



Integrale waterveiligheid strategie Waddeneilanden

Pilot

Opdrachtgever



Integrale waterveiligheid strategie



Pilot

Eindrapport

Auteurs

B. Kolen
C. Wegman
B. Strijker

4634.10
september 2022

Managementsamenvatting

Aanleiding

In het Deltaprogramma 2021 is opgenomen dat een integrale waterveiligheidsstrategie wordt opgesteld voor ieder Waddeneiland voor hoogwater en overstromingen op basis van de principes van meerlaagsveiligheid. De focus bij de uitwerking van de waterveiligheidsstrategie voor de Waddeneilanden ligt op de ruimtelijke inrichting waarbij het huidige preventiebeleid uitgangspunt is. In geval van een overstroming zijn de eilanden enige tijd op zichzelf aangewezen, waarbij ook het vooraf verlaten van het eiland erg lastig is. Bij de normering van waterkeringen is er rekening mee gehouden dat niemand voorafgaand aan de dijkdoorbraak de eilanden kan verlaten (een evacuatiefractie van 0%). Met de ruimtelijke planvorming ligt de focus op de leefbaarheid, de vitale functies en het herstel na een overstroming. Een meer robuuste inrichting en het hebben van schuilmogelijkheden leidt tot minder afhankelijkheid van het vasteland en minder beroep op de crisisbeheersing in het geval van overstroming.

Doelstelling

Dit rapport beschrijft de methode om deze integrale waterveiligheidsstrategie uit te werken en voor verschillende ambitieniveaus de consequenties op objectniveau in kaart te brengen. Hierbij is gekeken naar de situatie in het heden, 2050 en 2100 waarbij rekening is gehouden met klimaatverandering en zeespiegelstijging (1,21 m in 2100). Uitgegaan is van het continueren van het huidige preventiebeleid rondom primaire waterkeringen en kustlijn­zorg. Deze methode is in een pilot toegepast voor een buitendijks gebied (Vlieland) en een binnendijks gebied (Ameland). Op basis van voorliggende rapportage kan een keuze worden gemaakt voor het ambitieniveau dat nagestreefd wordt voor deze integrale waterveiligheidsstrategie, en om deze methode toe te passen voor alle Waddeneilanden. Daarnaast worden in deze rapportage mogelijkheden geschetst om (met name) het buitendijks gebied (duinen en voorlanden) mee te laten groeien met de voorspelde zeespiegelstijging, wat buitendijkse objecten minder kwetsbaar maakt voor overstromingen in de toekomst.

Mogelijke ambitieniveaus

Binnen het Deltaprogramma is de ambitie om in 2050 klimaatrobuust te zijn. Wat klimaatrobuust betekent is niet gedefinieerd. Binnen dit onderzoek zijn op basis van de verschillende sectoren zoals benoemd door het Deltaprogramma¹ 4 mogelijke niveaus voor de ruimtelijke ambitie gedefinieerd, waarbij de leefbaarheid op de Waddeneilanden centraal staat. Het is aan de bestuurders om te bepalen wat het gewenste ambitieniveau is. In alle gevallen is het uitgangspunt dat bewoners en toeristen op de Waddeneilanden moeten kunnen schuilen en overleven tijdens en direct na de overstroming. Na verloop van tijd, in de weken na de overstroming, kunnen mogelijk weer mensen het eiland verlaten indien men dat wil.

- **Ambitie 1: Schuilen & overleven (incl. niet zelfredzamen opvangen).** Tijdelijk is er flinke afhankelijkheid van het vasteland. Levensmiddelen (bv uit supermarkten) en hulpverleningsmiddelen (als ambulances en brandweerwagens) worden als onderdeel van deze strategie wel veiliggesteld, ook is het van belang dat het energie-aansluitpunt op de eilanden blijft functioneren.
- **Ambitie 2: Vitaal beschermen en bereikbaarheid.** Aanvullend op ambitie 1 gaat het om de sectoren waterketen (drinkwater, afvalwater en het waterbeheer), energie, ICT&Telecom en

¹ <https://klimaatadaptatienederland.nl/thema-sector/>

veiligheid. Herstel kan lokaal al beginnen omdat de belangrijkste vitale functies zijn beschermd.

- Ambitie 3: Vitaal beschermen ++. Aanvullend op ambitie 1 en 2 gaat het om de sectoren landbouw & visserij, gezondheid en infrastructuur. Het herstel kan versneld worden gedaan omdat alle (vitale) objecten beschermd zijn.
- Ambitie 4: Voorkomen impact aan alle bebouwing. Deze ambitie is op voorhand al als onhaalbaar bestempeld. Deze ambitie zou betekenen dat alle bestaande bebouwing (woningen en winkels) op de Waddeneilanden aangepast moeten worden en zijn daarom verder buiten beschouwing gelaten. Ook is in het verleden altijd een overstromingsrisico geaccepteerd.

Op basis van de vitale en kwetsbare sectoren is voor de bijbehorende objecten (geselecteerd uit de KernRegistratie Objecten (KRO)) bepaald wat de kans is op een overstroming, wat dan de maximale waterdiepte is die kan optreden en de waterdiepte in de eindsituatie op basis van gemiddeld hoogtij. Voor het buitendijks gebied is ook gekeken naar de impact van klimaatverandering op de afslagzones voor hoge zeewaterstanden. Deze KRO objecten zijn aangevuld met een beheerdersoordeel, omdat nog enkele objecten ontbraken. Voor de faalkansen van waterkeringen en de overstromingsscenario's van binnen- en buitendijkse gebieden is uitgegaan van Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO). Het zichtjaar en de ontwerpbelasting die als maatgevend wordt verondersteld voor nieuwe vitale en kwetsbare objecten en vervangingsopgave is een keuze. Voor het zichtjaar gaat het erom hoe ver vooruit wordt gekeken, bijvoorbeeld 2050 of 2100 en welk klimaatscenario wordt gehanteerd. Voor de ontwerpbelasting kan een keuze worden gemaakt om objecten te dimensioneren op de gevolgen die optreden bij falen bij de norm of bij extremere situaties.

Mogelijke maatregelen gericht op continuïteit van vitale en kwetsbare objecten

Het type maatregelen dat men kan nemen om de impact op vitale en kwetsbare objecten en diensten te verkleinen zijn niet afhankelijk van de ambitieniveaus, maar het totaal aan maatregelen is wel groter als de ambitie hoger is. Omdat het de ambitie is dat men in 2050 klimaat robuust is, en er op dit moment geen sprake is van onacceptabele onveilige situaties rondom waterveiligheid, is het **basisbeginsel dat fysieke maatregelen pas worden genomen als er een vervangingsopgave is ofwel bij nieuwbouw**. Het is dus niet het doel om bestaande bouw zo snel mogelijk aan te passen, maar pas ingrepen te plegen als er vanuit andere doelstellingen ingrepen worden gepleegd. Mogelijke maatregelen zijn:

- Organisatorische maatregelen (deze maatregelen kunnen nu al worden geïmplementeerd):
 - Specifieke planvorming (bedrijfsnoodplannen) gericht op continueren van een dienst of functie, denk hierbij aan verzorging van niet zelfredzamen, en om het veilig stellen van hulpverleningsmaterieel en levensmiddelen (uit te voeren door de betreffende dienst).
 - Vergroten water- en evacuatiebewustzijn. Duidelijk maken aan inwoners en toeristen wat de gevolgen van een overstroming kunnen zijn en waar schuilplaatsen zijn. Dit is een onderdeel van het handelingsperspectief van de veiligheidsregio, maar vereist samenwerking met de gemeente en toeristencentra).
- Ruimtelijke locatiekeuze bij nieuwbouw of vervangingsopgave door de ontwikkeling op een minder risicovolle locatie te doen. De gemeente zal hiervoor dan kaders moeten stellen in de omgevingsplannen.
- Ontwerpkeuzes bij gebouwen. Zodanig ontwikkelen dat er geen schade en uitval optreedt bij een bepaalde maatgevende waterstand (nieuwbouw en onderhoud). De gemeente zal hiervoor dan kaders moeten stellen in de omgevingsplannen.

- Lokale bescherming: Lokale (tijdelijke) beschermingsmaatregelen om te voorkomen dat het object overstroomt. Denk hierbij aan vloedschotten en mobiele keringen. Dit kan belegd worden bij zowel de gemeente als bij de objectbeheerder.

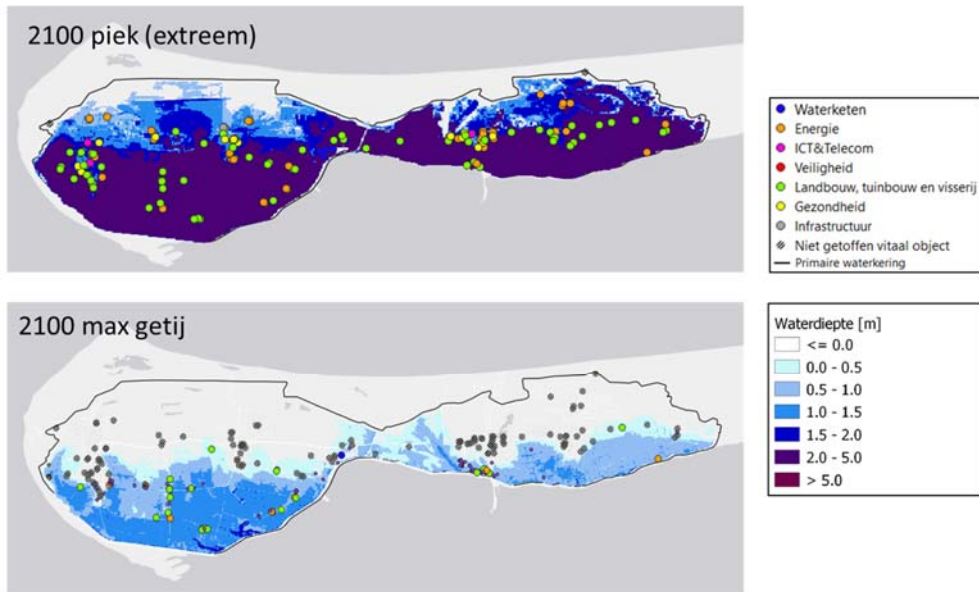
In theorie kan ook de norm van primaire waterkeringen worden versterkt en verhoogd. Dit maakt de kans op een overstroming kleiner maar sluit die niet uit. De eisen aan primaire waterkeringen en kustlijninzorg worden bepaald door het Rijk.

Als risico's nu al onacceptabel worden geacht kunnen naast fysieke ingrepen ook al relatief goedkope specifieke maatregelen worden genomen. Denk hierbij aan specifieke rampenplannen aanvullend op de generieke planvorming en handelingsperspectieven zoals die uitgewerkt worden door de veiligheidsregio. Voorbeelden zijn het veiligstellen van hulpverleningsmaterieel op een droge plek, het evacueren van zorginstellingen en veiligstellen van levensmiddelen. Een andere mogelijke maatregel is een noodkering om een object te beschermen of sneller te herstellen.

Bevindingen pilot binnendijkse gebied Ameland

Een gebeurtenis die in het huidige klimaat als zeer extreem wordt ervaren kan in 2100 waarschijnlijker zijn. Als ontwerpeis voor objecten wordt geadviseerd om zichtjaar 2100 als uitgangspunt te nemen, en vervolgens uit te gaan van een extremere belasting als waarop de waterkeringen zijn ontworpen (de norm) zodat ook additionele veiligheid wordt geboden. Beschikbare scenario's van overstromingen beschrijven de gevolgen van een situatie die 10 en 100x extremer is. De waterstand is orde 40-60 cm hoger bij een situatie die 10x extremer. De normen variëren op de Waddeneilanden, voor de gevolgbeperving gaan we uit van gelijke eisen. 10 x extremer dan de norm is dan de 1/10.000pj blootstelling, 100x extremer is de 1/100.000 pj blootstelling. Beide situaties kunnen worden gekozen als ontwerpuitgangspunt. Gekozen is voor de situatie 100x extremer dan de norm. Hiervoor is gekozen omdat de Waddeneilanden in geval van een overstroming enige tijd op zichzelf zijn aangewezen. Zeer waarschijnlijk is er ook aanzienlijke schade op het vasteland en zullen prioriteiten worden gesteld wie eerst hulp krijgt. Vanwege de slechtere bereikbaarheid van de Waddeneilanden in combinatie met de slechte evacuatiemogelijkheden is ervoor gekozen om de inrichting, voor de gekozen objecten horende bij het ambitieniveau, robuust te kiezen. In Figuur 1 is de waterdiepte voor het binnendijkse gebied op Ameland na een overstroming tijdens de piek en na verloop van tijd getoond. In deze figuur zijn ook de vitale objecten die worden blootgesteld opgenomen.

Allereerst is er echter gekeken naar de schuilmogelijkheden in bestaande (recreatie)woningen. Er zijn voor inwoners en toeristen voldoende schuilmogelijkheden binnendijks, als onderdeel van ambitie 1, in (recreatie)woningen en hotels op droge verdiepingen en in droge gebouwen. In de huidige situatie is er in 5% van de woningen en recreatie-objecten geen mogelijkheid tot schuilen bij een doorbraak bij de normfrequentie. Bij een extreme gebeurtenis in het heden (ongeveer gelijk aan de normgebeurtenis in 2100) is er in 20% van de objecten geen mogelijkheid tot schuilen. Bij een extreme gebeurtenis in 2100 is er in 31% van de gebouwen geen mogelijkheid tot schuilen tijdens de piek van de overstroming. Na enige tijd is een deel van het water weggestroomd, dan heeft minder dan 0,1% van de objecten geen mogelijkheid om te schuilen.



Figuur 1: Vitale objecten voor het binnendijkse gebied op Ameland die worden blootgesteld aan 1) boven: de maximale waterstand tijdens de overstroming en 2) onder: de bovengrens van het getijde in de periode na de overstroming totdat de waterkeringen zijn hersteld.

Het aantal (vitale) objecten dat wordt blootgesteld tijdens de overstroming neemt niet sterk toe door klimaatverandering, de maximale diepte wel door de stijgende zeespiegel. Het verschil in het aantal getroffen objecten tussen een situatie vergelijkbaar 'bij de norm' en 'een 10x extremere situatie' is groter dan het verschil tussen het aantal objecten tussen een '10x' of '100x extremere situatie'. Na een overstroming zal een deel van het water weer terug de zee instromen. Door getijdewerking kunnen nog wel objecten onder water staan. Dit aantal neemt wel toe door klimaatverandering. Deze gebieden kunnen pas watervrij worden gemaakt als de bressen in de waterkering zijn gedicht en het water wordt weggepompt. Dit kan weken tot maanden duren en is afhankelijk van de capaciteit en beschikbaarheid van (nood)pompen. In Tabel 1 is een overzicht opgenomen van het aantal objecten per ambitieniveau dat wordt blootgesteld tijdens de piekwaterstand en later op basis van het maximale getijde.

	Huidig	2050	2100
Schuilen & overleven	✓ Schuilplaatsen ⚠ Niet-zelfredzamen (2) ⚠ Aansluiting elektriciteit ⚠ Hulpdiensten (2)	✓ Schuilplaatsen ✓ ⚠ Niet-zelfredzamen (2) ⚠ Aansluiting elektriciteit ⚠ Hulpdiensten (6)	✓ Schuilplaatsen ✓ ⚠ Niet-zelfredzamen (2) ⚠ Aansluiting elektriciteit ⚠ Hulpdiensten (6)
Vitaal beschermen en bereikbaarheid	⚠ Vitaal beschermen (47) ✓ Vitaal herstel (0) ✓ Bereikbaarheid ✓	⚠ Vitaal beschermen (57) ⚠ Vitaal herstel (1) ✓ Bereikbaarheid	⚠ Vitaal beschermen (59) ⚠ Vitaal herstel (6) ⚠ Bereikbaarheid
Vitaal beschermen++	⚠ Vitaal beschermen ++ (78) ✓ Vitaal herstel ++ (0)	⚠ Vitaal beschermen ++ (85) ⚠ Vitaal herstel ++ (1)	⚠ Vitaal beschermen ++ (85) ⚠ Vitaal herstel ++ (16)

Tabel 1 Een samenvatting van de consequenties per ambitieniveau voor verschillende zichtjaren. De blootstelling tijdens de piek is gebaseerd op de maximale waterstand horende bij een belasting 100x extremer dan de norm van de waterkering, de blootstelling op basis van het maximale getijde geeft aan welke objecten voor langere duur worden blootgesteld met meer dan 20cm.

Indien gekozen wordt voor ambitieniveau 1 dan betekent dat op de korte termijn:

- 1) Een nadere analyse nodig is van het energie aansluitingspunt (in overleg met de beheerder). Het object overstroomt met meerdere meters na een dijkdoorbraak, ook in de periode na de doorbraak voordat de waterkering is hersteld zal het object overstroomd blijven (dit is ook al in de huidige situatie). De vraag is of de elektriciteitslevering kan worden gecontinueerd of snel kan worden hersteld of op termijn verplaatst moet worden.
- 2) Specifieke planvorming (in overleg met de bedrijven en hulpdiensten) nodig is voor het veiligstellen van hulpverleningsmateriaal zodat het beschikbaar is als de storm gaat liggen en het herstel lokaal kan worden opgestart.
- 3) Inwoners en toeristen bekend zijn met mogelijke plekken om te schuilen (middels voorlichting gericht op waterbewustzijn door de gemeente in samenwerking met aanbieders recreatie voorzieningen), en dat inwoners van zorginstellingen (in samenwerking met de veiligheidsregio) worden geëvacueerd naar plaatsen op de eilanden waar ze beschermd zijn. Voor de langere termijn gaat het erom dat bij nieuwbouw en vervangingsopgave ervoor wordt gezorgd dat uitval niet mogelijk is.

Voor ambitieniveau 2 ligt de lat hoger, aanvullend op de eerdere ambities.

- 4) Door de gemeente kunnen de eisen worden gedefinieerd en verankerd in ruimtelijke planvorming voor de sectoren waterketen, energie, ICT & Telecom en veiligheid. Bij nieuwbouw en vervangingsopgave kan ervoor worden gezorgd dat uitval kan worden voorkomen (of snel hersteld) bij de maatgevende blootstelling. De gemeente kan dit doen door specifieke bouwvoorschriften over aanleghoogtes en locaties. Voor de uitvoering zijn de beheerders dan zelf verantwoordelijk.
- 5) Op de korte termijn kan – indien nodig - gedacht worden aan specifieke bedrijfsnoodplannen (of inzet van noodkeringen) door de beheerders in overleg met de gemeente en veiligheidsregio als hiermee een deel van de schade kan worden voorkomen en het herstel kan worden bespoedigd. Het aantal objecten dat in de eindsituatie nog is overstroomd is beperkt, 5 in de sector energie en 1 in de sector waterketen.
- 6) Daarnaast is er aandacht nodig voor de verbindingswegen tussen de kernen op de eilanden die tijdens extreme events in 2100 deels met meer dan 20cm overstroomden.

Voor ambitieniveau 3 ligt de lat hoger en worden bovenstaande eisen aangevuld met:

- 7) Eisen voor de sectoren land- & tuinbouw en visserij, gezondheid en infrastructuur. Voor de sector land- & tuinbouw en visserij liggen ook objecten (16 stuks) in gebied dat langdurig onder water kan staan.

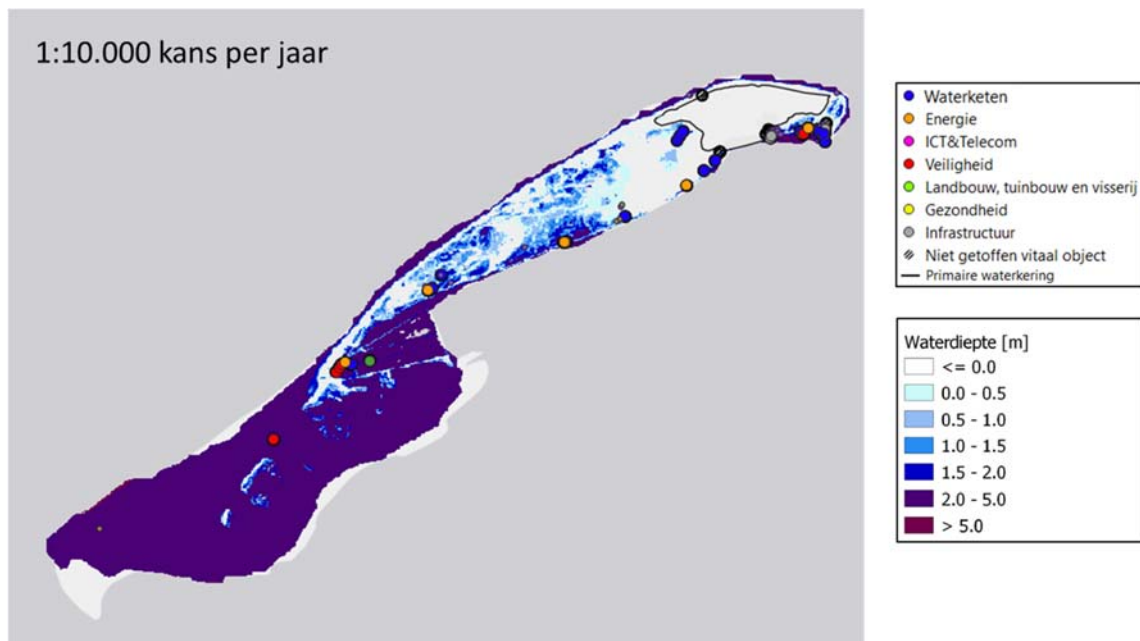
Bevindingen pilot buitendijkse gebied Vlieland

Alles wat niet beschermd wordt door primaire waterkeringen wordt als buitendijks gebied beschouwd. Een stijgende zeespiegel leidt tot een areaal dat (vaker) kan overstroomden en met een toenemende waterdiepte, en in geval van een storm tot meer afslag. De objecten die in het buitendijks gebied liggen worden nu soms ook beschermd door duinen, voorlanden en (lokaal beheerde) waterkeringen. De vraag is wat de ontwerpregels zijn voor deze buitendijkse objecten. Als de parallel wordt getrokken met de situaties op Ameland zoals beschouwd in deze studie gaat het om de continuïteit van voorzieningen (als het electra aansluitingspunt) tot situaties met een terugkeertijd van 100.000 jaar.

Om het beschermingsniveau voor deze objecten afdoende te houden kan het noodzakelijk zijn om deze objecten te versterken, lokaal te beschermen, of om de keringen en duinen in het buitendijkse gebied te versterken. Dit omdat deze bescherming geen normering kent en dus niet

























'automatisch' versterkt wordt. Opgemerkt wordt dat zeespiegelstijging ook invloed heeft op de afslagzone door golven en de aanzanding. Hierdoor kunnen functies ook bedreigd worden.

Voor het buitendijks gebied zijn er voor de huidige situatie scenario's beschikbaar met terugkeertijden van 10, 100, 1000 en 10.000 jaar. In Figuur 2 is de waterdiepte voor het buitendijkse gebied op Vlieland opgenomen voor de meest extreme en beschikbare situatie. In deze figuur zijn ook de vitale objecten die worden blootgesteld opgenomen. In Tabel 2 is een overzicht opgenomen van het aantal objecten dat kan overstromen gegeven een hoogwatersituatie voor de huidige situatie. Het aantal (vitale) objecten dat wordt blootgesteld tijdens de overstroming is sterk afhankelijk van de terugkeertijd van de gebeurtenis. In 2100 neemt de kans van voorkomen van deze scenario's toe, een gebeurtenis met een terugkeertijd van 10.000 jaar in de huidige situatie heeft in 2100 een terugkeertijd in de orde grootte van 1.000 jaar gegeven de zeespiegelstijging bij klimaatscenario RP8.5.



Figuur 2: Objecten voor het buitendijkse gebied op Vlieland die worden blootgesteld aan een overstroming gegeven de maximale waterstand bij een 1/10.000 pj gebeurtenis in de huidige situatie op basis van LIWO informatie.

De beschikbaarheid van schuilplaatsen buitendijks is voldoende, bij een gebeurtenis met een terugkeertijd van 10.000 jaar heeft 11% van de gebouwen geen droge schuilplaats. Indien er geen doorbraak is binnendijks kunnen mensen ook binnen de dijkkring schuilen. Na een overstroming zal het water buitendijks weer afstromen naar zee.

	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000
Schuilen & overleven	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen  Aansluiting elektriciteit	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen  Aansluiting elektriciteit	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen  Aansluiting elektriciteit	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen  Aansluiting elektriciteit
Vitaal beschermen en bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (24)  Bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (31)  Bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (47)  Bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (49)  Bereikbaarheid
Vitaal beschermen ++	 Vitaal beschermen ++ (30)	 Vitaal beschermen ++ (42)	 Vitaal beschermen ++ (58)	 Vitaal beschermen ++ (60)

Tabel 2 Een samenvatting van de consequenties gegeven de ambitieniveaus bij de verschillende dreigingsscenario's voor buitendijkse gebieden. Hierbij is gekeken of wordt voldaan aan de eis en/of voor hoeveel objecten beleid/plannen gemaakt moeten worden. De scenario's gelden voor de huidige situatie en zijn afkomstig van LIWO. Gegeven het gehanteerde klimaatscenario komt het meest extreme scenario in 2100 ongeveer 10x vaker voor dan nu.

In deze studie is geconstateerd dat de scenario's voor buitendijkse gebieden moeten worden verbeterd. Het gaat hierbij om:

- 1) Nagaan of de werkelijke sterkte van de aanwezige waterkeringen en duinen goed meegenomen is in de buitendijkse overstromingsscenario's. In de pilot is geconstateerd dat de kaarten nu niet altijd kloppen omdat bijvoorbeeld het bedrijventerrein achter de Haven volgens de kaarten al eens in de 10 jaar zou overstroomd.
- 2) De begrenzing van de scenario's goed is gekozen door de ligging van primaire waterkeringen. Voor Vlieland is geconstateerd dat de primaire waterkering niet goed op de kaart is ingetekend, en dat hierdoor het gebied dat overstroomt wordt onderschat.
- 3) Het ontwikkelen van extra scenario's voor buitendijkse gebieden, zowel extreme situaties voor de huidige situatie als de situatie in 2050 en 2100.

Voor de keuze over ambitieniveaus leveren bovenstaande punten geen beperking op omdat niet verwacht wordt dat het aantal objecten dat getroffen wordt toeneemt. Wel zal in de praktijk de ontwerphoogte stijgen maar dat is pas relevant bij de realisatie.

Indien gekozen wordt voor ambitieniveau 1 dan betekent dat

- 4) Dat er naast algemene aandacht voor evacuatie en het veiligstellen van hulpverleningsmateriaal op de korte termijn een nadere analyse nodig is van het energie aansluitingspunt. Het aansluitingspunt van de elektriciteit en gas voor Vlieland ligt buitendijks. Uitgaande van de beschikbare overstromingsscenario's uit LIWO overstroomt het met 0,5m eens in de 10 jaar, tot 2m eens in de 10.000 jaar (eens in de 1/100.000 per jaar zou kunnen leiden tot orde 40-50 cm groter waterdiepte). In het scenario uit LIWO is waarschijnlijk rekening gehouden met aanwezige duinen. Sinds 1956 is deze locatie niet overstroomd. Het verdient dan ook aanbeveling na te gaan wat de kerende functie is. Echte ongeacht de kerende functie adviseren we na te gaan of de elektriciteitsvoorziening ook daadwerkelijk uitvalt bij deze blootstelling en wat de kritische waterdiepte is voor uitval. Vervolgens kan gekeken worden hoe uitval kan worden voorkomen, of dat lokale beschermingsmaatregelen zinvol zijn en wie hiervoor verantwoordelijk is.

Voor ambitieniveau 2 gaat het om:

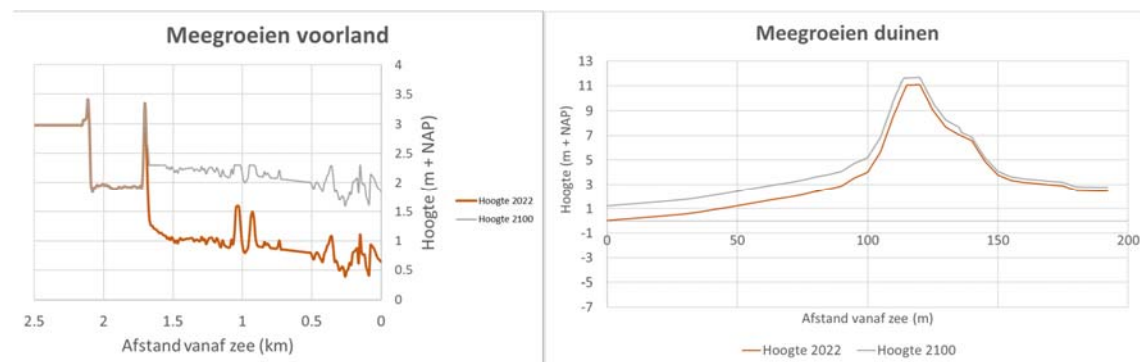
- 5) de sectoren waterketen, energie, ICT&Telecom en veiligheid. Diverse objecten kunnen in geval van extreme situaties overstromen.

