

Verkenning naar grenzen van het water- en bodemsysteem

Resultaten fase 1A



Verkenning naar grenzen van het water- en bodemsysteem

Resultaten fase 1A

Auteur(s)

Noor ten Harmsen van der Beek

Joost Delsman

Esmée Mes

Jaap Kwadijk

Annemargreet de Leeuw

Verkenning naar grenzen van het water- en bodemsysteem
Resultaten fase 1A

Opdrachtgever	Waterschap Zuiderzeeland
Contactpersoon	Ingrid Rozie
Referenties	Offerte Deltares 11210869-001-ZWS-0001, dd. 25 september 2024
Trefwoorden	Klimaatadaptatie; grenzen; adaptatieknippunten

Documentgegevens	
Versie	1.0
Datum	23-09-2025
Projectnummer	11210869-000
Document ID	11210869-000-ZWS-0001
Pagina's	32
Classificatie	
Status	Definitief

Auteur(s)	
	Noor ten Harmsen van der Beek Joost Delsman Esmée Mes Jaap Kwadijk Annemargreet de Leeuw

Samenvatting: Fase 1A Verkenning van grenzen van het water- en bodemsysteem

Waterschap Zuiderzeeland wil de grenzen van de maakbaarheid van het water- en bodemsysteem beter kunnen duiden en kwantitatief onderbouwen, zowel wat die grenzen zijn als wanneer die bereikt worden en wat daar de gevolgen van zijn. Dit project is in samenwerking met waterschap Zuiderzeeland uitgevoerd, waarbij het project in twee fasen is opgedeeld. In Fase 1A is gezamenlijk de benodigde afbakening van de verkenning bepaald. In Fase 1B worden de condities waarop de grenzen overschreden worden kwalitatief en kwantitatief verkend, inclusief de samenhang tussen de grenzen. Dit rapport beschrijft de resultaten van Fase 1A en is tot stand gekomen door gezamenlijke werksessies, gesprekken met experts van het waterschap en literatuuronderzoek.

In deze studie, bepalen we de grenzen van het water- en bodemsysteem door te onderzoeken hoe groot veranderingen moeten zijn voordat onderdelen van het systeem van het waterschap niet meer naar behoren functioneren en andersoortige, veelal ingrijpende maatregelen nodig zijn. Dit kunnen veranderingen in het eigen gebied zijn of in de randvoorwaarden van het gebied, soms veroorzaakt door klimaatverandering en soms door maatregelen genomen door actoren buiten het eigen gebied. Een grens is hierbij het moment dat de condities zo veranderd zijn dat de huidige strategie niet meer toereikend is om beleids- of beheerdoelstellingen te halen. Er zullen dan andersoortige, veelal ingrijpende, maatregelen nodig zijn. Het gaat daarmee om grenzen in de maakbaarheid of het gebruik van het systeem door de mens. Een grens is daarbij geen eindpunt, maar iets wat kan helpen in het formuleren van de noodzakelijke ingrepen; het onderzoek geeft hiermee handelingsperspectief. Normen en eisen kunnen in sommige gevallen leiden tot een grens. Dit project richt zich voornamelijk op de fysieke grenzen van het water- en bodemsysteem. Daarnaast wordt ook gekeken naar de realiseerbaarheid van aanpassingen in tijd en middelen, wat ook een reden voor een grens kan zijn.

De huidige indeling en gebruik van het gebied vormen het uitgangspunt, waarbij we bij huidige indeling bedoelen het water- en bodemsysteem met het bijbehorende infrastructurele systeem. Bij het zoeken naar de grenzen worden de volgende thema's beschouwd: wateroverlast, (zoet)waterbeschikbaarheid, waterkwaliteit, waterveiligheid en de afvalwaterketen.

Er zijn verschillende veranderingen die voor een overschrijding van grenzen kunnen zorgen. Dit kunnen directe effecten van klimaatverandering zijn, zoals een toename van droge periodes en piekbuien. Het kunnen ook indirecte gevolgen zijn via de reactie van andere actoren op klimaatverandering en zeespiegelstijging. Denk hierbij aan veranderingen van het peilbeheer van het IJsselmeer, en bijvoorbeeld aan aanpassingen in de waterverdeling over de riviertakken van Rijn en IJssel. Verder spelen natuurlijke processen zoals bodemdaling en autonome verzilting een grote rol.

De eerste verkenning in Fase 1A van het project laat zien dat het gebied van waterschap Zuiderzeeland afhankelijk is van randvoorwaarden van *buitenaf* in het IJsselmeer die het gevolg zijn van beslissingen in het hoofdwatersysteem om mee te kunnen bewegen met effecten van klimaatverandering op landelijke schaal. Daarnaast komen grenzen in zicht vanwege effecten van klimaatverandering en vanwege de effecten van het huidige gebruik voor diverse functies *binnen* het water- en bodemsysteem van de Noordoostpolder en de Flevopolders.

