



Groei van de zeereep op schaal decennia

Ontwikkeling van een conceptueel model

18-06-2025

Groei van de zeereep op schaal decennia

Ontwikkeling van een conceptueel model

Brackx, M.; Verwaest, T.; Dan, S

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2025
D/2025/3241/149

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Brackx, M.; Verwaest, T.; Dan, S (2025). Groei van de zeereep op schaal decennia: Ontwikkeling van een conceptueel model. Versie 4.0. WL Rapporten, 22_006_4. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2025R22_006_4
Trefwoorden (3-5):	duinen, kustmorfologie, veerkracht		
Kennisdomeinen:	Kustbescherming > erosiebescherming kust > duinen		
Tekst (p.):	32	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Brackx, M.; Verwaest, T.
------------	--------------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Dan, S.	Getekend door: Sebastian Dan (Signature) Getekend op: 2025-06-23 12:14:24 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed  
Projectleider:	Verwaest, T.	Getekend door: Verwaest Toon Getekend op: 2025-06-23 11:27:40 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed  

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Bellafkih Abdelkarim Getekend op: 2025-06-23 13:19:54 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed  
-----------------	---------------	---

Abstract

Het MANABAS COAST 2022-2027 partnerschap (Interreg Noordzeeregio) richt zich op het implementeren van op de natuur gebaseerde oplossingen (NbS) voor kustbescherming. Voor de Belgische kust is de focus op de regeneratie van duinen als duurzame zeewering.

In dit rapport wordt onderzocht hoe de zeereep aan de Belgische kust in de afgelopen decennia geëvolueerd is, op basis van een analyse van ca. 40 jaar aan plusminus jaarlijkse topografische gegevens, wat een waardevolle basis biedt voor het analyseren van niet-lineaire morfologische trends.

Een conceptueel model is ontwikkeld dat aangeeft dat er aan de Belgische kust in de afgelopen decennia een proces van natuurlijke voeding van zand van de kustlijn naar de zeereep opgetreden is ten bedrage van ca. 5 m³/m/jaar waarbij golven de maatgevende forcering zijn.

De resultaten van de studie benadrukken drie belangrijke morfologische randvoorwaarden voor het verkrijgen van veerkrachtige duinen: 1) het handhaven van de kustlijn, 2) het vermijden van infrastructuur die zanduitwisseling tussen strand en duinen belemmert, 3) het bieden van ruimte voor duinen om in de hoogte of in de breedte te kunnen groeien.

In de komende jaren zal het project zich richten op het verder in de diepte onderzoeken van de waargenomen duingroei en de factoren die deze beïnvloeden, om zo tot een nauwkeuriger voorspellend model te komen.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de figuren	V
1 Inleiding	1
2 Algemene evolutie.....	2
3 Westkust.....	3
3.1 Spontane duinaangroei De Panne – Westhoek natuurreserveaat	3
3.2 Duin voor badplaats in Oostduinkerke-west	6
3.3 Duin voor dijk in Nieuwpoort-Bad	8
4 Middenkust.....	10
4.1 Nieuwe duinen op het strand in De Haan.....	10
4.2 Duingroei tussen Wenduine en Blankenberge	15
4.3 Duingroei tussen Blankenberge en Zeebrugge	18
5 Oostkust.....	22
5.1 Duin voor dijk in Duinbergen	22
5.2 Duin voor dijk in Lekkerbek.....	26
6 Conceptueel model groei zeereep	29
7 Conclusie en vooruitblik	31
8 Referenties	32

Lijst van de figuren

Figuur 1 – De blow-outs ofte stuifgaten in de zeereep aan de Schipgatduinen zijn één van de weinige plaatsen waar nog verstuing optreedt. Helikopterbeeld na storm Dieter (14/01/2017)	2
Figuur 2 – Duinaangroei ter hoogte van De Panne – Westhoek natuurreservaat. Helikopterbeeld na storm Dieter (14/01/2017)	3
Figuur 3 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn vanaf het jaar 2000) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 1: De Panne – Westhoek natuurreservaat (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)	4
Figuur 4 – Morfologische evolutie van strand en duinen in strook 1: De Panne – Westhoek natuurreservaat	5
Figuur 5 – Helikopterbeeld na storm Dieter (14/01/2017) van westelijk deel van Oostduinkerke (strook 9) .	6
Figuur 6 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 9: Oostduinkerke-west (data afkomstig van Houthuys et al, 2022).....	6
Figuur 7 – Morfologische evolutie van strand en duinen in strook 9: Oostduinkerke-west.....	7
Figuur 8 – Helikopterbeelden van Nieuwpoort-Bad (strook 11) na storm Dieter (14/01/2017)	8
Figuur 6 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 11: Nieuwpoort-Bad (data afkomstig van Houthuys et al, 2022).....	8
Figuur 10 – Morfologische evolutie van strand en duinen in strook 11: Nieuwpoort-Bad.....	9
Figuur 11 – Helikopterbeeld van nieuwe duinen op het strand in De Haan (stroken 33 en 34) na storm Dieter (14/01/2017)	10
Figuur 12 – Rijshouthagen zeewaarts van de Koninklijkebaan in stroken 33 en 34 (De Haan). Luchtfoto Vlaanderen, zwart-wit, zomer 1971	11
Figuur 13 – Nieuwe duinen in stroken 33 en 34 (De Haan). Luchtfoto Vlaanderen, kleur, zomer 1989	11
Figuur 14 – Nieuwe duinen in stroken 33 en 34 (De Haan). Luchtfoto Vlaanderen, kleur, winter 2000-2003	11
Figuur 15 – Nieuwe duinen in stroken 33 en 34 (De Haan). Luchtfoto Vlaanderen, kleur, winter 2023	11
Figuur 10 – Morfologische evolutie van strand en duinen in stroken 33 en 34 (De Haan).....	12
Figuur 17 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 33 (De Haan) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)	13
Figuur 18 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 34 (De Haan) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)	14
Figuur 19 – Helikopterbeeld van de duinen tussen Wenduine en Blankenberge (strook 37) na storm Dieter (14/01/2017)	15
Figuur 20 – Morfologische evolutie van strand en duinen in de zone tussen Wenduine en Blankenberge (strook 37)	16

Figuur 21 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 37 (duinen tussen Wenduine en Blankenberge) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)	17
Figuur 22 – Helikopterbeeld van de duinen tussen Blankenberge en Zeebrugge (stroken 41 en 42) na storm Dieter (14/01/2017)	18
Figuur 23 – Morfologische evolutie van strand en duinen in de zone tussen Blankenberge en Zeebrugge (stroken 41 en 42)	19
Figuur 24 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 41 (duinen tussen Blankenberge en Zeebrugge) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)	20
Figuur 25 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 42 (duinen tussen Blankenberge en Zeebrugge) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)	21
Figuur 26 – Helikopterbeeld van duin voor dijk te Duinbergen (strook 46) na storm Dieter (14/01/2017)...	22
Figuur 27 – Duin voor dijk in Duinbergen 17/9/2023.....	22
Figuur 28 – Duin voor dijk te Duinbergen (strook 46). Luchtfoto Vlaanderen, kleur, winter 2000-2003	23
Figuur 29 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor de duin voor dijk te Duinbergen (strook 46) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)	24
Figuur 30 – Morfologische evolutie van strand en duinen in de zone Duinbergen (strook 46).....	25
Figuur 31 – Helikopterbeeld duin voor dijk in Lekkerbek (strook 50) na storm Dieter (14/01/2017)	26
Figuur 32 – Rijshouthagen op het droog strand te Lekkerbek (strook 50) (luchtfoto 4/7/1989)	26
Figuur 33 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor de duin voor dijk te Lekkerbek (strook 50) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022).....	27
Figuur 34 – Morfologische evolutie van strand en duinen in de zone Lekkerbek (strook 50)	28
Figuur 35 – Proces van natuurlijke voeding a rato van ca. 5 m ³ /m/jaar. Duinen worden geboren onder water.	29
Figuur 36 – Bevorderen van de groei van de zeereep door suppletie op het droog strand en/of rijshouthagen (of andere zandvangers).....	30

1 Inleiding

Het Europees partnerschap MANABAS COAST 2022-2027 is een project van Interreg Noordzee en werkt aan het verankeren van op de natuur gebaseerde oplossingen (NbS) voor de kustzone (<https://www.interregnorthsea.eu/manabas-coast>). Het Waterbouwkundig Laboratorium neemt deel aan dit partnerschap met de Vlaamse pilotproject rond duin voor dijk te Raversijde-Mariakerke. Op het einde van het MANABAS COAST project zal er een advies geformuleerd worden hoe de uitbreiding van op de natuur gebaseerde oplossingen verder gefaciliteerd kan worden, in de Noordzeeregio van Frankrijk tot Zweden, waarbij ingezoomd zal worden op de regionale specifieke context.

Voor de Belgische kust wordt als natuur gebaseerde oplossing de regeneratie van de duinen als efficiënte en duurzame zeewering onderzocht. Raversijde is de pilot binnen MANABAS COAST waar de in 2021 aangelegde duin op het droog strand intensief morfologisch gemonitord wordt. Op een tijdsschaal van decennia kan worden gebruik gemaakt van gegevens die beschikbaar zijn voor ca. 40 jaar dankzij plusminus jaarlijkse topografische monitoring van strand en duin. Sinds meerdere decennia is er een evolutie van groei van de zeereep opgetreden aan de Belgische kust. Ervoor is er een lange periode geweest waarin de duinen plaats moesten maken voor harde infrastructuur. In die periode werden de badplaatsen uitgebouwd. Tegelijk werden er harde zeeweringen aangelegd zoals zeedijken, duinvoetversterkingen en strandhoofden, waardoor duinen meer en meer hun natuurlijke zeewerende functie verloren.

In voorliggende studie wordt de morfologische evolutie van zeewerende duinen aan de Belgische kust in de afgelopen decennia onderzocht. In het bijzonder wordt de trend van groei van zeewerende duinen in de afgelopen ca. 40 jaar bestudeerd aan de hand van verschillende gevalstudies langs de kustlijn.

2 Algemene evolutie

De zanddynamiek in de meeste zeereepduinen is gereduceerd tegelijk met een toegenomen vegetatiebedekking. Deze stabilisatie is enerzijds te wijten aan menselijke ingrepen vanuit standpunt kustbescherming zoals aanplanten van helmgras, afsluiten van duinen waardoor betreding afneemt, plaatsen van windschermen. Anderzijds zijn er ook evoluerende externe factoren zoals stikstofdepositie die vegetatiebedekking hebben bevorderd en aldus zanddynamiek hebben gereduceerd.

Op een beperkt aantal plaatsen is er nog blootliggend zand en is er nog verstuiving waarneembaar. De omvangrijkste zanddynamische zone is te Schipgatduinen met de aanwezigheid van blow-outs. Het ontstaan van blow-outs in de zeereep zorgt daar voor aanvoer van zand in de omringende zone. Deze blow-outs ofte stuifgaten zijn van nature ontstaan op deze plek waar een structurele kustlijnachteruitgang opgetreden is, wat erg uitzonderlijk is aan de Belgische kust.



Figuur 1 – De blow-outs ofte stuifgaten in de zeereep aan de Schipgatduinen zijn één van de weinige plaatsen waar nog verstuiving optreedt. Helikopterbeeld na storm Dieter (14/01/2017)

Op de meeste plaatsen waar de duinen nog in verbinding staan met het strand schuift de duinvoet zeewaarts op ten gevolge van de vele suppleties in de voorbije decennia, aangevuld met een natuurlijke voeding uit zee met name aan de westkust. Dit blijkt ook uit het rapport morfologische trends (Houthuys et al., 2022). Daarenboven werd in de afgelopen decennia op veel plaatsen de duingroei gestimuleerd door de aanplant van helmgras en/of rijshouthagen. In de volgende hoofdstukken worden enkele opmerkelijke gevallen van duinaangroei nader bestudeerd.

