

Kust
visie

Kustvisie

Veiligheidsscan

Rapport

Veiligheidsscan
I/RA/11630/21.202/AAA

Opgesteld in opdracht van

Vlaamse Overheid- Departement Mobiliteit en Openbare Werken i.s.m. Agentschap Maritieme
Dienstverlening en Kust
MT/02401

Onder begeleiding van

Studieteam Hoogtij(d)
IMDC, Arcadis, ORG,
Econopolis, Common Ground, An Luyten, Connect, LDR en Jeroen Bryon

22 november

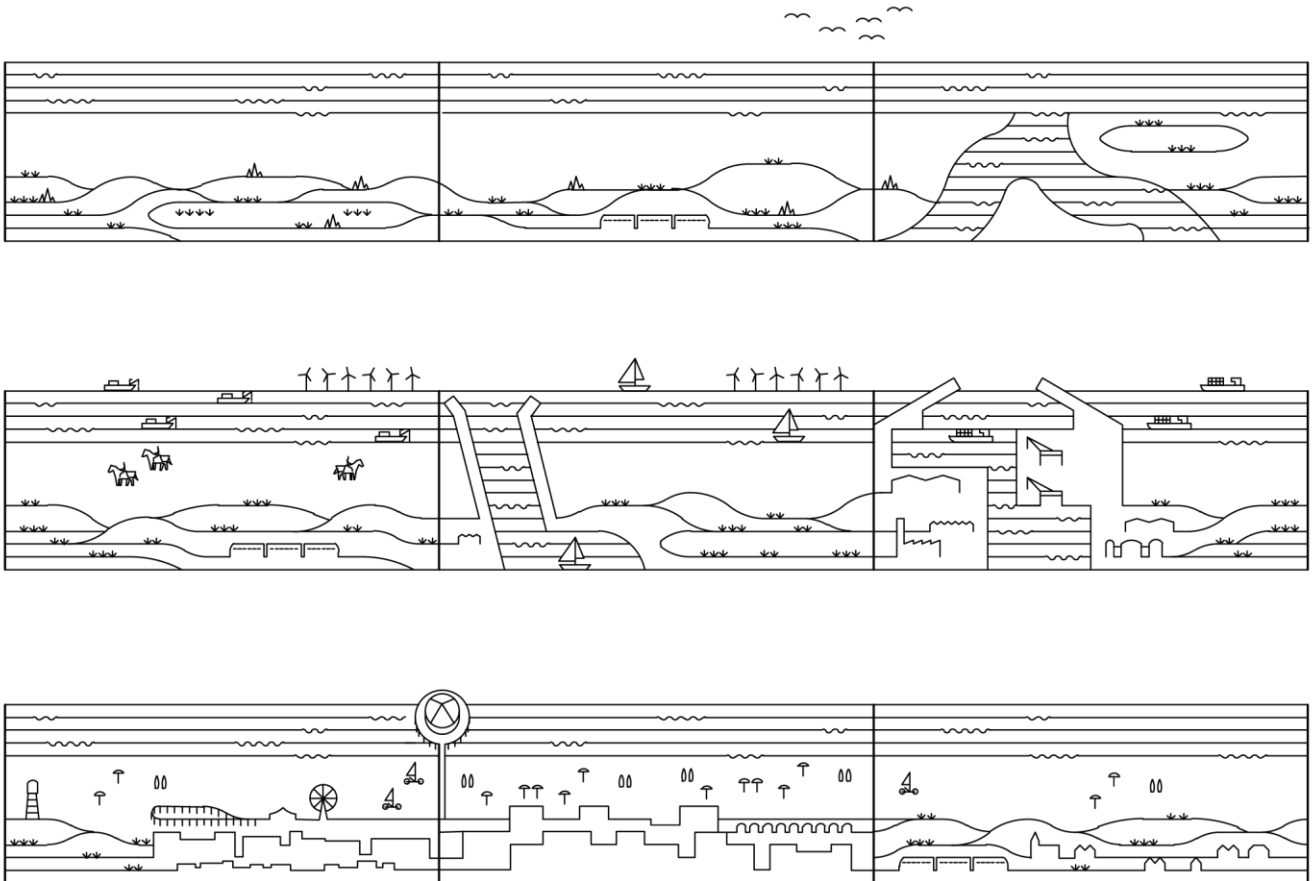
Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	12/08/2023	1 ^e versie	LDN, MMO	VBA	ABO
2.0	24/03/2023	Finale versie na review	LDN, MMO	VBA	ABO
3.0	22/11/2023	Aanpassing lay-out en verwerking opmerkingen WL	LDN, MMO	VBA	ABO

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

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

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

Veiligheidsscan



Inhoud

1	Inleiding	14
1.1	Algemeen	14
1.2	Doel van het rapport	14
1.3	Leeswijzer	15
2	Toepassing binnen Kustvisie	17
3	Toetsmethodiek duinen, dijken & havens	20
3.1	Inleiding	20
3.2	Maatgevende storm	20
3.3	Toetsing strandzones	21
3.3.1	Methodologie	21
3.3.2	Veiligheidscriteria	25
3.4	Toetsing havens	29
3.4.1	Methodologie	29
3.4.2	Veiligheidscriteria	31
3.5	Toetsing Zwindijk	31
3.5.1	Methodologie	31
3.5.2	Veiligheidscriteria	32
3.6	Overzicht aannames	32
4	Toetsingsresultaten	37
4.1	Inleiding	37
4.2	Toetsresultaten per kustsectie voor +1 m ZSS	39
4.2.1	Samenvattend	39
4.2.2	Westkust	39

4.2.3	Middenkust-West	41
4.2.4	Middenkust-Oost	44
4.2.5	Oostkust	46
4.3	Toetsresultaten per kustsectie voor +2 m ZSS	49
4.3.1	Samenvattend	49
4.3.2	Westkust	49
4.3.3	Middenkust-West	52
4.3.4	Middenkust-Oost	55
4.3.5	Oostkust	58
4.4	Toetsresultaten per kustsectie voor +3 m ZSS	60
4.4.1	Samenvattend	60
4.4.2	Westkust	60
4.4.3	Middenkust-West	64
4.4.4	Middenkust-Oost	67
4.4.5	Oostkust	69
5	Conclusies	72
6	Referenties	74

Bijlages

Bijlage A	Toetsing per kustsectie	76
-----------	-------------------------	----

Lijst van tabellen

Tabel 3-1:	Onderverdeling kust in termen van secties, vakken en typologieën.	23
Tabel 6-1:	Samenvatting van de veiligheidstoetsing per kustsectie (2-254) langsheen de strandzones met aanduiding van het kustvak, sectienummer, type zeewering (duin of dijksectie en met of zonder bebouwing) voor +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging (respectievelijk ZSS1, ZSS2 en ZSS3), waarbij veilige secties groen zijn gemarkeerd en waarbij voor een onveilige sectie ook de reden van falen wordt opgegeven.	77

Lijst van figuren

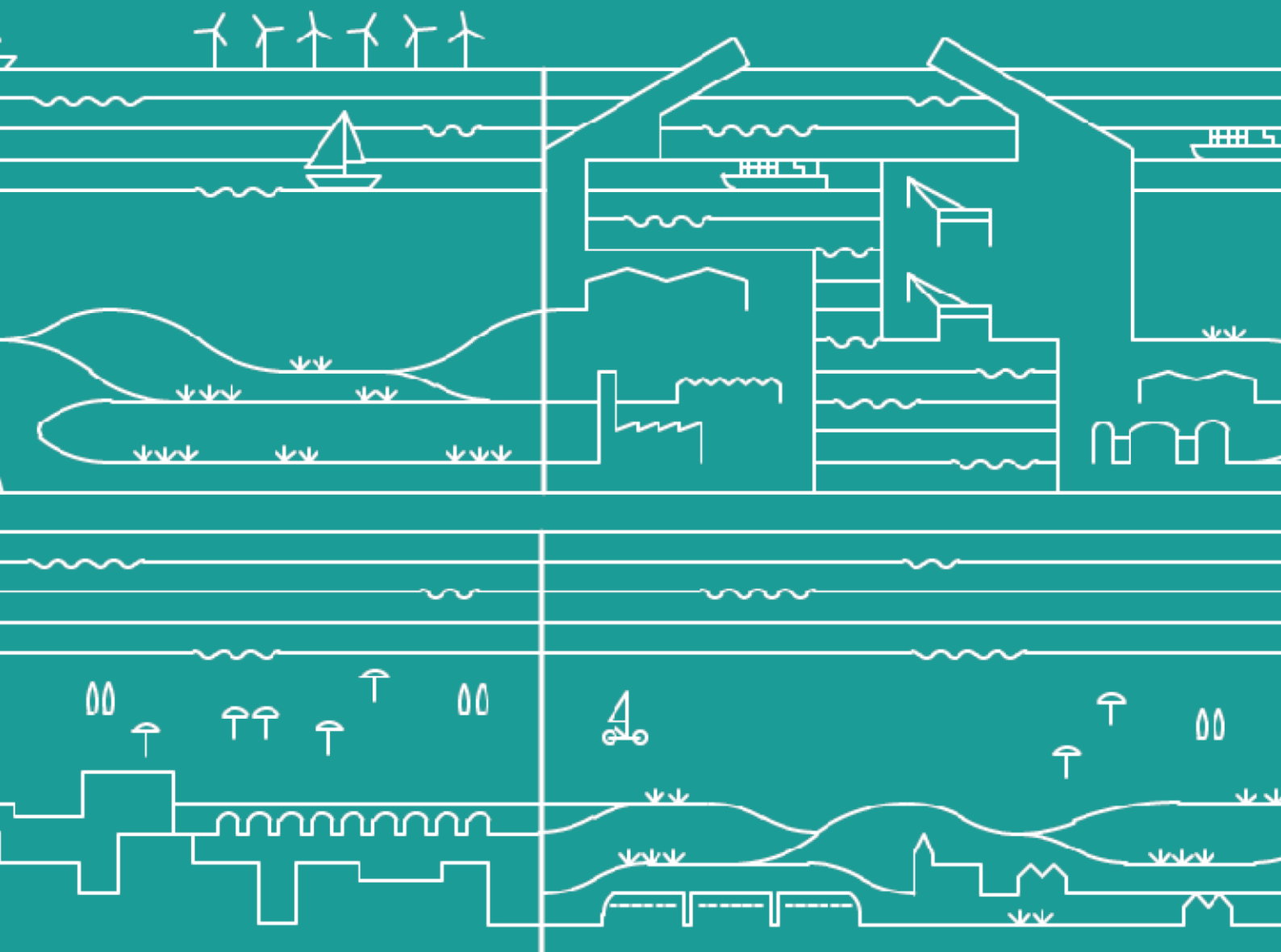
Figuur 2-1:	Zwakke schakels binnen het Masterplan Kustveiligheid langsheen de kust, voor 2050.	17
Figuur 3-1:	Verloop waterstand tijdens maatgevende storm; het astronomisch getij + stormopzet ((Suzuki <i>et al.</i> , 2016).	20
Figuur 3-2:	Opdeling kustlijn, in kustvakken 1-40, op basis van typologie. Zonering tijdens co-creatief onderzoekstraject uit (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023)	22

Figuur 3-3 : Kruihoogte in m TAW langsheen de kust, 2-255 secties, waarbij onderscheid tussen dijk- en duingebieden is gemaakt.	22
Figuur 3-4 : Overzicht van de modellentrein die wordt ingezet om in eerste instantie maatregelen te ontwerpen.	25
Figuur 3-5 : Het grensvolume dat ingepast wordt in het resterend kustdwarsprofiel na duinafslag (Suzuki <i>et al.</i> , 2016).	26
Figuur 3-6 : Uitgevoerde duintoetsing met resulterende eigenschappen, voor duin zonder bebouwing.	27
Figuur 3-7 : Minimum vereisten voor de afstand van het resterend kustdwarsprofiel na duinafslag tot de bebouwing, en dus de veiligheidslijn (Suzuki <i>et al.</i> , 2016).	28
Figuur 3-8 : Uitgevoerde duintoetsing met resulterende eigenschappen, voor duin met bebouwing, sectie 42.	28
Figuur 3-9 : Uitgevoerde duintoetsing met resulterende eigenschappen, voor duin met bebouwing, sectie 11.	29
Figuur 3-10: Typische configuratie in de havens met onderscheid tussen de waterkant (kaaimuur) en de zeeeringscontour (in dit geval een stormmuur) die het achterland beschermt. Tussen de waterkant en de zeeeringscontour zijn haventerreinen gelegen.	30
Figuur 3-11: Overzicht van het Zwin. De geel gekleurde gebieden hebben een hoogteligging hoger dan +8mTAW en geven aan hoe de Zwindijk rondom het gebied aansluit op de zeedijk ter hoogte van sectie 249.	32
Figuur 3-12 : Profiel ter hoogte van Wenduine, met vereenvoudigde schematisatie van de golfdempende uitbouw waarbij de hoogste stormmuur verderop de dijk (tot +9.4 m TAW) zichtbaar is.	33
Figuur 4-1: Overzicht van de zone Westkust: De Panne tot en met Nieuwpoort.	37
Figuur 4-2: Overzicht van de zone Middenkust-West: Middelkerke tot en met Bredene.	37
Figuur 4-3: Overzicht van de zone Middenkust-Oost: De Haan tot en met Zeebrugge.	38
Figuur 4-4: Overzicht van de zone Oostkust: Knokke-Heist.	38
Figuur 4-5 : Veiligheidsscan voor +1 m zeespiegelstijging.	39
Figuur 4-6 : Veiligheidsscan resultaten voor Zone Westkust, +1 m zeespiegelstijging, De Panne tot Nieuwpoort. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	40
Figuur 4-7 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 4, duingebied in De Panne, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +1 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finale kustprofiel.	41
Figuur 4-8 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Nieuwpoort voor +1 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	41
Figuur 4-9 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 106, badplaats in Mariakerke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +1 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel. Stormmuur is aangebracht op x = 330 m ten opzichte van originele LW tot een hoogte van +9.23 m TAW.	42
Figuur 4-10 : Veiligheidsscan resultaten voor Zone Middenkust-West, +1 m zeespiegelstijging, Middelkerke tot en met Bredene. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	43
Figuur 4-11 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Oostende voor +1 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	44
Figuur 4-12 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-Oost, +1 m zeespiegelstijging, De Haan tot en met Zeebrugge. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	45
Figuur 4-13 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 174, badplaats in Wenduine, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +1 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door	

strandafslag en geeft het finaal profiel. Op de zeedijk is de MPKV maatregel (stormmuur) zichtbaar in het profiel.	46
Figuur 4-14 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Blankenberge voor +1 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	46
Figuur 4-15 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Oostkust, +1 m zeespiegelstijging, Knokke-Heist. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	47
Figuur 4-16 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 231, badplaats in Knokke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +1 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.	48
Figuur 4-17 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Zeebrugge voor +1 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	48
Figuur 4-18 : Veiligheidsscan voor +2 m zeespiegelstijging.	49
Figuur 4-19 : Veiligheidsscan resultaten voor Zone Westkust, +2 m zeespiegelstijging, De Panne tot Nieuwpoort. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	50
Figuur 4-20 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 28, badplaats in Koksijde, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.	51
Figuur 4-21 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 26, badplaats in Mariakerke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.	51
Figuur 4-22 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 70, duin in Lombardsijde, geëvalueerd als duin met bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.	51
Figuur 4-23 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Nieuwpoort voor +2 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	52
Figuur 4-24 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 81, badplaats in Middelkerke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel	52
Figuur 4-25 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Oostende voor +2 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	53
Figuur 4-26 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-West, +2 m zeespiegelstijging, Middelkerke tot en met Bredene. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	54
Figuur 4-27 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 154, badplaats in De Haan centrum, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.	55
Figuur 4-28 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 4, duingebied in De Panne, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +1m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finale kustprofiel.	55
Figuur 4-29 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Blankenberge voor +2 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	56

Figuur 4-30 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-Oost, voor +2 m zeespiegelstijging, De Haan tot en met Zeebrugge. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	57
Figuur 4-31 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 241, badplaats in Knokke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.	58
Figuur 4-32 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Zeebrugge voor +2 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	58
Figuur 4-33 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Oostkust, +2 m zeespiegelstijging, Knokke-Heist. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	59
Figuur 4-34 : Veiligheidsscan voor +3 m zeespiegelstijging.	60
Figuur 4-35 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 37, Duingebied Hoge Blekker, geëvalueerd als duin met bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.	61
Figuur 4-36 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 68, Duingebied Lombardsijde, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.	61
Figuur 4-37 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 53, Duingebied Groenendijk-Nieuwpoort, geëvalueerd als duin met bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.	61
Figuur 4-38 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Nieuwpoort voor +3 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	62
Figuur 4-39 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Westkust, +3 m zeespiegelstijging, De Panne tot Nieuwpoort. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	63
Figuur 4-40 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 66, duinen in Lombardsijde, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilige profiel.	64
Figuur 4-41 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 126, duinen in Bredene ten Oosten van haven van Oostende, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilige profiel.	64
Figuur 4-42 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Oostende voor 3 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	65
Figuur 4-43 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-West, +3 m zeespiegelstijging, Middelkerke tot en met Bredene. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.	66
Figuur 4-44 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 164, duinen in De Haan, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.	67
Figuur 4-45 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Blankenberge voor 3 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).	67

- Figuur 4-46 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-Oost, +3 m zeespiegelstijging, De Haan tot en met Zeebrugge. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria. 68
- Figuur 4-47 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 249, duinen in Lekkerbok-Zwinbosjes, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel. 69
- Figuur 4-48 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Zeebrugge voor +3 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen). 69
- Figuur 4-49 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Oostkust, +3 m zeespiegelstijging, Knokke-Heist. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria. 70



Inleiding

1 Inleiding

1.1 Algemeen

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

Kustvisie zal daarbij de maatschappelijk meest wenselijke alternatieven identificeren die nodig zijn om onze kust en het achterland ook op lange termijn stapsgewijs te beschermen tegen een zeespiegelstijging tot 3 meter. Het gaat daarbij om het vastleggen van een toekomstige kustlijn met bijhorende ruimte, namelijk een toekomstig lint waarin plaats is voor het ontwikkelen van de gepaste kustbescherming in combinatie met eventuele andere opportuniteiten.

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

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

Gedurende het traject worden verschillende studies uitgevoerd en rapportages opgesteld ter duiding van het onderzoek en het proces. Dit document is daar onderdeel van en is een technisch achtergrondrapport dat een kustveiligheidsscan presenteert van de huidige kust na uitvoering van het Masterplan Kustveiligheid en bij zeespiegelstijgingen van 1 m, 2 m en 3 m.

1.2 Doel van het rapport

De centrale doelstelling van de veiligheidsscan is het afoetsen van de kustveiligheid van de huidige kust tijdens een 1000-jarige storm voor zeespiegelstijgingen die verder reiken dan wat is beschouwd in het Masterplan Kustveiligheid, met name zeespiegelstijgingen van +1m, +2m en +3m.

De methodologie voor de veiligheidsscan is gebaseerd op de toetsmethodologie opgesteld voor het Masterplan Kustveiligheid, maar is in het kader van Kustvisie vereenvoudigd. Hiermee wijkt de veiligheidsscan af van de originele toetsing van de kustveiligheid voor het Masterplan en van de toetsingen kustveiligheid die om de 6 jaar uitgevoerd worden en die in een grotere mate van detail werden of worden uitgevoerd. Gezien Kustvisie in deze fase focust op een strategische keuze/evaluatie, is gekozen voor een wetenschappelijk onderbouwde, doch pragmatische methodologie die aansluit bij het tijdschema en de informatiebehoefte in deze fase.

Een high-level kustlangse (West-Oost) analyse is uitgevoerd in deze studie voor verschillende toekomstscenario's (1,2 en 3 m zeespiegelstijging) die aangeeft welke dele van de kust veilig of onveilig zijn ten opzichte van de maatgevende storm. Voor de strandzones is dit uitgevoerd met behulp van de Coastal Safety Tool (CST). Voor de havens wordt op basis van waterstanden en een berekend overslagdebiet de veiligheid ter hoogte van de zeeweringscontour en de structuren (zoals sluizen en uitwateringconstructies) die het achterland beschermen ingeschat. Voor de haventerreinen die tussen de zeeweringscontour en de waterkant zijn gelegen wordt onderscheid gemaakt op basis van het risico op schade. Voor de havendammen van Oostende en Zeebrugge is aangegeven of het behoud van functionaliteit onder druk komt te staan. Tot slot wordt ook de kustveiligheid ter hoogte van het Zwin geëvalueerd op basis van een analyse van de Zwindijk.

De resultaten van de scan geven weer waar de veilige/onveilige zones bij een 1000-jarige storm liggen per zeespiegelstijgingsniveau en dit voor zeespiegelstijgingen die verder reiken dan degene beschouwd in het Masterplan Kustveiligheid. In de onveilige zones zullen in de toekomst (stapsgewijs) bijkomende maatregelen nodig zijn naast de maatregelen uit het Masterplan Kustveiligheid.

De veiligheidsscan geeft daarmee de noodzaak van Kustvisie weer en dient als input voor het uitwerken van een adaptief toekomstig beleid.

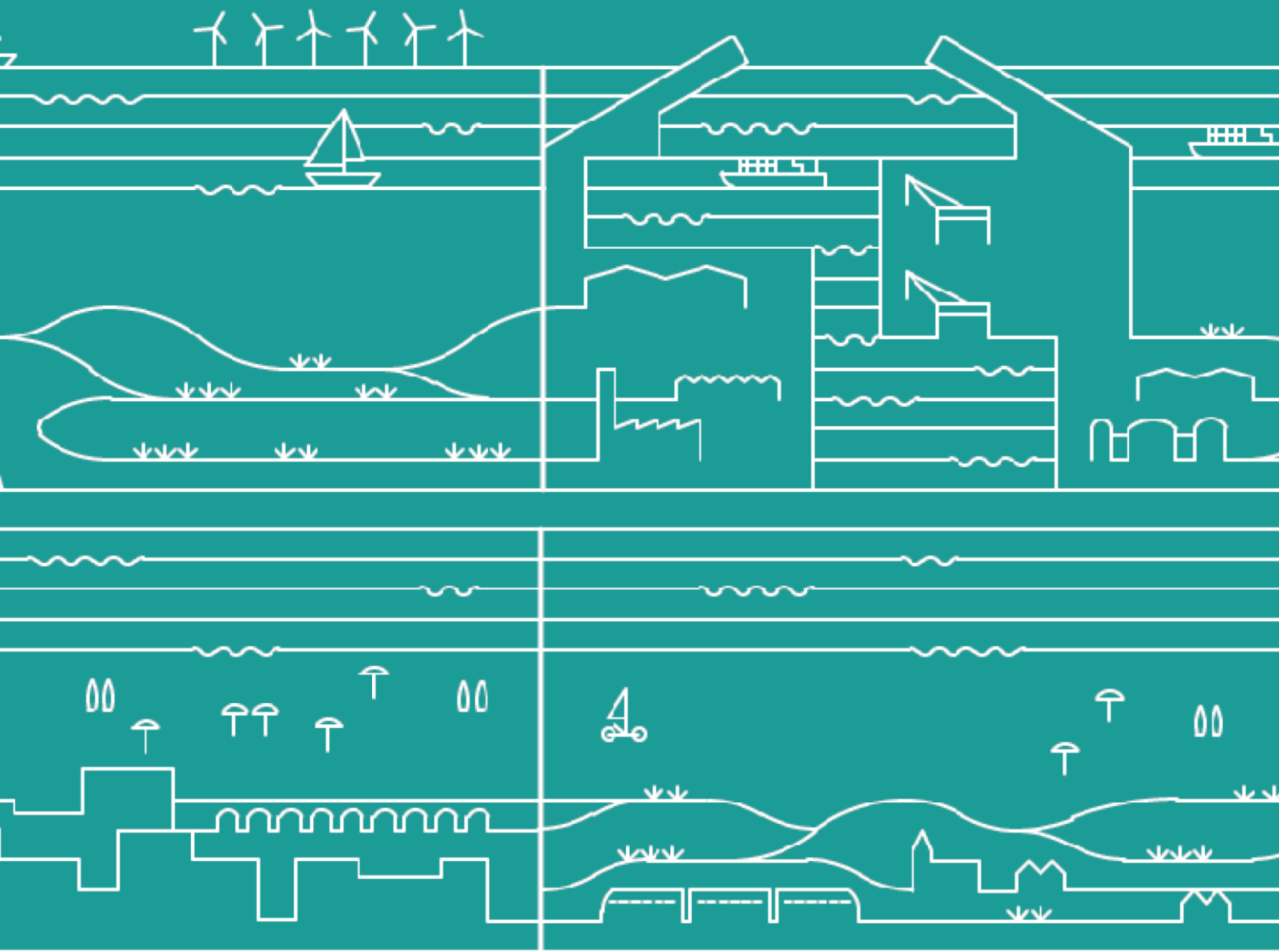
1.3 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt de toepassing van de veiligheidsscan binnen Kustvisie toegelicht.

In Hoofdstuk 3 wordt de toegepaste toetsmethodiek uitgelegd voor de strandzones, opgesplitst in duinen en dijken, voor de havens en voor de Zwindijk die apart is geëvalueerd. Het hoofdstuk sluit af met een overzicht en discussie van de aannames.

Hoofdstuk 4 geeft de toetsingsresultaten weer per zeespiegelstijgingsniveau.

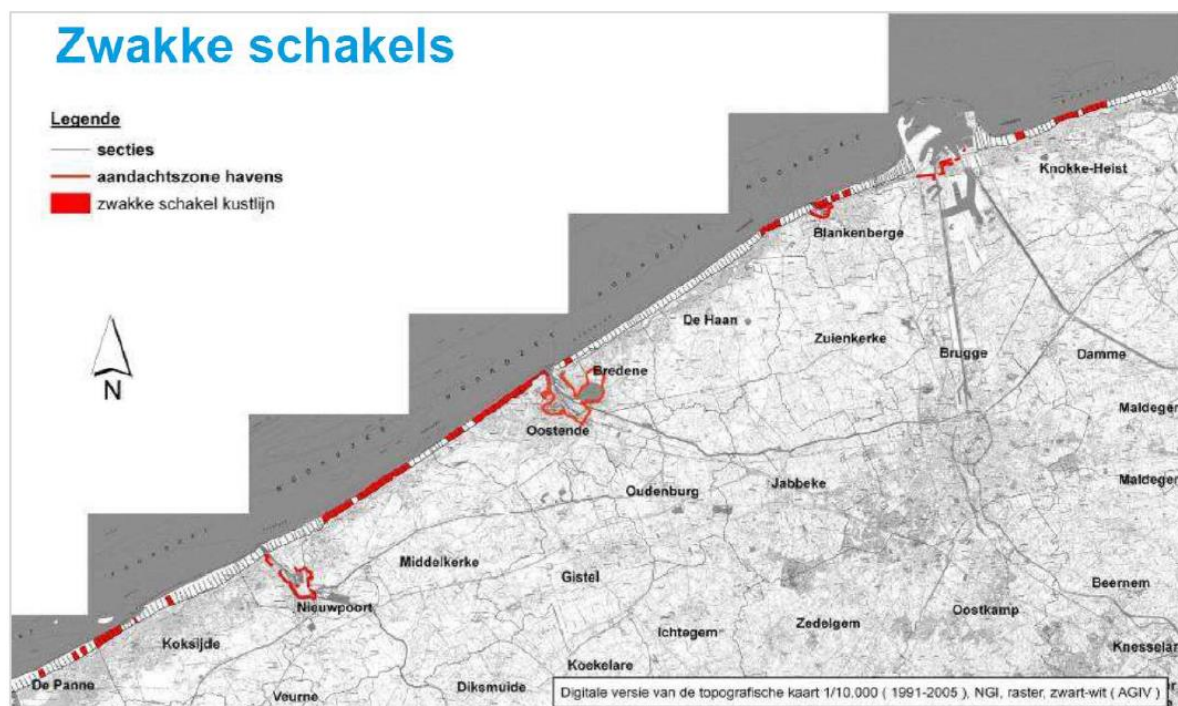
Hoofdstuk 0 bevat de algemene conclusie.



Toepassing binnen Kustvisie

2 Toepassing binnen Kustvisie

Met het oog op een adequate bescherming van de kust tot 2050, keurde de Vlaamse Regering in 2011 het Masterplan Kustveiligheid (MPKV) goed (Afdeling Kust, 2011). Bij de voorbereiding van het Masterplan Kustveiligheid werd onderzocht op welke locaties de toenmalige kustbescherming onvoldoende was om tot 2050 weerstand te bieden aan een storm met een terugkeerperiode van 1000 jaar, zie Figuur 2-1. Daarbij werd ook toen al rekening gehouden met zeespiegelstijging op basis van een gematigd klimaatscenario volgens de toenmalige wetenschappelijke inzichten. Het ging daarbij over een zeespiegelstijging van 30 cm in 2050 en 80 cm in 2100. Verschillende ingrepen zijn onderzocht om de gewenste bescherming te bieden tot 2050. De uiteindelijke selectie van kustbeschermingsmaatregelen vormt de inhoud van het Masterplan Kustveiligheid (zie beschrijving (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022a). Een groot deel van deze kustbeschermingsmaatregelen zijn momenteel al uitgevoerd, en het doel is om de resterende kustbeschermingsmaatregelen tegen 2030 te realiseren.