Veel grenzen hangen samen met een geleidelijke verandering waarbij de prestatie geleidelijk achteruitgaat en er niet altijd een hard moment te onderscheiden is waarbij de grens wordt bereikt. We onderscheiden drie periodes, waarin grenzen in beeld kunnen komen: nu, tot 2050 en na 2050. In deze eerste fase zijn grenzen geïdentificeerd die nu al, of naar het zich laat aanzien op (zeer) korte termijn, spelen. Deze zijn gerelateerd aan de druk op het systeem door het gebruik en dan met name door vervuiling wat het bemoeilijkt om te voldoen aan waterkwaliteitsnormen (bijv voor zwemwater en gezondheid). Andere grenzen treden waarschijnlijk op in de periode tot 2050 en hebben te maken met wateroverlast door meer regen, bodemdaling en watertekorten bij een toenemende watervraag. Dit zijn grenzen die op korte termijn in zicht komen, voornamelijk door klimaatverandering. Daarnaast komen grenzen in beeld vanwege grote keuzes elders om aan te passen aan klimaatverandering. Deze worden later in de tijd, na 2050, voorzien. Daarnaast zijn er nog een aantal grenzen geïdentificeerd voor de afvalwaterketen, waar het op dit moment nog niet duidelijk is onder welke condities ze in beeld komen (nader te verkennen in fase 1B). Tabel S.1 geeft een overzicht van deze eerste inventarisatie van grenzen die mogelijk op termijn voor het gebied in beeld komen. Dit werken we nader uit in de vervolgfase 1B.

Tabel S.1 Overzicht geïdentificeerde grenzen die mogelijk in beeld komen voor het gebied op de genoemde termijn

Wanneer	Thema	Geïdentificeerde grens in Fase 1A
Nu	Waterkwaliteit	Overschrijding waterkwaliteitsnormen
	Afvalwaterzuivering	Niet meer kunnen voldoen aan normen zuivering vanwege hoge kosten voor moeilijk verwijderbare of zorgwekkende stoffen.
Nu – 2050	Wateroverlast	Overschrijding wateroverlastnormen
		Huidige landbouw niet meer mogelijk zonder toename onderbemaling.
	Waterbeschikbaarheid	Zoetwaterbeschikbaarheid te laag om aan de zoetwatervraag te voldoen gedurende droge periodes
2050 – 2100	Waterveiligheid	Blootstelling buitendijkse gebieden wordt te groot gevonden
		Aanpassingscapaciteit (tijd, ruimte) dijken en handelingsperspectief in noodgevallen te beperkt
Onbekend	Afvalwaterketen	Vervangingsvraag infrastructuur groter dan beschikbare capaciteit
		Schade in afvalwaterketen door wateroverlast
		Onvoldoende fysieke ruimte beschikbaar voor uitbreiding afvalwaterketen
		Verschillende onderdelen van de afvalwaterketen hebben een minimum hoeveelheid water nodig voor een goede werking. Deze minimum hoeveelheid water in de afvalwaterketen wordt onderschreden.

Inhoud

	Samenvatting: Fase 1A Verkenning van grenzen van het water- en bodemsysteem	4
1	Inleiding	7
1.1	Context project	7
1.2	Aanpak project	8
1.3	Aanpak en resultaat fase 1A	8
1.4	Leeswijzer	8
2	Waarom kijken we naar grenzen?	9
3	Theoretisch kader over grenzen	10
3.1	Soorten grenzen	10
3.2	Voorbeelden van grenzen uit eerdere studies	11
3.2.1	Fysiek	12
3.2.2	Technologisch	12
3.2.3	Materiaal en energie	13
3.2.4	Tijd	13
3.2.5	Overige soorten grenzen	14
4	Definities en afbakening	15
4.1	Definities	15
4.2	Water- en bodemsysteem	16
4.3	Veranderingen voor het water- en bodemsysteem	17
5	Inventarisatie mogelijke grenzen voor het water- en bodemsysteem	20
5.1	Aanpak inventarisatie	20
5.2	Grenzen die nu al worden overschreden	21
5.3	Grenzen die op een termijn van nu tot 2050 worden overschreden	22
5.4	Grenzen die tussen 2050 en 2100 in beeld komen	22
5.5	Grenzen waarvan onbekend is op welke termijn ze worden overschreden	23
6	Referenties	25
A	Overzicht bijeenkomsten met kerngroep	27
B	Opbrengst werksessie indicatoren	28
B.1	Indicatoren en grenzen	28
B.2	Veranderingen	30

1 Inleiding

1.1 Context project

Dit project komt voort uit de behoefte van waterschap Zuiderzeeland om de grenzen van de maakbaarheid van het water- en bodemsysteem beter te kunnen duiden en kwantitatief te onderbouwen; zowel wat die grenzen zijn, als wanneer ze bereikt worden en wat daar de gevolgen van zijn.