3 Westkust

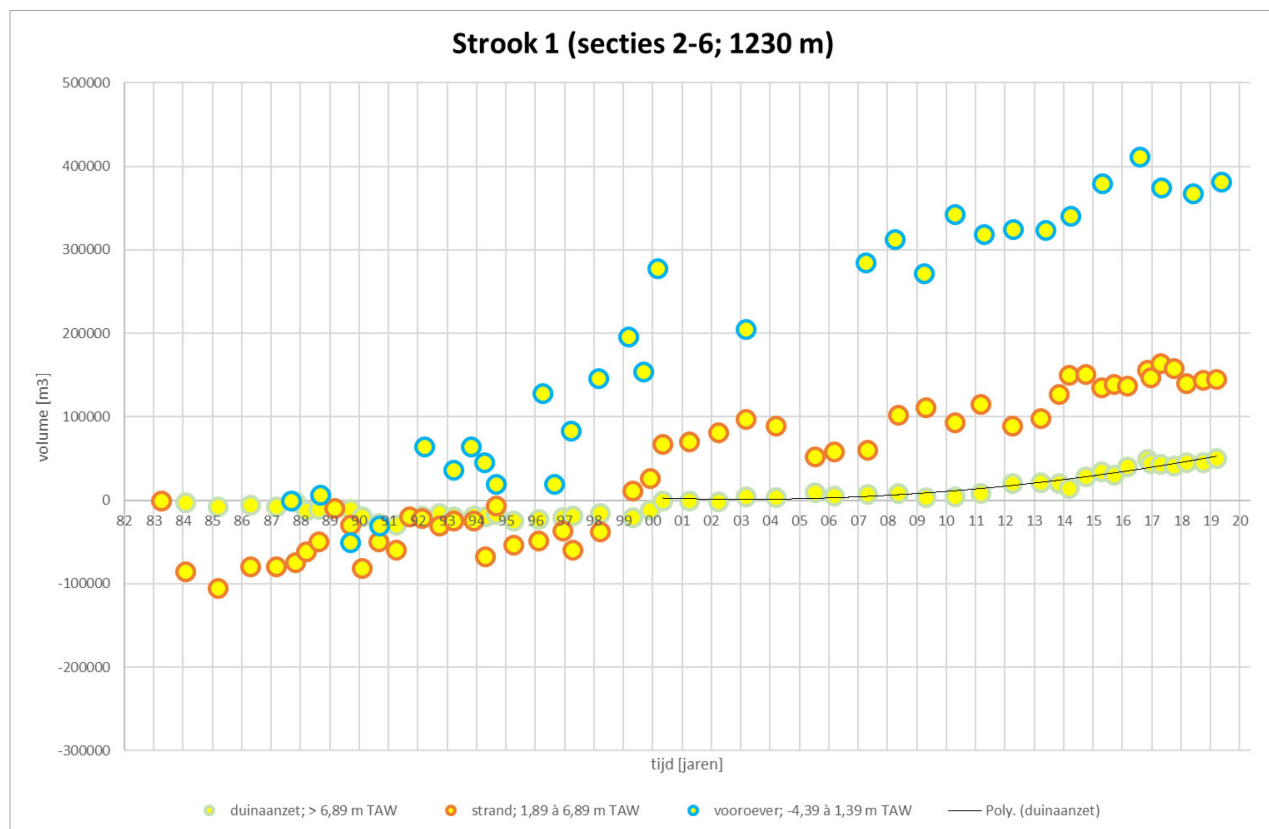
3.1 Spontane duinaangroei De Panne – Westhoek natuurreservaat

De duinen ter hoogte van het Westhoek natuurreservaat te De Panne (strook 1) breiden zeewaarts uit. In het westelijke deel groeien de duinen over de betonnen duinvoetversteving die in 1976-1979 werd aangelegd. Twee sluffers die werden aangelegd in 2004 zijn dichtgezand.



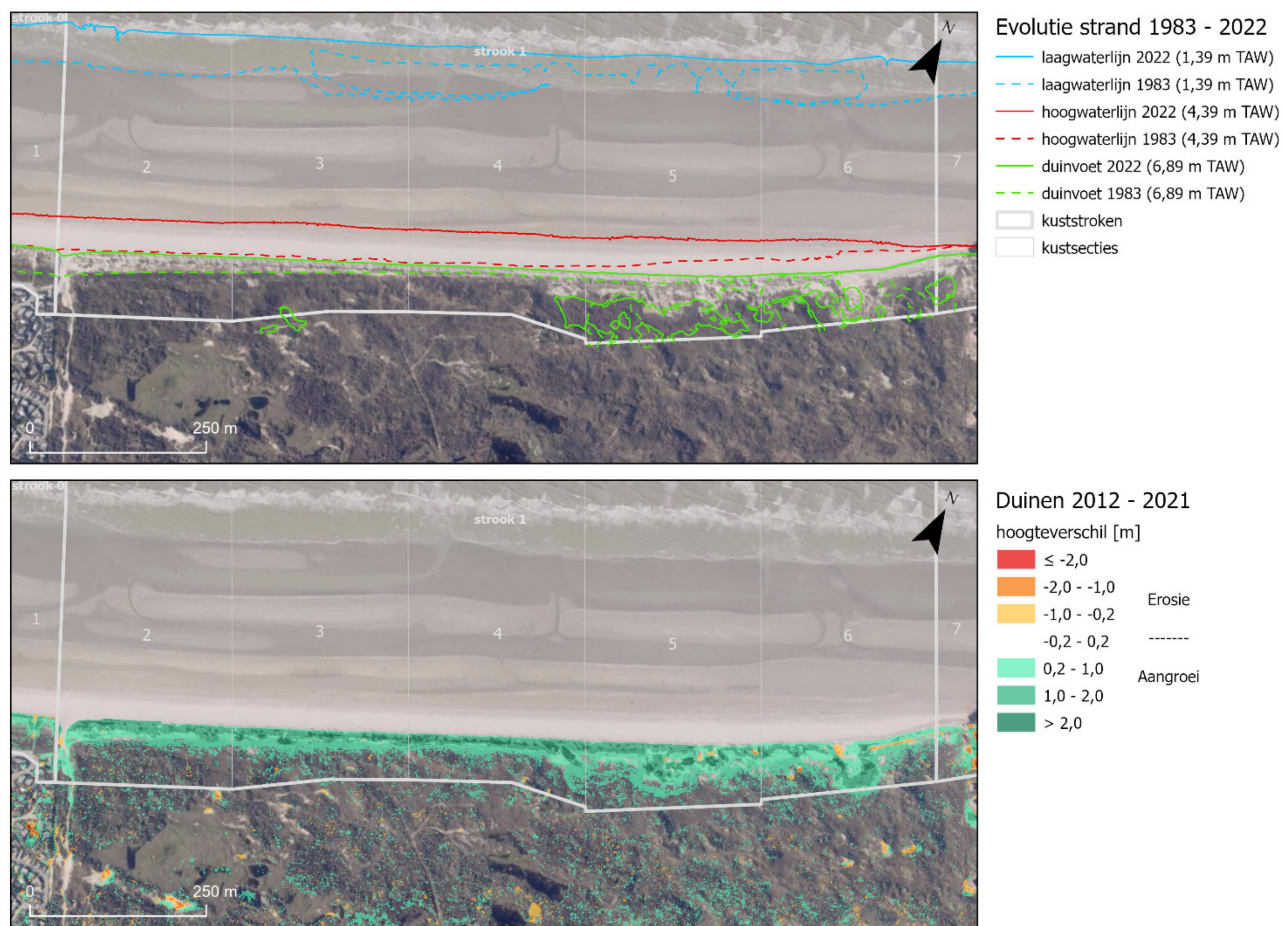
Figuur 2 – Duinaangroei ter hoogte van De Panne – Westhoek natuurreservaat. Helikopterbeeld na storm Dieter (14/01/2017)

De morfologische trend qua toename van het volume van de duinaanzet (hoogteschijf boven + 6,89 m TAW) bedraagt ca. 5 m³/m/jaar in de laatste jaren en is geleidelijk gegroeid sinds 2000 naarmate de betonnen duinvoetversteving meer en meer onderstoven geraakte. De vanaf 2000 in de tijd versnellende natuurlijke duinaangroei is bevorderd geweest door een gestage strandaangroei in dezelfde periode. De groei in volume van deze strook is begonnen op de vooroever en tegen de Franse grens. Er is geen externe zandaanvoer geweest in deze strook. Dankzij het herstel van het natuurlijke strand-duin profiel is in deze strook de natuurlijke voeding van de duinen vanaf het strand (ten bedrage van ca. 5 m³/m/jaar) terug actief.



Figuur 3 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn vanaf het jaar 2000) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 1: De Panne – Westhoek natuureservaat (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)

De zeereep is duinvoet geprogradeerd gedurende de afgelopen 40 jaar. In het midden van de strook met ca. 10 m, aan het westelijk uiteinde van de strook met ca. 20 m en aan het oostelijk uiteinde van de strook met 0 m. De hoogwaterlijn en de laagwaterlijn zijn nog meer dan de duinvoet zeewaarts opgeschoven, namelijk ca. 40 m.



Figuur 4 – Morfologische evolutie van strand en duinen in strook 1: De Panne – Westhoek natuurreserveaat

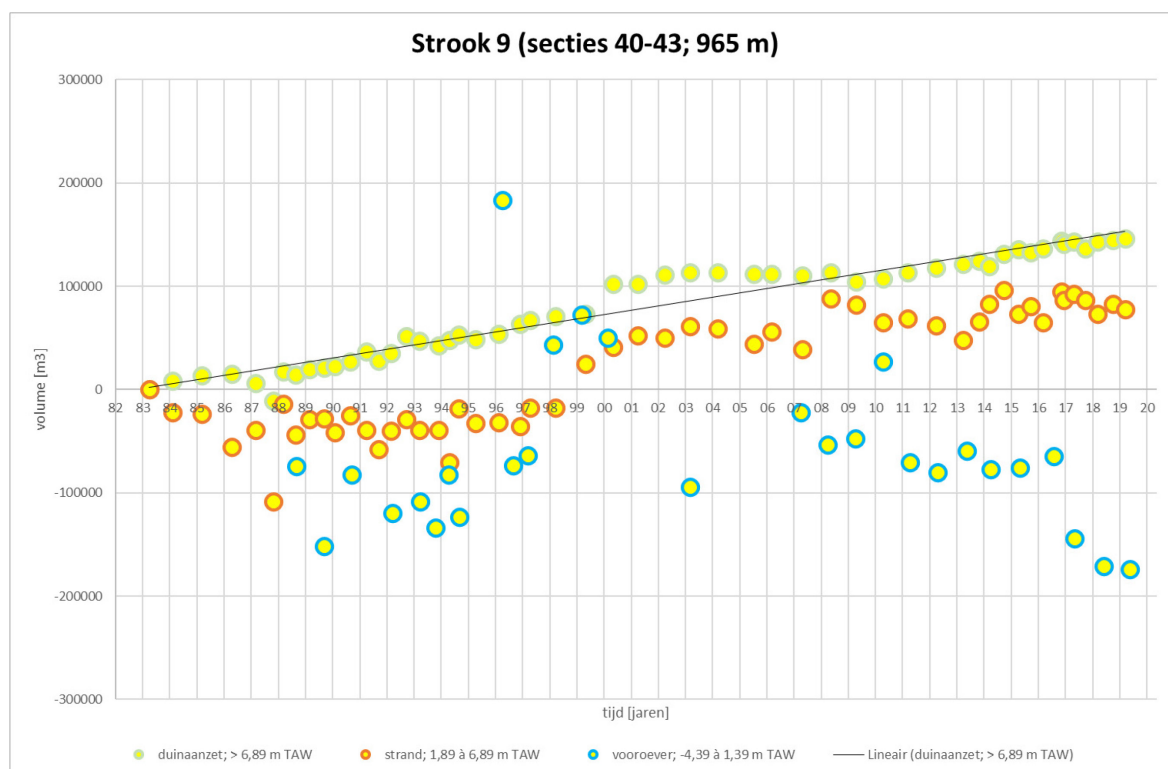
Een analyse van de evolutie van de duinvoet langs de Franse stranden ten westen van de grens geeft aan dat in de zone Dune du Perroquet (ruim 1 km lange strook vlak tegen de grens) sinds na WO II traag maar gestaag progradatie is opgetreden van in het totaal ongeveer 20 m (Zemmour, 2019). Deze aanwas thv Dune du Perroquet wordt in verband gebracht met de flauwere vooroever in deze zone veroorzaakt door de geometrie van het geul/bank systeem langs deze kust (Crapoulet, 2015). Lokaal ter hoogte van de camping net over de grens in F is er 5 à 10 m extra zeewaartse uitbouw gerealiseerd in vergelijking met de naburige zones als gevolg van lokale inspanningen om zand te vangen met rijshout en houten schermen.

3.2 Duin voor badplaats in Oostduinkerke-west

De duinen in deze zone (strook 9) zijn de afgelopen decennia gestaag gegroeid. Het gemiddelde aangroeiritme is ca. $4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ en is bepaald op basis van de jaarlijkse hoogte-opnames van 1983 tot en met 2019 in Houthuys et al, 2022. Deze duinaangroei is bevorderd geweest door een gelijktijdige strandaangroei in deze periode maar op de vooroever is er een ongeveer even grote erosie gebeurd. Er is geen externe zandaanvoer geweest in deze strook.