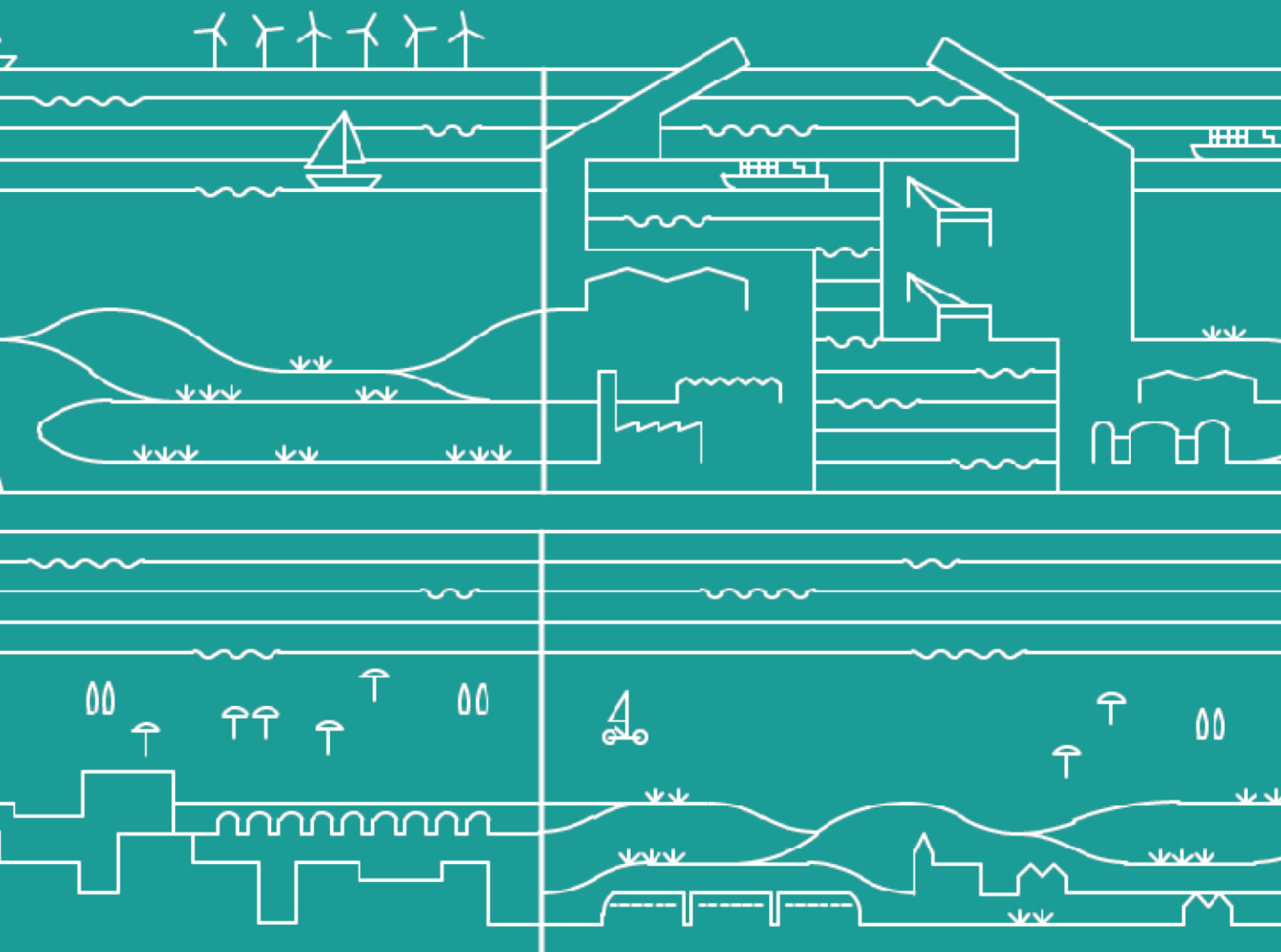
Figuur 2-1: Zwakke schakels binnen het Masterplan Kustveiligheid langsheen de kust, voor 2050.

Met Kustvisie wordt bekeken hoe de beschermingshorizon verder kan worden uitgebreid na 2050 en hoe kan worden ingespeeld op snellere en grotere zeespiegelstijging waarmee we worden geconfronteerd in de toekomst. Waar het Masterplan Kustveiligheid kijkt naar een zeespiegelstijging tot 80 cm, wordt daarom voor Kustvisie een zeespiegelstijging van 1 tot 3 m beschouwd.

Om een eerste indruk te krijgen van de meest kwetsbare zones aan de kust is een veiligheidsscan uitgevoerd. In deze scan wordt onderzocht welke zones aan de kust bij verdere zeespiegelstijging wel of niet bestand zijn tegen een storm met terugkeerperiode van 1000 jaar (de gehanteerde veiligheidsnorm). Dit is dezelfde maatgevende storm zoals gedefinieerd voor het Masterplan Kustveiligheid. De veiligheidsscan vertrekt daarbij van de situatie waarbij het Masterplan Kustveiligheid volledig is uitgevoerd en kijkt dus naar de veiligheidssituatie bij extremere zeespiegelstijgingen dan deze waarvoor het Masterplan Kustveiligheid is opgesteld. De impact van verschillende zeespiegelstijgingen: 1 m, 2 m tot 3 m is daarbij onderzocht.

Deze analyse gebeurde voor de 255 kustsecties van de strandzones, analoog aan Masterplan Kustveiligheid, aan de hand van het lokale kustprofiel en de aanwezige primaire zeewering (dijk of duin). Voor het toetsen van de kruinhoogtes voor dijken en duinen en voor het bepalen van het beschikbare duinvolume wordt enkel het deel van het kustprofiel zeewaarts van de veiligheidslijn, zoals gedefinieerd in het Masterplan Kustveiligheid, aangehouden. De veiligheidslijn geeft aan wat er door het Masterplan Kustveiligheid beschermd wordt: bewoners en laag gelegen gebieden. Het is de meest zeewaarts gelegen lijn waarlangs de toetsing van de veiligheid van de kust wordt uitgevoerd. Het is een continue, ononderbroken lijn langs de kust van De Panne tot aan de Nederlandse grens op basis van de zeevaartse grens van bewoning en de +7m TAW contour. De scan geeft aan of een locatie ofwel veilig of onveilig is tegen overstroming vanuit zee.

Daarnaast is voor de havens een vergelijkbare analyse gedaan gebaseerd op de hoogtes van de kaai- en stormmuren. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen het deel van de haven dat de zeewering vormt om het achterland te beschermen en de haventerreinen die tussen de zeewering en waterkant zijn gelegen. En tot slot is ook een evaluatie van de Zwindijk uitgevoerd gezien die ter hoogte van het Zwin het achterland dient te beschermen.



Toetsmethodiek duinen, dijken en havens

3 Toetsmethodiek duinen, dijken & havens

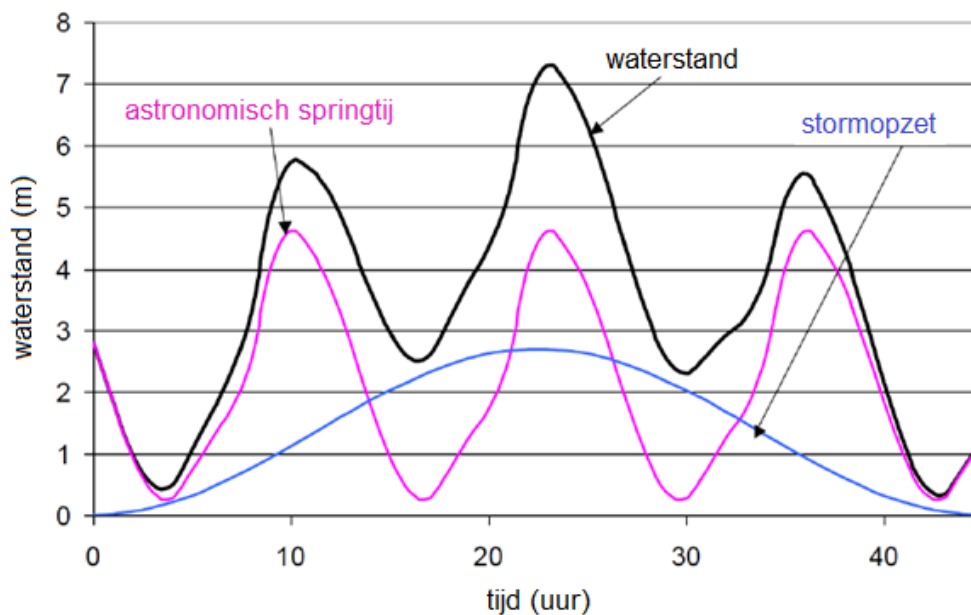
3.1 Inleiding

De veiligheidsscan onderzoekt langs de huidige kust of deze veilig of onveilig is bij toekomstige stormvloed, inclusief zeespiegelstijging, ten opzichte van een maatgevende storm. De methodiek die daarvoor wordt toegepast is een vereenvoudigde versie van de toetsingsmethodiek in het kader van het Masterplan Kustveiligheid. Er wordt onderscheid gemaakt in de aanpak voor de strandzones, de havens en specifiek voor de Zwindijk.

3.2 Maatgevende storm

De maatgevende storm waarbij de veiligheid wordt afgetoetst en die de waterstanden en golfcondities bepaalt, heeft een terugkeerperiode van 1000 jaar, gelijkaardig aan de methodiek voor het Masterplan Kustveiligheid.

De hydraulische randvoorwaarden voor de maatgevende storm (1000-jarige storm) staan, per kustsectie, in het Hydraulische Randvoorwaardenboek (Vuik *et al.*, 2020). Voor elk van de 255 secties zijn verschillende waterstanden (getij) en golven (hoogte en periode ter hoogte van de -5 m TAW dieptecontour of 1500 m loodrecht t.o.v. de kust) bepaald voor verschillende zeespiegelstijgingen (zie (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b)). Het verloop van de waterstand tijdens de maatgevende storm, symmetrisch en een tijdsduur van 45 uur, wordt weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Verloop waterstand tijdens maatgevende storm: het astronomisch getij + stormopzet ((Suzuki *et al.*, 2016).

De waterstanden en golfcondities zijn aangepast om rekening te houden met de zeespiegelstijgingen van +1 m, +2 m en +3 m zoals verder gespecificeerd in de randvoorwaardennota (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b).

3.3 Toetsing strandzones

Voor de analyse van de kustveiligheid langsheen de strandzones wordt gebruik gemaakt van een vereenvoudigde methodologie voor de kustveiligheidstoetsing (Suzuki et al., 2016), toegepast in de Coastal Safety Tool (IMDC, 2019a). Er is daarbij voortgebouwd op een voorgaande quickscan analyse in de studie (IMDC, 2018) die verder is verfijnd aan de hand van modelberekeningen, en aanpassingen van de bathymetrische gegevens en randvoorwaarden. In de strandzones bestaat de primaire zeewering uit dijken of duinen die elk een aparte beoordeling hebben.

In de volgende secties wordt de methodiek toegelicht met de onderverdeling van de strandzones in dijk- en duinprofielen, de Coastal Safety Tool, en daarnaast de veiligheidscriteria en de toepassing ervan onderverdeeld in dijk- en duinsecties.

3.3.1 Methodologie

3.3.1.1 Onderverdeling kustlijn in duin- en dijkprofielen

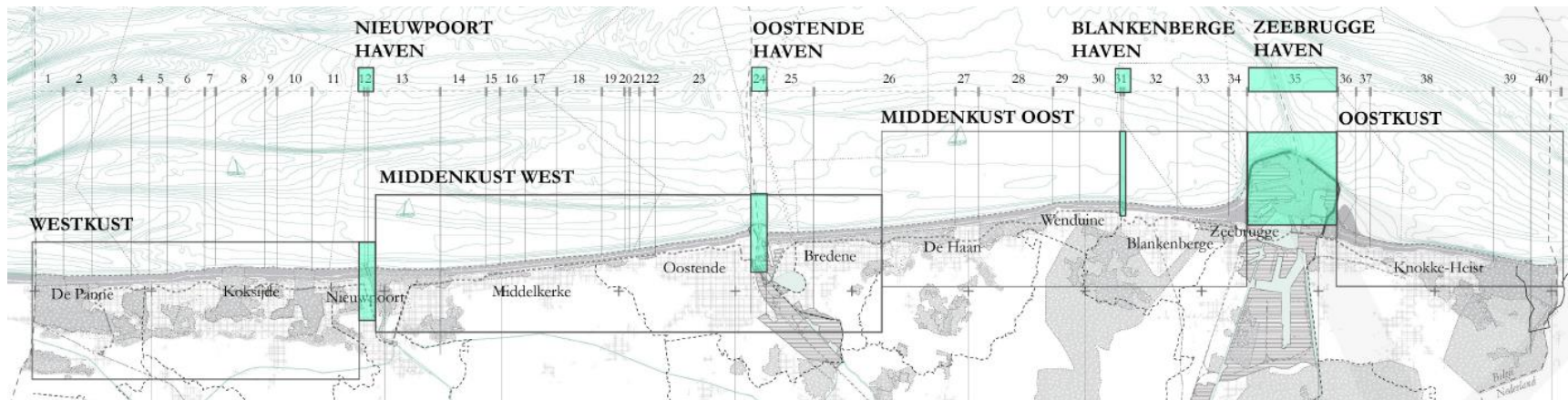
De kustlijn wordt onderverdeeld in verschillende secties. MPKV definieerde 255 kustsecties waarop de kustveiligheid om de 6 jaar getoetst wordt. In het kader van het strategische onderzoek voor Kustvisie zijn grotere ruimtelijke gehelen gedefinieerd. De kustsecties vallen binnen verschillende kustvakken (40), zie Figuur 3-2, welke dan weer worden gegroepeerd in vier gebieden: Westkust, Middenkust-West, Middenkust-Oost en Oostkust. De kustvakken zijn opgesteld op basis van constructieve, natuurlijke en socio-economische aspecten, resulterende in een opdeling van de kust op hoger niveau (badplaatsen met of zonder dijk en duingebieden met of zonder dijk). Het onderzoek binnen Kustvisie wordt generiek uitgevoerd op kustvak niveau. Echter, om een goed kustlangs beeld te verkrijgen van de kustbescherming, wordt de veiligheidsscan uitgevoerd op kustsectie niveau gezien de lokale variatie langsheen de kust van de profielen. Aangezien de toegepaste methodiek binnen de veiligheidsscan verschilt voor verschillende typologieën is het essentieel om de onderverdeling van kustlijn eerst te definiëren.

Binnen de veiligheidsscan worden er drie verschillende typologieën onderscheiden in de strandzones:

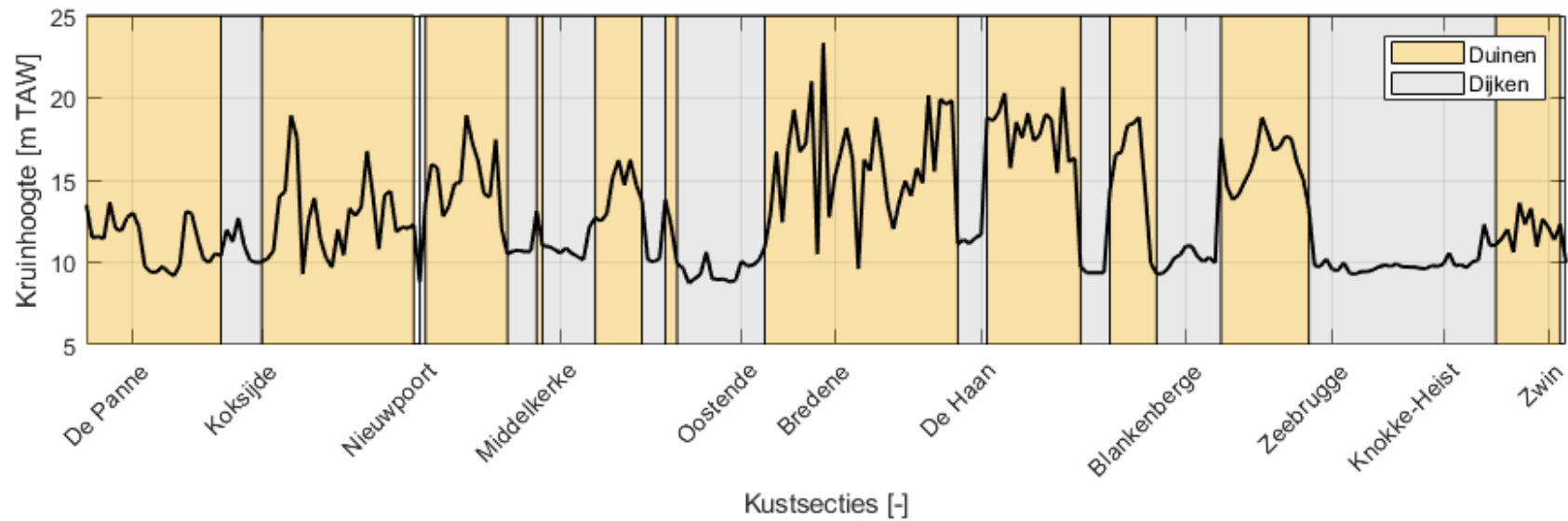
- Duinen zonder bebouwing ter hoogte van de veiligheidslijn
- Duinen met bebouwing ter hoogte van de veiligheidslijn
- Dijken

Tabel 3-1 geeft de relatie weer tussen de typologieën binnen de kustvakken (40) en de typologieën gebruikt als input voor de veiligheidsscan. De relatie is niet 1 op 1, zo kunnen duingebieden zowel met bebouwing als zonder bebouwing gekenmerkt worden en zijn lokale afwijkingen mogelijk. Badplaatsen worden steeds als dijken geëvalueerd binnen de veiligheidsscan. Badplaatsen zonder dijk worden als duinen met bebouwing getoetst, waarbij de promenade wordt verondersteld mee te kunnen eroderen met het duin- en strandprofiel (conservatief). Duingebieden met dijk worden zowel als duinen met bebouwing of als dijk getoetst.

De kustlangse kruinhoogte voor de 255 beschouwde kustsecties wordt weergegeven in Figuur 3-3, waar een onderscheid is gemaakt tussen dijk- en duingebieden. Er kan worden opgemerkt dat badplaatsen, getoetst als dijk, gekenmerkt worden door een lagere kruinhoogte in vergelijking met de aanwezige duingebieden.



Figuur 3-2: Opdeling kustlijn in kustvakken 1-40, op basis van typologie. Zonering tijdens co-creatief onderzoekstraject uit (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2023)



Figuur 3-3: Kruinhoogte in m TAW langs de kust, 2-255 secties, waarbij onderscheid tussen dijk- en duingebieden is gemaakt.

Tabel 3-1: Onderverdeling kust in termen van secties, vakken en typologieën.

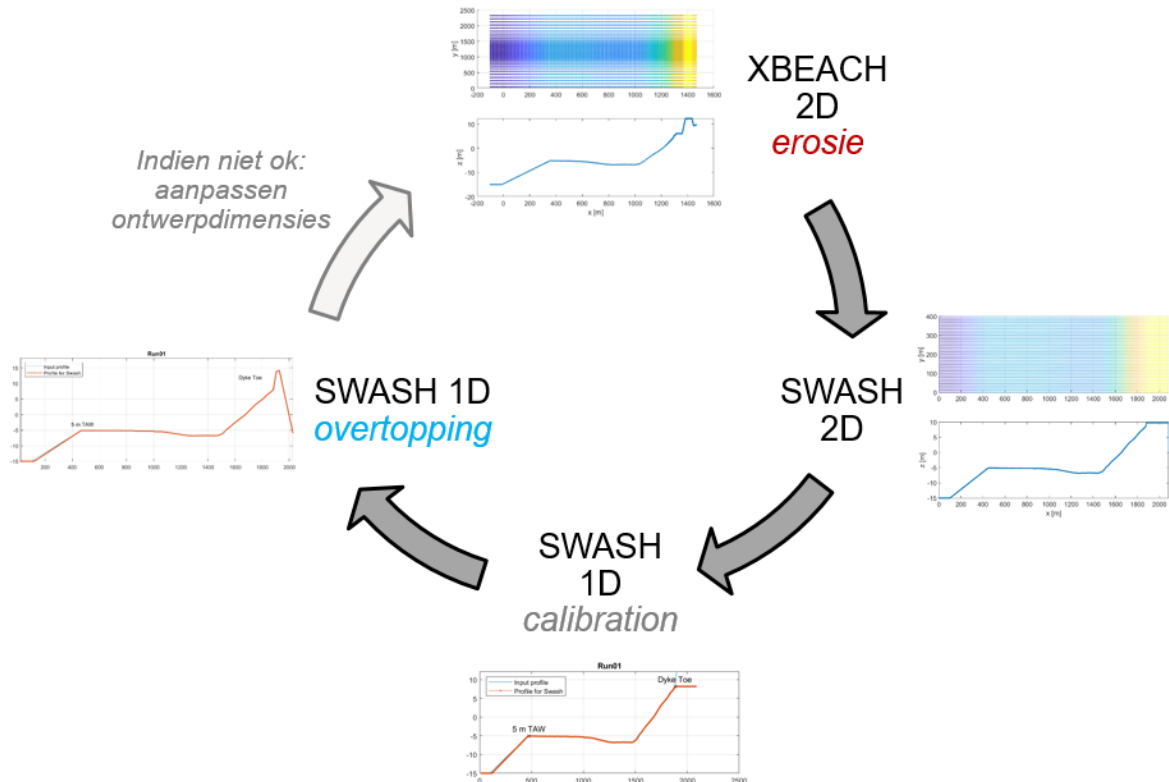
Kustsecties	Kustvak	Locatie	Typologie	Typologie binnen Veiligheidsscan
2-6	1	De Panne - Westhoek	Duingebied	Duinen zonder bebouwing
7-11, 12-18, 19-21, 22-25	2, 3, 4, 5	De Panne - Westhoek, Zeepark (De Panne) – St-Idesbald, St-Idesbald - Koksijde	Duingebied, Badplaats zonder dijk, Duingebied, Badplaats zonder dijk	Duinen met bebouwing
26-32	6	St-Idesbald – Koksijde	Badplaats met dijk	Dijk
33-34, 35-42, 43-44, 45-47, 50	7, 8, 9, 10	St-Idesbald – Koksijde, Duinengebied Hoge Blekker, Oostduinkerke-Bad, Groenendijk	Badplaats zonder dijk, Duingebied, Badplaats zonder dijk, Duingebied	Duinen met bebouwing
48-49	10	Groenendijk	Duingebied	Duinen zonder bebouwing
51-58	11	Groenendijk-Nieuwpoort	Badplaats zonder dijk	Duinen met bebouwing
59	11	Nieuwpoort	Badplaats met dijk	Dijk
-	12	Nieuwpoort Haven	Haven	Haven
60-61, 66-69	13	Lombardsijde	Duingebied	Duinen zonder bebouwing
62-65, 70-73	14	Lombardsijde	Duingebied	Duinen met bebouwing
74-78	14	Westende (bad)	Badplaats met dijk	Dijk
79	15	Westende (bad)	Duingebied met dijk	Duinen met bebouwing
80-83, 84-87	16, 17	Middelkerke-Bad	Badplaats met dijk	Dijk
88-93, 94-96	18, 19	Domein Prins-Karel	Duingebied met dijk	Duinen zonder bebouwing
97-98, 99-100	20, 21	Raversijde	Badplaats met dijk	Dijk
101-102	22	Raversijde	Duingebied met dijk	Duinen zonder bebouwing
103-116	23	Mariakerke	Badplaats met dijk	Dijk
117-118	24	Oostende Haven	Haven	Haven
119, 121	25	Oostende-Oost – Bredene	Duingebied	Duinen met bebouwing
120, 122-124, 125-147	25, 26	Oostende-Oost – Bredene, Duinengebied Bredene – De Haan	Duingebied	Duinen zonder bebouwing
148-150	26	Duinengebied Bredene – De Haan	Duingebied	Duinen met bebouwing
151-155	27	De Haan Centrum	Badplaats met dijk	Dijk
156-168, 171	28	Duinengebied De Haan – Wenduine-West	Duingebied	Duinen zonder bebouwing

Kustsecties	Kustvak	Locatie	Typologie	Typologie binnen Veiligheidsscan
169-170	28	Duinengebied De Haan – Wenduine-West	Duingebied	Duinen met bebouwing
172-176	29	Wenduine	Badplaats met dijk	Dijk
177-184	30	Duingebied Wenduine-Oost	Duingebied	Duinen zonder bebouwing
-	31	Blankenberge Haven	Haven	Haven
185-195	32	Blankenberge	Badplaats met dijk	Dijk
196-210	33	Duinse Polders – Fonteintjes	Duingebied	Duinen zonder bebouwing
211-216	34	Zeebrugge-Strand	Duingebied met dijk + badplaats met dijk	Dijk
-	35	Zeebrugge Haven	Haven	Haven
217-222, 223-224, 225-244	36, 37, 38	Baai van Heist, Heist, Knokke	Badplaats met dijk, Duingebied met dijk, Badplaats	Dijk
245-250, 251-255	39, 40	Lekkerbok-Zwinbosjes, Zwin	Duingebied	Duinen zonder bebouwing

3.3.1.2 Coastal Safety Tool

Het modelinstrumentarium is gebaseerd op de toetsmethodologie die wordt toegepast in het kader van de 6-jaarlijkse veiligheidstoetsing Masterplan Kustveiligheid. In de veiligheidsscan worden gelijkaardig aan de toetsmethodologie modelberekeningen uitgevoerd, maar de methodologie is daarbij vereenvoudigd. Gezien de studie in deze fase focust op een strategische keuze, is gekozen voor een wetenschappelijk onderbouwde, doch pragmatische methodologie die aansluit bij het tijdschema en de informatiebehoefte in deze fase.

De Coastal Safety Tool (CST) is ontwikkeld binnen IMDC (IMDC, 2019a), waarbij XBeach en SWASH worden gecombineerd volgens de toetsmethodologie van (Suzuki et al., 2016) om eerst strand- en duinafslag te bepalen en dan de hoeveelheid overslag over dijken en duinen te kwantificeren. De modellentrein is geïllustreerd in Figuur 3-4, dewelke in de veiligheidsscan één keer doorlopen wordt per kustsectie. In de veiligheidsscan is er geen iteratieslag waarbij dimensies worden aangepast zoals in het ontwerp, maar een finaal resultaat of de sectie wel of niet veilig is. De toegepaste modellen worden hieronder verder toegelicht.



Figuur 3-4: Overzicht van de modellentrein die wordt ingezet om in eerste instantie maatregelen te ontwerpen.

XBeach wordt ingezet om het geërodeerde resterende kustdwarsprofiel na maatgevende storm (zie Sectie 3.2) te bepalen. Voor elk van de 255 kustsecties wordt er één input profiel geselecteerd (bathymetrie + hoog strand) tot aan de veiligheidsslijn. De profielen zijn zo gekozen dat binnen de 255 kustsecties de meest kwetsbare plekken (laagste kruinhoogtes, smalste duinen, etc.) geëvalueerd worden met behulp van de CST. De output is het geërodeerde resterende kustprofiel en wordt als input gebruikt voor het volgende model (SWASH).

Twee verschillende SWASH-modellen worden ingezet voor de bepaling van de hoeveelheid overslag tijdens stormcondities, SWASH2D en SWASH1D. Eerst wordt SWASH2D ingezet om de golfcondities aan de teen van de dijk/duin te bepalen, waarbij het geërodeerde profiel uit het XBeach model als bathymetrie/ hoog strand wordt opgelegd. De resulterende golfcondities worden dan als randvoorwaarde gebruikt voor SWASH1D voor het bepalen van de golfoverslag.

3.3.2 Veiligheidscriteria

De veiligheidscriteria vertalen de eisen dat tijdens de maatgevende storm de zeekering (duin of dijk, met of zonder bebouwing) niet mag falen, dat er geen mensenlevens in gevaar komen of dat er overstroming en/of schade aan gebouwen optreedt.

De volgende criteria zijn gedefinieerd op basis van de toetsingsmethodiek uit het Masterplan Kustveiligheid in (Suzuki et al., 2016) en (Witteveen + Bos, 2017):

- Duinen (zie Sectie 3.3.2.1)
 - De kruinhoogte van de duinen voor of na de storm moet minstens 1 m boven het stormwaterpeil zijn gelegen.
 - Met bebouwing:
 - Erosie mag zich niet uitstrekken tot aan het eerste woongebied, om instabiliteiten te vermijden;
 - De golfoverslag ter hoogte van het gebouw moet onder de grenswaarde blijven (1 l/m/s)
 - Zonder bebouwing:
 - Het restvolume van de duin tijdens en na de storm moet voldoende zijn om bresvorming te vermijden;
 - De golfoverslag ter hoogte van de veiligheidslijn moet onder een grenswaarde blijven, gelijkgesteld aan 10 l/m/s.
- Dijken (zie Sectie 3.3.2.2)
 - Met en zonder bebouwing
 - De golfoverslag ter hoogte van het gebouw of veiligheidslijn moet onder de grenswaarde blijven (1 l/m/s)

Deze criteria worden in dit rapport langsheen de kust geverifieerd met behulp van de rekenresultaten met de CST.

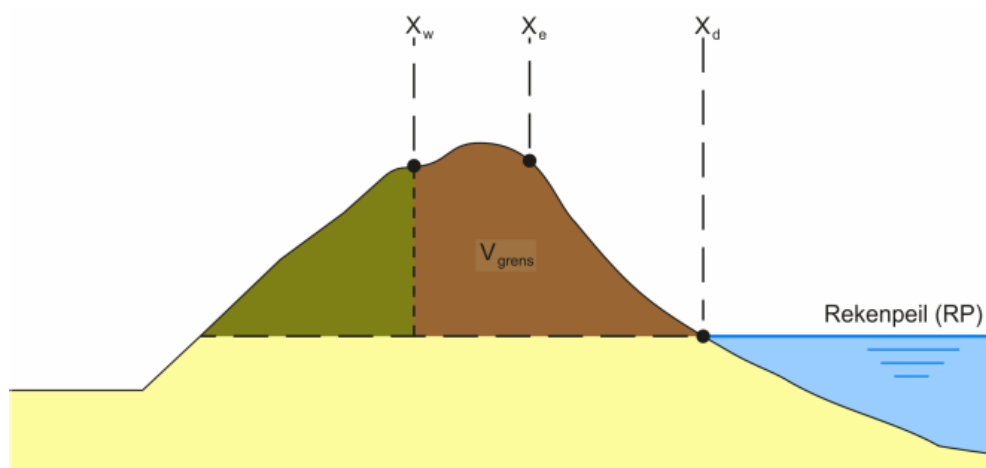
De volgende paragrafen gaan dieper in op de toetsing van de veiligheidscriteria voor duinen enerzijds en dijken anderzijds.

3.3.2.1 Toetsing duinen

De kust bestaat grotendeels uit stranden en duinen, opgebouwd uit zand, dewelke eroderen bij stormimpact en zeespiegelstijging. Om na te gaan of de bestaande duinhoogtes en volumes genoeg zijn om deze externe krachten te weerstaan, om overstromingen of instabiliteiten van gebouwen te vermijden, is de volgende toetsmethodiek opgesteld gebaseerd op (Suzuki et al., 2016). Er wordt hierbij onderscheid gemaakt of bebouwing aanwezig is of niet.