Het gebied van Zuiderzeeland is een aangelegd en ontworpen gebied, waarvoor eind 19^e eeuw al de eerste verkenningen en kaarten werden gemaakt. Er werden inschattingen gedaan over inklinking en bodemligging en er werd gestreefd om natuurlijke processen, technische ingrepen, zoals gemalen, dijken, en het watersysteem, én het landgebruik op elkaar af te stemmen. Dit heeft geresulteerd in een robuust, grootschalig, betaalbaar, beheersbaar en goed functionerend watersysteem, met name voor wonen en landbouw.

Maar de eerste grenzen van dit watersysteem komen toch in zicht, onder andere door de meer extreme weerscondities, nieuwe inzichten over bodemdaling en verandering van gebruik en eisen aan het water- en bodemsysteem. In grote delen van het gebied kan men de combinatie van piekbuien en bodemdaling opvangen, maar in andere delen waar bodemdaling heel groot is, is dat niet het geval. Daar kunnen de grenzen van het watersysteem in zicht komen of zelfs al bereikt zijn. Zeker in combinatie met klimaatverandering en toenemende weersextremen, die onder andere zorgen voor een hoger waterpeil in het Marker- en IJsselmeer, resulterend in meer overtollig water, overstromingen en langere afvoerperiodes (Klavers, 2024). De vraag rijst daarom: voldoet het ooit ontworpen water- en bodemsysteem nog aan de nieuwe eisen en randvoorwaarden, en tegen welke grenzen kunnen we dan aanlopen? En wat is ons handelingsperspectief als waterschap?

Eerdere studies hebben gekeken naar de toekomstige ontwikkelingen van het gebied, bijvoorbeeld voor bodemdaling (Kooi et al., 2023), zoetwaterbeschikbaarheid (Pezij et al., 2022) en waterveiligheid (Botterhuis et al., 2024), om te komen tot scenario's voor verschillende zichtjaren of de impact van klimaatscenario's op aspecten van het watersysteem te bepalen.

Er is er nog geen integraal overzicht van wat mogelijke grenzen zijn wanneer we het gehele water en bodemsysteem beschouwen, en ook geen gekwantificeerde schatting van grenzen aan het water- en bodemsysteem van Zuiderzeeland. Meer inzicht hierin zal voeding geven aan een samenhangende en adaptieve strategie voor Zuiderzeeland. Dit project heeft tot doel om samen met waterschap Zuiderzeeland bij te dragen aan:

- **inzicht** in de robuustheid van het water- en bodemsysteem van het waterschap en hoe het water- en bodemsysteem zich kan gaan ontwikkelen onder toekomstige veranderingen. Dit om hierop voor te kunnen bereiden en daarmee gesprekken aan te kunnen gaan over keuzes en investeringen van het waterschap.
- een concreet **handvat om in gesprek te gaan** met stakeholders in het beheergebied van het waterschap en de omgeving en mogelijk ook bepaalde onderwerpen regionaal en landelijk te agenderen.
- **kennisontwikkeling** richting andere regio's in Nederland.

1.2 Aanpak project

Het project is in twee fases opgedeeld. Fase 1A richt zich op het gezamenlijk verkennen van de benodigde afbakening van de verkenning. Het gaat in deze fase om het theoretisch kader waarbinnen de verkenning valt, welke veranderingen worden meegenomen en wat mogelijke indicatoren voor grenzen voor het water- en bodemsysteem zijn. Tot slot is er een voorlopige, kwalitatieve inschatting gemaakt van de te verwachten grenzen per thema. In Fase 1B worden de condities waarop de grenzen overschreden worden kwalitatief en kwantitatief verkend, inclusief de samenhang tussen de grenzen.

Het project wordt door de projectgroep van Deltares in samenspraak met een kerngroep van adviseurs van waterschap Zuiderzeeland uitgevoerd. De kerngroep heeft hierin een rol in het aandragen van relevante kennis over het water- en bodemsysteem van het waterschap. Op thema's zijn ook gesprekken met andere experts van Deltares en het waterschap gevoerd. Daarnaast is een klankbordgroep vanuit het waterschap betrokken om te reflecteren op resultaten en mee te denken over vervolgstappen.