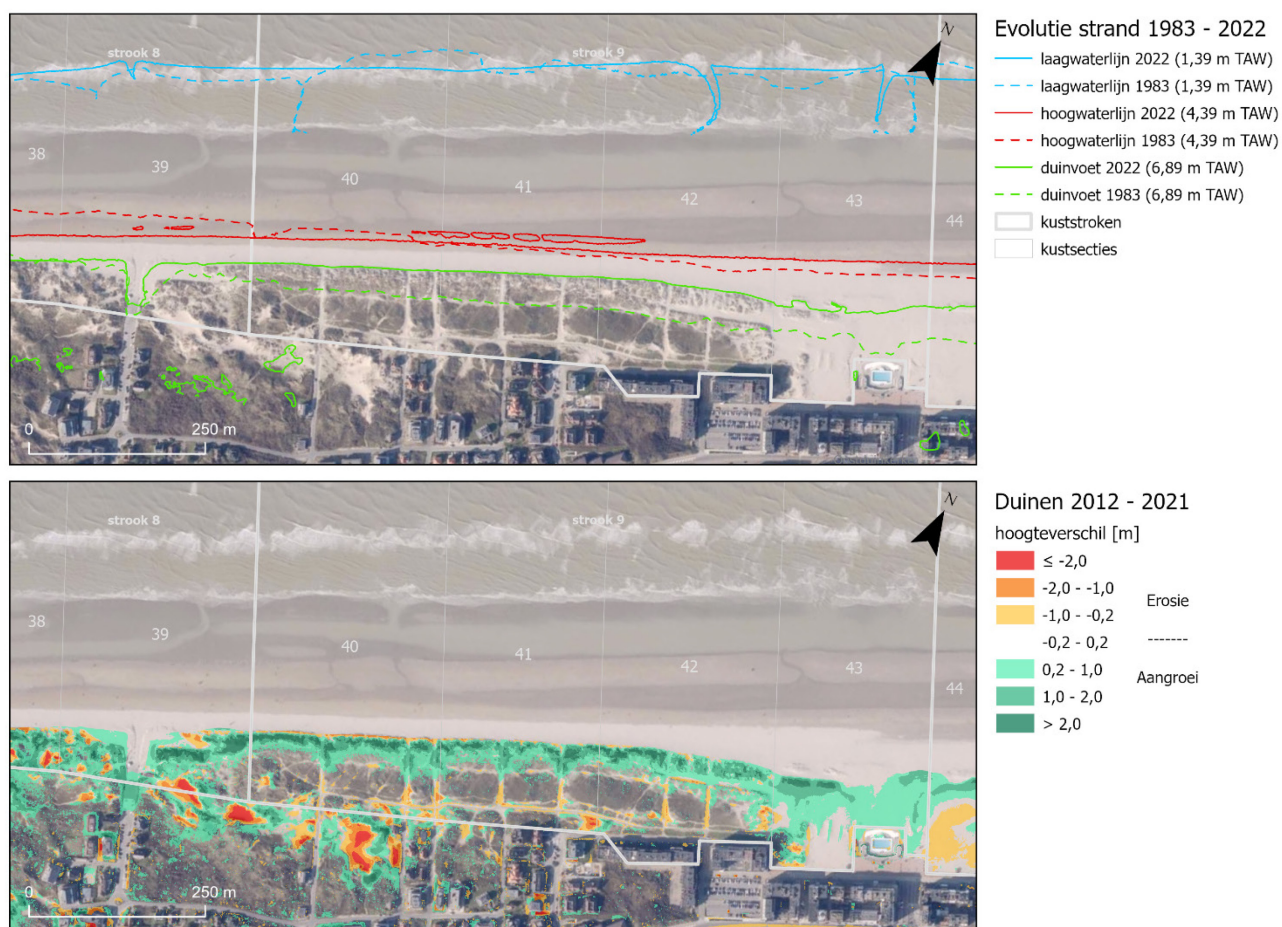


Figuur 5 – Helikopterbeeld na storm Dieter (14/01/2017) van westelijk deel van Oostduinkerke (strook 9)



Figuur 6 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 9: Oostduinkerke-west (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)

De duinvoet is ca. 40 m zeewaarts geprogradeerd gedurende de afgelopen 40 jaar. Hoogwaterlijn en laagwaterlijn zijn relatief stabiel gebleven.



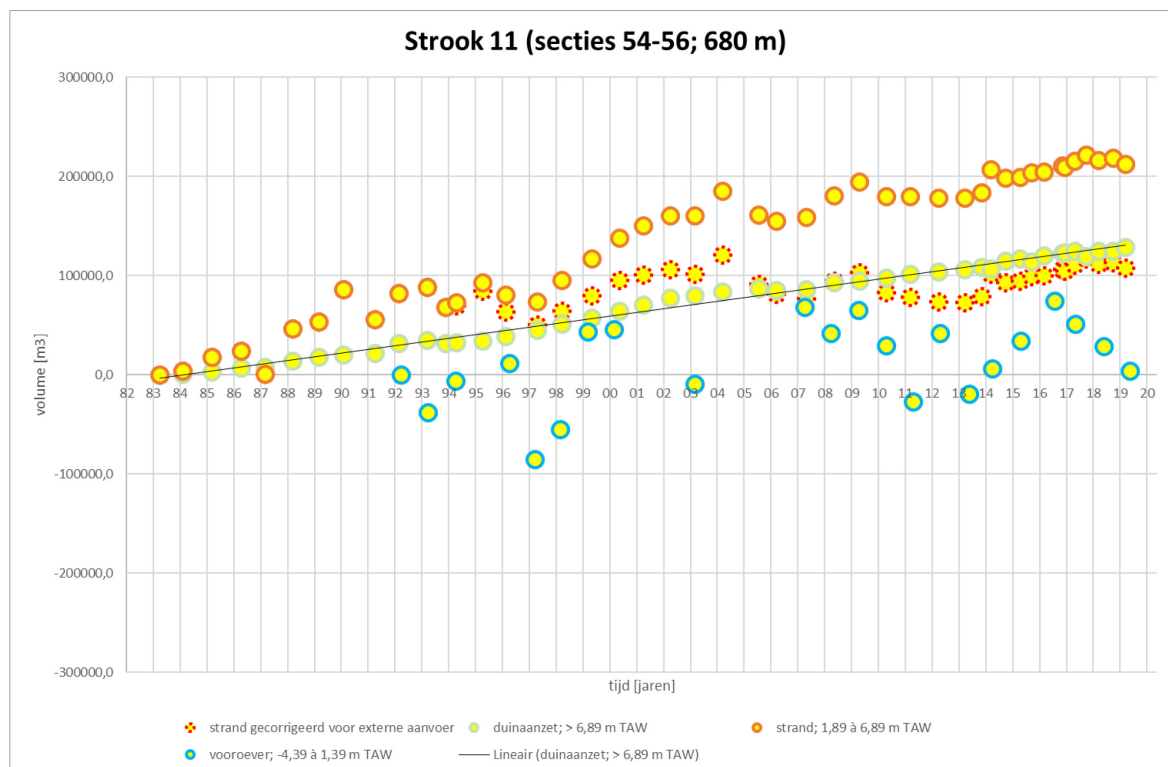
Figuur 7 – Morfologische evolutie van strand en duinen in strook 9: Oostduinkerke-west

3.3 Duin voor dijk in Nieuwpoort-Bad

De duinaanzet in deze zone te Nieuwpoort-Bad (strook 11) zijn de afgelopen decennia gestaag gegroeid. Het gemiddelde aangroeiritme is ca. $5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ en is bepaald op basis van de jaarlijkse hoogte-opnames van 1983 tot en met 2019 in Houthuys et al, 2022. Deze natuurlijke aangroei boven de +6,89 m TAW hoogtelijn is bevorderd geweest door een gelijktijdige strandaangroei. Het volume van de vooroever is ongeveer stabiel gebleven. In de periode 1994-2012 is er extern zand aangevoerd op het strand in deze strook, in relatief beperkte hoeveelheden. In het totaal is 105.000 m^3 aangevoerd in deze periode. Ook als men corrigeert voor deze externe aanvoer op het strand blijft er een netto strandaangroei waarneembaar.

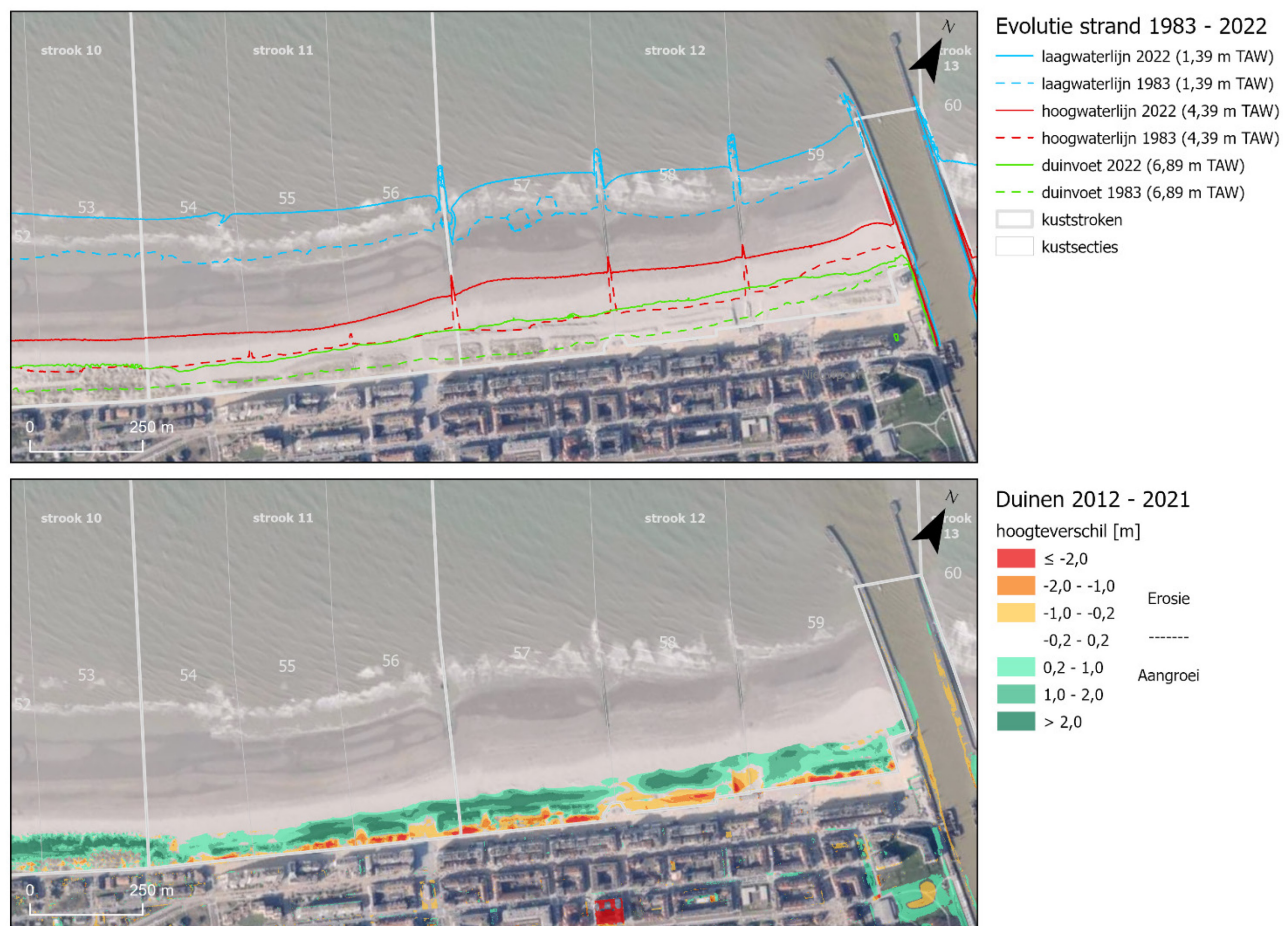


Figuur 8 – Helikopterbeelden van Nieuwpoort-Bad (strook 11) na storm Dieter (14/01/2017)



Figuur 9 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 11: Nieuwpoort-Bad (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)

De duinvoet is in deze strook ca. 40 m zeewaarts geprogradeerd gedurende de afgelopen 40 jaar. De hoogwaterlijn en de laagwaterlijn zijn nog wat meer zeewaarts opgeschoven. De vegetatie-ontwikkeling in deze duin voor dijk is beperkt ten gevolge van uitgevoerde onderhoudswerken i.k.v. het badplaatsbeheer.