Voor ambitieniveau 3 ligt de lat nog hoger, dan gaat het om:

- 6) de sectoren land- & tuinbouw en visserij, gezondheid en infrastructuur verdere maatregelen genomen. Het aantal extra objecten is echter beperkt ten opzichte van ambitieniveau 2.

Benutten van natuurlijke processen

Het uitgangspunt is dat primaire waterkeringen worden versterkt indien nodig en dat suppleties ook worden uitgevoerd. Als gevolg van zeespiegelstijging zullen duinen en voorlanden en delen van het buitendijks gebied ook in enige mate meegroeien (zie Figuur 3 voor een illustratie).



Figuur 3 Hoe de bodemhoogte verandert bij meegroeien van voorlanden en duinen (illustratief)

Dit meegroeien kan worden versterkt door natuurlijke processen te stimuleren en deze ontwikkelingen ruimte te bieden. Deze ontwikkelingen kunnen echter wel impact hebben op het ruimtegebruik in deze gebieden wat een nadeel kan zijn. Denk aan het frequent verplaatsen van strandtenten en aanbrengen van extra kerven. Hoe ambitieuzer men hierin is, des te meer impact het heeft op de gebruiksfuncties. Het voordeel van deze processen is dat de natuur een impuls krijgt, en voor buitendijks gebied en de duinen het aansluit bij de identiteit van de Waddeneilanden. Een ander voordeel is dat dijkversterkingsprojecten van lokale waterkeringen en onderhoud van duinen met zwaar materiaal minder nodig zijn.

Het is een keuze of het meegroeien van duinen en voorlanden verder gestimuleerd moet worden:

- 7) Als de huidige snelheid van meegroeien volstaat dan hoeven geen keuzes te worden gemaakt. Als de Waddengemeentes het meegroeien extra wil stimuleren vraagt dat een ruimtebeslag, en zal dat verder uitgewerkt moeten worden in overleg met Rijkswaterstaat en de waterschappen.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Aanpak en begeleiding van de werkzaamheden	2
1.4	Uitgangspunten	2
1.5	Leeswijzer	2
2	Ambitieniveaus voor meerlaagsveiligheid	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Meerlaagsveiligheidsstrategie voor de Waddeneilanden	4
2.3	Ruimtelijk beleid gericht op gevolgverkleining	5
2.4	Ambitieniveaus ruimtelijk beleid voor objecten	6
2.5	Ambitieniveaus voor meegroeien waterkeringen door natuurlijke processen met impact op de ruimtevraag	10
2.6	Duidingskader voor de te kiezen ambitie	14
3	Pilot binnendijks	16
3.1	Dreigingen	16
3.2	Objecten	18
3.3	Uitwerking in ambitieniveaus vitale en kwetsbare objecten	19
3.4	Maatregelen	25
3.5	Consequenties strategieën	26
4	Pilot buitendijks	29
4.1	Dreigingen	29
4.2	Objecten	41
4.3	Uitwerking in ambitieniveaus vitale en kwetsbare objecten	42
4.4	Uitwerking in ambitieniveaus ruimtevraag benutten ruimtelijke processen	46
4.5	Maatregelen	50
4.6	Consequenties strategieën	51
5	Synthese en aanbevelingen	55
5.1	Synthese op basis van de pilots	55
5.2	Aanbevelingen voor vervolg	57
	Bijlagen	61
A	Meegroeien	63

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het Deltaprogramma 2021 is opgenomen dat een integrale waterveiligheidsstrategie wordt opgesteld voor ieder Waddeneiland voor hoogwater en overstromingen (kortweg waterveiligheid).

Deltaprogramma 2021

Voor ieder Waddeneiland wordt een integrale waterveiligheidsstrategie opgesteld. Hierbij wordt ook het lange termijn-kustbeheer betrokken. De integrale strategieën betreffen de waterveiligheid (primaire waterkeringen met zandsuppletie, dynamisch kustbeheer, kwelderontwikkeling, innovatieve dijkconcepten), een klimaat adaptieve en water robuuste ruimtelijke inrichting en crisisbeheersing. Ook is er aandacht voor 'slimme combinaties', de toename van de kans op een overstroming en de risico's voor infrastructuur in buitendijkse gebieden. Het streven is om voor 2025 de integrale strategie per eiland te hebben vastgesteld. Bij een versnelde zeespiegelstijging kunnen de risico's in de buitendijkse gebieden een knelpunt worden. Mogelijk zullen dan verdergaande maatregelen nodig zijn.

Het uiteindelijke doel zoals geformuleerd in het Deltaprogramma is om per Waddeneiland een integrale waterveiligheidsstrategie op te stellen. De aanleiding voor deze integrale waterveiligheidsstrategie volgt uit de normering van primaire waterkeringen waarbij is aangenomen dat niemand (zowel inwoners als toeristen) voorafgaand aan de overstroming het eiland kan verlaten². Deze integrale waterveiligheidsstrategie heeft tot doel om de leefbaarheid en het herstel na een overstroming te vergroten en te bespoedigen, deze strategie wordt opgesteld voor hoogwater en overstromingen op basis van de principes van meerlaagsveiligheid. Om deze strategie op te kunnen stellen is eerst een pilot uitgevoerd voor een binnendijks en buitendijks gebied.

1.2 Doelstelling

Dit rapport beschrijft de methode om deze integrale waterveiligheidsstrategie uit te werken en voor verschillende ambitieniveaus de consequenties op objectniveau in kaart te brengen. Hierbij is gekeken naar de situatie in het heden, 2050 en 2100 waarbij rekening is gehouden met klimaatverandering en zeespiegelstijging (1,21 m in 2100). Uitgegaan is van het continueren van het huidige preventiebeleid rondom primaire waterkeringen en kustlijnverzorging. Deze methode is in een pilot toegepast voor een buitendijks gebied (Vlieland) en een binnendijks gebied (Ameland). Op basis van voorliggende rapportage kan een keuze worden gemaakt voor het ambitieniveau dat nagestreefd wordt voor deze integrale waterveiligheidsstrategie, en om deze methode toe te passen voor alle Waddeneilanden. Daarnaast worden in deze rapportage mogelijkheden geschetst om (met name) het buitendijks gebied (duinen en voorlanden) mee te laten groeien met de voorspelde zeespiegelstijging, wat buitendijkse objecten minder kwetsbaar maakt voor overstromingen in de toekomst.

² In de modellering van de risico's is een evacuatiefractie van 0 aangenomen.

1.3 Aanpak en begeleiding van de werkzaamheden

De werkzaamheden zijn uitgevoerd in opdracht van de Veiligheidsregio Fryslân. De werkzaamheden zijn aangestuurd door een projectgroep bestaande uit de Veiligheidsregio, een vertegenwoordiger van de Waddeneilanden en een vertegenwoordiger van het Samenwerkingsverband De Waddeneilanden. Daarnaast is er een klankbordgroep bestaande uit vertegenwoordigers van de Waddeneilanden, Wetterskip Fryslân en HHNK, Rijkswaterstaat en de provincies Fryslân en Noord-Holland. Deze klankbordgroep is 4 maal bijeengewees inclusief een veldbezoek aan Vlieland en Ameland.

1.4 Uitgangspunten

Bij de uitvoering van de studie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er is uitgegaan van 1,21 m zeespiegelstijging in 2100³. Dit komt overeen met W+ uit de KNMI 2014 klimaatscenario's. In 2021 is het klimaatsignaal door het KNMI gepresenteerd als voorbode van nieuwe klimaatscenario's. De aangenomen zeespiegelstijging komt overeen met het SSP5-8.5 klimaatscenario⁴ wat een bovengrens aangeeft, maar waarin nog geen rekening is gehouden met mogelijke versnelling door smelten van de poolkap op Antarctica.
- Voor de terugkeertijden van extreme waterstanden op de Waddenzee en Noordzee is uitgegaan van Hydra-NL en Riskeer (voor de duinen).
- Er is gekeken naar 3 zichtjaren, de huidige situatie, 2050 en 2100. Voor de eisen voor nieuwe objecten is het zichtjaar 2100 gebruikt als referentiesituatie gezien de levensduur van nieuwbouw.
- Voor de overstromingsscenario's is uitgegaan van Landelijk Informatiesysteem Water en Overstromingen (LIWO). Deze database wordt door Rijkswaterstaat onderhouden en is gebaseerd op informatie over kansen en gevolgen van overstromingen aangeleverd door waterschappen en provincies.
- Voor de informatie over objecten is uitgegaan van de Kernregistratie Objecten (KRO) en beschikbaar gesteld door de veiligheidsregio. De maandelijks geactualiseerde kaartlaag is een verzameling van objecten uit diverse landelijke registraties in één kaartbeeld. De kaartlaag bevat gegevens van registraties zoals BAG, BRT, WOZ, Handelsregister, RRGs en LRKP.
- Er zijn verschillende ambitieniveaus bepaald op basis van de vitale sectoren die door het Deltaprogramma worden onderscheiden (zie <https://klimaatadaptatienederland.nl/thema-sector/>). Bij de uitwerking van deze ambitieniveaus is gekeken naar blootstelling bij situaties die 10 en 100x extremer zijn dan de norm zodat ook additionele veiligheid wordt geboden. De maatgevende waterstand op zee is orde 40-60 cm hoger als de kans van voorkomen 10x extremer is⁵.

1.5 Leeswijzer

De aanleiding voor de studie is beschreven in hoofdstuk 1. In hoofdstuk 1 is beschreven wat we onder de strategie van meerlaagsveiligheid voor de Waddeneilanden verstaan, en hoe vervolgens verschillende ambitieniveaus zijn geformuleerd. De toepassing voor een binnendijks gebied

³ Zie meer op: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/knmi-klimaatscenario-s>

⁴ Zie meer op: https://cdn.knmi.nl/knmi/asc/klimaatsignaal21/KNMI_Klimaatsignaal21.pdf

⁵ Decimeringshoogten TRM2006. Rijkswaterstaat. 2008.

(Ameland) is beschreven in hoofdstuk 3, de toepassing voor een buitendijks gebied (Vlieland) is beschreven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 bevat de synthese en de aanbeveling voor een vervolg.

Er is een apart Excel bestand met informatie over de objecten die zijn beschouwd, en wat maatgevende waterstanden zijn. Dit Excel bestand is apart beschikbaar bij de opdrachtgever.

2 Ambitieniveaus voor meerlaagsveiligheid

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de meerlaagsveiligheid benadering geschetst, en hoe deze kan worden ingevuld voor de waterveiligheidsstrategie van de Waddeneilanden. De focus ligt hierbij op de ruimtelijke ontwikkeling. De impact (en benodigde inspanning) van het ruimtelijk beleid is afhankelijk van de gestelde ambities. In dit hoofdstuk zijn de mogelijke ambitieniveaus geschetst die samen met de klankbordoep zijn uitgewerkt.

2.2 Meerlaagsveiligheidsstrategie voor de Waddeneilanden

Het Nederlandse overstromingsbeleid is gebaseerd op een risicobenadering. Er zijn verschillende typen maatregelen mogelijk om de kans op een overstroming of de gevolgen van een overstroming te verkleinen. Het geheel wordt ook wel aangeduid met de term meerlaagsveiligheid, waarbij drie lagen worden onderscheiden:

1. Preventie: Deze laag bestaat eruit dat de primaire waterkeringen op sterkte worden gebracht en gehouden zodat ze voldoen aan de eisen aan de Waterwet. Het onderhoud aan waterkeringen en de uitvoering van zandsuppleties worden door het waterschap en Rijkswaterstaat uitgevoerd.
2. Ruimtelijke inrichting: Dit betreft alle ruimtelijke ontwikkelingen, zowel binnen- als buitendijks. Door rekening te houden met het overstromingsrisico kan de kwetsbaarheid van de Waddeneilanden worden verkleind. De ruimtelijke ordening is vooral een taak die bij de gemeentes ligt. Ook publieke en private partijen als object- of landeigenaar spelen hierbij een rol omdat die verantwoordelijk zijn voor hun eigen assets.
3. Crisisbeheersing: Dit betreft het zoveel mogelijk voorkomen van schade en slachtoffers in geval van een dreiging. De crisisbeheersing richt zich op het opvangen van de mensen (inwoners en toeristen) op de Waddeneilanden zelf (0% evacuatiefractie). Dit betreft met name de veiligheidsregio, waarin ook weer de lokale overheden betrokken zijn.

In 2017 zijn de nieuwe normen voor waterkeringen vastgesteld. Deze normen zijn gebaseerd op twee principes waarbij voor de Waddeneilanden verondersteld is dat niemand kan evacueren naar het vasteland voorafgaand aan de overstroming:

1. Iedereen moet kunnen rekenen op dezelfde minimale bescherming: het basisbeschermingsniveau, uitgedrukt in Lokaal Individueel Risico (LIR).
2. Waar de gevolgen van een overstroming zeer groot zijn, is een kleinere overstromingskans passend, op basis van het groepsrisico en een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA)

Deze normen staan in deze uitwerking van de meerlaagsveiligheid niet ter discussie. Waterkeringen worden versterkt indien nodig zodat deze aan de eisen blijven voldoen. Hetzelfde geldt voor de kustlijnverzorging. Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de kustlijnverzorging en het onderhouden van de kustlijn. Als gevolg hiervan kan het nodig zijn om suppleties uit te voeren. Het buitendijks gebied wordt niet beschermd door primaire waterkeringen. Wel zijn er soms waterkeringen aangelegd waarbij onduidelijk is wie verantwoordelijk is voor deze versterkingen. Hier nemen de risico's toe in

het buitendijks gebied door zeespiegelstijging. Zeespiegelstijging heeft ook effect op de voorlanden vanwege sedimentatie.

Het ruimtelijk beleid (nieuwbouw, herstructurering) heeft tot doel om de impact van een overstroming te verkleinen, en de zelfredzaamheid te vergroten. Omdat er vanuit wordt gegaan dat niemand de eilanden voorafgaand of direct na een overstroming kan verlaten staat de leefbaarheid centraal. Het gaat hierbij niet om het te allen tijde continueren van het leven zoals we dat nu kennen. Het gaat er wel om dat mensen op het eiland tijdens en direct na een overstroming voor zichzelf kunnen zorgen en kunnen overleven. Na verloop van tijd is het natuurlijk wel weer mogelijk om de eilanden te verlaten maar zal het water ook weer wat gezakt zijn als de stormopzet is gaan liggen. Het gaat er ook om, dat het herstel naar een normale situatie wordt bespoedigd. Het waterbewustzijn (en kennis van het handelingsperspectief) is van belang voor de crisisbeheersing. Het waterbewustzijn kan worden beïnvloed door campagnes en communicatie, het waterbewustzijn kan ook worden versterkt door in de ruimtelijke omgeving duidelijk de relatie met water aan te geven. Het waterbewustzijn is dan een inherent onderdeel van laag 2 en laag 3. De crisisbeheersing is erop gericht om de gevolgen of impact te verkleinen als het misgaat.

De lagen van meerlaagsveiligheid hebben een relatie. Als de preventie beter is komen overstromingen minder vaak voor en zou de noodzaak om maatregelen te nemen in laag 2 en wellicht 3 kleiner worden. De kans op een overstroming staat echter niet ter discussie al is dat wettelijk en theoretisch mogelijk. Ook laag 2 en laag 3 hebben onderlinge afhankelijkheid. Huidige kwetsbaarheden voor vitale en kwetsbare infrastructuur, en de bestaande ruimtelijke inrichting, zijn bepalend voor het handelingsperspectief en de leefbaarheid tijdens of in de herstelfase na een hoogwater of overstroming. Door het in de toekomst verkleinen van deze kwetsbaarheden door middel van ruimtelijk beleid neemt het handelingsperspectief toe en zal sneller de leefbaarheid weer zijn hersteld. Daarentegen zal het altijd zo zijn dat er een risico is omdat een kans van nul niet reëel is en er altijd gevolgen zijn.

2.3 Ruimtelijk beleid gericht op gevolgverkleining

De meerlaagsveiligheid strategie voor de Waddeneilanden richt zich op de ruimtelijke omgeving (laag 2), en indirect op crisisbeheersing (laag 3). Door de ruimtelijke omgeving minder kwetsbaar te maken neemt het beroep op de crisisbeheersing af, en neemt het herstelvermogen op de eilanden toe. De vraag is echter wat de ambities zijn met het ruimtelijke beleid, met andere woorden op hoeveel objecten en gebieden is dit van toepassing? In deze paragraaf zijn 4 mogelijke ambities beschreven ten aanzien van ruimtelijk beleid voor objecten. Vervolgens is ook ingegaan op de ruimtelijk impact van (en voor) natuurlijke processen. Omdat de buitendijkse gebieden onderdeel zijn van de identiteit van de Waddeneilanden is naast de bescherming van vitale objecten en andere gebouwen ook van belang zicht te hebben op hoe deze buitendijkse gebieden zich ontwikkelen en wat de impact is op de bescherming van de vitale objecten.

2.4 Ambitieniveaus ruimtelijk beleid voor objecten

2.4.1 Inleiding

Binnen het Deltaprogramma Ruimtelijke adaptatie zijn de vitale en kwetsbare functies gedefinieerd⁶, het gaat hierbij om de volgende functies:

- Energie: elektriciteit, aardgas, olie
- Telecom/ICT: basisvoorzieningen voor communicatie t.b.v. respons bij een overstroming, publiek netwerk
- Waterketen: drinkwater; afvalwater
- Gezondheid
- Keren en beheren oppervlaktewater: gemalen
- Transport: hoofdinfrastructuur
- Chemisch en Nucleair: chemie; nucleair; Infectueuze stoffen/ Genetisch gemodificeerde organismen.

Deze functies zijn niet concreet ingevuld met een lijst van objecten die hieronder vallen. Bijvoorbeeld voor elektriciteit kan het voor de Waddeneilanden gaan om de stations voor aansluiting op het landelijke net, maar ook om de aansluiting van individuele woningen op het net. Functies als wonen, werken, recreatie en natuur zijn ook niet benoemd, maar hier zouden vanuit ruimtelijke adaptatie wel eisen aan gesteld kunnen worden. Deze vallen echter buiten de scope omdat deze ambitie niet realistisch wordt geacht.

In deze studie is uitgegaan van de kernregistratie objecten (KRO) zoals deze beschikbaar is bij de veiligheidsregio's. Deze dataset is een verzameling van objecten uit diverse landelijke registraties zoals BAG, BRT, WOZ, Handelsregister, RRGs en LRKP. Dit bestand aan objecten is tijdens de pilots nog aangevuld met objecten op basis van een beheerdersoordeel. Hiermee is er een complete dataset die de basis is voor de uitwerking van het ruimtelijk beleid. Deze dataset is vervolgens gekoppeld aan de ruimtelijke ambities.

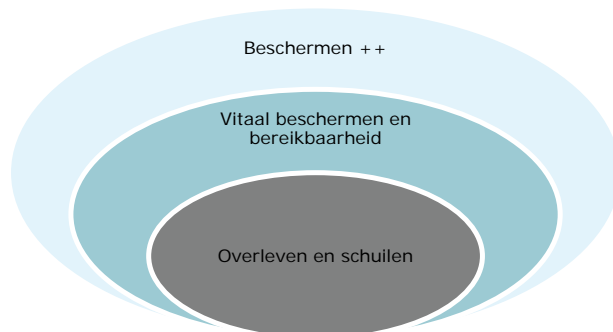
2.4.2 Verschillende ambitieniveaus

Er is onderscheid gemaakt in 4 niveaus van de ruimtelijke ambities waarbij de leefbaarheid op de Waddeneilanden centraal staat. We gaan er hierbij vanuit dat bewoners en toeristen voorafgaand, tijdens en direct na een overstroming de Waddeneilanden niet kunnen verlaten en op de eilanden moeten overleven. Na verloop van tijd kunnen mogelijk wel mensen het eiland verlaten indien men dat wil. Belangrijk is om hierbij te beseffen dat de voorbereidingstijd bij een dijkdoorbraak wellicht kort kan zijn, maar dat deze nooit geheel onverwacht zal zijn. Bij een dijkdoorbraak zal altijd sprake zijn van een zeer zware storm waarbij op de eilanden zelf de impact al voelbaar zal zijn (bv door tijdelijk stopzetten van de veerverbinding). Hierdoor is het ook mogelijk op de eilanden al voorbereidingsmaatregelen te nemen.

De ambities richten zich alle op nieuwbouw en grootschalige renovatie van de (vitale en kwetsbare) objecten die vallen onder de scope van het ambitieniveau. Het is dus niet het doel om bestaande bouw aan te passen, maar pas ingrepen te plegen als er vanuit andere doelstellingen ingrepen worden gepleegd. In sommige gevallen kan het noodzakelijk om al eerder maatregelen te nemen als de risico's sterk toenemen of als risico's nu al ontoelaatbaar worden geacht. De drie niveaus

⁶ <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/vitale-kwetsbare-functies/>

van ambities die we in deze studie uitwerken zijn opgenomen in Figuur 4 en Tabel 3, bij ambitie 1 is de benodigde inspanning het kleinst, bij ambitie 3 het grootst.



Figuur 4 Conceptueel overzicht van hoe verschillende ambitieniveaus aanvullend zijn op elkaar.

	Blootstelling tijdens storm en de eerste twee weken	Herstel in de periode hierna
Ambitie 1: Schuilen en overleven	Enkel gericht op schuilen en overleven tijdens de overstroming en voornamelijk in de eerste weken hierna.	Tijdelijk zelfredzaam, grote afhankelijkheid van het vasteland
Ambitie 2: Schuilen, overleven en basis voor herstel vitale infrastructuur	Schuilen, overleven, vitaal beschermen	Tijdelijk zelfredzaam, deels afhankelijk van het vasteland. Herstel kan lokaal al beginnen omdat de belangrijkste vitale functies zijn beschermd
Ambitie 3: Schuilen, overleven en basis voor herstel vitale infrastructuur ++	Schuilen, overleven, vitaal beschermen++	Tijdelijk zelfredzaam, gerichte afhankelijkheid vasteland. Herstel alle objecten kan lokaal al beginnen.
Ambitie 4: Voorkomen impact aan alle bebouwing	Schuilen, overleven, alle vitale en kwetsbare objecten en woningen plus bedrijven beschermen zodat het leven kan doorgaan.	Geen impact

Tabel 3: Ambities voor ruimtelijk beleid voor objecten

Voor de impact van de overstroming maken we onderscheid in de volgende situaties:

1. De maximale waterdiepte die kan optreden bij een overstroming. Hierbij is rekening gehouden met doorbraken bij belastingen waarop de waterkeringen zijn ontworpen (voor Vlieland is de norm voor waterkeringen 1/300 pj en voor Ameland 1/1.000 pj), en met belastingen die orde 1/10.000pj tot 1/100.000 per jaar voor kunnen komen. Er bestaan geen kaders voor wat onder klimaatrobust wordt verstaan. Uiteindelijk is in deze studie er voor gekozen om de situatie die 100x extremer is te gebruiken als ontwerp uitgangspunt voor laag 2. Dat betekent dat bij deze situaties en optredende waterstanden de functies beschikbaar moeten zijn en blijven. Hiervoor is gekozen omdat de eisen in laag 2 sowieso aanvullend moeten zijn op de overstromingen die kunnen optreden bij de toegestane kans op falen. Gekozen is voor het ambitieniveau van 100 maal extremer zodat de inrichting robuust is en de afhankelijkheid van het vasteland kleiner is.

- Voor objecten die buitendijks zijn gelegen, en waarbij de functie ook van belang is voor binnendijks gebied, wordt gekeken naar een blootstelling bij dezelfde terugkeertijd, immers de continuïteit van deze functies betreffen zowel het binnendijkse als buitendijkse gebied.
2. De waterdiepte na de overstroming in geval van de vloedperiode bij regulier getijde. Hierbij is er water over maaiveld weer terug naar zee gestroomd, maar door eb en vloed is er wel enige fluctuatie van de waterstand in het gebied. Overstromingen kunnen optreden totdat de waterkeringen zijn hersteld het water is weggepompt of weggestroomd.

De bovenstaande 2 punten richten zich op blootstelling, ook de kans van voorkomen speelt een rol. Voor door primaire waterkeringen beschermde binnendijkse gebieden zal de waterkering worden versterkt indien nodig. Voor buitendijkse gebieden is er geen garantie dat het huidige beschermingsniveau in stand wordt gehouden. Soms liggen er keringen, duinen of hoge lijnelementen, waarvoor het onderhoud niet is geborgd. Voor deze objecten veronderstellen we dat de continuïteit van de functie is geborgd voor de situaties die vergelijkbaar zijn met binnendijks. Door te kijken naar de lokale blootstelling bij gelijke terugkeertijden als binnendijks kunnen als dezelfde eisen worden gedefinieerd. Wanneer we voor de objecten buitendijks dezelfde veiligheid willen als binnendijks betekent dat dat de eisen die aan deze (vitale) infrastructuur worden gesteld overeenkomen met een terugkeertijd van uitval van deze functie van orde 1/100.000 per jaar. Het kan een bestuurlijke keuze zijn om een lager beschermingsniveau te kiezen. Een lager beschermingsniveau, bijvoorbeeld een eis van orde 1/10.000 per jaar zal leiden tot een kleinere opgave om deze objecten te beschermen, maar ook dus tot het accepteren dat er in extreme gevallen uitval zal optreden.

2.4.3 Ambitie 1: Schuilen en overleven.

Van belang is dat er voldoende droge en veilige plekken (verdiepingen) op de eilanden zijn zodat de bewoners kunnen schuilen en overleven. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in:

- Bewoners. Bewoners kunnen evacueren naar een droge locatie buiten het overstromd gebied, of een droge verdieping binnen bestaande bouw. Als vuistregel hanteren we dat 1 gezin in een woning 2 andere gezinnen zou moeten kunnen opvangen (tijdelijk). Dat betekent dat 1/3 deel van de woningen dan een droge verdieping zou moeten hebben. Als niet kan worden voldaan aan de eis van 1/3 deel van de woningen in een kern dan kan een publieke shelter een alternatief zijn, hierbij moet dan minimaal 4 m² per persoon aanwezig zijn (zie PVE eisen aan een shelter⁷).
- Niet zelfredzame mensen die zelfstandig wonen. Gezien de cultuur op de Waddeneilanden wordt verondersteld dat deze mensen worden opgevangen in het sociaal netwerk van de (zelfredzame) bewoners en worden dus ook onder de zelfredzame beschouwd (evenals kinderen).
- Niet zelfredzame mensen die in een instelling wonen. Voor deze instelling wordt verondersteld dat hiervoor een evacuatieplan naar een andere plaats op het eiland beschikbaar is. Bij de uitwerking van evacuatie wordt deze groep apart beschouwd.
- Toeristen. De vraag is hoeveel toeristen op de eilanden aanwezig zijn, ook deze toeristen zullen ergens een schuilplaats nodig hebben (bv in recreatiewoningen of objecten met een recreatiefunctie). We zijn uitgegaan van de maximale bezetting. Echter we weten ook dat een overstroming in de storm periode zal plaatsvinden en niet in de zomer of het voorjaar.

⁷ <https://www.deltaprogramma.nl/binaries/deltacommissaris/documenten/publicaties/2019/09/01/programma-van-eisen-schuillocaties-bij-ernstige-wateroverlast-en-overstromingen/eindrapport+PVE+Schuillocaties+inc+Programma+van+eisen.pdf>

Dat betekent dat toeristen voornamelijk verblijven in gebouwen. Er is geen rekening gehouden met mensen die op basis van lange termijn verwachtingen het eiland alsnog verlaten of een bezoek annuleren.

Om de overlevingskansen verder te vergroten is als onderdeel van deze ambitie ook voorzien dat:

1. Objecten met levensmiddelen in kaart zijn gebracht, en er een plan is om de levensmiddelen naar een plek te brengen zodat deze beschikbaar zijn in de 2 weken na de overstromingen.
2. Hulpverleningsmiddelen (politie, brandweer, ambulances/GHOR, reddingsbrigade/KNRM en loonbedrijven etc.) voorafgaand aan de overstroming op een droge en beschermde plaats worden gestald middels een voorbereid plan.
3. Er beschermingsmaatregelen worden genomen om de continuïteit van de aansluitpunten van de energievoorzieningen te waarborgen of snel te herstellen.

Er zijn geen voorzieningen voor aanlegplaatsen met boten of helikopters. De veronderstelling is dat dit ad hoc wordt geregeld. Verder wordt geaccepteerd dat de vitale functies uitvallen.