1.3 Aanpak en resultaat fase 1A

Fase 1A tracht antwoord te geven op twee vragen: wat zijn grenzen, en wat zou kunnen leiden tot grenzen? In deze fase is gedefinieerd waar Fase 1B zich op zou moeten richten. Dit document gaat over deze fase 1A. De resultaten zijn tot stand gekomen door middel van werksessies met de kerngroep van waterschap Zuiderzeeland en Deltares, interviews met experts van waterschap Zuiderzeeland en literatuuronderzoek.

Op basis van voorbeelden van grenzen uit eerdere studies en verschillende type grenzen zijn mogelijke indicatoren voor grenzen verkend in een gezamenlijke werksessie. Deze zijn door middel van literatuuronderzoek en interviews verder onderzocht. Hierbij is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de bestaande studies naar toekomstige ontwikkelingen in het gebied. Door middel van de verschillende werksessies en gesprekken is ook onderzocht welke veranderingen leiden tot het overschrijden van deze grenzen.

1.4 Leeswijzer

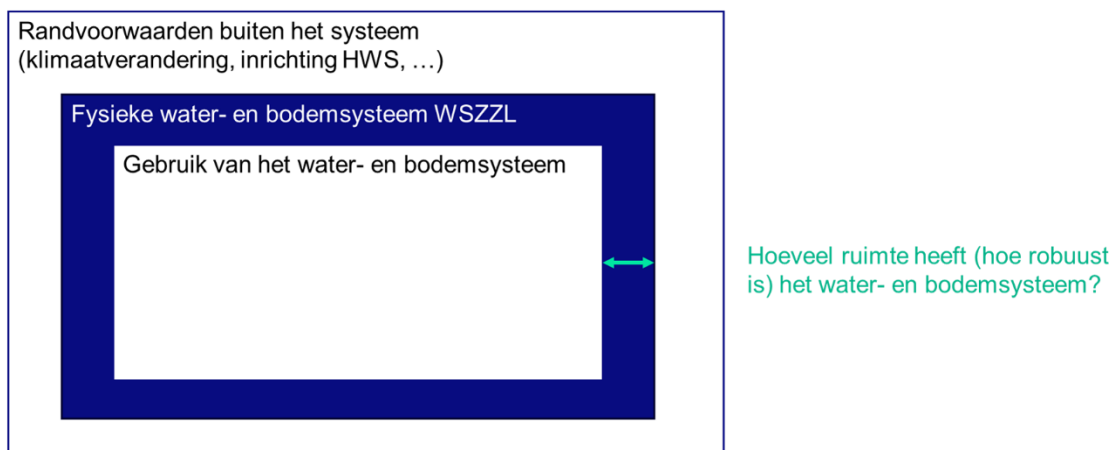
Hoofdstuk 2 geeft een verdere toelichting op waarom het kijken naar grenzen van belang is in dit systeem. Hoofdstuk 3 licht vervolgens met voorbeelden toe hoe grenzen in verschillende studies gebruikt worden. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van gebruikte definities en afbakening voor dit project. In Hoofdstuk 5 geeft het overzicht van een eerste inventarisatie van grenzen voor het water- en bodemsysteem.

2 Waarom kijken we naar grenzen?

Het waterschap is een functioneel, decentraal bestuursorgaan dat verantwoordelijk is voor het regionale waterbeheer binnen hun eigen beheergebied. Het beheer van de waterkeringen en het zuiveren van afvalwater via de rioolwaterzuiveringsinstallaties zijn ook kerntaken van het waterschap. Om te leven, te wonen en te werken in het beheerde gebied is het essentieel dat het watersysteem goed functioneert. Goed functioneren bestaat uit verschillende elementen. Het watersysteem moet bijvoorbeeld naar behoren in staat zijn om voldoende water van goede kwaliteit te bieden voor de gebruikers. Ook moet het in staat zijn om bij overvloedige neerslag het te veel aan water af te voeren of tijdelijk te bergen, en bescherming te bieden tegen overstromingen.

Het gebied is slechts enkele decennia oud. Dat geldt ook voor het watersysteem, een kunstmatig ontworpen set van verbonden vaarten, tochten, sloten, gemalen en afvalwaterzuiveringen omgeven door hoge dijken. Toen het watersysteem werd ontworpen werd dat gedaan op basis van de toenmalige kennis over externe omstandigheden en toen geldende eisen (Klavers, 2024). Die eisen gingen uit van een bepaald gebruik van het gebied en dat klimaatcondities, zoals de rivieraanvoer, klimaat-technisch stationair waren, of slechts zeer langzaam veranderden, zoals de zeespiegel. Zowel de omstandigheden als de eisen die aan het systeem worden gesteld zijn echter aan verandering onderhevig. Tot op zekere hoogte is er voldoende rek in het systeem om naar tevredenheid te blijven functioneren, maar de eisen en externe omstandigheden veranderen dusdanig dat dit laatste niet meer overal het geval is (Figuur 2.1 ter illustratie).

