat!

De Levende Dijk kan een ontwikkellocatie worden waar met inzet van slimme technologie toepassingen worden aangelegd, die goed zijn voor de ecologie ter plaatse en voldoen aan de eisen van waterveiligheid *en* binnen de budgetten passen die hiervoor beschikbaar zijn.

11. Uitgangspunten onderzoek en monitoring

Uitgangspunten onderzoek en monitoring:

- ★ Onderzoek is primair praktijkgericht (in de buitenruimte).
- ★ Creëren van een compacte groep van deskundigen; gemotiveerd en met naam!
- ★ Deze groep deskundigen vragen een samenhangende onderzoeks aanpak op te stellen.
- ★ Het Kenniscentrum van Watersnoodmuseum als thuisbasis/plek voor de groep deskundigen.
- ★ Podium geven aan toepassingen met innovatieve tools (zoals bijvoorbeeld BlueBiodex).
- ★ Ook ruimte voor citizen science.
- ★ Het zaak is een nulmeting te doen in 2026.

Onderzoeksthema's o.a:

Ecologie

- Gebruik van de elementen als rust- en schuilhabitat door vissen;
- Soortensamenstelling vóór en na aanleg (eDNA);
- Verblijfsduur en activiteit van vis nabij de passage;
- Ontwikkeling van macrofauna als voedselbron;
- Gebruik van tunnels en holtes door fauna;
- Vestiging van intergetijdenfauna (oesters, algen, kreeftachtigen);
- Ontwikkeling van rifgemeenschappen (subtidaal)

Morfologie

- Lokale veranderingen in sediment en microreliëf;
- Sediment invang en bodemstabilisatie in de luwte

Hydrologie

- Eventuele effecten op doorstroming (verwacht minimaal).
- Reductie van golfhoogte en -energie.
- Stabiliteit en constructief gedrag onder storm condities.

Publiek

- Publieksbegrip en educatieve waarde.

Meer detailinformatie over wat en hoe onderzoek kan worden ingericht, is te vinden in de factsheets (bijlagen) van: Reefy BV, Coastruction BV, Martens Beton, Netics BV en Mecal BV.

Organisaties die een rol kunnen spelen:

- Ravon - Vissen
- Sovon en/of Delta Milieu - Vogels
- Stichting Anemoon/ Duikers/ NOB/ Waardenburg Ecology
- Vlinderstichting - Vlinders
- Scalda/HZ/ NIOZ/ WMR
- Future Dikes/ Radboud Universiteit
- Pieter Zeeman College
- Bewoners/ buren

Uitgelicht: BlueBiodex optie voor monitoringsplatform

Binnen de Innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk is monitoring essentieel om de ecologische effecten toetsbaar en uitlegbaar te maken. BlueBiodex is een innovatief ecologisch monitoringsplatform voor mariene en estuariene omgevingen. Het maakt de onderwaterwereld meetbaar en inzichtelijk door biodiversiteit, habitatkwaliteit en ecologische veranderingen in kaart te brengen. Het combineert eDNA-analyses, fotomonitoring, soortentellingen, waterkwaliteitsmetingen en remote sensing in één overzichtelijk dashboard. Zo kunnen onderzoekers, beheerders en beleidsmakers zien welke habitats gezond zijn, welke soorten er voorkomen en hoe ingrepen het ecosysteem beïnvloeden.

BlueBiodex monitort vaste locaties bij en rond de demonstratie-opstellingen vóór en na aanleg. Zo worden trends in biodiversiteit, habitatkwaliteit en ecologische respons op de ingrepen zichtbaar.

BlueBiodex is ontwikkeld door Reefy BV. <https://reefy.nl/bluebiodex/>

Onderzoek feitelijk al van start:

Voor de top met grasbekleding is in het najaar van 2024, dankzij bemiddeling van KCO, reeds een plan van aanpak voor onderzoek naar omvorming naar een kruidenrijke dijk tot stand gekomen tussen Future Dikes/Radboud Universiteit en het Waterschap Scheldestromen. De financiering van dit onderzoek loopt via STOWA. Dit onderzoek is gestart in maart 2025 en loopt 3 jaar tot en met 2027. <https://scheldestromen.nl/futuredikes>



Foto's: proeflocatie Soortenrijke Dijken ten westen van Museumglooiing, Ouwerkerk.

“Een dijk om te leren kennen, zoals je vrienden leert kennen”

12. Een Hinkstap- fasering 2026-2030

Zuidwestelijke Delta in 2024: “ Via de hink-stap-sprong-aanpak verbinden we de opgaven van nu tot 2030 en de Rijksopgaven zoals Water en Bodem Sturend tot 2050, met de lange-termijn-opgaven na 2050.”



Periode 2026-2030; De *hink* in de Hink-Stap-Sprong aanpak.

2026 -

- Oplevering van dit Uitwerkingsplan.
- Presentatie voor bestuurders en pr-communicatie.
- Groen licht, steun voor het realiseren van de zone (rondom de zomer).
- In gang zetten voorbereidend werk voor o.a. financiën, aanleg en vergunningen.
- De groep gemotiveerde deskundigen bijeenbrengen die een onderzoeks-aanpak opstellen .
- Verkrijgen van de 1e financiële toezeggingen.
- Aanleg 1e locatie met elementen in en rondom De Getijdenbakken met start onderzoek en demonstratie.
- Een ecologische nulmeting.
- 5e en 6e Voortgangsbijeenkomst.

2027 -

- Verkrijgen van een 2e tranche aan financiële dekking.
- Start aanleg 2e locatie met elementen rondom De Vispassage, start onderzoek en demonstratie.
- Opnemen in programmering Watersnoodmuseum/Kenniscentrum/buitenruimte- locatie 5.
- 7e Voortgangsbijeenkomst.

2028

- Verkrijgen van een 3e tranche aan financiële dekking.
- Start aanleg 3e locatie van een totaal gradient naast De Museumglooiing, start onderzoek en demonstratie.
- 8e Voortgangsbijeenkomst.

2029

- Onderzoek en demonstratie.
- Start mogelijk van een 4e locatie, bijvoorbeeld De Zuidbout.
- 9e Voortgangsbijeenkomst.

2030

- 10e Voortgangsbijeenkomst/ symposium resultaten .

2030-2035

- Vervolg onderzoek en demonstratie.

13. De aansluiting op beleidskaders

De Zuidwestelijke Delta is maatwerk. De drie waterschappen in ZWD hebben hierin een leidende rol en zouden de innovaties kunnen meenemen in de verkenningsfase van de versterkingsopgave naar 2050. Dit vindt nu nog beperkt plaats. De pilot met zetstenen van Netics in dijkzone Hansweert kan als voorbeeld worden gezien. Kennis en ervaring die wordt opgedaan in de praktijk zoals beoogd in de dijkzone Levende Dijk, biedt instrumentarium voor afgewogen keuzes.

Aansluitende beleidskaders zijn:

- **KRW doelen**

Voor waterschappen is de **KRW** (Kaderrichtlijn Water) heel relevant. Doel: het realiseren en behouden van chemisch schoon en ecologisch gezond oppervlaktewater en grondwater. Vooroever structuren kunnen hieraan bijdragen, bijvoorbeeld met reefstructuren in de buurt van gemalen (vismigratie).

➔ Langs de dijkzone kan met plaatsing van vooroeverstructuren, praktijkkennis en impactanalyse worden opgedaan. Ook in de versterking van de connectiviteit met de wateren achter de dijk.

- **Pre-verkenning vogels en Vissen PAGW**

Vanuit **Pre-verkenning vogels en Vissen** Rijn, Maas, Scheldemonding ligt een mooie link naar initiatief van de Levende Dijk. RWS is hiervoor projectleider. Waterschappen zijn hierin ook betrokken. <https://www.zwdelta.nl/projecten/pagw-preverkenning-vis-en-vogels-rijn-maas-scheldemonding/#programma-s>

➔ Innovatiezone biedt een concrete kans om geformuleerde ambities om te zetten.

- **Ecologisch Streefbeelden PAGW**

Vanuit PAGW zijn vijf **Ecologisch Streefbeelden** opgesteld, waaronder het streefbeeld voor de Zuidwestelijke Delta. In deze streefbeelden is de PAGW ambitie uitgewerkt om te komen tot toekomstbestendige grote wateren, waar goede waterkwaliteit en hoogwaardige natuur samengaan met een krachtige economie, binnen de randvoorwaarden van waterveiligheid, zoetwatervoorziening en bereikbaarheid. Deze streefbeelden zijn richtinggevend en een bouwsteen voor de ontwikkeling van maatregelen. Als er in de richting van de streefbeelden wordt gewerkt, verbetert de ecologische waterkwaliteit, wordt de natuur veerkrachtig en de grote wateren toekomstbestendig. Zo wordt er ook gewerkt aan de wettelijke doelen voor waterkwaliteit (KRW-maatregelen) en natuur in de grote wateren (Natura 2000).

➔ Het streefbeeld voor de ZWD biedt een kader voor maatregelen die binnen de zone van de Levende dijk getest en onderzocht worden.

- **Uitvoeringsprogramma ZWD**

In het **Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2050** staan acties die nodig zijn om de komende jaren samen met alle ZWD partners aan de slag te gaan om toe te werken naar een klimaatbestendige delta. Onderdeel hiervan is een maatregelenpakket met concrete projecten en pilots en een Ontwikkelagenda Kennis en Innovatie met daarin onderzoeksvragen. Elke partner voert projecten, pilots, gebiedsprocessen of onderzoeken uit.

In het Uitvoeringsprogramma brengen we alle initiatieven samen die bijdragen aan de doelen en de ambitie van de Zuidwestelijke Delta.

- ➔ Het concept van de Levende Dijk Ouwerkerk biedt een locatie voor praktijkgericht onderzoek en demonstratie en sluit aan op het ZWD focuspunt van "**lijnen naar zones**"

Link: <https://www.zwdelta.nl/nieuws/in-gesprek-over-het-uitvoeringsprogramma-zuidwestelijke-delta-2050/>

- **Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)**

Het doel van het HWBP is dat in 2050 alle primaire keringen op een sobere en doelmatige wijze zijn versterkt, zodat ze voldoen aan de wettelijke normen. De wettelijke normen zoals die zijn vastgelegd in de Omgevingswet. Hiermee wordt de waterveiligheid van Nederland gewaarborgd. Het gaat hier om 1.500 km dijken en bijna 400 sluizen en gemalen die versterkt moeten worden. De '**Roadmap Duurzaam HWBP**' is een stappenplan om te komen tot duurzame, goed ingepaste versterkingen van dijken en kunstwerken met ruimtelijke kwaliteit.

- ➔ In de Innovatiezone kunnen concepten worden beproefd en doorontwikkeld (best-practices) voor inpassing in toekomstige grootschalige dijkversterkingsprojecten in de ZWD.

Koppelkansen benutten voor ecologie en waterveiligheid

Marnix Muller van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat geeft aan dat binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) en de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) actief wordt gezocht naar meervoudige oplossingen. Doel is om kansen te benutten voor de koppeling tussen waterveiligheid en ecologie. 'Dijkversterkingen kunnen kansen bieden voor het creëren van ecologische zones, en natuurontwikkeling kan bijdragen aan waterveiligheid. Het is geen of of, maar én én.'

Bron: Deltanieuws 05- December 2025

- **Doorlopende Onderzoekslijnen vanuit Campus Zeeland en het Delta Climate Center**

Zeeland zet, met onderwijs en onderzoek, in op het omgaan met water. Dit is een van de drie kernthema's in de Strategische Onderwijs- en Onderzoeksagenda van de provincie Zeeland. Ook het Delta Climate Center, waarin Scalda, HZ, UCR, NIOZ, UU en de WUR samenwerken, richt zich op de rol van water in de transitie naar een duurzame delta. Kennisinstellingen tonen hun belangstelling voor deelname. Zowel voor individuele (student) onderzoekers als doorlopende **onderzoekslijnen** zoals die voor Waterkerende Landschappen.

- ➔ Monitoring van de maatregelen in de zone van de Levende Dijk Ouwerkerk is belangrijk en biedt mogelijkheden voor praktijkgericht onderzoek en onderwijs.

- **Biodiversiteitsbeleid waterschappen**

Alle drie de waterschappen in ZWD hebben het belang van groen en biodiversiteit opgenomen in hun strategie en plannen (zoals in nota's Biodiversiteit en Groenbeleidsplan). Veelal gaan deze plannen over binnendijks en bijvoorbeeld maabeleid.

- ➔ Uitgewerkte plannen voor groene zeedijken lijkt nog te ontbreken. De Innovatiezone hiervoor kan voorbeelden, best-practices en onderbouwing leveren.

De Unie van Waterschappen stelt wel:

De biodiversiteit in Nederland staat er niet goed voor en gaat steeds verder achteruit. Ook voor het waterbeheer is dit een groot probleem. De waterschappen hebben gezonde bodems nodig, zodat water goed kan worden opgevangen. Daarnaast is een gezonde natuur in het water de basis voor een goede waterkwaliteit.

De waterschappen pleiten daarom voor het stimuleren van maatregelen die het vergroenen van de openbare ruimte bevorderen. Ook zijn de waterschappen voorstander van een transitie naar een duurzame land- en tuinbouw, waarbij emissies naar water en bodem worden gereduceerd.

- **NL2120** is een programma waarin wetenschap, bedrijfsleven, overheden, natuurorganisaties en onderwijs samenwerken om kennis op te doen over natuurlijke oplossingen (Nature-based Solutions) en deze op te schalen. We laten zien hoe je de natuur in kunt zetten als oplossing voor maatschappelijke opgaven, zoals klimaatadaptatie en ruimtegebruik.

Als één van de grootste publiek-private samenwerkingen op het gebied van Nature-based Solutions ter wereld, werkt NL2120 aan **het vergaren en opschalen van kennis, het verbinden van theorie en praktijk** en het opstellen van haalbare toekomstperspectieven. Zodat organisaties, waaronder overheden, waterschappen, provincies, (bouw)bedrijven en uiteindelijk ook individuele burgers, weten hoe zij natuurlijke oplossingen in de praktijk kunnen brengen.

➔ De Innovatiezone kan voorbeelden, best-practices en onderbouwing leveren.

14. Voortbouwend op projectervaringen uit het land

Er is bij huidige dijkversterkingsprojecten steeds meer aandacht voor verduurzaming en bouwen met de natuur. Momenteel betreft het voornamelijk aanvullende maatregelen. Deze aanvullende maatregelen geven wel al een goed beeld van de mogelijkheden om de dijken natuur inclusiever te maken. De geleerde lessen en ervaringen uit deze ontwikkelingen worden meegenomen in de plannen voor de Levende dijk.

Hieronder staat een korte samenvatting van vier voorbeelden in de Nederlandse kustgebieden:

- Dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizengat
- Afsluitdijk - Riffen vol Reuring
- De Brede Groene Dijk aan de Eems-Dollard
- Houtribdijk - Natuurgebied Trintelzand

Dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat

Tussen Lauwersoog en de Westpolder ligt de Groningse Lauwersmeerdijk. Die dijk voldeed niet meer aan de geldende eisen voor waterveiligheid. Waterschap Noorderzijlvest heeft daarom een project opgestart om de dijk te versterken. De dijkversterking is in 2023 in uitvoering gegaan en moet in 2027 afgerond zijn.

Onderdeel van het project was de ecologische opgave (financiering via Provincie Groningen, RWS/PAGW, Waddenfonds) om “De Duurzaamste dijk van Nederland” te realiseren:

- Het creëren van geleidelijke overgangen tussen dijk en wad.
- Het verbeteren van de connectiviteit tussen leefgebieden.
- Het terugbrengen / herstellen van verdwenen habitat en leefgebieden.

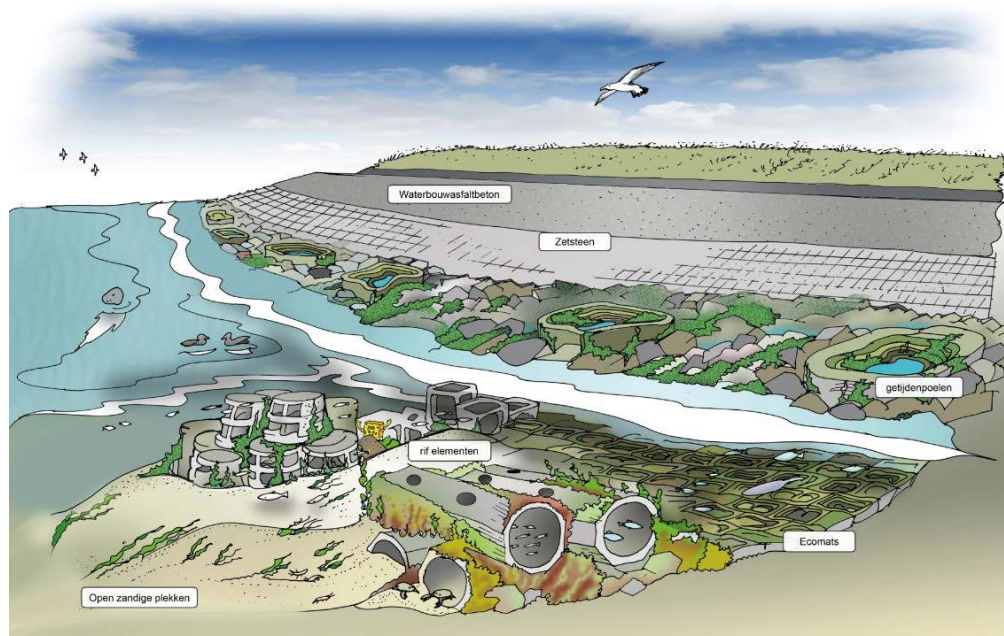
Dit wordt onder andere gerealiseerd middels een drietal natuurprojecten:

- door de aanleg van een dijkdoorgang met getijdengebied in de Marnewaard.
- de aanleg van kunstmatige riffen en getijdenpoelen langs de dijk.
- en het maken van een natuurlijke kwelder.

Intergetijdegebied Marnewaard

Door het aanleggen van een afsluitbare dijkdoorgang wordt in de Marnewaard een intergetijdegebied van 70 hectare gerealiseerd met een getijverschil van 20 centimeter. Het getijdengebied zorgt voor een betere leefomgeving voor verschillende soorten planten en dieren en wordt de Waddenzee een beetje meer ruimte gegeven.

Kunstmatige riffen en getijdenpoelen



Figuur: Visualisatie kunstmatige riffen en getijdenpoelen Lauwersmeerdijk. Bron: Waterschap Noorderzijlvest.

Met kunstmatige riffen onder water en getijdenpoelen aan de voet van de dijk wordt een natuurlijke overgang van de dijk naar het wad aangelegd. Kunstmatige riffen zijn plekken waar vissen, krabben en ander leven in kunnen schuilen. Ook anemonen en schelpdieren zoals mosselen en oesters kunnen zich eraan hechten. Hier kan de onderwaternatuur zich beter ontwikkelen dan op een kale zandige bodem. Zo wordt de natuur rondom de dijk en het Wad rijker en biodiverser. In de periode 2021-2024 zijn pilots uitgevoerd. Leveranciers van de elementen zijn EConcrete Tech, Reefsystems en Moreef.

De conclusies van het onderzoek naar getijdpoelen:

- Riffen fungeren als vestigingssubstraat voor sessiele gemeenschappen.
- Vorm en materiaal kunnen van invloed zijn op sessiele gemeenschappen. Bijvoorbeeld meer manteldieren in Moses-riffen en rioolbuizen.
- Meer zeepokken, oesters en sommige mosselen op More-riffen. Riffen vervullen ook een functie voor vissen en andere mobiele soorten.
- Meer vissen op de riffen dan in controlegebieden (seizoensmonitoring).
- Rifontwerp beïnvloedt visgemeenschap Sedimentatie van riffen is sterk afhankelijk van de locatie en het ontwerp van de inzet.

De conclusies van het onderzoek naar getijdpoelen zijn vergelijkbaar:

- Kunstmatige getijdpoelen verhogen de sessiele biodiversiteit met 50% op Nederlandse zeedijken.
- Sessiele gemeenschappen ontwikkelen zich snel in kunstmatige getijdpoelen in de Waddenzee.
- Verschillende getijdpoelenconstructies bevorderen verschillende biologische gemeenschappen.
- Kunstmatige getijdpoelen vergroten de habitatheterogeniteit en bevorderen de mariene biodiversiteit.

De pilots hebben de effectiviteit van maatregelen in de teen- en vooroever van de dijk op de biodiversiteit zodanig succesvol bewezen, dat voor de definitieve situatie momenteel 290 rifelementen en 132 getijdepoelen worden geplaatst.

Bronnen:

Silvia Mosterd, Omgevingsmanager Waterschap Noorderzijlvest

<https://lauwersmeerdijk.noorderzijlvest.nl/natuurprojecten>

<https://www.noorderzijlvest.nl/lauwersoog-krijgt-grootste-kunstmatige-rif-langs-nederlandse-zeedijk>

Onderzoek getijdepoelen: [Artificial tidepools promote marine diversity on Dutch sea-dikes - ScienceDirect](#)

Afsluitdijk - Riffen vol Reuring

In navolging van het succes van de pilots bij de Lauwersmeerdijk heeft de Waddenvereniging zich het doel gesteld om rifachtige structuren in een lint van tientallen kilometers lang aan de Waddenzeezijde van de Afsluitdijk te realiseren. In het voorjaar worden als pilot drie kunstmatige riffen van 10-15 ton (Ongeveer 2,5m bij 2,5m en 2m hoog) van Coastruction geplaatst.

Bron: <https://waddenvereniging.nl/waddenmagazine/riffen-vol-reuring/>

Houtribdijk - Natuurgebied Trintelzand

De Houtribdijk is een 26 km lange dam midden in het IJsselmeergebied, tussen Lelystad en Enkhuizen. De dam vormt de scheiding tussen het IJsselmeer en het Markermeer en werkt bij storm als een grote golfbreker. Ook speelt de Houtribdijk een belangrijke rol in de waterhuishouding van het IJsselmeergebied.