Figuur 10 – Morfologische evolutie van strand en duinen in strook 11: Nieuwpoort-Bad

4 Middenkust

4.1 Nieuwe duinen op het strand in De Haan

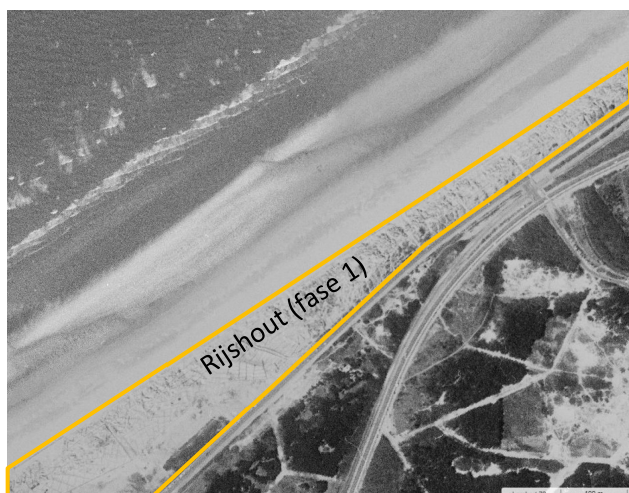
Tussen De Haan en Wenduine (stroken 33 en 34) werden rijshouthagen geplaatst over een strook van ongeveer 3,3 km lang.

Het betreft in feite een extra duinenrij die aansluit bij de duin die op deze locatie reeds in de jaren 70 werd aangelegd doormiddel van rijshouthagen. Op de orthofoto van 1971 is rijshout zichtbaar over de gehele lengte tussen De Haan en Wenduine. In de daaropvolgende decennia werd op verschillende tijdstippen nieuw rijshout geplaatst voor of bovenop het oude rijshout.



Figuur 11 – Helikopterbeeld van nieuwe duinen op het strand in De Haan (stroken 33 en 34) na storm Dieter (14/01/2017)

In de loop van de tijd treedt een sterke toename van helmgras op in de rijshoutvakken. Op de orthofoto van 2023 is te zien dat quasi alle vakken gekoloniseerd zijn.



Figuur 12 – Rijshouthagen zeewaarts van de Koninklijkebaan in stroken 33 en 34 (De Haan). Luchtfoto Vlaanderen, zwart-wit, zomer 1971



Figuur 13 – Nieuwe duinen in stroken 33 en 34 (De Haan). Luchtfoto Vlaanderen, kleur, zomer 1989

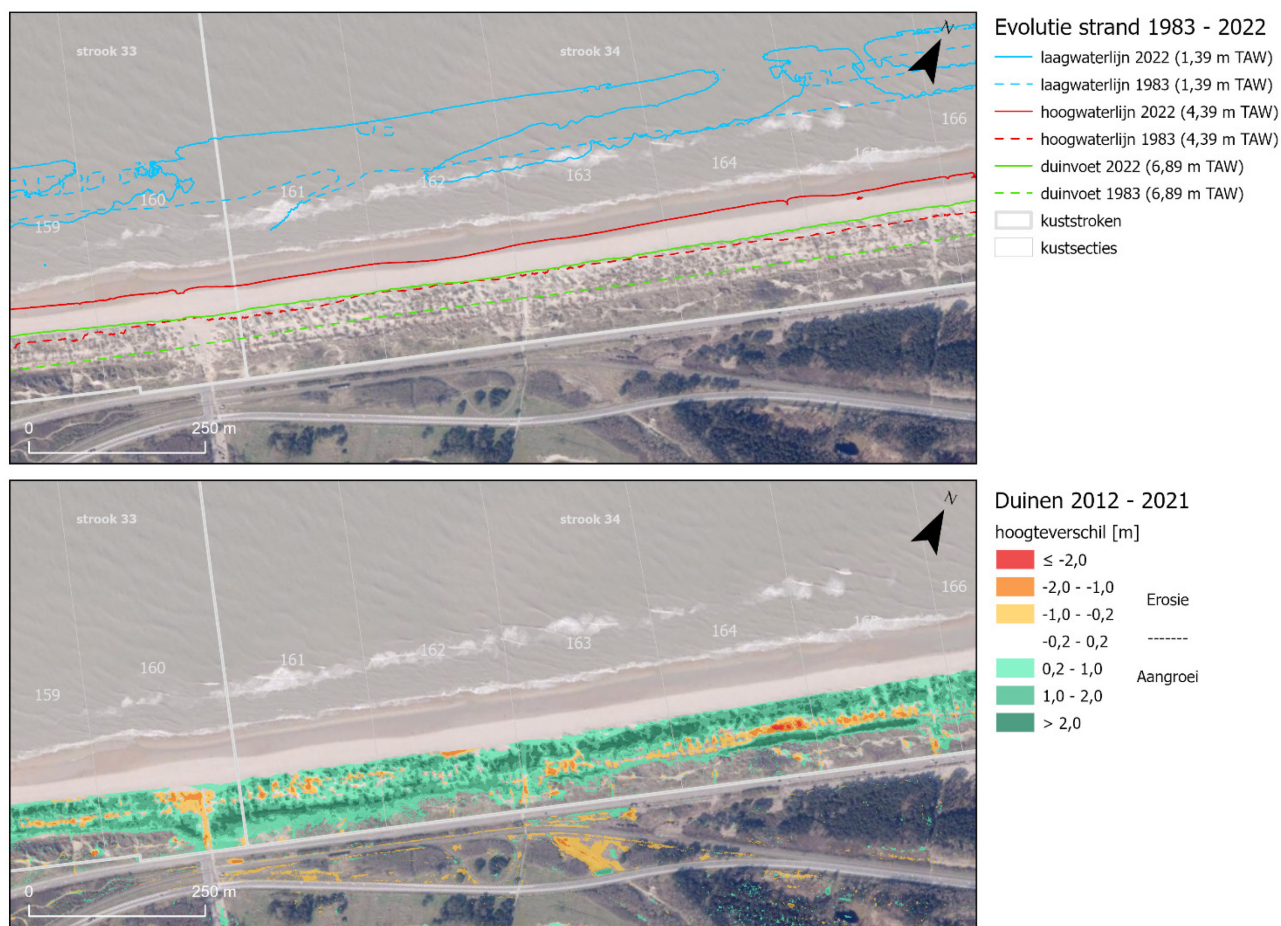


Figuur 14 – Nieuwe duinen in stroken 33 en 34 (De Haan). Luchtfoto Vlaanderen, kleur, winter 2000-2003



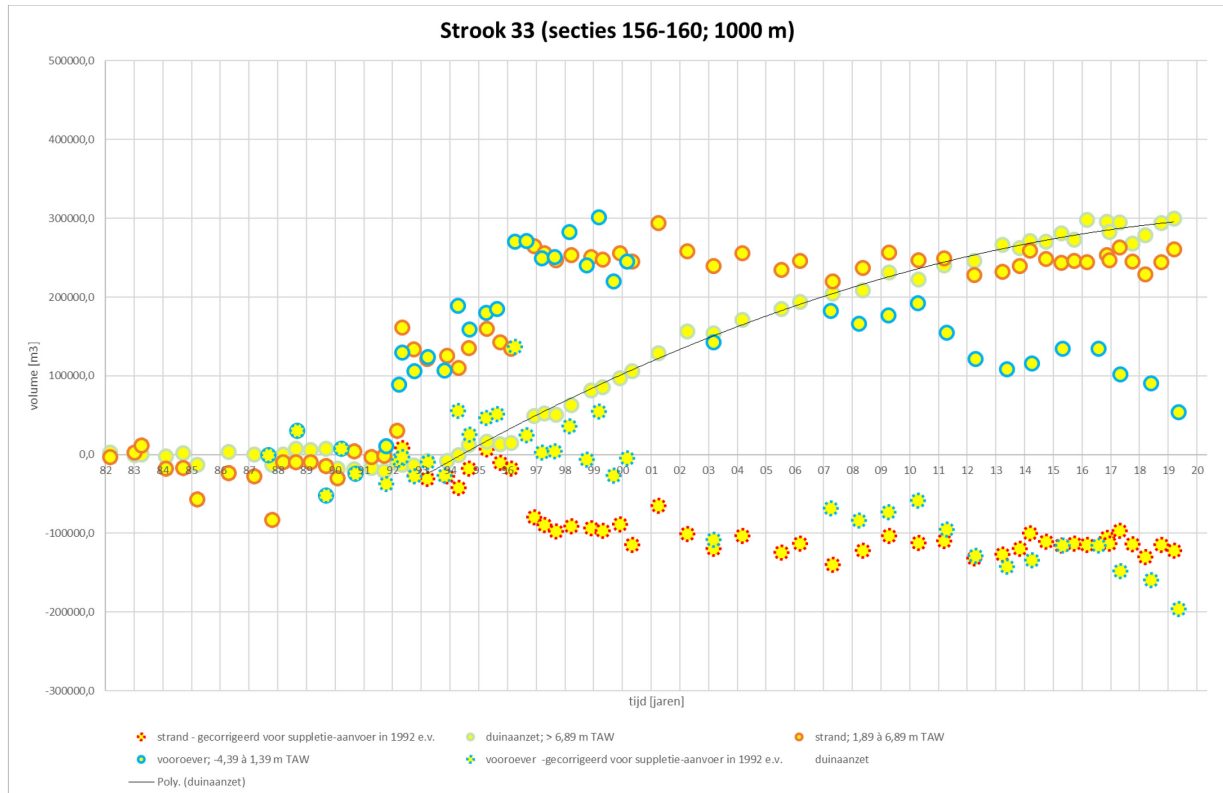
Figuur 15 – Nieuwe duinen in stroken 33 en 34 (De Haan). Luchtfoto Vlaanderen, kleur, winter 2023

De duinvoet in deze stroken bevindt zich ca. 50 m meer zeewaarts dan 40 jaar geleden. Van 26-28 februari 1990 woedde er een hevige storm die zich vooral gemanifesteerd heeft tussen De Haan en Wenduine. Het effect bestond vooral uit een sterke afslag van het hoogstrand met terugslag van de duinvoet. (De Moor, G.; 1991). Een nieuwe duinenrij is er gecreëerd na de stormafslag van de duinen in het voorjaar van 1990 door een combinatie van externe zandaanvoer (onderdeel van de grootschalige strand- en vooroeversuppletie in de periode 1992-2000 te Bredene - De Haan) en het faciliteren van duingroei op het strand (m.b.v. rijshouthagen). Ook de hoogwaterlijn is ca. 50 m meer zeewaarts dan 40 jaar geleden. De laagwaterlijn is ongeveer op dezelfde plaats gebleven.

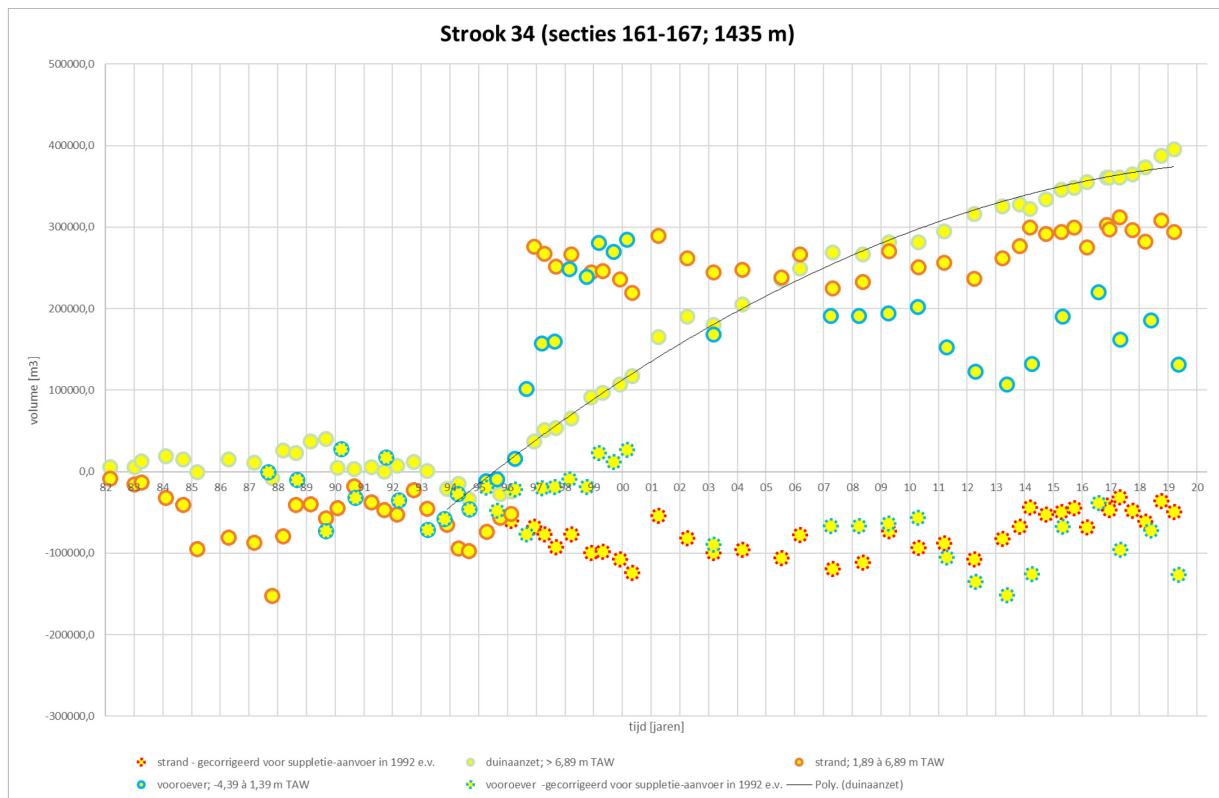


Figuur 16 – Morfologische evolutie van strand en duinen in stroken 33 en 34 (De Haan)

In de periode na de suppletiewerken op strand en vooroever (in 1992-2000) is het strand erg stabiel gebleven in dit gebied, terwijl de vooroever geleidelijk geërodeerd is. Er is in dezelfde periode een sterke groei geweest van de zeereep. In de eerste jaren na de suppletiewerken bedroeg het ritme van aangroei van de zeereep ca. 20 m³/m/jaar. In de laatste jaren is dit groeiritme afgenomen tot ca. 5 m³/m/jaar.