3.3.2.1.1 Zonder bebouwing

Voor duinen waar geen bebouwing aanwezig is ter hoogte van de veiligheidslijn wordt er getoetst onder de aanname dat er net geen doorbraak optreedt bij de 1000-jarige storm. Er dient daarom een resterend grensprofiel boven het rekenpeil (bruin in Figuur 3-5, V_{grens}) aanwezig te zijn na duinafslag, om overstroming van het land te voorkomen. Het rekenpeil is gelijk aan de piekwaterstand tijdens de maatgevende storm (zie Sectie 3.2) = spring getij + piek stormopzet en zeespiegelstijging. Het grensprofiel dat steeds aanwezig dient te zijn tijdens de maatgevende stormcondities dient ingepast te worden in het resterend dwarsprofiel na duinafslag (groen), boven het rekenpeil en zeewaarts van de veiligheidslijn, zie Figuur 3-6, (Suzuki et al., 2016).



Figuur 3-5: Het grensvolume dat ingepast wordt in het resterend kustdwarsprofiel na duinafslag (Suzuki et al., 2016).

Als onderdeel van de duintoetsing wordt een toeslag van 25% op het afslagvolume toegepast, boven het rekenpeil, waardoor het grensvolume zich landwaarts verplaatst. Deze toeslag wordt toegepast om rekening te houden met de modelonzekerheid in XBeach.

Verschillende duineigenschappen worden bepaald, zie Figuur 3-5, de ligging van de kruin van het afgeslagen duinprofiel inclusief toeslag, X_e , van de duinvoet, X_d , van de veiligheidslijn, X_v en de ligging van het meest landwaartse punt van de kruin van het grensprofiel, X_w . De ligging van deze kruin X_e wordt gedefinieerd als het meest landwaartse punt waar duinafslag opgetreden is tijdens stormimpact.

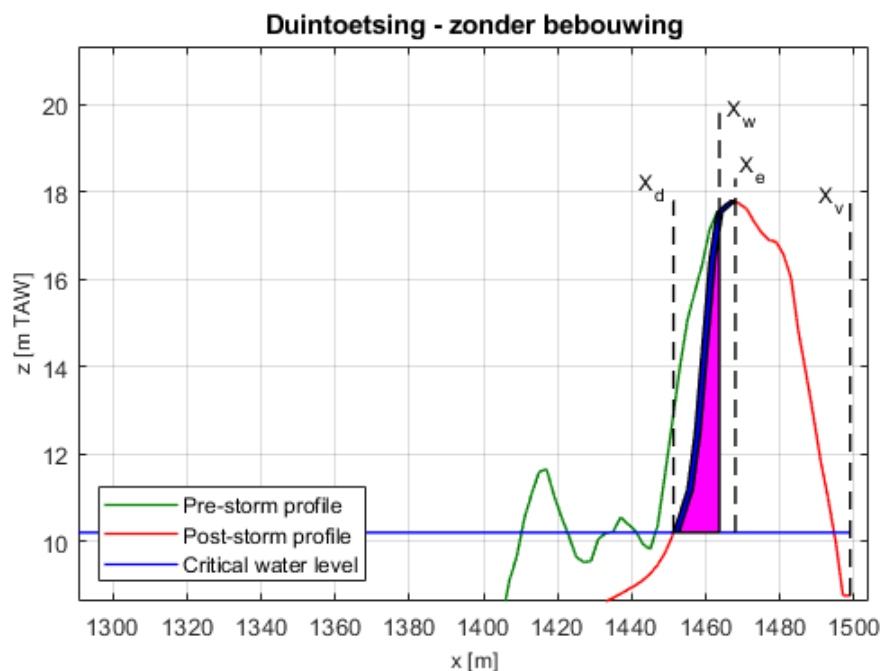
De ligging van de duinvoet X_d wordt gedefinieerd als het snijpunt van het rekenpeil en het resterend kustdwarsprofiel. De verticale projectie van X_w op het rekenpeil vormt de landwaartse zijde van het grensvolume V_{grens} .

Verder dient voor de veiligheidsbeoordeling van duin zonder bebouwing het resterend kustdwarsprofiel na duinafslag (V_{rest}) en het grensvolume (V_{grens}) de volgende verhouding te hebben, ook duin ratio genoemd in vervolg:

$$\text{Duin ratio: } (V_{rest} - 0.25 \cdot V_{eroded}) / V_{grens} \geq 1$$

Verder dient de hoogte van de top van de duin na erosie minstens 1 m boven het rekenpeil te liggen.

Sectie 204 is een voorbeeld van een uitgevoerde toetsing voor duin – zonder bebouwing, met zeespiegelstijging +3 m, zie Figuur 3-6. Hierbij is de ligging van de veiligheidslijn, X_v , ligging van de duinvoet, X_d , landwaartse zijde van grensprofiel, X_w , ligging kruin afgeslagen profiel, X_e en het grensprofiel zelf (magenta + blauw, inclusief toeslag) weergegeven. Hierbij is te zien dat het grensprofiel volledig past in het resterend afgeslagen duinprofiel (rood), zodat het punt van de beschermingszone landzijde (X_w) zich zeewaarts van de veiligheidslijn (X_v) bevindt. De berekende duin ratio voor deze sectie is 6.7 en kan dus als veilig beoordeeld worden.



Figuur 3-6: Uitgevoerde duintoetsing met resulterende eigenschappen, voor duin zonder bebouwing.

3.3.2.1.2 Met bebouwing

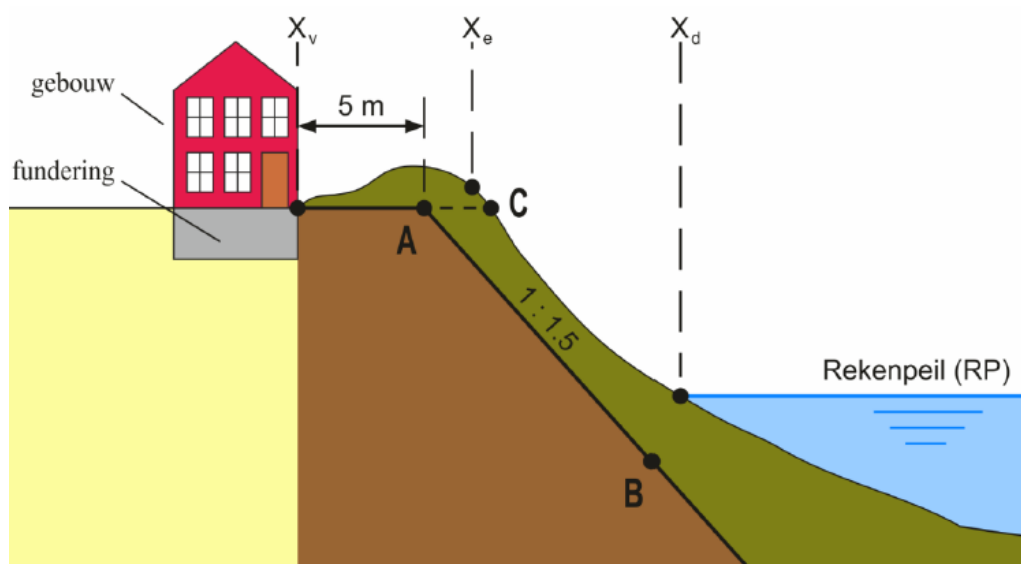
Duinen met bebouwing worden getoetst onder de aanname dat er geen schade/ instabiliteit ter hoogte van het gebouw optreden bij de 1000-jarige storm. Daarom dient er steeds een minimaal duinprofiel aanwezig te zijn landwaarts van het afgeslagen (post-storm) duinprofiel zodat de stabiliteit van het gebouw verzekerd kan worden, doordat de fundering onaangetast blijft, zie Figuur 3-7.

Na de duinafslagberekening, inclusief toeslag (extra 25% op het afslagvolume toegepast, boven het rekenpeil, om rekening te houden met de modelonzekerheid in X_{beach}), resteert een kustdwarse profiel met bepaalde kenmerken. Verschillende duineigenschappen worden bepaald, zoals ook gedaan in geval zonder bebouwing zie Sectie 3.3.2.1.1. Er dient nagegaan te worden of dit resterend kustdwarse profiel zich volledig zeewaarts van het minimale vereiste duinprofiel voor de bebouwing bevindt (X_v -A-C profiel), zie Figuur 3-7.

De veiligheidsbeoordeling van de duin met bebouwing wordt geëvalueerd volgens de volgende criteria:

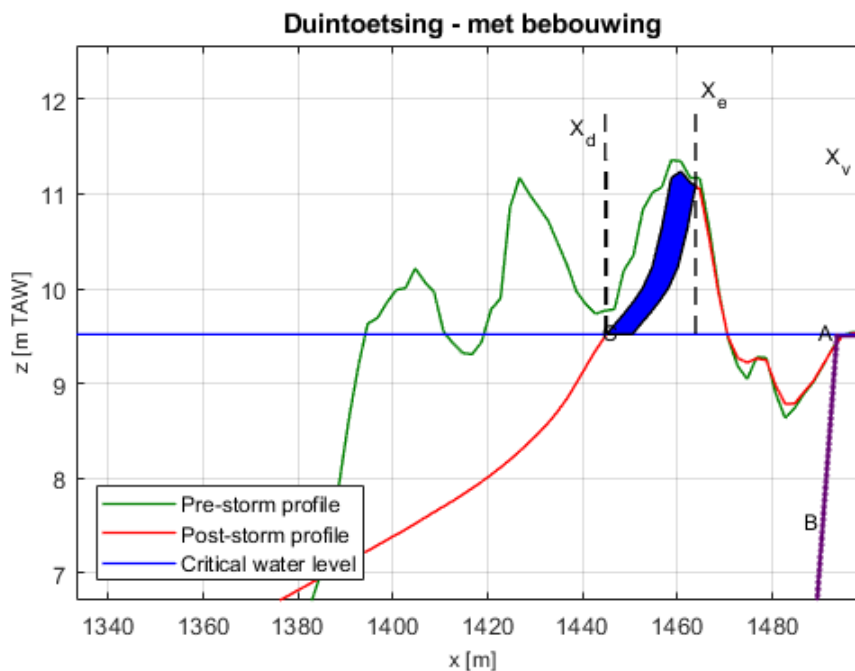
- Het punt C, het punt waar de horizontale gevormd door X_v en het punt A het resterend kustdwarsprofiel na duinafslag snijdt, dient zeewaarts van het punt A te liggen;
- Het resterend kustdwarse profiel na duinafslag dient volledig zeewaarts ten opzichte van de limietlijn AB (met helling 1/1.5, beginnend op 5 m van X_w) te liggen;
- De gemodelleerde golfoverslag, met als input het resterende kustdwarse profiel na duinafslag, moet onder de limietwaarde blijven (1 l/s/m).

Indien aan beide voorwaarden voldaan is, wordt het duinprofiel beoordeeld als voldoende/veilig volgens de gestelde norm voor kustveiligheid (Suzuki *et al.*, 2016). Op het resterend kustdwarse profiel na duinafslag dienen de punten X_d , X_e , X_v , A en C aangeduid te worden, alsook de limietlijn AB.

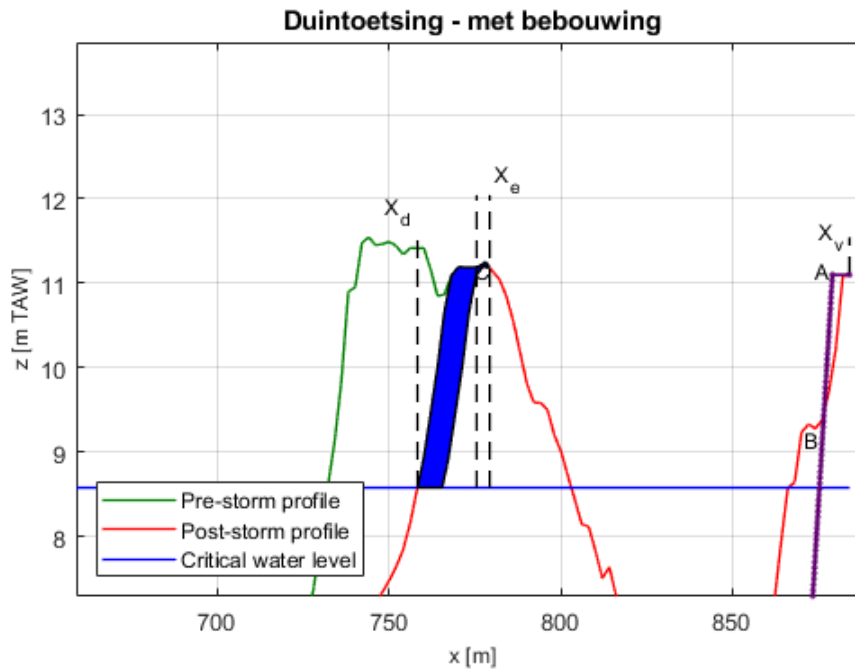


Figuur 3-7: Minimum vereisten voor de afstand van het resterend kustdwarsprofiel na duinafslag tot de bebouwing, en dus de veiligheidslijn (Suzuki *et al.*, 2016).

Figuur 3-8 is een voorbeeld van een uitgevoerde toetsing voor duin – met bebouwing. Hierbij is de ligging van de veiligheidslijn, X_v , ligging van de duinvoet, X_d , ligging kruin afgeslagen profiel, X_e , het resterende afgeslagen kustdwarsprofiel (rood) en de limietlijn AB weergegeven. Hierbij is te zien dat het afgeslagen resterende kustdwarsprofiel zeewaarts van de limietlijn AB ligt en de beoordeling voldoet aangezien ook de gemodelleerde overslag lager is dan de limietwaarde (1 l/s/m). In een aantal gevallen met opeenvolgende duinrijen (kustdwars) is het mogelijk dat ter hoogte van de bebouwing het bestaande kustprofiel al het gevraagde AB-profiel doorsnijdt, maar dat na de storm het profiel toch als veilig kan worden beschouwd omdat er nog steeds een duinenrij voor de bebouwing aanwezig (vb. Figuur 3-9). Voor de veiligheidsscan zijn deze gevallen apart geëvalueerd met behulp van expertenoordeel.



Figuur 3-8: Uitgevoerde duintoetsing met resulterende eigenschappen, voor duin met bebouwing, sectie 42.



Figuur 3-9: Uitgevoerde duintoetsing met resulterende eigenschappen, voor duin met bebouwing, sectie 11.

3.3.2.2 Toetsing dijken

Naast duinen zijn er ook dijken te vinden langs de kust, dewelke harde structuren zijn ter hoogte van de veiligheidslijn en verondersteld worden niet te eroderen bij stormimpact.

3.3.2.2.1 Met en zonder bebouwing

Een dijk bestaat uit een opeenvolging van strand en een harde constructie ter hoogte van de veiligheidslijn. Bij stormimpact vinden er zowel strandafslag als golfoverslag plaats. Het strand reduceert de golfbelasting op en – overslag over de dijk doordat het de golven breekt voordat ze inslaan op de dijk. Dit fenomeen vermindert naarmate het strand afslaat, daarom wordt de strandafslag ook gemodelleerd in het geval van dijken.

Een dijk voldoet aan de kustveiligheidsnorm als het gemiddeld overslagdebiet voor de maatgevende stormcondities lager is dan de limietwaarde (1 l/s/m). Deze waarde is gekozen voor dijken waar er zowel bebouwing als geen bebouwing ter hoogte van de veiligheidslijn ligt, omdat in gebieden zonder bebouwing de dijken voor de veiligheid van wegen en tramrails (Raversijde) instaan welke niet blootgesteld kunnen worden aan hoge debietswaarde voor golfoverslag.

3.4 Toetsing havens

De evaluatie in de havens gebeurt aan de hand van berekende overslagdebieten tijdens de piek van de maatgevende storm. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de overslag over de waterkant (bijvoorbeeld ter hoogte van de kaaimuur) en de impact op het achterliggende haventerrein en de overslag over de zeeweringscontour die verder landwaarts op het haventerrein kan zijn gelegen (bijvoorbeeld een stormmuur) en het achterland beschermt (zie ter illustratie Figuur 3-10). Wat betreft de havendammen van Oostende en Zeebrugge is geëvalueerd of de ontwerpcriteria worden overschreden en de mogelijke functionaliteit van de structuur onder druk komt te staan. Daarnaast zijn de bestaande structuren zoals sluizen en uitwateringsconstructie mee geëvalueerd op basis van vereenvoudigde aannames rond falen.

De volgende secties geven een overzicht van de aanpak en veiligheidscriteria.

3.4.1 Methodologie

Een verschillende aanpak is gehanteerd voor:

- De zeeweringscontour in de haven en de haventerreinen
- De havendammen voor Zeebrugge en Oostende
- De hydraulische structuren in de havens zoals sluizen, stuwen en uitwateringsconstructies.

Voor de evaluatie van **de zeeeringscontour in de haven en de haventerreinen** worden overslagdebieten berekend tijdens de piek van de maatgevende storm. Dezelfde methodiek is toegepast op de verschillende kusthavens voor de situatie van +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging.

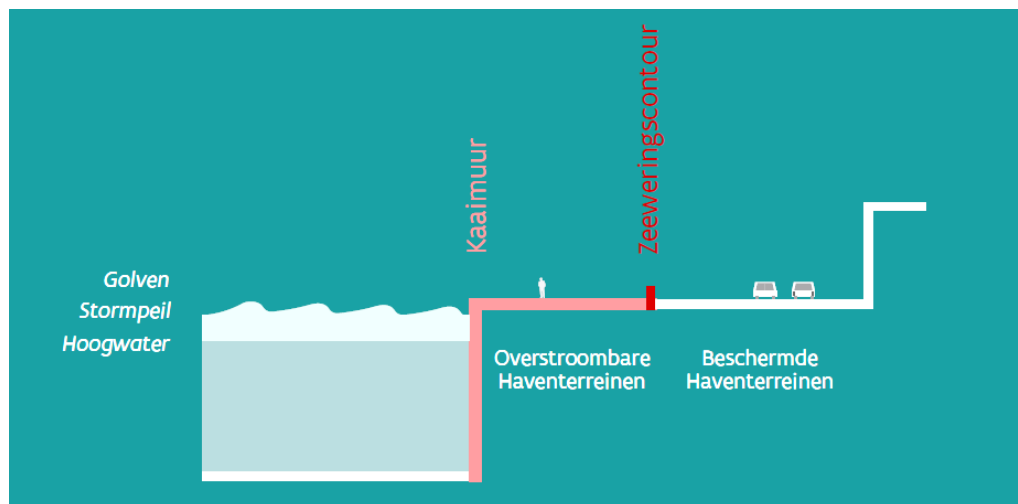
De methode die wordt gebruikt om de golfoverslag over de kademuuren van de havens, over de zeeeringscontour en/of over een stormvloedkering te bepalen, is gebaseerd op de empirische formuleringen in de Overtopping Manual (EurOtop and EurOtop, 2018) waarin 'De ontwerp- of beoordelingsbenadering' is gevolgd, gelijkaardig aan de aanpak beschreven in het rapport Ontwerp havens (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c).

Voor deze analyse werden de overslagdebieten berekend op basis van het type kaaimuur (bv. gladde dijk of dijk met breuksteen, verticale steile wand). Dit is toegepast voor grotere zones in elke haven met een gelijkaardige geometrie. Andere relevante gegevens werden afgeleid uit de bathymetrische opmetingen van het havenbekken: de helling van de vooroever, de bodemhoogte aan de voet van de structuur, of de kruinhoogtes (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c).

De overslag over de zeeeringscontour wordt gebaseerd op de overslag van de nabijgelegen kaaimuur. Daarbij wordt rekening gehouden met de afstand tot de waterkant en de hoogte van de kering. Dit wordt gedaan door elk segment van de zeeeringscontour eerst te koppelen aan een nabijgelegen kaaimuur. Vervolgens wordt de overslag geschat, per zone, en wordt deze verminderd om het effect van de afstand tussen de waterkant en de zeeeringscontour te beschouwen. Deze afname verschilt per zone en is gebaseerd op bestaande literatuur. Het gehanteerde waterpeil wordt aangepast met de beschouwde zeespiegelstijging.

De veiligheidsscan wordt bepaald voor een 1000-jarige storm (Vuik *et al.*, 2020). In de haven zijn dan ook representatieve golfcondities voor dergelijke 1000-jarige storm toegepast. De inkomende-golfcondities aan de voet van de kaaimuurstructuren zijn een combinatie van de lokale windgolven en de offshore golfindringing (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c). Deze inkomende-golfcondities zijn afgeleid uit al beschikbare modelresultaten, met andere hydraulische randvoorwaarden. Hierdoor zijn er aannames gemaakt. Bijvoorbeeld voor hogere zeespiegelstijging wordt de golfindringing mogelijk onderschat, aangezien golfindringing over het algemeen lager is met kleinere waterdieptes. De omnidirectionele golfcondities zijn daarbij toegepast. Voor de golfval op de constructies is rekening gehouden met de golfvalshoek. Het effect van een schuine golfval wordt gedefinieerd door een invloedsfactor, die een reductie toepast op de golfoverslag voor toenemende schuinheid. Deze beïnvloedingsfactor is gebaseerd op bestaand literatuuronderzoek. De beschikbare data volstaat voor deze beoordeling.

Hoewel de databeperkingen en de aannames de nauwkeurigheid beïnvloeden van de golfhoogteverdeling langsheen de kademuuren, en dus ook de voorspellingen van de overslagdebieten blijkt de aanpak toch bruikbare inzichten te geven en is inzetbaar als veiligheidsscan van maatregelen.



Figuur 3-10: Typische configuratie in de havens met onderscheid tussen de waterkant (kaaimuur) en de zeeeringscontour (in dit geval een stormmuur) die het achterland beschermt. Tussen de waterkant en de zeeeringscontour zijn haventerreinen gelegen.

Een analyse van de **havendammen van Zeebrugge en Oostende** is uitgevoerd. Deze buitenste beschermingsstructuren van de havens (golfbrekers) zijn beoordeeld op basis van de vergelijking van hun oorspronkelijke ontwerpomstandigheden met toekomstige voorspelde omstandigheden onder stijging van het zeeniveau.

Wanneer randvoorwaarden afwijken van de normatieve condities waarvoor de golfbrekers zijn ontworpen, kan dit gevolgen hebben voor hun functionaliteit. De hydraulische prestaties van havenhoofden (d.w.z. overslag, transmissie) worden met name beïnvloed door de stijgende zeespiegel. Hun structurele reactie/stabiliteit (d.w.z. hydraulisch en geotechnisch) kan ook worden beïnvloed. In deze veiligheidsscan wordt de veiligheid alleen beoordeeld op overslag.

Wanneer de structuren als onveilig worden gemarkeerd betekent dit dus dat hun huidige functionaliteit niet kan worden gewaarborgd.

De structurele respons/stabiliteit van de buitenste golfbrekers wordt niet geëvalueerd. De analyse is gebaseerd op de overslagberekeningen en analyses gerapporteerd voor Zeebrugge en Oostende in respectievelijk (IMDC, 2017) en (IMDC, 2019b).

De strekdammen van de haven van Blankenberge en Nieuwpoort zijn niet apart geëvalueerd gezien zij in mindere mate instaan voor het afschermen van de haven, maar vooral als doel hebben om de havengeul af te schermen van de nabijgelegen strandzones. Deze structuren zullen voornamelijk dienen aangepast te worden in functie van de aanpassingen in de nabijgelegen strandzones.

Met betrekking tot de beoordeling van de veiligheid van bestaande **hydraulische structuren** (zoals sluizen, stuwen en uitwateringsconstructies) binnen de havenbekkens is het criterium dat wordt gebruikt om toe te wijzen of een structuur veilig of onveilig is onder zeespiegelstijging, gebaseerd op de vergelijking van hun kruinhoogte met het verwachte toekomstige extreme waterpeil.

3.4.2 Veiligheidscriteria

De veiligheid wordt beoordeeld op twee locaties langs de havenperimeter, aan de kade (waterkant) en aan de zeeweringscontour. De zeeweringscontour is gedefinieerd als de contour waar de zeewering in de haven gelegen is (bijvoorbeeld stormmuren, sluizen, etc.) en als bescherming dient van het achterland tegen overstroming vanuit zee, zie ter illustratie hiervan Figuur 3-10. Vaak ligt deze op enige afstand van de waterkant (bv stormmuur). Tussen de zeeweringscontour en de waterkant kunnen haventerreinen zijn gelegen. De volgende veiligheidscriteria worden gebruikt om de drempel tussen veilig en onveilig te definiëren:

- Waterkant (kaaimuren): veilig als het gemiddelde overslagdebiet minder is dan 50 l/s/m over de kruin van de kaaimuren, wat een typische grens is om structurele schade te vermijden.
- Zeeweringscontour: veilig als het gemiddelde overslagdebiet over de kruin van de zeeweringscontour minder dan 1 l/s/m bedraagt.

Voor de havendammen van Zeebrugge en Oostende wordt de overgang van veilig naar onveilig bepaald wanneer het overslagdebiet horende bij de ontwerpcondities van de structuur worden overschreden. Dit betekent nog niet dat deze structuren onstabiel worden of falen.

De hydraulische structuur wordt als veilig beschouwd wanneer de huidige kruinhoogte hoger is dan het verwachte extreme waterniveau voor +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging, indien dit niet het geval is wordt deze als onveilig beschouwd met risico op falen.

3.5 Toetsing Zwindijk

Ter hoogte van het Zwin is het de Zwindijk die het achterland beschermt tegen overstroming uit zee. De Zwindijk sluit in het westen aan op de zeedijk bij de Zwinbosjes. In het oosten overschrijdt deze de grens met Nederland en sluit daaraan op de zeewering in Cadzand. Aan zeezijde van het Zwin zijn eveneens enkele duinsecties aanwezig die mee zijn geëvalueerd volgens de methodiek strandzones (zie sectie 3.3). Deze duinsecties dragen indirect wel bij aan de kustveiligheid door het opvangen van de golfcondities en reduceren daarmee zo de golfaanval op de dijk, maar het falen van deze duinsecties heeft echter geen rechtstreekse gevolgen voor overstroming van het achterland. De duinsecties zijn dan ook informatief mee opgenomen bij de strandzones. Een overzicht van deze situatie rond het Zwin wordt geïllustreerd in Figuur 3-11.

3.5.1 Methodologie

De methodologie die wordt gebruikt om de veiligheid op de huidige Zwindijk voor de situatie van +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging te beoordelen, is vergelijkbaar met die voor de kusthavens. Tijdens de piek van de maatgevende storm wordt een overslagdebiet over de dijk bepaald op basis van de geometrie van de dijk en de waterstand- en golfcondities die daar geldig zijn.

Voor nadere bijzonderheden wordt verwezen naar het rapport Ontwerp havens (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c).



Figuur 3-11: Overzicht van het Zwin. De geel gekleurde gebieden hebben een hoogteligging hoger dan +8mTAW en geven aan hoe de Zwindijk rondom het gebied aansluit op de zeedijk ter hoogte van sectie 249.

3.5.2 Veiligheidscriteria

De huidige kruinhoogte voor de Zwindijk wordt beoordeeld op een maximale limiet van overslagdebiet van 5 l/s/m. Bij het overschrijden van deze drempelwaarde treedt mogelijk erosie op aan de landwaartse zijde van een grasdijk (EurOtop, 2018).

3.6 Overzicht aannames

Dit hoofdstuk geeft een gedetailleerd overzicht van de methodiek waarmee de kustveiligheid is geëvalueerd. De methodologie is gebaseerd op de toetsmethodologie opgesteld voor het Masterplan Kustveiligheid, maar is in het kader van Kustvisie vereenvoudigd en aangevuld met bijkomende criteria. Er is daarbij voortgebouwd op een voorgaande quickscan analyse binnen Kustvisie (IMDC, 2018) die verder is verfijnd aan de hand van modelberekeningen, en aanpassingen van de bathymetrie en de randvoorwaarden.

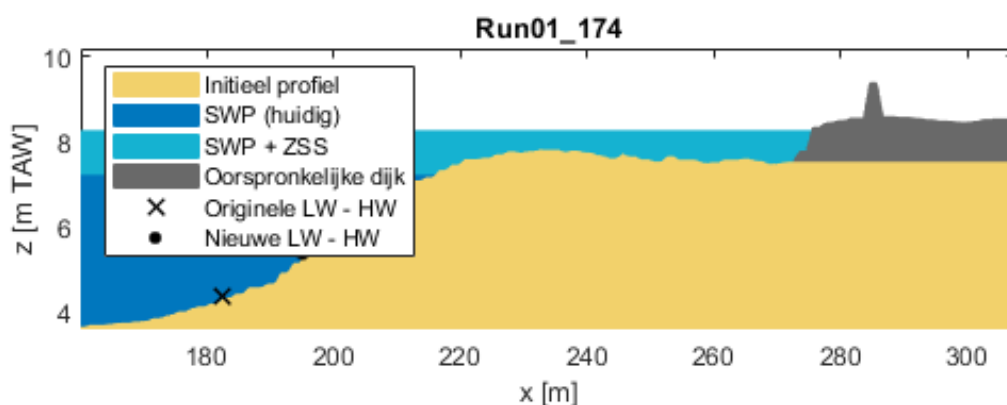
De veiligheidsscan in Kustvisie wijkt af van de toetsing kustveiligheid die om de 6 jaar uitgevoerd wordt door MDK, Afdeling Kust. Deze toetsing kustveiligheid wordt in vergelijking met de analyse in deze studie meer gedetailleerd uitgevoerd, waarbij de focus ligt op de toetsing van de huidige situatie om het huidige beleid en beheer te voeden en minder op de lange termijn met hoge zeespiegelstijging.

Echter, gezien Kustvisie in deze fase focust op een strategische keuze/evaluatie, is gekozen voor een wetenschappelijk onderbouwde, doch pragmatische methodologie die aansluit bij het tijdschema en de informatiebehoefte in deze fase.