Het nadenken en bepalen waar grenzen liggen helpt om te onderzoeken hoe groot de veranderingen moeten zijn voordat we moeten vaststellen dat onderdelen van het systeem niet meer naar behoren functioneren. Daarna kan een schatting gemaakt worden wanneer dit te verwachten is in condities en in de tijd. Een grens is daarbij geen eindpunt, maar iets wat kan helpen in het formuleren van het handelingsperspectief.



Figuur 2.1 Schematisering van de ruimte die het water- en bodemsysteem heeft tussen de randvoorwaarden van buiten en het gebruik binnen het systeem. Deze ruimte drukt de robuustheid van het water- en bodemsysteem uit. Hoe robuuster het water- en bodemsysteem is, hoe minder snel grenzen ervan in beeld komen.

3 Theoretisch kader over grenzen

In dit hoofdstuk wordt het begrip grenzen in een breder theoretisch kader geplaatst. In Paragraaf 3.1 wordt toegelicht hoe termen als grenzen, adaptatieknippunten en mijlpalen gebruikt worden en wat voor soorten grenzen er bestaan. Hiervan worden in Paragraaf 3.2 enkele voorbeelden gegeven. Hoofdstuk 4 geeft het resultaat van de gezamenlijke discussies (hoe kijken we naar grenzen in dit project, wat nemen we wel en niet mee?).

3.1 Soorten grenzen

Dit project kijkt naar grenzen van het water- en bodemsysteem. In deze context is een grens ook wel een beperking of een limiet. Door grenzen te identificeren en te bewaken kun je immers beter in balans blijven. Bij het spreken over grenzen van het water- en bodemstelsel, hebben we het in feite over grenzen in het gebruik of de maakbaarheid van dit systeem door de mens. De mens heeft het water- en bodemsysteem aangepast en beheert en gebruikt het om menselijke activiteiten te faciliteren, zoals leven (drinkwater), wonen, landbouw en industrie. Water en bodem hebben op zichzelf (voor henzelf) geen grenzen, maar ze kunnen wel begrenzend zijn ten aanzien van het gebruik door de mens.

Het bestuderen van grenzen is niet nieuw. Het IPCC spreekt ook wel over grenzen aan adaptatie. Dat is het punt waarop de doelen van een actor niet meer gehaald worden en er onacceptabele risico's ontstaan. Het IPCC en de brede internationale literatuur onderscheiden zachte en harde grenzen. Een harde grens betekent dat er geen maatregelen mogelijk zijn om onacceptabele risico's te voorkomen. Grenzen waar nog wel adaptatieopties mogelijk zijn, maar die op dit moment niet beschikbaar zijn, worden 'zachte' grenzen genoemd (Dow et al., 2013; O'Neill et al., 2022).

In Nederland is men al langere tijd bezig met dit onderwerp en spreekt men ook wel over adaptatieknippunten. Bij een adaptatieknippunt is de prestatie van het systeem zo dat de doelen niet meer gehaald worden, bijvoorbeeld vanwege onacceptabele risico's voor mens en/of natuur. De beschrijving van een knippunt wordt vaak gedaan in termen van condities. Bijvoorbeeld 'bij een zeespiegelstijging van 0.85 m zal de Maeslantkering naar verwachting zo vaak moeten sluiten dat de bereikbaarheid van Rotterdam in gevaar komt.' De conditie is hierbij de 0.85 m zeespiegelstijging.

Omdat niet altijd een concreet of hard knippunt aan te wijzen is, wordt ook wel de term 'mijlpalen' gebruikt (zoals in Haasnoot et al. (2017)). Een voorbeeld is wanneer er geen duidelijke stap of grens aan te wijzen is, omdat het een continue geleidelijke verandering is, maar de prestatie wel achteruitgaat en er aanvullende maatregelen moeten worden genomen. Bijvoorbeeld wanneer een dijk of kering aangepast moet worden omdat normen niet gehaald worden, of wanneer er veel meer zand gesuppleerd moet worden aan de kust. Vaak is dat wel mogelijk en dus niet echt een grens in de beschrijving van het IPCC, maar helpt het om te weten wanneer aanvullende maatregelen nodig zijn. Ook kan er gekeken worden naar de condities (of wanneer) iets 10x of 100x zo vaak voorkomt. Denk aan het vaker voorkomen van extreme waterstand, een droogtesituatie, en de sluiting van een kering, of het achteruitgaan van het overstromingsrisico. Een andere mijlpaal kan bereikt worden wanneer een maatregel zoveel keer groter of hoger moet of als er veel meer materiaal of energie wordt verbruikt. Denk bijvoorbeeld aan de hoogte van een dijk, grootte van de pompcapaciteit, of hoeveelheid zand of waterberging die nodig is.