Figuur 17 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 33 (De Haan) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)



Figuur 18 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 34 (De Haan) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)

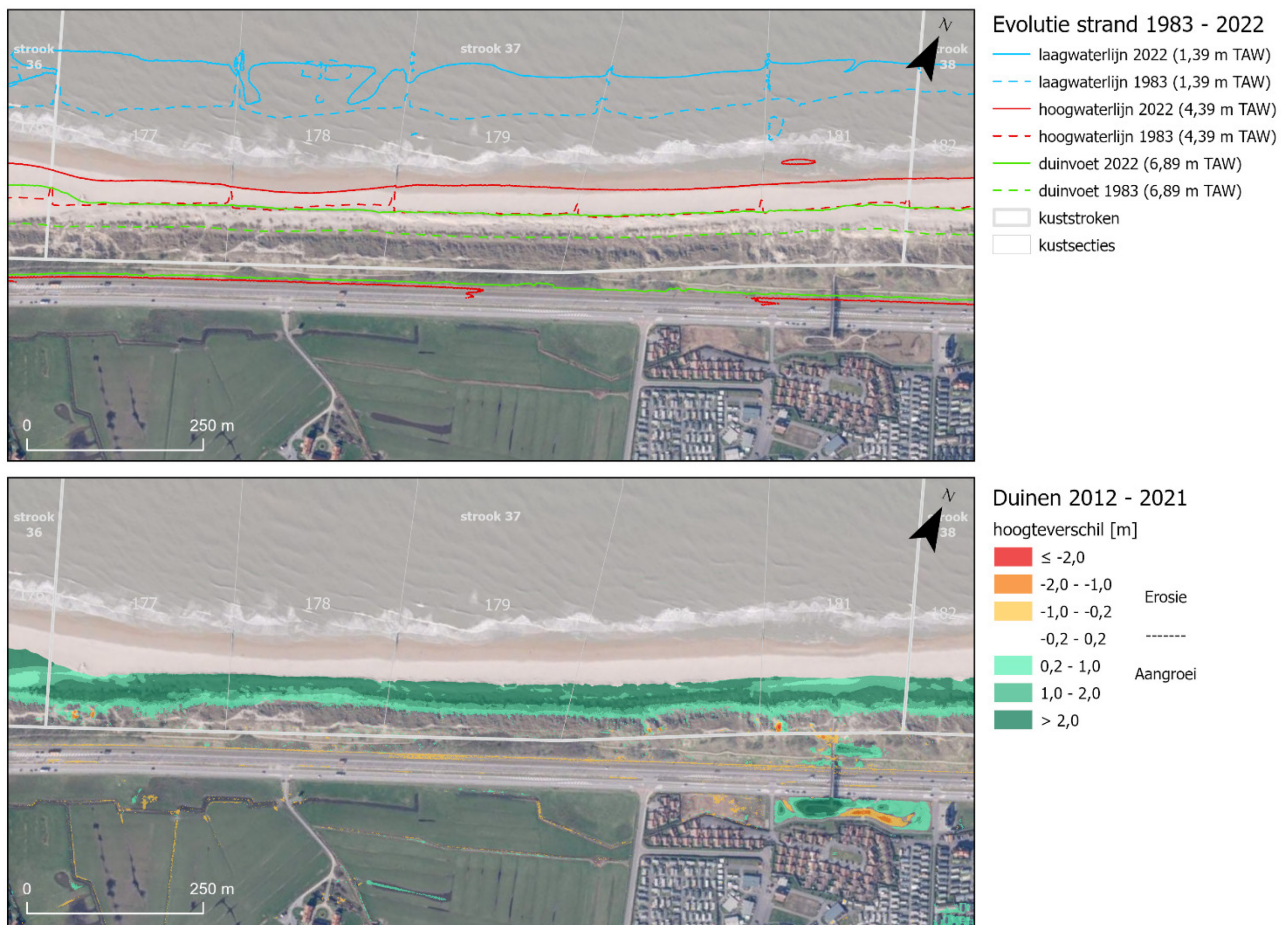
4.2 Duingroei tussen Wenduine en Blankenberge

Tussen Wenduine en de haven van Blankenberge (strook 37) worden de duinen beschermd tegen betreding door een palenrij met draad.



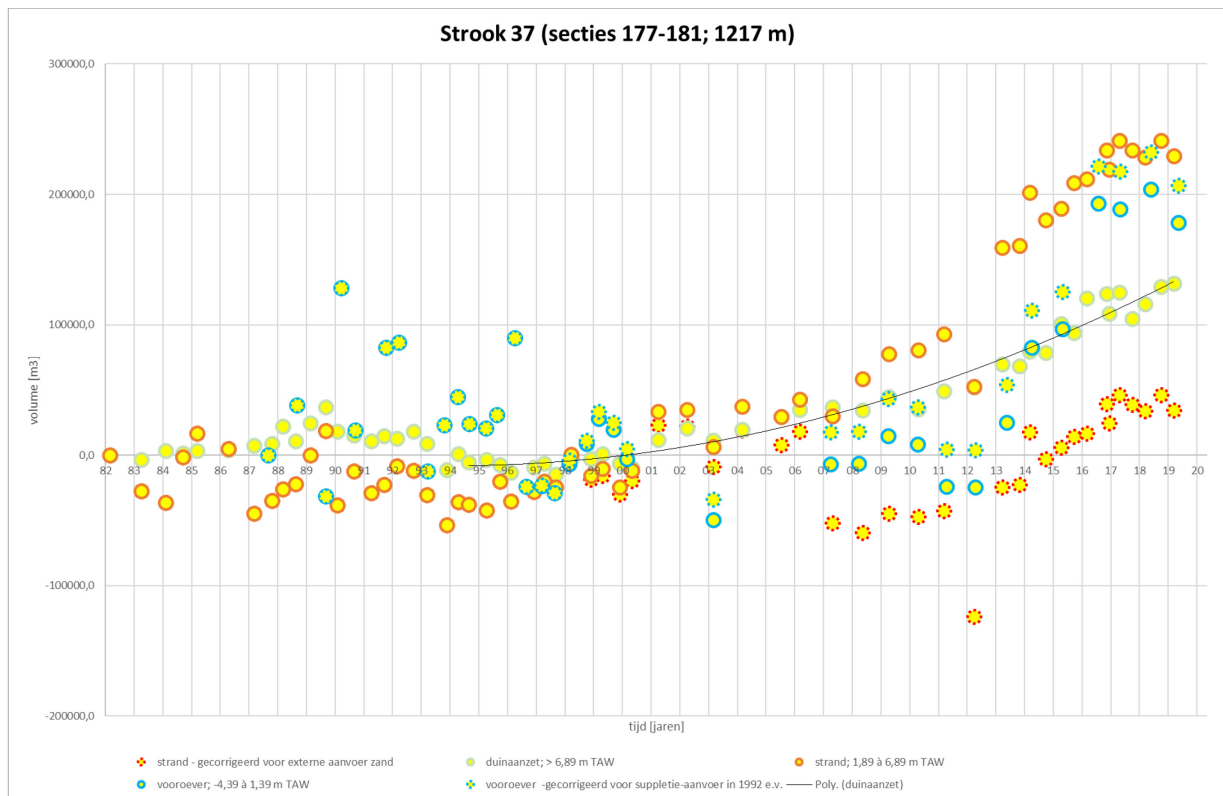
Figuur 19 – Helikopterbeeld van de duinen tussen Wenduine en Blankenberge (strook 37) na storm Dieter (14/01/2017)

De duinvoet in deze strook bevindt zich ca. 30 m meer zeewaarts dan 40 jaar geleden. Ook de hoogwaterlijn en de laagwaterlijn liggen een heel stuk meer zeewaarts dan 40 jaar geleden. De laagwaterlijn is ongeveer op dezelfde plaats gebleven.



Figuur 20 – Morfologische evolutie van strand en duinen in de zone tussen Wenduine en Blankenberge (strook 37)

De zeereep is gegroeï in de eerste twee decennia van de 21^e eeuw, gelijktijdig met de groei van het strand en de vooroever. Externe zandaanvoer is de voornaamste reden voor de groei van het strand. De vooroever is vooral door natuurlijke aanvoer gegroeï. De snelheid waarmee de duin gegroeï is lijkt toegenomen te zijn naarmate strand en vooroever uitbreidden. De gemiddelde aangroeisnelheid in de eerste twee decennia van de 21^e eeuw is ca. 5 m³/m/jaar.



Figuur 21 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 37 (duinen tussen Wenduine en Blankenberge) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)

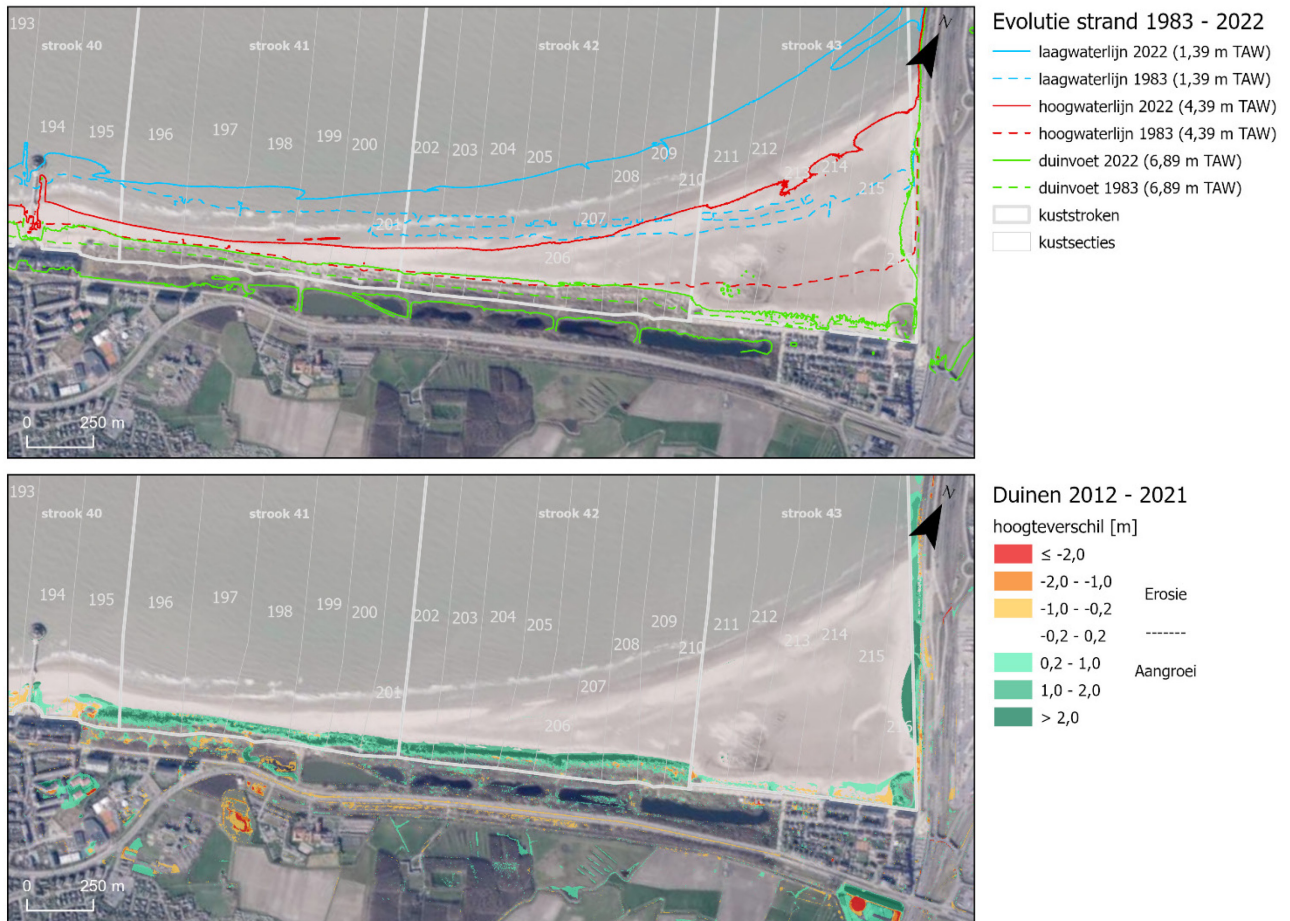
4.3 Duingroei tussen Blankenberge en Zeebrugge

In de zone tussen Blankenberge en Zeebrugge (stroken 41 en 42) is de zeereep aangegroeid in de afgelopen decennia. Op verschillende plaatsen zijn nog rijshouthagen te zien.