2.4.4 Ambitie 2: Schuilen, overleven en basis voor herstel vitale infrastructuur

De ambitie is hierbij hoger dan in de vorige variant, het doel is dat alle vitale infrastructuur beschermd blijft zodat het eiland sneller kan herstellen. Het gaat hierbij niet om de continuïteit die moet worden behouden maar om een snellere opstart waarbij men minder afhankelijk is van het vasteland. Het gaat om:

- Continueren van functioneren hoofdinfrastructuur nutsvoorzieningen (drinkwater, afvalwater, gas, elektra en ICT). Het lokale netwerk kan wel uitvallen, maar bij het herstel kan men echter wel direct gebruik maken van de hoofdinfrastructuur.
- Aanlegplaatsen voor schepen zijn beschikbaar voor hulp van het vasteland inclusief ontsluiting via doorgaande wegen over het eiland. Voor helikopters worden geen voorzieningen gemaakt, deze kunnen in de praktijk al op meerdere plaatsen landen.
- Materiaal en materieel voor herstelwerkzaamheden en noodvoorzieningen worden veiliggesteld voor de overstroming (aannemers, gemeentewerf etc.). Indien nodig wordt een evacuatieplan opgesteld, voor buitendijkse gebieden bestaan deze soms al.

2.4.5 Ambitie 3: Schuilen, overleven en basis voor herstel vitale infrastructuur

++

Deze ambitie is weer ambitieuzer dan ambitie 2 door ook te kijken naar alle objecten binnen de genoemde sectoren behalve de objecten die horen bij recreatie, toerisme, woningen en andere bedrijven. Alle functies moeten dan gecontinueerd worden, voordat mensen terugkeren naar de woning (als deze watervrij is) zal de afvalwaterketen en elektriciteit weer moeten werken. Scholen en zorg moeten kunnen doorgaan, winkels etc.

2.4.6 Ambitie 4: Voorkomen impact aan alle bebouwing

Ambitie 4 is als niet realistisch beschouwd en daarom ook niet verder uitgewerkt. Dit ambitieniveau zou betekenen dat alle woningen en bedrijven, inclusief de kernen van de eilanden, een totaal ander karakter krijgen. Deze ambitie is niet realistisch gezien de opgave die het met zich meebrengt, dat de oplossing ook niet past op de identiteit van de Waddeneilanden en dat de waterkeringen al de basisveiligheid verzorgen.

Eventuele nieuwbouw zal ook geen effect hebben op de leefbaarheid en het herstel omdat deze nieuwbouw naar verwachting zeer beperkt is ten opzichte van de bestaande kernen. Aandachtspunt is voldoende schuilplaatsen, al lijken deze er ook al afdoende te zijn en is meer de vraag of men die weet te vinden. Binnen het kader van water en bodem sturend wordt wel een richtinggevend kader uitgewerkt en een maatlat⁸.

2.4.7 Maatregelen

Om de objecten te beschermen (en de continuïteit van de functie te borgen) tegen overstromingen zijn maatregelen noodzakelijk. In principe is het uitgangspunt dat deze maatregelen worden genomen in geval van groot onderhoud of nieuwbouw. Bij bestaande bouw wordt het risico in eerste instantie geaccepteerd, tenzij alsnog besloten is dat het onacceptabel is. Voor buitendijkse gebieden kan dat bijvoorbeeld wenselijk zijn als de zeespiegelstijging te snel gaat.

Onderscheid kan worden gemaakt in:

- Locatiekeuze: Ontwikkelen (nieuwbouw) op een andere locatie die niet of minder wordt blootgesteld aan overstromingen.
- Ontwerpkeuzes: Zodanig ontwikkelen dat er geen schade en uitval optreedt bij een bepaalde maatgevende waterstand (nieuwbouw en onderhoud).
- Rampenplannen: Continuïteitsplannen (rampenplannen) voor behoud van de voorziening of dienst. Deze kunnen worden gemaakt om het risico op korte termijn te reduceren, en ook onderdeel zijn van de langere termijn.
- Lokale bescherming: Lokale (tijdelijke) beschermingsmaatregelen om te voorkomen dat het object overstroomt. Denk hierbij aan vloedschotten en mobiele keringen.
- Preventie: Het uitgangspunt is dat de preventie (primaire waterkeringen en suppleties) op orde zijn, en deze wordt onderhouden. Aanpassingen van waterkeringen door de faalkans te verkleinen. Indien de ruimtelijke opgave dermate groot is kan er ook voor worden gekozen om de waterkeringen te versterken. Vanuit risico optiek (kans x gevolg) kan dat een interessante investering zijn. Wel blijft het zo dat de gevolgen kunnen optreden, alleen minder vaak.

2.5 Ambitieniveaus voor meegroeien waterkeringen door natuurlijke processen met impact op de ruimtevraag

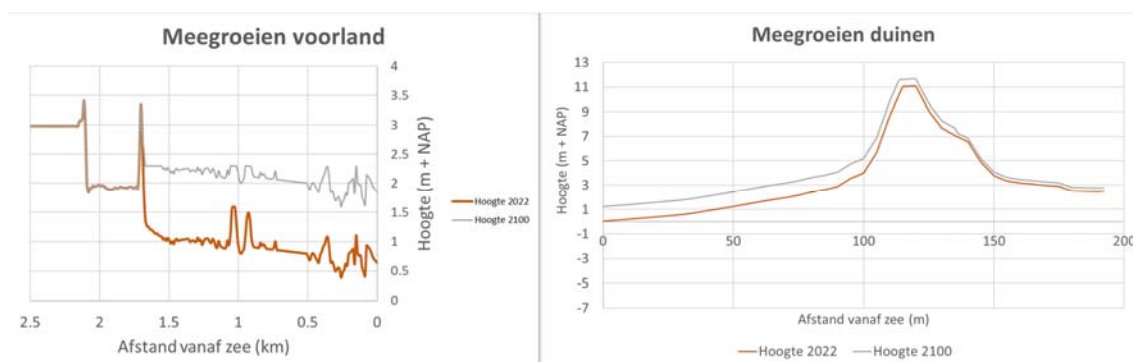
2.5.1 Inleiding

In paragraaf 2.4 lag de focus op de verschillende objecten en de eisen die hieraan gesteld kunnen worden. Hierbij is de veronderstelling dat voor primaire waterkeringen de faalkans 'wordt onderhouden' met versterkingsprogramma's en suppleties. Deze dijkversterkingen kunnen nodig zijn bij zowel harde als zachte waterkeringen. Voor de buitendijkse gebieden is het onderhoud van de bescherming door aanwezige keringen en duinen echter niet geborgd. In deze paragraaf is gekeken naar de kansen om middels natuurlijke processen duinen en voorlanden te versterken, als (gedeeltelijk) alternatief voor versterkingen van waterkeringen. De ruimtevraag voor dit meegroeien heeft vooral effect op de buitendijkse gebieden en de duinen en is daarom alleen voor Vlieland uitgewerkt.

⁸ zie kamerbrief van 25/11/2022

Dit 'natuurlijk' meegroeien met de zeespiegel kan op zowel voorlanden (buitendijkse kwelders) als in het duingebied plaatsvinden. Doordat voorlanden en duinen meegroeien wordt de bescherming van de objecten vergroot: de kans op het falen van de waterkering wordt verkleind en het effect bij een doorbraak wordt verkleind doordat minder water naar binnen kan stromen.

Voorlanden en duinen groeien 'vanzelf' mee met de zeespiegel. Voorlanden doen dit als ze bij hoogwater onderwater komen te staan. Het slib in het water bezinkt dan op het voorland waardoor het voorland ophoogt. De duinen groeien mee met de zeespiegel doordat wind over het strand waait en vanaf het strand het zand meeneemt de duinen in. Dit meegroeien kan echter in meer of mindere mate gestimuleerd worden. Sommige gebieden groeien makkelijker mee dan andere gebieden (zie Bijlage A). De mate waarin aanzanding/aanslibbing gestimuleerd moet worden om meegroeien te bewerkstelligen verschilt dan ook van plek tot plek.



Figuur 5 Hoe de bodemhoogte verandert bij meegroeien van voorlanden en duinen (onder aanname dat meegroeien gelijk is met de zeespiegelstijging). In de linkerfiguur is aangegeven wat het effect is als ze bodem in gelijke mate meestijgt met de zeespiegel wat een bovengrens is (illustratief).

Door middel van suppleties voor de Nederlandse kust zorgt Rijkswaterstaat voor voldoende zand om de kust veilig en op zijn plaats te houden (Kustlijnzorg). De waterschappen en Rijkswaterstaat zijn verantwoordelijk voor het beheer van de duinen die onderdeel zijn van de primaire keringen, voor de andere duinen is dat onderhoud niet geborgd. Openingen hoog in de duinenrij kunnen het proces van aanzanding en daarmee meegroeien van de duinenrij versnellen, deze openingen noemen we kerven. Kerven zorgen voor het doorstuiven van zand van het strand in de duinen zonder dat water naar binnen kan stromen. Obstakels zoals strandtenten verhinderen juist het meegroeien van de duinen. Voor het meegroeien van deze voorlanden is het belangrijk dat deze regelmatig onderwater staan. Dit betekent dat deze voorlanden dus niet (voltijds) bruikbaar zijn voor landbouw bijvoorbeeld. Echter, meegroeien is goed voor de ecologie en het draagt bij aan standzekerheid en het verkleinen van golfaanval. Kerven trekken vaak veel recreatie aan (zie 'de Kerf' bij Schoorl, Figuur 6).



Figuur 6 De Kerf bij Schoorl (foto: Ruud Wegman)

Het stimuleren van meegroeien kan extra ruimtebeslag vereisen. Het kan negatieve effecten hebben op andere functies zoals recreatie als door grote hoeveelheden zand fietspaden onderstuiven of strandpaviljoens vol liggen met zand. Voor natuurlijk meegroeien is ook tijd nodig. Zaak is daarom om op tijd in te zetten op meegroeien van een gebied indien gewenst en de situatie goed te monitoren.

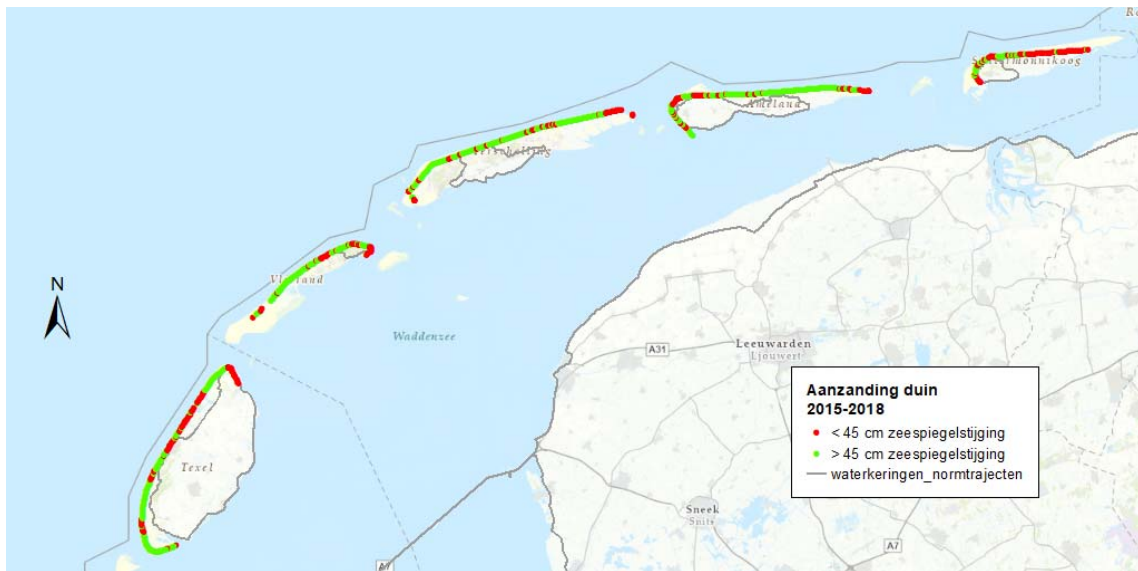
We hebben 3 ambitieniveaus onderscheiden voor het meegroeien, hoe hoger het ambitieniveau des te meer impact er is op het ruimtebeslag en het ruimtegebruik:

- Ambitieniveau 1: Meegroeien zoals het nu gaat (business-as-usual)
- Ambitieniveau 2: Stimuleren meegroeien duinen en voorlanden
- Ambitieniveau 3: Extra stimuleren meegroeien duinen en voorlanden

2.5.2 Ambitie 1: Meegroeien zoals het nu gaat

Een groot deel van de duinenkust van de Waddeneilanden groeit mee met de huidige zeespiegelstijging (Figuur 7), hiervoor worden ook veel suppleties aangebracht wat mogelijk moet worden geïntensiveerd als de zeespiegel sneller stijgt. Hierbij zou het ook kunnen dat het meegroeien minder snel gaat dan de zeespiegelstijging. Meegroeien van de duinen is de toename van het volume zand in de duinen (hoger dan 3 m+NAP) door het instuiven van zand waardoor de waterveiligheid van het duingebied bij zeespiegelstijging op orde blijft. Echter, de mate waarin het duin meegroeit verschilt per locatie afhankelijk van het aanbod van verstufbaar zand (breedte strand en korreldiameter zand), ligging t.o.v. dominante windrichting en aanwezigheid van obstakels die zandverplaatsing tegenhouden (strandtenten, wilgenschermen, helmgras etc). In het geval van voorlanden wordt het meegroeien bepaald door de frequentie van onderlopen, stroomsnelheid van het water bij onderlopen en de hoeveelheid en type sediment in de waterkolom.

In dit ambitieniveau wordt meegroeien zoals het nu gaat op voorlanden en duinen gehandhaafd. Dit betekent dat op sommige plekken dynamisering van de zandige kust met veel verstufing gestimuleerd wordt en op andere plekken het zand wordt vastgelegd door bijvoorbeeld helmgras. In deze laatste gebieden zal doormiddel van regulier onderhoud (aanbrengen van extra zand) de waterveiligheid op peil moeten worden gehouden in de toekomst. In het geval van voorlanden zullen de keringen achter de voorlanden mogelijk eerder of meer versterkt moeten worden om ook met zeespiegelstijging de waterveiligheid op peil te houden.



Figuur 7 Aanzanding van de duinen op de Waddeneilanden in de periode 2015-2018. Weergegeven is of het dwarsprofiel zoveel meegroeit dat het een zeespiegelstijging van 45 cm in 100 jaar op kan vangen (zoals eerder is onderzocht in Wegman et al., 2021⁹).

2.5.3 Ambitie 2: Stimuleren meegroeien duinen en voorlanden

In dit ambitieniveau wordt het meegroeien van de kust gestimuleerd. Dit doen we door op plekken waar ruimte voor meegroeien is dit te stimuleren. Dit zijn locaties waar meegroeien kan zonder andere functies negatief te beïnvloeden en in alle gevallen zonder dat de vereiste veiligheid in gevaar komt. Oftewel, locaties waar stuivend zand weinig invloed heeft (duinen) en/of waar land regelmatig onderwater gezet kan worden zonder dat dit het gebruik van het huidige gebruik van het land negatief beïnvloed (voorlanden). Binnen deze ambitie valt dat alleen de positie en de vorm van obstakels aangepast kan worden indien nodig. Zo kan een strandtent bijvoorbeeld indien nodig op palen worden gezet dan wel iedere 10 jaar een andere plek krijgen als dit het instuiven vanaf het strand bevordert maar mag de functie die een strandtent vervult niet verdwijnen. De exacte dimensionering hangt af van de gewenste meegroeiselnelheid.

Op de locaties waar niet voor meegroeien wordt gekozen zal nog steeds regulier onderhoud moeten plaatsvinden om de kust veilig te houden in de toekomst.

2.5.4 Ambitie 3: Extra stimuleren meegroeien duinen en voorlanden

Ambitieniveau 3 is ambitieuzer dan ambitieniveau 2 omdat in dit geval vrijwel overal meegroeien wordt gestimuleerd. Als men voor dit ambitieniveau kiest kan het zo zijn dat functies in het kustgebied zich moeten verplaatsen/aanpassen. Bijvoorbeeld als een hotel in de duinen de doorstuiving beperkt, wordt dit hotel verwijderd/verplaatst om doorstuiving te bevorderen. In het geval van meegroeien van de voorlanden wordt in dit ambitieniveau in principe gekozen om voorlanden die zich lenen voor meegroeien daarvoor in te zetten. Ook als deze voorlanden nu gebruikt worden voor bijvoorbeeld landbouw en dit niet of in mindere mate kan na inzet voor meegroeien.

⁹ Wegman, C., Ouwkerk, S. & Leenders, J.L. (2021) Duinen groeien mee met zeespiegel. Land+Water 4 p. 22-23

Ook kan meegroeien over een grotere breedte gestimuleerd worden door niet alleen het gebied t/m de kerven te laten meegroeien maar het gehele duingebied. Hiervoor is het nodig dat ook achter de eerste duinenrij doorstuiving bewerkstelligd wordt en functies die hierachter liggen ruimte maken voor doorstuiving.

In dit ambitieniveau is minder regulier onderhoud nodig omdat in de meegroeiende gebieden minder dijk- of duinversterking nodig is. Er wordt dus aan de wettelijke eisen voor veiligheid voldaan door het (actief) meegroeien van duinen en voorlanden waardoor de eventuele versterkingsopgaves kleiner in omvang zijn en minder vaak voorkomen.

2.5.5 Maatregelen

Het verder stimuleren van het meegroeien van de kust met zeespiegelstijging vraagt ruimtebeslag (maar biedt ook ruimtelijke kwaliteit voor natuur en recreatie). Dit meegroeien kan gestimuleerd worden door het aanleggen van kerven dan wel door de aangroei van kwelders en voorlanden te stimuleren. In principe is het uitgangspunt dat het meegroeien geen of zo min mogelijk negatieve impact mag hebben op andere functies en dat de huidige waterveiligheid hierbij niet in het geding mag komen (zie Bijlage A). Hiervoor is beheer en monitoring noodzakelijk.

Voor het meegroeien van de zandige kust is het belangrijk dat Rijkswaterstaat haar suppletieprogramma blijft uitvoeren en daarmee zorgt voor voldoende zand in het systeem om meegroeien te faciliteren. De aanleg van kerven en het beheer is een taak voor de gebiedsbeheerder. De gemeente zal m.b.t. het meegroeien van voorlanden een rol spelen bij de communicatie en eventuele aanpassing van het bestemmingsplan. Het waterschap en/of Rijkswaterstaat zal moeten beoordelen of de waterveiligheid in het geding komt. De landgebruikers zelf zijn verantwoordelijk voor de veiligheid, omdat het in dit onderzoek gaat om de vitale functies kan de gemeente hier dus ook eisen aan stellen via locatiekeuze en ontwerpeisen.

Onderscheid in kan worden gemaakt in:

- Kerven: Om het meegroeien van duinen te stimuleren is het nodig op deze locaties kerven aan te leggen en deze kerven actief te beheren (en de veiligheid te blijven borgen). Dit beheren houdt in dat de overvloedige vegetatie verwijderd wordt en eventuele embryoduinenvormen die voor de ingang van de kerf ontstaan verwijderd worden (zie Bijlage A).
- Voor het meegroeien van voorlanden is het nodig het overlopen van verhogingen in het landschap te stimuleren dan wel openingen te maken in deze verhogingen zodat het water bij hoogwater naar binnen kan stromen.

2.6 Duidingskader voor de te kiezen ambitie

De keuze voor een ambitieniveau is uiteindelijk een bestuurlijke afweging. Omdat het gaat om het ruimtelijk beleid ligt deze keuze dus bij alle betrokken overheden, hierbij kan de gemeente dit proces initiëren omdat de gemeente zowel baten als lasten hebben van de ruimtevrage als versterkingsopgave. De keuze heeft ook impact op de veiligheidsregio's, dat is omdat de hulpvraag minder zal zijn als de leefbaarheid groter is.

Bij de keuze over ambities zijn de volgende argumenten van belang:

- Wat zijn de kosten en baten. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in de kosten per stakeholder (als de gemeente, de burgers, instellingen) en de maatschappelijke kosten

(ongeacht wie ze draagt). In deze studie zijn de uitvoeringskosten niet geraamd, wel is kwalitatief benoemd wat de omvang van mogelijke maatregelen zijn op basis van het aantal objecten. Daarnaast is het uitgangspunt dat de kosten pas worden gemaakt als er een vervangingsopgave is of nieuwbouw. Hierdoor zijn de extra kosten zoveel mogelijk beperkt. Deze kosten volgen dan uit het ontwerp. Deze studie beidt de basis voor de ontwerpeisen. Kosten voor organisatorische plannen zijn beperkt omdat deze plannen reeds waren gepland (het handelingsperspectief van de Veiligheidsregio, en omdat de betrokken medewerkers al in dienst zijn). De vermeden schade kan gezien worden als de baten.

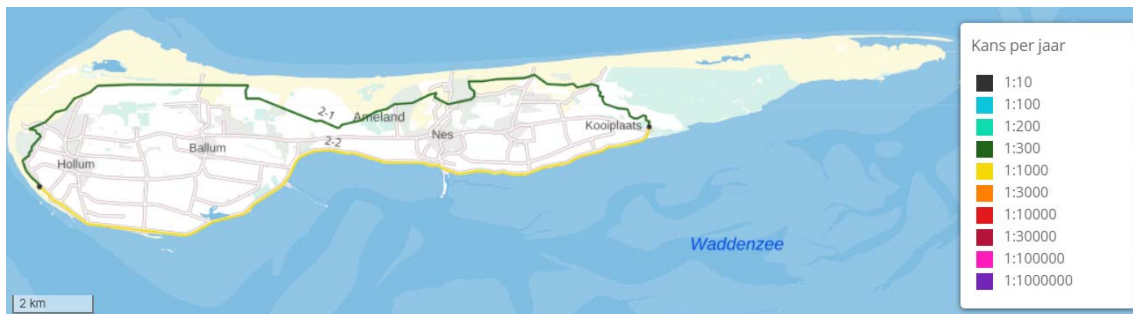
- De verantwoordelijkheden. Hoe worden de taken verdeeld en bij wie worden ze belegd. Denk hierbij aan de beleidsvorming, vergunningverlening en de handhaving en inspectie.
- De uitvoerbaarheid. Het gaat er hierbij om wat ervoor nodig is om de ambitie te vertalen naar beleid en uitvoering voor een stakeholder. Er is voldoende capaciteit nodig om vergunningen te beoordelen.
- De leefbaarheid op de eilanden. De kans op een overstroming kan niet worden uitgesloten. In geval van een dijkdoorbraak is de kans groot dat er ook op het vasteland grote schade door overstromingen en de bijbehorende storm. In dat geval zou de hulp lastig op gang kunnen komen en zijn mensen enige tijd op zichzelf aangewezen. Daarnaast zijn de mensen die op de eilanden wonen ook gewend aan het wonen op de eilanden en hier trots op. De vraag is in hoeverre mensen de eilanden ook willen verlaten of bij willen dragen aan herstel.

Daarnaast spelen lokale aspecten een rol als hoe de maatregelen passen bij de identiteit van het eiland en andere ruimtelijke aspecten. De centrale vraag is dus wat men ervoor over heeft om de leefbaarheid op de eilanden in geval van een hoogwater of overstroming te vergroten, en voor het buitendijkse gebied in welke mate men wil inzetten op natuurlijke processen of op versterkingsmaatregelen. Onderdeel van deze afweging is dus de acceptatie van risico en gevolgen.

3 Pilot binnendijks

3.1 Dreigingen

In de pilot binnendijks is gekeken naar het Waddeneiland Ameland. Het binnendijkse deel van het eiland wordt beschermd door twee normtrajecten (primaire waterkeringen), waarbij het zuidelijke dijktraject een strengere norm heeft dan het noordelijke traject, respectievelijk een faalkans van 1/1.000 en 1/300 per jaar (zie Figuur 8).



Figuur 8 Overzicht van Ameland, waarbij de primaire dijktrajecten staan aangegeven met een geel en groen. Deze kleuren geven de maximaal toelaatbare overstromingskans (ondergrens) aan, zoals deze is gedefinieerd in de Waterwet (afbeelding uit <https://waterveiligheidsportaal.nl/>).

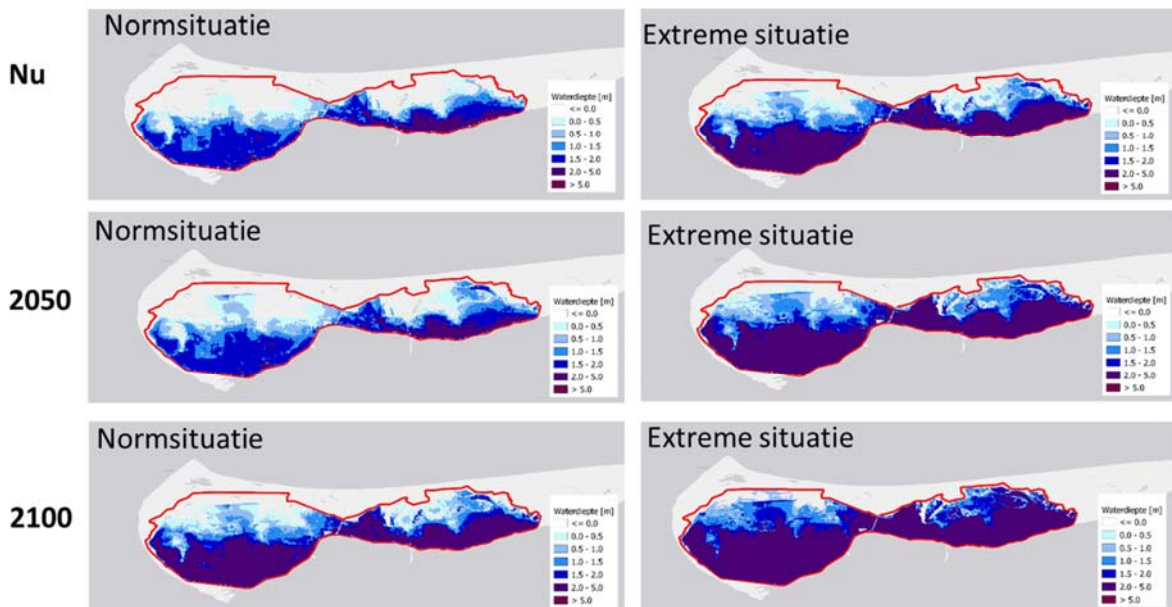
Voor de inventarisatie van de ruimtelijke gevolgen voor objecten en gebieden tijdens en na een overstroming is onderscheid gemaakt in drie zichtjaren: huidig, 2050 en 2100. Voor elk ambitieniveau voor een waterveiligheidsstrategie kan een bepaald zichtjaar beschouwd worden, waarvoor de opgave verschilt. Bij de verschillende zichtjaren wordt rekening gehouden met zeespiegelstijging en daarbij benodigde dijkversterkingen. Er wordt uitgegaan van een voortzetting van het huidige beleid, waarbij de norm wordt gehandhaafd. Hierbij blijft de kans op een overstroming in de toekomst gelijk (immers de dijken en duinen worden versterkt indien nodig), maar nemen wel de gevolgen toe door toenemende maximale buitenwaterstanden.

3.1.1 Maximale waterdieptekaarten tijdens overstroming

Voor de maximale waterdieptekaarten maken we gebruik van de gegevens op het LIWO¹⁰. Hierbij combineren we overstromingsscenario's van verschillende doorbraaklocaties. Bij elk zichtjaar bekijken we twee situaties: de normsituatie en de extreme situatie. In LIWO zijn overstromingskaarten beschikbaar voor 5 breslocaties met verschillende terugkeertijden, waarbij rekening is gehouden met enkele bressen. Per situatie voegen we de overstromingskaarten samen tot één overstromingsbeeld door de maximale waterdiepte van de verschillende kaarten te pakken. In 2050 en 2100 veronderstellen we dat de keringen exact voldoen aan de norm. Voor de huidige normsituatie, is uitgegaan van de actuele veiligheidssituatie. Hierbij is de overstromingskans van het noordelijke dijktraject kleiner dan de norm.

De gebruikte overstromingsbeelden voor de norm en extreme situatie voor de verschillende zichtjaren zijn weergegeven in Figuur 9.