Er zijn verschillende redenen voor grenzen aan adaptatie en dus de maakbaarheid van het water- en bodemsysteem (zie Tabel 3.1 hieronder). In Paragraaf 3.2 worden hiervan enkele voorbeelden gegeven.

Tabel 3.1 Soorten grenzen.

Soort grens	Beschrijving
Onderdeel van deze studie	
Fysiek	een maatregel is fysiek niet mogelijk of veroorzaakt een grote verandering in het water- en bodemsysteem
Technologisch	de techniek voor een maatregel is (nog) niet beschikbaar
Resources	er is onvoldoende materiaal of middelen (zoals zand, ruimte of energie)
Tijd	om maatregel te implementeren of aan te passen aan veranderende omstandigheden is onvoldoende
Niet onderdeel van deze studie (zie Hoofdstuk 4)	
Institutioneel en governance	<i>instituut, beleid of wet- en regelgeving begrenzen maatregelen</i>
Capaciteit	<i>menskracht en kennis voor maatregelen, onvoldoende data</i>
Economisch	<i>kosten voor maatregel wegen niet op tegen de baten of er is niet genoeg geld</i>
Maatschappelijk	<i>er is geen draagvlak voor de situatie of een maatregel</i>

Grenzen kunnen bereikt worden door klimaatverandering, socio-economische ontwikkelingen en menselijk handelen. Doordat het huidige water- en bodemsysteem sterk geoptimaliseerd is voor klimaat en de maatschappij uit het verleden, zullen grenzen eerder ontstaan in een veranderend klimaat en een veranderd gebruik. Met adaptatie proberen we grenzen uit te stellen en dat is mogelijk tot we tegen harde grenzen aanlopen, en steeds moeilijker als we tegen zachte grenzen aanlopen. In een veranderend klimaat komen extremen steeds vaker voor en zullen ze daardoor ook vaker samen of achter elkaar volgen. Dit noemen we ook wel samenvallende gevolgen ('compound risks and events'), bijvoorbeeld hogere rivierafvoeren in combinatie met zeespiegelstijging of een hoger meerpeil in combinatie met extreme neerslag. Daardoor ontstaan ook grenzen voor condities waar die anders niet zouden worden overschreden. Tot slot, leiden veranderingen niet alleen tot grenzen, maar kunnen vanuit adaptatie ook kansen worden benut.

Voor de duidelijkheid, als er grenzen worden bereikt betekent dit niet meteen 'het einde van de wereld'. Soms is verdere aanpassing mogelijk door aanvullende maatregelen en grenzen op te heffen. Ook wanneer er harde grenzen worden bereikt, betekent dit niet meteen dat alles weg is. Het betekent vooral dat de hinder, het gevaar of de risico's verder oplopen en dat water- en bodemcondities niet meer overal ten volle gerealiseerd kunnen worden. Dit wordt ook wel een toename van het restrisico genoemd (het overgebleven risico na maatregelen).

3.2 Voorbeelden van grenzen uit eerdere studies

Hieronder zullen verschillende voorbeelden van gebruikte grenzen en mijlpalen uit andere studies worden genoemd aan de hand van de eerdergenoemde soorten grenzen. De eerste vier soorten grenzen uit Tabel 3.1 worden in losse paragrafen toegelicht. De andere vier worden kort toegelicht in Paragraaf 3.2.5, aangezien deze geen onderdeel vormen van deze studie.

3.2.1 Fysiek

Het gebied van waterschap Zuiderzeeland is een begreind gebied dat ook beïnvloed wordt door de omgeving, zoals de peilen in het IJsselmeer en de afvoer van de IJssel. Het gebied is omgeven door dijken. Dicht daarbij liggen grote steden, zoals Almere en Lelystad. Deze fysieke eigenschappen kunnen voor grenzen zorgen.

Fysieke grenzen komen in beeld als een maatregel fysiek niet mogelijk is of een grote, onwenselijk voor het huidige gebruik door de mens en niet met bestaande beheersmaatregelen te mitigeren, verandering in het water- en bodemsysteem veroorzaakt.