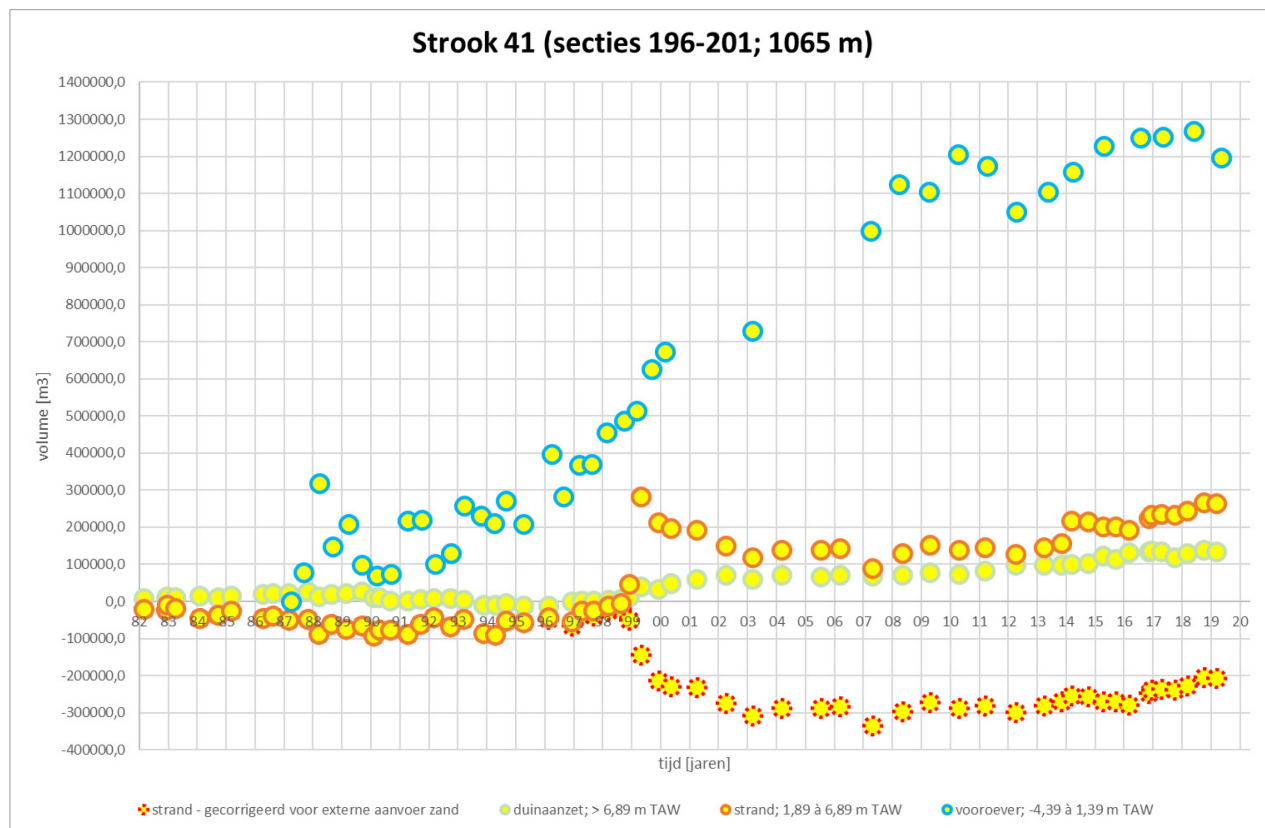
Figuur 22 – Helikopterbeeld van de duinen tussen Blankenberge en Zeebrugge (stroken 41 en 42) na storm Dieter (14/01/2017)

De duinvoet in deze stroken bevindt zich ca. 40 m meer zeewaarts dan 40 jaar geleden. Ook de hoogwaterlijn en de laagwaterlijn liggen een heel stuk meer zeewaarts dan 40 jaar geleden. De kustmorfologie in dit gebied is in grote mate bepaald door sedimentatie ten gevolge van de blokkering van het netto noordoostwaarts gericht kustlangs zandtransport door de voorhaven van Zeebrugge. De hoogwater- en laagwaterlijn hebben een vorm van een kustboog.

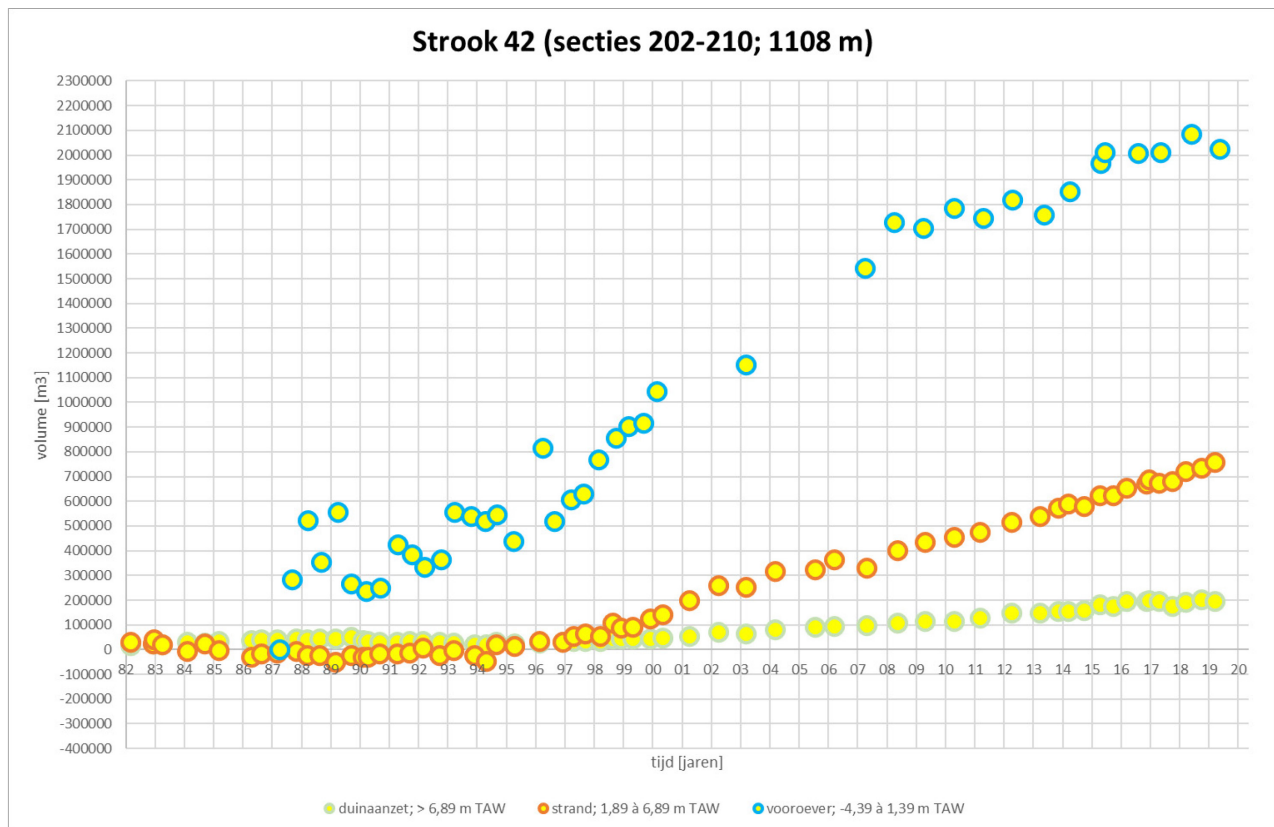


Figuur 23 – Morfologische evolutie van strand en duinen in de zone tussen Blankenberge en Zeebrugge (stroken 41 en 42)

Na de suppletiewerken op het strand en tegen de duinvoet uitgevoerd in 1998-1999 groeide het volume in de zeereep in strook 41 gestaag aan. In de strook 42 groeit de zeereep reeds gestaag aan sinds het begin van de waarnemingen 40 jaar geleden. In beide stroken bedraagt het aangroeiritme ca. 5 m³/m/jaar. De vooroever groeide heel sterk aan in het gebied. Het strand ook maar in beperkte mate.



Figuur 24 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 41 (duinen tussen Blankenberge en Zeebrugge) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)



Figuur 25 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor strook 42 (duinen tussen Blankenberge en Zeebrugge) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)

5 Oostkust

5.1 Duin voor dijk in Duinbergen

In Duinbergen (strook 46) bevindt zich een klein duingebied (ca. 6 ha) voor de dijk ter hoogte van het Directeur-Generaal Willemspark. De luchtfoto van 2000-2003 doet vermoeden dat het gebied in de jaren 1990 is aangelegd met behulp van rijshouthagen. De duinen zijn inmiddels enkele meters hoog.



Figuur 26 – Helikopterbeeld van duin voor dijk te Duinbergen (strook 46) na storm Dieter (14/01/2017)