Hieronder worden de belangrijkste aannames van de veiligheidsscan samengevat, voor de strandzones, havens en zwin:

- **Voor de strandzones:**

- Het huidige kustprofiel is gebaseerd op het hoogtemodel opgesteld voor de situatie in 2021. Daarbij zijn de reeds uitgevoerde en de toekomstige harde maatregelen gepland in het kader van het Masterplan Kustveiligheid geschematiseerd opgenomen op de zeedijken en in de havens (zie (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022a). Het gaat daarbij bijvoorbeeld over de stormmuren in Mariakerke, Blankenberge en Wenduine (zie ter illustratie de profielopbouw in Westende in Figuur 3-12). Daarbij is in het geval van een golfdempende uitbouw de hoogste kerende muur opgenomen gezien de modelaanpak golfdemping niet in dergelijk detail kan modelleren. In Middelkerke is omwille van dezelfde reden de golfdempende uitbouw niet expliciet opgenomen en doordat deze lager en zeewaarts van de dijk ligt wordt de bijdrage bij hogere zeespiegelstijgingen beperkt ingeschat. Daarmee is er een kleine onderschatting van de robuustheid van deze zones in de veiligheidsscan. Echter, er wordt geen impact op de resultaten in deze veiligheidsscan verwacht. Er kan immers worden opgemerkt dat stormmuurmaatregelen of golfdempende uitbouw, gebouwd in het kader van het Masterplan Kustveiligheid, typisch zijn ontworpen voor zeespiegelstijgingen van circa 30 cm over 50 jaar. Bij hogere zeespiegelstijging van +1 m of meer, zoals beschouwd in deze scan, is het dan ook de verwachting dat deze zones niet voldoen aan de veiligheidscriteria. In Westende bevat de referentiebodembodem de zanduitbouw van de grasdijk. In de havens is bijvoorbeeld de stormvloedkering in de havenmond van Nieuwpoort opgenomen. Met deze toevoegingen is de bathymetrie en topografie van de kustbescherming representatief voor situatie 2030, de referentietoestand beschouwd in Kustvisie, na realisatie van het Masterplan Kustveiligheid.
- Het huidige kustprofiel blijft behouden onder zeespiegelstijging. Dit betekent dat bij zeespiegelstijging de kustlijn landwaarts verplaatst. Er wordt verondersteld dat er geen grootschalige suppleties worden uitgevoerd om het profiel op te hogen of te verbreden, op onderhoudssuppleties na gelijkaardig aan de aanpak van vandaag. Er wordt verder geen rekening gehouden met eventuele erosie of sedimentatie in het profiel door zeespiegelstijging.
- Qua type zeewering wordt onderscheid gemaakt tussen duinen en dijken. Er wordt daarbij ook rekening gehouden met bebouwing.
- Er wordt één representatief profiel per kustsectie geëvalueerd ofwel als duin ofwel als dijk. De keuze van het type (duin of dijk) is gelijkaardig aan de onderverdeling in het Masterplan Kustveiligheid. Daarbij is de meest kritische locatie in een sectie visueel geselecteerd voor de referentiebodembodem op basis van de profielen zoals toegepast in Masterplan Kustveiligheid en de kustveiligheidstoetsing 2015. In de meeste gevallen bleken de locaties van de kritische profielen overeen te stemmen met de locaties zoals toegepast voor de toetsing voor het Masterplan welke in het algemeen ook overeenkwamen met die uit de laatste toetsing.
- De veiligheidscriteria ter hoogte van de kustsecties worden geëvalueerd op basis van berekende erosieprofielen en overslagdebieten welke met gelijkaardige, maar vereenvoudigde modelaanpak als in de officiële toetsmethodologie volgens (Suzuki et al., 2016) zijn bepaald.
- Tijdens de uitvoering van de voorliggende studie is een update van de officiële toetsmethodologie opgesteld in (De Roo et al., 2021) waarin aanpassingen aan de modelinstellingen worden voorgesteld. Uit verkennende berekeningen blijkt dat de nieuwe methodologie een verfijning vormt van de huidige, maar globaal gelijkaardige resultaten geeft. Lokale verschillen blijven echter mogelijk.
- De meest recente hydrodynamische randvoorwaarden uit het randvoorwaardenboek worden toegepast (Vuik et al., 2020) welke wijzigen bij zeespiegelstijging zoals beschreven in de randvoorwaardennota (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022b).



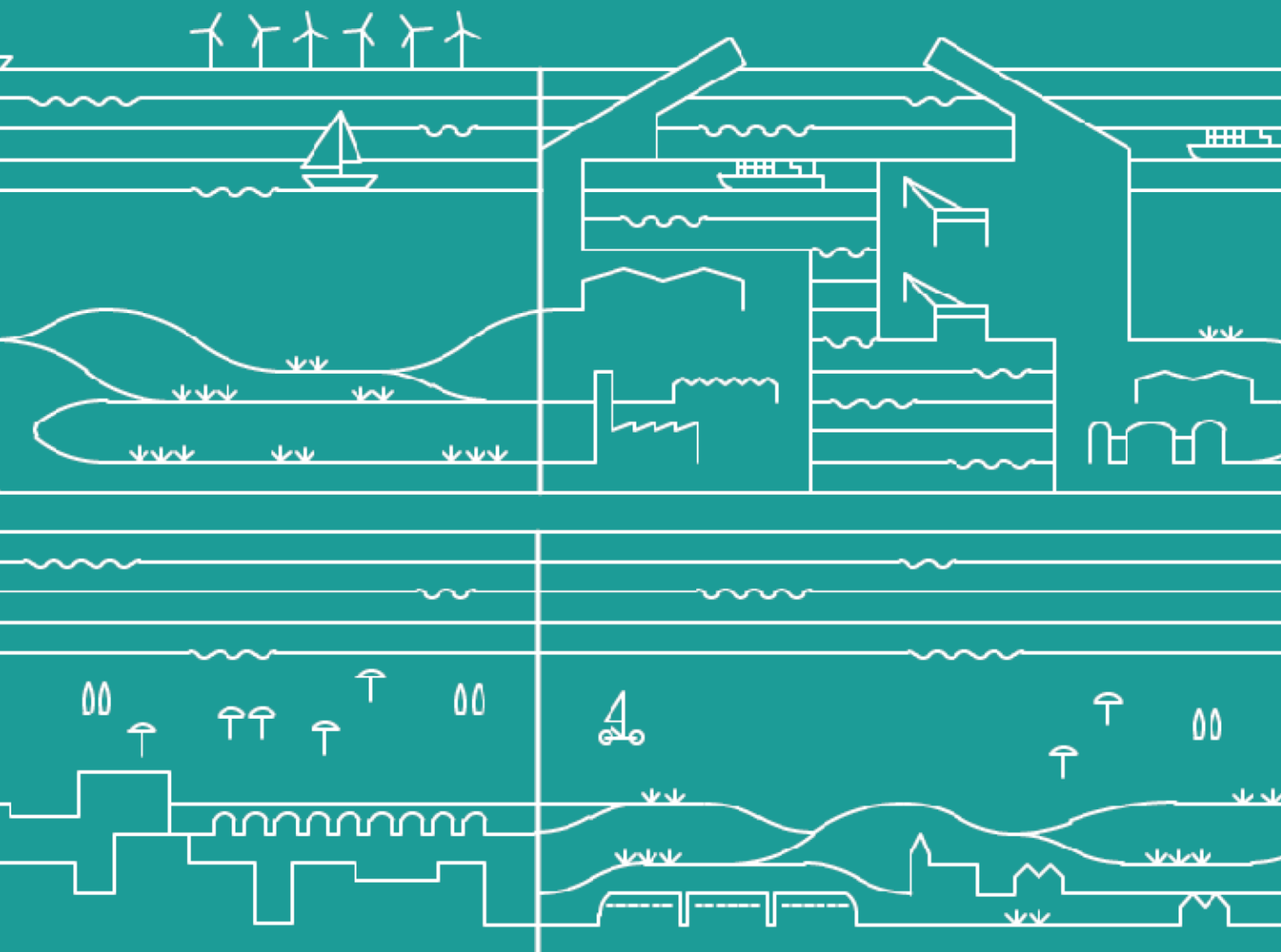
Figuur 3-12: Profiel ter hoogte van Wenduine, met vereenvoudigde schematisatie van de golfdempende uitbouw waarbij de hoogste stormmuur verderop de dijk (tot +9.4 m TAW) zichtbaar is.

- **Voor de havens:**

- Specifiek voor de havens wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende gebieden en onderdelen in het havengebied waarvoor aparte toetsingscriteria zijn toegepast. De resultaten worden eveneens ingedeeld in veilig en onveilig, maar hebben soms een andere achtergrond of betekenis. Het gaat in de haven om de volgende onderdelen: de kademuuren, de zeeweringscontour, hydraulische structuren en de havendammen.
- De zone aan de waterkant (genoemd kademuur) en de zone waarin de maatregel aanwezig is die het achterland moet beschermen tegen overstroming (genoemd zeeweringscontour) kunnen overlappen. Echter in veel havengebieden bevindt de zeeweringscontour zich meer landinwaarts op het haventerrein (bv. ter hoogte van een stormmuur), zie ter illustratie hiervan Figuur 3-10 eerder in dit hoofdstuk.
- Bij de hydraulische structuren gaat het om de constructies die de connectie met het achterland voorzien (zoals sluizen, stuwen, uitwateringsconstructies).
- Verder zijn de havendammen van Oostende en Zeebrugge beschouwd gezien deze een belangrijke bijdrage leveren tot de afscherming van de haven en zo mee instaan voor de veiligheid. De strekdammen van de haven van Blankenberge en Nieuwpoort zijn niet apart geëvalueerd gezien zij in mindere mate instaan voor het afschermen van de haven, maar vooral als doel hebben om de havengeul af te schermen van de nabijgelegen strandzones. Deze structuren zullen voornamelijk aangepast moeten worden in functie van de aanpassingen in de nabijgelegen strandzones. De houten staketsels in Blankenberge en Nieuwpoort zijn ook niet geëvalueerd wat betreft kustveiligheid gezien de bijdrage in het afschermen van de haven beperkt is. Wat betreft de nieuwe havendam van Blankenberge, deze is vooral ontworpen met als doel de verzanding van de vaargeul te reduceren. Bij deze structuur is omwille van zichtbaarheid een kruinhoogte boven hoogwater gekozen. Bij zeespiegelstijging zullen bijgevolg ophogingen nodig zijn om dit te blijven voorzien.
- Wat betreft de veiligheidscriteria zijn er geen specifieke richtlijnen voor havens in de officiële toetsmethodologie. Er wordt in deze veiligheidsscan geëvalueerd op basis van ingeschatte overslagdebieten voor wat betreft de kade, de zeeweringscontour en de havendammen. Verschillende types gebruik of activiteiten op de terreinen zijn immers te linken aan een specifiek overslagdebiëet. Ter hoogte van de zeeweringscontour wordt hetzelfde overslagcriterium aangehouden als bij zeedijken (1 l/m/s) gezien dit deel van de zeewering het achterland (en ook inwoners) dient te beschermen gelijkaardig aan de zeedijk in de strandzones. Voor de waterkant of kade gaat het om een gebied dat vooral gekenmerkt wordt door havenactiviteiten en waar het operationele aspect van de haven vooral van belang is. In dit gebied wordt daarom een hoger overslagcriterium toegelaten, gelijkgesteld aan 50 l/m/s wat een typische grens is om structurele schade te vermijden gebaseerd op richtlijnen uit de Overtopping Manual (EurOtop and EurOtop, 2018). Ter hoogte van de havendammen wordt geëvalueerd wanneer het overslagdebiëet bij zeespiegelstijging het overslagdebiëet bij ontwerpcondities overtreft waardoor de functionaliteit van de havendammen (voldoende beschermen van de haven) onder druk komt of sterk wijzigt. Het gaat daarbij dus niet over structureel falen van de havendammen wat een uitgebreidere analyse vraagt. Voor de analyse van de hydraulische structuren is een vereenvoudigde aanname toegepast op basis van waterstanden om de kans op falen te toetsen.
- De havens worden onderverdeeld in segmenten of zones met representatieve en gelijkaardige geometrische configuraties. Per zone wordt het overslagdebiëet bepaald. Vervolgens wordt dit debiet vertaald naar de locatie van de zeeweringscontour meer landwaarts door middel van een invloedsfactor, dewelke rekening houdt met het effect van de aanwezigheid van een stormwand op een afstand van de zeezijde van de kaaimuren. Deze factor is gebaseerd op bestaand literatuuronderzoek.
- Representatieve golfcondities zijn afgeleid per zone in de haven en zijn de combinatie van golven die vanuit zee de haven binnendringen en golven die lokaal in de haven ontstaan door wind. Informatie over lokaal-gegenereerde windgolven en over offshore golfindringing in de havens komt uit beschikbare numerieke modelsimulaties. Een overzicht van de verschillende bronnen is opgenomen in het rapport Ontwerp havens (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c). De beschikbaarheid aan modelgegevens varieert van haven tot haven, waarbij algemeen conservatieve inschattingen (wat betreft golfhoogte en golfvalshoek) zijn toegepast. De beschikbare data volstaan voor deze beoordeling.
- Wat betreft golfindringing in de havens wordt gewerkt met golfindringingscoëfficiënten gelinkt aan golfcondities op zee, afgeleid uit de beschikbare modelstudies. Aan de hand van deze golfindringingscoëfficiënten kan rekening worden gehouden met de invloed van zeespiegelstijging. Gewijzigde golfcondities op zee door zeespiegelstijging worden dan vertaald naar gewijzigde golfcondities doorheen de haven. Echter door zeespiegelstijging zijn ook wijzigingen in de golfindringingscoëfficiënten zelf mogelijk, waardoor de golfindringing doorheen de haven beperkt kan afwijken. De beschikbare modelresultaten zijn immers berekend voor andere waterpeilen dan de waterpeilen bij een 1000-jarige storm inclusief de zeespiegelstijgingen die voor de kustveiligheidsberekeningen worden gebruikt. Voor hogere zeespiegelstijging wordt de golfindringing op basis van de huidige situatie mogelijk onderschat, aangezien golfindringing over het algemeen lager is bij kleinere waterdieptes. Daarnaast kunnen andere processen zoals reflectie worden beïnvloed door de verandering in waterdiepte. Voor de golfcondities op zee worden de omnidirectionele golfcondities toegepast en zijn daarmee een conservatieve aanpak.
- Voor de lokaal gegenereerde windgolven zijn afzonderlijke modelresultaten ingezet voor de havens van Zeebrugge, Blankenberge en Oostende. In Nieuwpoort zijn modelresultaten toegepast die zowel golfindringing als windgolven bevatten.

- De invalshoek van de golven op de kades is gebaseerd op de beschikbare modelresultaten en aangevuld of aangepast waar deze ontbreken. Bijvoorbeeld in Nieuwpoort werden er conservatieve aannames (met name loodrechte inval van de golven op de zeekering) toegepast. Het effect van de invalshoek is vervolgens mee in rekening gebracht bij het bepalen van de golfoverslag aan de hand van een invloedsfactor. Deze factor past een reductie toe op de golfoverslag voor toenemende schuinheid. Deze beïnvloedingsfactor is gebaseerd op bestaand literatuuronderzoek.
- In Nieuwpoort is de stormvloedkering in aanbouw mee in rekening genomen. De functionaliteit van de stormvloedkering van Nieuwpoort is behouden tot een zeespiegelstijging van 1m gezien dit binnen de ontwerprandvoorwaarden van de kering valt. Voor hogere zeespiegelstijging faalt de stormvloedkering, en wordt de zeeeringscontour van de desbetreffende haven blootgesteld aan het stormwaterpeil.
- In Zeebrugge is bij de analyse van de hydraulische structuren de Nieuwe Zeesluis (op basis van zijn ontwerpcondities) in plaats van de Visartsluis opgenomen gezien dit beslist beleid is.
-
- **Voor het Zwin:**
 - Ter hoogte van het Zwin zijn zowel de duinen getoetst als de Zwindijk. De belangrijkste bijdrage aan de kustveiligheid wordt vooral geleverd door de Zwindijk. De duinen hebben een bijdrage in het dempen van het golfklimaat. De veiligheidsresultaten ter hoogte van de duinen zijn dus indicatief voor de mate van erosie ervan en geven geen falen van de zeekering aan.
 - Langsheen de Zwindijk zijn representatieve golfcondities afgeleid. Dit zijn combinaties van golven die vanuit zee doorheen de Zwinmonding het gebied binnendringen en golven die lokaal ontstaan door wind. Informatie over lokaal-gegenereerde windgolven en over offshore golfindringing in het Zwin komt uit beschikbare numerieke modelsimulaties (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c). Deze data volstaat voor deze beoordeling.
 - Gelijkaardig als bij de havens wordt voor de golven die het gebied binnendringen vanuit zee gewerkt met golfindringingscoëfficiënten waardoor rekening kan worden gehouden met veranderde golfcondities op zee door zeespiegelstijging. Er zijn echter afwijkingen mogelijk op de coëfficiënten zelf door zeespiegelstijging door diepte-invloeden en processen zoals reflectie, maar ook door de natuurlijke wijzigingen in de topografie van het Zwin. Verder zijn de golfcondities gebaseerd op de aanwezigheid van een duinengordel aan de zeevaartse grens van het Zwin waardoor enkel door de Zwinmonding golven het gebied kunnen binnendringen.
 - Aangezien er geen gegevens voorhanden zijn over de golfinvalshoek ter hoogte van de dijk, wordt de golfrichting overal verondersteld loodrecht te zijn op de dijken. Deze aanname is conservatief in een aantal zones.

De resultaten van de veiligheidsscan dienen te worden geïnterpreteerd als een indicatie van de trend naar veilig of onveilig in de strandzones en de havens bij zeespiegelstijging. In de toegepaste methodiek zijn verschillende vereenvoudigingen en aannames toegepast om in deze fase van de studie voor de volledige kust en voor dergelijke grote zeespiegelstijgingen de kustveiligheid te toetsen, voor verschillende zeespiegelstijgingsniveaus. Er zijn uiteraard nog verschillende onzekerheden over de lange termijn evolutie van het kuststelsel en de zeespiegelstijging en daarnaast is er een continue ontwikkeling in het bepalen van de randvoorwaarden en de toetsmethodiek. Opvolging blijft bijgevolg aangewezen, inclusief het blijvend uitvoeren en verbeteren van de toekomstige terugkerende toetsingen. De resultaten van de veiligheidsscan geven momenteel wel een goed inzicht waar en wanneer er in de toekomst bij zeespiegelstijging bijkomende kustbeschermingsmaatregelen nodig zullen zijn.

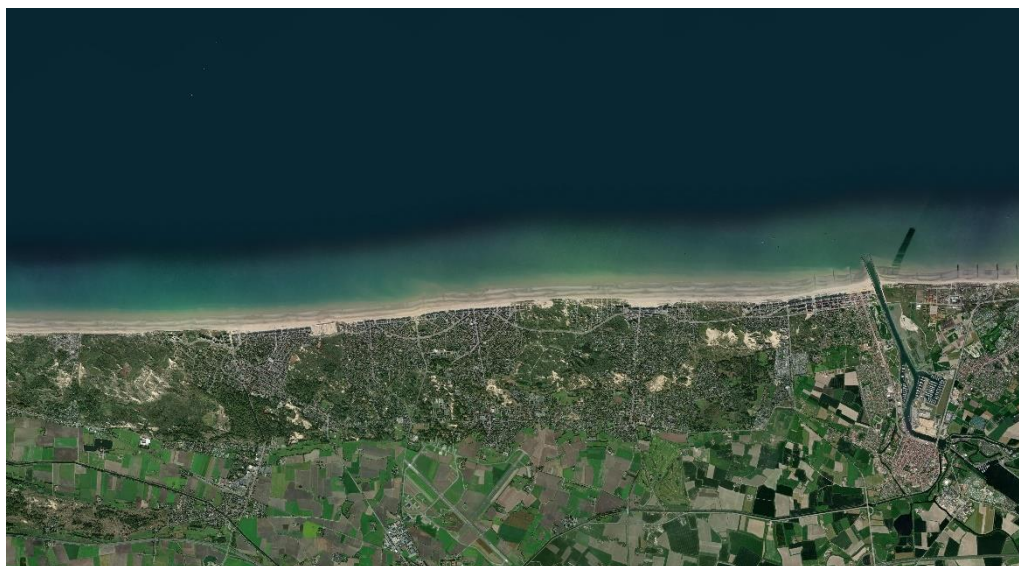


Toetsingresultaten

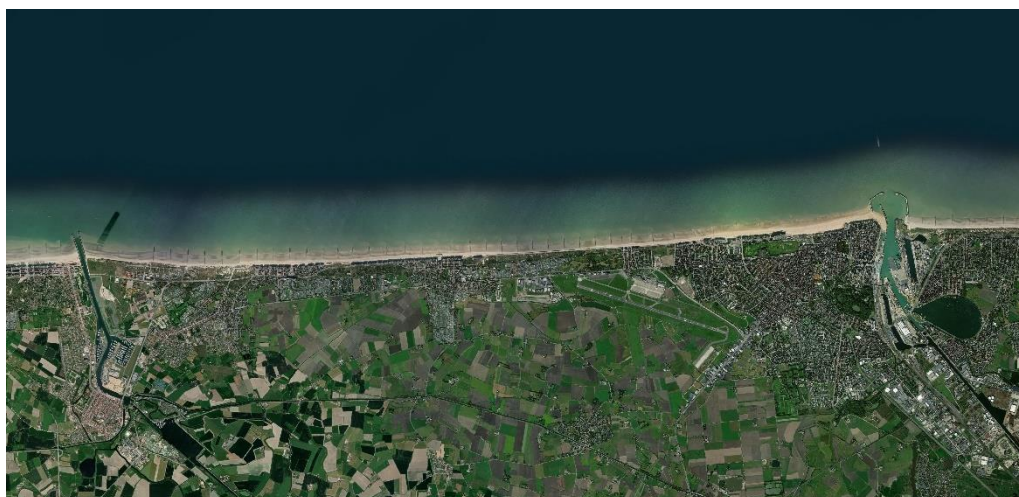
4 Toetsingsresultaten

4.1 Inleiding

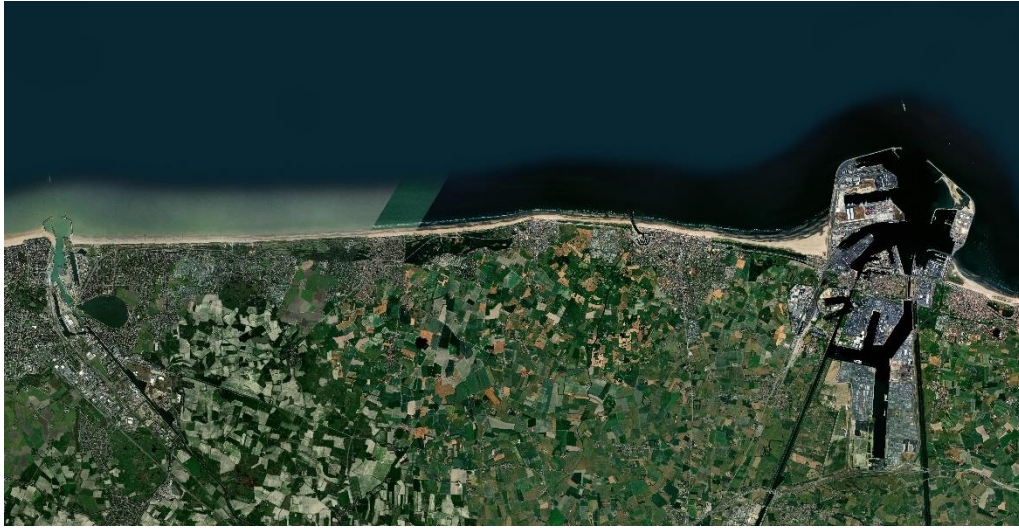
Om de resultaten van de veiligheidsscan te structureren wordt de kustlijn opgedeeld in 4 geografische zones; Westkust, Middenkust-West, Middenkust-Oost en Oostkust. De locaties van de havens worden gebruikt als indicatie voor de verdeling. Deze opsplitsing is ook toegepast binnen Kustvisie voor de opdeling van de geografische werkbanken (zie ook Figuur 3-2) en wordt hier overgenomen.



Figuur 4-1: Overzicht van de zone Westkust: De Panne tot en met Nieuwpoort.



Figuur 4-2: Overzicht van de zone Middenkust-West: Middelkerke tot en met Bredene.



Figuur 4-3: Overzicht van de zone Middenkust-Oost: De Haan tot en met Zeebrugge.



Figuur 4-4: Overzicht van de zone Oostkust: Knokke-Heist.

In de volgende secties worden de resultaten van de veiligheidsscan gepresenteerd per zeespiegelstijgingsniveau (+1, +2 en +3 m).

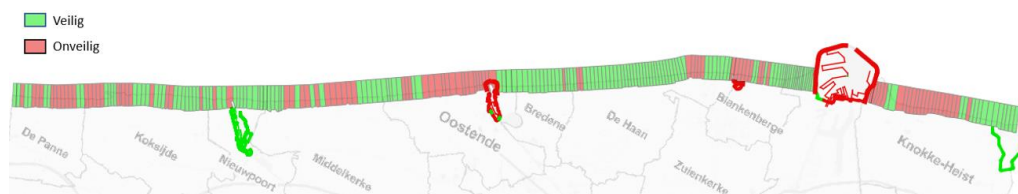
Eerst wordt een samenvattende figuur van de volledige kustlijn getoond. Vervolgens worden de resultaten in meer detail gevisualiseerd en besproken per zone. Ter illustratie van de bevindingen worden enkele profielen uit de strandzones getoond. Deze bevatten de initiële bodemligging van ongeveer de laagwaterlijn tot aan de veiligheidslijn aan landzijde, de bodemligging na de storm en enkele kengetallen zoals duin ratio en vrijboord of overslag. De havens zijn in de samenvattende figuren opgenomen en daarnaast in meer detail in aparte figuren waarin de kaaimuur is aangegeven als dunne lijn, de zeeeringscontour als dikke lijn en de hydraulische structuren als bollen. De Zwindijk is toegevoegd aan de samenvattende figuur.

In Bijlage A is een samenvattende tabel toegevoegd die voor de strandzones per sectie en per zeespiegelstijging aangeeft of een sectie veilig/onveilig is en indien deze onveilig is ook het faalmechanisme dat aan de oorzaak ligt.

4.2 Toetsresultaten per kustsectie voor +1 m ZSS

4.2.1 Samenvattend

Figuur 4-5 geeft een samenvattend overzicht van de veilige en onveilige zones langsheen de kustlijn bij +1 m zeespiegelstijging. In de strandzones kleuren verschillende badplaatsen rood rond Oostende (Mariakerke), Middelkerke, Wenduine, Blankenberge en Knokke-Heist, en zijn dus onveilig voor +1 m zeespiegelstijging. Enkele duinsecties in de Panne en Bredene zijn ook onveilig. In deze situatie kleuren vooral de havens (Zeebrugge, Blankenberge en Oostende) rood, met uitzondering van de haven van Nieuwpoort waar de stormvloedkering bescherming biedt. Ook de Zwindijk is veilig, net zoals de meeste duingebieden en nog enkele badplaatsen.



Figuur 4-5: Veiligheidsscan voor +1 m zeespiegelstijging.

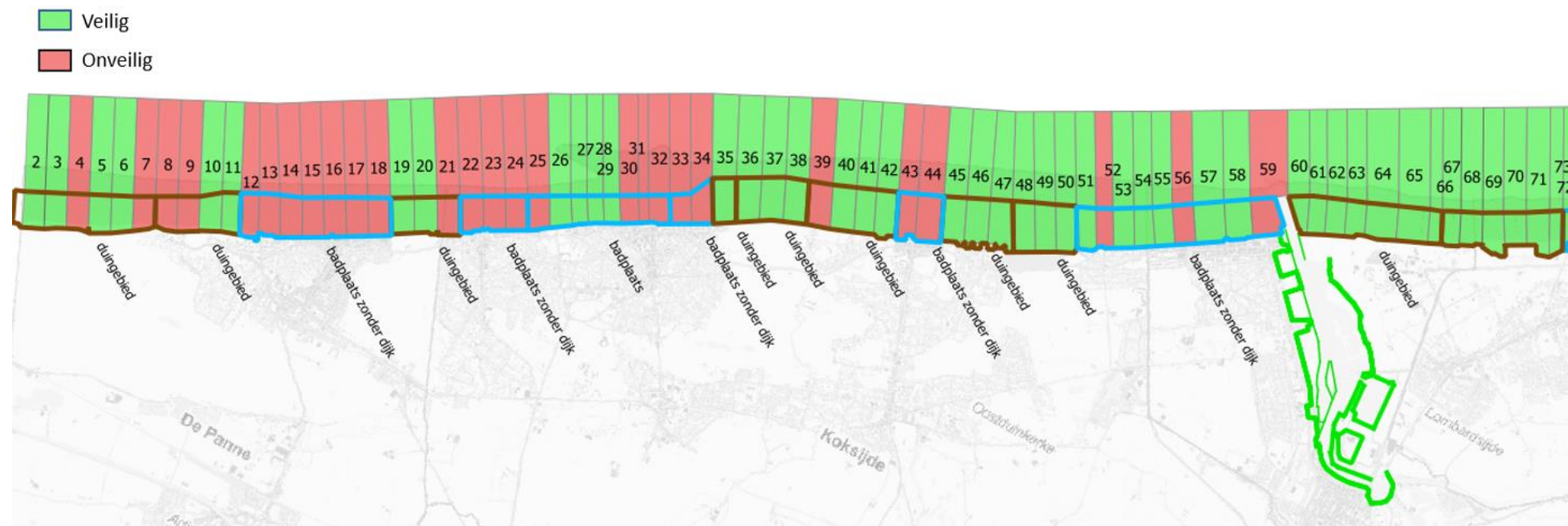
4.2.2 Westkust

Voor +1 m zeespiegelstijging zijn verschillende kustsecties nabij De Panne onveilig, zie Figuur 4-6 waar blauwe en bruine contouren respectievelijk badplaatsen (met of zonder dijk) en duingebieden (met of zonder dijk) weergeven. Zoals eerder vermeld, zie Hoofdstuk 3, worden badplaatsen zonder dijk als duinen (erosief) gemodelleerd. De kruinhoogtes (lage promenades) liggen voor secties 12-18, 22-25 en 33-34 rond of onder het maatgevende stormwaterpeil en zijn dus onveilig. Duingebieden in de Panne worden gekenmerkt door een lage breedte tot de veiligheidslijn met als gevolg dat deze voor +1 m zeespiegelstijging al rood kleuren aangezien ze niet genoeg buffer in zandvolume boven het stormwaterpeil hebben om de maatgevende storm op te vangen. In Koksijde en Lombardsijde kleuren de secties daarentegen groen, en dus veilig, omdat de buffer hier hoger ligt (hogere duinen).