In een hackathon naar knikpunten en mijlpalen bij extreme zeespiegelstijging in Nederland (Haasnoot et al., 2017) is bijvoorbeeld gekeken naar de grenzen voor het pompen van water uit het IJsselmeer. Technisch is hier geen grens, een totale pompcapaciteit tot wel 500 m³/s bestaat in New Orleans en bij IJmuiden is een pompcapaciteit van 260 m³/s opgebouwd uit zes pompen. Door meerdere pompen neer te zetten kan uiteindelijk een grote pompcapaciteit gerealiseerd worden. Tegelijkertijd nemen ook de gevolgen voor de waterveiligheid bij uitval van de pompen toe. Dit kan bijvoorbeeld worden uitgedrukt in het beschikbaar aantal dagen tijd voor herstel van een pomp bij verschillende dijkhoogtes langs het IJsselmeer (Haasnoot et al. (2017).

Het fysieke ruimtebeslag van maatregelen is een andere mogelijk grens, bijvoorbeeld het ruimtebeslag van dijken bij verschillende scenario's. Zo is in Kennisprogramma Zeespiegelstijging voor verschillende richtjaren en strategieën het ruimtebeslag van dijken in km² uitgedrukt (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2024) en is er een inventarisatie gedaan waar mogelijke knelpunten kunnen ontstaan (zie Figuur 13 in Haasnoot & Diermanse, 2022). Ruimte kan ook een beperking zijn voor planten en dieren als ze niet meer kunnen opschuiven omdat hun leefgebied begrensd is, bijvoorbeeld door een harde dijk, terwijl opschuiven wenselijk is bij een stijgend waterpeil (Harezlak & Maarse, 2009; WL|Delft Hydraulics, 2005).

Grenzen gerelateerd aan de grondwaterinflux voor de delta hebben te maken met verzilting en opbarsting (Haasnoot et al. (2017). Hier is gekeken naar waar het effect het grootst is, namelijk op een zone van zo'n 15 kilometer langs de kust en open water. Vanaf 4 meter neemt de kans op opbarsting toe. Middelgrote zoetwaterlenzen verdwijnen bij ongeveer 4 meter. Diepe grote zoetwaterlenzen die voor Hollandse drinkwatervoorziening zorgen kunnen een zeespiegelstijging tot 5 à 7 meter aan. Nadere kwantificering in Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2022) liet daarbij zien dat toename van grondwaterverzilting door zeespiegelstijging kan leiden tot een sterke toename in de watervraag voor doorspoeling.

Veranderingen in temperatuur kunnen ook zorgen voor fysieke grenzen. We benoemen enkele aspecten uit het IPCC-hoofdstuk over risico's (O'Neill et al., 2022). In relatie met ecologie, bij temperatuursveranderingen kunnen er omstandigheden ontstaan waarbij sommige aquatische en terrestrische soorten niet meer kunnen leven (en soms opschuiven naar het noorden). Temperatuur heeft ook invloed op de waterkwaliteit zoals algenbloei waarbij er grenzen ontstaan om de waterkwaliteit vaak genoeg goed te houden. Een hoge watertemperatuur kan beperkingen geven voor koelwaterlozingen. Daarnaast heeft hitte invloed op de gezondheid van de mens.

3.2.2 Technologisch

Techniek speelt een belangrijke rol in het beheergebied van waterschap Zuiderzeeland. Technologische grenzen aan adaptatie treden op als de techniek voor een maatregel (nog) niet beschikbaar is. Voorbeelden hiervan zijn: het ophogen van een stad als maatregel voor het vaker voorkomende hogere waterstanden of een ander soort landbouw voor het vaker voorkomen van droge periodes, of de mogelijkheden van zoetwaterinfiltratietechnieken.

3.2.3 Materiaal en energie

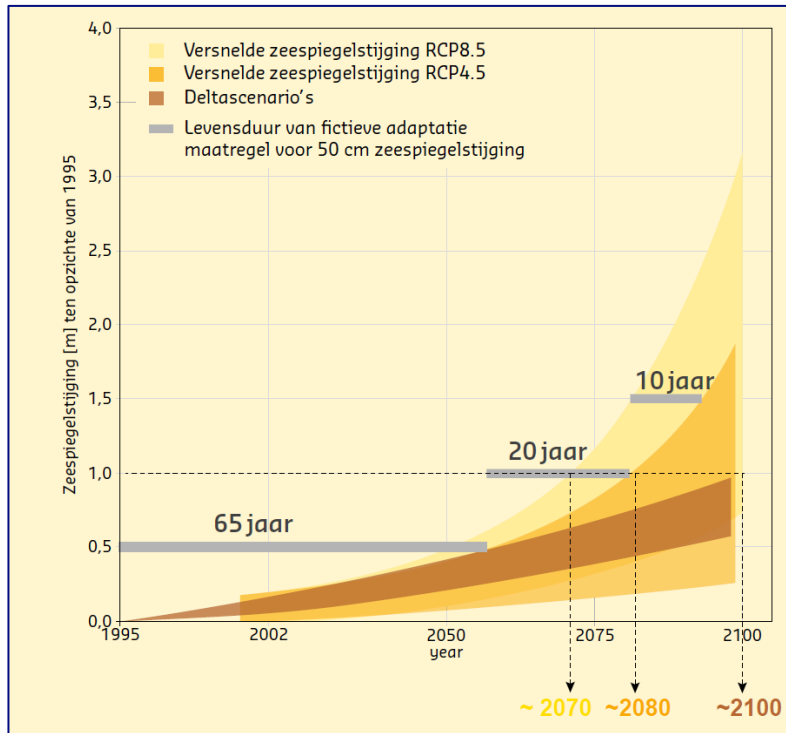
Het gebied van waterschap Zuiderzeeland bestaat uit laaggelegen polders met gemalen. Het peilbeheer vraagt daarmee energie. Grenzen kunnen ook overschreden worden door onvoldoende materiaal of middelen.