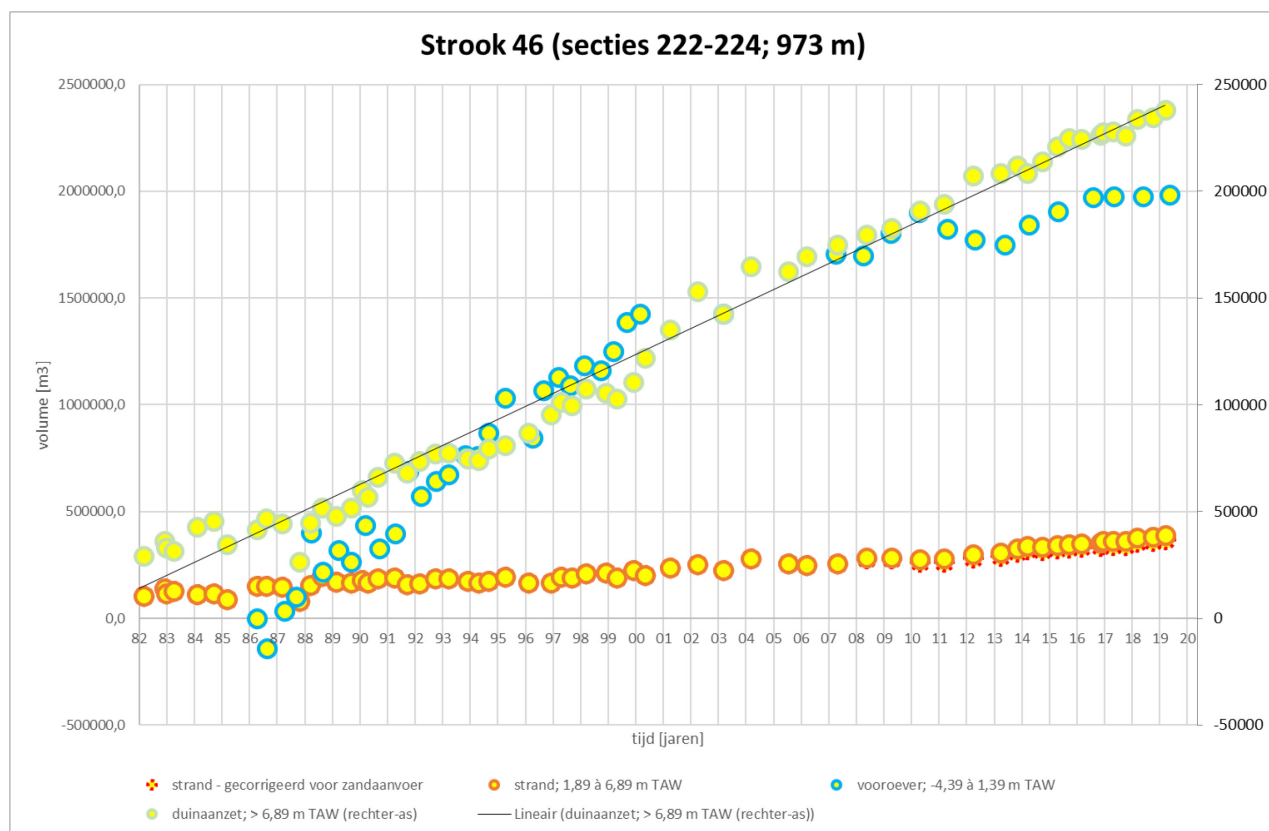


Figuur 27 – Duin voor dijk in Duinbergen 17/9/2023



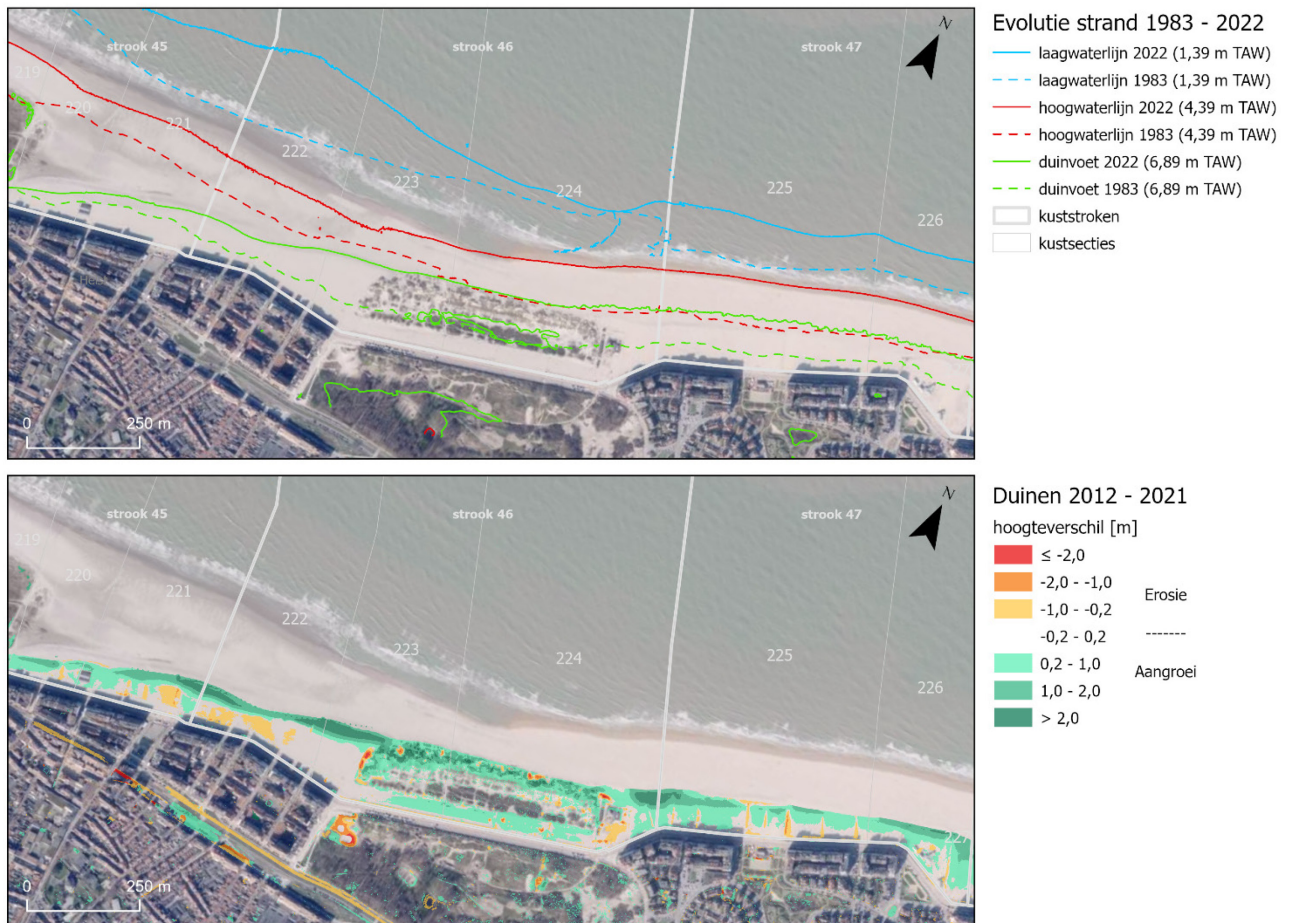
Figuur 28 – Duin voor dijk te Duinbergen (strook 46). Luchtfoto Vlaanderen, kleur, winter 2000-2003

De zeereep in deze zone is de laatste 40 jaar gestaag gegroeid tegen een tempo van ca. $6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$. Het strand is in die periode ook sterk gegroeid en de vooroever zéér sterk. Deze strook bevindt zich in de sedimentatiezone ten oosten van de voorhaven van Zeebrugge.



Figuur 29 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen met trendlijn) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor de duin voor dijk te Duinbergen (strook 46) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)

De positie van de duinvoet in deze zone is de laatste 40 jaar ca. 80 m zeewaarts verplaatst. Ook de hoogwaterlijn en de laagwaterlijn zijn even sterk zeewaarts verplaatst. Duinvegetatie is slechts aanwezig in ca. 50% van de lengte strook, conform waar duin destijds geïnitieerd is door middel van rijshouthagen.



Figuur 30 – Morfologische evolutie van strand en duinen in de zone Duinbergen (strook 46)

5.2 Duin voor dijk in Lekkerbek

In de strook 50 Lekkerbek is in de afgelopen decennia een duin gegroeid voor de dijk die oostwaarts eindigt bij een uitzichtpunt op het Zwin.



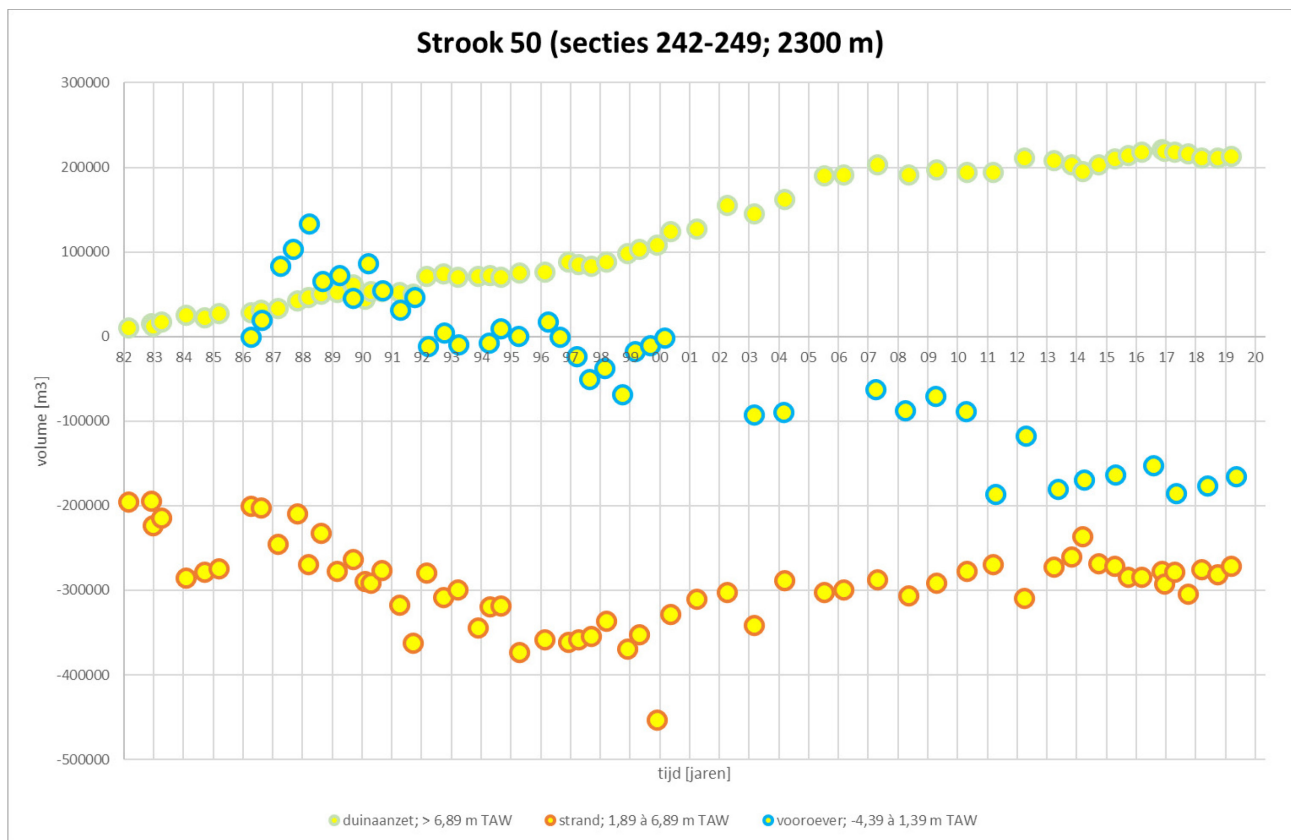
Figuur 31 – Helikopterbeeld duin voor dijk in Lekkerbek (strook 50) na storm Dieter (14/01/2017)

Deze duin is geïnitieerd met behulp van rijshouthagen.



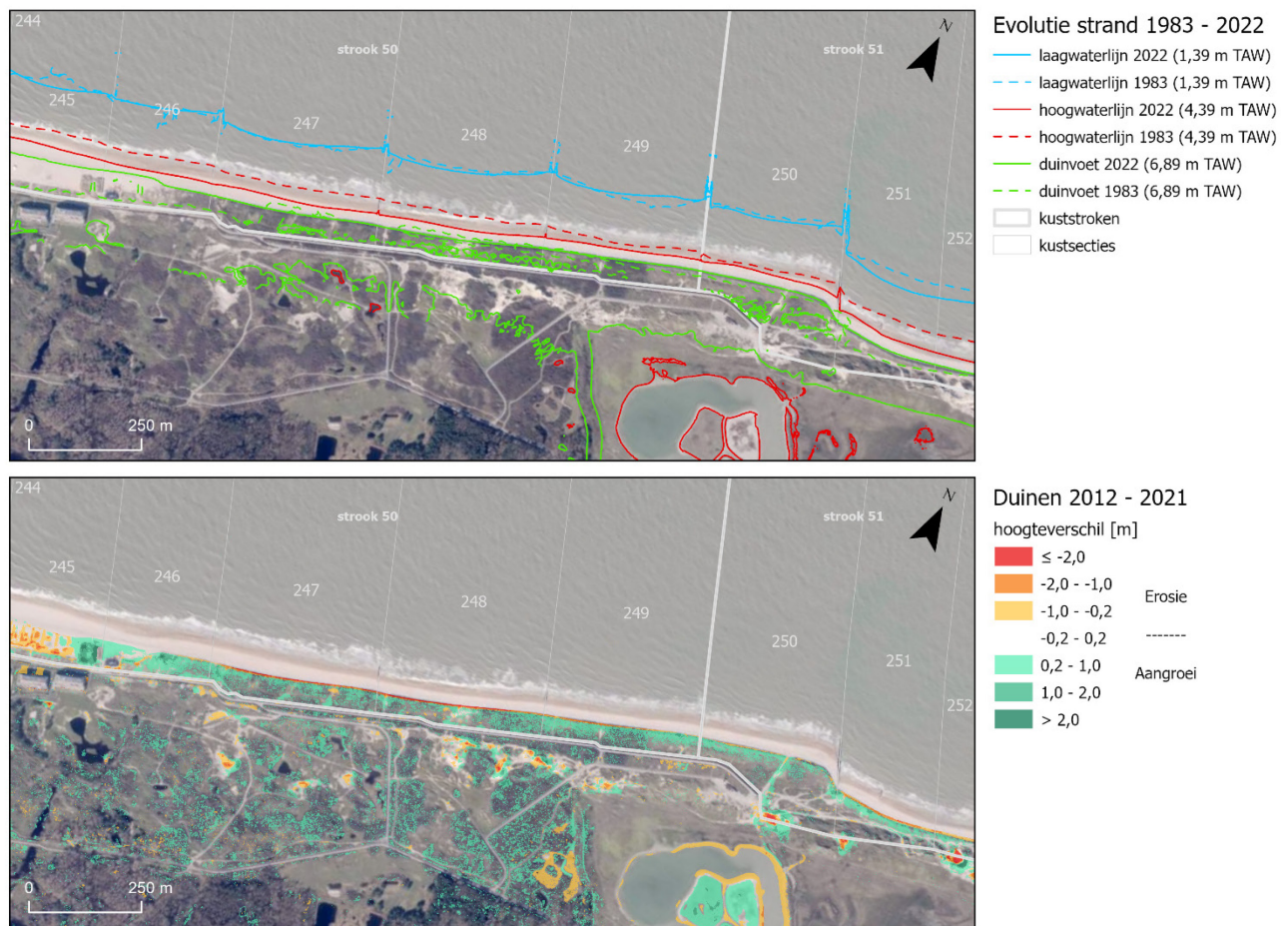
Figuur 32 – Rijshouthagen op het droog strand te Lekkerbek (strook 50) (luchtfoto 4/7/1989)

Tot 2007 groeide de zeereep aan met ca. $3,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$.