Aan de noordkant van het Markermeer ligt het natuurgebied Trintelzand. Dit moeras is een paai- en leefgebied voor vissen, schelpen en andere waterdieren. Deze dieren kunnen dan weer als voedsel dienen voor vogels.

Het natuurgebied is in de periode 2017 - 2020 aangelegd als onderdeel van de dijkversterking. Een deel van de versterking van een deel van de dijk is gedaan met reguliere breuksteen. Een ander deel met brede zandige oever, die vissen en waterdieren aantrekken. Hierdoor nemen de verschillende soorten planten en dieren in het Markermeer en IJsselmeer toe. Ook verbetert dit de waterkwaliteit.

Bron:

<https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/waterkeringen/dijken/houtribdijk>

De brede Groene Dijk aan de Dollard

De zeedijk van Johannes Kerkhovenpolder tot aan de Duitse grens moet volgens de normen worden versterkt. Waterschap Hunze en Aa's wil deze dijkversterking niet met de standaard harde bekleding uitvoeren, maar als een brede dijk met een flauw groen talud. Die heeft een flauw aflopend buitentalud bekleed met gras. Het talud is daarmee geschikt om de kracht van golven op te vangen. Uit de proef blijkt dat dit een prima alternatief is voor een traditionele dijk met een harde bekleding zoals asfalt.

In 2022 is de eerste 750 meter van de Dollarddijk verbreed tot een Brede Groene Dijk. Dit stuk dijk is vervolgens 3 jaar lang gemonitord. De gebruikte klei, van slib uit het Eems-Dollard gebied, is getest en geschikt bevonden om als bekleding te gebruiken. Dit heeft als neveneffect, dat de waterkwaliteit van de Eems-Dollard verbetert.

Bronnen:

<https://eemsdollard2050.nl/project/brede-groene-dijk/>

<https://www.hunzeenaas.nl/projecten/brede-groene-dijk/aanpassing-dijk/>

[Proef om dijk bij Nieuwe Statenzijl te versterken met laagjes slib succesvol. 'Het was een eureka-moment' - Dagblad van het Noorden \(Paywall\)](#)

15. Natura2000 als partner

“Een Natura 2000-gebied is een beschermd natuurgebied van Europees belang. Het aanwijzen van zo'n gebied is voor het beschermen van de leefgebieden van bepaalde dieren en planten en van bepaalde natuurlijke habitattypen. Bescherming is nodig voor het behoud van de biodiversiteit (soortenrijkdom) en om te voldoen aan de verplichtingen van de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. Alle Natura 2000-gebieden samen vormen een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden. Dat netwerk heet Natura 2000”

Uitgangspunt is dat de Levende dijk bijdraagt aan natuurherstel!

Herstel en/of behoud van de soorten die sterk afhankelijk zijn van de habitats in de delta, Oosterschelde en de zeedijken. Zoals bijvoorbeeld de gidssoorten eerder hierboven beschreven.

We zouden willen stellen dat de “levende dijk-activiteit” beoogt bij te dragen aan het beheer van het Natura 2000-gebied, de Oosterschelde. *Beoogt bij te dragen aan de algemene condities van het gebied voor behoud en herstel van de habitat of soorten.* Activiteiten deels in de getijdenzone (water) en activiteiten op de dijken met de 'externe werking op het Natura 2000-gebied, de Oosterschelde'.

Daarnaast is het zaak om te stellen dat de “activiteiten op deze kleine schaal” dienen als onderzoek, voorportaal, voor grootschalige toepassingen. De activiteiten dragen bij aan verantwoorde opschaling, onderbouwning van wat wel en niet kan werken, en dus bijdragen aan een veilige en veerkrachtige delta.

Het feitelijk aanleggen, door voorbereidende (bodem) werkzaamheden en het plaatsen van de innovatieve aanleg maatregelen willen we zo duurzaam mogelijk doen. We schatten in dat de negatieve impact op Natura 2000 gering of zelfs verwaarloosbaar is (mede dankzij inzet duurzaam/elektrisch materieel).

Tot slot is er nog een risico dat de maatregelen ongewenste effecten hebben op specifieke soorten. en/of oppervlakte van een habitat. Bijvoorbeeld door bepaalde ruimte weg te nemen of risico dat invasieve soorten onbedoeld profiteren. De voors- en tegens zullen door deskundigen moeten worden afgewogen.

Voordelen bij toekomstige opschaling

Dijken die in het kader van de dijkversterking opgaven richting 2050 verhoogd en verbreed moeten worden, krijgen daarbij te maken met ruimtelijke claims en dus ook met Natura 2000. Wanneer we dijken weten te ontwikkelen die zowel de waterveiligheid waarborgen als ook de natuur ondersteunen, zouden deze eenvoudiger gerealiseerd kunnen worden. In een “normaal” opgelegde compensatie kan dan al vanuit het ontwerp worden voorzien, een win/win!

16. Best practices voor toekomstige dijkversterking opgaven

De dijkversterking opgaven naar 2050 en daarna, zijn voor de waterschappen en met name Scheldestromen urgent en geven momentum. Meer dan 100 km aan zeedijken in de Zuidwestelijke Delta die op de schop gaan, onderhoud behoeven.

Bij de waterschappen ligt de primaire verantwoordelijkheid voor realisatie van de projecten. Daarbij vraagt het om intensieve afstemming met omgevingspartijen (de burens). De grote investeringen lopen financieel langs vastgelegde budgetten en strakke planning. Hiervoor wordt nauw opgetrokken met HWBP en RWS. Waterschapsbestuurders leggen verantwoording af voor het halen van de doelstellingen op waterveiligheid en circulariteit & duurzaamheid (CO₂-reductie).

De uitvoering van projecten ter versterking van de primaire waterkering kent een aantal fasen: Initiatie, Verkenning, Planuitwerking en Realisatie. Het doel van de verkenning is het komen tot een vastgesteld voorkeursalternatief (VKA) dat recht doet aan de verschillende belangen. Daarbij spelen naast waterveiligheid, duurzaamheid, kosten en draagvlak in de omgeving ook uitvoerbaarheid en vergunbaarheid een belangrijke rol. (bron: HWBP Handreiking verkenning)

De Levende Dijk Ouwerkerk, gezien als *een* proeftuin in de Zuidwestelijke delta, kan een reeks aan best-practices opleveren die opgenomen kunnen gaan worden in eerder genoemde belangrijke rollen in de verkenningsfase van dijkversterkingsprojecten, denk aan: kosten (toepassen nieuwe technologie), aan draagvlak in de omgeving (win/win) en vergunbaarheid (relatie met N2000).

De dijkzone kan de noodzakelijke kennis en ervaring opleveren over wat mogelijk is en werkt! Hoe eerder we beginnen, hoe meer “best practices” beschikbaar komen voor de verkenningsfase van dijkprojecten naar 2050 en daarna. Zo biedt het instrumentarium voor afgewogen keuzes. Allemaal voordelen voor samenwerkende waterschappen en regionale bestuurders!

17. Visie op voorbereidend werk & aanleg

Vorbereidende werkzaamheden voor aanleg (Conditionering)

Conditionering is het treffen van voorbereidingen zodanig dat aan de voorwaarden (condities) voldaan is om met de daadwerkelijke aanleg te kunnen beginnen.

Een goede voorbereiding is het halve werk. Zaken die pragmatisch opgepakt zullen moeten worden zijn onder andere:

- Inventarisatie aan de planologische onderleggers en de eigendomsposities.
- Het in kaart brengen van het dijktracé en zaken zoals kabels en leidingen.
- Bodemonderzoek en archeologie.
- Morfologie en hydrologie (stroming).
- Het regelen van alle milieuvraagstukken rond de aanleg (geluid en CO₂).
- Het verkrijgen van de vergunningen (voorafgaand een vergunningscan).

Voor deze werkzaamheden zullen we een ingenieursbureau willen betrekken met kennis van zaken, maatschappelijke en regionale betrokkenheid.

Pragmatische aanpak aanleg

De aanleg hoeft niet in één keer plaats te vinden maar kan in delen, in fasen! We kiezen voor een pragmatische aanpak.

Feitelijk is de aanleg al begonnen met het in het voorjaar van 2025 inzaaien van de bloemrijke dijk proefvlakken onder leiding van Future Dikes/ Radboud Universiteit.

Wanneer er kansen voordoen om een onderzoeksdeel aan te leggen, omdat deze vrij eenvoudig is te verzilveren (door bijvoorbeeld klein van opzet en financieel gedekt), dan zetten we daar op in.

Wanneer er gelegenheden voordoen om werk met werk te maken dan willen we die bij voorkeur benutten (bijvoorbeeld wanneer er kan worden meegelift met een schip en/of vrachtwagen).

De aanleg hoeft niet aan één enkele aannemer gegund te worden. Voor de realisatie kunnen een of meerdere aannemers betrokken worden, afhankelijk van de fasering in de tijd en de benodigde expertise die gevraagd wordt voor aanleg van een innovatief dijk-elementen. Voorkeur gaat uit naar aannemers die proactief willen participeren in het project vanuit maatschappelijk betrokkenheid en innovatie.

We willen graag regionale uitvoerders betrekken bij de aanleg, zowel vanuit efficiëntie alsook participatie in het project en de bedrijfskansen die dat hen biedt naar de toekomst toe. We willen contact leggen met uitvoerders uit o.a. Bruinisse en Zierikzee.

18. Samenwerking met Watersnoodmuseum en creatieve denkers

De zone de Levende Dijk Ouwerkerk ligt in de achtertuin van het Watersnoodmuseum, in de buitenruimte die het museum als onlosmakelijk onderdeel van het museum ziet. De Levende dijkzone kan een rol spelen als verblijf stimulerende maatregel en onderdeel van het “ensemble”.

De zone sluit aan op de strategische agenda van het museum, als verbinder van verhalen over verleden, heden en gericht op de toekomst. Het Watersnoodmuseum wil alle generaties leren leven met de kracht van water, en de Levende Dijk past hier, met onderwerpen leefbaarheid, waterveiligheid, klimaatverandering en zeespiegelstijging prima in. Naast herinneringscentrum is het museum ook een kenniscentrum, dat veel werkt met kunstenaars en creatieve denkers. Hier ligt een interessante samenwerking voor reflecties op dijken van de toekomst.

Het museum heeft in 2025 in het Vijfde Caisson een ruimte ingericht als “Waterwerkplaats”. Een prettige ruimte (met ook buitenruimte, een terras) waar gebruik van is gemaakt. De Levende dijk kan een mooie invulling geven aan de programmering in de aankomende jaren door onder andere organisatie van voortgangsbijeenkomsten, kennissessies en reflecties.

Het Watersnoodmuseum is enthousiast en wil graag de samenwerking uitwerken, vorm en inhoud geven. Kortom: een win/win wat betreft locatie, programmering en bereik breed publiek.

19. Kansen leeromgeving voor jongeren en onderwijs

De zone biedt volop kansen voor onderwijs en onderzoek, op thema van watermanagement, ecologie, transitie management met regionale en sociale context.

Citaat van de HZ (Hogeschool Zeeland) sluit goed aan bij de opzet van de De Levende Dijk.
“Gandhi heeft ooit gezegd: “Wees de verandering die je in de wereld wilt zien”. Vanuit die gedachte ziet de HZ het als haar taak om met vernieuwend onderwijs en onderzoek bij te dragen aan een betere wereld. Met ‘beter’ bedoelen wij in dit verband vooral ‘duurzamer’. Als HZ werken we aan real-life vraagstukken. We doen dit in nauwe samenwerking met onze studerenden én het werkveld. Samen komen we tot innovatieve oplossingen. Die aanpak wordt gewaardeerd”
 Citaat uit HZ Instellingsplan 2022- 2027

Zo wil de HZ met een groep studenten als onderdeel van het themapakket ‘Stem van de Schelde’ jaarlijks langskomen om de Levende Dijk te bezoeken. De opzet van de Levende dijk is praktijk-en toekomstgericht en staat open voor verdere samenwerking met HBO en onderwijsinstellingen van voortgezet- tot academisch onderwijs. Dit zou kunnen in de vorm van bijvoorbeeld: technasium-projecten, 2e jaars veldonderzoek, minors, afstudeeropdrachten en themabijeenkomsten. Zo bezoeken Utrechtse studenten in het kader van een International Sustainability Field Lab het Watersnoodmuseum, en kan dit gekoppeld worden met bezoek aan de dijk.

Concreet idee samenwerking voortgezet onderwijs school in Zierikzee: *Mogelijkheden voor een samenwerking met het Technasium van het Pieter Zeeman Lyceum/Stichting VOOR.*

Het Technasium is een onderwijsstroom binnen het HAVO en VWO die leerlingen uitdaagt om complexe, realistische vraagstukken op te lossen met behulp van onderzoek, ontwerp en technologie. Het vormt een brug tussen onderwijs en de praktijk, en bereidt leerlingen voor op een toekomst waarin technologische innovatie centraal staat.

Leerlingen van de bovenbouw, HAVO en VWO werken in teams van 3 tot 4 aan een multidisciplinaire onderzoeks- en ontwerp opdracht. Deze opdrachten zijn gericht op het oplossen van een relevant en actueel vraagstuk binnen uw organisatie of sector. De opdrachten zijn breed van aard en kunnen variëren.

Door deel te nemen aan het Technasium-programma, investeert u in de toekomst van uw organisatie en draagt u bij aan de ontwikkeling van jong talent. U profiteert van nieuwe, frisse ideeën en perspectieven op actuele vraagstukken, en maakt kennis met de potentiële werknemers van de toekomst. Meer hierover valt te lezen in: MEMORANDUM samenwerking technasium PZL, 03-02-2026.

20. Voorzorgsprincipe einde onderzoeksperiode

Vorzorgsprincipe: we laten niets achter wat geen blijvende waarde heeft!

De Levende Dijk Ouwerkerk staat voor praktijkonderzoek en demonstratie van innovatieve elementen van vooroever- en dijkbekledingen met primair meerwaarde voor de delta-ecologie en die hand in hand gaan met waterveiligheid, circulariteit en duurzaamheid.

We realiseren als geen ander dat we met de innovatiezone een testlocatie willen realiseren in onze gemeenschappelijke buitenruimte! Dit scheidt verantwoordelijkheid. Niet alles wat wordt getest, zal een succes worden. Inzet is dat we aan het einde van een onderzoeksperiode, niets zullen achterlaten wat geen blijvende waarde heeft.

Onderscheid willen we maken tussen:

- A. Onderdelen die zich bewezen hebben, positieve impact leveren en robuust zijn gebleken, kunnen gehandhaafd blijven.
- B. Onderdelen die niet goed werken, niet passend zijn gebleken, niet of weinig positieve impact hebben, worden weggehaald.

Beoordelingsmomenten: tussentijds bij het einde (deel)onderzoeksperiode en in ieder geval najaar 2030. Voor de "opruimingskosten" zal een budget bepaald en gereserveerd moeten worden. Ook wie waarvoor verantwoordelijkheid draagt.

21. Indicatieve begroting

Het uitwerkingsplan kent verschillende fasen en type kosten. Het maken van een begroting van alle kosten is een hele klus. Het gaat hierbij over de vraag, wat komt er allemaal bij kijken? En wat is de bijbehorende hoogte van de kosten? Waar kunnen we werk met werk maken (bijvoorbeeld huur van materieel zoals een kraan of schip). En wat is er al aan voorhanden en kunnen partijen in-kind inzetten (denk aan informatie van de dijkzone, voor onderzoek conditionering) .

In dit Uitwerkingsplan doen we een inschatting op hoofdlijnen. Deze geeft richting en zal nader uitgewerkt worden.

Totaal 2026-2030	Orde van grootte (in euro's, ex btw)
Opstart, ontwerp, conditionering, vergunningen	200.000
Productiekosten	300.000
Transport, voorbereiding locaties en installatie	400.000
Veldmonitoring, analyse en verslaglegging	350.000
PR-communicatie	150.000
Programma- and stakeholdermanagement	300.000
	1.700.000

22. Strategie van co-financiering

De financiering ter realisatie van de Innovatiezone De Levende Dijk staat geheel open. Het Uitwerkingsplan kan worden gezien als aanbod, als projectvoorstel om met elkaar te realiseren.

Per tijdsfase en type kosten kunnen de financieringsbronnen verschillen. Anders gezegd, is de vraag die voorligt aan de partners, welke rol in de financiering past bij jou? Hiervoor kunnen de beschreven “motivaties om deel te nemen” een behulpzame leidraad zijn.

Naast de inzet van middelen uit eigen budgetten, leent dit project zich ook goed om derdengelden aan te spreken. Daarbij denken we aan regionale potjes, nationale programma’s maar ook Europese subsidieregelingen. Dus een strategie van co-financiering.

Enkele uitgangspunten:

- ★ Keep it simple, as possible:-)
- ★ Voortgang vinden we essentieel, in stappen komen we ook vooruit.
- ★ Bijdragen uit meerdere bronnen, maakt de kans van slagen groter.
- ★ Kijk naar subsidies voor ondernemers mbt “wat vernieuwend is, innovaties verder brengt”.
- ★ Zoek aansluiting op onderzoekspraktijken en doorlopende leerlijnen.
- ★ Inspanning versus kans van slagen moet in verhouding staan.

De Co-financiering kan komen uit:

- ➔ Overheden in de Zuidwestelijke Delta (collectief en/of individueel)
- ➔ Programma’s zoals PAGW en HWBP
- ➔ Rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO)
- ➔ TKI DeltaTechnologie
- ➔ NL2120
- ➔ Crowdfunding (voor bijvoorbeeld participatie van een breed publiek)
- ➔ Blue Action Banos - Eu’s Mission Ocean <https://www.blueactionbanos.eu/funding/open-call-community-led-actions>

BlueActionBANOS is een Europees project dat financiële steun en diensten aanbiedt voor initiatieven die worden geleid door lokale gemeenschappen ("community-led actions"). Het doel is het herstellen en beschermen van de oceaan en wateren in het Baltische Zee- en Noordzeegebied. Op 16 maart jl. is een Project Idea Form ingediend en in goede staat ontvangen. Volledige indiening uiterlijk 29 mei 2026.

“Laat samenwerken (be)lonen!”

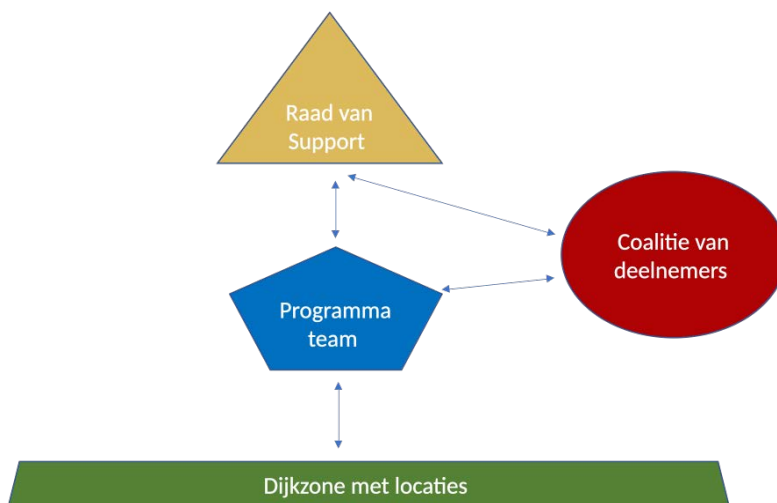
23. Hoe te organiseren?

Welke organisatiestructuur past het beste bij de Levende Dijk?

In ieder geval een structuur die recht doet aan de manier waarop ook de uitwerking van de Levende Dijk tot stand is gekomen zoals beschreven in paragraaf 3.

Kernwoorden: uitnodigend, motiverend, co-creatie, gedeeld eigenaarschap, verbindend en resultaatgericht.

De aankomende fasen van voorbereiding en daadwerkelijke realisatie vraagt om een gedeelde verantwoordelijkheid van de partijen die het project dragen. In het onderstaande organogram zijn deze opgenomen.



- ★ De Raad van Support kan worden gezien als groep van gezamenlijke opdrachtgevers. Zij die het project “willen”, het maatschappelijk belang dienen en uitdragen.
- ★ De Coalitie van Deelnemers is de bredere groep van partijen die gemotiveerd zijn, participeren in bijvoorbeeld de voortgangsoverleggen en zo een stuwende kracht zijn. Hierin zit een kerngroep met de “innovators en gebieds- eigenaren/beheerders” en een tweede ring van diverse organisaties.
- ★ Een programmateam moet gaan zorgen dat de plannen worden uitgevoerd, zorgen voor afstemming, voortgang en verantwoording. Het idee is ook dat hieraan een paar werkgroepen worden toegevoegd, die belast zijn met een deeltaak, zoals conditionering, aanleg en de pool met onderzoekers.