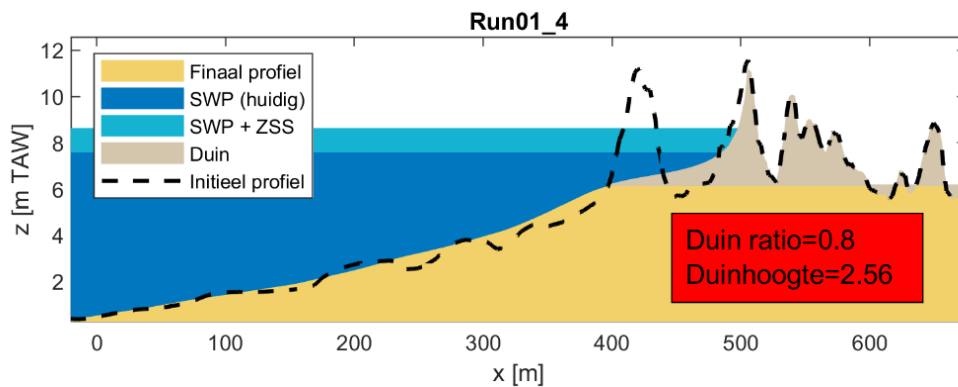
Figuur 4-7 geeft voor het duingebied in de Panne, duinen zonder bebouwing, de toetsing van de duinratio parameter weer. Het duinprofiel in De Panne is breed tot aan de veiligheidslijn, rechterlimiet in de onderstaande figuur. Na storm is echter de eerste duinenrij geërodeerd en het resterende duinvolume boven het stormwaterpeil is klein (lage en smalle duinen) waardoor de duinratio kleiner is dan 1, met als gevolg dat risico op bresvorming groot is, en de duinsectie als onveilig wordt beschouwd.

De haven van Nieuwpoort maakt deel uit van deze zone. Figuur 4-8 geeft de resultaten weer van de veiligheidsscan in de haven van Nieuwpoort. Door de aanwezigheid van de stormvloedkering is de volledige haven veilig bij +1 m zeespiegelstijging. Op basis van de ontwerpcondities voor de stormvloedkering, wordt in deze veiligheidscontrole ervan uitgegaan dat onder 1 m zeespiegel de bestaande stormvloedkering nog steeds functioneel is en de stormvloed in de haven nog steeds voorkomt. De stormvloedkering is echter minder effectief dan in de huidige situatie vanwege de hogere waterstand op zee waardoor er meer golfoverslag over de kering voorkomt. Hierdoor zal het waterniveau binnen het havenbekken stijgen in vergelijking met het waterniveau waarvoor de stormvloedkering gesloten is. Naar verwachting zal er ook meer golfagitatie in het havenbekken zijn. Bovendien zal de bestaande stormvloedkering veel vaker moeten worden gebruikt (d.w.z. gesloten) dan nu. Zonder verder aanpassingen in de haven komt de gemiddelde sluitingsfrequentie dan uit op meer dan 30 maal per jaar (Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis), 2022c). Door het afschermen van de haven van stormen door de stormvloedkering bij +1 m zeespiegelstijging voldoet de volledige haven, inclusief de hydraulische structuren waaronder de volledige Ganzepoot, aan de veiligheidscriteria.

Westkust +1 m ZSS



Figuur 4-6: Veiligheidsscan resultaten voor Zone Westkust, +1 m zeespiegelstijging, De Panne tot Nieuwpoort. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.



Figuur 4-7: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 4, duingebied in De Panne, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +1 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finale kustprofiel.

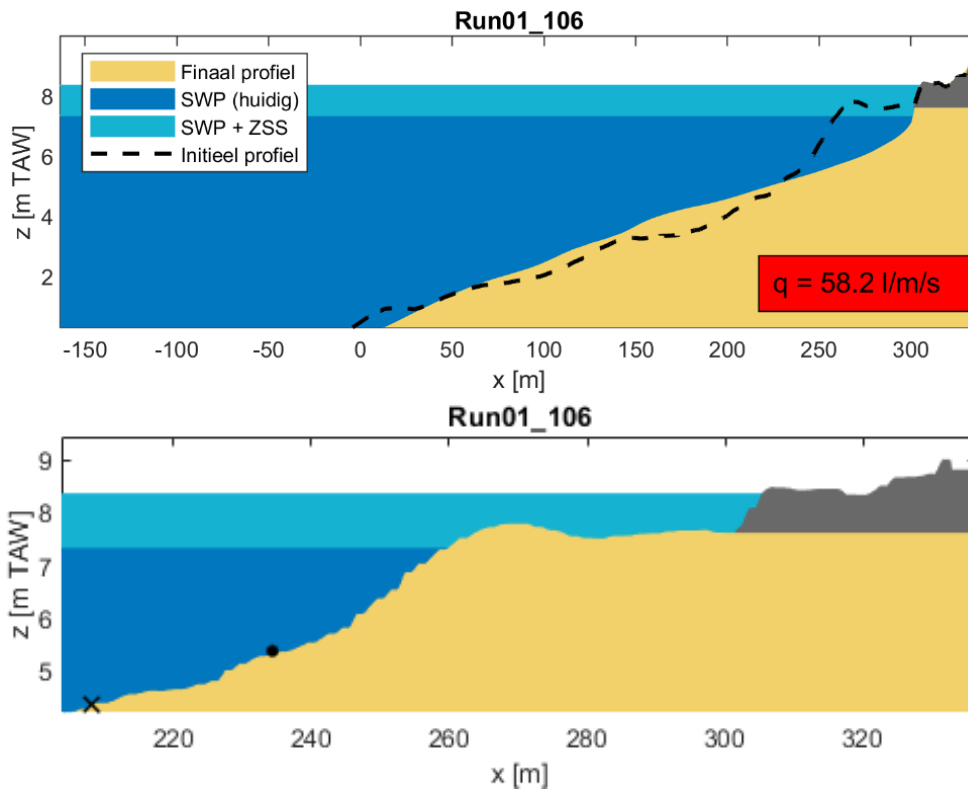


Figuur 4-8: Veiligheidsscan resultaten voor haven van Nieuwpoort voor +1 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeweringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

4.2.3 Middenkust-West

In de zone Middenkust-West zijn er ter hoogte van Oostende, Mariakerke, en Middelkerke meerdere onveilige kustsecties te vinden. De dijkhoogtes in deze secties zijn te laag (zie Figuur 3-3) om de golfoverslag te verminderen en te voldoen aan het veiligheids criterium (<1 l/s/m). Tussen de badplaatsen zijn er ter hoogte van Raversijde veilige duinen, zoals ook het geval is voor de duinen in Bredene. Duinen in deze gebieden hebben een kruinhoogte die varieert tussen de +15 en +20 m TAW, en zijn gekenmerkt door een groot zandvolume boven stormwaterpeil dat als buffer optreedt tijdens de storm. Hierdoor ligt de duinratio boven 1 en zijn deze veilig beschouwd.

Figuur 4-10 presenteert ter illustratie in Mariakerke het huidige initiële kustprofiel, het geërodeerde post-storm kustprofiel en de hoeveelheid golfoverslag die met de CST berekend is voor +1 m zeespiegelstijging. In de figuur is zichtbaar hoe door de storm het strandprofiel nabij de dijk sterk erodeert ten opzichte van de huidige situatie (stippellijn) waardoor de dempende werking van het strand voor de zeedijk afneemt en hogere golfcondities voorkomend die leiden tot een hoge golfoverslag over de dijk, namelijk 58 l/s/m. De resulterende golfoverslag is hoger dan de limietwaarde van 1 l/s/m waardoor deze sectie als onveilig wordt beoordeeld.



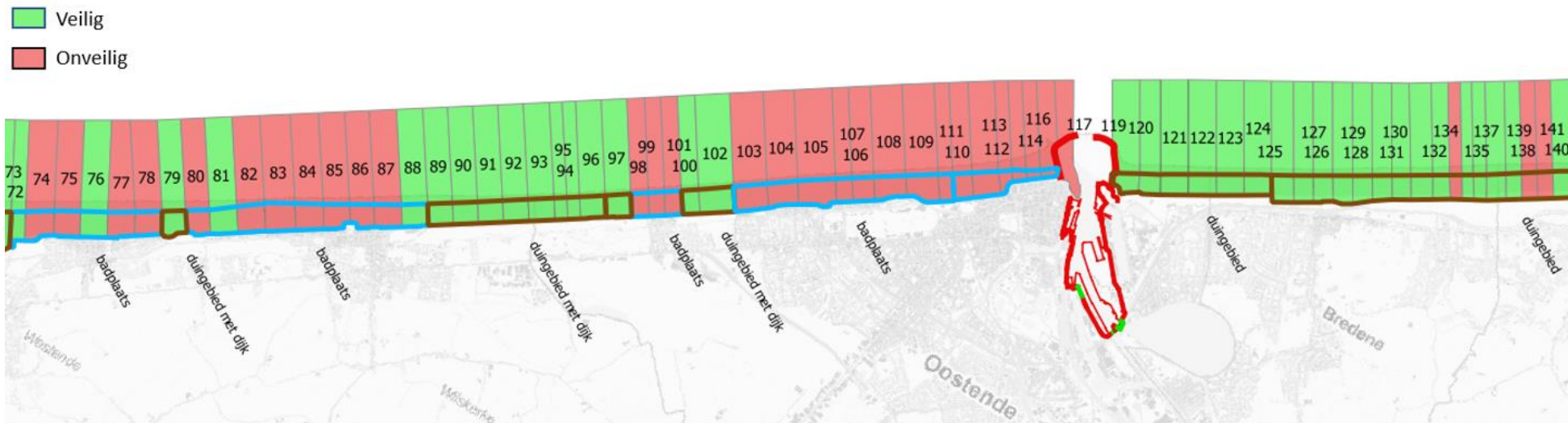
Figuur 4-9: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 106, badplaats in Mariakerke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +1 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel. Stormmuur is aangebracht op $x = 330$ m ten opzichte van originele LW tot een hoogte van +9.23 m TAW.

De resultaten van de veiligheidsscan voor de haven van Oostende geven aan dat de volledige havenperimeter onveilig is onder +1 m zeespiegelstijging (rood weergegeven in Figuur 4-11), met uitzondering van een aantal segmenten van de zeeweringscontour langs de Slijkensesteenweg en de Brug N34. In deze segmenten van de zeeweringscontour (groene dikke lijnsegmenten in Figuur 4-11) wordt het gemiddelde overslagdebiet geschat op minder dan 1 l/s/m. Zoals eerder vermeld wordt bij het toewijzen van een veilige of onveilige kwalificatie aan de kade uitgegaan van een gemiddelde drempel van 50 l/s/m. Op basis van dit criterium zijn alle kaaimuren van de haven van Oostende onveilig (rood weergegeven in Figuur 4-11).

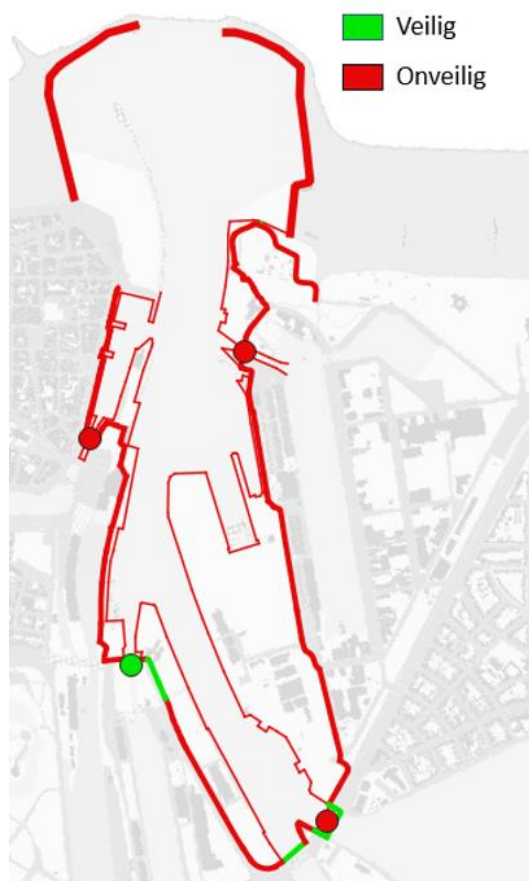
De buitenste havendammen van de haven van Oostende voldoen niet aan het toetsingscriterium onder een zeespiegelstijging van 1 m op basis van de vergelijking van de oorspronkelijke ontwerpomstandigheden (zie bijvoorbeeld Departement Mobiliteit en Openbare Werken, 2009) in vergelijking met de verwachte toekomstige omstandigheden bij +1 m zeespiegelstijging (IMDC, 2019).

Met uitzondering van de veilige Demeysluis liggen de kruinhoogtes van de andere bestaande hydraulische structuren in het havenbekken van Oostende onder het stormwaterpeil voor +1 m zeespiegelstijging en worden daarom als onveilig beschouwd waarbij wordt aangenomen dat deze structuren zullen falen.

Middenkust-West +1 m ZSS



Figuur 4-10: Veiligheidsscan resultaten voor Zone Middenkust-West, +1 m zeespiegelstijging, Middelkerke tot en met Bredene. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.



Figuur 4-11: Veiligheidsscan resultaten voor haven van Oostende voor +1 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeweringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

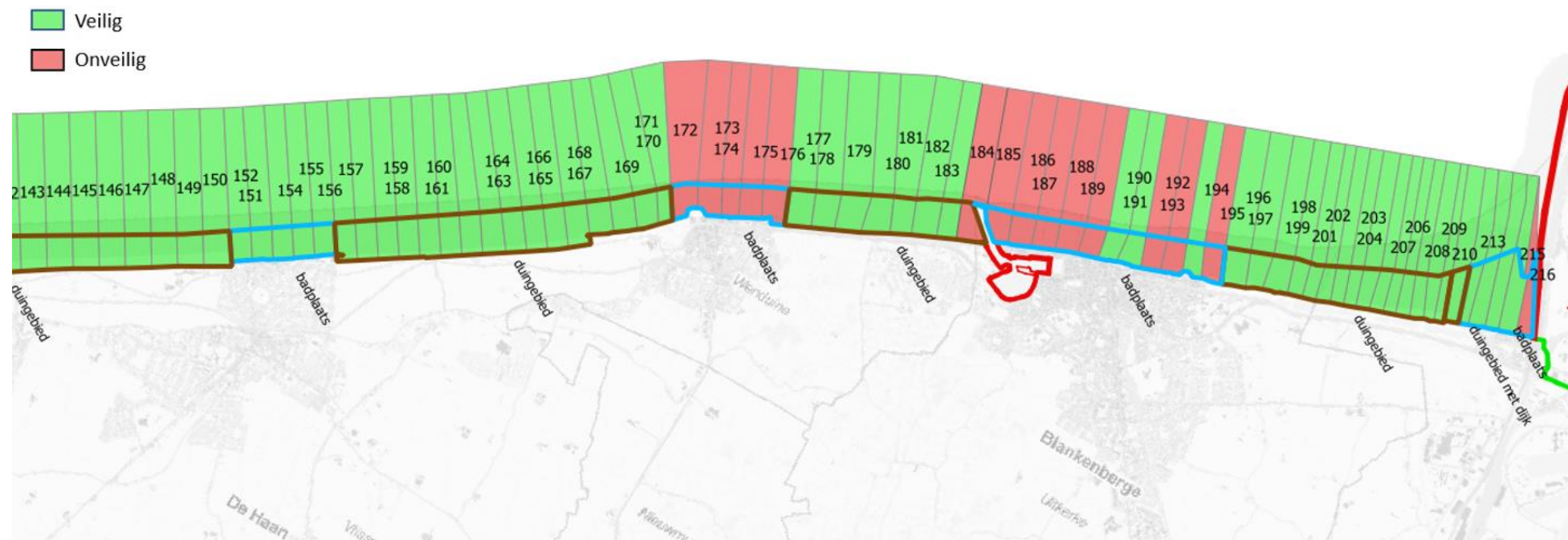
4.2.4 Middenkust-Oost

Voor +1 m zeespiegelstijging zijn bijna alle kustsecties in deze zone veilig, behalve voor sommige kustsecties bij badplaatsen zoals Wenduine (secties 172-176) en Blankenberge (184-194), Figuur 4-12. De badplaats De Haan is veilig zoals de badplaats ter hoogte van Zeebrugge Haven. Grote delen van de duinen binnen deze zone zijn veilig, op 2-3 secties na.

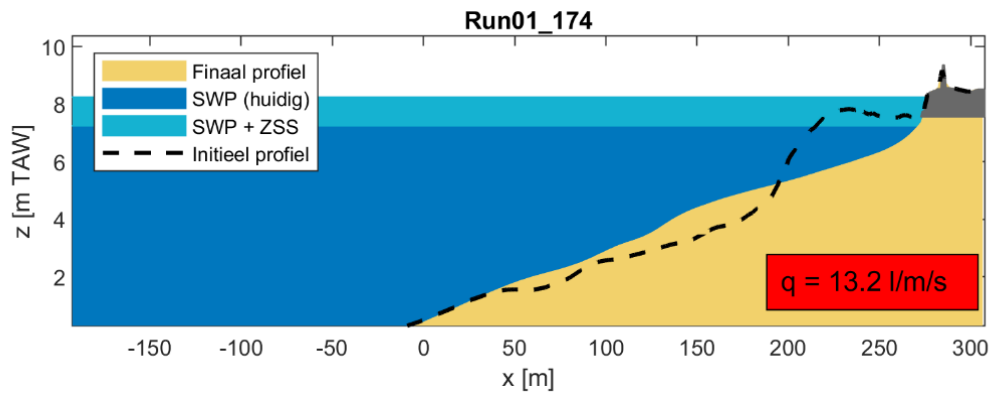
Figuur 4-13 geeft voor de badplaats in Wenduine het huidige initiële kustprofiel, het geërodeerde post-storm kustprofiel en de hoeveelheid golfoverslag die met de CST berekend is. Door de sterke erosie van het droog strand nabij de zeedijk is er een afname van de golfdemping en treedt een golfoverslag op van 13 l/s/m, dewelke hoger is dan de limietwaarde waardoor deze sectie als onveilig wordt beoordeeld. In de figuur is te zien dat de MPKV maatregelen vereenvoudigd zijn opgenomen in het profiel. Het gaat daarbij over de hoogste stormmuur (stormmuur verderop de dijk, tot een hoogte van 9.4 m). De lagere stormmuur ter hoogte van de blauwe steen is daarbij niet opgenomen gezien deze complexere ontwerpen met golfuitbouwende dijken niet accuraat kunnen worden gemodelleerd met het huidige modelinstrumentarium. De robuustheid van het profiel in Wenduine wordt daardoor een stukje onderschat in deze analyse. Echter, de ontwerpen voor de golfdempende uitbouw van de dijk zijn opgesteld voor lagere zeespiegelstijging (circa 30 cm zeespiegelstijging over 50 jaar) en zullen bijgevolg niet voldoen aan de veiligheidscriteria voor +1 m zeespiegelstijging. Bijkomende maatregelen zijn vereist om aan de kustveiligheidscriteria te voldoen.

De haven van Blankenberge is onderdeel van deze zone. Figuur 4-14 geeft de resultaten weer van de veiligheidsscan in de haven van Blankenberge. De resultaten van de veiligheidsscan voor de haven van Blankenberge geven aan dat de havenperimeter, zowel aan de kaaimuren als aan de zeeweringscontour, onveilig is bij +1 m zeespiegelstijging (rode dikke lijn voor zeeweringscontour en rode dunne lijn voor kades in Figuur 4-14).

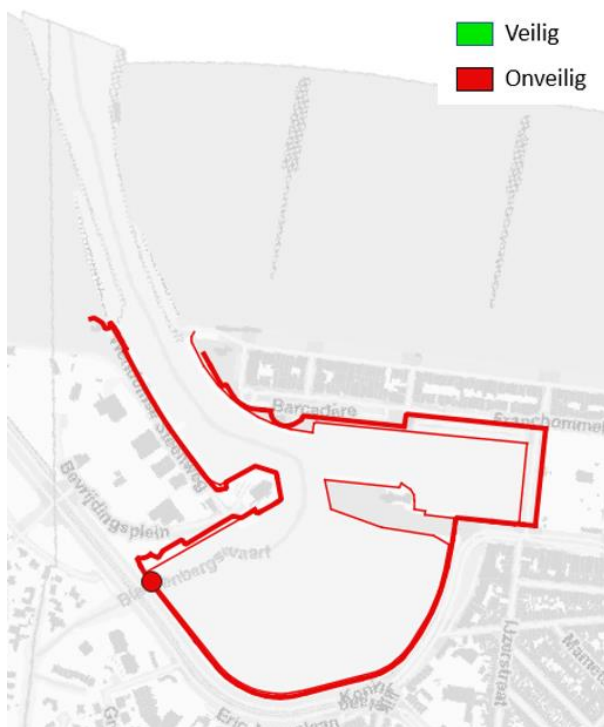
Middenkust-Oost +1 m ZSS



Figuur 4-12 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-Oost, +1 m zeespiegelstijging. De Haan tot en met Zeebrugge. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.



Figuur 4-13: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 174, badplaats in Wenduine, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +1 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel. Op de zeedijk is de MPKV maatregel (stormmuur) zichtbaar in het profiel.

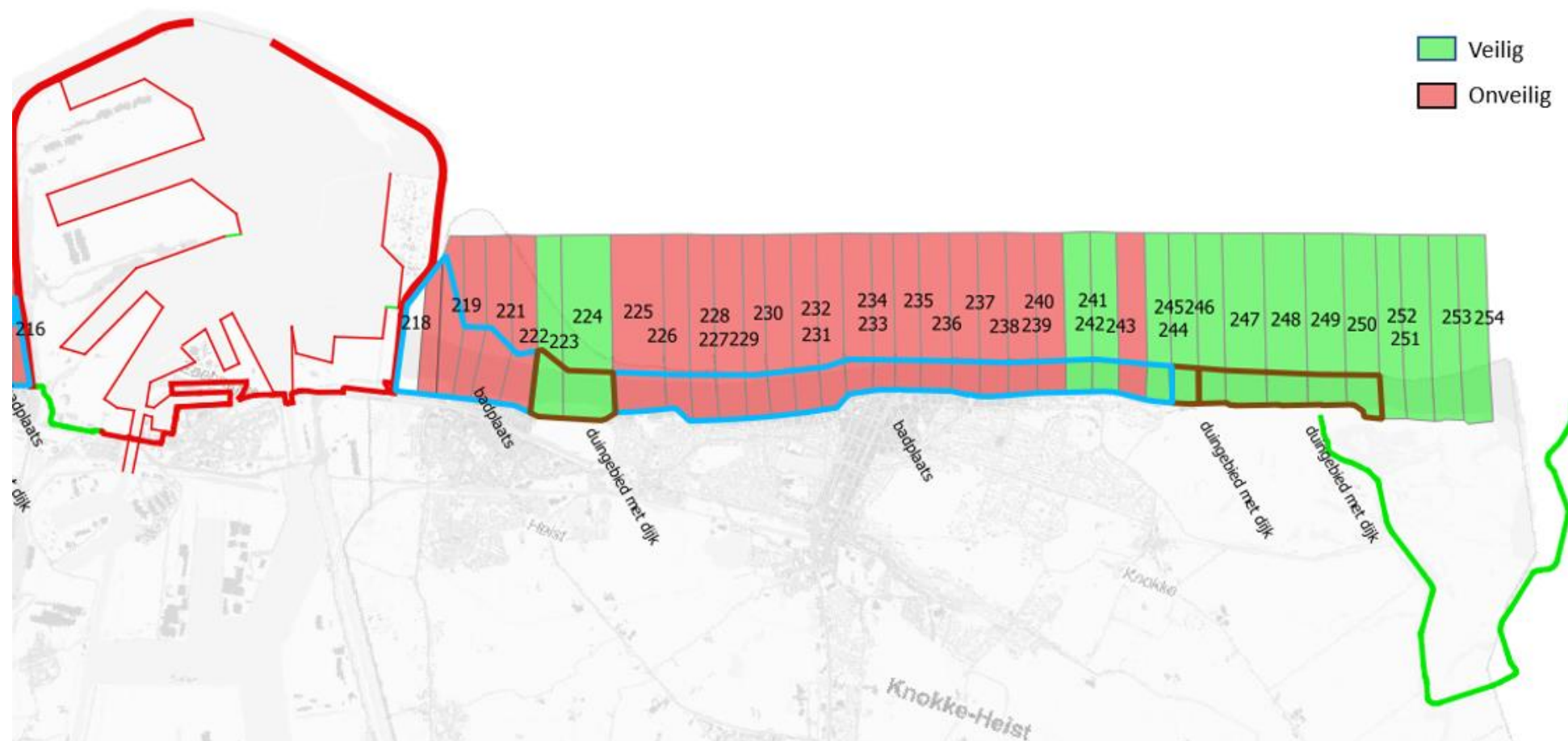


Figuur 4-14: Veiligheidsscan resultaten voor haven van Blankenberge voor +1 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

4.2.5 Oostkust

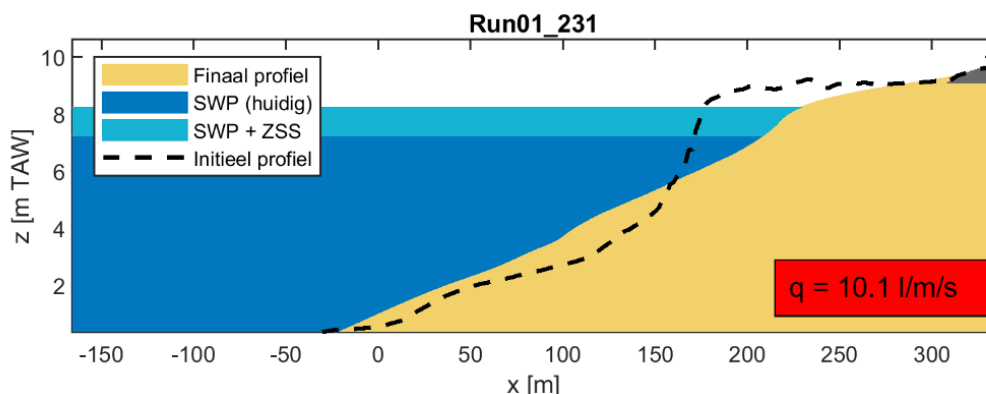
Voor +1 m zeespiegelstijging is de badplaats in Knokke-Heist onveilig buiten de kustsecties 223 en 224 na waar zich duinen voor de dijk bevinden en op de kustsecties 241 en 242 richting Zoute na, zie Figuur 4-15. Voor het merendeel van deze zone is de golfoverslag over deze lage dijken groter dan wat het veiligheidscriteria toelaat. De duingebieden worden gekenmerkt door hoge brede duinen en zijn daarom veilig. De duinen zeewaarts van het Zwin zijn eveneens mee geëvalueerd hoewel de kustveiligheid in deze zone door de Zwindijk wordt gewaarborgd.

Oostkust +1 m ZSS



Figuur 4-15: Veiligheidsscan resultaten voor zone Oostkust, +1 m zeespiegelstijging, Knokke-Heist. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.

Figuur 4-16 geeft ter illustratie voor de badplaats in Knokke het huidige initiële kustprofiel, het geërodeerde post-storm kustprofiel en de hoeveelheid golfoverslag die met de CST berekend is, namelijk 10 l/s/m. Dit is hoger dan de limiet waarde waardoor deze sectie als onveilig beschouwd is. Hier is een breed droog strand te zien voor de dijk, wat typerend is voor Knokke. Maar de lage dijk is onvoldoende om de golfoverslag in die mate te verminderen dat de badplaats als veilig beschouwd kan worden voor +1 m zeespiegelstijging.



Figuur 4-16 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 231, badplaats in Knokke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +1 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.

Bij +1 m zeespiegelstijging voldoet het grootste deel van de zeeweringscontour aan kades niet aan de criteria (rood weergegeven in Figuur 4-17). De ingeschatte gemiddelde golfoverslag langsheen de zeeweringscontour blijken op de meeste locaties hoger dan het criterium van 1 l/m/s (rode dikke lijn in Figuur 4-17). Een uitzondering vormen een aantal segmenten in de zuidwestelijke hoek op afstand van de diepzeecontainerterminal. Echter in dit gebied komt een spoorwegtunnel voor dewelke tijdens storm kan overstromen en waarvoor gepaste maatregelen zullen dienen te worden genomen om schade te vermijden en eventuele doorstroming vanuit de tunnel naar andere gebieden. Zoals eerder vermeld wordt bij het toewijzen van een veilige of onveilige kwalificatie aan de kade uitgegaan van een gemiddelde drempel van 50 l/s/m. Op basis van dit criterium zijn alle kaaimuren van de haven van Zeebrugge onveilig (rode dunne lijn in Figuur 4-17), met uitzondering van het zeewaartse einde van de Leopold II Dam en een segment dat deel uitmaakt van de noordelijke bescherming van het Britanniadok (groene dunne lijn in Figuur 4-17).

De buitenste havendammen van de haven van Zeebrugge, Figuur 4-17, voldoen niet aan het toetsingscriterium onder een zeespiegelstijging van 1 m op basis van de vergelijking van de oorspronkelijke ontwerpomstandigheden (zoals in HAECON, 1988) in vergelijking met de verwachte toekomstige omstandigheden bij +1 m stijging van de zeespiegel.

De kruinhoogte van de bestaande hydraulische structuren in het havenbekken van Zeebrugge zijn hoger gelegen dan het stormwaterpeil voor 1m zeespiegelstijging en worden daarom als veilig beschouwd.

De Zwindijk is veilig voor +1 m zeespiegelstijging, zie Figuur 4-15.