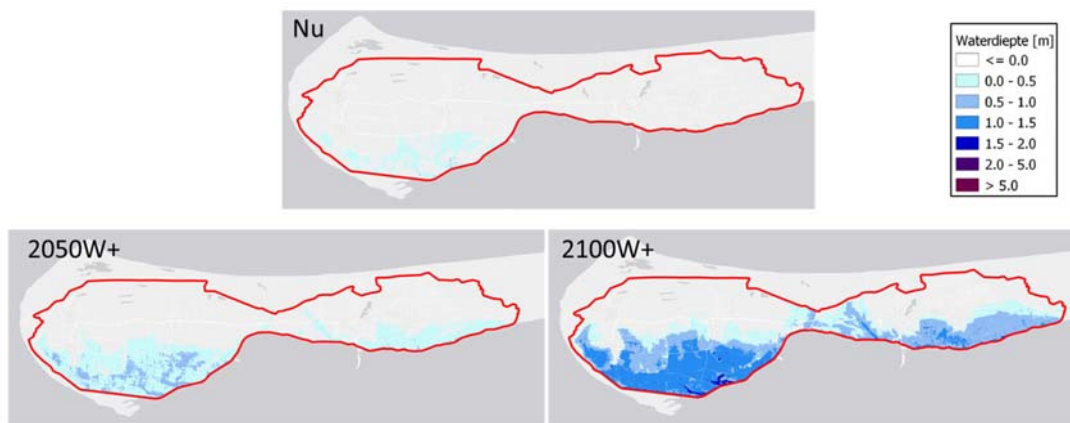
¹⁰ <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/maps>



Figuur 9 Overstromingsbeelden voor het binnendijkse deel van Ameland voor de norm en extreme situatie voor verschillende zichtjaren.

3.1.2 Maximale waterdiepte kaarten ná overstroming

Voor de situatie ná een overstroming is het overstromingsbeeld ingeschat op basis van de hoogte van het gemiddeld astronomisch hoogtij bij Nes. Voor de huidige situatie is het hoogtij NAP+1.05m wat in 2050 en 2100 toeneemt met resp. 47 en 121cm. Het overstromingsbeeld ná een overstroming voor de verschillende zichtjaren is weergegeven in Figuur 107. In de huidige situatie ligt het grootste deel van Ameland hoger dan astronomisch hoogtij, waardoor het eiland onder natuurlijk verval kan leegstromen¹¹. In de toekomst wordt dit verslechterd door het hogere hoogtij.



Figuur 10 Overstromingsbeelden ná een overstroming voor verschillende zichtjaren, waarbij rekening wordt gehouden met zeespiegelstijging.

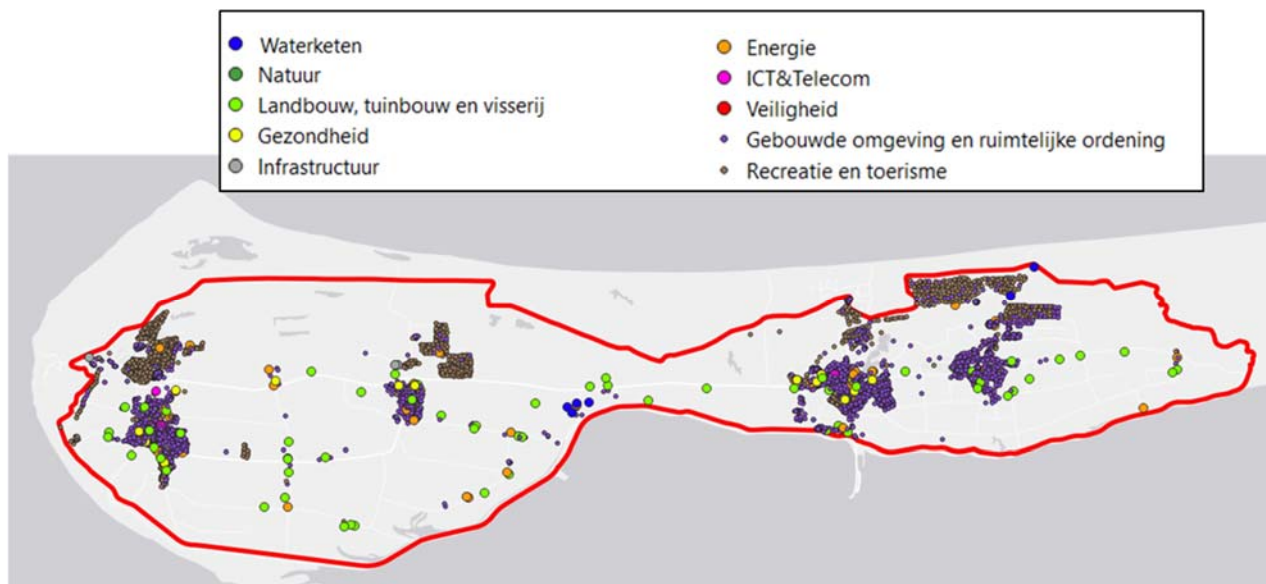
¹¹ Hierbij is wel een gat in de dijk nodig om het water te doen wegstromen.

3.2 Objecten

Voor de objecten hebben we één database gemaakt, waarbij objecten afkomstig uit twee bronnen zijn gecombineerd: V&K (Vitaal en Kwetsbaar) en KRO (Kernregistratie Objecten). Op basis van de omschrijving van de objecten in de database zijn deze toegewezen aan een sector. Dit is ter controle bij de betrokkenen gelegd. In Tabel 2 staat het totaal aantal objecten per sector en Figuur 11 geeft de ligging van de objecten op Ameland weer. Duidelijk komen de dorpskernen op het eiland naar boven waar veel gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening plaats vindt (paars geclusterde punten van links naar rechts: Hollum, Ballum, Nes en Buren). Ook de locatie van toerisme (overnachtinglocaties) komt hier naar voren wat zich voor een groot deel ten noorden van de dorpen bevindt (bruin geclusterde punten).

Sector	Aantal objecten
Waterketen	6
Natuur	-
Landbouw, tuinbouw en visserij	66
Gezondheid	17
Infrastructuur	3
Energie	50
ICT & Telecom	4
Veiligheid	6
Gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening	2724
Recreatie & toerisme	1151

Tabel 4 Aantal objecten per sector voor het Waddeneiland Ameland.



Figuur 11 Geografisch overzicht van de locaties van verschillende objecten. De kleur geeft de sector aan.

3.2.1 Definitie getroffen

Wanneer een object is getroffen, is lastig te definiëren. Uiteindelijk gaat het er om dat het object zijn functie niet verder kan uitoefenen (verlies van functie) als gevolg van water dat in/tegen het object staat. De waterdiepte waarbij een object zijn functie verliest kan enorm variëren. In deze

studie beschouwen we een object als getroffen wanneer er **meer dan 20cm** water staat op de plek van het object. Om als eiland minder kwetsbaar te zijn voor overstromingen, moet vanuit het object nagedacht worden hoe functieverlies voorkomen kan worden. Hierbij kan gekeken worden naar tijdelijke verplaatsingen (bijv. ambulance of brandweer materiaal) of gekeken worden naar het ontwerp van het object zelf om het overstromingsbestendiger te maken.

3.3 Uitwerking in ambitieniveaus vitale en kwetsbare objecten

De ambitieniveaus moeten gezien worden als een stapeling. Bij een hoger ambitieniveau worden **aanvullende eisen** gesteld aan de kwetsbaarheid van de ruimtelijke omgeving. In de komende paragrafen wordt ingegaan op de consequentie van verschillende ambitieniveaus voor een waterveiligheidsstrategie. Hierbij wordt steeds gekeken naar welke objecten getroffen worden. Afhankelijk van de gekozen ambitie moet beleid/plannen gemaakt worden om de functie van deze objecten te behouden.

3.3.1 Schuilen & overleven (ambitieniveau 1)

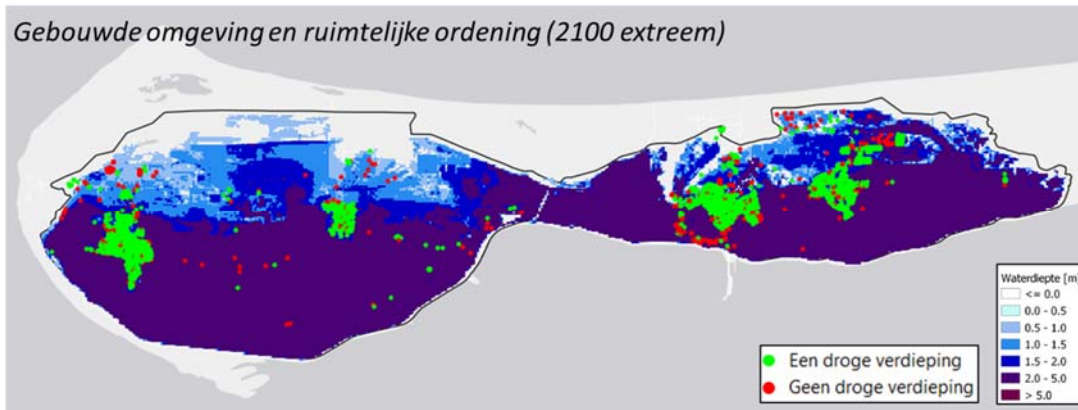
Voldoende schuilplaatsen

Bij ambitieniveau schuilen & overleven gaat het om voldoende schuilplaatsen tijdens een overstroming. Hierbij wordt als eis gesteld dat minimaal 1/3 van de woningen gegeven de maximale waterdiepte tijdens een overstroming een droge verdieping moet hebben. Een droge verdieping gaat ervan uit dat er géén water staat (0 cm en dus geen 20cm) op de begane grond of de eerste verdieping (2.65m hoog). Tabel 5 geeft het percentage woningen dat geen droge verdieping heeft en Figuur 12 laat zien hoe deze wel of geen droge verdiepingen verspreid liggen over het eiland. Op het gehele eiland zijn tot tenminste 2100 voor de extreme situatie voldoende schuilplaatsen aanwezig. Ondanks dat veel dorpskernen overstroomd zijn er veel objecten met een droge verdieping aanwezig voor mensen die zelfredzaam zijn.

Er zijn enkele clusterings te zien rond de dorpskernen, bijv. Nes en Buren, waarbij geen droge verdiepingen aanwezig zijn. Binnen de sector gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening wordt geen onderscheid gemaakt tussen bijvoorbeeld woningen en bedrijfspanden. Het is bekend dat één van deze clusterings een bedrijventerrein betreft. Voldoende schuilplaatsen gaat om plaatsen waar men kan schuilen, in de analyse is gekeken naar alle objecten die hiervoor in aanmerking komen (woningen, bedrijven en overige). Het onderscheid kan gemaakt worden, wanneer deze informatie beschikbaar is. Bij het gehele Waddeneiland Ameland zijn binnen de sector gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening 69% van de objecten woningen, 8% bedrijfspanden en 23% onbekend.

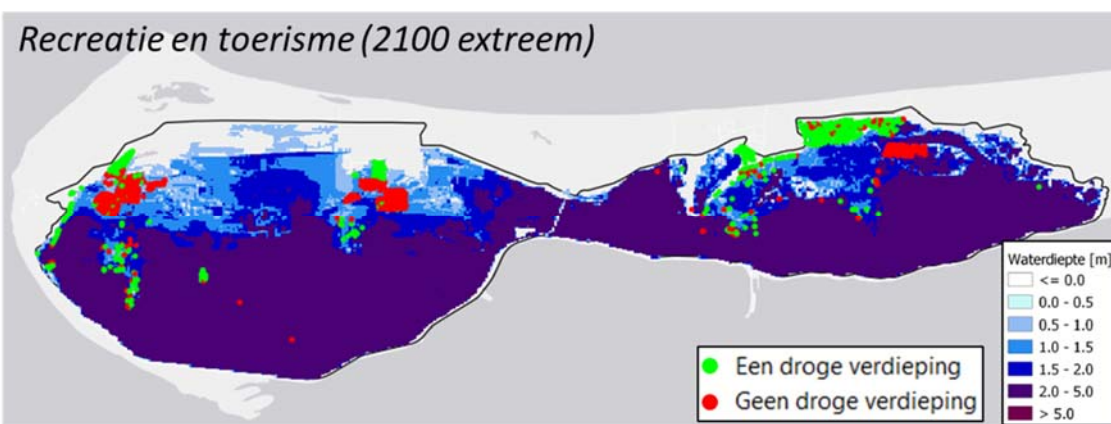
	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Huidige situatie	6%	12%	<0.1%
2050	7%	17%	<0.1%
2100	12%	19%	<0.1%

Tabel 5 Percentage objecten van gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening dat geen droge verdieping heeft.



Figuur 12 Een beeld van de objecten in de sector gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening die wel of geen droge verdieping hebben.

Ook is gekeken naar de situatie waarbij toeristen op het eiland zijn. In het hoogseizoen zijn 21.000 bedden bezet, maar dit aantal is sterk seizoen afhankelijk (communicatie gemeente Ameland). Deze toeristen zijn gestationeerd rond recreatieterreinen, campings en hotels. De meeste recreatieterreinen en campings liggen ten noorden van de dorpen en de rest vooral in en nabij de dorpen. In 2100 bij de extreme situatie heeft 60% (760 objecten) van recreatie & toerisme geen droge verdieping tijdens de piek van de overstroming (zie Figuur 13), waardoor nog steeds aan de gestelde eis van 1/3 van de woningen een droge verdieping heeft (zie Tabel 10). Hierbij is uitgegaan van de objecten uit de database waar kampeerplekken niet zijn meegenomen. Uitgaande van de vuistregel dat 1 gezin in een woning 2 andere gezinnen kan opvangen, is er in 2100 voor het extreme scenario nog schuilruimte beschikbaar voor circa 7000 gezinnen. In een winter waarbij de bezetting lager is dan 21.000 mensen zal dit voldoende zijn. De plekken waar toeristen zich bevinden zijn duidelijke clusteringen, waarbij mogelijkheden tot een droge verdieping minder makkelijk voor handen liggen. Eiland breed, wordt nog steeds voldaan aan de eis.



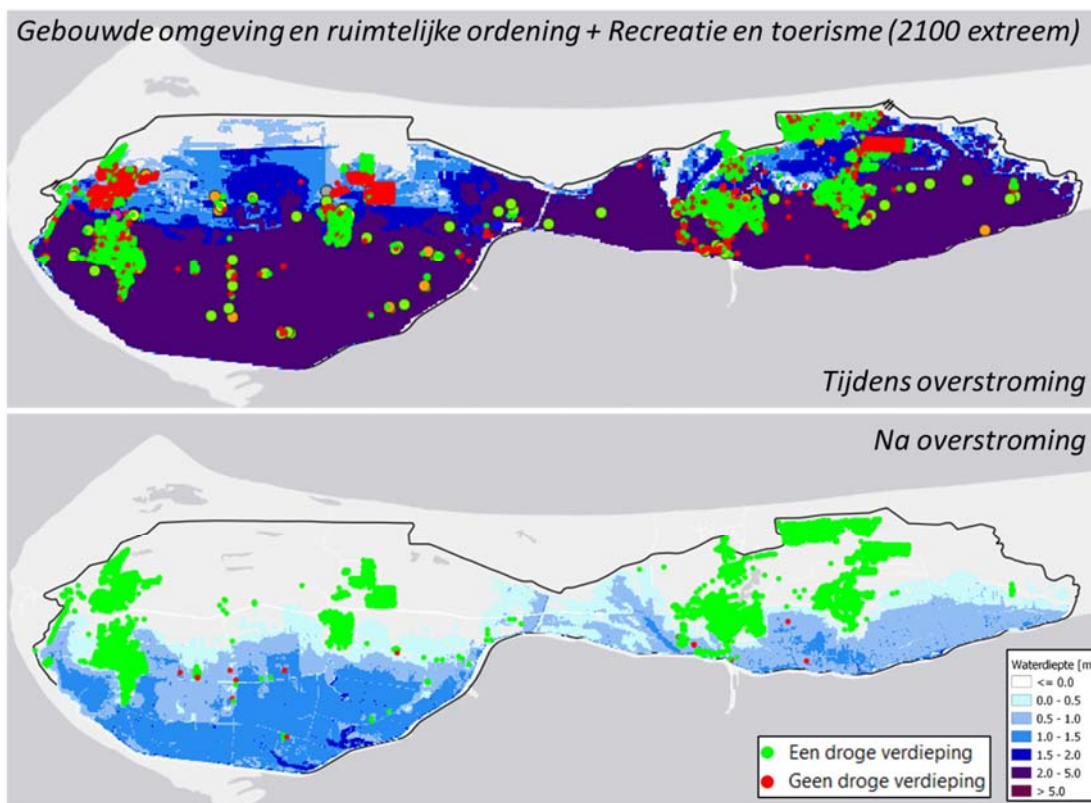
Figuur 13 Een beeld van de objecten in de sector recreatie en toerisme die wel of geen droge verdieping hebben.

	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Huidige situatie	5%	20%	<0.1%

	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
2050	8%	29%	<0.1%
2100	20%	31%	<0.1%

Tabel 6 Percentage objecten van gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening + recreatie en toerisme dat geen droge verdieping heeft.

Bovenstaande gegevens gaan over de situatie tijdens een overstroming. Ná enkele dagen zullen de waterstanden afnemen en ontstaat de situatie ná een overstroming. In deze situatie is het water teruggetrokken en heeft minder dan 1% van de objecten geen droge verdieping (gebouwde omgeving en recreatie & toerisme).



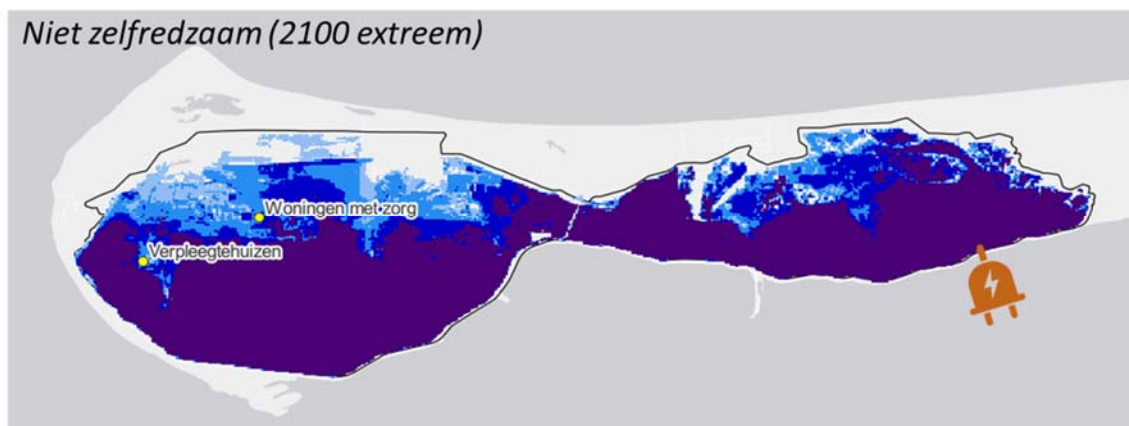
Niet zelfredzamen en energie aanlandpunt

Binnen de objectendatabase zijn twee objecten geïdentificeerd als niet zelfredzaam. Dit zijn een verpleegtehuis en een woning met zorg. In de huidige extreme situatie worden deze locaties getroffen door een overstroming. Deze locaties verdienen aandacht wanneer voor dit ambitieniveau wordt gekozen.

	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Huidige situatie	0	2	0
2050	0	2	0
2100	2	2	0

Tabel 7 Objecten waar niet zelfredzamen mensen wonen.

De elektriciteitsverbinding met het vasteland staat op een zeer kwetsbare plek. In alle zichtjaren en situaties overstroomt dit object met waterdieptes tussen 2m (normsituatie huidig) en 3.5m (extreme situatie 2100). Hierdoor kan het eiland lange tijd zonder elektriciteit zitten.



Figuur 14 De aansluiting van de elektriciteitsverbinding bevindt zich op een zeer overstromingsgevoelige locatie. De gele punten (in het westen van het eiland) geven ook de niet zelfredzame locaties weer.



Figuur 15: Energie aanland punt

Hulpdiensten en Levensmiddelen

Het gaat hierbij om het veiligstellen van het materiaal van de hulpdiensten. Een voorbeeld is de hulppost achter de primaire waterkering bij Ballum (Figuur 16). Deze post ligt centraal gelegen op het eiland, maar vanuit overstromingen bezien op een kwetsbare plek waardoor het object niet inzetbaar en bereikbaar is. In dit geval gaat het om alle objecten die onder de sector Veiligheid zijn geschaard, namelijk politie en brandweerkazernes. De gebouwen zelf mogen overstromen, zolang de functies van de hulpdiensten gewaarborgd blijven.

	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Huidige situatie	2	6	0
2050	2	6	0
2100	6	6	0

Tabel 8 Objecten voor operationele hulpdiensten.



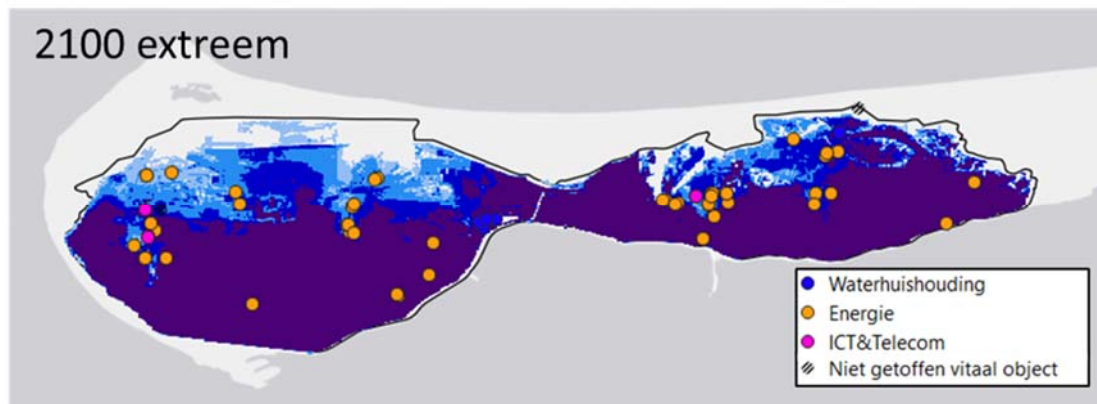
Figuur 16: Hulpdiensten Ameland met op achtergrond de primaire waterkering (foto: HKV)

3.3.2 Vitaal beschermen en bereikbaarheid (ambitieniveau 2)

Bij dit ambitieniveau gaat het aanvullend over vitale objecten en bereikbaarheid op en naar het eiland (aanlegplaatsen en bereikbaarheid via hoofdwegen). Ook gaat het over aannemers en gemeentewerven, waarvan het materiaal beschermd moet worden om zo ná de overstroming weer snel inzetbaar te zijn. Te zien is dat een groot gedeelte van de objecten in de extreme situatie getroffen wordt (meer dan 80% in de huidige situatie oplopend tot alle objecten op één na in 2100). Ná een overstroming komen veel van de objecten weer droog te staan, waardoor herstel van het object snel kan starten.

	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Huidig			
Waterketen (6)	4	4	0
Energie (50)	18	41	0
ICT&Telecom (4)	1	4	0
Veiligheid (2)	-	-	0
2050			
	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Waterketen (6)	4	5	0
Energie (50)	19	48	1
ICT&Telecom (4)	1	4	0
Veiligheid (2)	-	-	0
2100			
	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Waterketen (6)	4	5	1
Energie (50)	41	50	5
ICT&Telecom (4)	4	4	0
Veiligheid (2)	-	-	0

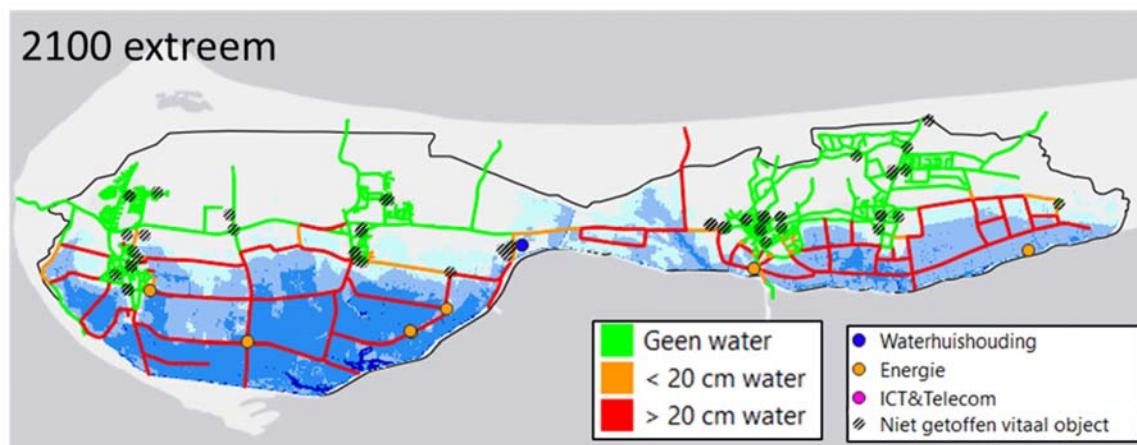
Tabel 9 De objecten die getroffen worden bij verschillende situaties (norm en extreem) en zichtjaren (huidig, 2050 en 2100). In de laatste kolom wordt aangegeven hoeveel objecten ná een overstroming nog getroffen zijn. Dit is relevant voor het herstel van het eiland.



Figuur 17 Een beeld van de getroffen (en niet getroffen) objecten per sector voor de extreme situatie in 2100.

Een beeld van de bereikbaarheid van het eiland ná een overstroming in 2100. Per wegvak is gekeken naar de maximale waterdiepte die optreedt op dat wegvak en het resultaat is weergegeven in Figuur 18. Te zien is dat de verbindingsweg in het midden van het eiland overstroomd is. Daar staat meer dan 20cm water op de weg, waardoor de bereikbaarheid wordt belemmerd. Ook de verbindingsweg naar het aanmeerpunt van het eiland is overstroomd.

Gekeken kan worden of enkele wegvakken verhoogd kunnen worden bij onderhoud of na een overstroming snel waterdijf gemaakt kunnen worden.



Figuur 18 De bereikbaarheid van het eiland ná een overstroming in het jaar 2100, waarbij per wegvak is aangegeven of er water staat en hoeveel (meer of minder dan 20cm).

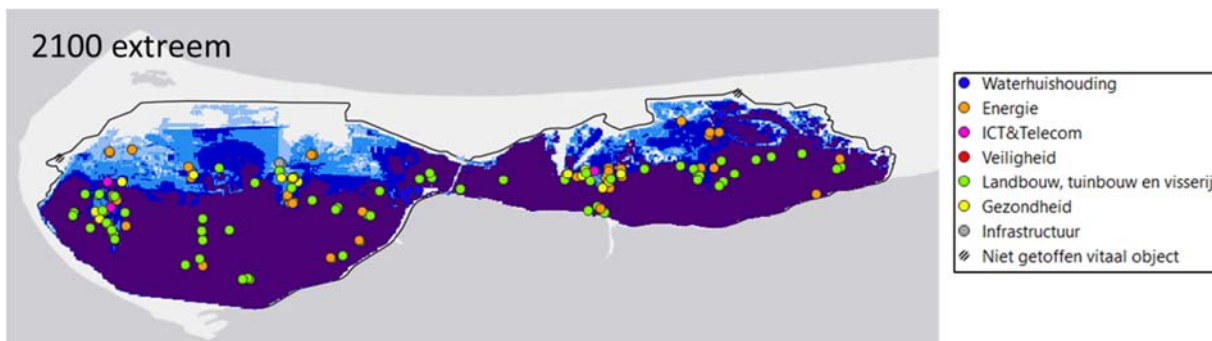
3.3.3 Vitaal beschermen ++ (ambitieniveau 3)

Bij het derde ambitieniveau wordt aanvullend nog gekeken naar drie sectoren, namelijk land- & tuinbouw en visserij, gezondheid en infrastructuur. In Tabel 10 is het aantal getroffen objecten weergegeven en Figuur 19 geeft een beeld van de extreme situatie in 2100. Voor de extreme situaties wordt een groot aandeel van deze aanvullende objecten binnen dit ambitieniveau getroffen tijdens een overstroming (huidige situatie 93% en opnieuw in 2100 alle objecten op één na).

Ook hier geldt dat ná de overstroming het water terugtrekt en veel objecten weer droog komen te liggen. Bij circa een kwart van de objecten binnen land- & tuinbouw en visserij staat ná een overstroming nog water, doordat deze locatie lager ligt dan het hoogtij.