Raad van Support (een voorzet)

Met vertegenwoordigers van:

- Waterschap Scheldestromen
- Rijkswaterstaat Zee & Delta
- Nationaal Park Oosterschelde
- Kennisinstituut
- Watersnoodmuseum
- Bedrijfsleven

Rol: steunbetuiging, voorwaardenscheppend, opdrachtgevers

Coalitie van deelnemers

- Alle organisaties die mee willen doen, bij willen dragen

Rol: advies, actieve participatie, ambassadeurs

Programmateam (een voorzet)

- Coördinatie en financiën
- PR-Communicatie
- Voorbereiding & conditionering
- Aanleg
- Onderzoek en monitoring

Rol: Uitvoering, afstemming, voortgang en verantwoording (make it happen)



De coalitie in de Waterwerkplaats, Watersnoodmuseum in Ouwerkerk, 23 januari 2026

“Een dijk die verbindt”

24. Motivatie deelnemende partijen

Tabel: motivatie deelname in innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk		
Organisatie	Vertegenwoordigd door	Motivatie voor deelname? Welke doel willen we behalen? Wanneer is het voor ons een succes?
Waterschap Scheldestromen	Samantha van Schaick	Oplossingen leveren een plus op de waterveiligheid. Oplossingen zijn opschaalbaar en vergunbaar. Oplossingen zijn onderhoudbaar en beheerbaar.
Waterschap Hollandse Delta	Henri van der Meijden	Ecologie is standaard onderdeel binnen de scope van toekomstige aanpassingen aan de kust, zoals dijkversterkingen
Waterschap Brabantse Delta	Nikki Leyte Jolanda Luksenburg	De opgaven voor waterveiligheid en biodiversiteit worden geïntegreerd via een natuurinclusieve benadering van civiele werken. Daarbij wordt er rekening gehouden dat deze oplossingen niet alleen schaalbaar en vergunbaar zijn, maar ook onderhoudbaar zijn zodat de lange termijn kwaliteit en betrouwbaarheid gewaarborgd blijven.
Rijkswaterstaat Zee & Delta	Mascha Dedert	Integraal demonstratieproject, een ecologisch knooppunt in de waterkering. Een verhaal dat aanspreekt naar de buitenwereld met wandelroute ter verbetering van het belevingsaspect.
Rijkswaterstaat Zee & Delta	Jordy de Brabander	Laten zien, dat kleine oplossingen al een bijdrage leveren.
Nationaal Park Oosterschelde	Wilco Jacobussen	Huidige samenwerking is al een succes. Realiseren van een koppeling tussen ecologie en veiligheid. Concreet toepasbare oplossingen.
Watersnoodmuseum	Barbara Oomen	De missie van het museum is om alle generaties te leren leven met de kracht van water. Daarbij willen wij herinneren, leren en vooruitkijken. Met ons Kenniscentrum, de Waterwerkplaats en de aandacht voor de toekomst in het museum zelf kunnen wij de doelen van de Levende Dijk versterken en de koppeling leggen tussen wat er gebeurt in het museum, in het 4e en het 5e caisson en het buitengebied. De samenwerking is voor ons dan ook een succes als wij veel onderzoekers en studenten ruimte hebben geboden om kennis te nemen van en te werken aan de Levende Dijk, en daarmee aan waterveiligheid in de toekomst.

Gemeente Schouwen-Duiveland	Peter van Sante	Realisatie van bereikbare beleving van mogelijke oplossingen. De gemeente werkt graag mee aan innovatie. Deze is extra mooi door de combinatie met het Watersnoodmuseum en de ligging naast een fietspad, waardoor het uitermate goed beleefbaar zal zijn. De gemeente wil zich inzetten voor het versterken van de biodiversiteit en ziet hier ook een mogelijke rol door de uitrol van het Levende dijk concept.
Provincie Zeeland	Patrick Broekhuis	Nieuwe integrale innovatieve oplossingen dankzij een proces met regionale stakeholders.
Zuidwestelijke Delta	Erik Jan van der Meer Ellen van Aar	De Zuidwestelijke Delta heeft een bijdrage kunnen leveren aan De Levende Dijk door stimuleringsactiviteiten. Er zijn meerdere exposure-locaties gerealiseerd.
HZ	Jaco de Smit Wietse van de Lageweg Ingrid de Vries Marjoleijn Felius	Als de Levende Dijk de demonstratiesite wordt van de ecologische verrijking van dijkzones met verbinding tussen voor- en achterland. Onderzoekers en studenten doen op locatie praktijkgericht onderzoek naar eco-engineering en biodiversiteit, waterveiligheid, en asset management en leveren daarmee de bewijslast voor succesvolle toepassingen elders.
Pontos school/ Pieter Zeeman Lyceum	Diane Robyn	Op Schouwen-Duiveland kunnen jongeren meedenken en ervaring opdoen met innovatieve projecten. Jeugd inspireren.
Nederlandse Onderwatersport Bond	Desmond van Santen Cor Koppenol	Aantoonbaar herstel onderwater ecologie. Toepassen van Citizen Science.
Future Dikes	Hans de Kroon	Als sterke bloemrijke dijken ook in het kustgebied hun bijdrage leveren aan biodiversiteit en waterveiligheid
Coastruction BV	Nadia Fani Mark de Vries	Tonen van de diversiteit aan mogelijke oplossingen van de 'Purpose Built Reefs' voor verschillende soorten flora en fauna. Toegepast worden in toekomstige aanpassingen aan de kust.
Reefy BV	Leon Haines Indy Koster	De Levende Dijk is voor Reefy geslaagd wanneer in de praktijk is aangetoond dat natuurinclusieve dijken technisch functioneren, ecologische waarde toevoegen en toepasbaar zijn binnen grootschalige waterveiligheidsprogramma's. Succes betekent dat meerdere innovaties samenhangend zijn geïntegreerd langs het volledige dijkgradiënt, van vooroever tot kruin, en gezamenlijk

		<p>bijdragen aan een robuuste en veerkrachtige waterkering. Door deze integrale benadering wordt de dijk als één systeem benaderd, waarin ecologische en technische functies elkaar versterken.</p> <p>Daarnaast is succes bereikt wanneer ecologische processen doelgericht zijn ontworpen en aantoonbaar bijdragen aan de werking van de dijk, bijvoorbeeld door demping, stabiliteit en aanpassingsvermogen aan zeespiegelstijging en extremere omstandigheden.</p> <p>Een belangrijk criterium is dat werking en impact inzichtelijk en toetsbaar zijn. Monitoring en metingen maken duidelijk wat werkt, waarom het werkt en onder welke randvoorwaarden deze aanpak herhaalbaar en opschaalbaar is binnen programma's als PAGW en HWBP.</p> <p>Tot slot is de Levende Dijk geslaagd wanneer het project fungeert als een geloofwaardig demonstratie en leerproject dat beheerders, ontwerpers en uitvoerende partijen vertrouwen geeft om natuurinclusieve dijken structureel toe te passen in de Nederlandse waterveiligheid praktijk.</p>
Martens Beton BV	Michel Koster	<p>Wanneer de pilot is opgenomen in het HWBP/RWS innovatieprogramma als voorbeeld.</p> <p>Dat er meerdere praktijkproeven via "De Levende Dijk" worden geïnitieerd als proeftuin vanuit de markt.</p> <p>Ecologen, beheerders, Rijkswaterstaat, waterschappen en omwonenden zijn enthousiast over de toetsbare implementatie van gradiënten.</p> <p>Jaarlijks 1-2 events kunnen opbouwen met elkaar voor bezoek van Waterbouwvereniging, HWBP, RWS, Waterbouwers, Waterschappen, NIOZ. (etc).</p>
Netics BV	Hugo Ekkelenkamp	<p>Een goede samenwerking leidt tot een oplossing waar waterveiligheid, duurzaamheid en ecologie samenkomen. Extra meerwaarde kan gecreëerd worden als betonverbruik geminimaliseerd wordt, en lokaal baggerslib toegepast kan worden in natuurinclusieve innovaties.</p>
Mecal BV	Jorrit Schouten Anne Raspoort	<p>Wanneer betrokkenen bij toekomstige dijkversterkingsprojecten bij De Levende Dijk een realistisch voorbeeld kunnen zien hoe een 'groene' dijkzone eruit zou kunnen komen te zien en overtuigd</p>

		worden van de praktische haalbaarheid en ecologische voordelen.
Reefsystems BV	Max Dijkstra	Integratie van natuurinclusieve benadering van civiele oplossingen. Vertaling van beleid naar praktijk kruisbestuiving.
Oyster Heaven Group BV	Leodie Kruidhof	<p>Welke doelen willen we behalen?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aantonen dat oesters effectief kunnen worden geïntegreerd binnen het concept van een levende golfbreker of levende krib, waarbij oesters zich op natuurlijke wijze vestigen, overleven en doorgroeien. 2. Inzichtelijk maken dat actief oesterherstel in de Oosterschelde haalbaar is en leidt tot een meetbare verbetering van biodiversiteit en waterkwaliteit. 3. Bijdragen aan kennisontwikkeling over het ontwerp, de aanleg, monitoring en het beheer van levende mariene structuren met oesters, zodat toepassing binnen grootschalige programma's zoals HWBP en PAGW realistisch, toetsbaar en opschaalbaar wordt. <p>Wanneer is het voor ons een succes? De deelname van Oyster Heaven is geslaagd wanneer binnen De Levende Dijk een voor kustbescherming ontworpen structuur is gerealiseerd waarin oesters een integraal onderdeel vormen, en waarbij aantoonbaar is dat deze oesters in goede aantallen overleven en groeien.</p> <p>Dit vormt de basis om op de langere termijn en op grotere schaal te laten zien dat oesters ecologische meerwaarde creëren én tegelijkertijd een functionele rol vervullen binnen waterveiligheidsopgaven, onder andere doordat zij meegroeien met zeespiegelstijging en zich ook buiten de oorspronkelijke structuur kunnen uitbreiden.</p> <p>Succes betekent dat de opgedane kennis en resultaten vertrouwen geven aan beheerders en beleidsmakers om oesterherstel en oester-gebaseerde structuren breder toe te passen in de Oosterschelde en daarbuiten, als volwaardig onderdeel van natuurinclusieve dijk- en vooroeverversterking.</p>
Ravon	Sanne Ploegaert	De losse oplossingen zijn gecombineerd tot integrale oplossingen voor ecologische uitdagingen.

		Specifiek bij vispassages: Oplossingen worden niet alleen aan de zeezijde van de dijken gezocht, maar ook in het achterland.
PO Mosselcultuur	Addy Risseeuw	<p>Vanuit de mosselsector kijken we met sympathie naar het project. Het is lastig voor ons om specifiek directe positieve effecten op het kweekresultaat te verwachten.</p> <p>Positief kan zijn de aandacht in de maatschappelijke publiciteit rondom de Oosterschelde in het algemeen en de schelpdierweek in het bijzonder.</p> <p>De bevordering van de biodiversiteit lijkt ons een positief element.</p> <p>We volgen het project met belangstelling. We gaan uit van ongestoorde voortgang van onze huidige kweekactiviteiten.</p>
TUDelft	Bregje van Wesenbeeck	<p>Vanuit de Technische Universiteit Delft leiden we een toekomstige generatie waterbouwers op die met oog voor het natuurlijke systeem kunnen ontwerpen. De ZuidWestelijke Delta is een inspirerende plek waar uitdagingen op het gebied van waterbouw, ecologie en cultuurhistorie samenkomen. Plekken zoals de innovatiezone zijn van belang om te kunnen meten en leren en kunnen een mooie plek innemen in het onderwijs. Elk jaar bezoeken we met masterstudenten van de <i>Building with Nature</i> cursus al het watersnoodmuseum en doen we daar ook de stakeholder game van de Oosterschelde. Dit veldbezoek zou helemaal af zijn als we ter plekke ook wat konden meten en daarna konden rekenen aan het samengaan van natuur en waterveiligheid. Bijvoorbeeld door het oefenen met het meenemen van het voorland en het schor in het ontwerp van de dijk.</p>
NIOZ & WMR	Jim van Belzen	<p>Vanuit het NIOZ en Wageningen Marine Research zien wij de innovatiezone Levende Dijk Ouwerkerk als een belangrijke stap richting een toekomstbestendige kust. Vanuit de estuarine natuurhistorie weten we dat onze kusten van oorsprong zachte, dynamische overgangen waren, rijk aan sedimentgebonden soorten en ecologische functies. In de afgelopen eeuwen is veel daarvan vervangen door harde, kunstmatige structuren met verlies aan biodiversiteit en ecologie. Nederland kan niet zonder dijken, maar ook niet zonder goed functionerende natuurlijke ecosystemen. Juist daarom is het van grote waarde</p>

		<p>om te onderzoeken hoe we harde waterkeringen ecologisch kunnen verzachten en land-waterovergangen weer functioneler kunnen maken voor meer dan waterveiligheid.</p> <p>Voor ons is deze innovatiezone een succes als zij praktische kennis oplevert over hoe dijken kunnen bijdragen aan biodiversiteit, natuurlijke processen en waterveiligheid tegelijk. Als Levende Dijk Ouwerkerk helpt om die kennis om te zetten in toepasbare waterbouwkundige oplossingen, dan is dat een belangrijke stap naar een duurzamere en hernieuwbare kust.</p>
Kunstenares	Annabel Howland	Met kunstwerken de draden van oplossingen, kennis en beleving samenbrengen om een emotionele connectie te realiseren tussen mensen en mogelijkheden.
Voornaam Vos	Vos Broekema	<p>Een 'Laag der Verbeelding' aanbrengen in/over project De Levende Dijk.</p> <p>Kunnen de 'successen' zichtbaar gemaakt worden, in de vorm van creatieve interventies en (semi-) permanente werken, zodat wat onder en boven water goed gaat letterlijk meer tot de verbeelding van een breder publiek spreekt?</p>
Royal Haskoning	Maarten Schoemaker Sanne van Dijk	Er is nu vaak nog een harde scheiding tussen natuurontwikkeling en harde dijkbekleding. Het zou mooi zijn als dat meer bij elkaar komt, waardoor we straks oplossingen hebben die niet alleen waterveilig zijn, maar ook helpen in ecologie, omgeving en vergunbaarheid (Natura2000). Hopelijk wordt het dan ook straks breed toegepast.
KCO	Philip Drontmann Idco Duijnhouwer	<p>Het is voor KCO een succes als het innovatiezone leeft!</p> <p>Als alternatieve ecologische dijk toepassingen daadwerkelijk getoond en onderzocht kunnen worden. Als het mensen samenbrengt en bijdraagt aan de kijk en het ontwerp van zeedijken in de toekomst. En daarmee op termijn bijdraagt aan het toepassen van nature based oplossingen in dijkversterkingen langs Oosterschelde en een alternatief voor een Oosterschelddam wanneer de Oosterscheldekering aan vervanging toe is.</p>

25. Dankzegging

Met medewerking van:

nr	Naam	Organisatie
1	André Marinisse	Waterschap Scheldestromen
2	Mascha Dedert	Rijkswaterstaat Zee & Delta
3	Wilco Jacobussen	Nationaal Park Oosterschelde
4	Jordy de Brabander	Rijkswaterstaat Zee & Delta
5	Marijn de Jonge	Waterschap Scheldestromen
6	Dirk Varkervisser	Waterschap Scheldestromen
7	Samantha van Schaick	Waterschap Scheldestromen
8	Jolanda Luksenburg	Waterschap Brabantse Delta
9	Nikki Leyte	Waterschap Brabantse Delta
10	Henri van der Meijden	Waterschap Hollandse Delta
11	William Teuling	Waterschap Hollandse Delta
12	Kerst Buis	Rijkswaterstaat Zee & Delta
13	Ellen van Aart	Zuidwestelijke Delta
14	Erik-Jan van der Meer	Zuidwestelijke Delta
15	Hans Kroon	Future Dikes
16	Siemco Louwerse	Watersnoodmuseum
17	René de Landmeter	Watersnoodmuseum
18	Barbara Oomen	Watersnoodmuseum
19	Leon Haines	Reefy
20	Indy Koster	Reefy
21	Daan Houtzager	Reefy
22	Nadia Fani	Coastruction
23	Anna Berestova	Coastruction
24	Mark de Vries	Coastruction
25	Peter-Paul Ooms	Martens Beton/ Hillblock
26	Michel Koster	Martens Beton/ Hillblock
27	Hugo Ekkelenkamp	Netics
28	Bertie Rietema	Netics
29	Anne Raspoort	Mecal
30	Jorrit Schouten	Mecal
31	Loedie Kruidhof	Oyster Heaven
32	Max Dijkstra	Reefsystems
33	Cor Koppenol	Nederlandse Onderwatersport Bond
34	Desmond van Santen	Nederlandse Onderwatersport Bond
35	Peter van Sante	Gemeente Schouwen-Duiveland
36	Patrick Broekhuis	Provincie Zeeland
37	Regina Havinga	HWBP
38	David van Raalten	HWBP
39	Diane Robyn	KennisCommunity Oosterschelde
40	Peter van Veelen	KennisCommunity Oosterschelde
41	Idco Duijnhouwer	KennisCommunity Oosterschelde
42	Philip Drontmann	KennisCommunity Oosterschelde

Mogelijk gemaakt dankzij financiële bijdragen van:

- Waterschap Scheldestromen
- Waterschap Hollandse Delta
- Waterschap Brabantse Delta
- Nederlandse Onderwatersport bond
- Rijkswaterstaat Zee & Delta
- Provincie Zeeland
- Gemeente Schouwen-Duiveland
- Watersnoodmuseum Ouwerkerk

Opgesteld op initiatief van:

KennisCommunity Oosterschelde
www.onzeoosterschelde.nl

Onder leiding en redactie van:

- ❖ Mark de Vries; mark.devries@devriesprojecten.eu
- ❖ Philip Drontmann; philip@alliantiemanager.com

Dit Uitwerkingsplan is gemeenschappelijk eigendom: de inhoud (content) die samen is gecreëerd, is geen exclusief bezit van één persoon en/of organisatie, maar valt onder een vorm van gezamenlijk eigendomsrecht. Delen van het rapport en inhoud mag (graag zelf) met vermelding van bron: **Uitwerkingsplan Innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk - KennisCommunity Oosterschelde, maart 2026** en met respect naar alle mensen die hebben bijgedragen, hun medewerking hebben verleend.

Ouwerkerk, 30 maart 2026

Bijlagen

- Factsheets

- Reefy BV
- Coastruction BV
- Martens Beton, Hillblock BV
- Netics BV
- Mecal BV

Bronnen/ Verwijzingen

- Rapport Ecologisch streefbeeld toekomstbestendige Rijn-Maas-Scheldemonding 2050, PAGW, 2 juni 2025
- Evaluatie-onderzoek naar de meerwaarde van getijde poelen in de Oosterschelde. Het Zeeuwse landschap, december 2013
- Zeedijkbeheer aan de Oosterschelde - Kansen voor ecologisch zeedijkbeheer, NPO
- Notitie Visie biodiversiteit, Waterschap Scheldestromen, 31 mei 2018
- Groenbeleidsplan 2022 - 2027, WSHD
- Dijken en Natuur: een symbiose HWBP
<https://www.hwbp.nl/innoveren/innovatieprojecten/dijken-en-natuur>



Kennis
COMMUNITY
Oosterschelde
hooe nodig

“Voor een leefbare Oosterschelde
en haar gemeenschappen!”

Contact

1e contactpersoon

Philip Drontmann; +31 6 51 38 06 41, philip@alliantiemanager.com

2e contactpersoon

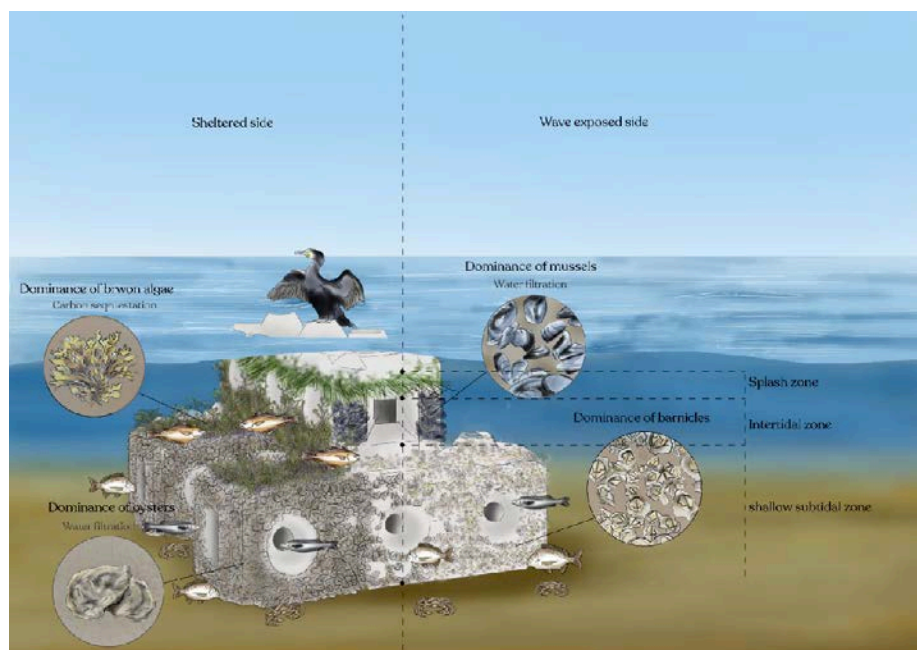
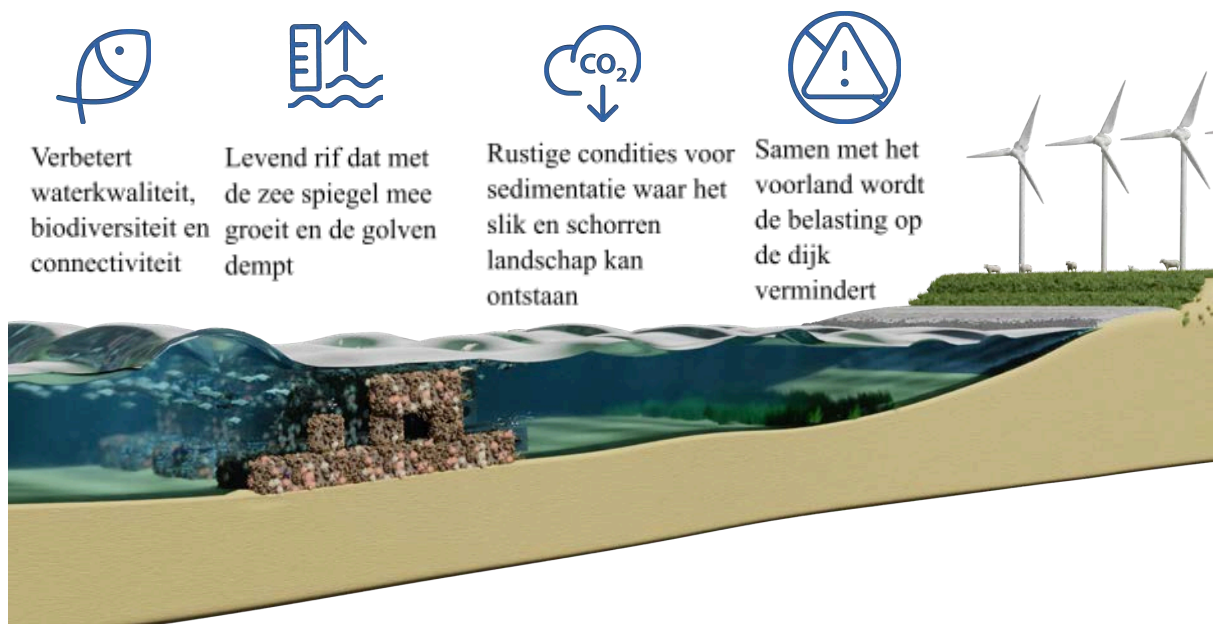
Mark de Vries; +31 6 25 09 53 82, mark.devries@devriesprojecten.eu



Project: Innovatiezone de Levende dijk Ouwerkerk

Concept: Een levende golfbreker voor een levende dijk

Natuurvriendelijke golfbreker: een duurzame oplossing voor waterbeheer en biodiversiteit in Zeeland



1. Introductie – van innovatie naar toepassing in Ouwerkerk

ReefBlock is een innovatie ontwikkeld door **Reefy (Delft)** waarin een kunstmatig rif wordt gecombineerd met een stabiel waterbouwkundig element. Door het **interne tunnelsysteem**, het eigen gewicht en de **interlocking-voorzieningen** ontstaat een stormbestendig systeem dat kan worden ingezet als alternatief voor waterbouwsteen in onder andere golfbrekers, langsdammen en vooroeverconstructies. Veldtesten laten zien dat ReefBlocks leiden tot een **meervoudige toename van biodiversiteit** ten opzichte van traditionele stortsteen.