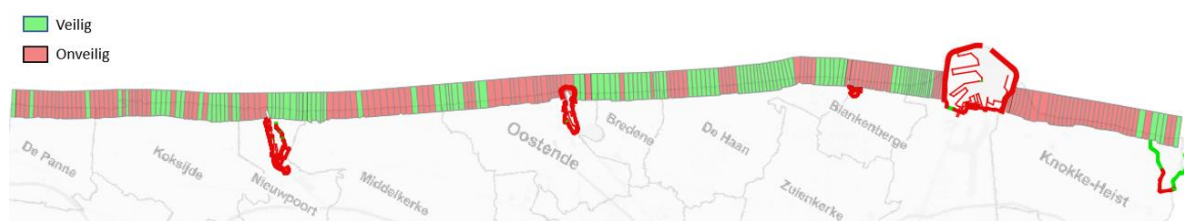


Figuur 4-17 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Zeebrugge voor +1 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeweringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

4.3 Toetsresultaten per kustsectie voor +2 m ZSS

4.3.1 Samenvattend

Een overzicht van de veiligheidsscan voor +2 m zeespiegelstijging wordt weergegeven in Figuur 4-18. Voor +2 m zeespiegelstijging is er, naar verwachting, een toename te zien aan onveilige secties in vergelijking met 1 m zeespiegelstijging. Zo zijn er bijkomende onveilige secties in de duinen ter hoogte van De Panne, de badplaats zonder dijk in Groenendijk-Nieuwpoort, duinen in Domein Prins-Karel, en de duinen in De Haan-Bredene, ook neemt de onveiligheid toe in Lekkerbok-Zwinbosjes. Bijna alle badplaatsen kleuren rood, ook de badplaats in De Haan, dewelke voor +1 m zeespiegelstijging nog groen was, wordt onveilig aangezien de kruinhoogte van de dijk te laag ligt om de golfoverslag onder het veiligheids criterium te houden. Alleen de badplaats ter hoogte van Koksijde is deels veilig, aangezien de kruinhoogte hier hoger ligt. De havens van Zeebrugge, Blankenberge en Oostende waren bij reeds bij +1 m zeespiegelstijging onveilig, bij +2 m zeespiegelstijging voldoet ook de haven van Nieuwpoort niet. Bij de Zwijndijk wordt over het zuidelijke deel een te grote overslag verwacht.



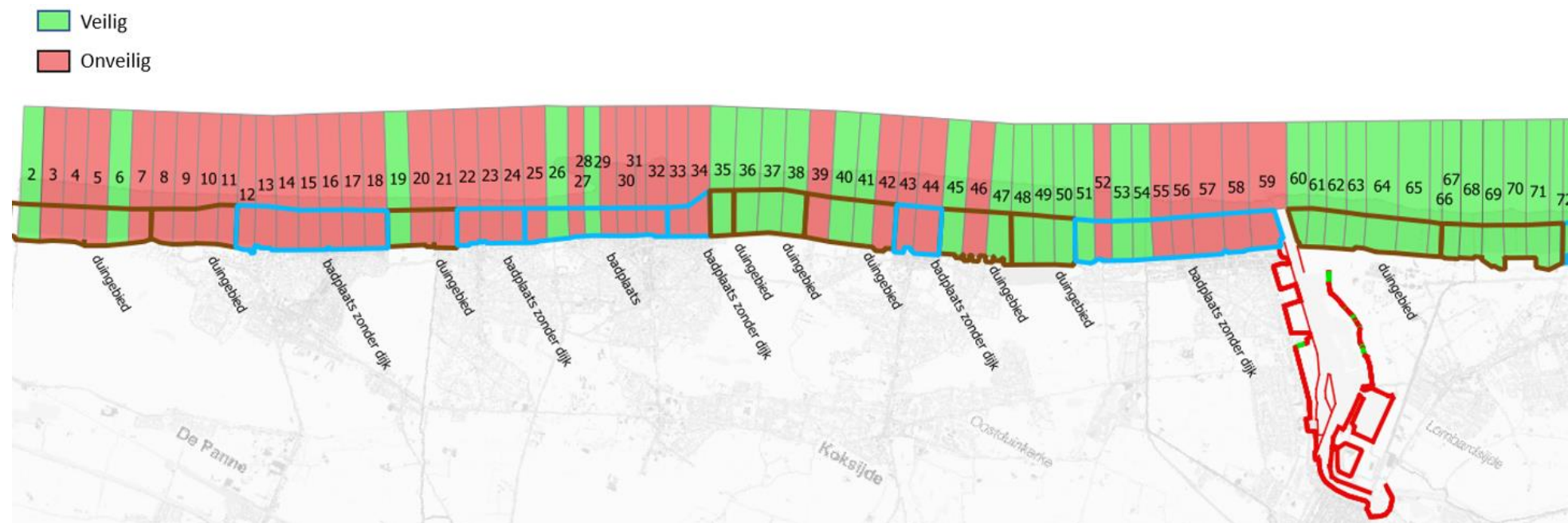
Figuur 4-18: Veiligheidsscan voor +2 m zeespiegelstijging.

4.3.2 Westkust

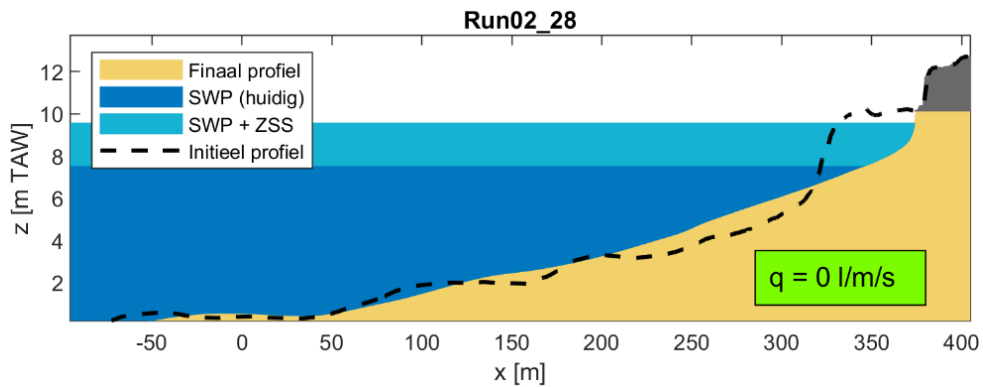
Voor +2 m zeespiegelstijging zijn op één na alle duinsecties in de Panne onveilig. Dit zijn brede, maar lage duinen waardoor het buffervolume boven stormwaterpeil klein is. Daarbij kleuren ten opzichte van +1 m zeespiegelstijging nu ook secties 3, 5, 10 en 11 rood voor 1 extra meter zeespiegelstijging, zie Figuur 4-19. Ook is Nieuwpoort (badplaats zonder dijk, getoetst als duinen met bebouwing) bij +2 m zeespiegelstijging onveiliger geworden (secties 55, 57 en 58 kleuren rood), doordat de fundering van de gebouwen in gedrang komt door de erosie van de duin of de golfoverslag hoger ligt dan het veiligheids criterium. De badplaats Koksijde is de enige badplaats langs de kust waar voor +2 m zeespiegelstijging nog veilige secties zijn (secties 26 en 28).

Figuur 4-20 illustreert voor de badplaats Koksijde het huidige initiële kustprofiel, het geërodeerde post-storm kustprofiel en de hoeveelheid golfoverslag die met de CST berekend is voor +2 m zeespiegelstijging (ZSS). In het huidige profiel is er een hoog droog strand aanwezig (tot ca 10 m TAW) en een hoge dijk (ca 12.7 m TAW). Door de storm erodeert de strandberm voor de dijk volledig, maar de combinatie met de hoge dijk leidt ertoe dat de overslag lager blijft dan de limiet van 1 l/m/s waardoor deze sectie als veilig beschouwd is. De hoge kruinhoogte van de dijk zorgt voor een veilige kustsectie.

Westkust +2 m ZSS

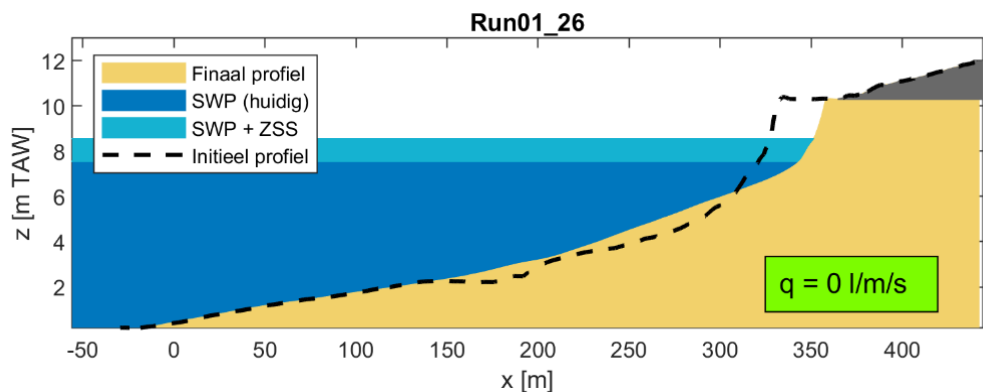


Figuur 4-19: Veiligheidsscan resultaten voor Zone Westkust, +2 m zeespiegelstijging, De Panne tot Nieuwpoort. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.



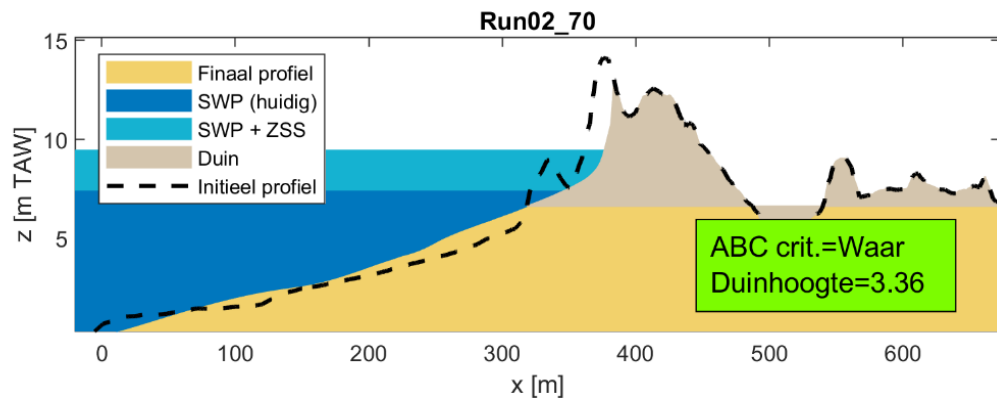
Figuur 4-20: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 28, badplaats in Koksijde, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.

Naast sectie 28 is ook sectie 26 veilig, dewelke gekenmerkt wordt door een lagere kruinhoogte aan de teen van de dijk, Figuur 4-21. De golfoverslag blijft hier klein door de inclinatie van de dijk (weg), waarbij de voet laag ligt maar de kruin ter hoogte van de veiligheidslijn hoog genoeg ligt om de golfoverslag in te perken.



Figuur 4-21: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 26, badplaats in Mariakerke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.

Figuur 4-22 illustreert het huidige initiële kustprofiel en het geërodeerde post-storm kustprofiel voor duinen in Lombardsijde, getoetst als duin met bebouwing. De figuur geeft eveneens de CST-resultaten weer voor +2 m zeespiegelstijging, waarbij het ABC criterium is voldaan. De hoge en brede duinen in dit gebied zijn een goede buffer om het stormwaterpeil in combinatie met de zeespiegelstijging op te vangen, waarbij de erosie op een veilige afstand gehouden wordt van de veiligheidslijn en de fundering niet in gedrang komt.



Figuur 4-22: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 70, duin in Lombardsijde, geëvalueerd als duin met bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.

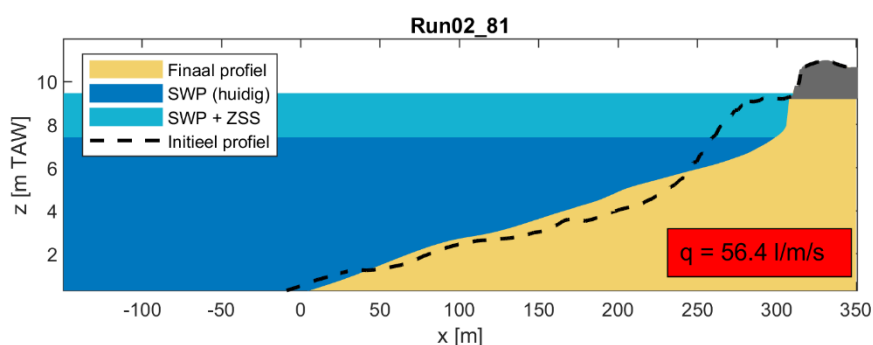
In de veiligheidscontrole van de haven van Nieuwpoort voor +2 m zeespiegelstijging wordt aangenomen dat de bestaande stormvloedkering niet langer functioneel is, zie sectie 3.5. De maatgevende storm bij +2 m zeespiegelstijging is immers extremer dan de ontwerpcondities voor de stormvloedkering en er wordt aangenomen dat in deze situatie de structuur faalt. Dit betekent dat stormpieken bij +2 m zeespiegelstijging kunnen doordringen in de haven. Onder deze omstandigheden, behalve voor een paar segmenten langs het natuurgebied van de IJzermonding (groen weergegeven in Figuur 4-23), is de gehele omtrek van de haven van Nieuwpoort onveilig. Doordat het stormwaterpeil in het havenbekken binnendringt zijn alle hydraulische structuren onveilig.



Figuur 4-23: Veiligheidsscan resultaten voor haven van Nieuwpoort voor +2 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeweringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

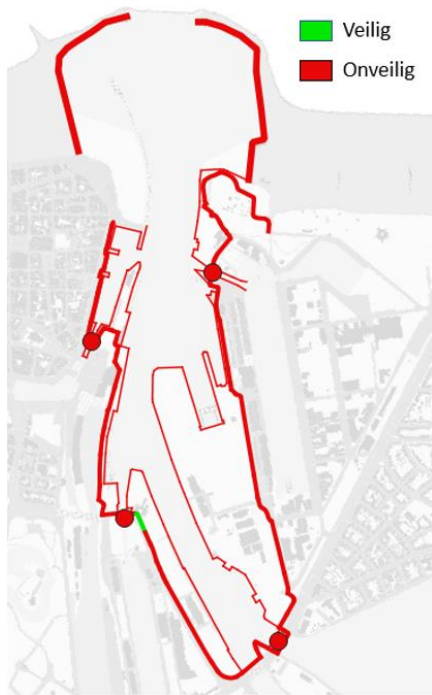
4.3.3 Middenkust-West

In de zone Middenkust-West zijn voor +2 m zeespiegelstijging de badplaatsen in Westende, Middelkerke, Raversijde en Mariakerke, volledig onveilig geworden, waar deze nog enkele veilige secties vertoonden voor +1 m zeespiegelstijging. Zo een voorbeeld wordt weergegeven in Figuur 4-24, Middelkerke strand, waarbij de gemodelleerde golfoverslag het veiligheids criterium overschrijdt voor +2 m zeespiegelstijging, wat niet het geval was voor +1 m zeespiegelstijging.



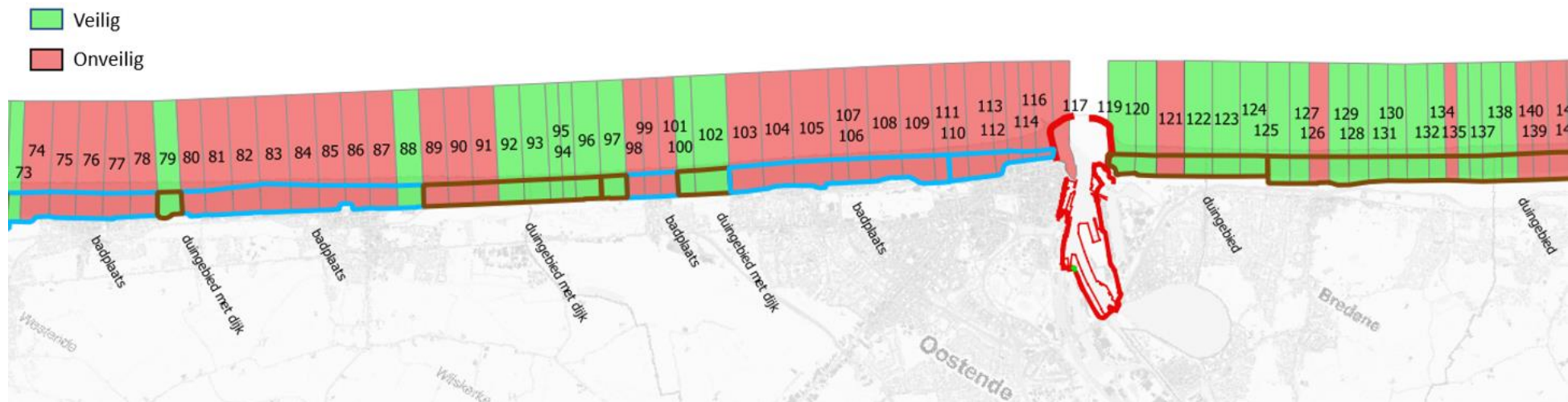
Figuur 4-24: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 81, badplaats in Middelkerke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel

De duingebieden in Raversijde en Oostende-oost – Bredene kleuren grotendeels groen en zijn veilig. Duinen in deze gebieden zijn hoog (kruinhoogte varieert tussen +15 en +20 m TAW) en breed waardoor het buffervolume groot genoeg is. Voor +2 m zeespiegelstijging neemt de veiligheid in haven van Oostende af en is slechts één segment van de zeeweringscontour langs de Slijkensesteenweg veilig (groen weergegeven in Figuur 4-25). Over het geheel genomen blijkt uit de veiligheidsscan dat zo goed als de volledige omtrek van de haven van Oostende onveilig is (rood weergegeven in Figuur 4-25). De havendammen voldoen ook voor +2m zeespiegelstijging niet aan de toetsingscriteria, en de Demey sluis wordt nu ook onveilig.



Figuur 4-25: Veiligheidsscan resultaten voor haven van Oostende voor +2 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

Middenkust-West +2 m ZSS

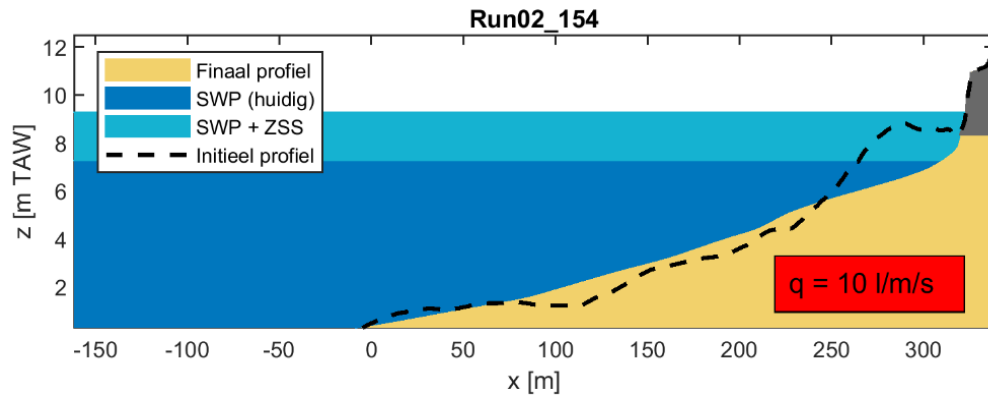


Figuur 4-26 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-West, +2 m zeespiegelstijging, Middelkerke tot en met Bredene. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.

4.3.4 Middenkust-Oost

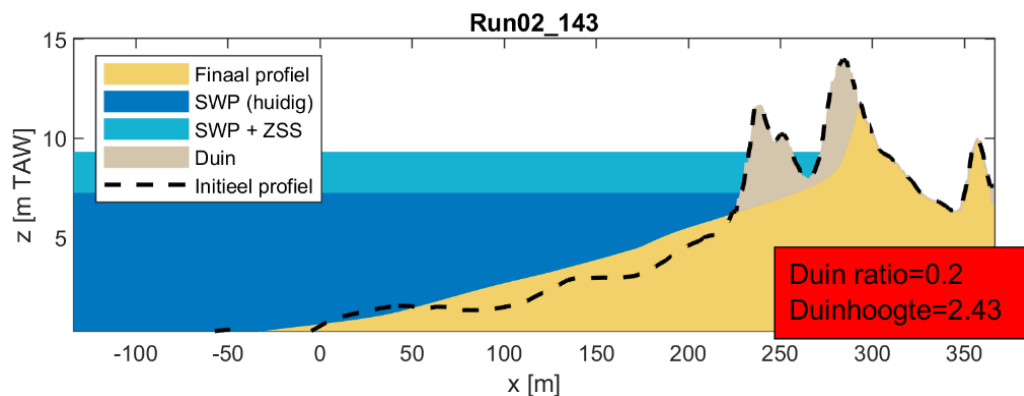
Voor +2 m zeespiegelstijging kleuren de badplaatsen in De Haan, Blankenberge en Zeebrugge-strand rood dewelke volledig (De Haan en Zeebrugge strand) of gedeeltelijk (Blankenberge) veilig waren voor +1 m zeespiegelstijging, zie Figuur 4-30.

Figuur 4-27 illustreert het huidige initiële kustprofiel en het geërodeerde post-storm kustprofiel voor de badplaats in De Haan centrum en de hoeveelheid golfoverslag die met de CST berekend is, namelijk 10 l/s/m, dewelke hoger is dan de limietwaarde waardoor deze sectie als onveilig beschouwd is. Deze sectie was voor +1 m zeespiegelstijging veilig.



Figuur 4-27: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 154, badplaats in De Haan centrum, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.

Verder zijn enkele duinsecties in Bredene – De Haan nu ook onvoldoende (secties 141-143), waarbij de buffer niet groot genoeg is en de duinratio kleiner wordt dan 1, zie Figuur 4-28.



Figuur 4-28: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 4, duingebied in De Panne, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +1m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finale kustprofiel.

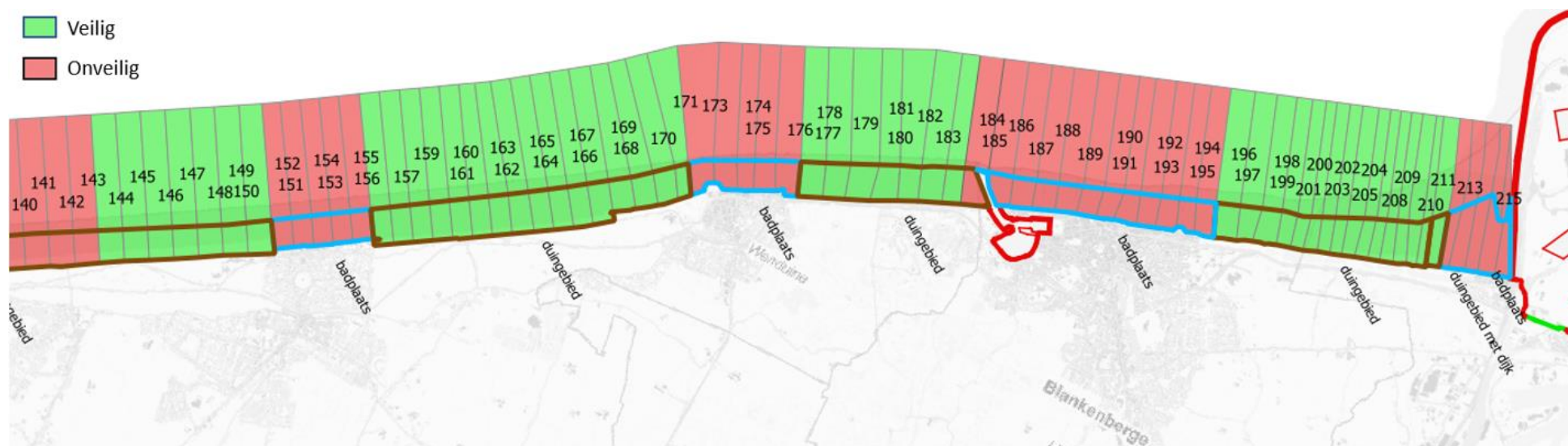
Daarentegen zijn de duingebieden in Wenduine-Oost en De Haan – Wenduine-West volledig veilig, waarbij er duinen met een kruinhoogte van +21 m TAW gevonden worden en niet in gevaar komen bij +2 m zeespiegelstijging.

Voor +2 m zeespiegelstijging is de gehele omtrek van de haven van Blankenberge onveilig (rood weergegeven in Figuur 4-29). Dit is niet veranderd ten opzichte van +1 m zeespiegelstijging (ook volledig onveilig), maar de gevolgen voor achterland gebieden zullen naar verwachting ernstiger zijn.



Figuur 4-29 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Blankenberge voor +2 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeweringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

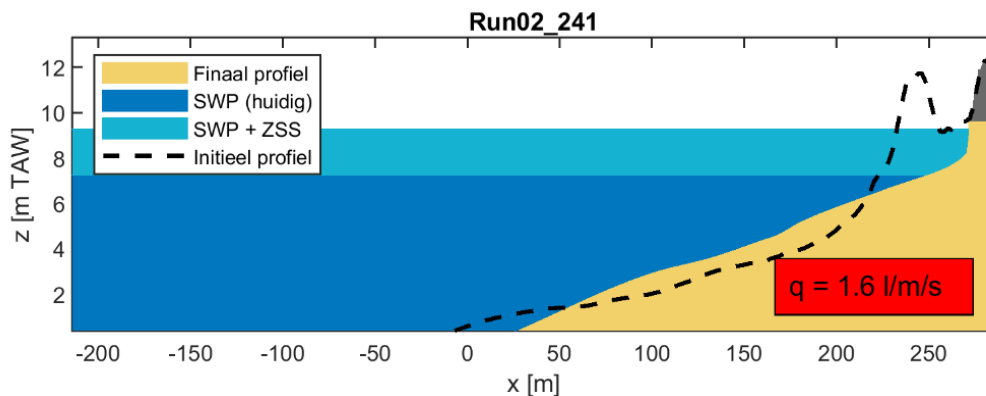
Middenkust-Oost +2 m ZSS



Figuur 4-30: Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-Oost, voor +2 m zeespiegelstijging. De Haan tot en met Zeebrugge. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.

4.3.5 Oostkust

Voor +2 m zeespiegelstijging is de badplaats in Knokke en Knokke-Heist volledig onveilig. Figuur 4-27 illustreert het huidige initiële kustprofiel en het geërodeerde post-storm kustprofiel voor de badplaats in Knokke-Zoute de hoeveelheid golfoverslag die met de CST berekend is, namelijk 1.6 l/s/m. Deze sectie was voor +1 m zeespiegelstijging veilig. In de figuur is te zien hoe door de storm de duin zeewaarts van de dijk door strand- en duinafslag volledig weggespoeld is. Hierdoor is er een overslagdebiet over de dijk welke hoger is dan de limiet waardoor deze sectie als onveilig is beschouwd.



Figuur 4-31: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 241, badplaats in Knokke, geëvalueerd als dijk. Zwarte stippenlijn geeft initieel strandprofiel weer. De storm bij +2 m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand door strandafslag en geeft het finaal profiel.

De duingebieden richting Zwin vertonen ook kwetsbaarheden, meerdere secties worden onveilig met een extra meter zeespiegelstijging. De duinen hebben een hoogte van ca. +12 m TAW, maar zijn boven het stormwaterpeil smal waardoor ook hier de buffer klein is en de evaluatie dus onveilig is. In geval van de duinsecties in het Zwin voldoen secties 252 en 253 niet aan de toetsingscriteria en wijzen op sterke erosie van dit duinmassief. De Zwindijk die het achterland beschermt, voldoet in het zuidelijke deel niet aan de toetsingscriteria, omwille van de verhoudingsgewijs grotere golfaanval in dit deel door de langere strijklengte.

In de haven van Zeebrugge worden voor +2 m zeespiegelstijging meer segmenten van de zeeweringscontour onveilig (rood weergegeven in Figuur 4-29) en blijft slechts een beperkt aantal veilig (groen weergegeven in Figuur 4-29). Wat de kaaimuren betreft, blijven de Leopold II Dam en de noordelijke zijde van het Brittaniadok voldoen aan de toetsingscriteria (groen weergegeven in Figuur 4-29), terwijl de rest van de kaaimuren al niet meer voldoen voor +1 m zeespiegelstijging.

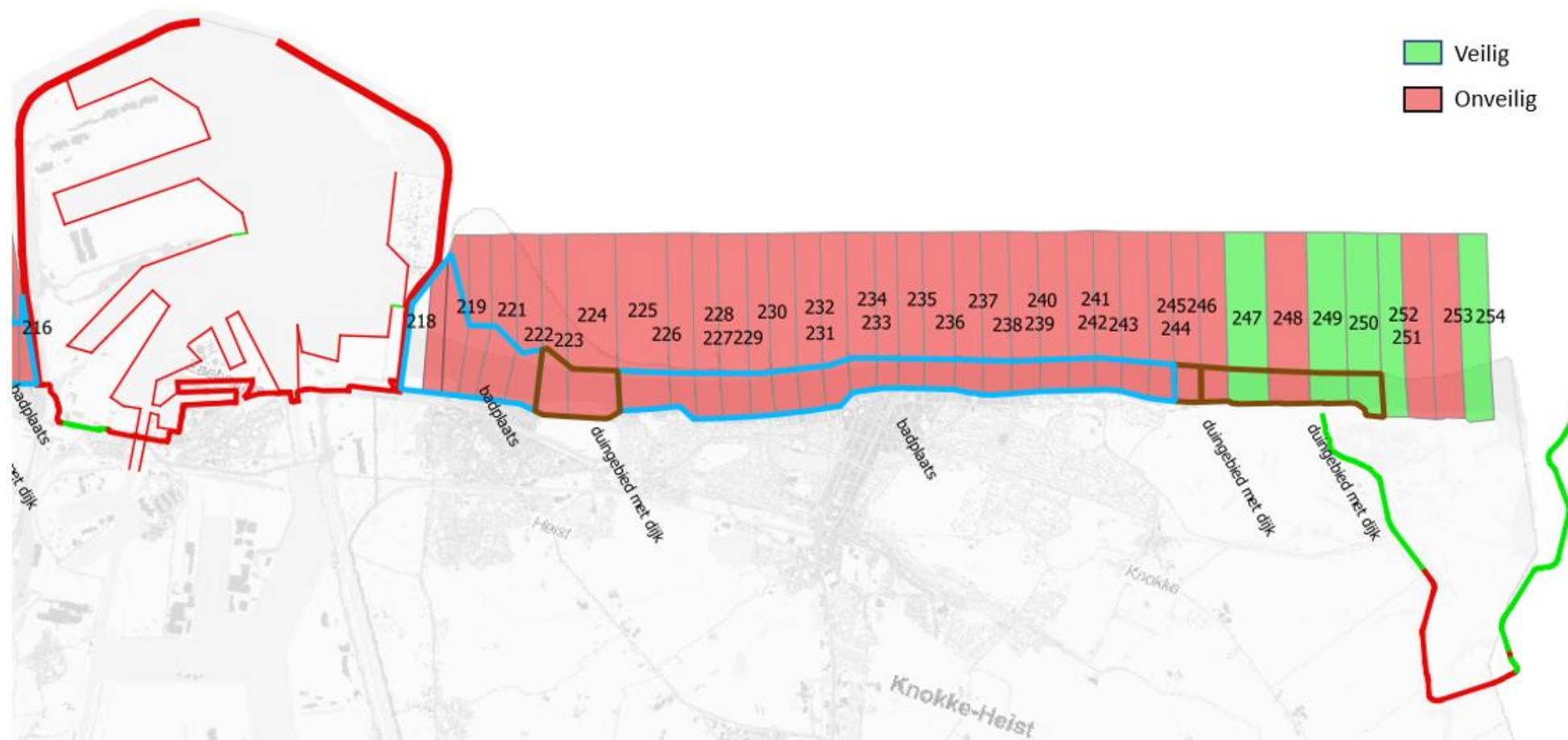
De havendammen ter hoogte van de Haven van Zeebrugge voldoen eveneens niet aan de toetsingscriteria onder +2 m zeespiegelstijging. De Pierre Vandammesluis en de Nieuwe Zeesluis blijven veilig onder +2 m zeespiegelstijging. De uitwateringskoker voor het Leopoldkanaal en het Afleidingskanaal wordt onveilig bij +2 m zeespiegelstijging.