	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Huidig			
Land- & tuinbouw, visserij (66)	45	63	0
Gezondheid (21)	1	18	0
Infrastructuur (3)	0	1	0
2050			
	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Land- & tuinbouw, visserij (66)	47	66	1
Gezondheid (21)	2	21	0
Infrastructuur (3)	0	2	0
2100			
	Normsituatie	Extreme situatie	Ná overstroming
Land- & tuinbouw, visserij (66)	63	66	16
Gezondheid (21)	18	21	0
Infrastructuur (3)	1	2	0

Tabel 10 Aantal objecten dat getroffen wordt bij verschillende situaties (norm en extreem) en zichtjaren (huidig, 2050 en 2100). In de laatste kolom wordt aangegeven hoeveel objecten ná een overstroming nog getroffen zijn. Dit is relevant voor het herstel van het eiland



Figuur 19 Een beeld van de getroffen (en niet getroffen) objecten per sector voor de extreme situatie in 2100

3.4 Maatregelen

Om te voldoen aan de gestelde eisen binnen de ambitieniveaus zijn verschillende maatregelen denkbaar. Deze maatregelen verschillen per ambitieniveau, waarbij het uiteindelijk draait om het functieverlies te voorkomen.

Bij het ambitieniveau schuilen en overleven wordt nu voldaan aan de eis voor voldoende **schuilplaatsen**. Wanneer de eis te soepel wordt gezien of wanneer toch niet aan de eis wordt voldaan, kan nog overwogen worden schuilplaatsen (shelters) op strategische plekken te plaatsen. Dit kan een nieuw gebouw zijn, maar ook kan gekeken worden binnen de bestaande bouw op het eiland. Voor **niet-zelfredzamen** moeten evacuatieplannen gemaakt worden om hen te beschermen tegen de overstroming. Voor de elektriciteitsaansluiting moet gekeken worden hoe deze minder kwetsbaar gemaakt kan worden tegen overstromingen. Dit is een object waarbij de functie sterk locatie-afhankelijk is en niet zomaar te verplaatsen is.

Wanneer we kijken naar het tweede en derde ambitieniveau draait het om vitale objecten beschermen en het eiland bereikbaar te houden. **Ontsluiting** via doorgaande wegen over het eiland ná een overstroming kan onvoldoende zijn hiervoor kunnen plannen gemaakt worden om water op de weg zo snel mogelijk weg te halen (door water weg te pompen) of te voorkomen dat het overstroomt door het wegtraject hoger aan te leggen of om omleidingsroutes te maken. Wat betreft de **vitale objecten** moet gekeken worden of deze tijdelijk hun functie verliezen (tijdens de overstroming) of daadwerkelijk kapotgaan en daarmee langere tijd hun functie verliezen. Vervolgens kan ofwel het ontwerp aangepast worden ofwel plannen om langdurige uitval te voorkomen (tijdelijk functie uitschakelen tijdens overstroming). Te zien is dat ná een overstroming het gros van de objecten weer droog komt te staan.

3.5 Consequenties strategieën

In de































	Huidig	2050	2100
Schuilen & overleven	Schuilplaatsen Niet-zelfredzamen (2) Aansluiting elektriciteit Hulpdiensten (2)	Schuilplaatsen Niet-zelfredzamen (2) Aansluiting elektriciteit Hulpdiensten (6)	Schuilplaatsen Niet-zelfredzamen (2) Aansluiting elektriciteit Hulpdiensten (6)
Vitaal beschermen en bereikbaarheid	Vitaal beschermen (47) Vitaal herstel (0) Bereikbaarheid	Vitaal beschermen (57) Vitaal herstel (1) Bereikbaarheid	Vitaal beschermen (59) Vitaal herstel (6) Bereikbaarheid
Vitaal beschermen++	Vitaal beschermen ++ (78) Vitaal herstel ++ (0)	Vitaal beschermen ++ (85) Vitaal herstel ++ (1)	Vitaal beschermen ++ (85) Vitaal herstel ++ (16)

Tabel 11 is per ambitieniveau samengevat wat dit betekent voor de huidige objecten op het Waddeneiland Ameland, waarbij wordt uitgegaan van een extreme overstromingssituatie. Deze samenvatting is gebaseerd op de eerder gepresenteerde overzichten. Voor het zichtjaar 2100 varieert het aantal objecten dat wordt blootgesteld tijdens een overstroming bij de normsituatie of bij een extreme situatie nauwelijks (de lokale waterdiepte natuurlijk wel). Tussen 2050 en 2100 neemt ook het aantal objecten dat nog overstroomt blijft als de stormopzet gaat liggen op basis van het astronomisch getijde flink toe.

In de tabel is aangegeven bij welke aspecten van het ambitieniveau op dit moment wordt voldaan aan de gestelde eis () en voor welke aspecten een opgave aanwezig is (). Voor de vitale objecten is aangegeven om hoeveel objecten het gaat waarvoor een opgave is. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen beschermen (aantal objecten dat wordt getroffen bij een overstroming) en tussen herstel (aantal objecten waar ná een overstroming nog meer dan 20cm water staat).

Nagenoeg alle vitale objecten worden getroffen tijdens een extreme overstroming in alle zichtjaren. De vraag is wel of objecten daadwerkelijk hun functies verliezen wanneer er water tegenaan staat? Door deze kennisleemte is het onbekend hoe groot de opgave bij bepaalde ambitieniveaus daadwerkelijk is, want het kan zijn dat bepaalde objecten prima tegen water kunnen en hun functie niet verliezen. Wanneer voor zo'n ambitieniveau gekozen wordt, zal hiernaar gekeken moeten worden en indien nodig beleid en/of plannen maken om de kwetsbaarheid te verkleinen. Dit hoeft

niet direct een opgave vanuit waterveiligheidsbeleid te betekenen, maar focust op meekoppelkansen van waterveiligheid bij een vervangingsopgave of bij de bouw van een nieuw vitaal object.

	Huidig	2050	2100
Schillen & overleven	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen (2)  Aansluiting elektriciteit  Hulpdiensten (2)	 Schuilplaatsen   Niet-zelfredzamen (2)  Aansluiting elektriciteit  Hulpdiensten (6)	 Schuilplaatsen   Niet-zelfredzamen (2)  Aansluiting elektriciteit  Hulpdiensten (6)
Vitaal beschermen en bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (47)  Vitaal herstel (0)  Bereikbaarheid 	 Vitaal beschermen (57)  Vitaal herstel (1)  Bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (59)  Vitaal herstel (6)  Bereikbaarheid
Vitaal beschermen++	 Vitaal beschermen ++ (78)  Vitaal herstel ++ (0)	 Vitaal beschermen ++ (85)  Vitaal herstel ++ (1)	 Vitaal beschermen ++ (85)  Vitaal herstel ++ (16)

Tabel 11 Een samenvatting van de consequenties van elk ambitieniveau voor verschillende zichtjaren. Hierbij is gekeken of wordt voldaan aan de eis en/of voor hoeveel objecten beleid/plannen gemaakt moeten worden.

4 Pilot buitendijks

4.1 Dreigingen

Binnen de pilot buitendijks is gefocust op het Waddeneiland Vlieland. Een relatief klein gedeelte van Vlieland wordt beschermd door een primaire waterkering. De rest van het eiland ligt dus buitendijks. Voor de inventarisatie van de ruimtelijke gevolgen voor objecten en gebieden tijdens en na een overstroming is onderscheid gemaakt in drie zichtjaren: huidig, 2050 en 2100. Voor elk ambitieniveau voor een waterveiligheidsstrategie kan een bepaald zichtjaar beschouwd worden, waarvoor de opgave verschilt (Paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Voor enkele dwarsprofielen hebben we de waterveiligheid verder geanalyseerd ook met betrekking tot afslag van het profiel en zeespiegelstijging (Paragraaf 4.1.2).

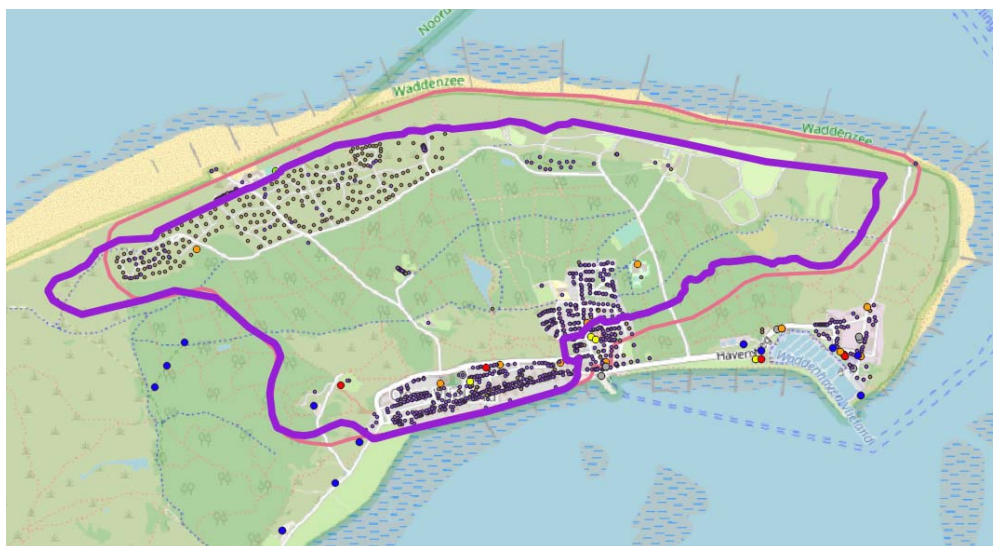


Figuur 20 Vlieland met daarop de primaire waterkering in paars en de verschillende objecten op het eiland weergegeven als puntlocaties

4.1.1 Maximale waterdiepte kaarten tijdens overstromingen

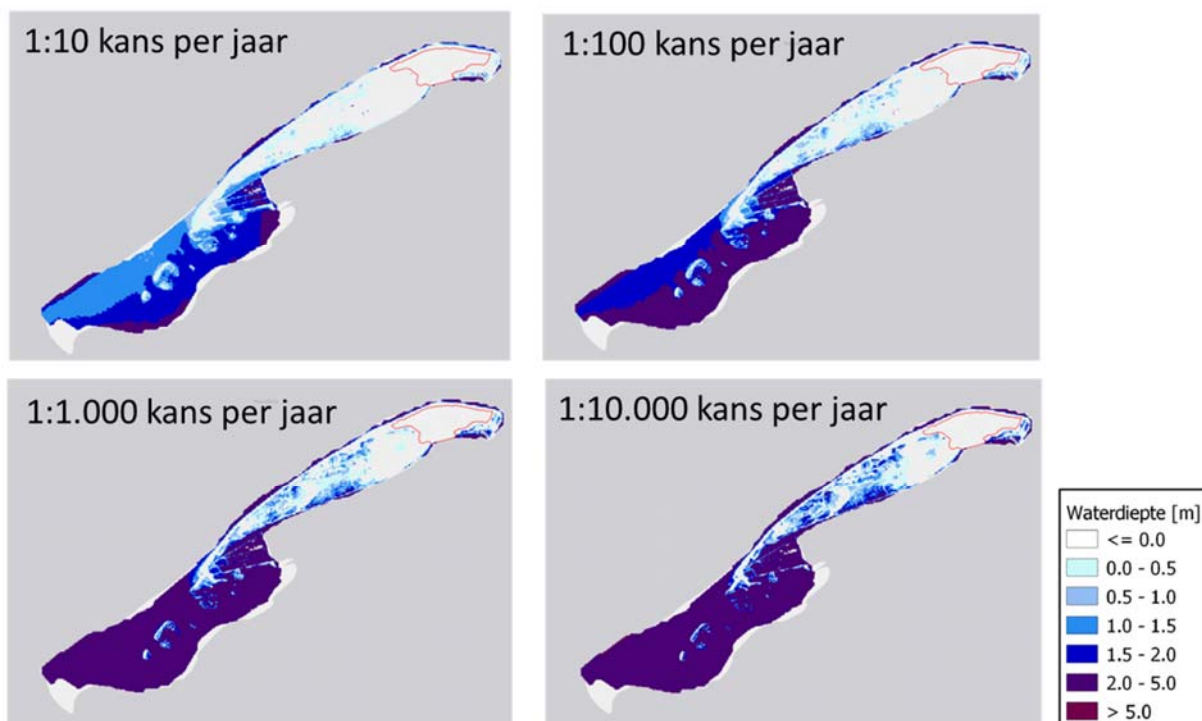
Met behulp van de scenario's voor buitendijkse gebieden op LIWO¹² is de overstromingskans en bijbehorende waterdiepte per object bepaald. Wat opviel bij deze kaarten is dat de gebruikte uitsnede op basis van de ligging van de primaire waterkering niet correct was. (Figuur 21). Hierdoor worden sommige objecten onterecht als beschermd door waterkeringen beschouwd. Een analyse van de hoogte van het overstroomde buitendijkse gebied en naastgelegen cellen maakt duidelijk dat geen andere vitale functies gemist worden door de huidige overstromingskaarten van inundatie buitendijks gebied in LIWO. Maar wel een aantal woningen worden als 'niet overstroomd' weergegeven in de verschillende scenario's terwijl ze wel zullen overstromen.

¹² <https://basisinformatie-overstromingen.nl/#/viewer/2?center=52.00245,5.29639&zoom=3>



Figuur 21 Foutieve kering uit LIWO in rood, juiste primaire kering in paars.

De inundatie buitendijkse gebieden Vlieland kaarten uit LIWO worden hieronder weergegeven. Voor toekomstige zichtjaren geldt dat de kans vergroot op voorkomen van extreme gebeurtenissen. Een gebeurtenis die in de huidige situatie een kans van 1/10.000ste per jaar voorkomen heeft, heeft vanwege klimaatverandering in 2050 een kans van orde grootte 1/3.333^{ste} per jaar. En in 2100 is deze kans vergroot naar orde grootte 1/1.000^{ste} per jaar. Een gebeurtenis die in de huidige situatie een kans van voorkomen van 1/10^{de} per jaar heeft zal in 2100 een kans van voorkomen van ééns per jaar hebben.



Figuur 22 Overstromingsbeelden voor het buitendijkse deel van Vlieland in de huidige situatie (zie <https://basisinformatie-overstromingen.nl>). Geconstateerd is dat bij deze beelden niet altijd goed rekening is gehouden met aanwezige duinen en niet genormeerde waterkeringen.

4.1.2 Afslagprofielen (nu en in 2100) rekening houdend met meegroeien

Voor Vlieland zijn vijf karakteristieke raaien uitgekozen (5, 6, 7, 11 en 12). Dit zijn raaien dwars op de kust waar de afslag van zand door een normsituatie storm en in de ontwikkeling van de raai over de tijd is onderzocht. Hier speelt dat aanwezige bebouwing buitendijks geraakt zou kunnen worden of dat de raai een groter gebied representeert. Dit laatste is het geval voor raai 5 en 11 waar het kustprofiel een grote gelijkenis vertoont in zowel het droge als het natte gedeelte over het blauwe vlak. Er is ook een relatief groot gebied aan de oostzijde van het dorp (Figuur 21) maar hier hebben de gemeente en Rijkswaterstaat al voldoende informatie over, deze locatie is dan ook niet verder beschouwd.

In deze paragraaf zullen we per karakteristieke raai de kenmerken van deze raai bespreken, het afslagprofiel laten zien bij een extreme storm in 2100 als ook wat een eventueel meegroeien van de raai zou kunnen opleveren.



Figuur 23 Indeling in raaien door gemeente Vlieland. De rood gekleurde raaien (exclusief 9) zijn gebruikt in deze studie.

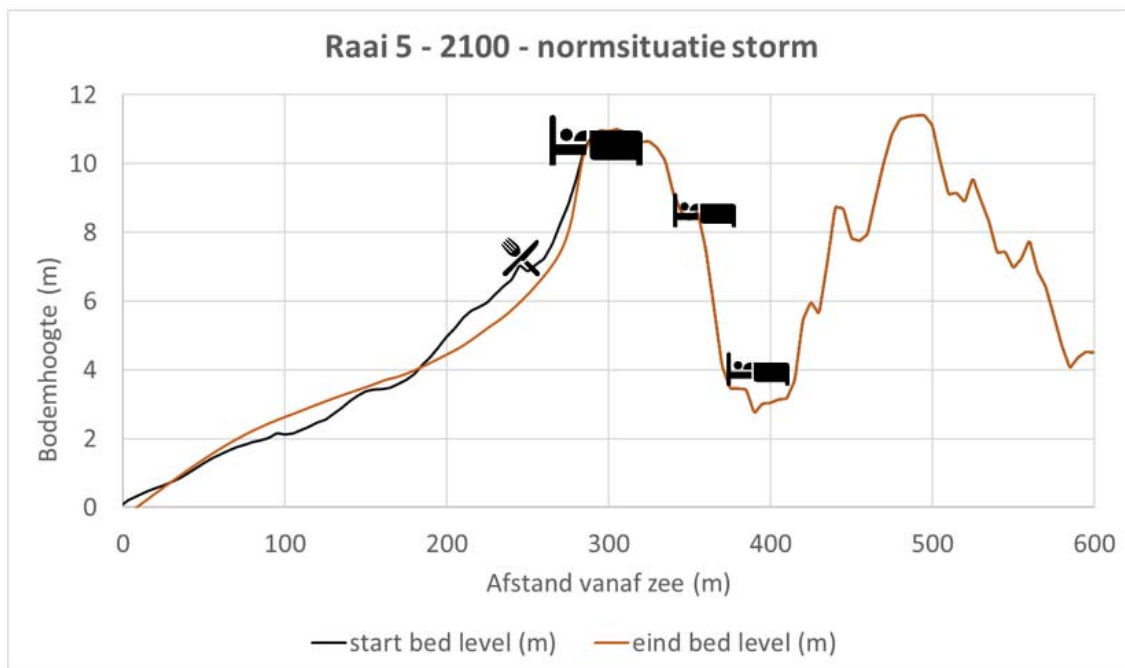
Raai 5

De raai 5 bevindt zich aan de Noordzeezijde van het eiland Vlieland ter hoogte van het strandhotel. Het staat daardoor bloot aan golfaanval. Raai 5 heeft een typisch duinprofiel met een hoog primair duin (> 11 m + NAP) met daarachter nog een hoog duin (Figuur 2521). Het eerste primaire duin is onderdeel van een kustlangs continue duinenrij die onderdeel is van de primaire waterkering, maar het tweede duin wordt kustlangs regelmatig onderbroken. Aan de zeezijde van het primaire duin ligt een strandpaviljoens. Bovenop het duin staat het strandhotel Seeduyn en in de vallei achter het primaire duin liggen vele recreatiewoningen.



Figuur 24 Raai 5 in rood weergegeven (jarkusraai 5041)

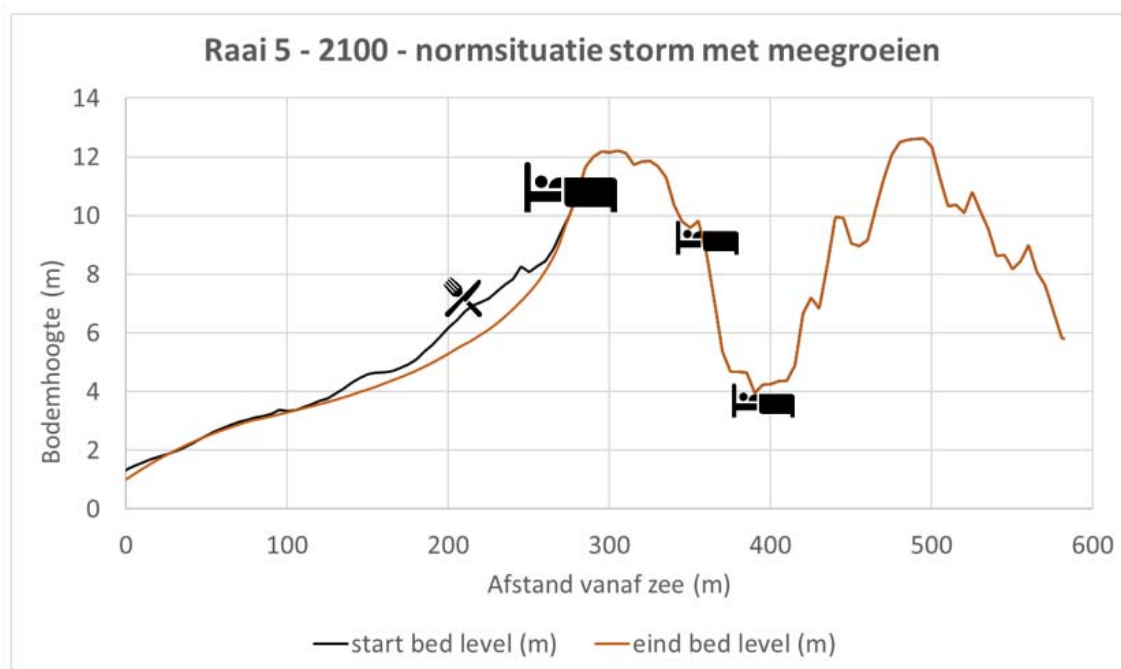
Bij de normsituatie storm in 2100 slaat het duin boven 4 m + NAP af (Figuur 25). Deze erosie treedt op tot ongeveer 10 m + NAP. Het strandpaviljoen op 7 m + NAP wordt in deze situatie geraakt of bevindt zich in de afslagzone. Het strandhotel op 10.2 m + NAP zal net wel of net niet geraakt worden. In het primaire duin blijft voldoende restvolume over om het achterliggende gebied en de zich daar bevindende recreatiewoningen te beschermen.



Figuur 25 Het profiel van raai 5 zowel voor als na de normsituatie storm in 2100. Met de iconen is aangegeven dat aan de zeezijde het strandpaviljoen te vinden is, bovenop een groot strandhotel en meer recreatiewoningen achter de top van het primaire duin.

Indien het gehele profiel van raai 5 meegroeit met zeespiegelstijging dan zal na een storm nog steeds het strandpaviljoen worden geraakt. Het strandhotel op 10.2 m + NAP zal het in de huidige situatie zeer waarschijnlijk niet inunderen, maar meegroeien zal waarschijnlijk niet gebeuren door

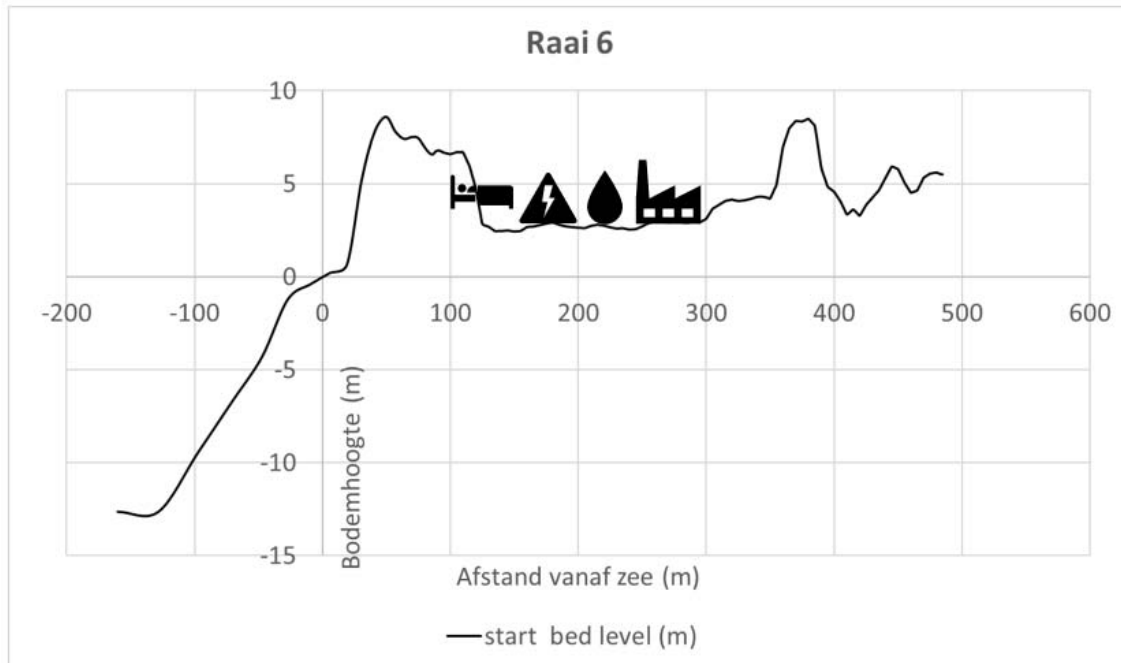
de hinder bij de horecafaciliteiten door het stuivende zand ondervinden (en hierbij telkens het zand verwijderen). Er zou dus voor gekozen kunnen worden slechts tot aan het strandhotel door te laten stuiven en het strandpaviljoen op voldoende hoogte en afstand van het duin te zetten of elke paar jaar te verplaatsen. Handmatig zorgen voor ophoging van het profiel (bulldozeren) is ook een optie maar niet aantrekkelijk, echter worden ecologische voordelen die bij natuurlijk verstuiven ontstaan hiermee niet behaald.



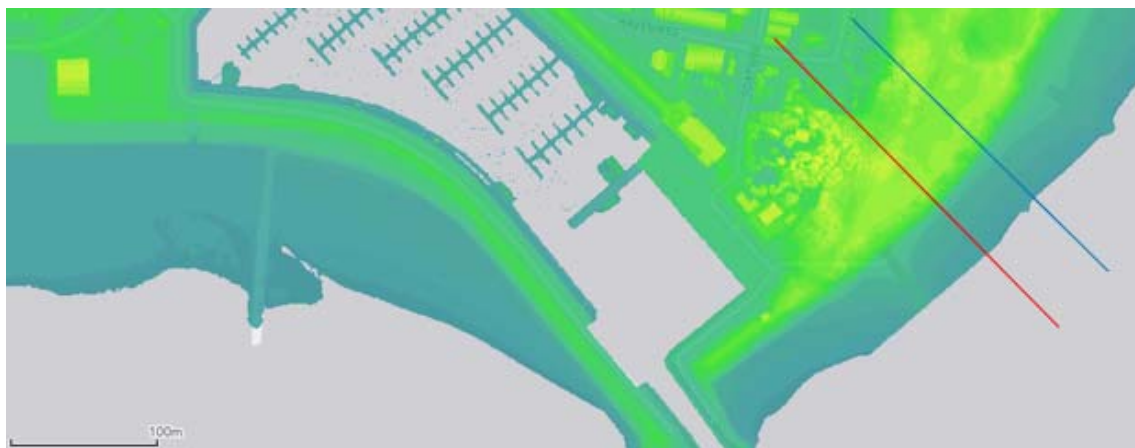
Figuur 26 Het profiel van raai 5 zowel voor als na de normsituatie storm in 2100 als het profiel is meegegroeid met zeespiegelstijging. Met de iconen is aangegeven dat aan de zeezijde het strandpaviljoen te vinden is, bovenop een groot strandhotel en meer recreatiewoningen achter de top van het primaire duin.

Raai 6

Achter de duinenrij van raai 6 bevindt zich het buitendijks gelegen bedrijventerrein van Vlieland (Figuur 27). De duinenrij van raai 6 is relatief laag met een maximale hoogte van 8.6 m + NAP. De vooroever is door de aanliggende geul stijf. Zeewaarts van de geul neemt de diepte weer wat af door voorliggende platen. Raai 6 is op het smalste stukje duinenrij geplaatst omdat deze de grootste kans van doorbreken heeft. Ongeveer 50 m ten oosten van raai 6 bevindt zich jarkusraai 5460. Deze lijkt zoveel op het hoogteprofiel van raai 6 dat we deze jarkusraai als hoogteprofiel voor raai 6 hebben gebruikt (Figuur 28).

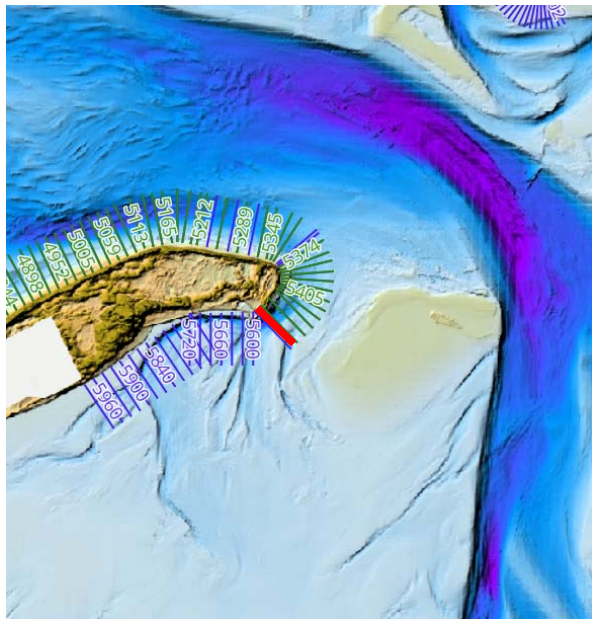


Figuur 27 Raai 6 met daarop aangegeven waar het bedrijventerrein zich bevindt met daarop o.a. (recreatie)woning (3x), een elektriciteitshuisje, een hemelwatergemaal, de KNRM en de opslag van reddingsmiddelen en de opslagdistributie en werven van de gemeente en aannemers.