Binnen de **Innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk** wordt deze technologie toegepast in de context van de **Oosterschelde**: een uniek getijdengebied met hoge ecologische waarden, maar ook met uitdagingen zoals verstening van oevers, afname van natuurlijk hard substraat, zandhonger en de noodzaak tot blijvende waterveiligheid.

De combinatie van **ReefBlock**, de **Reef Enhancing Breakwater (REB)** en het ecologische monitoringsplatform **BlueBiodex** maakt het mogelijk om waterveiligheid, ecologisch herstel, kennisontwikkeling en publieksbeleving samen te brengen in één concreet en meetbaar project. Daarmee fungeert Ouwerkerk als proeftuin voor natuurinclusieve waterbouw in de Oosterschelde en de bredere Zuidwestelijke Delta.



2. ReefBlock & Reef Enhancing Breakwater – ontwerp, werking, stabiliteit en toepassing

ReefBlock is een zwaar, stabiel betonnen element waarin **constructieve waterbouwkundige functies** en **ecologische rifwerking** bewust zijn geïntegreerd. Het systeem is ontworpen als bouwsteen voor natuurinclusieve waterkeringen en kan zowel zelfstandig als in samengestelde constructies worden toegepast, zoals bij de **Reef Enhancing Breakwater (REB)**.

Ontwerp en werking

ReefBlock combineert meerdere ontwerpprincipes:

- Een **intern tunnelsysteem** dat waterdoorstroming mogelijk maakt en schuil-, paai- en migratieruimte biedt voor fauna;
- **Interlocking-voorzieningen** waardoor blokken gestapeld en constructief verankerd kunnen worden;
- Speciaal ontworpen **Reefy-riftexturen** die hard substraat ecologisch optimaliseren.

Door het eigen gewicht, de vorm en de onderlinge verankering ontstaat een robuust en **stormbestendig systeem**, geschikt voor dynamische getijdenomgevingen zoals de Oosterschelde.

Stabiliteit, hydraulische werking en neveneffecten

De stabiliteit en werking van ReefBlock en de Reef Enhancing Breakwater zijn integraal onderdeel van het ontwerp:

- Ontworpen voor **hoge golf- en stromingsbelasting**;
- **Stormbestendig bewezen** in het veld (o.a. storm Poly, juli 2023);
- Het **poreuze ontwerp** vermindert golfreflectie en voorkomt ongewenste terugslag op de dijk;
- **Golfenergie wordt gedissipeerd**, wat bijdraagt aan lagere belasting op voorland en dijk;
- Positief effect op **sedimentretentie** en lokale luwtezones;
- Potentiële neveneffecten en onzekerheden worden expliciet meegenomen in monitoring en evaluatie.

Specificaties ReefBlock:

ReefBlock Standard	
Dimension	1x1x3 m
Porosity	20%
Volume	2.4 m ³
Density	2400 kg/m ³
Weight	5760 kg
Nominal diameter	1.33 m

Functionele en ecologische prestaties

Veldonderzoek laat zien dat ReefBlocks:

- Tot **5× meer soorten** en **3× hogere biodiversiteit** herbergen dan traditionele waterbouwsteen;
- Met **minder materiaalgebruik** een hogere gecombineerde waterbouwkundige en ecologische waarde realiseren.

Toepassingen in de Oosterschelde

ReefBlock en de Reef Enhancing Breakwater kunnen worden ingezet als:

- **Natuurinclusieve golfbreker (REB)** voor vermindering van golfbelasting;
- **Artificieel rif** ter versterking van biodiversiteit;
- **Stabilisatie van voorlanden** en bescherming tegen erosie;
- **Bescherming van dijkversterkingen**, met name bij teen- en vooroeverconstructies;
- **Alternatief voor stortsteen**, passend binnen KRW-doelstellingen voor ecologie en waterkwaliteit.

De Reef Enhancing Breakwater is getest in meerdere configuraties en toegepast in onder andere het **Rotterdam Reef project**.



Figuur 1 Reef Enhancing Breakwater toegepast in the Rotterdam Reef project, ecologische monitoring en de nieuwste update van ReefBlock.



3. Ontwerp & ReefTextures

De ReefBlocks zijn voorzien van geteste en geoptimaliseerde riftexturen:

- **Macrotextuur:** richels en groeven op horizontale en verticale vlakken creëren luwte, schaduw en variatie
- **Microtextuur:** ribbels en ruwheid op microniveau bevorderen biofilm en hechting van macrofauna

Deze combinatie leidt tot duidelijke **ecologische zonerings**: algen groeien op lichtbelichte richels, terwijl schaduwrijke groeven ruimte bieden aan oesters, mosselen, kokerwormen en andere filteraars, zonder concurrentie.



4. Ecosysteemgerichte aanpak

Geïnspireerd door natuurlijke riffen breken ReefBlocks golfenergie en verminderen zij erosie. Het poreuze ontwerp:

- Laat water en vissen door
- Creëert luwte en lagunes
- Ondersteunt herstel van kustecosystemen zoals wetlands en zeegravelden

Door variatie in blootstelling ontstaan habitats voor zowel robuuste soorten als kwetsbare juvenielen. Dit resulteert in een **significant hogere biodiversiteitswaarde** dan traditionele steenconstructies.



5. Demonstratie-ideeën Levende Dijk Ouwerkerk

Binnen de Innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk worden drie concrete demonstratie-opstellingen voorgesteld. Deze locaties zijn geselecteerd op **hydrodynamische relevantie, ecologische potentie, de haalbaarheid om te monitoren en zichtbaarheid voor publiek en partners**. Samen vormen zij een oplopende schaal: van kleinschalige zichtbare pilots tot een robuuste waterbouwkundige toepassing.

Idee 1 – Reef Enhancing Breakwater (REB) in subtidale zone (± 50 m)

Doel: aantonen van golfreductie, sediment retentie en ecologische ontwikkeling op schaal die waterbouwkundig relevant is.

Locatie: duikstek **De Zuidbout** (buitendijks, subtidaal)



Figuur 2 Locaties voor Reef Enhancing Breakwater demonstratie locaties.

Waarom deze locatie?

- Aanwezig **los sediment** maakt veranderingen in erosie en afzetting goed meetbaar;
- Blootstelling aan dominante **storm richtingen (ZW, W en NW)** → realistische belasting;
- Bestaande duiklocatie → logistiek geschikt voor aanleg, inspectie en monitoring; Potentie om de locatie door te ontwikkelen tot ecologische duikstek in samenwerking met de Nederlandse Onderwatersport Bond (NOB).
- Weinig conflicten met scheepvaart en recreatie.

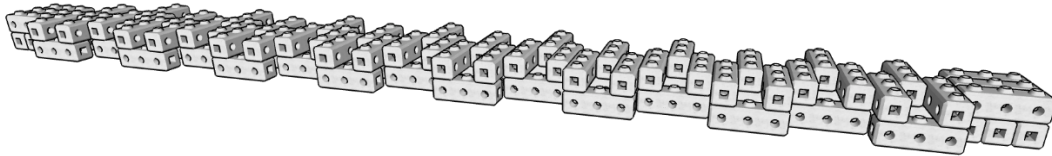
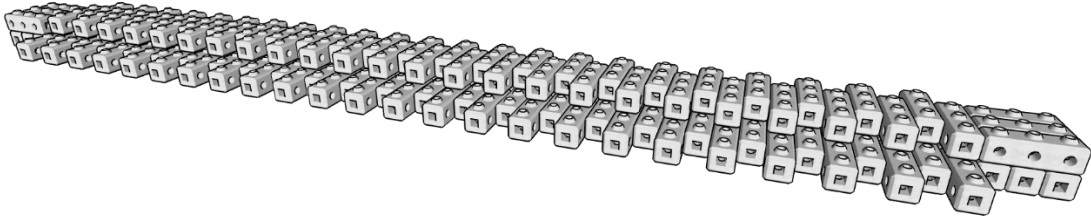


Opzet:

- Lineaire REB-opstelling van circa **50 meter** (minimale lengte voor meetbaar effect);
- Opgebouwd uit gestapelde ReefBlocks met doorlatend karakter;
- Plaatsing parallel aan de kustlijn op strategische afstand van de dijk.
- Oriëntatie haaks op de dominante storm richtingen;
- Definitieve positionering volgt na aanvullende bodem- en ecologische inventarisatie.

Te meten effecten:

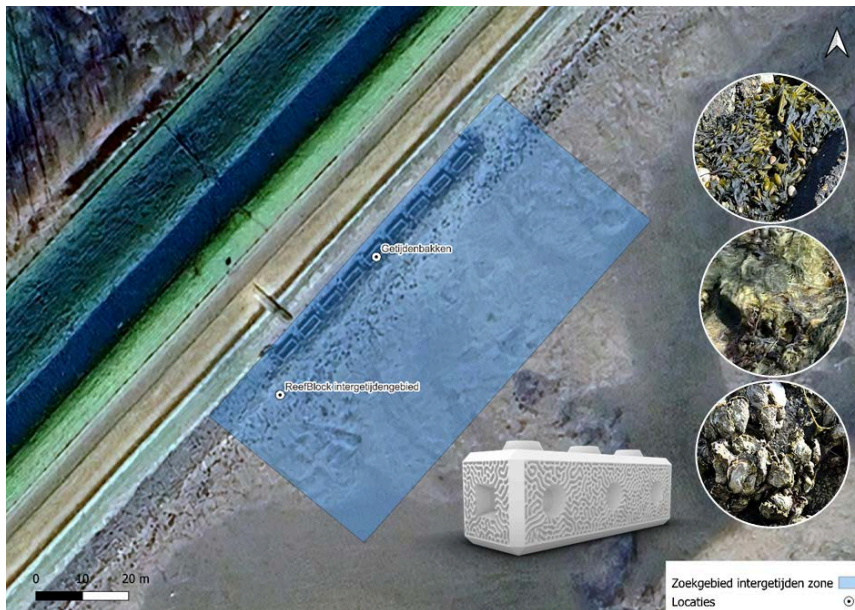
- Reductie van golfhoogte en -energie;
- Veranderingen in sedimentatie en bodemhoogte;
- Ontwikkeling van rifgemeenschappen (subtidaal);
- Stabiliteit en constructief gedrag onder storm condities.



Idee 2 – ReefBlock-pilot in het intergetijdengebied (publiek zicht locatie)

Doel: zichtbare demonstratie van ecologische meerwaarde en basisstabiliteit in de dynamische intergetijdenzone.

Locatie: intergetijdengebied nabij de getijdenbakken Ouwerkerk, direct grenzend aan de Levende Dijk en het Watersnoodmuseum.



Figuur 3 Zoekgebied voor 1 tot 3 ReefBlocks in het intergetijdengebied

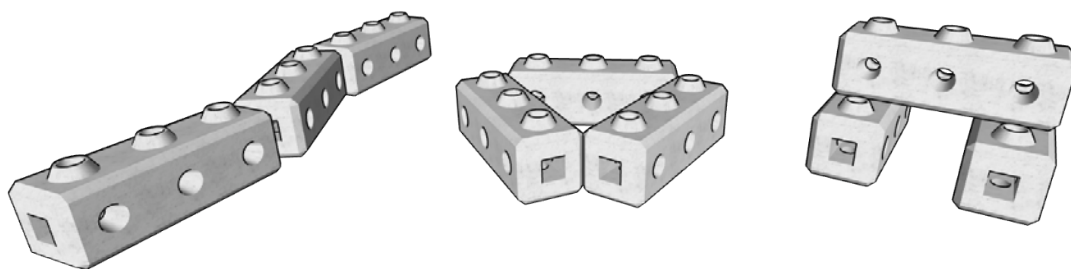
Waarom deze locatie?

- Goed **bereikbaar bij laagwater** voor inspectie en tellingen;
- Hoge **publiekswaarde** (zichtbaar vanaf dijk en wandelroutes);
- Geschikt voor vergelijking met bestaande steenbekleding;
- Lage logistieke drempel voor plaatsing en eventuele verwijdering.

Opzet:

- Plaatsing van **1–3 ReefBlocks** in verschillende configuraties:
 - *Lijn-/damopstelling* → erosieremming;
 - *Driehoekopstelling* → sedimentinvang;
 - *Gestapelde mini-golfbreker* → golfenergie-dissipatie.





Te meten effecten:

- Vestiging van intergetijdenfauna (oesters, algen, kreeftachtigen);
- Gebruik van tunnels en holtes door fauna;
- Lokale veranderingen in sediment en microreliëf;
- Publieksbegrip en educatieve waarde.

Idee 3 – Verlenging bestaande strekdam met ReefBlocks (natuurvriendelijke vooroever)

Doel

Testen van ReefBlocks als functionele verlenging van bestaande waterbouwkundige infrastructuur, met een dubbele rol voor **waterveiligheid** en **ecologische versterking**. Deze demonstratie is expliciet gericht op vergelijking met traditionele oplossingen en toepasbaarheid binnen toekomstig beheer en dijk- en vooroeverversterkingen.

Locatie

Bestaande strekdam bij Ouwerkerk (exacte locatie nader te bepalen in afstemming met de beheerder).

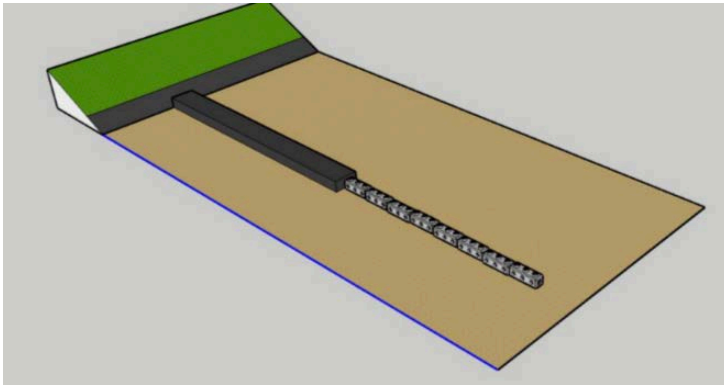


Waarom deze locatie?

- Bestaande harde infrastructuur biedt een duidelijke en realistische referentie;
- Directe vergelijking mogelijk tussen traditioneel stortsteen en ReefBlocks;
- Zeer relevante testcase voor toekomstige dijk-, teen- en vooroeverversterkingen binnen de Oosterschelde en Zuidwestelijke Delta.

Optie 1: Vergelijkingsopstelling traditioneel ↔ ReefBlock

- Verlenging van de strekdam met circa **8 ReefBlocks**, direct aansluitend op de bestaande constructie;
- Doelbewuste vergelijking tussen:
 - ecologie en kolonisatie op traditioneel materiaal;
 - ecologie en habitatontwikkeling op ReefBlocks;
- Ideaal voor monitoring, kennisontwikkeling en onderbouwing van beheerkeuzes.



Te meten effecten

- Sedimentinvang en bodemstabilisatie in de luwte van de ReefBlocks;
- Verschillen in biodiversiteit en habitatgebruik tussen bestaande dam en R



Idee 4 – ReefBlocks bij vispassage / zoet–zoutovergang (ecologische koppeling)

Doel: Versterken van de ecologische functie van de vispassage door het creëren van **luwte, schuilmogelijkheden en hard substraat** voor migrerende en estuariene soorten, zonder de hydraulische werking van de passage te verstoren.

Locatie: In de nabijheid van de bestaande vispassage / getijdenverbinding bij Ouwerkerk, aan de zoutzijde of in de overgangszone tussen dijk en Oosterschelde (*exacte positionering in afstemming met beheerder en ecologen*)



Waarom deze locatie?

- Vispassages zijn ecologisch cruciaal maar vaak **structuurarm**;
- Migrerende soorten (o.a. paling, driedoornige stekelbaars, bot, grondels) hebben behoefte aan:
 - rustplekken;
 - schuilstructuur;
 - geleidelijke overgang van zoet naar zout;
- De nabijheid van zoet–zoutgradiënten maakt dit een **hotspot voor biodiversiteit**;
- Perfecte koppeling tussen **waterveiligheid, ecologie en kennisontwikkeling**.

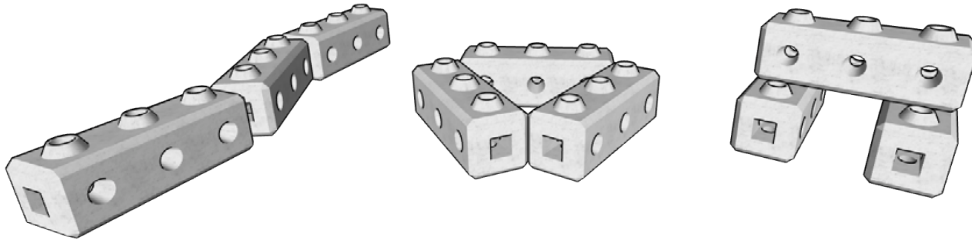
Opzet

- Plaatsing van **3 ReefBlocks** in een **luwe configuratie** nabij (maar niet in) de vispassage;
- Lage opstelling (1 laag) om stroming niet te blokkeren;
- Open tunnelsysteem blijft vrij toegankelijk voor vis;
- Combinatie van:
 - verticale rifttexturen (schuilplaatsen);
 - luwte voor juveniele vis;
 - hard substraat voor macrofauna (voedselbasis).



Te meten effecten

- Gebruik van ReefBlocks als **rust- en schuilhabitat** door vissen;
- Soortensamenstelling vóór en na aanleg (eDNA);
- Verblijfsduur en activiteit van vis nabij de passage;
- Ontwikkeling van macrofauna als voedselbron;
- Eventuele effecten op doorstroming (verwacht minimaal).



Idee 5 – Educatieve rifglooiing bij het Watersnoodmuseum (intergetijden)

Doel: Een zichtbare, beleefbare demonstratie van een *levende dijk* direct bij het Watersnoodmuseum, waar ecologie, waterveiligheid en educatie samenkomen.

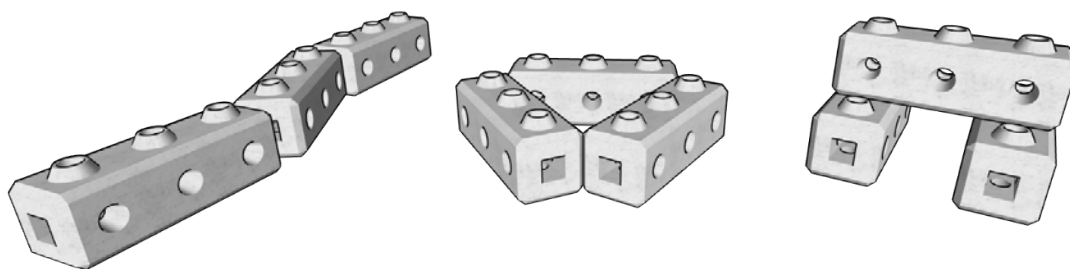
Locatie: De glooiing direct voor / naast het Watersnoodmuseum Ouwerkerk (intergetijdenzone).

Waarom deze locatie?

- Zeer hoge publiekswaarde (bezoekers, scholieren, excursies);
- Dagelijks zichtbaar effect van getij (droogvallen–onderlopen);
- Directe koppeling met het verhaal van waterveiligheid en klimaatadaptatie;
- Laagdrempelige monitoring mogelijk zonder duikers.

Opzet:

- Plaatsing van **1–3 ReefBlocks** in verschillende configuraties:
 - *Lijn-/damopstelling* → erosieremming;
 - *Driehoekopstelling* → sedimentinvang;
 - *Gestapelde mini-golfbreker* → golfenergie-dissipatie.



Budgetindicaties*

Idee & Aantal ReefBlocks	Indicatieve projectprijs	Opbouw (globaal)	Uitgesloten
Idee 5 (museum): 1 ReefBlock	<i>circa € 1.350</i>	Manufacturing & supply, licentiekosten	Starting costs, engineering & support, projectmanagement
Idee 4 (vispassage) 3 ReefBlocks	<i>circa € 4.000</i>	Manufacturing & supply, licentiekosten	Starting costs, engineering & support, projectmanagement
Idee 3 (strekdam); 8 ReefBlocks	<i>circa € 11.000</i>	Manufacturing & supply, licentiekosten	Starting costs, engineering & support, projectmanagement
Idee 4 (zuidbout); 100 ReefBlocks	<i>circa €135.000</i>	Manufacturing & supply, licentiekosten	Starting costs, engineering & support, projectmanagement



Bluebiodex	circa € 33.000	Dashboard, monitoring, analyse & rapportage	Projectmanagement & aanvullende ondersteuning
-------------------	-----------------------	--	--

*Deze prijsindicaties zijn uitsluitend bedoeld als richtprijs en kunnen wijzigen in de tijd, afhankelijk van projectscope, locatie en uitvoering. Alle bedragen zijn exclusief BTW.