Zoals eerder al aangehaald, zijn sommige secties van de Zwindijk onveilig geworden bij +2 m zeespiegelstijging.



Figuur 4-32: Veiligheidsscan resultaten voor haven van Zeebrugge voor +2 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeweringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

Oostkust +2 m ZSS



Figuur 4-33: Veiligheidsscan resultaten voor zone Oostkust, +2 m zeespiegelstijging, Knokke-Heist. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.

4.4 Toetsresultaten per kustsectie voor +3 m ZSS

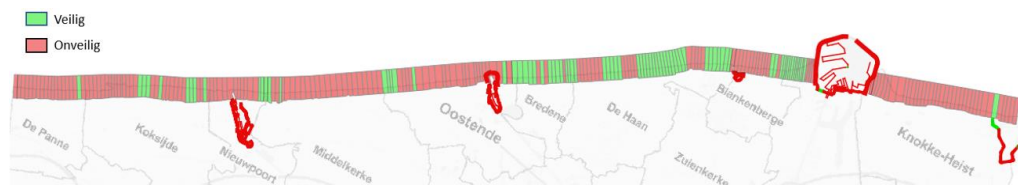
4.4.1 Samenvattend

Een samenvatting van de veiligheidsscan voor +3 m zeespiegelstijging wordt weergegeven in Figuur 4-34. Voor +3 m zeespiegelstijging kleurt de kaart voornamelijk rood en is de huidige kustlijn grotendeels onveilig. Ten westen van de haven van Zeebrugge zijn de duinen ter hoogte van de Duinse Polders en Fonteintjes veilig alsook de duinen in Wenduine-Oost, De Haan – Wenduine-West en enkele duinsecties in Bredene. Deze duinen worden allemaal gekenmerkt door een hogere kruinhoogte, en zijn breed rond de kruin, zodat het buffervolume boven stormwaterpeil groot is.

Alle badplaatsen zijn onveilig. Bij +3m zeespiegelstijging zijn de huidige kruinhoogtes van de dijken en geïmplementeerde stormmuren te laag om al in meerdere gevallen het stormwaterpeil op te vangen en voor de hogere dijken de golfoverslag onder het veiligheids criterium te houden. Van de Panne tot de Haven van Oostende kleuren maar enkele secties groen, voornamelijk duinen in Lombardsijde en Groenendijk.

Bij +3 m zeespiegelstijging zijn de volledige havencontouren (op een klein stukje zeewering in Zeebrugge na) onveilig en voldoet geen enkele van de hydraulische structuren. Ter hoogte van het Zwin is het deel van de Zwindijk dat niet voldoet aan het criterium uitgebreid.

In vergelijking tot de voorgaande zeespiegelstijgings-niveaus zijn er nog maar een paar secties in de strandzones die nog groen kleuren en veilig zijn. In de volgende paragrafen zullen daarom ter illustratie de veilige profielen in plaats van de onveilige zoals in voorgaande onderdelen worden getoond.



Figuur 4-34: Veiligheidsscan voor +3 m zeespiegelstijging.

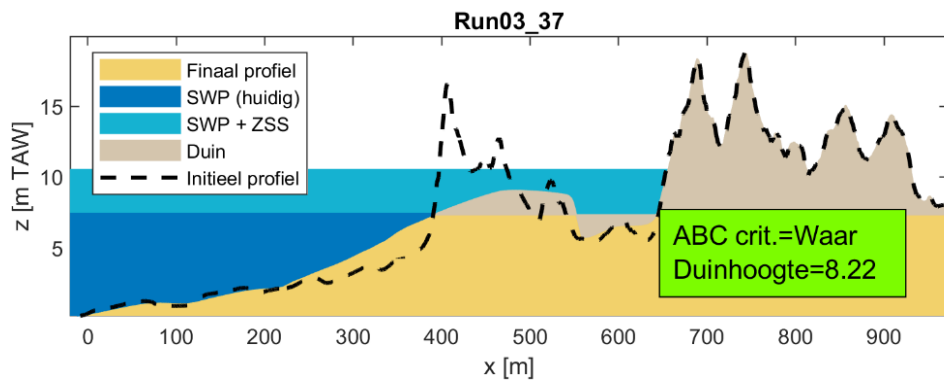
4.4.2 Westkust

Voor +3 m zeespiegelstijging kleurt de Westkust voornamelijk rood. Duinen die veilig zijn volgens de veiligheidsscan liggen in het Duinengebied Hoge Blekker (36-38, 41), Groenendijk (48-50) en Lombardsijde (66-69 en 72).

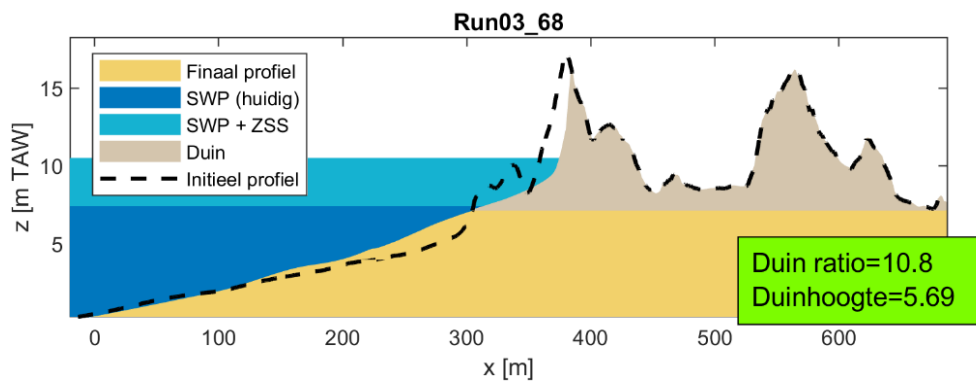
Figuur 4-35 illustreert het huidige initiële kustprofiel en het geërodeerde post-storm kustprofiel voor het Duinengebied Hoge Blekker, gedefinieerd als duinen met bebouwing, en de evaluatie van het ABC criterium. Door het brede duinprofiel en de grote bufferzone (in duinvolume boven stormwaterpeil) is het duingebied in kwestie veilig voor een zeespiegelstijging van +3 m, aangezien de erosie van het profiel niet reikt tot de veiligheidslijn waar de bebouwing gelegen is.

De duinen in Lombardsijde zijn hoog en de afstand tot de veiligheidslijn is groot, zie Figuur 4-36, hierdoor is de buffer voldoende en is dit duingebied veilig (66-69). Voor secties 70-71 erodeert het profiel bij stormimpact ver landinwaarts, en aangezien deze profielen als duinen met bebouwing geëvalueerd worden, faalt daardoor het ABC criterium en worden dus onveilig beschouwd.

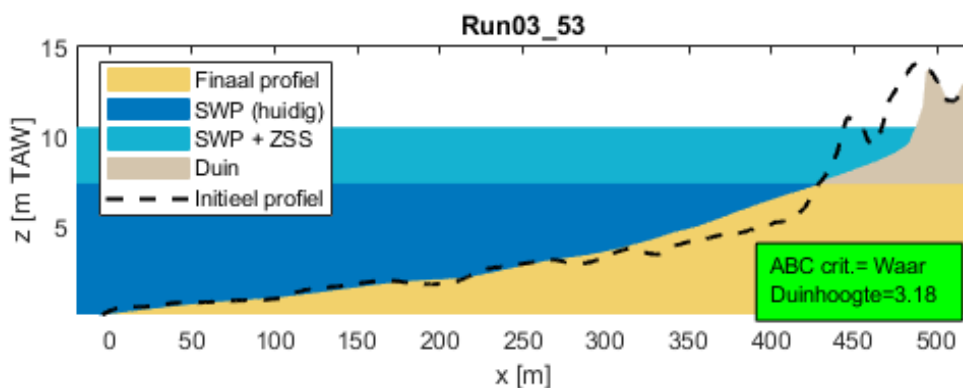
Ter hoogte van Nieuwpoort is er een sectie waar de duin voor de badplaats nog voldoende veiligheid biedt (53), zie Figuur 4-37.



Figuur 4-35: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 37. Duingebied Hoge Blekker, geëvalueerd als duin met bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.



Figuur 4-36: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 68. Duingebied Lombardsijde, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.



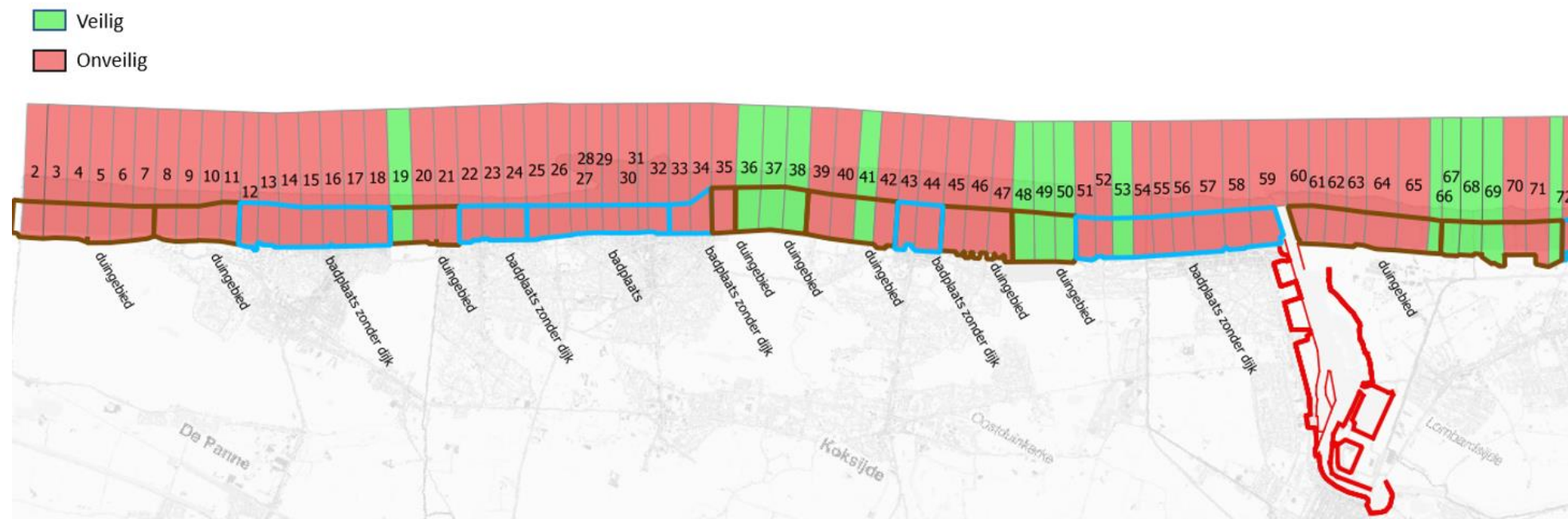
Figuur 4-37: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 53. Duingebied Groenendijk-Nieuwpoort, geëvalueerd als duin met bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.

Voor +3 m zeespiegelstijging is de volledige perimeter van de haven van Nieuwpoort onveilig (in rood weergegeven in Figuur 4-38). Net als bij +2 m zeespiegelstijging is verondersteld dat de huidige stormvloedkering faalt bij de maatgevende storm bij +3 m zeespiegelstijging en er een open toegang tot de zee aanwezig is (d.w.z. de bestaande stormvloedkering is niet langer functioneel).



Figuur 4-38 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Nieuwpoort voor +3 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeveringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

Westkust +3 m ZSS

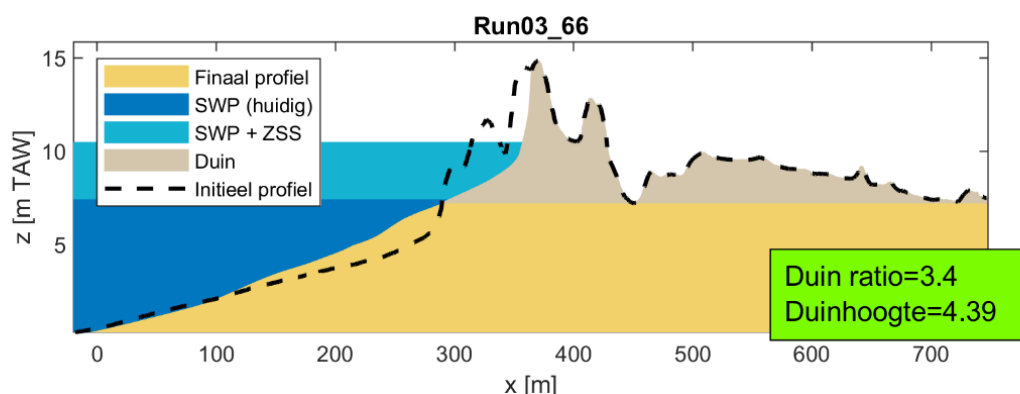


Figuur 4-39 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Westkust, +3 m zeespiegelstijging, De Panne tot Nieuwpoort. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.

4.4.3 Middenkust-West

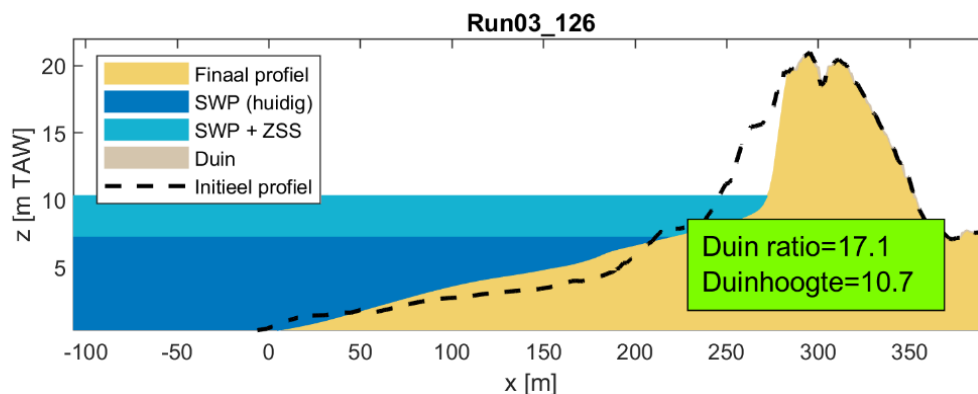
Voor +3 m zeespiegelstijging kleurt ook de zone Middenkust-West voornamelijk rood. Alle badplaatsen zijn onveilig, om verschillende redenen. In Raversijde en Mariakerke is de kruinhoogte niet hoog genoeg om het stormwaterpeil op te vangen, en vindt er dus directe overstroming plaats. Bij Westende en Middelkerke liggen de kruinhoogtes hoger, en falen de dijken omdat de golfoverslag te hoog is.

Duingebieden die veilig zijn volgens de veiligheidsscan liggen in Lombardsijde (66-69), Domein Prins-Karel (93-96) en voor meerdere secties in Bredene (122-126, 128, 130-133 en 135-139). Hiertussen liggen enkele onveilige secties (127, 129 en 134) waar lokaal zwakkere zones liggen in de duinen, duinpassages, en er lokaal lagere duin aanwezig zijn. In Lombardsijde zijn de duinen hoog en breed genoeg boven het stormwaterpeil om de storm op te vangen, zie Figuur 4-40 ter illustratie.



Figuur 4-40: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 66, duinen in Lombardsijde, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilige profiel.

Figuur 4-41 illustreert het huidige initiële kustprofiel en het geërodeerde post-storm kustprofiel voor het duingebied in Bredene ten Oosten van de haven van Oostende, duinen zonder bebouwing. De analyse van het geërodeerde post-storm profiel geeft aan dat de duinratio nog duidelijk groter is dan 1. Door het hoge en brede duinprofiel, is het duingebied veilig voor een zeespiegelstijging van +3 m. De duinen in Bredene zijn hoger, hebben een groter zandvolume boven stormwaterpeil, en vertonen daardoor een hogere veiligheid dan de duinen in Lombardsijde.



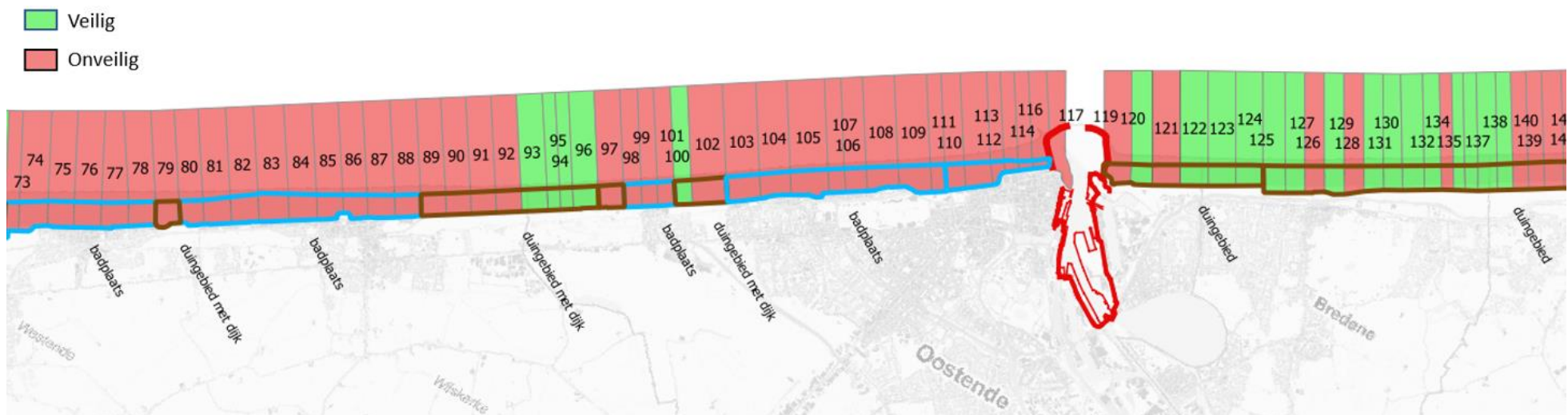
Figuur 4-41: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 126, duinen in Bredene ten Oosten van de haven van Oostende, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilige profiel.

Voor +3 m zeespiegelstijging is de volledige perimeter van de haven van Oostende onveilig (rood weergegeven in Figuur 4-42), evenals de havendammen en alle hydraulische structuren.



Figuur 4-42 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Oostende voor 3 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeveringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

Middenkust-West +3 m ZSS



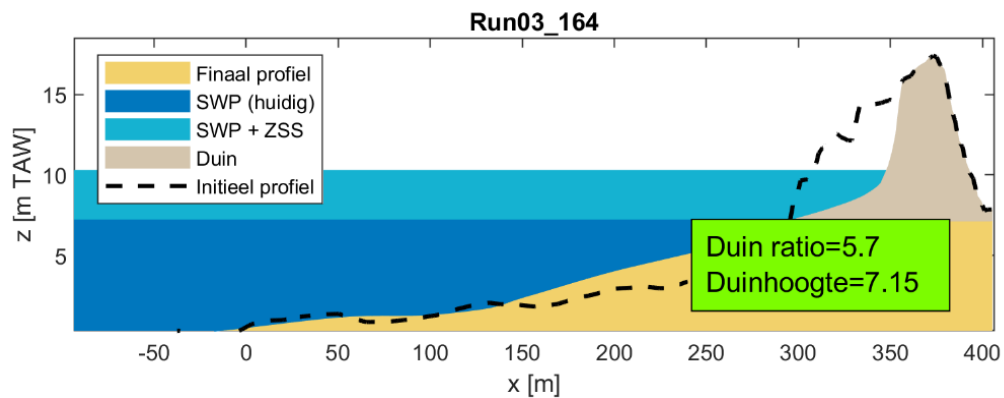
Figuur 4-43: Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-West. +3 m zeespiegelstijging. Middelkerke tot en met Bredene. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.

4.4.4 Middenkust-Oost

Voor +3 m zeespiegelstijging kleurt zone Middenkust-Oost zowel groen als rood, waarbij de badplaatsen (De Haan, Wenduine, Blankenberge en Zeebrugge-strand) allemaal onveilig zijn. De kruinhoogtes van badplaatsen Wenduine en Zeebrugge liggen lager dan het stormwaterpeil en worden overstroomd. Badplaatsen de Haan en Blankenberge hebben een hoger gelegen dijk en falen door excessieve golfoverslag.

Veilige duingebieden bevinden zich volgens de veiligheidsscan in De Haan (146-150), De Haan – Wenduine-West (156-171), Wenduine-Oost (177-183) en Duinse Polders - Fonteintjes (196-197, 199-210). In dit deelgebied bevinden de onveilige duinsecties zich in het duingebied Bredene - de Haan (139-145), gekarakteriseerd door lage, smallere duinen rond stormwaterpeil (kleine buffer).

Figuur 4-44 illustreert het huidige initiële kustprofiel en het geërodeerde post-storm kustprofiel voor het duingebied in De Haan, duinen zonder bebouwing. Door het hoge en brede duinprofiel, blijft na de storm voldoende duinvolume over (duinratio > 1) en is het duingebied veilig voor een zeespiegelstijging van +3 m.



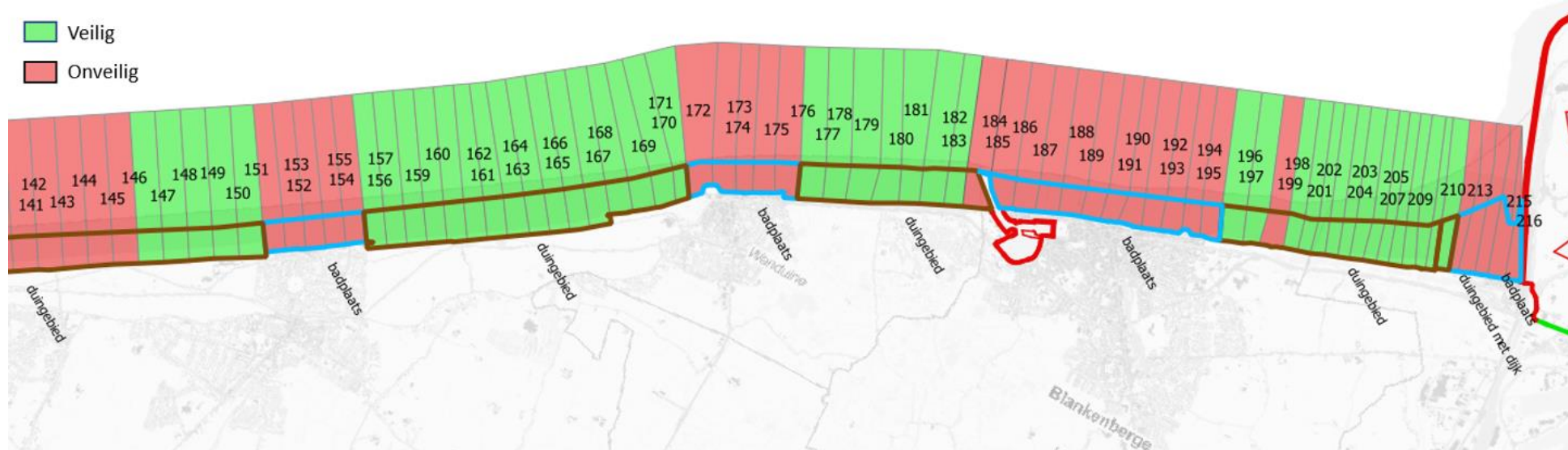
Figuur 4-44 : Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 164, duinen in De Haan, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.

Voor +3 m zeespiegelstijging is de gehele omtrek van de haven van Blankenberge onveilig (rood weergegeven in Figuur 4-45).



Figuur 4-45 : Veiligheidsscan resultaten voor haven van Blankenberge voor 3 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeeeringscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

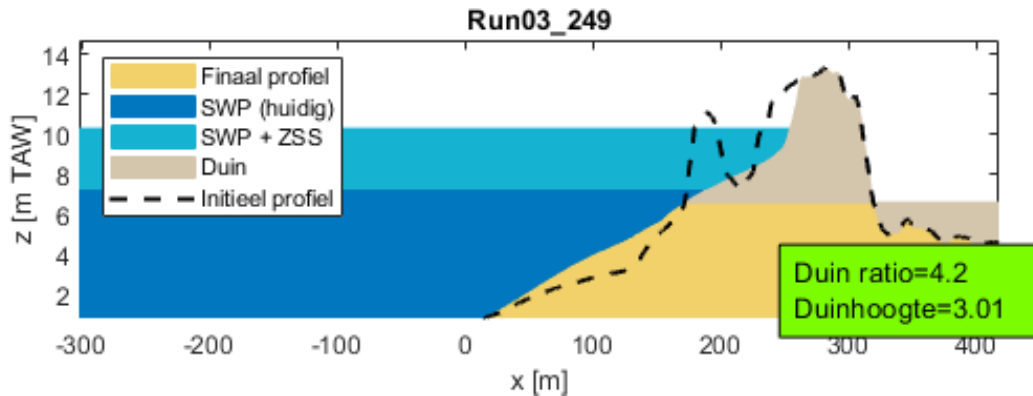
Middenkust-Oost +3 m ZSS



Figuur 4-46 : Veiligheidsscan resultaten voor zone Middenkust-Oost. +3 m zeespiegelstijging. De Haan tot en met Zeebrugge. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidsriteria.

4.4.5 Oostkust

Voor +3 m zeespiegelstijging kleurt de Oostkust op één sectie (249, Lekkerbok-Zwinbosjes) na volledig rood. In deze duinsectie is de duin die op de eerste rij ligt weggespoeld, maar is de duin die hierachter ligt groot en breed genoeg om de storm op te vangen, zie ter illustratie Figuur 4-47. Badplaatsen waren reeds onveilig voor +1 m zeespiegelstijging. In vergelijking met +2 m zeespiegelstijging zijn het de oostelijke duinen, Lekkerbok-Zwinbosjes en Zwin, die onveilig worden en rood kleuren bij +3 m zeespiegelstijging. Het buffervolume boven stormpeil wordt te klein.



Figuur 4-47: Stormwaterpeilen, post-storm kustprofiel en initieel profiel voor sectie 249, duinen in Lekkerbok-Zwinbosjes, geëvalueerd als duin zonder bebouwing. Zwarte stippenlijn geeft initieel strand- en duinprofiel weer. De storm bij +3m zeespiegelstijging (met waterpeil SWP+ZSS) hervormt het strand en duin door afslag en geeft het finaal veilig profiel.

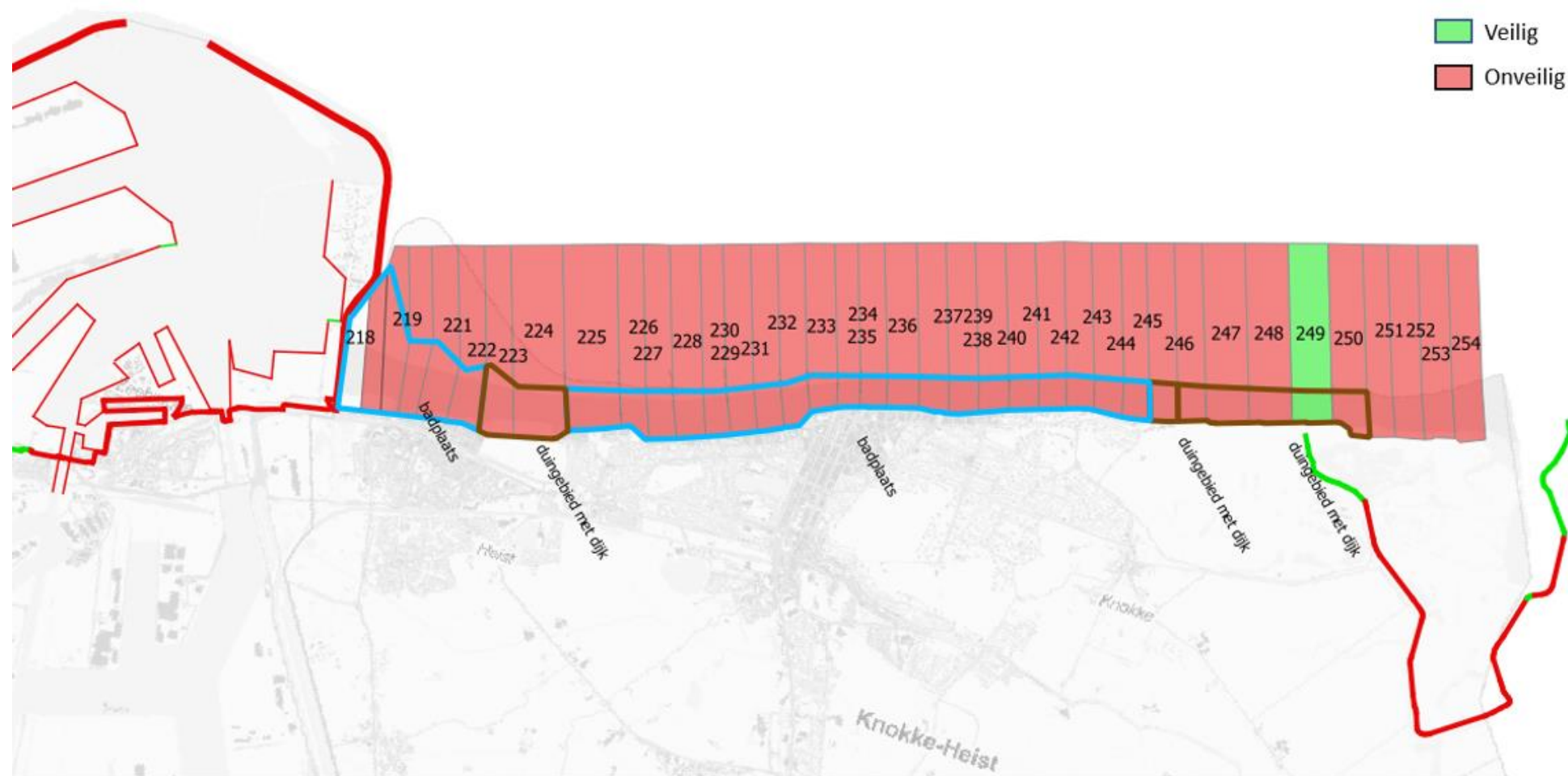
De veiligheidsbeoordeling langsheen de perimeter in de haven van Zeebrugge en de havendammen voor +3 m zeespiegelstijging (Figuur 4-48) is identiek aan die voor de +2 m, maar de gevolgen voor het achterland zullen naar verwachting ernstiger zijn. De Pierre Vandammesluis en de nieuwe zeesluis voldoen bij +3 m zeespiegelstijging niet meer aan de toetsingscriteria.