Figuur 28 In rood de ligging van raai 6 en in blauw de ligging van Jarkusraai 5460

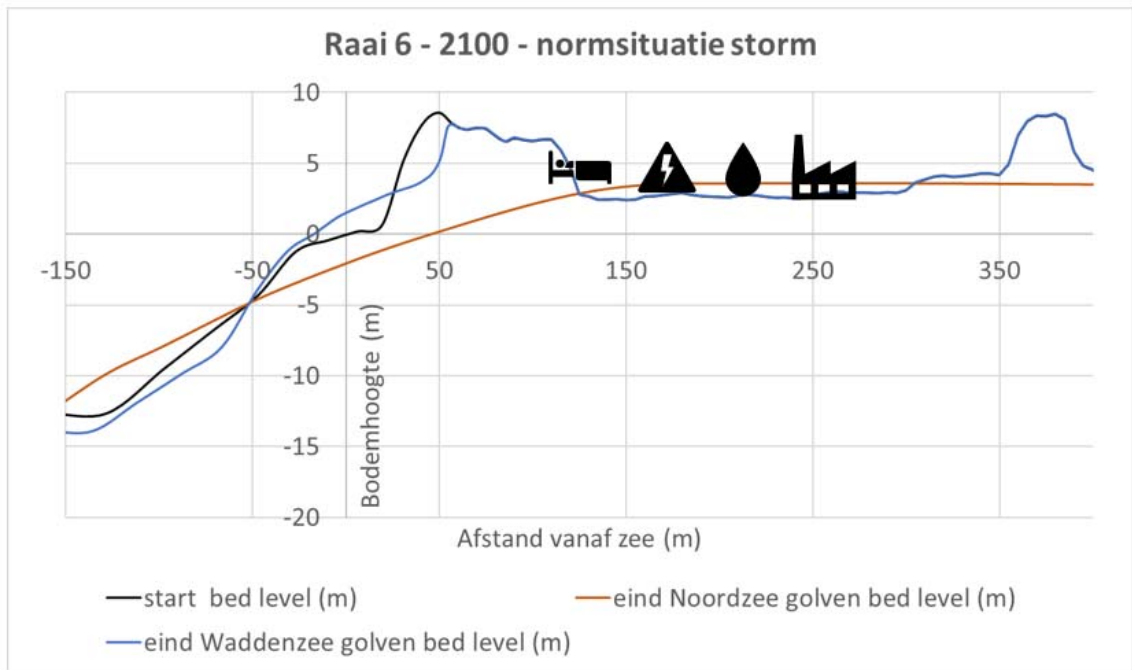
De ligging van raai 6 is een stuk ingewikkelder voor de bepaling van de fysische processen dan raai 5. Raai 6 ligt namelijk in het zuidoosten van Vlieland aan de Waddenzee maar vlakbij een grote getijdengeul en met een geul dicht tegen de kust. De golfcondities in de Waddenzee zijn een stuk milder dan aan de Noordzezijde. Bovendien bevindt zich voor raai 6 een ondiepe plaat. In het verleden hebben op deze locatie ook enkele oevervallen plaatsgevonden die het duin verzwakken. Daardoor is door de dichtbij zijnde geulen en de positie van raai 6 net 'om de hoek' raai 6 een zeer fysisch complex traject.



Figuur 29 Ligging van raai 6 in rood

Dit resulteert erin dat voor raai 6 een uitgebreide modelstudie nodig is om te bepalen welke golfcondities realistisch zijn bij een normsituatie storm nu en in 2100. Daarnaast is stroming niet meegenomen en heeft het programma XBeach waarmee de afslagberekeningen worden gemaakt een diep beginpunt nodig waardoor de voorliggende platen niet worden meegenomen. Toch hebben we twee berekeningen gemaakt om te laten zien wat de range in afslag zal zijn bij een normsituatie storm. Deze zijn bij een normsituatie storm berekend voor Noordzeegolven als ook voor golven vanaf de Waddenzee. Als de normsituatie Noordzeegolven zouden optreden dan wordt het gehele primaire duin weggeslagen en zal het gehele bedrijventerrein onderlopen en ook nog met significante golven te maken krijgen. Als de Waddenzee golven in de normsituatie in 2100 zich zouden voordoen dan blijft het primaire duin grotendeels staan. De verwachting is dat de werkelijke normsituatie in 2100 hier tussenin ligt. Om een preciezere inschatting te maken van de risico's raden wij aan een uitgebreidere modelstudie te doen waarin de complexe fysica van dit gebied wordt meegenomen.

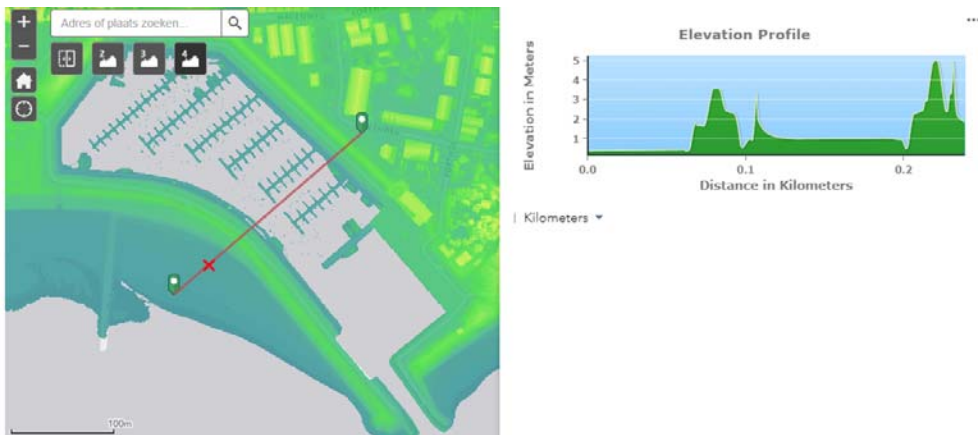
Aangezien raai 6 noordwest naar zuidoost georiënteerd is zal natuurlijk meegroeien geen optie zijn. De dominante windrichting is namelijk vanuit het zuidwesten waar zich geen bron van zand bevindt. Het duin op de reguliere manier verstevigen (bulldozeren) met meer volume aangevoerd zand kan wel. Daarnaast zou de waterveiligheid ook vergroten als de aanliggende geul meer naar buiten geduwd wordt met bijvoorbeeld een geulwandsuppletie of strekdammen waardoor de helling van raai 6 naar de vooroever minder groot wordt.



Figuur 30 De situatie voor en na een normsituatie storm op raai 6 voor verschillende golfcondities. Zowel golfcondities behorend bij de Noordzee als golfcondities behorend bij de Waddenzee.

Raai 7

Raai 7 ligt aan de zuidwestzijde van het bedrijventerrein. Hij doorkruist twee dijken aan weerszijden van de haven die onderhouden worden door de gemeente. De meest zeewaartse Havendam is ongeveer 3,55 m + NAP en de dijk achter de haven is ongeveer 5 m + NAP hoog. Omdat raai 7 aan de Waddenzee ligt en een voorland (wat bij half-tij inundeert) heeft hebben we als uitgangspunt aangehouden dat golven de tweede dijk niet bereikt maar enkel de waterstand het bedrijventerrein onder kan laten lopen. De piekwaterstand in 2100 is ~ 4,9 m + NAP. Vanwege de tussengelegen haven ontstaat de grootste impact als de dijk landwaarts van de haven faalt.



Figuur 31 Links de positie van raai 7 in rood met aan de rechterkant het hoogteprofiel over deze raai weergegeven.

De waterstand bij een huidige normsituatie storm (1/300 per jaar) is ~ 3,7 m + NAP. In de huidige situatie zal daarom enkel de meest zeewaarts gelegen dijk onderlopen maar zal de dijk achter de haven deze waterstand kunnen keren (waarbij er wel sprake is van golfoverslag). Voorwaarde hierbij is wel dat de dijk voldoende sterk is om de kracht van het water te weerstaan. Met de

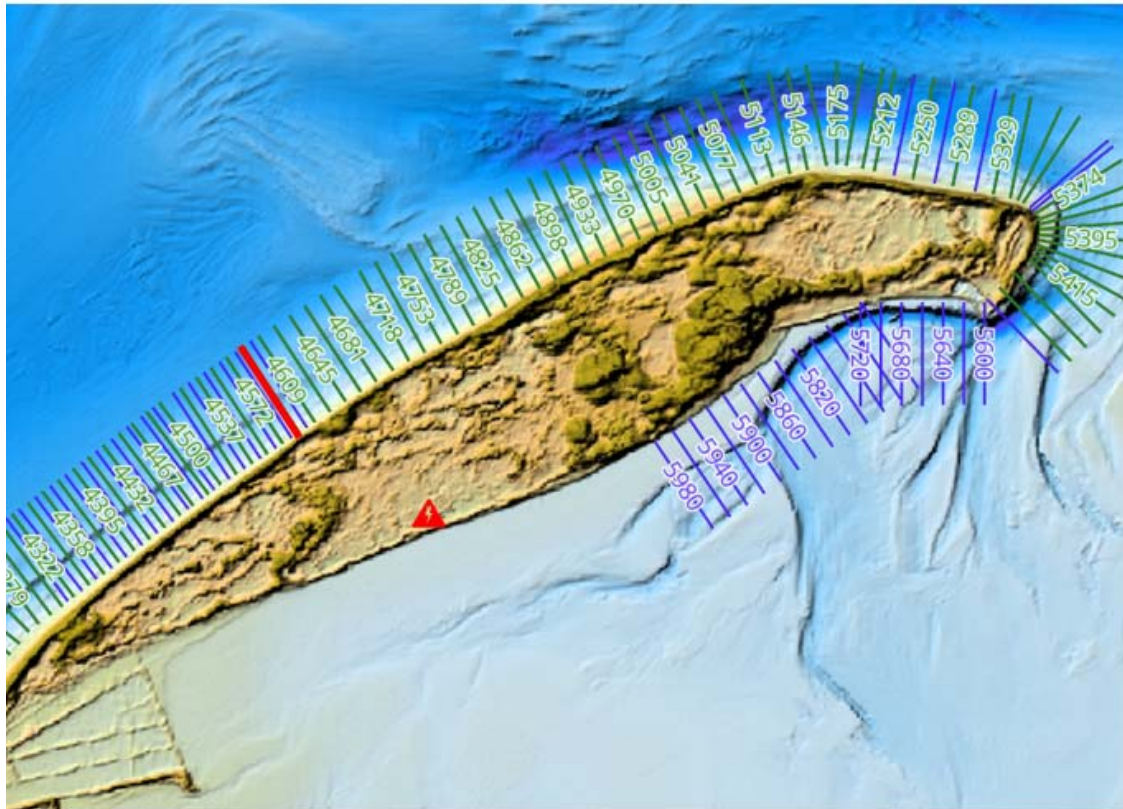
zeespiegelstijging in 2100 (1,21 m bij het veronderstelde klimaatscenario) zal de dijk achter de haven mogelijk ook nog net de waterstand bij de normsituatie kunnen keren (4,9 m + NAP waterstand tegenover 5 m + NAP hoge dijk). Echter, bij enige mate van golven óf wanneer andere faalmechanismen in werking treden dan zal het bedrijventerrein onderlopen. Het is daarom verstandig de sterkte van met name de dijk achter de haven te onderzoeken en op te hogen om een normsituatie waterstand in 2100 aan te kunnen.

Raai 11

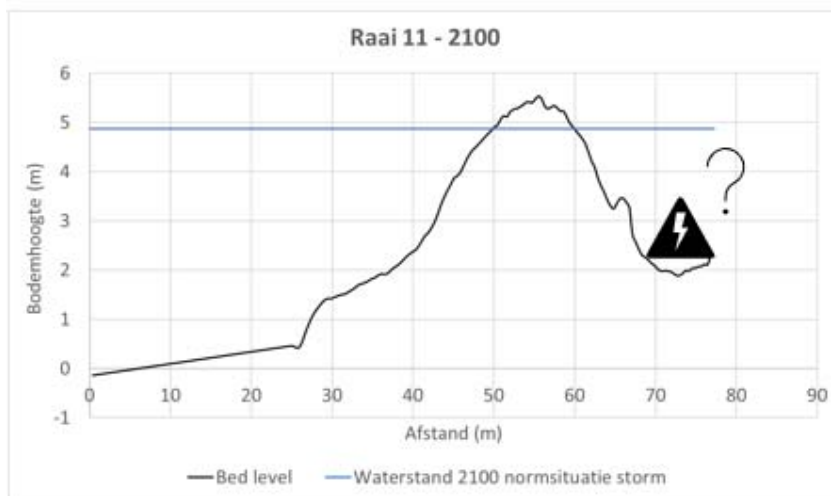
Op raai 11 bevindt zich de aanlanding van gas/elektriciteit van het hele eiland. Ook de brandstofreserve staat buitendijks. Aan de Waddenzeezijde van raai 11 bevindt zich een zandige kering van ongeveer 5,5 m + NAP hoogte. Voor raai 11 is de significante golfhoogte bij een normsituatie storm aan de Waddenzeezijde onbekend. Deze is wel bekend aan de zuidoostkant van Vlieland aan de Waddenzeezijde (locatie van raai 5820 in Figuur 32) waar de significante golfhoogte 0,89 m aan de teen van de dijk in de normsituatie storm (1/300 per jaar) is. Raai 11 ligt in een meer beschermt gebied met een ondieper voorland dan locatie 5820. Daarom is onze aanname dat de zandige kering bij raai 11 in de huidige situatie aan slechts kleine golven (<0.89 m significante golfhoogte) in de normsituatie storm blootgesteld wordt. De normsituatie waterstand en significante golfhoogte neemt toe. De normsituatie waterstand zal in 2100 rond de 5 m bedragen en de bijbehorende golfhoogtes zullen ook hoger zijn. Omdat deze kering boven circa 1.30 m hoogte volledig zandig is kan de golfaanval in 2100 dusdanig zijn dat deze zandige kering bij een normsituatie storm bezwijkt. Het is daarom van belang de sterkte van deze deels harde (tot 1.30 m) en deels zachte (1.30 – 5.5 m +NAP) kering te bepalen en indien nodig te verhogen/verbreden dan wel de bekleding aan te passen om ook de toekomstige normsituatie storm aan te kunnen.

Aan de andere kant van het eiland (aan de Noordzeezijde) bevindt zich een smal stuk duinenrij (rode lijn in Figuur 32). Als deze duinenrij doorbreekt zal het water waarschijnlijk ook de aanlanding van gas/elektriciteit kunnen bereiken.

Onze verwachting is dat door de grote ondiepte die voor raai 11 ligt in combinatie met Waddenzee golfcondities alleen relatief kleine golven raai 11 zullen kunnen bereiken. Echter, vanwege de grotere waterdiepte in 2100 zullen de golven die de zandige kering van raai 11 bereiken in kracht toenemen. Het geringe hoogteverschil tussen de zandige kering (5,5 m + NAP) en de normsituatie waterstand in 2100 bij 1,21 m zeespiegelstijging (~5 m + NAP) leidt ertoe dat mogelijk de zandige kering niet sterk genoeg is om deze situatie aan te kunnen (Figuur 33).



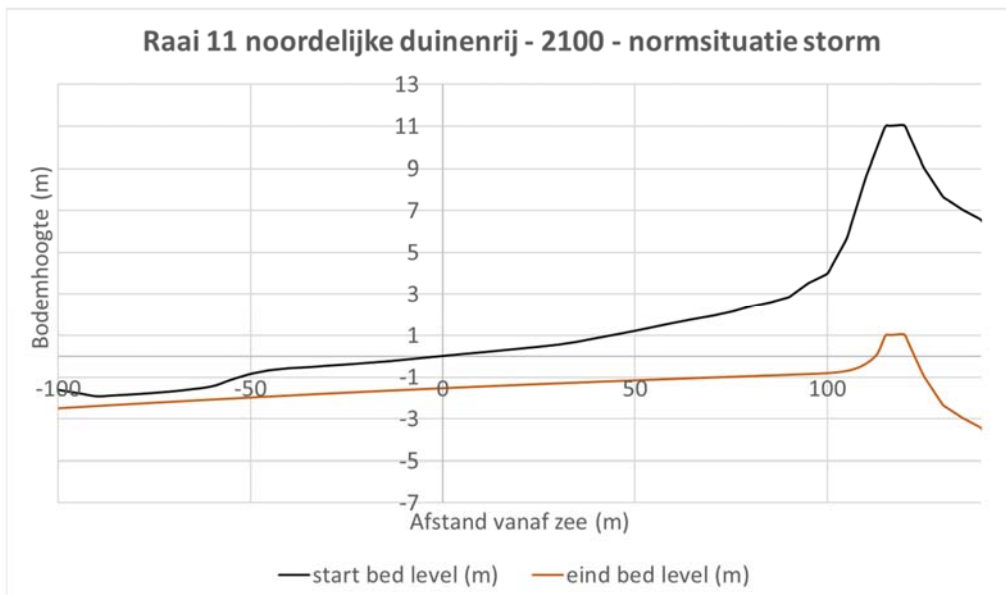
Figuur 32 Hoogtemodel van Vlieland met daarop in rood elektriciteitssymbool de locatie van de gas/elektriciteit aanlanding waar ook de originele raai 11 zich bevindt. De raaien met de nummers zijn de jarkusraaien beschikbaar rondom Vlieland.



Figuur 33 Situatie raai 11 aan de Waddenzeezijde met het aanlandingspunt als icoon weergegeven.

Er is ook een risico dat water het aanlandingspunt bereikt vanaf de Noordzee als het smalle stuk duin (~50 m breed) van de noordelijke duinenrij doorbreekt. Deze smalle duinenrij breekt door bij een normsituatie storm in 2100. Het is de vraag of het water daarna het aanlandingspunt kan bereiken. Als we naar het AHN kijken bij een waterstand van maximaal 4,9 m + NAP (max waterstand bij normsituatie storm 2100) hoogte dan kan het water het aanlandingspunt op een enkele tientallen meters na bereiken. De vraag is of dit gebied het water gaat tegenhouden aangezien de bodemhoogte van dit gebied slechts enkele tientallen cm's hoger is dan het

omliggende gebied. Echter, in de berekening vindt de doorbraak van het duin net na het hoogtepunt van de storm plaats wanneer de waterstand al naar 4,5 m + NAP gezakt is. Wellicht, wordt het aanlandingspunt dus net niet door het water bereikt.

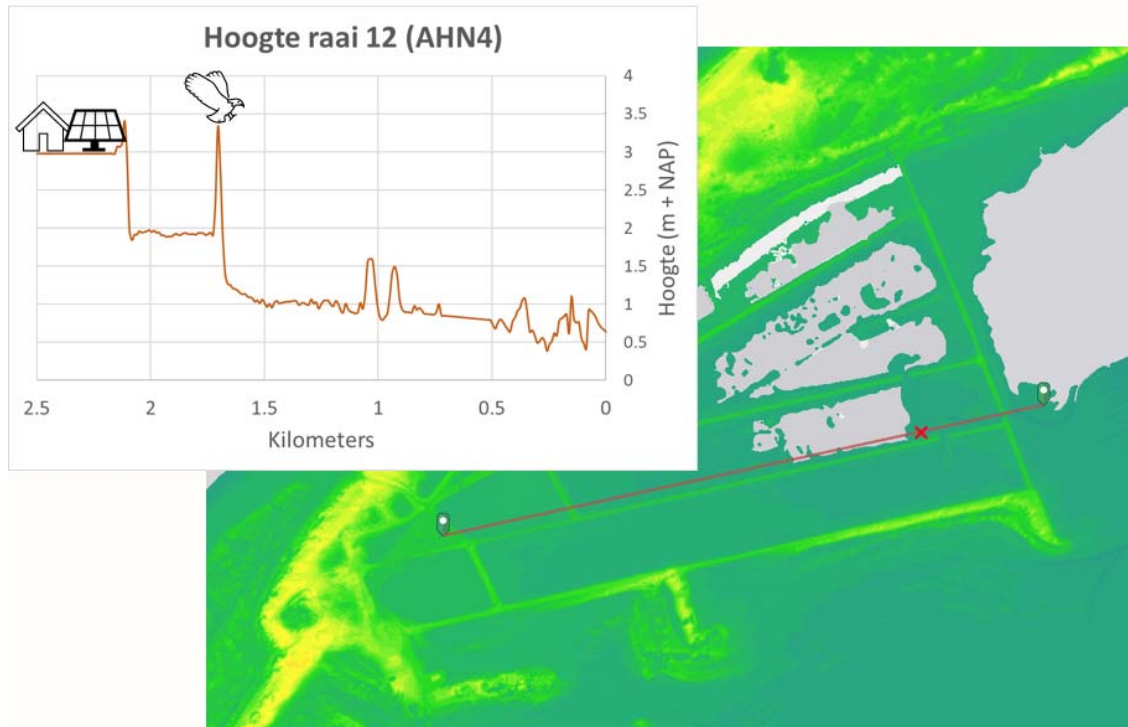


Figuur 34 De duinenrij aan de noordzijde van Vlieland voor en na een normsituatie storm vanaf de Noordzee (jarkusraai 4591, obv rekenresultaat X beach)

Het gas- en elektriciteitsaanlandingspunt heeft dus bij zeespiegelstijging een relatief hoog risico om geraakt te worden bij normsituatie stormcondities. Wij adviseren dan ook de doorbraakmogelijkheid vanuit zowel het noorden als het zuiden verder te onderzoeken door te bepalen of het water het aanlandingspunt kan bereiken en bij welke mate van storm de noordelijke duinenrij doorbreekt (is dit bijvoorbeeld ook al het geval bij een storm met een kans van voorkomen van 1/100^{ste} of 1/1000^{ste} per jaar). Daarnaast zou de sterkte van de zandige kering aan de Waddenzeezijde bepaald moeten worden om te zien of deze hoge waterstanden en golven kan weerstaan en of en wanneer de harde beschoeiing aan de teen van de zandige kering bij stijging van de zeespiegel versterkt moet worden. Daarnaast kan ook besloten worden het aanlandingspunt op een ander of een stuk hogere plaats te positioneren om de leveringszekerheid te garanderen.

Raai 12

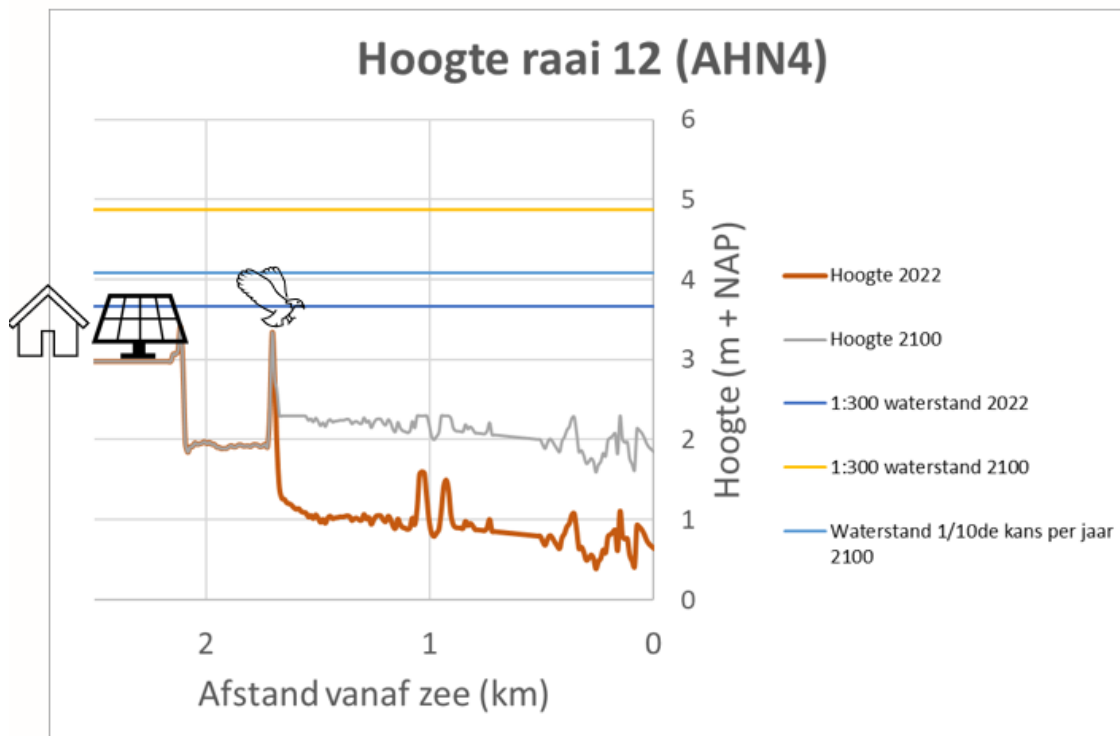
Raai 12 is een zeer langgerekte raai vanuit de Waddenzee. Op en vlak naast deze raai staan een aantal assets zoals een militair kamp, een zonne-energiecentrale en een vogelkijkhut. Op dit moment is raai 12 vanaf de wadkant open waardoor water het gebied in kan stromen. Aan de westzijde is er een kade van ongeveer 3,5 m + NAP. De oostelijke (zeewaartse) dijk die open is gemaakt heeft een hoogte van 3,6 m + NAP. De duinenrij aan de Noordzeezijde is relatief breed en hoog bij raai 12 en daarom niet onderzocht op doorbraakmogelijkheden. We gaan ervanuit dat het grootste risico voor onderlopen van raai 12 vanaf de Waddenzeezijde komt.



Figuur 35 Locatie en hoogteligging van raai 12 met daarop ingetekend de positie van de vogeluitkijkhut (vogelicoon) zonne-energiecentrale (idem) en militaire basis (huis).

Door de lage dijken op raai 12 zal bij de huidige normsituatie waterstand (~3,7 m + NAP) het gebied al onderlopen (Figuur 3533). Omdat deze waterstand enkele decimeters boven de lage dijken uitkomt zal het gebied relatief snel vollopen. In de toekomst wordt dit risico groter. In 2100 kunnen de verschillende assets al geraakt worden bij een situatie met een 1/10^{de} per jaar waterstand. Bij de normsituatie in 2100 zal bijna 2 meter water staan in het gebied van de zonne-energiecentrale en de militaire basis.

Door het gebied open te houden zal het voorland van raai 12 mee kunnen groeien met zeespiegelstijging tot maximaal springtijhoogte (pers. comm. Vincent Vuik, expert voorlanden). De daadwerkelijke meegroeipotentie wordt bepaald door aanwezigheid van sediment in het water, de stroomsnelheid op het voorland en de tijdsduur dat het water per keer op het voorland staat. Dit zorgt ervoor dat golven gereduceerd worden voor ze de westelijke dijk en de objecten bereiken. Echter, de waterstand zal zonder verhoging van de dijk de objecten bereiken. Oftewel, om de objecten te beschermen zal de dijk verhoogd moeten worden.



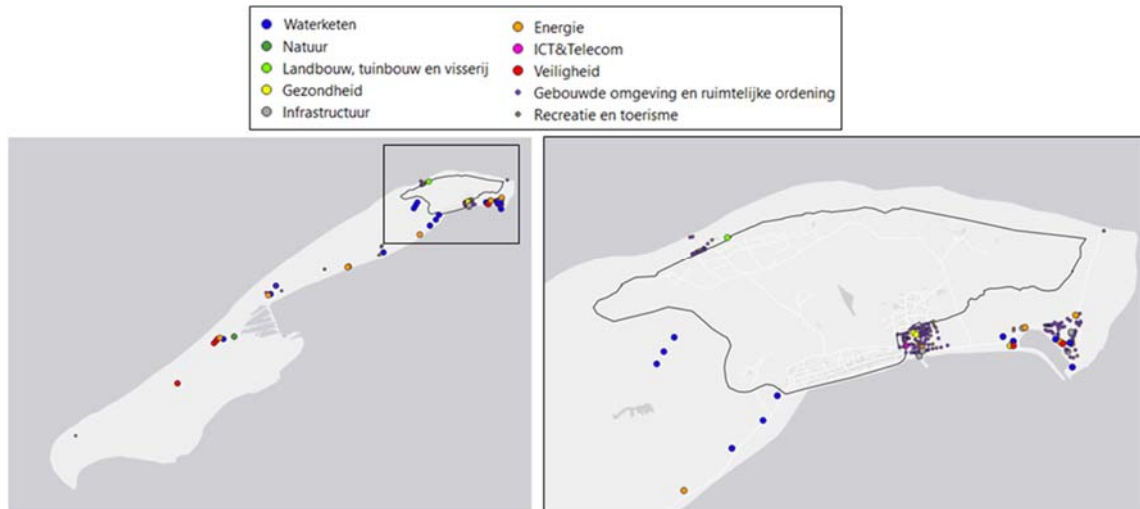
Figuur 36 Raai 12 in de huidige situatie en na maximaal meegroeien en de verschillende waterstanden. In de figuur zijn met iconen ook de vogelkijkhut, zonne-energiecentrale en de militaire basis weergegeven.