6. Ecologische meerwaarde & wens soorten

ReefBlocks bieden habitat voor o.a.:

- Sponzen, zakpijpen en holtdieren (verticale texturen, schaduw)
- Oesters en mosselen (horizontale luwtezones)
- Kreeftachtigen en vissen (tunnels en spleten)
- Platvissen en wormen (sedimentvakken in luwte)

De variatie in opstellingen (H-opstelling, lijn, driehoek) zorgt voor een hoge **habitatdiversiteit** en soortenrijkdom.

Algemene mogelijkheden voor habitat creatie met rifblokken voor Wenssoorten:

Soortgroep	Belangrijkste ontwerpfeature(s)
Sponzen (Geweispons)	Verticale riftexturen, beschaduwing, spleten
Holtdieren (Zee-anjelier, Zeedahlia, Gorgelpijp)	Verticale riftexturen, overhangen
Wormen (Pauwkoker-, Schelpkoker-)	Luwte met horizontale richels, lichte sedimentatie
Weekdieren (Mossel, Platte oester)	Horizontale riftexturen in luwte
Weekdieren (Purperslak, Wulk, Zeekat)	Spleten en tunnels nabij bodem
Kreeftachtigen (Zwemkrab, Strandkrab, Zeekreeft, Galathea)	Interne tunnels en spleten tussen blokken (en waar texturen elkaar ontmoeten)
Zakpijpen	Verticale riftexturen in schaduwrijke zones
Stekelhuidigen (Zeester, Zee-appel)	Combinatie horizontaal/verticaal met open vlakken
Rifvissen (grondels, donderpad, steenbolk etc.)	Verticale riftexturen, overhangen, tunnels
Platvissen (bot, schol, schar)	Luwtezones met sedimentvakken



7. Reefy's BlueBiodex - Monitoring, impact kwantificatie en zichtbaarheid (KRW-focus)

Binnen de Innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk is monitoring essentieel om de ecologische effecten van ReefBlocks, toetsbaar en uitlegbaar te maken. BlueBiodex vormt hiervoor het centrale platform.

Wat is BlueBiodex? BlueBiodex is een innovatief ecologisch monitoringsplatform voor mariene en estuariene omgevingen. Het maakt de onderwaterwereld meetbaar en inzichtelijk door biodiversiteit, habitatkwaliteit en ecologische veranderingen in kaart te brengen. Het combineert eDNA-analyses, fotomonitoring, soortentellingen, waterkwaliteitsmetingen en remote sensing in één overzichtelijk dashboard. Zo kunnen onderzoekers, beheerders en beleidsmakers zien welke habitats gezond zijn, welke soorten er voorkomen en hoe ingrepen het ecosysteem beïnvloeden.

Monitoren in Ouwerkerk

BlueBiodex monitort vaste locaties bij en rond de demonstratie-opstellingen vóór en na aanleg. Zo worden trends in biodiversiteit, habitatkwaliteit en ecologische respons op de ingrepen zichtbaar. Het platform maakt het mogelijk om:

- effecten van verschillende ontwerpen en configuraties te vergelijken;
- veranderingen door getij, seizoenen en stormen te volgen;
- ecologische winst en mogelijke neveneffecten objectief te kwantificeren.

Koppeling met demonstratie-ideeën

- **Idee 1 – Reef Enhancing Breakwater (subtidaal):** golfreductie, sedimentdynamiek, subtidale rifgemeenschappen.
- **Idee 2 – ReefBlocks intergetijdengebied:** kolonisatie, verticale zonering, zichtbare biodiversiteit.
- **Idee 3 – Strekdamverlenging:** vergelijking tussen traditionele stortsteen en ReefBlocks op ecologie, sedimentvang en habitatgebruik.
- **Idee 4 - Vispassage:** eDNA is zeer effectief bij vismigratie; goed te koppelen aan KRW-vismaatlatten en maakt ecologische verbindingen zichtbaar, niet alleen “losse habitats”.

KRW- en beleidsrelevantie

BlueBiodex vertaalt meetdata automatisch naar KRW-maatlatten en beoordelingscategorieën, waardoor:

- ecologische effecten van natuurinclusieve waterbouw onderbouwd worden;
- beleidskeuzes transparant en beter onderbouwd zijn;
- kostenreductie door digitalisering en integratie van meetnetten wordt gerealiseerd;

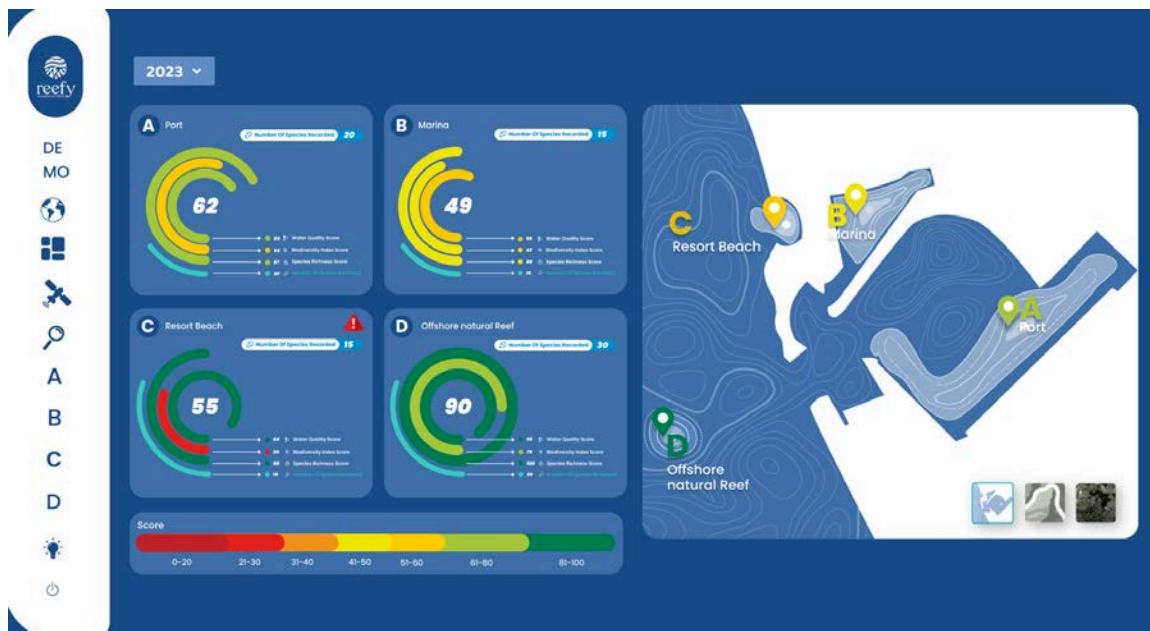
- natuurherstel versneld wordt via datagedreven besluitvorming.
- Het platform sluit aan bij nationale programma's zoals het Nationaal Water Programma, de Delta-aanpak Waterkwaliteit en natuurinclusieve infrastructuur.

Publieke Zichtbaarheid

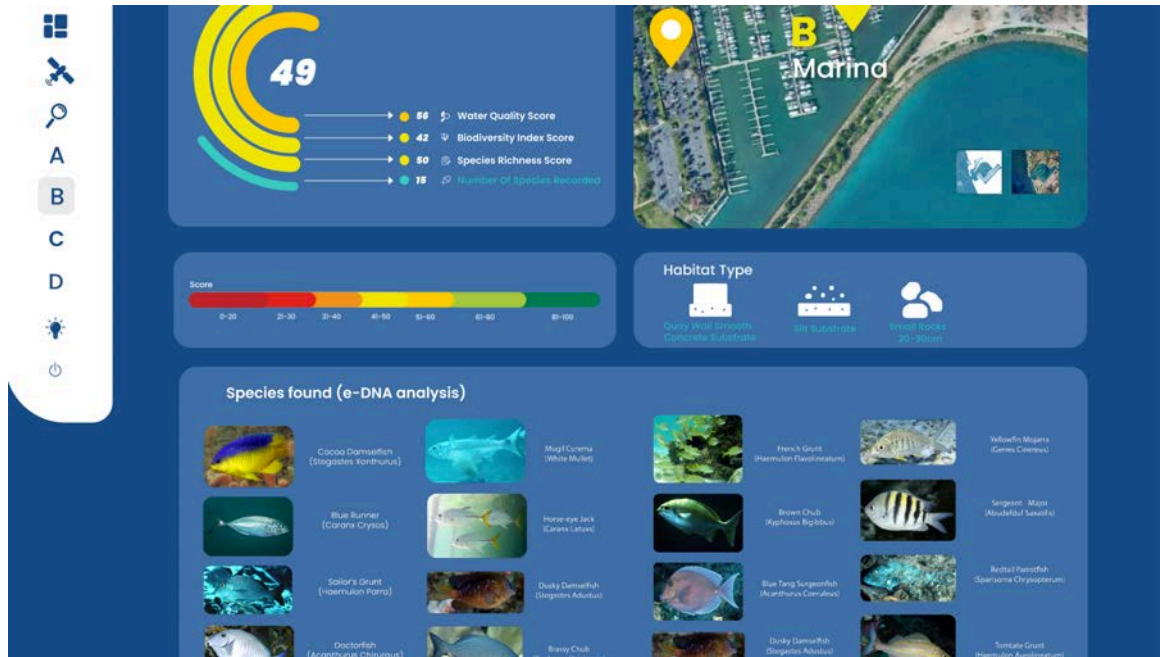
BlueBiodex maakt onderwaternatuur zichtbaar voor bewoners, bezoekers en scholieren, in samenwerking met het **Watersnoodmuseum**. Dit gebeurt via:

- actuele soortenoverzichten (eDNA);
- beelden van rifontwikkeling;
- eenvoudige ecologische scores en trends.

Zo worden ecologie, waterveiligheid en innovatie tastbaar en beleefbaar voor een breed publiek.



Figuur 4: Startpagina van het dashboard, met links het paneel voor locatiekeuze en rechts een kaartweergave van de geselecteerde sites. De gebruiker kan een specifieke locatie selecteren voor meer gedetailleerde informatie. Onderaan wordt een kleurenschaal weergegeven die de scores en indexwaarden visualiseert: van groen (goed) tot rood (slecht). Locatie Cite C toont een waarschuwingspictogram ('!'), dat aangeeft dat de score onder een vooraf ingestelde drempelwaarde ligt en zo de aandacht van de gebruiker vestigt op mogelijke problemen binnen die locatie.



Figuur 5: Weergave op locatie-niveau, die zichtbaar wordt zodra de gebruiker een specifieke site selecteert. Op deze pagina is ruimte gereserveerd voor locatie-specifieke gegevens. Bij het naar beneden scrollen worden foto's en namen weergegeven van soorten die via eDNA-analyse zijn gedetecteerd. Onder de kaart zijn aanvullende gegevens te zien, zoals het type substraat in het habitat. Verder kunnen hier ook andere locatie-specifieke informatie, zoals concentraties van verontreinigende stoffen, worden weergegeven. De lay-out illustreert hoe gegevens op locatie niveau op een toegankelijke en interactieve manier kunnen worden gepresenteerd.

8. Publiekcommunicatie & Watersnoodmuseum Ouwkerk

De ligging van De Levende Dijk direct naast het **Watersnoodmuseum** biedt een unieke kans om waterveiligheid, ecologie en innovatie te verbinden. **Concrete invulling:**

- Tentoonstelling van een ReefBlock (of schaalmodel) met rifttexturen in of bij het museum
- Koppeling met de **Waterwerkplaats** voor workshops en educatie
- Informatieborden langs de dijk met uitleg over ReefBlocks, KRW en biodiversiteit
- ReefBlock op de dijk of bij museum zodat bezoekers en publiek een tastbare connectie kunnen maken met het project.
- Verwijzing naar de pilotlocaties in het intergetijdengebied

Via het BlueBiodex dashboard kunnen actuele soorten (bijv. oesters, krabben, vissen) zichtbaar worden gemaakt voor bezoekers. Zo wordt de vaak onzichtbare onderwaternatuur van de Oosterschelde tastbaar en beleefbaar.

9. Partners & hun belang

De Levende Dijk Ouwerkerk is een samenwerkingsproject waarin waterveiligheid, natuurherstel, kennisontwikkeling en publieksbereik samenkomen. Onderstaande tabel geeft per partner weer welke waarde de toepassingen **ReefBlock / Reef Enhancing Breakwater** en **BlueBiodex** bieden.

Partner	Belang / opgave	Meerwaarde ReefBlock & REB	Meerwaarde BlueBiodex
Waterschap Scheldestromen	Meerlaagse veiligheid, dijkbeheer	Golfdemping, bescherming teen/vooroever, natuurinclusieve dijkversterking	Meetbare ecologische effecten, onderbouwing ontwerpkeuzes
RWS / Nationaal Park Oosterschelde	Natuurkwaliteit, educatie	Herstel hard substraat, habitat voor icoonsoorten	Inzicht in ecologische toestand (KRW/N2000)
Gemeente Schouwen-Duiveland	Leefbaarheid, recreatie, toerisme	Versterking landschappelijke kwaliteit en beleving	Data & verhalen voor educatie en toerisme
Provincie Zeeland	Beleidsuitvoering, innovatie	Concrete en schaalbare natuurinclusieve oplossingen	Beleidsrelevante data waterkwaliteit en ecologie
Watersnoodmuseum	Publieksvenster klimaatadaptatie	Tastbaar voorbeeld van innovatieve waterveiligheid	Zichtbaar maken onderwaternatuur voor bezoekers
Ondernemers / Innovators	Ontwikkeling & marktintroductie	Demonstratie- en testlocatie	Objectieve impactdata voor doorontwikkeling
Kennisinstellingen (o.a. Deltares, NIOZ)	Praktijkgericht onderzoek	Testen ontwerp, stabiliteit en sedimentdynamiek	Valideren modellen en theorie
HWBP	Innovatie dijkversterking	Slimmer, multifunctioneel en duurzamer versterken	Onderbouwing effectiviteit en opschaalbaarheid
Zuidwestelijke Delta / WSHB / WSBD	Opschaling & samenwerking	Voorkeursalternatief voor stortsteen	Vergelijkbare data tussen locaties



10. Opschaling & waarde voor de Zuidwestelijke Delta

De toepassing van ReefBlocks (REB) en BlueBiodex bij het project de Levende Dijk in Ouwerkerk fungeert als **proeftuin voor de gehele Zuidwestelijke Delta**.

Opschalingspotentie:

- Dijktrajecten in de Oosterschelde met stortsteenbekleding
- Vooroevers en teenconstructies bij dijkversterkingen
- Natuurinclusieve golfbrekers bij havens en duiklocaties
- Overdraagbaar naar Westerschelde, Grevelingen en IJsselmeer

Meerwaarde:

- Integratie van waterveiligheid, ecologisch herstel en monitoring
- Vermindering van faalkosten door multifunctionele oplossingen
- Direct toepasbare KRW-data voor beheer en beleid
- Bijdrage aan Nationaal Water Programma en Delta-aanpak Waterkwaliteit

Ouwerkerk positioneert zich hiermee als **voorbeeld locatie voor natuurinclusieve waterbouw en waterveiligheid**.

Project: Innovatiezone de Levende dijk Ouwerkerk - Coastruction

Factsheet: 3D geprinte kunstmatige riffen

Coastruction is een bedrijf in Rotterdam. Coastruction ontwerpt en produceert op de lokale situatie afgestemde elementen voor (koraal-)riffen. De elementen worden specifiek op de lokaal aanwezige en gewenste flora en fauna afgestemd. Door deze geometrisch complexe organische vormen met holtes, macro- en microreliëf leveren deze elementen een optimale begintoestand voor de ontwikkeling van het lokale ecosysteem. De elementen kunnen vrijstaand worden geplaatst of gecombineerd met constructieve elementen van derden.

De elementen (Purpose Built Reefs of PBR) worden op maat geproduceerd met de door Coastruction ontwikkelde 3D printer. Deze flexibele printer kan gebruik maken van diverse vulmaterialen, zoals lokaal gewonnen zand. Dit voorkomt het in het lokale ecosysteem brengen van ongewenste externe stoffen. Het lokale vulmateriaal wordt gecombineerd met CEM III (ofwel marine cement) en lokaal water. Door het 3D printproces wordt het materiaalgebruik geminimaliseerd. Het printproces gebruikt geen hoge temperaturen of chemische toeslagstoffen. De 3D-printers zijn modulair en kunnen naar de projectlocaties worden verplaatst en door lokaal personeel bediend. Het productieproces is daarmee lokaal, duurzaam en circulair.

Specificaties 3D-printers

Coastruction heeft momenteel twee typen 3D-printer in gebruik. De 1^e generatie 'Idefix' heeft een beperkte productiecapaciteit voor elementen en wordt voornamelijk voor demonstratiedoeleinden en fast prototyping gebruikt. De 2^e generatie 'Asterix' kan grotere elementen printen, die effectief kunnen worden ingezet in het veld. De volgende generatie 'Obelix' wordt momenteel ontwikkeld om volwaardige elementen in een efficiënt productieproces te produceren. Door de modulaire opbouw is deze printer eenvoudig te vervoeren naar de gewenste uitvoeringslocatie, waarmee sterk bespaard wordt op transportkosten van grondstoffen en eindproducten.

3D-printer	Idefix (1 ^e gen)	Asterix (2 ^e gen)	Obelix (next gen)
Maximale afmetingen	0,3 x 0,3 x 0,3 m3	1,0 x 1,0 x 1,0 m3	3,0 x 2,0 x 1,0 m3
Productietijd	1 uur	3 uur	4 – 5 uur
Beeld			

Plaatsingsmogelijkheden

Hoewel de elementen van beton zijn gemaakt, en zodanig ontworpen kunnen worden, dat ze gekoppeld kunnen worden, zijn de PBR elementen voornamelijk ecologisch van aard. De kracht van de flexibele vormgeving zorgt er voor, dat de elementen zowel vrijstaand kunnen worden geplaatst, als aan andere elementen worden bevestigd. Op deze manier zijn de elementen flexibel te positioneren in de vooroever, de getijdezone en op het dijktaalud.

In de vooroever kunnen de elementen gekoppeld worden aan structurele vooroeverbescherming en daarmee deze constructie ecologisch aantrekkelijk maken. Of ze kunnen ontworpen worden als vrij geplaatste riffen. In de getijdezone kunnen de elementen in al dan niet kunstmatig gevormde getijdepoelen er voor zorgen, dat water langer vast gehouden wordt. Op de dijkbekleding kunnen PBR elementen bescherming verzorgen voor dieren, die aan de waterkant leven en/of foerageren. Door elementen met verschillende vormgeving te combineren wordt ook een visueel aantrekkelijk beeld geschapen.

Ecologische aspecten

Op verschillende locaties is ervaring opgedaan met PBR elementen. Deze hebben in de eerste periodes sinds de installatie veelbelovende resultaten opgeleverd. Zo zijn PBR-constructies in het Oostvoornse verwilderingsproject gebruikt als alternatief voor de traditionele, beperkt ecologische, ankerblokken van de windturbines. Binnen vier maanden na installatie bleken de 3D-geprinte elementen, die aan de traditionele ankers waren bevestigd, een levendige habitat te zijn voor Grondels, krabben, schelpdieren en ander onderwaterleven in het Oostvoornsemeer.



Geplaatste structuren



Resultaat na vier maanden

Behalve dat het een visueel spektakel is, heeft eDNA-onderzoek aangetoond dat de biodiversiteit drastisch is toegenomen. Deze positieve resultaten tonen aan dat ecologisch geoptimaliseerde 3D-geprinte elementen een welkome aanvulling zijn op structurele elementen en een enorme impuls kunnen geven aan de ontwikkeling van lokale habitats.

Toepassing PBR-elementen in de ecologie van de Zuidwestelijke Delta

De Oosterschelde kenmerkt zich door zijn sterke getijdewerking, voedselrijk water en hoge biodiversiteit. In deze omgeving komen de BPR elementen goed tot hun recht, door de mogelijkheid ze aan te passen aan een breed scala van mariene en kustgebonden ecosystemen.

Door de hoge porositeit van de elementen en macro- en micro-reliëfs, ontstaan dynamische vloeistofstromen in en rond de elementen. Hierdoor ontstaan optimale ontwikkelomstandigheden voor diverse soorten. Hogere stroomsnelheden, met zuurstof en voedselrijk water, bieden kansen voor filterende organismen. De luwtezones met gematigde stroming biedt kansen voor mosselen en platte oesters. De holtes bieden schuilplaatsen voor vissen, kreeftachtigen en ander rifbewoners.

Soortgroep	Kenmerkende aspecten ontwerp PBR-elementen
Sponzen (Geweispons)	Verticale riftstructuren, beschaduwing, spleten
Holtedieren (Zee-anjelier, Zeedahlia, Gorgelpijp)	Verticale riftstructuren, overhangen
Wormen (Pauwkoker-, Schelpkoker-)	Luwte met horizontale richels, lichte sedimentatie
Weekdieren (Mossel, Platte oester)	Horizontale riftstructuren in luwte
Weekdieren (Purperslak, Wulk, Zeekat)	Spleten en tunnels nabij bodem
Kreeftachtigen (Zwemkrab, Strandkrab, Zeekreeft, Galathea)	Interne tunnels en spleten tussen blokken (en waar structuren elkaar ontmoeten)
Zakpijpen	Verticale riftstructuren in schaduwrijke zones
Stekelhuidigen (Zeester, Zee-appel)	Combinatie horizontaal/verticaal met open vlakken
Rifvissen (grondels, donderpad, steenbolk etc.)	Verticale riftstructuren, overhangen, tunnels
Platvissen (bot, schol, schar)	Luwtezones met sedimentvakken

In de ruimtes tussen de verschillende elementen kunnen zeegrasvelden en andere vegetaties ontstaan. Deze zorgen voor versterkte sedimentatie, waardoor de bodem stabiel blijft en mee kan stijgen met de zeespiegelstijging.

Omdat de elementen specifiek voor de gewenste doelsoorten omstandigheden ontworpen worden, is er geen beperking. Door elementen met verschillende ontwerpen te combineren zijn er voor elke gewenste doelsoort optimale ontwikkelomstandigheden te realiseren.