Meerdere delen van de Zwindijk worden onveilig onder +3m zeespiegelstijging. Het is echter interessant om op te merken dat sommige secties onder de +3m zeespiegelstijging veilig blijven. Dit is echter onder de aanname dat golven enkel door indringing via de geul het Zwin en de dijk bereiken. Voor +3m zeespiegelstijging is er echter stevige erosie van de duinen aan de zeewaartse grens van het Zwin aangezien deze laag en smal zijn. Hierdoor kan er een situatie ontstaan dat naast de geul ook golven door overwash en bresvorming het Zwin binnendringen en zou het dus kunnen betekenen dat de Zwindijk onveiliger wordt dan nu wordt voorgesteld.

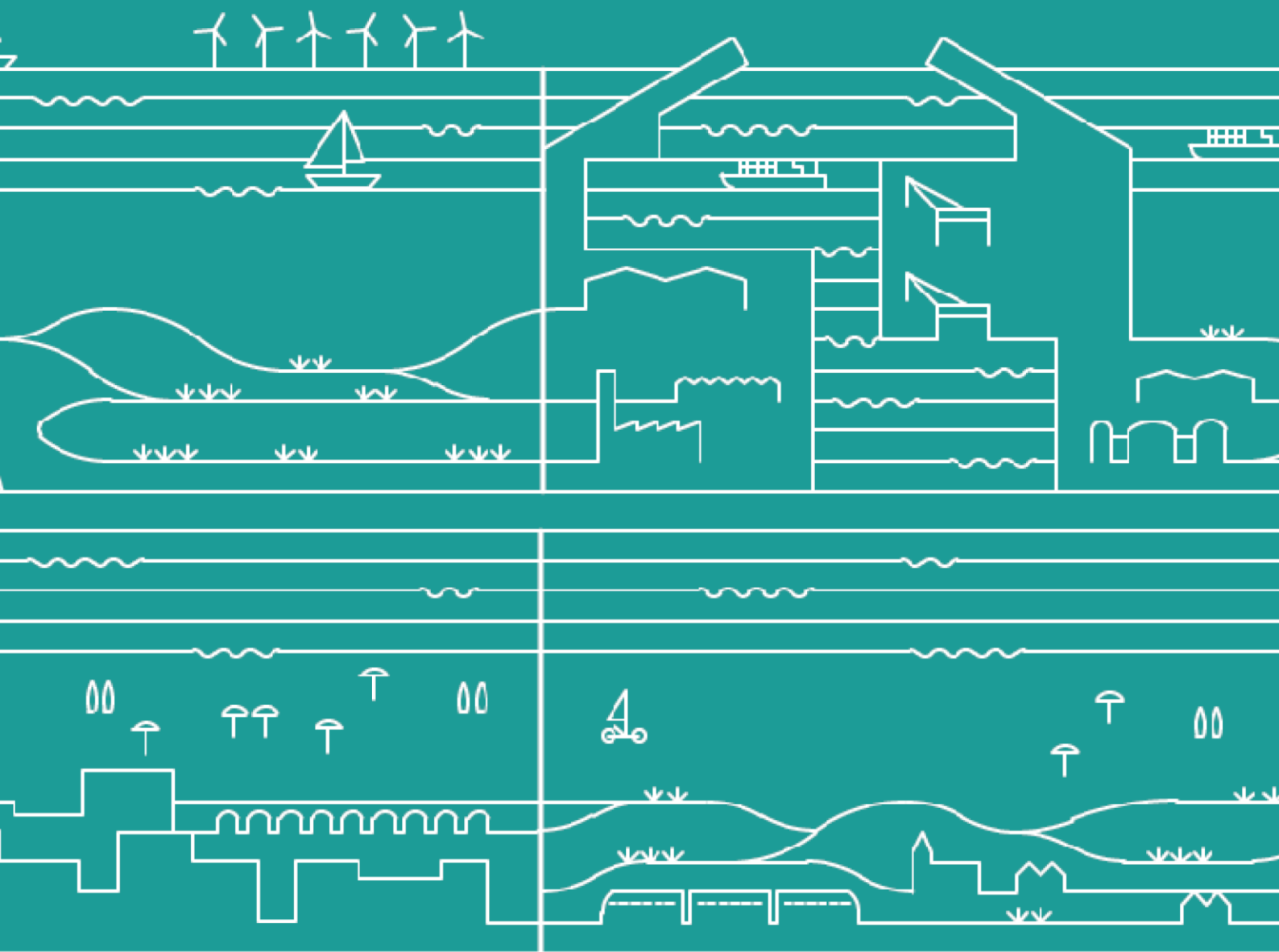


Figuur 4-48: Veiligheidsscan resultaten voor haven van Zeebrugge voor +3 m zeespiegelstijging (dunne lijn geeft de waterkant of kade weer, ter hoogte van de dikke lijn ligt de zeezuigingscontour in de haven, hydraulische structuren zijn weergegeven als bollen).

Oostkust +3 m ZSS



Figuur 4-49: Veiligheidsscan resultaten voor zone Oostkust, +3 m zeespiegelstijging, Knokke-Heist. Rood = onveilig en groen = veilig, volgens de toegepaste veiligheidscriteria.



Conclusies

5 Conclusies

Er werd een kustveiligheidsscan uitgevoerd vertrekkende van de huidige situatie inclusief uitvoering van maatregelen die in het Masterplan Kustveiligheid bepaald zijn (de referentiesituatie voor Kustvisie). Op basis van een reeks veiligheidscriteria en aan de hand van vereenvoudigde modelberekeningen is vervolgens de kustveiligheid tijdens een 1000-jarige stormvloed geanalyseerd voor verschillende zeespiegelstijgingen van +1, +2 en +3 m langsheen de kust en in de havens.

De veiligheidsscan in dit rapport is gebaseerd op de toetsingsmethodiek kustveiligheid die is opgesteld in het kader van het Masterplan Kustveiligheid en 6-jaarlijks wordt herhaald, maar is aangepast en vereenvoudigd om de toetsing van de volledige kust voor de lange termijn zeespiegelstijgingen binnen het strategisch onderzoek van Kustvisie mogelijk te maken. Deze scan heeft dan ook een andere focus en detailgraad dan de kustveiligheidstoetsing die in het kader van het Masterplan Kustveiligheid gebeurt. De resultaten van de veiligheidsscan in deze studie maken het daarbij mogelijk om een oriënterend zicht te krijgen welke plaatsen robuuster zijn qua kustveiligheid en op welke plaatsen langsheen de kust extra kustbeschermingsmaatregelen nodig zijn om ook in de toekomst blijvend bescherming te bieden tegen overstromingen vanuit de zee.

Uit de veiligheidsscan blijkt dat bij toenemende zeespiegelstijging steeds grotere zones van de kust onveilig worden. **Kantelpunten per typologie** (badplaatsen, duinen, havens) worden hieronder samengevat per zeespiegelstijgingsniveau:

- **Voor +1 m zeespiegelstijging**
 - *Badplaatsen*: de meeste badplaatsen zijn onveilig omwille van de lage kruinhoogte van de dijken langsheen de kust. De gemiddelde kruinhoogte van de dijken is ongeveer +10 m TAW, waardoor de golfoverslag bij de maatgevende storm hoger wordt dan de opgestelde limietwaarde voor dijken ($> 1 \text{ l/s/m}$). Badplaatssecties die groen kleuren voor +1 m zeespiegelstijging zijn badplaatsen waar de dijk hoger ligt dan het gemiddelde, zoals in De Haan centrum of enkele secties in Koksijde, of waar er een duin voor de dijk ligt zoals in het oosten van Knokke. Ter hoogte van Zeebrugge strand is dankzij de flauwe vooroever en de hoge golfdemping, de badplaats veilig. De badplaatsen zonder dijk, getoetst als een type duinprofiel, zoals in Groenendijk-Nieuwpoort, waar bebouwing aanwezig is, zijn grotendeels veilig aangezien na erosie door de storm voldoende strand resteert zodat de stabiliteit van de bebouwing voor +1m zeespiegelstijging gegarandeerd kan worden.
 - *Duingebieden*: het merendeel van de duingebieden zijn veilig, waarbij het duinvolume boven het stormwaterpeil (rekenpeil) groot genoeg is om de maatgevende storm op te vangen zonder dat er risico op bresvorming optreedt. Duinen die onveilig toetsen voor +1 m zeespiegelstijging liggen voornamelijk in de westhoek (de Panne), gekenmerkt door lage duinen doorsneden door duinvalleien.
 - *Havens*: met uitzondering van de haven van Nieuwpoort, waar wordt aangenomen dat de bestaande stormvloedkering functioneel blijft tot +1 m zeespiegelstijging, voldoet de haven van Blankenberge en het merendeel van de kades en zeeeringscontour in de havens van Oostende en Zeebrugge niet aan de toetsingscriteria voor +1 m zeespiegelstijging. Dit is in lijn met de observatie in het Masterplan Kustveiligheid dat de havens zwakke schakels vormen waar maatregelen vereist zijn. Een stijging van +1 m vormt daarbij al een hoger zeespiegelstijgingsniveau dan welke wordt beschouwd in het Masterplan Kustveiligheid (30 cm tot 80 cm). De havendammen van Oostende en Zeebrugge kunnen bij +1m zeespiegelstijging hun ontwerpfunctie niet meer waarborgen. De hydraulische structuren zoals sluizen en uitwateringsconstructies in Blankenberge en Oostende (buiten de Demeysluis) voldoen niet bij +1 m zeespiegelstijging. De sluizen in de haven van Zeebrugge en de structuren in Nieuwpoort blijven veilig op basis van de beschouwde veiligheidscriteria en aannames, al is meer onderzoek naar de faalkansen van structuren aangewezen.
 - *Zwindijk*: de dijk voldoet voor +1m zeespiegelstijging aan de toetsingscriteria.

- **Voor +2 m zeespiegelstijging**

- *Badplaatsen*: alle badplaatsen zijn onveilig voor +2 m zeespiegelstijging, op enkele secties in Koksijde na waar de kruinhoogte van de dijk hoog ligt, namelijk rond +12.5 m TAW (secties 26 en 28). In badplaatsen zoals Mariakerke, waar de kruinhoogte gemiddeld op +9.5 m TAW ligt, zijn er dijksecties waar het stormwaterpeil (inclusief zeespiegelstijging) bij +2 m zeespiegelstijging hoger dan de dijk kruin stijgt en vindt er rechtstreekse overstroming plaats van het achterland. De badplaats zonder dijk, getoetst als duin, in Groenendijk-Nieuwpoort, waar bebouwing aanwezig is, kleurt onveilig aangezien door erosie van het strand de stabiliteit van de bebouwing niet gegarandeerd kan worden.
- *Duingebieden*: meerdere duingebieden kleuren voor +2 m zeespiegelstijging rood en zijn onveilig. Er is een duidelijke toename aan onveiligheid merkbaar doordat het duinvolume boven het stormwaterpeil (het rekenpeil) dat de buffer in duinvolume vormt voor duinafslag, is afgenomen. De duinen in de Westhoek die deels voor +1 m zeespiegelstijging onveilig waren toetsen voor +2 m zeespiegelstijging volledig onveilig. Verder zijn er onveilige duinen te vinden ter hoogte van Domein Prins-Karel en De Haan-Bredene.
- *Havens*: de bestaande stormvloedkering in de haven van Nieuwpoort is niet bestand tegen de maatgevende storm bij +2 m zeespiegelstijging en bijgevolg niet langer functioneel. Hierdoor wordt quasi de volledige haven van Nieuwpoort en de structuren onveilig, met uitzondering van enkele segmenten langs het natuurgebied aan de IJzermonding. De overige havens waren reeds bij +1 m zeespiegelstijging grotendeels onveilig, met uitzondering van een zeer beperkt deel van de zeeeringscontour van het Zeebrugse havengebied. Wat betreft de structuren voldoen enkel nog de nieuwe sluis en de Pierre Vandammesluis in Zeebrugge aan de toetsingscriteria, al is de verwachting dat ook de Pierre Vandammesluis reeds bij lagere zeespiegelstijging zal aangepast moeten worden.
- *Zwindijk*: het zuidelijke deel van de Zwindijk voldoet bij +2m zeespiegelstijging niet aan het toetscriterium.

- **Voor +3 m zeespiegelstijging**

- *Badplaatsen*: alle badplaatsen zijn onveilig. In veel gevallen ligt het stormwaterpeil (inclusief zeespiegelstijging) hoger dan de kruinhoogte van de dijk, waardoor er geen golfoverslag plaatsvindt maar rechtstreekse overstroming van het achterland.
- *Duingebieden*: een verdere roodkleuring van duingebieden is te bemerken voor +3 m zeespiegelstijging. Verdere toename aan onveiligheid is merkbaar doordat het duinvolume boven het stormwaterpeil (het rekenpeil) dat de buffer in duinvolume vormt voor duinafslag, verder is afgenomen. Alleen ten Oosten van de haven van Zeebrugge zijn de duinen ter hoogte van de Duinse Polders en Fonteintjes veilig, alsook de duinen in Wenduine-Oost, De Haan – Wenduine-West en enkele duinsecties in Bredene.
- *Havens*: het volledige havengebied in alle havens, inclusief de hydraulische structuren, is onveilig voor +3 m zeespiegelstijging, met uitzondering van een beperkt deel van de zeeeringscontour van het Zeebrugse havengebied.
- *Zwindijk*: het grootste deel van de Zwindijk voldoet niet meer bij +3 m zeespiegelstijging.

Finaal kan worden gesteld dat **bij een zeespiegelstijging van +3 m de kust grotendeels onveilig wordt**. Havens en badsteden vormen de meest kwetsbare zones en kleuren bij zeespiegelstijging het snelst rood. Alle badsteden en havens zijn voor +3 m zeespiegelstijging uiteindelijk volledig onveilig op enkele kleine uitzonderingen na in de haven van Zeebrugge. Middenkust-Oost toont zich in termen van kustveiligheid het meest robuust, gekenmerkt door hogere duingebieden (Bredene – De Haan, De Haan – Wenduine-West, Wenduine-Oost en Duinse Polders - Fonteintjes) die weerstand bieden tot +3 m zeespiegelstijging. De veiligheid op veel andere plaatsen en ook in de havens is tijdens de 1000-jarige storm bij +3 m zeespiegelstijging niet gegarandeerd en bijkomende kustbeschermingsmaatregelen zijn nodig voor de bescherming tegen overstromingen vanuit zee.

6 Referenties

Afdeling Kust (2011). Masterplan Kustveiligheid.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022a). Kustvisie - Referentiesituatie kustveiligheid. I/RA/11630/21.184/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022b). Kustvisie - (Bouw)technische randvoorwaarden. I/RA/11630/21.183/ABO/.

Consortium Hoogtij(d) (IMDC, ORG, Arcadis) (2022c). Kustvisie - Ontwerp havens. I/RA/11630/21.187/ABO/.

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

De Roo S., Trouw K., Suzuki T., Thoon D. & Mostaert F. (2021). Toetsing kustveiligheid 2021: Toetsingsmethodologie voor dijken en duinen. Versie 2.0. WL Rapporten, 18_037_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Departement Mobiliteit en Openbare Werken (2009). Haven Van Oostende, OW-Plan - Haventoeegang. Plannen 1/7 Ontwerp Grondpland, 2/7 Westdam Ontwerp Sneden, 3/7 Oostdam Ontwerp Sneden, 4/7 Ontwerp Lengteprofiel. Vlaamse Overheid, Beleidsdomein Mobiliteit en Openbare Werken, Dossier Nr. 201.210, Tekening Nr. OHo.3001, Revisie 23/07/2009.

EurOtop & EurOtop (2018). Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application. Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P. and Zanuttigh, B., www.overtopping-manual.com. Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P. and Zanuttigh, B., www.overtopping-manual.com.

HAECON (1988). Beheersdossier Buitenhaven Zeebrugge.

IMDC (2017). Complex Project Kustvisie. WP25 Aanpassing haveninfrastructuur aan de klimaatverandering: gevalstudie havendammen Zeebrugge. I/RA/11505/17.175/VSZ/.

IMDC (2018). Complex Project Kustvisie. 04 - Scenario-ontwikkeling voor toekomstige zeekering: quickscan kustveiligheid. I/RA/11505/18130/API.

IMDC (2019a). Complex Project Kustvisie. D07 Veiligheidsbeoordeling. Startnota kustveiligheidsbeoordeling. I/NO/11505/19.122/VBA/.

IMDC (2019b). Complex Project Kustvisie. WP25 Aanpassing haveninfrastructuur aan de klimaatverandering: gevalstudie havendammen Oostende. I/RA/11505/18.152/LCA/.

Suzuki T., De Roo S., Altomare C., Zhao G., Kolokythas G., Willems M., Verwaest T. & Mostaert F. (2016). Toetsing kustveiligheid 2015 - Methodologie: Toetsingsmethodologie voor dijken en duinen. Versie 10.0. WL Rapporten, 14_014. Waterbouwkundig Laboratorium & Afdeling Kust: Antwerpen, België.

Technum (2010). ONTWERP-PROJECTPLAN SLUIS (NL) – KNOKKE (B), Uitbreiding natuureservaat Het Zwin.

Vuik V., Kuijper B., Geerse C.P.M., Strijker B., Gautier C., Trouw K., Vanneste D., Suzuki T., Nossent J., Thoon D., De Roo S. & Mostaert, F. (2020). Het Hydraulisch Randvoorwaardenboek (2020): Versie 2.0. Waterbouwkundig Laboratorium, WL Rapporten, 18_037_4.

Bijlage A Toetsing per kustsectie

In Tabel 6-1 wordt de toetsing voor elke sectie van de strandzones weergegeven van de uitgevoerde veiligheidsscan. Groene opvulling zijn veilige secties voor de respectievelijke zeespiegelstijgingen. Als de secties niet veilig zijn wordt er ook steeds de reden hiervoor meegegeven aan de hand van een nummer:

1. A-C criterium niet ok (cases met bebouwing)
2. A-C criterium is ok maar $q > 1$ l/s/m (cases met bebouwing)
3. Duinratio < 1 (cases zonder bebouwing)
4. $q > 1$ l/s/m (cases zonder bebouwing)
5. Stormwaterpeil (+1m) $>$ maximale kruinhoogte profiel (voor duinen)

Tabel 6-1: Samenvatting van de veiligheidstoetsing per kustsectie (2-254) langsheen de strandzones met aanduiding van het kustvak, sectienummer, type zeewering (duin of dijksectie en met of zonder bebouwing) voor +1 m, +2 m en +3 m zeespiegelstijging (respectievelijk ZSS1, ZSS2 en ZSS3), waarbij veilige secties groen zijn gemarkeerd en waarbij voor een onveilige sectie ook de reden van falen wordt opgegeven.

Kustvak	Sectie	Type	Profiel	ZSS1	ZSS2	ZSS3
1	2	duin	Niet Bebouwd			3
	3	duin	Niet Bebouwd		3	5
	4	duin	Niet Bebouwd	3	3	5
	5	duin	Niet Bebouwd		3	5
	6	duin	Niet Bebouwd			3
2	7	duin	Bebouwd	1	1	1
	8	duin	Bebouwd	1	1	1
	9	duin	Bebouwd	2	1	1
	10	duin	Bebouwd		2	1
	11	duin	Bebouwd			1
3	12	duin	Bebouwd	1	5	5
	13	duin	Bebouwd	5	5	5
	14	duin	Bebouwd	5	5	5
	15	duin	Bebouwd	1	5	5
	16	duin	Bebouwd	5	5	5
	17	duin	Bebouwd	5	5	5
	18	duin	Bebouwd	1	5	5
4	19	duin	Bebouwd			
	20	duin	Bebouwd		1	1
	21	duin	Bebouwd	1	1	5
5	22	duin	Bebouwd	1	5	5
	23	duin	Bebouwd	1	5	5
	24	duin	Bebouwd	1	5	5
6	25	duin	Bebouwd	1	5	5
	26	dijk	Niet Bebouwd			4
	27	dijk	Niet Bebouwd		4	5
	28	dijk	Niet Bebouwd			5
	29	dijk	Niet Bebouwd		4	5
	30	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	31	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	32	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
7	33	duin	Bebouwd	2	5	5
	34	duin	Bebouwd	2	1	5
8	35	duin	Bebouwd			1

Kustvak	Sectie	Type	Profiel	ZSS1	ZSS2	ZSS3
	36	duin	Bebouwd			
	37	duin	Bebouwd			
	38	duin	Bebouwd			
	39	duin	Bebouwd	5	5	5
	40	duin	Bebouwd			2
	41	duin	Bebouwd			
	42	duin	Bebouwd		2	5
9	43	duin	Bebouwd	2	5	5
	44	duin	Bebouwd	2	5	5
10	45	duin	Bebouwd			1
	46	duin	Bebouwd		5	5
	47	duin	Bebouwd			1
	48	duin	Niet Bebouwd			
	49	duin	Niet Bebouwd			
	50	duin	Bebouwd			
11	51	duin	Bebouwd			2
	52	duin	Bebouwd	2	1	5
	53	duin	Bebouwd			
	54	duin	Bebouwd			1
	55	duin	Bebouwd		1	1
	56	duin	Bebouwd	1	1	1
	57	duin	Bebouwd		2	1
	58	duin	Bebouwd		2	1
12	59	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
13	60	duin	Niet Bebouwd			3
	61	duin	Niet Bebouwd			3
	62	duin	Bebouwd			1
	63	duin	Bebouwd			1
	64	duin	Bebouwd			2
	65	duin	Bebouwd			2
	66	duin	Niet Bebouwd			
	67	duin	Niet Bebouwd			
	68	duin	Niet Bebouwd			
	69	duin	Niet Bebouwd			
	70	duin	Bebouwd			1
	71	duin	Bebouwd			1
	72	duin	Bebouwd			
14	73	duin	Bebouwd			1
	74	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	75	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	76	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	77	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	78	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
15	79	duin	Bebouwd			1
	80	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4

Kustvak	Sectie	Type	Profiel	ZSS1	ZSS2	ZSS3
16	81	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	82	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	83	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
17	84	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	85	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	86	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	87	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
18	88	dijk	Niet Bebouwd			4
	89	duin	Niet Bebouwd		3	3
	90	duin	Niet Bebouwd		3	3
	91	duin	Niet Bebouwd		3	3
	92	duin	Niet Bebouwd			3
	93	duin	Niet Bebouwd			
19	94	duin	Niet Bebouwd			
	95	duin	Niet Bebouwd			
	96	duin	Niet Bebouwd			
	97	dijk	Niet Bebouwd			4
20	98	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
21	99	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	100	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
22	101	duin	Niet Bebouwd			
	102	duin	Niet Bebouwd			3
23	103	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	104	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	105	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
	106	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
	107	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
	108	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	109	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
	110	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
	111	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
	112	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
	113	dijk	Niet Bebouwd	4	5	5
	114	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	115	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	116	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
24	117	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	118	duin	Niet Bebouwd	3	3	5
25	119	duin	Bebouwd			1
	120	duin	Niet Bebouwd			
	121	duin	Bebouwd		1	1
	122	duin	Niet Bebouwd			
	123	duin	Niet Bebouwd			
	124	duin	Niet Bebouwd			
26	125	duin	Niet Bebouwd			

Kustvak	Sectie	Type	Profiel	ZSS1	ZSS2	ZSS3
	126	duin	Niet Bebouwd			
	127	duin	Niet Bebouwd		3	5
	128	duin	Niet Bebouwd			
	129	duin	Niet Bebouwd			3
	130	duin	Niet Bebouwd			
	131	duin	Niet Bebouwd			
	132	duin	Niet Bebouwd			
	133	duin	Niet Bebouwd			
	134	duin	Niet Bebouwd	3	5	5
	135	duin	Niet Bebouwd			
	136	duin	Niet Bebouwd			
	137	duin	Niet Bebouwd			
	138	duin	Niet Bebouwd			
	139	duin	Niet Bebouwd	3	3	3
	140	duin	Niet Bebouwd	3	3	3
	141	duin	Niet Bebouwd		3	3
	142	duin	Niet Bebouwd		3	3
	143	duin	Niet Bebouwd		3	3
	144	duin	Niet Bebouwd			3
	145	duin	Niet Bebouwd			3
	146	duin	Niet Bebouwd			
	147	duin	Niet Bebouwd			
	148	duin	Bebouwd			
	149	duin	Bebouwd			
	150	duin	Bebouwd			
27	151	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	152	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	153	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	154	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	155	dijk	Niet Bebouwd		4	4
28	156	duin	Niet Bebouwd			
	157	duin	Niet Bebouwd			
	158	duin	Niet Bebouwd			
	159	duin	Niet Bebouwd			
	160	duin	Niet Bebouwd			
	161	duin	Niet Bebouwd			
	162	duin	Niet Bebouwd			
	163	duin	Niet Bebouwd			
	164	duin	Niet Bebouwd			
	165	duin	Niet Bebouwd			
	166	duin	Niet Bebouwd			
	167	duin	Niet Bebouwd			
	168	duin	Niet Bebouwd			
	169	duin	Bebouwd			
	170	duin	Bebouwd			

Kustvak	Sectie	Type	Profiel	ZSS1	ZSS2	ZSS3
	171	duin	Niet Bebouwd			
29	172	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	173	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	174	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	175	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	176	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
30	177	duin	Niet Bebouwd			
	178	duin	Niet Bebouwd			
	179	duin	Niet Bebouwd			
	180	duin	Niet Bebouwd			
	181	duin	Niet Bebouwd			
	182	duin	Niet Bebouwd			
	183	duin	Niet Bebouwd			
31	184	duin	Niet Bebouwd	3	5	5
32	185	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	186	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	187	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	188	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	189	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	190	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	191	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	192	dijk	Niet Bebouwd	4	4	4
	193	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	194	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	195	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
33	196	duin	Niet Bebouwd			
	197	duin	Niet Bebouwd			
	198	duin	Niet Bebouwd			3
	199	duin	Niet Bebouwd			
	200	duin	Niet Bebouwd			
	201	duin	Niet Bebouwd			
	202	duin	Niet Bebouwd			
	203	duin	Niet Bebouwd			
	204	duin	Niet Bebouwd			
	205	duin	Niet Bebouwd			
	206	duin	Niet Bebouwd			
	207	duin	Niet Bebouwd			
	208	duin	Niet Bebouwd			
	209	duin	Niet Bebouwd			
	210	duin	Niet Bebouwd			
34	211	dijk	Niet Bebouwd			
	212	dijk	Niet Bebouwd		4	5
	213	dijk	Niet Bebouwd		4	5
	214	dijk	Niet Bebouwd		4	5
	215	dijk	Niet Bebouwd		4	5

Kustvak	Sectie	Type	Profiel	ZSS1	ZSS2	ZSS3
	216	dijk	Niet Bebouwd	Haven sectie		
35	217	dijk	Niet Bebouwd			
36	218	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	219	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	220	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	221	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	222	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
37	223	dijk	Niet Bebouwd		4	5
	224	dijk	Niet Bebouwd		4	5
38	225	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	226	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	227	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	228	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	229	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	230	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	231	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	232	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	233	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	234	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	235	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	236	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	237	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	238	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	239	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	240	dijk	Niet Bebouwd	4	4	5
	241	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	242	dijk	Niet Bebouwd		4	4
	243	dike	Niet Bebouwd	4	4	4
	243	dune	Niet Bebouwd	3	3	3
244	dike	Niet Bebouwd		4	4	
244	duin	Niet Bebouwd		3	3	
245	duin	Niet Bebouwd		3	3	
39	246	duin	Niet Bebouwd		3	5
	247	duin	Niet Bebouwd			3
	248	duin	Niet Bebouwd		3	3
	249	duin	Niet Bebouwd			
	250	duin	Niet Bebouwd			5
40	251	duin	Niet Bebouwd			3
	252	duin	Niet Bebouwd		3	3
	253	duin	Niet Bebouwd		3	3
	254	duin	Niet Bebouwd			3

Colofon

COPYRIGHT	Copyright © 2023, Alle rechten voorbehouden. Deze publicatie of delen mogen niet worden gekopieerd, gereproduceerd of verzonden in welke vorm of op welke manier dan ook, digitaal of anderszins zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Verwijzing naar een deel van deze publicatie dat tot verkeerde interpretatie kan leiden, is verboden.
OMSLAG	Hoogtij(d)
PUBLICATIEDATUM	22/11/2023
UITGEVER	ir. Annelies Bolle Senior ingenieur Projectleider Kustvisie – consortium Hoogtij(d) +32 479 92 03 08, Annelies.bolle@imdc.be
OPMAAK	Hoogtij(d)



Kust
visie