4.2 Objecten

Voor de objecten hebben we één database gemaakt, waarbij objecten afkomstig uit twee bronnen zijn gecombineerd: V&K (Vitaal en Kwetsbaar) en KRO (Kernregistratie Objecten). Op basis van de omschrijving van de objecten in de database zijn deze toegewezen aan een sector. Dit is ter controle aan de gemeente Vlieland voorgelegd. In Tabel 12 staat het totaal aantal objecten per sector en Figuur 11 geeft de ligging van de objecten in het buitendijkse gebied van Vlieland weer. Duidelijk komt het buitendijks gelegen bedrijventerrein naar boven net als het gedeelte van het dorp dat buitendijks ligt (paars).

Sector	Aantal objecten
Waterketen	27
Natuur	2
Landbouw, tuinbouw en visserij	1
Gezondheid	2
Infrastructuur	11
Energie	16
ICT & Telecom	1
Veiligheid (incl de hulpdiensten)	13
Gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening	379
Recreatie & toerisme	35

Tabel 12 Aantal objecten per sector voor het Waddeneiland Vlieland dat buitendijks staat. Al deze objecten zijn vitaal behalve 'Gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening' en 'Recreatie en Toerisme'



Figuur 37 Geografisch overzicht van de locaties van verschillende objecten op Vlieland (buitendijks).

We beschouwen als definitie voor getroffen en dezelfde als voor het binnendijkse gebied, zie paragraaf 3.2.1.

4.3 Uitwerking in ambitieniveaus vitale en kwetsbare objecten

De ambitieniveaus moeten gezien worden als een stapeling. Bij een hoger ambitieniveau worden **aanvullende eisen** gesteld aan de kwetsbaarheid van de ruimtelijke omgeving. In de komende paragrafen wordt ingegaan op de consequentie van verschillende ambitieniveaus voor een waterveiligheidsstrategie. Hierbij wordt steeds gekeken naar welke objecten getroffen worden. Afhankelijk van de invulling van de ambitie moet beleid/plannen gemaakt worden om de functie van deze objecten te behouden.

Opgemerkt wordt dat er alleen overstromingsscenario's beschikbaar zijn met een frequentie tot 1/10.000 per jaar en alleen voor de huidige situatie. Een gebeurtenis die in de huidige situatie een kans van 1/10.000ste per jaar voorkomen heeft, heeft vanwege klimaatverandering in 2050 een kans van orde grootte 1/3.333ste per jaar. En in 2100 is deze kans vergroot naar orde grootte 1/1.000ste per jaar. Een gebeurtenis die in de huidige situatie een kans van voorkomen van 1/10de per jaar heeft zal in 2100 een kans van voorkomen van één per jaar hebben.

De objecten in het buitendijkse gebied hebben een functie in relatie tot de continuïteit op het gehele eiland. Als referentie voor het beschermingsniveau gaat we dan idealiter uit van een vergelijkbare bescherming als op Ameland, dat betekent een eis van 1/100.000 per jaar. Deze eis is zoals eerder opgemerkt relatief streng. Voor deze strenge eis is gekozen vanwege de afhankelijkheid van het vasteland en in de wetenschap dat het vasteland waarschijnlijk ook veel schade heeft. Omdat een 1/100.000 per jaar scenario ontbreekt is het meest extreme scenario gekozen. Op basis van de decimeringshoogte (de toename van de waterstand bij een situatie die 10 maal extremer is) kan de toename van de waterdiepte worden geschat.

4.3.1 Schuilen & overleven (ambitieniveau 1)

Voldoende schuilplaatsen

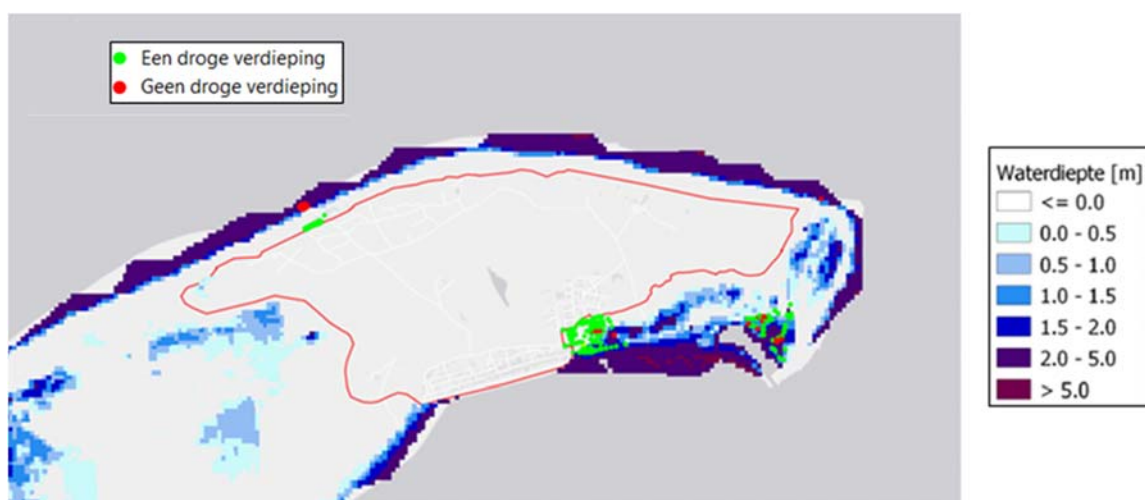
Bij ambitieniveau schuilen & overleven gaat het om voldoende schuilplaatsen tijdens een overstroming. Hierbij wordt als eis gesteld dat minimaal 1/3 van de woningen een droge verdieping

moet hebben. Een droge verdieping gaat ervanuit dat er géén water staat (0 cm en dus geen 20cm) op de begane grond of de eerste verdieping (2.65m hoog). Tabel 13 geeft het percentage woningen dat geen droge verdieping heeft en Figuur 38 laat zien hoe deze wel of geen droge verdiepingen verspreid liggen over het eiland. In het buitendijks gebied van Vlieland zijn voldoende schuilplaatsen aanwezig in extreme situaties.

Belangrijk te realiseren bij vluchtplaatsen voor het buitendijkse gebied is dat er vaak nog en vluchtmogelijkheid zal zijn naar het binnendijkse gebied op het eiland. Waarschijnlijk is dat gebied namelijk nog droog.

Kans op voorkomen	Percentages geen droge verdieping
1/10ste per jaar	6%
1/100ste per jaar	9%
1/1000ste per jaar	10%
1/10.000ste per jaar	11%

Tabel 13 Percentage objecten van gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening dat geen droge verdieping heeft in huidige situatie



Figuur 38 Een beeld van de objecten in de sector gebouwde omgeving en ruimtelijke ordening die wel of geen droge verdieping hebben in het oosten van het eiland bij een 1/10.000 pj gebeurtenis op basis van de informatie uit LIWO en het KRO-bestand.

De verwachting is dat toeristen op het eiland die in buitendijks gebied verblijven voldoende mogelijkheid hebben om zich naar droge objecten en/of binnendijks gebied te verplaatsen.

Niet zelfredzamen en energie aanlandpunt

In het buitendijks gebied komen in de onderzochte scenario's geen objecten onderwater te staan welke niet zelfredzamen huisvesten. De elektriciteitsverbinding met het vasteland staat op een kwetsbare plek. In alle LIWO-scenario's overstroomt dit object met waterdieptes tussen 0.5m (1/10^{de} kans per jaar) en 2m (1/10.000ste kans per jaar)¹³, echter al eerder is geconstateerd dat geen rekening is gehouden met duinen en niet genormeerde keringen die bescherming bieden met name bij de hoge terugkeertijden. Hierdoor kan het eiland lange tijd zonder elektriciteit zitten.

Hulpdiensten en Levensmiddelen

¹³ In LIWO wordt de voorliggende zandige kering zoals beschreven in hoofdstuk 4.1.2 niet meegenomen.

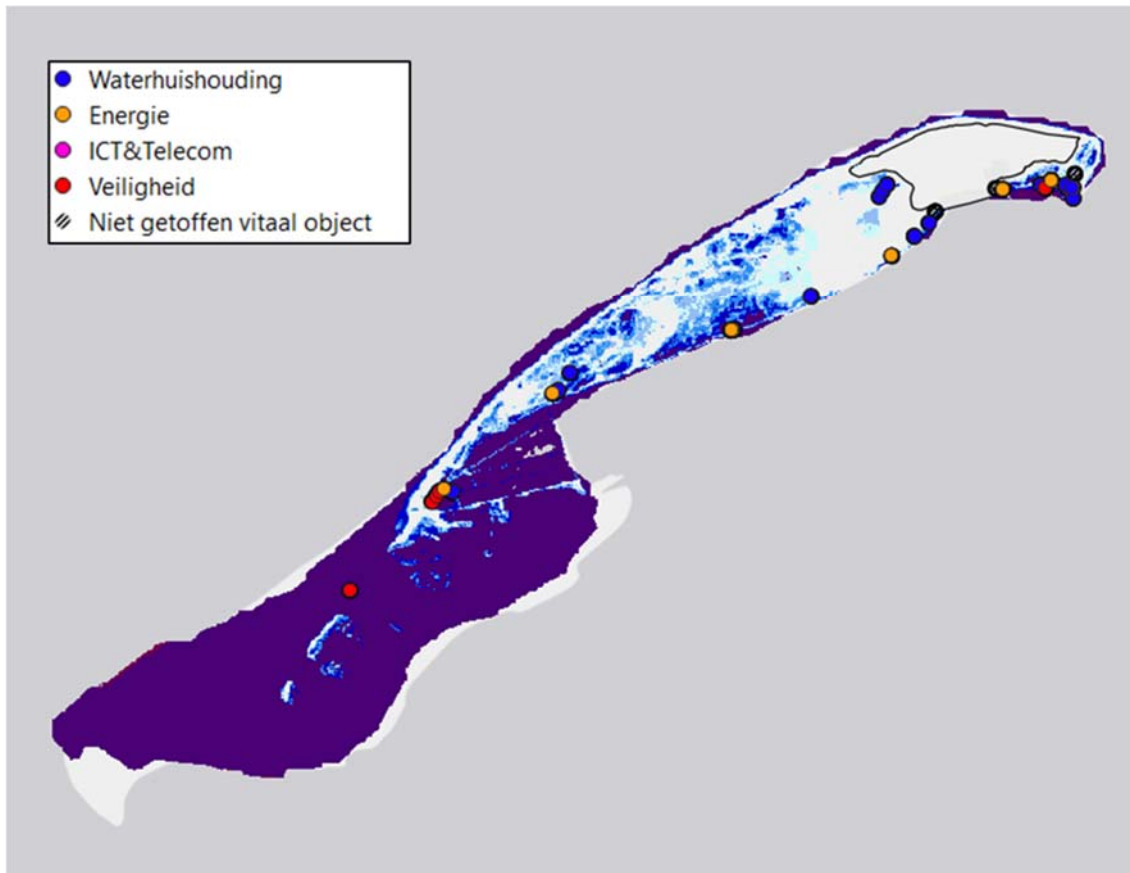
Het gaat hierbij om het veiligstellen van het materiaal van de hulpdiensten. Bij een overstroming vanaf een kans van voorkomen van 1/1000^{ste} wordt de stalling van de ambulance geraakt. Deze ambulances en andere medische voertuigen zouden bij dreiging van overstroming verplaatst kunnen worden naar een droge locatie.

4.3.2 Vitaal beschermen en bereikbaarheid (ambitieniveau 2)

Bij dit ambitieniveau gaat het aanvullend over vitale objecten en bereikbaarheid op en naar het eiland (aanlegplaatsen en bereikbaarheid via hoofdwegen). Ook gaat het over aannemers en gemeentewerven, waarvan het materiaal beschermd moeten worden om zo ná de overstroming weer snel inzetbaar moet zijn. Voor het buitendijks gebied van Vlieland geldt dat de Havenweg een belangrijke verbinding is tussen het dorp en het bedrijventerrein. De gemeentewerven en verschillende aannemers bevinden zich op het oostelijk gelegen bedrijventerrein dat buitendijks ligt maar zouden ook kunnen omrijden via de noordzijde als het bedrijventerrein zelf niet is overstromd (de kans dat dit terrein overstromd is kleiner dan de LIWO kaarten aangeven door de aanwezigheid van keringen). In de categorie veiligheid vallen bijvoorbeeld de KNRM, de ambulancestalling, de helihaven en de luchtverkeersleiding. In Tabel 14 zijn het aantal getroffen objecten weergegeven en Figuur 39 geeft een beeld van de 1/10.000^{ste} per jaar situatie.

Huidig	1/10	1/100	1/1000	1/10.000
Waterketen (27)	6	10	20	22
Energie (16)	10	11	14	14
ICT&Telecom (1)	0	0	0	0
Veiligheid (13)	8	10	13	13

Tabel 14 De objecten die getroffen worden bij verschillende situaties uitgaande van de LIWO scenario's, voor de hoge terugkeertijden lijken de effecten overschat gegeven aanwezige niet genormeerde duinen en dijken waar geen rekening mee is gehouden.



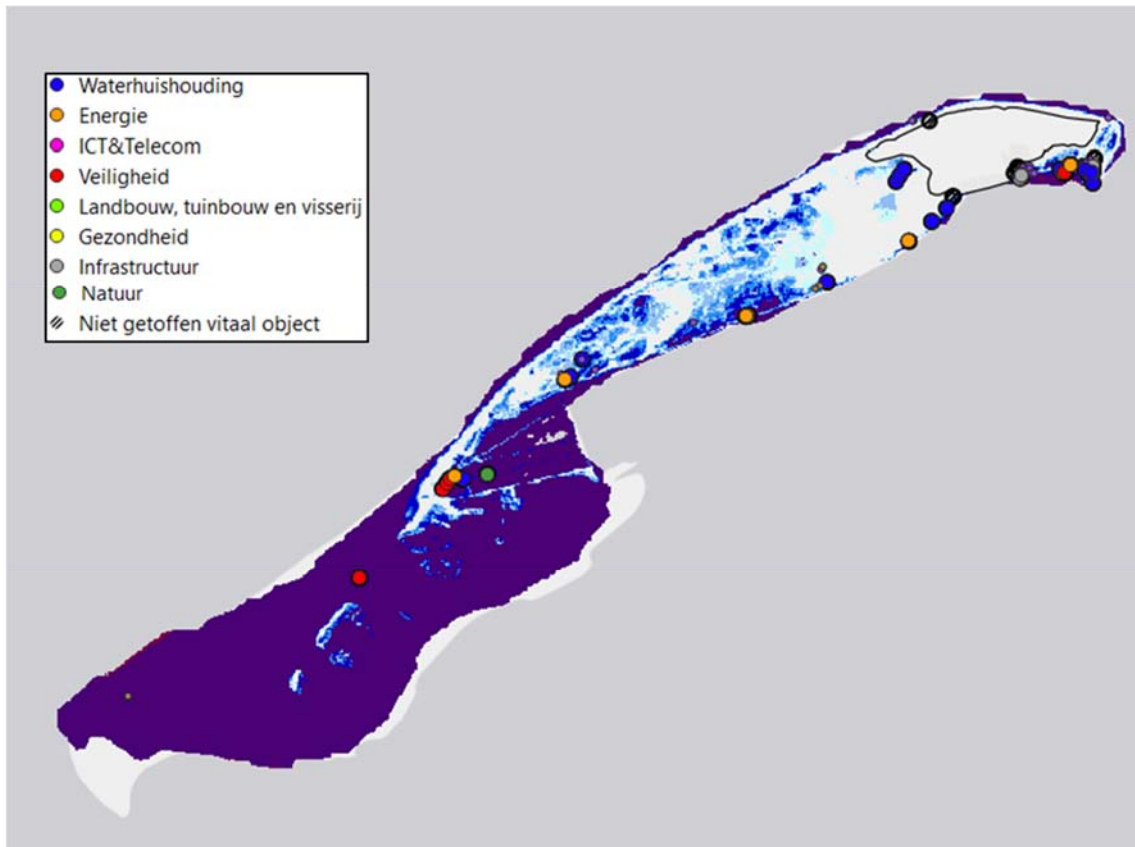
Figuur 39 Een beeld van de getroffen (en niet getroffen) objecten per sector voor de 1/10.000ste per jaar kans situatie.

4.3.3 Vitaal beschermen ++ (ambitieniveau 3)

Bij het derde ambitieniveau wordt aanvullend nog gekeken naar drie sectoren, namelijk land- & tuinbouw en visserij, gezondheid en infrastructuur. In Tabel 15 zijn het aantal getroffen objecten weergegeven en Figuur 43 geeft een beeld van de extreme situatie in 2100. Voor de extreme situaties wordt een groot aandeel van deze aanvullende objecten binnen dit ambitieniveau getroffen tijdens een overstroming (huidige situatie 93% en opnieuw in 2100 alle objecten op één na).

Huidig	1/10	1/100	1/1000	1/10.000
Land- & tuinbouw, visserij (1)	0	0	0	0
Gezondheid (2)	0	0	0	0
Infrastructuur (11)	6	11	11	11

Tabel 15 De objecten die getroffen worden bij verschillende situaties.

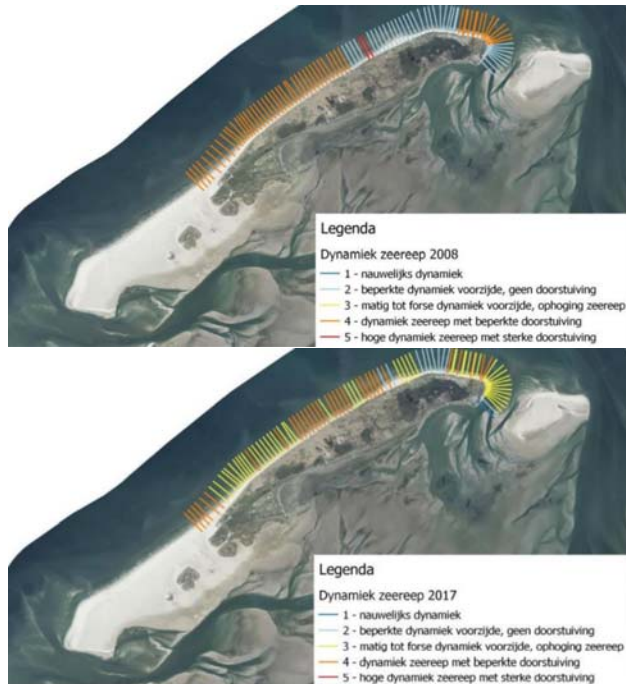


Figuur 40 Een beeld van de getroffen (en niet getroffen) objecten per sector voor de 1/10.000ste per jaar kans situatie

4.4 Uitwerking in ambitieniveaus ruimtevraag benutten ruimtelijke processen

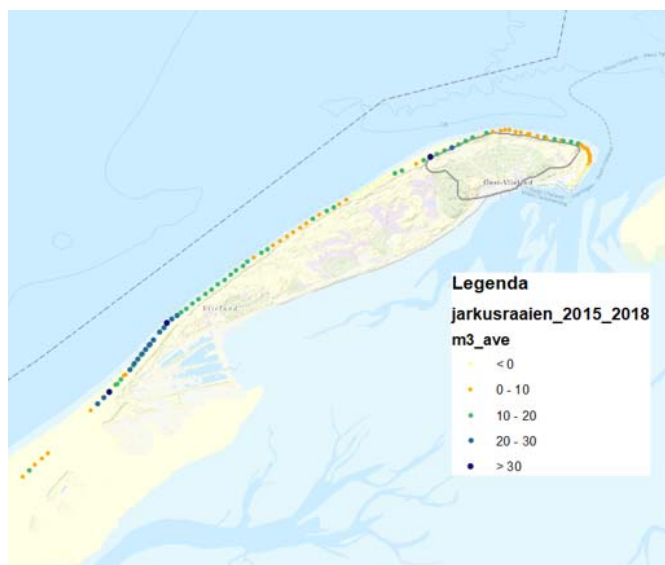
4.4.1 Meegroeien zoals het nu gaat

Op een groot deel van de Vlielandse zeereep vindt dynamiek plaats aan de zeezijde. Ten westen van kilometerpaal 49 wordt dynamiek toegelaten (Arens, 2008). Echter, de mate van dynamiek aan de westzijde van Vlieland neemt af sinds 2008 (beheerbibliotheek Kust Vlieland, Figuur 41). Dit geldt met name voor de doorstuiving. Wel zijn in de winter van 2021/2022 op Vlieland 9 relatief kleine kerven aangelegd welke doorstuiving zouden moeten bevorderen (Nijenhuis, 2022). Hierbij is ook een fietspad verplaatst zodat deze geen hinder ondervindt door overstuiving.



Figuur 41 Dynamiek van zeereep Vlieland in 2008 en 2017 (beheerbibliotheek kust Vlieland)

Het grootste gedeelte van de duinenkust van Vlieland groeit aan (Figuur 4239). De mate waarin verschilt van plek tot plek. Voor Vlieland geldt dat de duinenkust in het zuidelijke gedeelte hard meegroeit (20-30 m³/m/jaar, zie Figuur 42), het middelste gedeelte redelijk hard meegroeit (10-20 m³/m/jaar, zie Figuur 42) en verder naar het oosten de mate van aangroei op het buitendijks gelegen duingebied afneemt (<0-10 m³/m/jaar). Dit heeft te maken met de dynamiek in de zeereep (Figuur 41) maar ook bijvoorbeeld met de positie van de kust t.o.v. de dominante windrichting. De verwachting is dat door het afnemen van de dynamiek en de doorstuiving in de zeereep met name in het westelijk gedeelte van Vlieland de mate van aangroei zal afnemen en over een minder breed gebied zal plaatsvinden zonder ingrepen. De voorlanden aan de Waddenzeezijde groeien slechts langzaam mee.



Figuur 42 Aangroei van de duinen in m³/m/jaar op Vlieland in de jaren 2015-2018 (Wegman et al., 2021)

Voor dit ambitieniveau zijn geen acties op korte termijn nodig. Op termijn bij zeespiegelstijging zal op sommige locaties onderhoud nodig zijn, bijvoorbeeld door het toevoegen van zand voor de duinen. De duinen die onderdeel zijn van de primaire waterkering zijn sterk genoeg om normomstandigheden te weerstaan en zullen dat voorlopig blijven, ook bij zeespiegelstijging. Echter, om bijvoorbeeld het buitendijks gesitueerde strandhotel op raai 5 ook onder normomstandigheden veilig te houden is wel extra zand nodig. Daarnaast, als de trend van vermindering van dynamiek in west Vlieland doorzet zal de mate van aangroei ook afnemen. Omdat de duinenrij van west Vlieland geen primaire kering is zal deze niet op sterkte worden gehouden. Voor de identiteit van het eiland en de daar liggende functies is west Vlieland belangrijk, mochten sommige plekken zeer zwak worden in de toekomst (met zeespiegelstijging) dan kan besloten worden om hier extra zand op te leggen om de duinen van west Vlieland te verstevigen. Hetzelfde geldt voor de keringen aan de zuidzijde van Vlieland die niet bij de primaire waterkering behoren. Op termijn zullen deze versterkt moeten worden om bepaalde buitendijkse objecten een voldoende beschermingsniveau te bieden, zoals bijvoorbeeld bij raai 12 het geval is.

4.4.2 Stimuleren meegroeien duinen en voorlanden

Als voor het ambitieniveau 'stimuleren meegroeien duinen en voorlanden' wordt gekozen zou dat op Vlieland in drie gebieden stimulering van aangroei betekenen. De verstuuving in west Vlieland wordt meer gestimuleerd door verstuuvinggebieden en kerven te creëren. Dit zorgt voor meer aangroei en doorstuiving en zal de trend van vermindering in dynamiek keren indien deze gebieden op de juiste manier worden aangelegd (opening niet te hoog en juiste breedte) en actief onderhouden worden (embryoduinen en sommige vegetatie verwijderen). Omdat dit gebied op dit moment een lage meegroeisnelheid heeft, zullen de ingrepen goed gemonitord moeten worden en adaptief beheer mogelijk zijn om voor zoveel mogelijk aanzanding in het gebied te zorgen.

Ook zou aan de noordoostkant van Vlieland wat meer dynamiek van de zeereep met beperkte doorstuiving gerealiseerd kunnen worden omdat hier slechts één object staat. Deze strandtent (Strandpaviljoen Oost) staat al op palen maar zou bijvoorbeeld iedere paar jaar verplaatst kunnen worden om ervoor te zorgen dat het doorstuiven over het gehele gebied kan plaatsvinden en eventueel zouden kerven aangelegd kunnen worden om dynamiek te bevorderen. Doorstuiving en daarmee sterkere aangroei van de duinenkust aan de oostzijde van Vlieland realiseren zal lastig zijn omdat vanwege de dominante windrichting vanuit het zuidwesten dit gebied waarschijnlijk niet of nauwelijks zal aangroeien.

Voor wat betreft het meegroeien van voorlanden zou onderzocht kunnen worden of het verder 'openmaken' van het gebied rondom raai 12 voor significant meegroeien en dus meer veiligheid zorgt.



Figuur 43 Locaties waar doorstuiving (windvaantjes) en waar meegroeien van voorlanden (meegroeien) gestimuleerd kan worden binnen ambitieniveau 2.

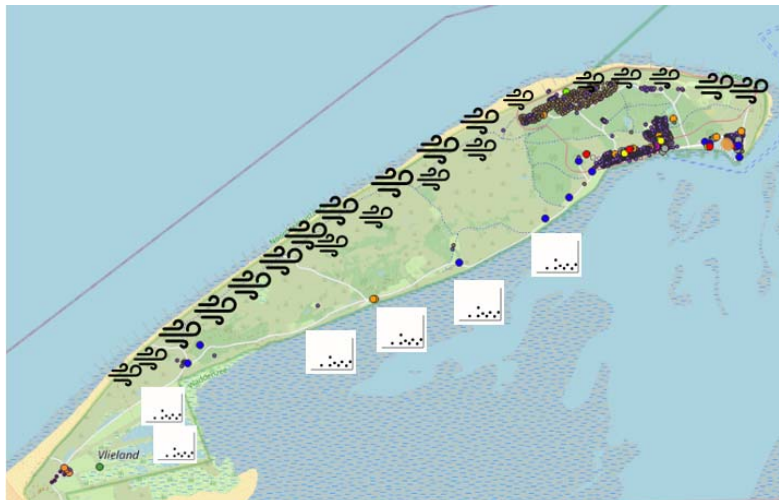
Op termijn zullen de gemeentelijke keringen aan de zuidzijde en duinen ten oosten van het dorp moeten worden versterkt om te zorgen dat de functies die daarvan afhankelijk zijn droog blijven. Ook zullen de keringen rondom raai 12 verhoogd moeten worden om te zorgen dat het water niet de objecten daarachter kan bereiken.

4.4.3 Extra stimuleren meegroeien duinen en voorlanden

Dit ambitieniveau bouwt op, op het vorige ambitieniveau. De maatregelen die daarin voorgesteld zijn gelden ook voor dit ambitieniveau. In dit ambitieniveau nemen we ook verstuivingsgebieden in de primaire kering in het noordelijk dungebied op. Het vraagt nader onderzoek of verstuiving aan de zeezijde van de primaire kering hier leidt tot op termijn een robuustere duinwaterkering en of de aanleg van verstuivingsgebieden de duinwaterkering niet verzwakt (duinwaterkering moet natuurlijk ten allen tijden aan de normering voldoen). Dit kan tot gevolg hebben dat verschillende binnendijks gelegen functies zoals de camping vaker onderstoven raken.

Daarnaast zou in dit ambitieniveau aan de gehele zuidzijde van het eiland voorlandaangroei gestimuleerd worden. Omdat dit vooral open gebied betreft zijn er kennisvragen hoe dit het beste te bewerkstelligen. Wellicht kan er een zogenaamde 'Slibmotor'¹⁴ ingezet worden waarbij strategisch kiezen van de locatie om gebaggerd sediment te deponeren leidt tot sterkere aangroei van voorlanden. Echter, in de omgeving van Vlieland wordt geen slib gebaggerd. Als het slib van verder moet komen is het de vraag of dit sediment dezelfde samenstelling heeft als het sediment aan de Waddenzeezijde van Vlieland en of dit uit kan qua kosten. Ook zal door de natuurlijke situatie van relatief weinig aangroei van de voorlanden mogelijk verdergaande maatregelen nodig zijn om de oevers te laten opslibben bijvoorbeeld door palenrijen te plaatsen.