De flexibiliteit van het 3D-printproces betekent, dat de structuren niet alleen voor de aanwezige en gewenste ecologische omstandigheden kunnen worden ontworpen, maar dat deze ook visueel aantrekkelijk gemaakt kunnen worden voor bezoekers, zoals duikers, wandelaars en fietsers. Op deze manier kan de ecologie gecombineerd worden met een (educatief) verhaal. Denk bijvoorbeeld aan een gestileerde, opgestoken hand (STOP!) aan de rand van een kwetsbaar stuk koraalrif of een in de zelfde stijl gevormde zitplek aan de dijk.

Onderzoektraject De levende dijk

Het doel van het onderzoeksproject De Levende dijk binnen de Zuidwestelijke Delta is het ontwikkelen van bouwstenen voor natuurinclusieve dijkversterking. Coastruction ziet hier mogelijkheden om de dijkzone zodanig in te richten, dat de vooroever en getijdzone zichzelf natuurlijk kan aanpassen aan veranderende omstandigheden. Bij de oude wijze van dijkversterking ligt de focus op het opvangen van de golfenergie op het dijktalud, met een kreukelberm om erosie van de harde dijkbekleding te voorkomen. Daarvoor is vaak een zandige vooroever aanwezig met beperkte ecologische waarde, waar golven en stromingen vrij spel hebben voor erosie.

Door het aanbrengen van kunstmatige, ecologisch gevormde structuren wordt de biodiversiteit in deze zones versterkt, maar wordt tevens de vooroever verruwd. Dit heeft als voordeel, dat in de luwtes tussen de structuren planten kunnen gaan groeien, waardoor sediment kan worden vastgelegd en deze zone natuurlijk

kan gaan meegroeiën met bijvoorbeeld stijging van de zeespiegel. Tenslotte zorgen deze structuren voor het opnemen van golfenergie, waardoor de maatgevende belasting op de dijkbekledingen verlaagd worden. Wij zien de volgende mogelijkheden voor onderzoek en richten ons daarbij in eerste instantie op kleinere, snel te realiseren ideeën (ambitie trede A). Vervolgonderzoek volgt uit opschaling van de omvang.

Idee 1: Showcase productiemogelijkheden in de getijdebakken

De 3D-printtechniek kan worden gebruikt om een grote verscheidenheid aan complexe organische structuren (PBR's) te creëren. Drie organische structuren, elk met een afmeting van ongeveer 1 m³, kunnen in één of meerdere getijdentanks worden geplaatst. Dit toont de reikwijdte van de ontwerp- en printmogelijkheden en de ecologische ontwikkeling van getijdenhabitats op de elementen.



Door de elementen in de getijdenbassins te plaatsen, zijn ze gemakkelijk bereikbaar via de trappen voor bezoekers van het watersnoodmuseum en andere geïnteresseerden. Informatieborden leggen het verband uit tussen veiligheid tegen overstroming en ecologische versterking van het voorland. Op deze manier kunnen de PBR-elementen bijdragen aan de voorlichting van het publiek over de ontwikkeling van kustveiligheid.

De toegankelijkheid van de getijdenbassins zorgt er ook voor dat de ecologische ontwikkeling goed kan worden gemonitord.

Idee 2: Combinatie PBR-ReefBlock bij de duikstek Zuidbout

Door ter hoogte van de duikstek Zuidbout een gecombineerd element te plaatsen bestaande uit drie ReefBlocks en enkele Purpose Built Reef (PBR) elementen (ca 3m³ totaal) worden de sterke punten van beide onderdelen gecombineerd: De structurele veiligheid van de ReefBlock met de optimale ecologische vormgeving van de PBR.



Door PBR elementen te koppelen, danwel grotere elementen te maken met de toekomstige Obelix-printer kan de zelfstandige stabiliteit van de PBR-elementen tijdens maatgevende condities worden vergroot. Daarmee kunnen de PBR-elementen ook zelfstandig worden gebruikt voor structurele veiligheid. Momenteel (september 2025) worden bij Deltares in de stroomgoot stabiliteitstesten gedaan op onze huidig formaat elementen, om te bepalen hoe groot de stabiliteit is. Zodra deze gegevens beschikbaar zijn, zullen ze worden toegevoegd aan deze factsheet.

Idee 3: Ecologische elementen op de Hillblock dijkbekleding

Door ecologisch gevormde PBR elementen op de Hillblocks te bevestigen kunnen beschutte locaties gerealiseerd worden voor nestelende dieren. Hiermee worden de vaak wat eentonige dijkbekledingen visueel worden gebroken en aantrekkelijker gemaakt.



Door deze elementen zowel in de buurt van het overstromingsmuseum als iets verder weg te plaatsen, kunnen twee onderzoeksvragen worden beantwoord. Verder weg van de drukte van het publiek kan worden gekeken in hoeverre dieren en planten interesse tonen in de elementen. In de buurt van het overstromingsmuseum is het misschien te druk voor wilde dieren, maar het publiek kan kennis maken met deze mogelijkheid en hun ervaringen kunnen worden onderzocht. Het publiek kan bijvoorbeeld worden gevraagd een korte vragenlijst in te vullen over hun visuele ervaring van de dijk en hun perceptie van de veiligheid van onbekende elementen op de bekleding.

Idee 4: Ecologische beschutting nabij de vispassage

Door ecologische PBR elementen, geoptimaliseerd voor de lokaal aanwezige vissen, te plaatsen nabij de vispassage kunnen in de vooroever beschutte vluchtplekken worden gecreëerd voor vissen. Hierdoor worden vissen richting de vispassage worden gelokt door een aantrekkelijke en veilige verblijfplaats.



Mogelijke risico's

Een mogelijk risico van het aanbrengen van harde elementen op een zandige bodem brengt het risico van lokale erosie met zich mee. Door uitspoeling rond de elementen kunnen de elementen instabiel worden. De eerder genoemde stabiliteitstests in de stroomgoot van Deltares kunnen hier meer inzicht in geven.

Onderzoek

Onderzoek naar de effectiviteit van de PBR elementen is uit te splitsen in twee delen:

Technisch: Stabiliteit, omgevingseffecten tijdens reguliere en storm-situaties

Ecologisch: Ontwikkeling van de lokale biodiversiteit op en rond de BBR elementen.

De technische aspecten kunnen worden uitgevoerd door middel van verschildmetingen van de elementen en de nabije omgeving. Afhankelijk van de diepteligging en de mate van droogvallen kan dit worden gerealiseerd met drone hoogte metingen of sonar metingen. Vastlegging met behulp van foto's door duikers kunnen hier aanvullend aan zijn.

De ecologische aspecten kunnen worden gerealiseerd door visuele kartering en kwalificering van de ecosystemen aangevuld met eDNA onderzoek. Wij hebben hier met het Oostvoornse verwilderingsproject ervaring mee op gedaan.

Productiemethode

Onze 3D printers zijn ontworpen met verplaatsbaarheid in het achterhoofd. De systemen zijn modulair en zo eenvoudig naar een productielocatie te verplaatsen. De optimale productielocatie is dan ook mede afhankelijk van de beschikbaarheid van de basis materialen. Wij gebruiken zo veel mogelijk lokale materialen, waardoor het vaak economisch aantrekkelijker is om de printers te verplaatsen naar het materiaal, dan andersom.

Daarnaast wordt met Netics bekeken of hun uit baggerspecie verkregen basismateriaal geschikt is als vulmiddel in het productieproces van ons.

Opties aan het eind van het onderzoekstraject

De PBR elementen worden specifiek voor de toepassing ontworpen. Daarbij wordt rekening gehouden met plaatsbaarheid, de lokale omstandigheden om de elementen op hun plek te houden en wanner gevraagd, ze achteraf weer te verwijderen. Wanneer ze gecombineerd worden met andere structurele elementen, wordt tijdens het ontwerp beken, hoe de onderdelen het beste gecombineerd kunnen worden.

Wij gaan er van uit, dat onze elementen één worden met de natuur en zo onderdeel worden van het geheel. Indien de elementen aan het einde van het onderzoekstraject verwijderd moeten worden, wordt een hijsconstructie aan de elementen bevestigd. Daarnaast wordt bekeken of de elementen op een andere lokatie in de Oosterschelde herplaatst kunnen worden.

Vergunningen

De Oosterschelde is Natura2000 gebied. Een eerste inschatting levert:

- Waterwet vergunning
- Omgevingsvergunning
- Onderzoek wet natuurbescherming en visserijwet
- Natura2000 vergunning,
- Flora & Fauna vergunning
- Klic melding (voor check kabels en leidingen)
- Materiaal certificaten
- Veiligheidsplan

Het is verstandig om een vergunningen scan uit te voeren, ook de actuele benaming binnen het vergunningenlandschap in de Omgevingswet moet nader bekeken worden. Tevens wordt onderzocht of meegelift kan worden op een Projectplan van het waterschap.

Meerwaarde voor de Zuidwestelijke Delta

De PBR elementen kunnen op verschillende plekken in de dijkzone worden ingezet, maar komen vooral tot hun recht in de vooroever- en getijdenezones van dijken. Door natuurontwikkeling in deze zones te versterken ontstaat zowel versterking van de biodiversiteit als natuurlijke versterking van de dijkzone. Door de aanwezigheid van verruwende structuren op de zandige bodem wordt de stroming en de golfenergie gebroken. In luwtes rond de PBR-elementen kan nieuwe natuur ontwikkelen, waardoor ook sediment kan

worden vastgelegd, waardoor de bodem zeespiegelstijging kan volgen. De kracht van de PBR elementen zit juist in de flexibiliteit in het ontwerp, waardoor de elementen aan de lokale omstandigheden kunnen worden aangepast. De resultaten binnen het onderzoekstraject van De Levende Dijk kunnen vervolgens worden doorgetrokken naar de overige kansen en uitdagingen van de Zuidwestelijke Delta. Hierdoor kunnen oplossingen ontstaan voor een dynamische dijkzone, rijke slikken, schorren en platen en daarmee een sterke en aantrekkelijke kust.

'Gewoon Dijkque enzo'

Jan Dirk van der Burg

Aanleiding en context

De Nederlandse dijken staan onder druk door klimaatverandering, stijgende zeespiegel en extremere weersomstandigheden. Veel bestaande dijken zijn afgekeurd op basis van de verhoogde veiligheidsnormen uit het Deltaprogramma 2020 - 2050.

Tegelijkertijd bevinden veel te versterken dijken zich in of nabij Natura 2000-gebieden, wat de inzet van traditionele oplossingen zoals verbreding of harde bekleding beperkt.

Tegen deze achtergrond is het Hillblock ontwikkeld: een innovatieve steenzetting die wordt overlaagd met een ecologische graslaag. Het systeem biedt een combinatie van stabiliteit en natuurvriendelijkheid, passend binnen de toenemende behoefte aan klimaat adaptieve en ecologisch verantwoorde oplossingen.

Beelden zeggen meer dan woorden.

De inzet ooit van de Hillblock was het ontwikkelen van een vernieuwende zetsteen met innovaties op alle vlakken. Het messcherpe ontwerp van destijds is ontworpen door Hans Hill. En met dit ontwerp is met de Hillblock alles op scherp gezet:

Kosten besparing.
Veilige zetsteen
Innovatie op ecologie.
Minder beton, minder Co2
Golfoplopende remming
Hoge stabiliteit

Destijds een ware revolutie voor waterbouwers, en waterschappen. Welke met argus ogen werd bekeken. De markt is hierna in een razende tempo veranderd, en wakker geworden.

Prijzen kwamen onder druk, stenen werden zwaarder, grootmachten gingen in battle modus om een antwoord te geven op het verhaal van Hillblock.

Good to know:

Martens beton b.v. Statendamweg 75, Postbus 30, 4900 AA Oosterhout, Nederland, www.martensgroep.eu

TEL +31 (0)162 - 42 29 00 IBAN NL50DEUT0319821099 BIC DEUTNL2A BTW NL0013.23.714.B01 KvK 20026454



Toch knap van een enkele man in een achtertuin met een waterbak in Capelle aan den IJssel!



Hans Hill

Wat is Hillblock :

De Hillblock is een innovatieve betonzetsteen die speciaal is ontworpen voor gebruik in waterkeringen, zoals dijken en kustverdedigingen. Deze zetsteen is ontwikkeld om betere bescherming te bieden tegen golfslag dan traditionele stenen.



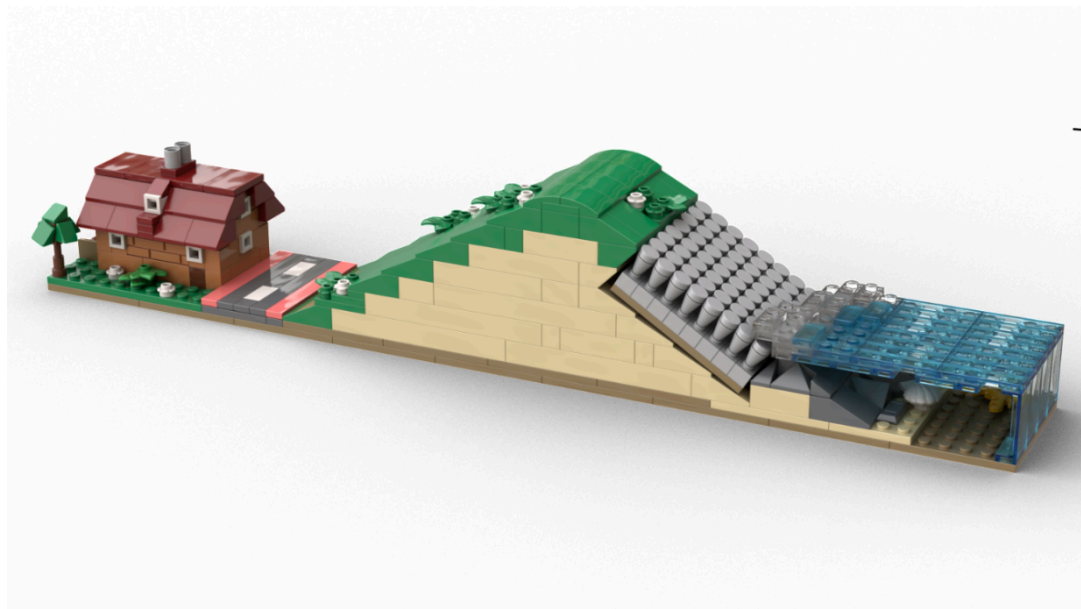
Wat de Hillblock uniek maakt, is zijn speciale vorm: Zijn paddenstoelvorm en de groef in de voet van de zetsteen is de zetsteen zich sterk te verankeren in de ondergrond. Dit zorgt voor een stabiel geheel, zelfs bij zware golfbelasting. De paddenstoelvorm bevordert ook het afremmen van waterstromen.

Waarin de kanalen tussen de stenen zorgen voor een verdeling van de druk en reductie van de golfenergie en de kracht sterk wordt gereduceerd. Dit verkleint de kans op erosie en schade aan de dijk.

Een belangrijk voordeel van de Hillblock is dat het waterdoorlatend is. Hierdoor vermindert de opwaartse druk van water onder de steen (uplift), wat een veelvoorkomende oorzaak is van schade aan dijkbekledingen.

Daarnaast bevordert het ontwerp ecologische functies: waterorganismen kunnen zich beter vestigen tussen de stenen, wat bijdraagt aan biodiversiteit.

Kortom, de Hillblock is een duurzame en efficiënte oplossing voor het versterken van dijken en het beschermen van kwetsbare kustgebieden tegen klimaatverandering en extreme weersomstandigheden.



De levende dijk “ Kansen Hillblock ”

- 1 Hillblock Overlagen op basis van studie Grassblock**
- 2 Hillblock Ecoblock inzet icm met overlagen**
- 3 Golfremming / brekers met standaard Martens Beton Producten**

- 1 Hillblock Overlagen op basis van studie Grassblock**

Voordelen Hillblock:

- Sterke basisconstructie (stabiliteitsfactor)
- Bij overlagen zorgt voor dit vergroening en biodiversiteit.
- Vermindert golfoploop bij overslag en extreme neerslag.
- In staat om een groene TEEN van de dijk te realiseren met Eco blocks.
- Past binnen Natura 2000-context bij juiste toepassing.

Relevantie voor Natura 2000

Volgens Auke Terlouw (HWBP) is dijkversterking binnen Natura 2000-gebieden mogelijk mits voldaan wordt aan de ADC-criteria (Alternatief, Dwingend openbaar belang, Compensatie).

Cruciaal hierbij is de formulering van de projectdoelstelling. Wanneer klimaatadaptatie onderdeel is van de doelstelling, kan een buitenwaartse versterking zoals met Hillblock als enige realistische en toelaatbare oplossing gelden.

Ecologisch ontwerpen & Topsector Water

- Waterveiligheid in deltasteden.
- Ecologisch ontwerpen als integraal onderdeel van infrastructuur.
- Klimaat adaptieve maatregelen als norm i.p.v. uitzondering.

Ecologische testen tonen dat wortels zich hechten aan het betonoppervlak en vocht goed wordt vastgehouden, ook na droge perioden. Dieren vinden schuilplaatsen tussen de blokken. Dit maakt Hillblock ook een kandidaat voor natuur-inclusieve oplossingen.

Beoordelingscriteria en onderzoeksdoelen

De haalbaarheidsstudie behandelt zowel technische, ecologische als beheeraspecten, met betrokkenheid van onder andere Deltares, Alterra en waterschap Brabantse Delta.

Onderzoeksvragen:

- Versterkt de graslaag de constructie, of andersom?
- Wat is de optimale opbouw en dikte van de aardlaag (nu 5–10 cm)?
- Hoe presteren verschillende vegetatietypen bovenop Hillblock?
- Inborstelen of overlagen zonder verder aanpassingen.
- Wat zijn beheervraagstukken en randvoorwaarden bij toepassing?

Note ;

Resultaten uit testlocaties zoals Vollerak-Zoommeer tonen een snelle groei, goede wortelhechting en functionele integratie met het beton. Voor het onderhoud is bij Brabantse Delta een voorschrift en protocol opgemaakt welk inzichtelijk is, En dus werkzaam.

Drie ontwerpfilosofieën overlagen dijk / oever.

- 1. Gras draagt stabiliteit bij via verankering aan Hillblock.**
- 2. Stabiliteit komt volledig van Hillblock, gras puur esthetisch/ecologisch.**
- 3. Combinatie van 1 en 2 - gezamenlijke systeemwerking.**
- 4. Door gedeeltelijke overlaging is de biodiversiteit aanzienlijk op te schalen.**
- 5. Co2 opname vergroten door semi overlaagde dijken tov "grijze dijken"**

Op basis van aannames en praktijkproeven lijkt filosofie 1 het meest kansrijk. Verdere veldproeven zijn nodig om de gecombineerde systeemwerking (filosofie 3) te bevestigen.

Verbeteropties

Er zijn verschillende optimalisaties geïdentificeerd:

- Poreuze betonnen blokken voor betere wortelinfiltratie en MKI-verbetering
- Inborstelen zodat de holtes ook gevoed worden met aarde.
- Minimale aardlaag om wortelcontact met beton te behouden

Technische potentie

Het Hillblock-systeem kan overslaggebieden aan die aanzienlijk hoger dan traditionele grasdijken. Dit maakt het Hillblock een meer dan geschikt alternatief voor verhoging en verbreding, met lagere ruimteclaim en betere landschappelijke inpassing.

Een verhoogde overslagbestendigheid betekent een alternatief voor dijkverhoging van 2 à 3 meter, wat Hillblock zowel technisch als economisch interessant maakt voor het HWBP

Conclusie en aanbevelingen

De toepassing van Hillblock als hybride dijkbekleding is veelbelovend, vooral op locaties waar traditionele oplossingen ruimtelijk, ecologisch of maatschappelijk lastig inpasbaar zijn.

De combinatie van stabiliteit, esthetiek en ecologie biedt synergie met de beleidsdoelen van RWS, HWBP, Waterschappen en Topsector Water. Een reeds lopende casus bij Brabantse Delta laat al veel belovende resultaten zien in de aangroei, potentie, en meerwaarde ecologie. Welk ter ondersteuning kan dienen in de verdere onderzoeken.

Wat is nodig voor opschaling?

- Erkenning als innovatie binnen HWBP-kaders
- Draagvlak bij beheerders (zoals Brabantse Delta)
- Vervolgonderzoek naar gecombineerde stabiliteit
- Praktijkproeven voor toetsbaarheid en normering (Vollerakzoom meer of Deltagoot)

Slotvraag:

Kan deze combinatie worden opgenomen als bewezen innovatieve toepassing binnen HWBP en RWS-standaarden?

2 Hillblock Eco Block icm overlaging

Projectdocument: De Hybride dijk – De veiligste én meest biodiverse dijk in de wereld!

1. Achtergrond & Uitdaging

Alle dijken worden bedreigd door klimaatverandering, zeespiegelstijging en extreme weersomstandigheden. In Nederland voldoet 1500 km niet aan de wettelijke normen en moet versterkt worden. Tegelijkertijd liggen veel kwetsbare dijken in Natura 2000-gebieden, waar traditionele versterkingsmethoden weinig passen vanwege ecologische en ruimtelijke beperkingen.

Er is behoefte aan een oplossing die waterveiligheid, natuur, esthetiek en draagvlak combineert.

2. Innovatie: Hillblock, Ecoblock & Grasoverlaging

Core Concept: Een hybride dijkbekleding die veiligheid en biodiversiteit integreert:

- Hillblock: betonzuilen met 'zetsteenkwaliteit', tot 30% minder beton en lagere MKI-waarde.
- Ecoblock: ecologische variant met open, ruwe structuur en holtes – bevordert wieren, fauna en mariene biodiversiteit, ook in eb-vloedzones.
- Grasoverlaging: aardelaag (5–10 cm) + gras op Hillblocks levert groene dijkbekleding met wortelhechting, esthetiek en natuurwaarde.

Toegevoegde waarde:

- Hoge stabiele constructie én vergroening
- Minder ruimte en maatschappelijke noodzaak tot onteigening door compact ontwerp (
- Positieve milieu-impact tijdens levenscyclus

3. Waterveiligheid & Klimaatadaptatie

- Technische stabiliteit: onderzoek toont sterke weerstand tegen golfaanloop en overslag, tot overslagdebieten ten opzichte van traditioneel gras (~5 l/s/m).
- Ruimtebesparing: door hogere overslagbestendigheid mogelijk zonder dijkverhoging (2–3 m), waardoor minder in vraagbare ruimte nodig is.