Figuur 33 – Trend van groei van de zeereep (gele bollen) als onderdeel van de morfologische evolutie in termen van volume in zeereep, strand en vooroever voor de duin voor dijk te Lekkerbek (strook 50) (data afkomstig van Houthuys et al, 2022)

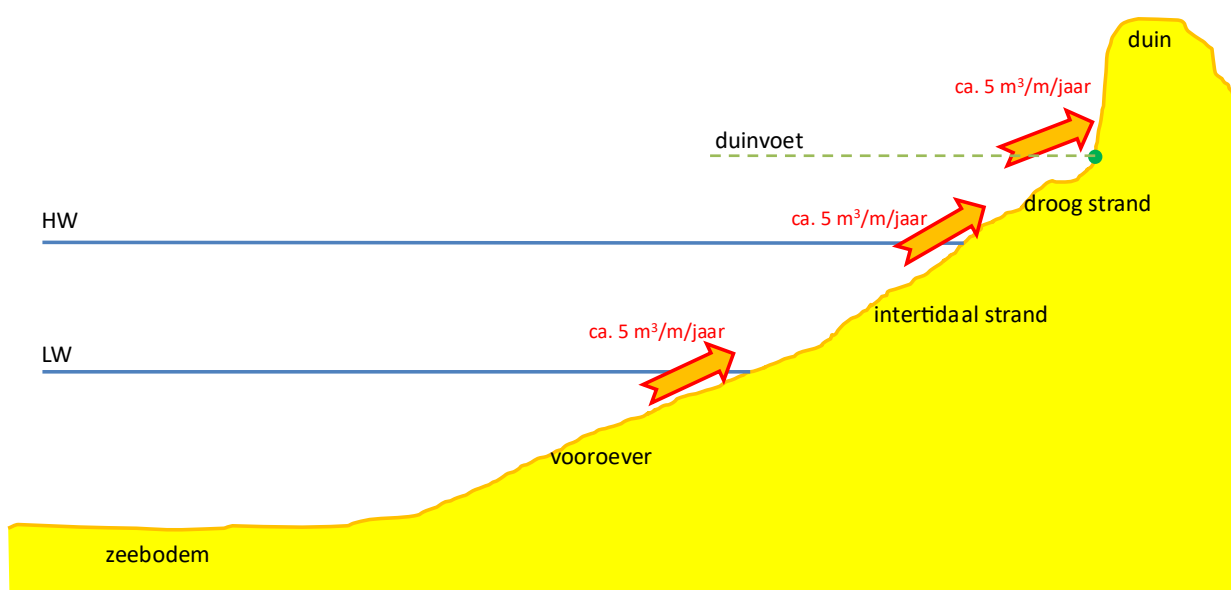
De hoogwaterlijn verschoof ca. 30 m landwaarts van 1983 tot 2022, terwijl de laagwaterlijn op ongeveer dezelfde positie bleef.



Figuur 34 – Morfologische evolutie van strand en duinen in de zone Lekkerbek (strook 50)

6 Conceptueel model groei zeereep

Groei van de zeereep (hoogteschijf > 6,89 m TAW) is het netto resultaat van periodes met aangroei door eolische transport en periodes met afslag bij storm. De waarnemingen in de afgelopen 40 jaar van zachte zeewering langs de Belgische kust geven aan dat een natuurlijke voeding vanuit zee van de zeereep ten bedrage van ca. 5 m³/m/jaar optreedt in zones waar er een natuurlijk strand – duin profiel aanwezig is op voorwaarde dat de stranden niet erosief zijn. De afgelopen 40 jaar is in de meeste stroken langs de Vlaamse kust een kustbeschermingsbeleid gevoerd waardoor de stranden hetzij stabiel gebleven zijn hetzij aangegroeid zijn. Vandaar dat er quasi overal waar een natuurlijk strand – duin profiel aanwezig is een groei van de zeereep is waargenomen van minstens ca. 5 m³/m/jaar.

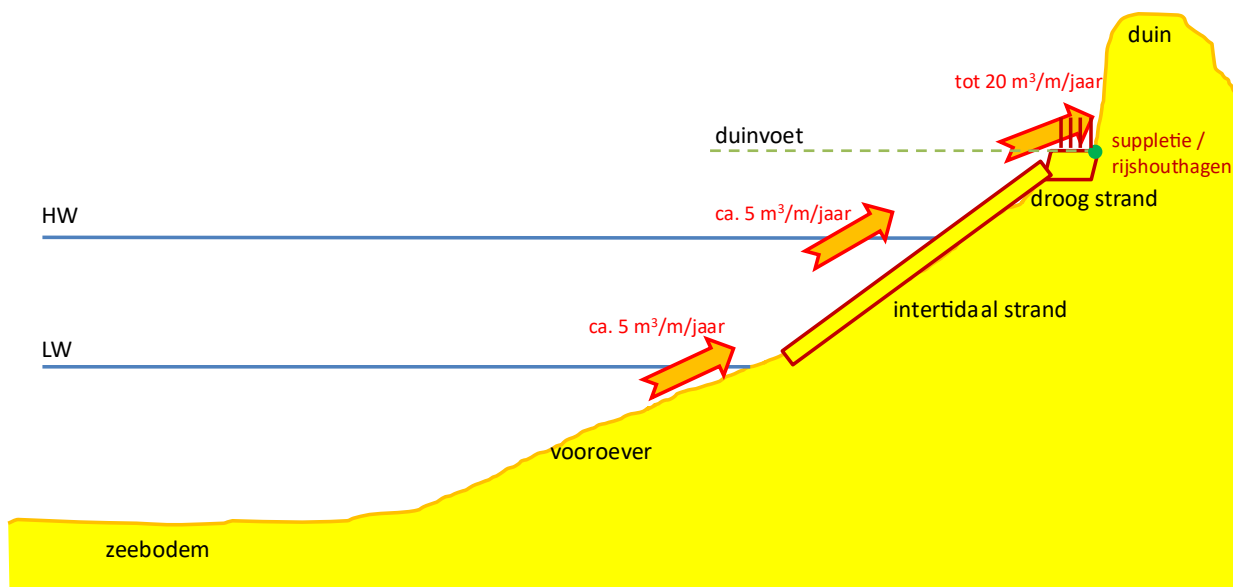


Figuur 35 – Proces van natuurlijke voeding a rato van ca. 5 m³/m/jaar. Duinen worden geboren onder water.

Dit model is qua concept verwant met het Psuty diagram waarin een relatie wordt voorgesteld tussen enerzijds de kustlijnevolutie (erosief/aangroeiend) en anderzijds de groeisnelheid van de zeereep (Psuty, 2004). Vervolgonderzoek is aanbevolen waarin deze kwalitatieve, conceptuele modellen gedetailleerd worden tot kwantitatieve relaties. De omvangrijke morfologische datasets die beschikbaar zijn voor de Belgische kust op een tijdsschaal van ca. 40 jaar zijn hierbij cruciale gegevens. Analyse ervan is evenwel niet eenvoudig want er dient rekening te worden gehouden met een veelheid van beïnvloedende factoren. Gelijkaardig werk zoals Strypsteen et al, 2019 en de Vries et al, 2012 heeft mogelijks te veel nadruk gelegd op eolisch zandtransport als maatgevend proces voor groei van de zeereep op tijdsschaal van decennia; t.t.z. te weinig rekening gehouden met het proces van golfgedreven dwarstransport op vooroever en intertidaal.

Waar harde infra de morfologische link tussen strand en duin beletten is er géén natuurlijke voeding van de zeereep. In dergelijke zones wordt de kans dus gemist om gratis een zeewerend kapitaal op te laten bouwen door het proces van natuurlijke voeding van strand naar duin.

Op locaties met een natuurlijk strand – duin profiel waar een suppletie op het droog strand uitgevoerd is en/of waar rijshouthagen (of andere zandvangers) geplaatst worden, kan er tijdelijk een significant hogere groei van de zeereep optreden dan de natuurlijke voeding van ca. 5 m³/m/jaar, tot 20 m³/m/jaar. Dit kan verklaard worden door enerzijds eolische herverdeling tussen droog strand en duinvoet omdat door de suppletie de droog strandberm verbreed wordt zonder dat de duinvoet zeewaarts verlegd wordt, en anderzijds door rijshouthagen (of andere zandvangers) die eolisch zand opvangen zijn en ook een zekere extra weerstand geven tegen afslag bij storm.



Figuur 36 – Bevorderen van de groei van de zeereep door suppletie op het droog strand en/of rijshouthagen (of andere zandvangers).

7 Conclusie en vooruitblik

Door niet-lineaire trendanalyse van de 40 jaar ca. jaarlijkse topografische gegevens van strand en duin in België op een tiental cases hebben we een waarschijnlijk door golven gedomineerd zandtransport van de kustlijn naar de duinen afgeleid van ca. $5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jaar}$ dat persistent is in tijd en plaats, onder de voorwaarden dat er geen sprake is van een terugtrekkende kustlijn, een natuurlijk strand-duinprofiel en ruimte voor een duin om in hoogte en/of breedte te groeien. We noemen dit natuurlijke voeding.

Het conceptuele model dat we hebben opgesteld noemt 3 belangrijke randvoorwaarden voor het verkrijgen van veerkrachtige duinen te verkrijgen 1) de kustlijn handhaven zodat deze niet terugschrijdt 2) belemmering van zanduitwisseling door infrastructuur tussen strand en duinen vermijden 3) accommodatieruimte hebben voor het duin om in de tijd te groeien.

In de komende jaren zullen we ikv MANABAS COAST 2022-2027 de duingroei op schaal van decennia in niet-terugschrijdende kusten grondiger onderzoeken om meer beïnvloedende factoren te identificeren, zoals de progradatiesnelheid, de helling van het actieve profiel/korrelgrootte en zo naar een scherper voorspellend model toewerken.

8 Referenties

De Keersmaecker L., Roggemans P., Ghysels T., Poelmans L., Buskens I., Petermans T., Tallir S., Van Valckenborgh J.(2024). Digitalisatie van historisch landgebruik en analyse van landgebruiksveranderingen in Vlaanderen (1778-2022). Resultaten van deep learning (AI) beeldclassificatie toegepast op drie historische kaarten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2024 (16). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.102669971

De Moor, G. (1991). De februari-stormen van 1990 en hun weerslag op de stranddynamiek langs de Belgische kust. *De Aardrijkskunde* 15(3): 251-316 In: *De Aardrijkskunde*. Belgische Federatie van Leraars Aardrijkskunde: Gent. ISSN 1784-2387

de Vries, S., Southgate, H.N., Kanning, W., Ranasinghe, R. (2012). Dune behavior and aeolian transport on decadal timescales. *Coastal Engineering*, Volume 67, 2012, Pages 41-53, <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2012.04.002>

Houthuys, R.; Verwaest, T.; Dan, S. (2022). Morfologische trends aan de Belgische Kust: Evolutie van de Vlaamse kust tot 2019. Versie 3.0. WL Rapporten, 18_142_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Verwaest, T.; Montreuil, A.-L.; Dan, S. (2022). Oostende-Middelkerke, Monitoring duin voor dijk pilots: Evolutie gedurende het 1e jaar. Versie 2.0. WL Rapporten, 21_014_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Montreuil, A-L.; Dan, S.; Verwaest, T. (2023). Ostend-Middelkerke, Monitoring of the dune for dike pilots: Evolution after 2 years. Version 0.1. FH Reports, 21_014_2. Flanders Hydraulics: Antwerp

Montreuil, A-L.; Dan, S.; Houthuys, R.; Verwaest, T. (2024). Monitoring of the dune for dike pilots: Evolution after 3 years. Version 3.0. FH Reports, 21_014_3. Flanders Hydraulics: Antwerp

Psuty, N.P. The coastal foredune: A morphological basis for regional coastal dune development. In *Coastal Dunes: Ecology and Conservation*. Ecological Studies; Martinez, M.L., Psuty, N.P., Eds.; Springer: Berlin, Germany, 2004; Volume 171, pp. 11–28.

Strypsteen, G., Houthuys, R., Rauwoens, P. Dune Volume Changes at Decadal Timescales and Its Relation with Potential Aeolian Transport. *J. Mar. Sci. Eng.* 2019, 7, 357. <https://doi.org/10.3390/jmse7100357>

DEPARTMENT **MOBILITY & PUBLIC WORKS**
Flanders hydraulics

Berchemlei 115, 2140 Antwerp

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

flanders.hydraulics@vlaanderen.be

www.flandershydraulics.be