¹⁴ <https://www.ecoshape.org/nl/pilots/slibmotor-haven-van-harlingen/>



Figuur 44 Locaties waar doorstuiving (windvaantjes) en waar meegroeien van voorlanden (dunes) gestimuleerd kan worden binnen ambitieniveau 3.

Op termijn zullen de keringen rond het bedrijventerrein en de keringen voor de woningen aan de oostzijde van het dorp versterkt moeten worden. Afhankelijk van de mate van aangroei van de voorlanden en duinen is mogelijk nog extra zand (duinen) of versterking van de harde keringen nodig om de waterveiligheid te waarborgen.

4.5 Maatregelen

Om te voldoen aan de gestelde eisen binnen de ambitieniveaus zijn verschillende maatregelen denkbaar. Deze maatregelen verschillen per ambitieniveau, waarbij er uiteindelijk draait om functieverlies te voorkomen.

Bij het ambitieniveau schuilen en overleven wordt nu voldaan aan de eis voor voldoende **schuilplaatsen**. Zeker als in overweging wordt genomen dat mensen in veel gevallen naar het binnendijkse gebied kunnen vluchten. Voor de elektriciteitsaansluiting moet gekeken worden hoe deze minder kwetsbaar gemaakt kan worden tegen overstromingen. Dit is een object waarbij de functie sterk locatie-afhankelijk is en niet zomaar te verplaatsen is.

Wanneer we kijken naar het tweede en derde ambitieniveau draait het om vitale objecten beschermen en het eiland bereikbaar te houden. Wat betreft de **vitale objecten** moet gekeken worden of deze tijdelijk hun functie verliezen (tijdens de overstroming) of daadwerkelijk kapotgaan en daarmee langere tijd hun functie verliezen. Als hier sprake van is kan ofwel het ontwerp aangepast worden of wel plannen gemaakt worden om langdurige uitval te voorkomen.

De mate waarin het meegroeien van de kust (voorlanden en duinen) gestimuleerd wordt is een beleidskeuze en raakt aan de identiteit van het eiland. Het westelijk deel van Vlieland bijvoorbeeld is belangrijk voor de identiteit en functies van het eiland. Meegroeien stimuleren kan hier een natuurvriendelijke manier zijn om de waterveiligheid in dit gebied te vergroten en de natuurlijke dynamiek en ecologie die daarbij hoort te stimuleren. Indien ervoor gekozen wordt dit meegroeien niet (extra) te stimuleren zal het westelijk deel van Vlieland ook nog lange tijd blijven bestaan. Echter in dat geval zal de kust langzaam steeds wat minder dynamisch worden wat ook effect heeft op de ecologie van dit deel van het eiland (zie de huidige trend, Figuur 41). De stevigheid van de

duinen kan als dat nodig is gewaarborgd worden door extra zand handmatig aan de duinen toe te voegen. Hetzelfde geldt voor de andere duingebieden op het eiland.

Voor de niet-primaire waterkeringen aan de zuidzijde van het eiland geldt dat de bescherming door deze keringen achteruit zal gaan door zeespiegelstijging. Deze keringen kunnen door lokale beschermingsmaatregelen versterkt worden of objecten die daarvan afhankelijk zijn kunnen verplaatst worden. Het is niet altijd duidelijk wie deze keringen beheert en hoe sterk deze zijn. Deze keringen zouden door het meegroeien van voorlanden en duinen mogelijk minder opgehoogd hoeven te worden en de effecten van een eventuele doorbraak zullen verkleinen door het hogere voorland omdat minder water naar binnen zal stromen. De haalbaarheid en snelheid van het natuurlijk verhogen van de voorlanden staat ter discussie vanwege de relatief geringe hoeveelheid sediment in de waterkolom aan de Waddenzeezijde van Vlieland.

4.6 Consequenties strategieën

In de

























	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000
Schuilen & overleven	Schuilplaatsen Niet-zelfredzamen Aansluiting elektriciteit	Schuilplaatsen Niet-zelfredzamen Aansluiting elektriciteit	Schuilplaatsen Niet-zelfredzamen Aansluiting elektriciteit	Schuilplaatsen Niet-zelfredzamen Aansluiting elektriciteit
Vitaal beschermen en bereikbaarheid	Vitaal beschermen (24) Bereikbaarheid	Vitaal beschermen (31) Bereikbaarheid	Vitaal beschermen (47) Bereikbaarheid	Vitaal beschermen (49) Bereikbaarheid
Vitaal beschermen ++	Vitaal beschermen ++ (30)	Vitaal beschermen ++ (42)	Vitaal beschermen ++ (58)	Vitaal beschermen ++ (60)

Tabel 16 is per ambitieniveau samengevat wat dit betekent voor de huidige objecten op het Waddeneiland Vlieland, waarbij wordt gekeken naar verschillende overstromingsscenario's. In de tabel is aangegeven bij welke aspecten van het ambitieniveau op dit moment wordt voldaan aan de gestelde eis () en voor welke aspecten een opgave aanwezig is (). Voor de vitale objecten is aangegeven om hoeveel objecten het gaat waarvoor een opgave is (aantal objecten dat wordt getroffen bij een overstroming).

Een gebeurtenis die in de huidige situatie een kans van 1/10.000ste per jaar voorkomen heeft, heeft vanwege klimaatverandering in 2050 een kans van orde grootte 1/3.333^{ste} per jaar. En in 2100 is deze kans vergroot naar orde grootte 1/1.000^{ste} per jaar. Een gebeurtenis die in de huidige situatie een kans van voorkomen van 1/10^{de} per jaar heeft zal in 2100 een kans van voorkomen van ééns per jaar hebben.

Een flink aantal vitale objecten wordt getroffen tijdens een extreme overstroming. De vraag is of objecten daadwerkelijk hun functie verliezen wanneer er water tegenaan staat? Door deze kennisleemte is het onbekend hoe groot de opgave bij bepaalde ambitieniveaus daadwerkelijk is, want het kan zijn dat bepaalde objecten prima tegen water kunnen en hun functie niet verliezen. Wanneer voor een ambitieniveau gekozen wordt, zal hiernaar gekeken moeten worden en indien

nodig beleid en/of plannen moeten worden gemaakt om de kwetsbaarheid te verkleinen. Dit hoeft niet direct een opgave vanuit waterveiligheidsbeleid te betekenen, maar focust op meekoppelkansen van waterveiligheid bij een vervangingsopgave of bij de bouw van een nieuw vitaal object.

	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000
Schuilen & overleven	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen  Aansluiting elektriciteit	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen  Aansluiting elektriciteit	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen  Aansluiting elektriciteit	 Schuilplaatsen  Niet-zelfredzamen  Aansluiting elektriciteit
Vitaal beschermen en bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (24)  Bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (31)  Bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (47)  Bereikbaarheid	 Vitaal beschermen (49)  Bereikbaarheid
Vitaal beschermen ++	 Vitaal beschermen ++ (30)	 Vitaal beschermen ++ (42)	 Vitaal beschermen ++ (58)	 Vitaal beschermen ++ (60)

Tabel 16 Een samenvatting van de consequenties van elk ambitieniveau bij de verschillende LIWO scenario's. Hierbij is gekeken of wordt voldaan aan de eis en/of voor hoeveel objecten beleid/plannen gemaakt moeten worden. Met name voor hogere terugkeertijden kunnen de effecten zijn overschat door de aanwezige niet genormeerde duinen en waterkeringen.

5 Synthese en aanbevelingen

5.1 Synthese op basis van de pilots

De Waddeneilanden zijn uniek in Nederland. In geval van een (dreigende) overstroming kan de verbinding met het vasteland enige tijd wegvallen. De herstelperiode kan lang duren, zeker als er schaarste is aan middelen en andere delen van Nederland ook zijn getroffen.

De studie laat zien dat de impact van zeespiegelstijging anders is voor het binnendijks en buitendijks gebied. Voor alle objecten kan worden bepaald wat maatgevende waterstanden zijn in de huidige situatie en 2100 bij de verwachte klimaatverandering. De beschikbaarheid en kwaliteit van de buitendijkse overstromingsscenario's is een aandachtspunt. De beschikbaarheid gaat over het ontbreken van voldoende extreme scenario's in met name 2100. De kwaliteit gaat om de ruimtelijke resolutie van de waterdiepte kaarten, de duiding van de sterkte van niet primaire keringen, en de ligging van de primaire keringen en andere kerende elementen.

5.1.1 Binnendijks

Voor het binnendijks gebied neemt de verwachte maximale omvang (en vooral de diepte) van een overstroming toe in de toekomst. De kans op een overstroming blijft echter gelijk omdat waterkeringen worden versterkt. De maximale diepte is echter tijdelijk en alleen tijdens de piek. Nadat de zeewaterstand daalt zal ook water weer richting zee stromen, echter niet alles (met name in bedijkt gebied). Dat betekent dat het van belang is dat inwoners en toeristen een korte tijd kunnen schuilen zodat ze kunnen overleven (waarvoor ook evacuatieplannen nodig zijn). Uit de analyse blijkt dat er voldoende schuilplaatsen zijn voor inwoners en toeristen. Met name toeristen hebben wellicht hulp nodig om deze te vinden.

Na het zakken van het water kunnen schuilplaatsen worden verlaten en kan een eerste herstel gaan plaatsvinden. Ook kunnen toeristen en inwoners dan naar de wal reizen. Herstel (en de leefbaarheid) kan worden bespoedigd door middelen, inclusief eten en drinken, veilig te stellen voorafgaand aan de overstroming zodat de periode beter overbrugd kan worden tot de verbindingen met de vast wal hersteld zijn. Een aantal objecten, zoals het energie aanlandpunt zijn cruciaal voor de voorzieningen en de leefbaarheid op het eiland. Dit punt ligt zowel op Ameland als op Vlieland (buitendijks) op een kwetsbare plaats. Overwogen kan worden deze locatie te wijzigen, lokaal te beschermen of in te zetten op een snel herstel. Het is nog onduidelijk wat de herstelmogelijkheden zijn van deze objecten en of uitval kan worden voorkomen bij de kritieke waterdieptes.

5.1.2 Buitendijks

Voor buitendijks gebied geldt dat hoogwater en overstromingen in de toekomst vaker voorkomen. In het buitendijks gebied op Vlieland liggen ook waterkeringen die worden beheerd door de gemeente, er liggen ook keringen waarvan niet bekend is wie deze onderhoudt en de mate waarin. Voor de primaire waterkeringen is geborgd dat deze worden onderhouden zodat de faalkans gelijk blijft, voor de keringen in buitendijks gebied is er geen wettelijke verplichting. Hierdoor kan de kans op wateroverlast toenemen, en kunnen objecten overstromen en dus functies uitvallen. De

vraag is wat de acceptabele kans op uitval is. Voor de binnendijkse gebieden is in de pilot onderscheid gemaakt in de normsituatie (orde 1/1.000pj) en extreme omstandigheden (orde 1/100.000 pj). Het ligt voor de hand dat de objecten die zijn beschouwd buitendijks bij vervanging worden ontworpen op een vergelijkbaar voorzieningenniveau als objecten binnendijks (zoals uitgewerkt voor de pilot op Ameland), immers deze objecten hebben ook een functie voor de continuïteit binnendijks.

5.1.3 Ambitieniveaus

In het onderzoek zijn verschillende ambitieniveaus beschouwd voor het ruimtelijke beleid. Dit ruimtelijk beleid is aanvullend op het beleid voor preventie (keringen) en kustlijnzorg. Het ruimtelijk beleid draagt bij aan snelle terugkeer naar een normale(re) situatie na een overstroming. Het ruimtelijk beleid heeft ook impact op de crisisbeheersing, hoe robuuster de inrichting op de Waddeneilanden hoe groter de leefbaarheid bij rampen en hoe kleiner de opgave bij hulpverlening. Het ambitieniveau zelf is een keuze voor bestuurders. Vier mogelijke ambities zijn geformuleerd, uitgaande van de maximale waterdieptes die kunnen optreden bij extreme situaties.

- Ambitie 1: Schuilen en overleven
- Ambitie 2: Schuilen, overleven en basis voor herstel vitale infrastructuur
- Ambitie 3: Schuilen, overleven en basis voor herstel vitale infrastructuur ++
- Ambitie 4: Voorkomen impact aan alle bebouwing. Ambitie 4 is bestempeld als onhaalbaar en niet verder uitgewerkt.

De ruimtelijke inspanning bij ambitie 3 is groter dan bij 2, en die van 2 groter dan bij 1. Het is niet nodig om de inspanning nu direct te leveren, hierdoor zouden de kosten erg hoog zijn. Het is aantrekkelijker om mee te liften met groot onderhoud en vervangingsopgaven de komende decennia. Dit vereist wel een keuze in de ambities, en een duidelijke verankering in de ruimtelijke planvorming met ontwerpeisen.

5.1.4 Duidingskader

De uiteindelijke keuzes zijn voorbehouden aan het bestuur en de politiek. In het duidingskader is onderscheid gemaakt in de kosten (en wie deze draagt), de verantwoordelijkheden en de uitvoerbaarheid. Uit de pilots blijkt dat het aantal objecten waarvoor maatregelen nodig zijn bij ambitie 1, 2 en 3 beperkt is, zeker als kan worden aangesloten bij geplande vervangingsopgaven. Dat betekent dat er nu geen maatregelen nodig zijn, maar dat maatregelen worden genomen bij groter renovaties of nieuwbouw. Door het koppelen aan vervangingsopgave en nieuwbouw zijn de kosten relatief beperkt, en onderdeel van deze vervangingsopgave. De kosten zijn vooral voor rekening van de eigenaren van de objecten en onderdeel van de (ver)bouwkosten. De strategieën zijn wat betreft uitvoerbaarheid niet echt onderscheiden. Ambitieniveau 1 zou wellicht meer 'ad hoc' geregeld kunnen worden maar vereist ook inzicht in maatgevende waterstanden en overstromingscontouren. Voor de andere ambitieniveaus is dat ook nodig. Omdat de realisatie van maatregelen enige tijd (mogelijk decennia) zal vergen is het van belang om het goed te borgen in de planvorming zodat het een randvoorwaarde is bij de uitvoering. Hierdoor kan eenvoudig getoetst worden bij vergunningverlening of aan de eisen wordt voldaan, en kan ook toezicht worden gehouden.

De kosten van rampenplannen zijn relatief goedkoop al vergen die wel een inspanning (inclusief het onderhoud middels oefeningen). De afhankelijkheid van rampenplannen neemt af naarmate de ambitie in het ruimtelijk beleid groter is, echter rampenplannen zullen wel nodig blijven al is het

om mensen te waarschuwen en bij te dragen aan het herstel en redding / evacuatie. Extra investeren in waterkeringen (met zwaardere normen) is natuurlijk ook een mogelijkheid, hierdoor neemt de kans op een overstroming af maar er blijft een risico. Het verhogen van deze normen is nu niet aan de orde. Dat vereist dat er ook in dat geval expliciete keuzes nodig zijn voor ruimtelijk beleid en risico acceptatie.

In het huidige onderzoek is vooral gekeken naar het aantal objecten dat wordt blootgesteld, waarbij uitval is verondersteld. Aanvullend zou nog gekeken kunnen worden in welke mate de functie weer kan worden opgestart als het water weg is, of snel hersteld kan worden, zeker als blijkt dat het water enige dagen na een doorbraak is gezakt waardoor grote delen weer droog staan. Nu is verondersteld dat bij blootstelling aan meerdere decimeters water het object uitvalt, onderzocht kan worden bij welke waterdiepte een functie uitvalt.

Voor nieuwbouwlocaties, die beperkt zijn op de eilanden, geldt dat bij de locatiekeuze rekening gehouden kan worden met het overstromingsrisico. Zo kan er onderscheid worden gemaakt in wel en niet overstroombaar gebied of een droge verdieping als vereiste. Binnen het overstroombaar gebied zijn gebieden die hoger liggen dan het gemiddeld hoogtij aantrekkelijker dan gebieden die lager liggen omdat deze eerste gebieden niet overstromen of relatief snel droogvallen.

Het buitendijkse gebied is inherent onderdeel van de identiteit van de Waddeneilanden. Dit buitendijks gebied, deels beschermd door duinen en keringen vergt onderhoud. Dit gebied (evenals duinen en voorlanden bij primaire waterkeringen) kan (al dan niet vertraagd) meegroeien met zeespiegelstijging. De snelheid is afhankelijk van de locatie en de mate waarin dit meegroeien – een natuurlijk proces - wordt gestimuleerd. Het sterk stimuleren van het meegroeien vraagt soms een ruimtebeslag. Het stimuleren van deze natuurlijke processen is een keuze, een alternatieve aanpak is groot (tijdelijk) onderhoud met graafmachines indien nodig voor de overstromingskans waterveiligheid. Een keuze voor het stimuleren van meegroeien betekent dat er minder periodiek onderhoud nodig is om de waterveiligheid te waarborgen. Dit zou dus een grotere inspanning vergen dan de huidige geplande suppleties. Bovendien levert het stimuleren van het meegroeien door bijvoorbeeld kerven aan te leggen natuurlijke meerwaarde op die past bij de identiteit van het eiland.

5.2 Aanbevelingen voor vervolg

Het wordt aanbevolen om de analyse ook voor de andere eilanden, binnen- en buitendijks uit te voeren. Deze analyse geeft dan zicht op de impact van hoogwater en overstromingen op alle Waddeneilanden, en de ruimtelijke opgave om de ambities te realiseren. De studie leidt tot concrete ontwerpcriteria (hoogtes, contouren) voor ruimtelijke maatregelen en locaties waarvoor rampenplannen of bedrijfsnoodplannen nodig zijn die dan gezamenlijk kunnen worden uitgewerkt in samenwerking met de veiligheidsregio en de beheerders.

Hieronder zijn een aantal aanbevelingen opgenomen voor de uitvoering van de andere pilots, en aanbevelingen om de vertaalslag te maken van deze studie naar de ruimtelijke praktijk.

5.2.1 Verbeterpunten voor de uitvoering van de analyse

Voor de verdere uitwerking van de aanpak op de andere Waddeneilanden wordt geadviseerd om:

- De waterdieptes bij hoogwater in het buitendijks gebied te valideren en zo nodig opnieuw af te leiden. Wat betekent dit nu precies en wie is hiervoor verantwoordelijk?
 - Validatie is nodig om na te gaan of in de bestaande scenario's in LIWO goed rekening is gehouden met de ligging van primaire waterkeringen, en of de stand zekerheid van overige waterkerende elementen correct is opgenomen. Voor Vlieland is geconstateerd dat dit niet het geval is.
 - Overstromingsscenario's zijn nodig voor de zichtjaren 2050 en 2100 rekening houdend met klimaatverandering. Ook is het wenselijk een scenario te ontwikkelen met een terugkeertijd van 1/100.000 pj (ook voor de huidige situatie). Dit scenario is vooral nodig als ontwerp criterium voor de vitale objecten die buitendijks liggen omdat binnendijks een vergelijkbaar ontwerpcriterium wordt gebruikt.
 - Het is wenselijk meer zicht te hebben op de duur van de overstroming en het verloop van de waterdiepte.

- Een controle op het basisbestand van objecten uit te voeren. In deze studie is gebruik gemaakt van het KRO van de veiligheidsregio's. Dit bestand is opgebouwd uit meerdere basisregistraties. Toch is gebleken dat op de Waddeneilanden soms nog objecten ontbreken. Geadviseerd wordt om het KRO bestand aan te vullen met deze missende objecten (op basis van gebiedskennis) en vervolgens deze aanpassingen te borgen in het KRO bestand (bij de veiligheidsregio) zodat deze worden vastgelegd en later ook beschikbaar zijn. Geadviseerd wordt ook om de objecten uit dit bestand (voor het gekozen ambitieniveau) te verankeren bij de gemeente zodat die beschikbaar zijn voor ruimtelijk beleid (planvorming, vergunningen, handhaving).

- De analyse voor de objecten uit te breiden door te kijken naar het herstel van de functies van de objecten na een overstroming (in samenwerking met de beheerders van deze objecten). Een belangrijke vraag is of na het watervrij maken en opdrogen de objecten weer functioneel is, of hoe lang het herstel gaat duren.

5.2.2 Verankering in beleid

Voor de verankering in beleid zijn de volgende aanbevelingen opgesteld:

- Maak een keuze in het ambitieniveau voor de bescherming van objecten, en veranker deze in ruimtelijke beleid en crisisbeheersing en bedrijfsnoodplannen. Voor ruimtelijk beleid is het van belang dat bij vergunningverlening en handhaving duidelijk is wat de ontwerpcriteria zijn (voor deze ontwerpcriteria kunnen de maatgevende waterdieptes worden gebruikt zoals die volgen uit de overstromingsscenario's en nu voor de beschouwde objecten zijn afgeleid). Voor crisisbeheersing is het van belang welke specifieke planvorming nodig is naast de generieke planvorming om de Waddeneilanden te waarschuwen. Voor de specifieke planvorming is samenwerking nodig van de veiligheidsregio met bijvoorbeeld zorgcentra, aannemers en supermarkten.

- Het wordt hierbij aanbevolen om de ontwerpcriteria, en de objecten die dit betreft vast te leggen. Ook wordt aanbevolen na te gaan of blootstelling ook leidt tot uitval, als uitval niet optreedt dan is het ook niet noodzakelijk maatregelen te nemen. Ook wordt aanbevolen om het gesprek te starten met de eigenaren van deze objecten.

- Maak een keuze voor het al dan niet stimuleren van natuurlijke maatregelen om duinen en voorlanden mee te laten groeien. Hierbij is samenwerking met Rijkwaterstaat, de provincies en NGO's van belang.
- Voor de waterkerende elementen in buitendijkse gebieden is het van belang om helder te maken wat de actuele sterkte (faalkans) is, en hoe die faalkans zich ontwikkeld in de tijd met zeespiegelstijging en beheer en onderhoud. De gemeente zou dit kunnen inventariseren ter ondersteuning aan het ruimtelijk beleid. Tegelijkertijd is het een verantwoordelijk van de beheerders om te bepalen hoe goed ze beschermd willen zijn, hiervoor bestaan echter geen criteria. Daarom is aanbevolen om hierover in gesprek te gaan.
Voor de vitale objecten (gegeven het gekozen ambitieniveau) in het buitendijks gebied zal de kans op een overstroming toenemen als de lokale keringen niet versterkt worden en de zeespiegel stijgt. Ook de mate waarin bodems, voorlanden en duinen meegroeien met zeespiegelstijging is van belang.

Bijlagen

A Meegroeien

De natuurlijke kust kan meegroeien met de zeespiegelstijging (Wegman et al., 2021¹⁵). Dit zorgt op een natuurlijke manier voor het vergroten van de waterveiligheid. In Nederland groeit de zandige kust aan door suppleties. Openingen hoog in de duinenrij kunnen het proces van aanzanding en daarmee meegroeien van de duinenrij versnellen, deze openingen noemen we kerven. Kerven zorgen voor het doorstuiven van zand van het strand in de duinen. Kerven ontstaan soms 'vanzelf' bij een storm maar kunnen ook aangelegd worden. Aan de Waddenzeezijde van de Waddeneilanden waar het slibgehalte hoog is kan geen grootschalige verstuing plaatsvinden. Maar de gebieden die onderwater staan bij hoogwater (voorlanden/kwelders) kunnen door het bezinken van slib ook meegroeien. Dit meegroeien van voorlanden kan ongeveer tot springtij hoogte plaatsvinden.

Meegroeien van de kust bestaande uit natuurlijke materialen gaat 'vanzelf'. Echter, dit meegroeien kan wel gestimuleerd worden of verhinderd. Het stimuleren kan door bijvoorbeeld kerven/stuifkuilen aan te leggen of in het geval van voorlanden/kwelders deze regelmatig onder te laten lopen en het slib te laten bezinken. Obstakels verhinderen vaak het meegroeien van een gebied. Omdat meegroeien te beïnvloeden is, is het een beleidskeuze. Meegroeien kan negatieve effecten hebben op andere functies zoals recreatie als door grote hoeveelheden zand fietspaden onderstuiven of strandpaviljoens vol liggen met zand. Maar het heeft door het vergroten van het volume sediment in het profiel een gunstig effect (op termijn) op de waterveiligheid en regelmatig ook op de ecologie. Voor natuurlijk meegroeien is tijd nodig. Zaak is daarom om op tijd in te zetten op meegroeien van een gebied indien gewenst. Randvoorwaarden zijn ook een goede monitoring en dat de waterveiligheid niet in gevaar komt.

Meegroeien door kerven

Kerven zijn openingen in de eerste duinenrij waar de wind zand doorheen kan blazen. De wind botst vanuit zee vol op de eerste duinenrij, een opening in deze duinenrij zorgt ervoor dat het door de wind meegenomen zand van het strand de duinen in kan waaien. De zee zelf kan echter zelden door een kerf naar binnenstromen omdat de opening van kerven doorgaans rond de 6 m + NAP ligt. De waterveiligheid zal op termijn door kerven verbeteren; de extra toelevering van zand naar het duingebied zorgt ervoor dat de omringende paar honderd meter duingebied nabij de kerf kan meegroeien met zeespiegelstijging. Ook de natuur kan profiteren van kerven: de dynamiek en verspreiding van het kalkrijke zand over het gebied gaat veroudering en verzuring van het landschap tegen (PWN, 2022¹⁶).

Kerven kunnen een middel zijn voor de doorvoer van zand en om het achterliggende gebied te laten groeien, maar er is natuurlijk wel zand nodig. Dit zand is nu ook al beschikbaar door suppleren, maar blijft vaak aan de zeezijde van het duingebied hangen. Duingebieden met kerven zijn, bij voldoende beschikbaarheid van zand, in staat een grotere mate van zeespiegelstijging op te vangen of deze in kortere tijd te compenseren dan duingebieden zonder kerven. Bijvoorbeeld als de relatieve zeespiegelstijging 1 m in 100 jaar bedraagt is het benodigd volume aanzanding in het gebied boven 3 m+NAP ongeveer 6 m³/m/jaar (bij een duinbreedte van 600 m dwars op de kust,

¹⁵ Wegman, C., Ouwerkerk, S. & Leenders, J.L. (2021) Duinen groeien mee met zeespiegel. Land+Water 4 p. 22-23

¹⁶ <https://www.pwn.nl/kerven-de-zeereep-bij-castricum-aan-zee>

Leenders et al., 2018¹⁷). Het gemiddelde volume aanzanding langs de Nederlandse kust is 8,5 m³/m/jaar (Wegman et al., 2021¹⁸). Uit volume analyses van de kerven die wij in een eerdere studie hebben onderzocht blijkt dat volumes aanzanding van 26,5 m³/m/jaar gehaald worden (aan Hollandse kust).

Dit betekent dat kerven in korte tijd een grote hoeveelheid zeespiegelstijging op kunnen vangen. Echter, hier zijn ook kanttekeningen bij te plaatsen. Bijvoorbeeld dat het zand niet perfect verdeeld zal worden over het achterliggende gebied, dat deze volumes aanzanding alleen in de groeifase van de kerven gehaald worden en dat voor het aanleggen van de kerf de top van het primaire duin afgegraven dient te worden waardoor tijdelijk minder hoogte aanwezig is in het primaire duin. Toch geven bovenstaande cijfers voldoende aanleiding om te zeggen dat kerven zorgen voor het versterken van de meegroei capaciteit van de duinen met zeespiegelstijging.

Voor het succesvol aanleggen van kerven moeten verschillende factoren in ogenschouw genomen worden. Zo is waterveiligheid een belangrijke factor. Indien de waterveiligheid op een bepaalde locatie niet op orde is, is de aanleg van een kerf niet mogelijk. Vaak worden kerven aangelegd in brede stukken duingebied. Hierdoor is de impact van het maken van een opening in de eerste duinenrij minder groot. Soms wordt het grensprofiel naar achteren gelegd om de aanleg van een kerf mogelijk te maken (zoals bij De Kerf Schoorl en bij de Noordwestkern). Het is ook mogelijk om te garanderen dat het profiel van een kerf zelf veilig blijft, in deze gevallen is het grensprofiel gewoon aanwezig op de plek van de kerf.

Het strandzand wordt het meest benut voor doorstuiving in de kerf als de aansluiting van de kerf op het strand goed is. Dit is het geval als de opening niet te hoog wordt gelegd (max 8 m + NAP), het strand tot aan de kerf een flauwe helling vertoont en zand zich door de kerf naar het achterland kan verplaatsen.

¹⁷ Leenders, J. L., Wegman, C., Bodde, W. & Verheijen, A. (2018) Inpassing veiligheidsontwerp Hondsbossche Duinen. Building with Nature, EcoShape.

¹⁸ Wegman, C., Ouwerkerk, S. & Leenders, J.L. (2021) Duinen groeien mee met zeespiegel. Land+Water 4 p. 22-23



Hoofdkantoor

HKV IJN in water BV
Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Nevenvestiging

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242
info@hkv.nl
www.hkv.nl