4. Biodiversiteit & Ecologische Prestaties

Monitoring Hillblock Ecoblocks (2014–2024):

- Proefvlak in Oosterschelde (Burghsluis): aangroei van wieren en fauna gelijk aan referentie (lava-toplaag, basalt); ecologische waardering type 3, onveranderd sinds 2019.
- Soortenaantal (20–21 vs. referentie 23); total biodiversity iets lager (25–27 vs. 33), beïnvloed door locatie, tijd en omgevingskenmerken.
- Holtes: extra ecologische meerwaarde, verslibten deels binnen 5 jaar.

- Jim van Belzen noemde de Hillblock hybride met kansen voor een brede zeefauna

Conclusie:

Ecoblock realiseert duurzame, gelijkwaardige biodiverse groei binnen 1-3 jaar, verankert met bredere ecologische baten in voedselketen, inclusief microfauna en vogels.

5. Natura 2000-karakter en Maatschappelijk Draagvlak

- **ADC-toets (Alternatief, Belang, Compensatie):** bij juiste formulering van projectdoelen (waterveiligheid én klimaatadaptatie), biedt Hillblock/Ecoblock een reëel alternatief binnen Natura 2000-gebieden. Hierin zullen we actief de samenwerkingen moeten opzoeken om zo een breder draagvlak te bouwen.
- **Draagvlak & participatie:**
 - Innovatieve gebieden betrekken maatschappelijke partijen, natuurorganisaties en kennisinstellingen om natuur én veiligheid te combineren
 - Burgerparticipatie en landschapsbeheer versterken lokale betrokkenheid, waardering en behoud.
 - Breder trekken als oplossingen in Nederland, en breder exploreren kan de draagkracht tevens vergroten bij de internationalere organisaties.

6. Expertise & Toepassingsdomein

Ondersteund door partijen zoals Deltares, Alterra, Bureau Waardenburg en Brabantse Delta. Onderzoeken vullen aan op:

- Techniek: stevigheid, wortelinfiltratie, porositeit
- Ecologie: soortenrijkdom, vegetatieontwikkeling (brabantse Delta)
- Beheer: aanleg, toetsbaarheid, kosten (brabantse Delta)

Contextonderzoek toont dat Hillblocks uitgevoerd sinds 2012 (Burghsluis, Stavenisse) succesvol zijn.

7. Verbeteropties & Innovatiepaden**Aanpassingsvoorstellen voor optimale werking:**

- Ruwer of poreus betonoppervlak → betere wortelhechting & MKI-verbetering
- Verminderde aardlaag → wortelintegratie verbeteren

- Holtestructuren optimaliseren voor fauna (mede sedimentbeheer)
- Monitoring en feedback in proefopstellingen en testdijken (Zoommeer)

Innovatiezone De Levende Dijk Ouwerkerk: biedt ideaal testkader van 2025–2030
Vollerak Zoommeer als eventuele “Levende proeflab “ : Tevens ideaal testkader van 2025–2030

8. Samenvattende Conclusie

Hillblock + Ecoblock + grasoverlaging vormt:

- Hoge waterveiligheid (sterk, dynamisch, ruimte-efficiënt)
- Sublime scores in biodiversiteit, inclusief wieren, fauna en microhabitats
- Duurzaam en maatschappelijk gedragen, ook binnen Natura 2000-context

Strategisch potentieel:

- Innovatie conform HWBP en RWS-strategie
- Ecologische versterking, economische en maatschappelijke meerwaarde
- Uitbreiding via pilotprojecten/burgerparticipatie, naar standaard waar nodig.

3 Golfremming / brekers met standaard Martens Beton Producten

Hergebruik van standaard betonproducten (Eventueel afgekeurde of overtollige prefab-elementen) van Martens Beton voor golfbreking, stortsteenvervanging en kustverdediging. Dit past volledig binnen de principes van de circulaire economie, CO₂-reductie, en natuur inclusieve infrastructuur.

1. Welke standaard Martens-producten zijn geschikt als golfbreker of stortsteenvervanger?

Niet elk product is vanzelfsprekend geschikt, maar onderstaande types bieden interessante kansen:

Potentieel bruikbare producten:

Productcategorie	Toelichting op inzetbaarheid als golfbreker / stortsteen
Betonbuizen	Afgekeurde/gebroken buizen kunnen als robuust massief materiaal dienen. Groot volume, goed gewicht, natuurlijke openingen voor ecologie.
Prefab putten / putranden	Massieve betonelementen met gewicht. Kunnen stapelbaar zijn. Ronde vormen breken golfslag op diverse manieren.

Productcategorie	Toelichting op inzetbaarheid als golfbreker / stortsteen
Rechthoekige duikers	Kunnen als "grote blokken" functioneren met holle ruimtes → ecologische schuilplaatsen.
BEBO boogelementen	Robuust en groot. Gebogen structuur kan golfenergie opvangen en afleiden.
Grasbetonstenen	Kleine schaal, maar inzetbaar als toplaag voor ecologische golfremming of versterking.
Vlakke platen / agrarische platen	Horizontale lagen voor taludversterking. In combinatie met andere producten.
Bestrating / betonstraatstenen	Second-use toepassing als ballast of vulling in gabion-structuren of golfdempende geulen.
Polymeerbeton goten / lijnafwatering	Smalle elementen, maar mogelijk als onderdeel van een verankering of randstructuur.

2. Ecologische voordelen en kansen

Ecologische kansen bij hergebruik:

- **Natuurinclusieve infrastructuur:** Holle prefabproducten zoals duikers, buizen of putten creëren **schuil- en broedplaatsen voor mariene soorten**, zoals vissen, krabben of mosselen.
- **Ruwe betonstructuren** bevorderen **aangroei van wieren, oesters, en schelpdieren**, wat weer biodiversiteit stimuleert.
- **Diverse vormen en openingen** breken golfslag **geleidelijk** af en bevorderen **zandafzetting**, waardoor natuurlijke kustverdediging ontstaat.
- **Gebruik van reststromen** voorkomt **productie van nieuwe stortsteen**, dat vaak energie-intensief gewonnen wordt uit steengroeven (vaak buiten Nederland).

3. CO₂-reductie en duurzaamheid

Het hergebruik van bestaande producten biedt duidelijke voordelen op het vlak van duurzaamheid:

Actie	Co2 waardering
Hergebruik van afgekeurde producten	Vermijdt productie van nieuw beton → reductie van cementgebruik (grootste CO ₂ -bron in beton).

Lokaal hergebruik	Minder transportkilometers vergeleken met import van breuksteen of basalt uit buitenland.
Prefab ipv natuursteen	Geen nieuwe ontginning nodig.
Modulair gebruik / stapelbaar	Elementen kunnen herplaatst of aangepast worden in de tijd.
Levensduur	Beton heeft een levensduur van minimaal 50 jaar

Concreet voorbeeld ideeën

- Riffen of golfbrekers van gestapelde duikers / buizen / putten, eventueel deels ingegraven of in combinatie met zandopsluiting.
- Taludversteving van grasbetontegels + platen om kleinschalige golfslag te remmen en natuurlijke begroeiing toe te staan.
- Hybride constructies met bestaande prefab betonelementen + levende oesterriffen / zeegrasvelden.
- Restbeton of gebroken prefab als vulling voor betonnen gabions of ballastkernen.

Suggesties voor vervolgstappen:

Inventarisatie reststromen:

Welke producten worden nu afgekeurd bij Martens?

Wat is beschikbaar op regelmatige basis?

Wat zouden de kosten hierbij zijn ?

Pilots op kleinschalige locaties:

Denk aan toepassing langs binnenwateren, golfslagzones of binnenhavens.

Samenwerking met:

Ecologen & waterschappen HWBP, Deltares, Royal Hashkoming, NIOZ, RWS.

CO₂-footprintanalyse:

Laat vergelijken tussen hergebruikte producten vs nieuw geproduceerde stortsteen.

Samenvatting:

- Sluit aan bij beleidsdoelen voor circulariteit, klimaatadaptatie en natuur-inclusieve infrastructuur,
- Hergebruik van prefab elementen als golfbrekers is technisch, ecologisch en duurzaam haalbaar.
- Ecologische waarde kan worden verhoogd door variatie in vorm, textuur en openingen,
- Grote prefabproducten zoals duikers, putten en buizen zijn het meest kansrijk,
- Vermindert CO₂-uitstoot én voorkomt afval,
- Goedkope oplossing binnen handbereik.

Oproep tot Actie

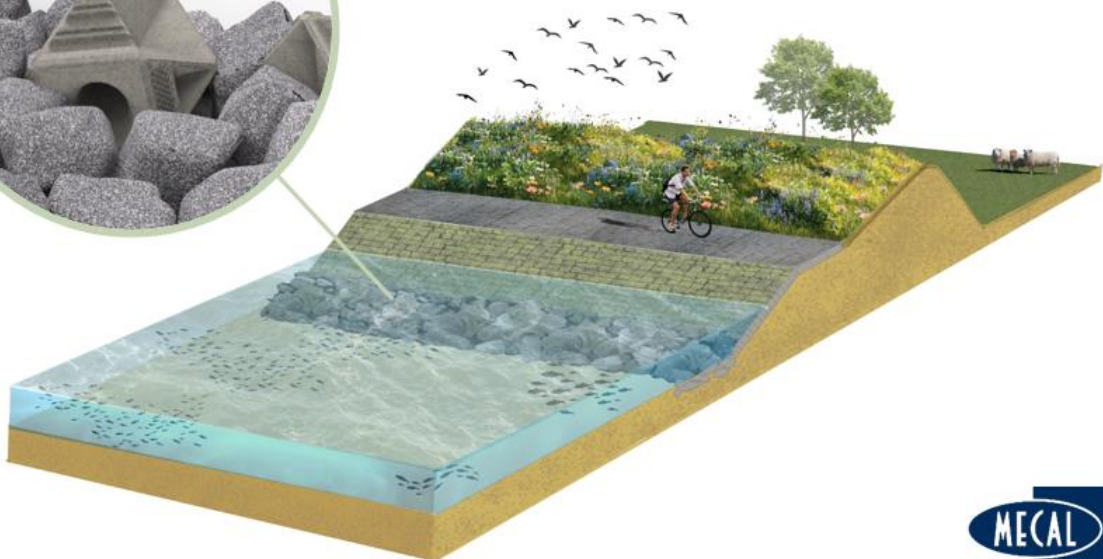
- Neem het op in het HWBP/RWS innovatieprogramma
- Investeer in praktijkproeven via “De Levende Dijk”
- Betrek ecologen, beheerders, Rijkswaterstaat, waterschappen, en omwonenden voor toetsbare implementatie.
- Evenement opbouwen met elkaar voor bezoek Waterbouw vereniging, HWBP, RWS, Waterbouwers, Waterschappen, NIOZ.

SAMEN bouwen aan de veiligste én meest ecologische DIJKQUE ter wereld.



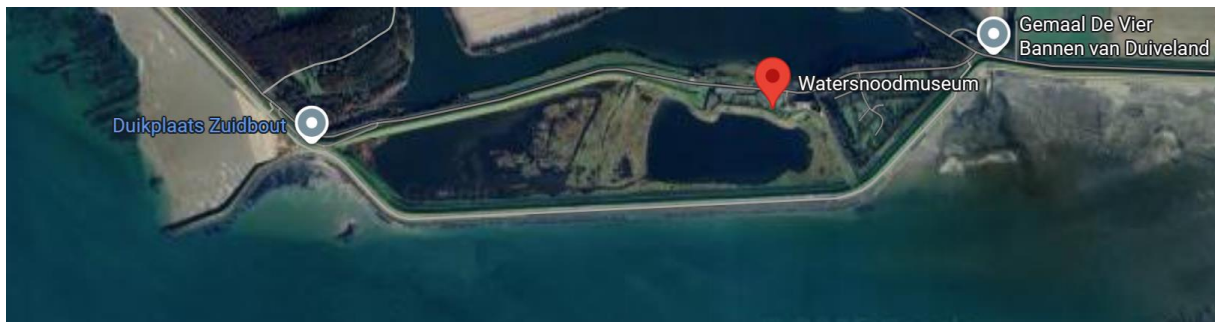
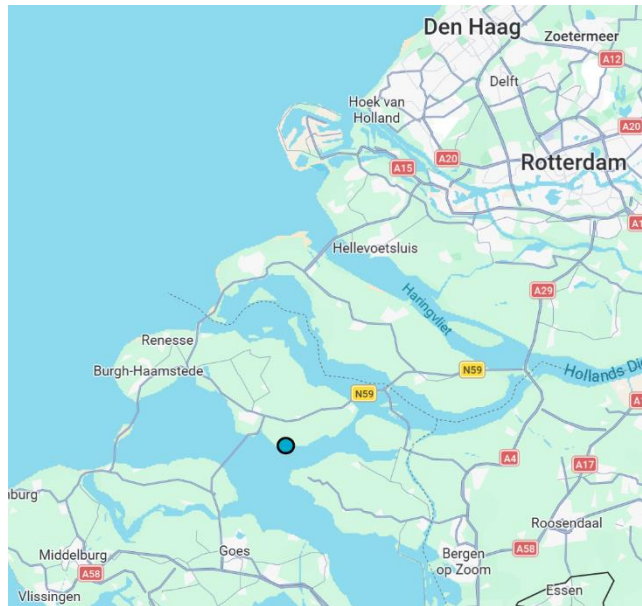
Stabiele dijkbescherming die biodiversiteit versterkt

Mecal Nodes vormen een hybride kreukelberm die de stabiliteit van stortsteen combineert met kansen voor biodiversiteit in hoogwaterveiligheidsoplossingen.



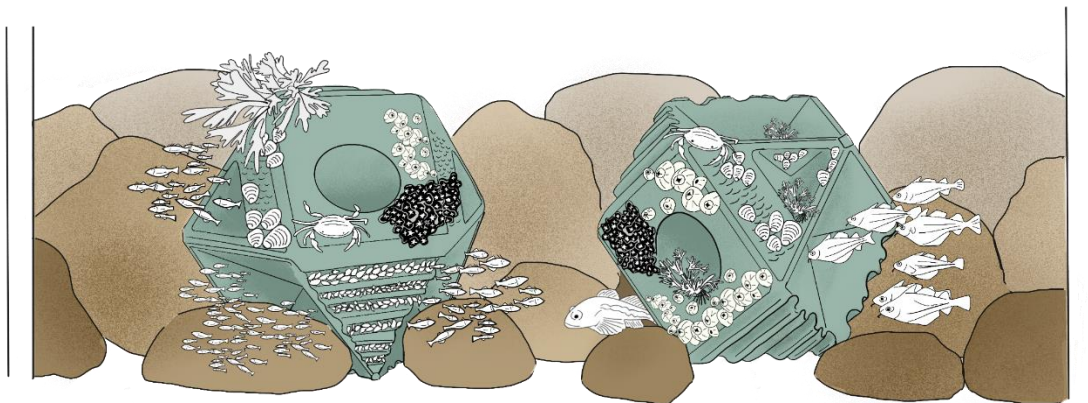
De Levende Dijk

Innovatiezone De Levende dijk Ouwerkerk is een dijkzone aan de Oosterschelde voor praktijkonderzoek en demonstratie van innovaties op het gebied van ecologie en waterveiligheid. Hier worden elementen van vooroever- en dijkbekledingen getest met meerwaarde voor de delta-ecologie en waterveiligheid, circulariteit en duurzaamheid. Mecal Nodes zal een van de innovatieve elementen zijn in deze dijkzone.



Mecal Nodes

Mecal Nodes zijn een biodiversiteitsversterkend alternatief voor traditionele stortsteen gebruikt bij hoogwaterveiligheidsoplossingen, zoals dijken. De losse elementen bieden als hybride kreukelberm stabiliteit in energierijke zones en stimuleren tegelijkertijd de biodiversiteit. Ze zijn eenvoudig toe te passen bij zowel nieuwbouw als renovatie van waterkeringen, oevers en kunstwerken, aangezien ze gecombineerd worden met stortsteen en dezelfde technische eigenschappen hebben als stortsteen.



Mecal Nodes voegen biodiversiteit toe zonder in te leveren op waterveiligheid en zijn vooral effectief als ecologische upgrade van stortsteen in de teen en vooroever.

Waterveiligheid

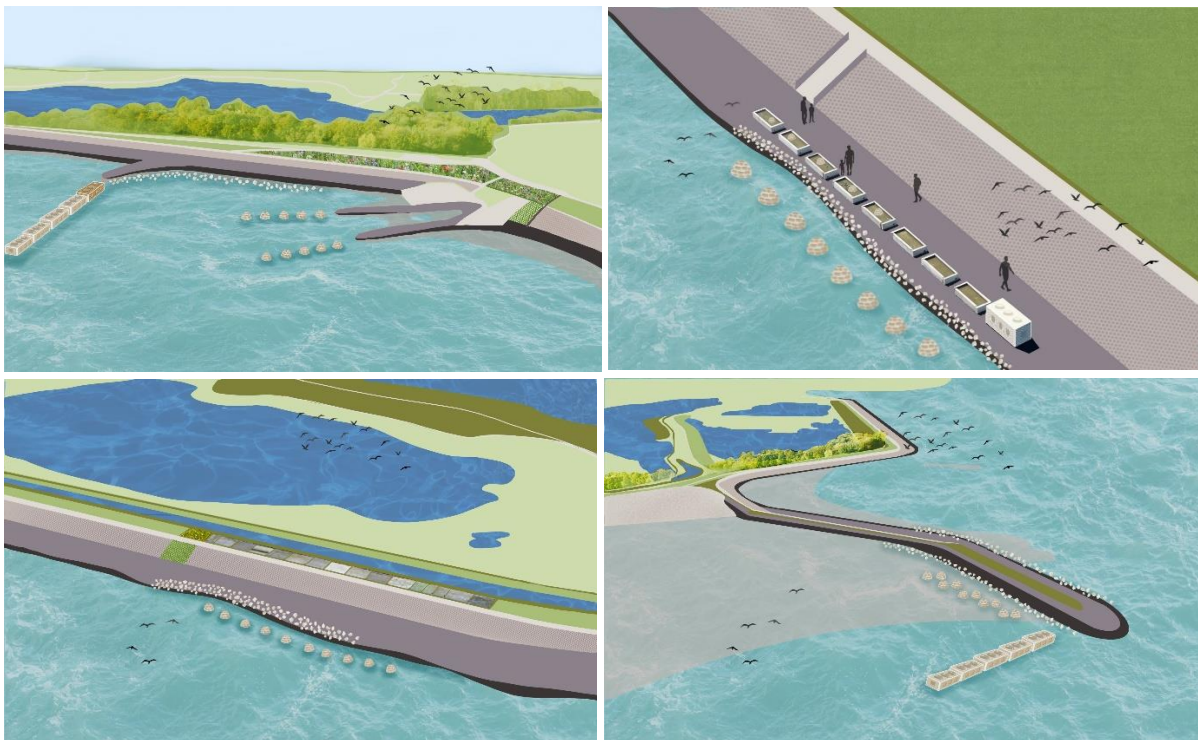
- Werkt als hybride kreukelberm en absorbeert golfenergie;
- Voorkomt erosie aan de teen van de dijk;
- Vergelijkbare stabiliteit als stortsteen.

Onderwaterleven

- Structuurrijke elementen als schuil- en vestigingsplekken;
 - O.a. Mosselen, oesters, krabben, garnalen en juveniele vis (kraamkamerfunctie)
- Bevorderen kolonisatie door schelpdieren en algen.

Toepassing Mecal Nodes in De Levende Dijk

Mecal Nodes zullen worden toegevoegd aan de dijkzone van De Levende Dijk als innovatieve dijkbekleding met meerwaarde voor de delta-ecologie. De toepassing zal zijn op de locaties waar al stortsteen wordt toegepast in de vooroever. Er zijn voor De Levende Dijk vier mogelijke locaties uitgekozen. Op alle vier de locaties kunnen Nodes toegepast worden. Lees hier meer over in het uitwerkingsplan.



Nodes als oeverbescherming bij gemaal- en inlaatconstructies, natuurvriendelijke oevers en zones waar zowel erosiebestendigheid als ecologische meerwaarde gewenst zijn.



Vorbereiding, productie en aanleg

Drie locaties zijn bereikbaar over land via de onderhoudsstrook gelegen naast de dijk. Alleen bij de vierde locatie (Zuidbout) zal de installatie plaatsvinden vanaf het water.

- Zelfde logistiek als stortsteen, maar dan met Nodes;
 - Bij voorkeur geen toevoeging van nieuw stortsteen op deze locaties.
- Inbrengen met kraan of schip
 - Afhankelijk van de werkzaamheden van de partners en samenwerkingen
- Geen grote extra ruimtelijke impact

Waarde en opschaling Zuidwestelijke delta

Mecal Nodes voegen biodiversiteit toe zonder in te leveren op waterveiligheid.

- Direct toepasbaar (plug-in oplossing)
- Grote schaal mogelijk door standaardisatie
- Sterke koppeling waterveiligheid + ecologie

Het project is voor Mecal een succes wanneer betrokkenen bij toekomstige dijkversterkingsprojecten bij De Levende Dijk een realistisch voorbeeld kunnen zien van een groene dijkzone en overtuigd worden van de praktische haalbaarheid en ecologische voordelen.

Mecal

Mecal is een ingenieurskantoor uit Enschede, waar sinds 1989 aan diverse productontwikkelingen wordt gedaan, zoals een modulair betonnen systeem om torens voor windenergie mee te bouwen en high-techsystemen om wind mee te meten. Sinds 2023 werkt Mecal aan het ontwerpen en produceren van vriendelijkere opties voor nodige infrastructuur ten goede van de aquatische biodiversiteit, zowel offshore als bij de binnenwateren.

Voor meer informatie kun je ook kijken op: <https://mecal.nl/mecal-nodes/>



Rock/Node Toe Protection 

Replace 15% of the rock protection with Nodes to encourage ecological growth.

1. Inleiding

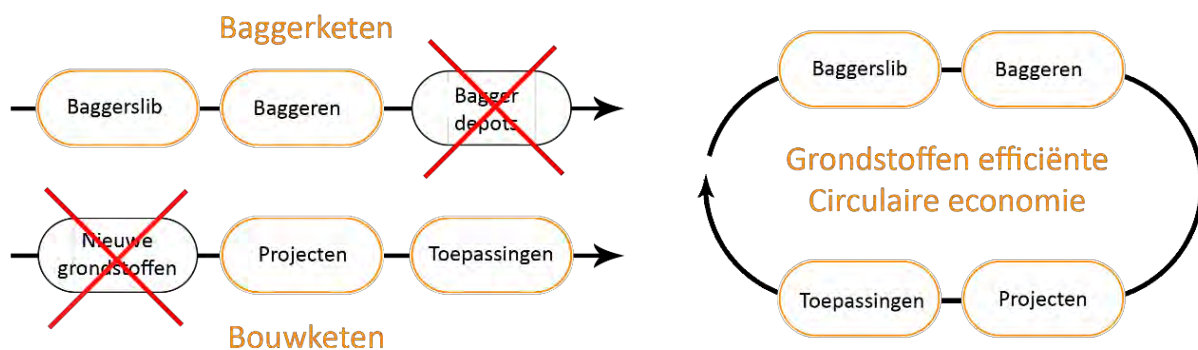
Het project De Levende Dijk richt zich op het vergroten van de biodiversiteit in combinatie met het ontwikkelen van de benodigde dijkveiligheid om klimaatverandering het hoofd te bieden. Traditionele 'harde' dijkversterkingen accommoderen momenteel onvoldoende oplossingen om aan de doelstellingen rondom biodiversiteit invulling te geven. Zeker gezien de eisen vanuit wetgeving zoals de Natura2000 en opvattingen vanuit het maatschappelijke debat is er een grote wens om bouwstenen te ontwikkelen die bijdragen aan de biodiversiteit in het gebied én de waterveiligheid tegelijkertijd versterken. Bovendien zullen dijken in 2050 voor 100% uit circulaire materialen moeten bestaan wat met de huidige toegepaste technieken nog onmogelijk is.

In het kader van biodiversiteit zijn verschillende mogelijkheden kansrijk. Om flora en fauna te creëren langs het projectgebied aan de Oosterschelde zijn diverse mogelijkheden bedacht en vormgegeven zoals het toepassen van riffstructuren, wisselende onderwater bermzones en open taluds afgewisseld met vegetatie. Met deze maatregelen zullen de natuurwaarden in de getijdenzone aanzienlijk worden vergroot. Door te innoveren in het materiaalgebruik kunnen deze oplossingen bovendien verduurzaamd worden en zelfs circulair. Dit wordt bereikt door bijvoorbeeld lokaal sediment in te zetten als bouwstof.

Sinds de start van het project is er inmiddels met diverse partijen, zoals waterbouwers, ingenieursbureaus, betonleveranciers, onderzoeksinstituten, waterschappen, gemeenten en onderwijsinstellingen contact gezocht. Veel nieuwe ideeën en mogelijkheden zijn hieruit ontstaan. Dit draagvlak heeft de innovatie nodig om verdere ontwikkeling, ondersteuning en acceptatie mogelijk te gaan maken.

2. Bouwen met lokaal sediment

Door lokaal sediment, dat in sommige gevallen als afval behandeld wordt, ook lokaal in te zetten voor het maken van harde bekledingselementen of rif structuren, wordt er invulling gegeven aan een circulaire dijk van kruin tot teen. Door het koppelen van de baggerketen met de bouwketen ontstaat een nieuwe duurzame circulaire keten. Naast de voordelen op het gebied van uitstootreductie van broeikasgassen en andere milieubelastingen, zijn er ook economische winsten te behalen. Zo wordt het transport van (bouw)materialen beperkt tot de afstand tussen de lokale baggerfabriek en de toepassing, en worden kosten bespaard op de afvoer van baggerspecie.



De kern van de innovatie is het koppelen van de bouwketen met de baggerketen waardoor er een duurzaam bouwproduct geproduceerd wordt binnen een nieuwe circulaire keten. Bovendien zal het product aan het einde van zijn levensduur weer kunnen worden hergebruikt tot eenzelfde nieuwe toepassing, bijvoorbeeld door het materiaal te verpulveren.

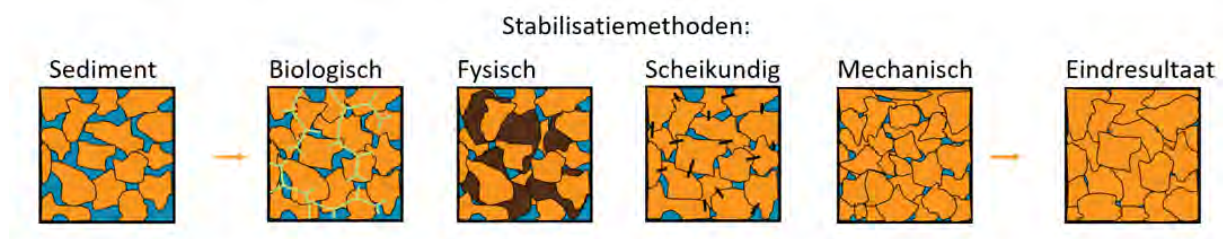
Samengevat kan de innovatie de volgende voordelen opleveren:

- Goedkopere grondstoffen voor bouwelementen → lagere bouwkosten.
- Minder transportafstand door lokale winning & productie → Duurzamer (MKI), lagere kosten en minimaliseren van omgevingshinder doordat productie lokaal plaatsvindt.
- Mogelijkheid om materiaal te verpulveren en te hergebruiken in dezelfde toepassing → Bouwelementen die 100% circulair zijn.
- Geen grote hoeveelheden (schaarse) ruwe materialen nodig → de bouwelementen worden voor een aanzienlijk deel uit lokaal sediment gemaakt.
- Bouwelementen van sediment hebben een aanzienlijke ecologische meerwaarde → door samenstelling uit lokaal sediment past het materiaal in het lokale ecologische systeem, dit bevordert ontwikkeling van flora en past bij aanwezige fauna.
- Blokken worden op maat ('custom') gemaakt → Hierdoor kunnen vrijwel alle gewenste eigenschappen van de bouwelementen worden afgestemd op de specifieke situatie, waardoor geen onnodige extra bindmiddelen toegevoegd hoeven te worden.



De toepasbaarheid van het sediment hangt sterk samen met de milieukundige en geofysische kwaliteit van het materiaal. De milieukundige kwaliteit van sediment wordt gekenmerkt door de mate van verontreiniging en bepaalt of de wetgeving toestaat dat dit materiaal ergens mag worden toegepast. De geofysische kwaliteit anderzijds is bepalend voor de verwerkbaarheid van het sediment en is dus een maat voor de potentie van sediment om hergebruikt te worden als bouwstof.

Om van nat gewonnen sediment naar sterke en duurzame blokken te gaan, dient in elk geval de materiaalkundige kwaliteit van het product aanzienlijk verbeterd te worden. Hiervoor zijn verschillende stabilisatiemethoden beschikbaar welke grofweg zijn onder te verdelen in vier hoofdmethoden;



- Biologische stabilisatie = verbeteren structuur door natuurlijke rijping / landfarming.
- Fysische stabilisatie = verbeteren korrelverdeling door additie ander type grond.
- Scheikundige stabilisatie = verhogen bindingskrachten door toevoeging vezels&binders.
- Mechanische stabilisatie = verbeteren pakkingsgraad onder invloed van compactie.

Binnen deze stabilisatiemethoden zijn verschillende opties beschikbaar, zoals perstechnieken, binders, sediment toevoegingen, (geo)polymeren en vezels. De stabilisatiemethode wordt geselecteerd op basis van NETICS modellen. De volgende aspecten zijn hierin leidend:

FACTSHEET NETICS – STRUCTUREN VAN GESTABILISEERD SEDIMENT

- Optimalisatie op basis van modellering: optimale stabilisatie voor het type sediment.
- Vormvastheid van het materiaal (afmetingen en structuur).
- Materiaalkundige eigenschappen (zoals doorlatendheid, dichtheid en hardheid).
- Erosiebestendigheid en duurzaamheid bij weersinvloeden.
- Gunstige combinatie van prijs en MKI-score.
- Ecologische meerwaarde van het product in relatie tot de omgeving.

Een belangrijk aspect van bouwelementen is dat deze worden vervaardigd uit lokaal beschikbare sediment. Dit betekent dat de samenstelling van de baggerspecie bepaalt of en op welke wijze deze gestabiliseerd kan worden tot bouwelement. Een hoog organische stofgehalte, specifieke zuurgraad, zoutgehalte en vele andere eigenschappen beïnvloeden de stabilisatiemethode.

Met dit concept streven we naar een 100% circulaire en biobased oplossing. Dit concept biedt bovendien unieke kansen om een nieuwe Nature-based Solution toe te passen als toevoeging op de realisatie van toekomstige dijkversterkingen. De vooroever wordt gerealiseerd op het scheidsvlak van de natuurvoorziening waarbij extra schuilmogelijkheden ter plaatse gecreëerd worden. Door de ecologische functie te versterken en verder te integreren wordt een robuuster ecologisch systeem gerealiseerd.



3. Ontwerpideeën

In het ontwerp van De Levende Dijk worden diverse bouwelementen voorzien. Op de

vormen en functies van de elementen zullen de materiaaleisen worden aangepast. Het ontwerp vormt dus de basis hoe er van lokaal sediment de harde structuren zoals zetsteen, breuksteen en riffblokken worden gemaakt die qua bescherming en levensduur gelijkwaardig zijn aan de traditionele oplossingen. Door lokaal gewonnen sediment in te zetten voor het maken van een duurzame oeverbescherming, kan invulling worden gegeven aan de circulariteitsambities van het project. Oosterschelde sediment is in potentie een materiaal dat van zichzelf al redelijk erosiebestendig is en door het zandgehalte en de korrelspreading geschikt om sterke blokken van te maken.



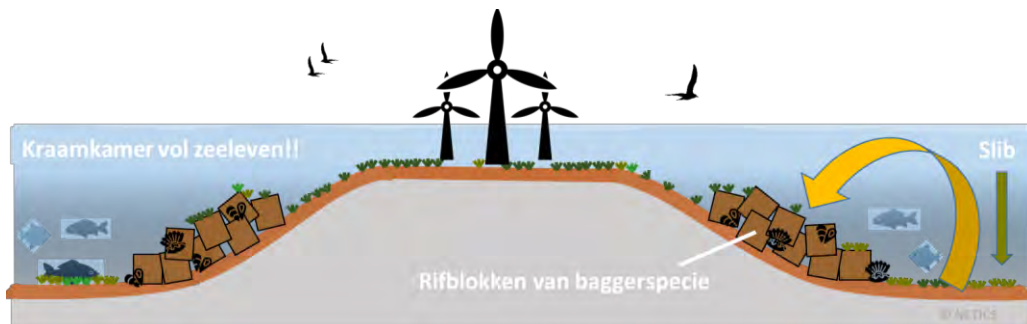
De volgende uitgangspunten kunnen worden gehanteerd bij het ontwerp van de Levende Dijk:

1. De vooroever heeft een geleidelijke overgang van land naar water. Planten en dieren zijn gebaat bij dergelijke oevers, de biodiversiteit kan toenemen en er kan gebruik worden gemaakt van natuurlijke processen binnen het ecosysteem.
2. Ecologische ontwikkeling, beeldkwaliteit en uitstraling van de Oosterschelde is van groot belang. Er wordt daarom gebruik gemaakt van natuurlijke en lokaal aanwezige materialen en reststromen.
3. Het ontwerp geeft invulling aan de circulaire ambities die in alle lagen van het Nederlandse waterbeleid zijn gesteld:
 - o Geen gebruik van kunststoffen.
 - o Geen gebruik van uitlogende materialen.
 - o Bij desintegratie van de toegepaste materialen in het ontwerp mogen geen microplastics vrijkomen.
 - o Zo circulair mogelijk.
4. Het ontwerp heeft geen negatieve invloed op het functioneren van de dijk en heeft positieve invloed op aanvullende ecologische functies zoals schuil- en verblijfsmogelijkheden voor fauna.
5. De (voor)oever kan uiteindelijk begroeien.
6. In de luwe ondiepe zone vóór de dijk en op de luwe ondiepte zuid van de NVZ worden groeiplaatsen voor onderwaterfauna, groeiplaatsen voor oesters en mosselen en schuilmogelijkheden voor vissen gecreëerd. De ecologische functie van de dijk wordt met het ontwerp nader versterkt.
7. Ten opzichte van het traditionele / initiële ontwerp moet een MKI reductie van tenminste 40% worden bereikt

Deze uitgangspunten geven ruimte voor meerdere ontwerpen, waarbij ecologie en circulariteit de basis vormen. NETICS heeft zich ontwikkeld als expert op het gebied van materiaalkunde en hergebruik, en heeft al veel projecten uitgevoerd die raakvlakken hebben bij deze uitgangspunten. Enkele opties zullen hieronder worden belicht.

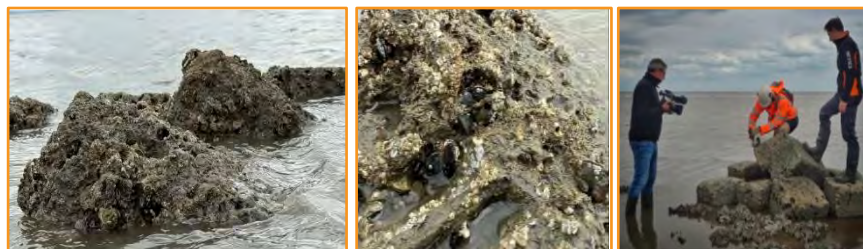
Rifblokken van baggerspecie

Om het ecologisch herstel te bevorderen en bij te dragen aan circulaire waterbouw heeft NETICS in 2021 in totaal 400 rifblokken van baggerspecie uit de Eems-Dollard gemaakt. Hier zijn recepten ontwikkeld voor zachte blokken (levensduur 0-5 jaar, 87% bagger) en harde blokken (levensduur 5-10 jaar, 69% bagger). De recepten zijn in dit project specifiek ontwikkeld om erosie van het oppervlak toe te staan, waarbij de zachte blokken snel verruwing van het oppervlak laten zien, bij de harde blokken gaat dit proces langzamer. De toegepaste productiemethode (22 kg CO₂/ton) leidde tot een aanzienlijke CO₂-reductie ten opzichte van beton (143 kg CO₂/ton) en bakstenen (200 kg CO₂/ton). Tot slot dragen de rifblokken bij aan het bevorderen van ecologische waarden: de blokken vormen een hard substraat waaraan oesters en mosselen zich hechten. Als bijkomend voordeel hebben de rifblokken een golfremmende werking, waardoor ze bijdragen aan de waterveiligheid in vooroeverzones.



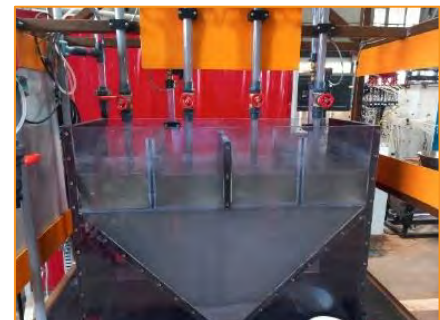
Figuur 1 Visualisatie rifblokken van baggerspecie

De rifblokken zijn gedurende vier jaar gemonitord om inzicht te krijgen in hun fysische stabiliteit, ecologische ontwikkeling en zettingsgedrag. Ecologisch onderzoek toonde een toename in biodiversiteit: allereerst vormde biofilm, algen en wieren. Na enige erosie was het mogelijk voor slakken om zich in kleine gaten en kieren te vestigen. Hierna zijn ook biobouwers zoals mosselen en oesters aangetroffen, dit proces was gestimuleerd door de porositeit en ruwe oppervlakken.

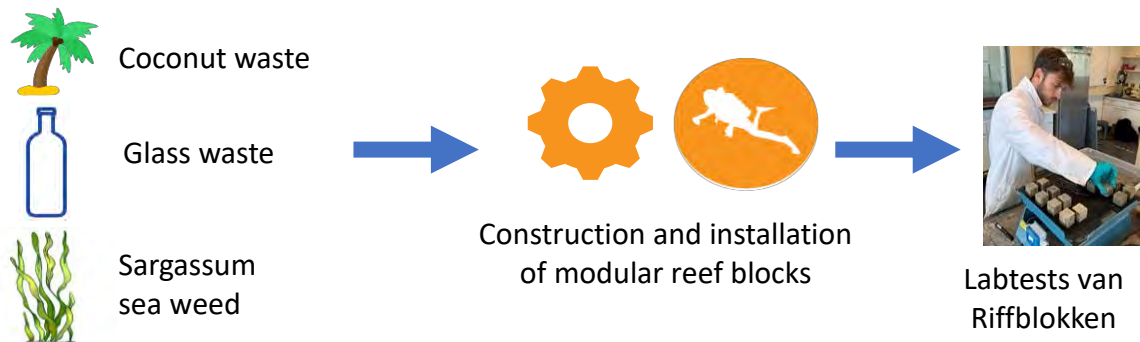


In het kader van duurzaamheid heeft NETICS een innovatieve machine ontwikkeld die de levensduur van rifblokken kan toetsen en voorspellen. Hierdoor kan het materiaal van een kunstmatig rif specifiek ontworpen worden op een gewenste erosiesnelheid, waardoor de levensduur en de snelheid van verruwing van het oppervlak specifiek ontworpen kan worden.

De erosiemachine kan hierbij lokale stroomsnelheden en fluctuerende getijdewerking simuleren, waardoor een accurate voorspelling kan worden gedaan.



Naast het maken van rifblokken van baggerspecie voert NETICS ook materiaalstudies uit waarbij andere materiaalstromen worden toegepast. Bij een ander innovatief project, genaamd ReefXycle, ontwikkelt NETICS samen met projectpartner REEFolution rifblokken die volledig bestaan uit lokale reststromen zoals glas, kokosnootschillen en zeewier. Deze materialen worden lokaal ingezameld in Kenia en vervangen conventionele betonnen rifelementen, wat leidt tot een reductie van 50% tot 75% in milieu-impact en aanzienlijk lagere productiekosten. De blokken zijn lichter, modulair en biologisch gunstiger voor koraalgroei, waardoor ze een effectief alternatief vormen voor traditionele betonnen rifstructuren.



Verder zijn er diverse materiaal studies op het gebied van kunstmatige riffen uitgevoerd, waar voornamelijk op de ecologische hechting en de levensduur van de riffen gefocust werd (zie afbeeldingen hieronder).



Zetsteen van baggerspecie

In het geval van een zetsteen (dijkbekleding) is veiligheid essentieel. Hierbij zijn eigenschappen als stabiliteit, sterkte en erosiebestendigheid cruciaal. Vandaar dat volgens de normering voor zetsteen (NEN 7024-1+C1) hoge eisen worden gesteld. De stenen moeten stabiel zijn onder golfaanval en stroming, met een minimale levensduur van 50 jaar in deze condities. Om dit te waarborgen gelden de volgende hoofdeisen volgens de normering:

- Druksterkte \geq C30/37
- Buigsterkte \geq 3,6 MPa
- wateropname $<$ 6%,
- en voldoende vorst-dooiweerstand voor een levensduur $>$ 50 jaar.

Een hoog organisch gehalte ($>$ 10% veen) of een groot aandeel fijne fracties ($>$ 50% silt) vermindert de stabiliteit en sterkte van het eindproduct. Door de samenstelling van het mengsel (het 'recept') zorgvuldig af te stemmen en alternatieve bindmiddelen te verkennen, kan echter een breed scala aan baggersoorten worden hergebruikt. Dankzij de hoge persdruk in het GEOWALL®-proces is het in sommige gevallen zelfs mogelijk het cementgehalte sterk te reduceren of volledig te vervangen door duurzamere binders, zoals puzzolanen (silica- of alumina-rijke mineralen). Eventuele verontreinigingen worden tijdens het persen fysisch en chemisch ingesloten, waardoor toxische stoffen worden geïmmobiliseerd. Dit wordt altijd getoetst d.m.v. een uitloogtest conform het Besluit Bodemkwaliteit.



In 2022 werd in Hansweert (Zeeland) een proefvak op een dijk van circa 100 m², geproduceerd op het terrein van Waterschap Scheldestromen. De stenen, elk met een afmeting van 50x50x50 cm, zijn onderworpen aan getijdenwerking, golfbelasting en stroming gedurende 3 jaar. De doelstellingen van de pilot waren drieledig:

- Toetsen of de zetsteen van baggerspecie technisch en constructief voldoet aan de eisen van reguliere dijkbekleding (NEN 7024);
- Inzicht verkrijgen in ecologische en milieutechnische effecten;
- De economische en circulaire meerwaarde van het concept onderzoeken.

Na drie jaar blootstelling aan golfaanval, stroming en getijdenwerking zijn de blokken volledig intact gebleven. Van de zetstenen zijn kernboringen genomen, die in het laboratorium zijn geanalyseerd op druksterkte en menging (homogeniteit). De resultaten zijn vergeleken met conventionele betonnen zetstenen, die als controlegroep op het dijkvak waren geplaatst. De eerste analyses bevestigen dat de

materiaaleigenschappen van de zetsteen van baggerspecie niet significant onderdoen aan conventioneel beton.

FACTSHEET NETICS



Naast technische en economische voordelen biedt zetsteen van baggerspecie ook ecologische kansen. Door de natuurlijke samenstelling ontstaat een ruw oppervlak waarop algen, wieren en schelpdieren zich beter kunnen hechten. Op de onderste helft blokken vormde al snel een laag biofilm / algen, waarbij tussen de blokken ook enkele krabben en andere organismen te zien waren. Door het lagere pH-niveau van het materiaal vestigen zich natuurlijke organismen beter dan op traditioneel beton. De GEOWALL®-techniek maakt het bovendien mogelijk om ecotoppings (zoals lavakorrels of schelpenfragmenten) en microstructuren mee te persen, waarmee de biodiversiteit verder kan worden vergroot.