Hieronder worden enkele voorbeelden gegeven:

- **Energie:** Terugkomend op het voorbeeld van de afvoercapaciteit bij het IJsselmeer (Haasnoot et al., 2017). Met meerdere pompen kan aan de benodigde afvoercapaciteit worden voldaan. De benodigde ruimte daarvoor is beschikbaar bij de Afsluitdijk. De energiebehoefte neemt wel toe. Dit is in de studie uitgedrukt in mijlpalen van energiekosten per jaar.
- **Zand:** Voor het aanvullen van eroderend zand en het laten meegroeien van het kustfundament met een stijgende zeespiegel is zand nodig. In Haasnoot et al. (2018) is benodigd suppletievolume per jaar bij verschillende zeespiegelstijgingssnelheden in kaart gebracht. Daarnaast is gekeken naar de beschikbaarheid van deze volumes in het Nederlandse deel van de Noordzee en de geschatte kosten hiervan.
- **Water:** Een te kort aan zoetwater kan ook voor een grens zorgen. In de kwantificering kan bijvoorbeeld worden gekeken naar de herhalingsdij van langdurige verzilting of de benodigde watervraag voor het doorspoelen van polders (Haasnoot et al., 2018; Mens et al., 2024; Pouwels et al., 2021).

3.2.4 Tijd

De beschikbare tijd voor het op tijd implementeren van maatregelen of aanpassen aan veranderende omstandigheden kan ook tot een grens leiden. Hierbij kan gedacht worden aan de huidige uitvoeringssnelheid voor het ophogen van primaire keringen in relatie tot de zeespiegelstijging (Haasnoot et al., 2017). In Figuur 3.1 (overgenomen uit Haasnoot et al. (2018)) is dat voor een fictief voorbeeld inzichtelijk gemaakt. De levensduur, maar ook de beschikbare implementatietijd van een adaptatiemaatregel is afhankelijk van de snelheid van de zeespiegelstijging. Tijd kan ook een beperking zijn voor dieren en planten om zich aan te passen aan veranderende omstandigheden, vooral als extremen steeds vaker voorkomen en de hersteltijd te kort wordt.



Figuur 3.1 Illustratie van de verkleining van de functionele levensduur van adaptatiemaatregelen aan 0,5 m stijging van de zeespiegel. (Haasnoot et al., 2018).

3.2.5 Overige soorten grenzen

Grenzen vanuit institutionele en governance aspecten, vanuit capaciteit, economie of maatschappij vormen geen onderdeel van deze studie. Hieronder is een korte toelichting op deze soorten grenzen gegeven.

- Grenzen vanuit institutionele en governance aspecten treden op als maatregelen om de huidige doelstellingen vast te houden niet mogelijk zijn vanwege begrenzingen vanuit beleid of wet- en regelgeving. Bijvoorbeeld, begrenzingen vanuit natuurregelgeving voor het aanleggen van een (zoet)waterbuffer of grenzen in de bevoegdheden om maatregelen te implementeren.
- Grenzen vanuit capaciteit treden bijvoorbeeld op als er te weinig capaciteit in de uitvoering is (bijvoorbeeld bij schaarste op de arbeidsmarkt) of er onvoldoende kennis is om een maatregel te implementeren.
- Economische grenzen treden op als de kosten en baten van een maatregel niet in balans zijn of als er onvoldoende geld is. Dit kan op verschillende schaalniveaus bekeken worden, bijvoorbeeld op nationale schaal het behouden van de AAA-status voor Nederland (zie van Ginkel et al. (ingediend) en Programma NL AAA-Klimaatbestendig van het Deltaprogramma).
- Maatschappelijke grenzen raken aan het maatschappelijk draagvlak. Een historisch voorbeeld is de aanpassing van de Oosterscheldedam naar een Oosterscheldekering na maatschappelijk protest.

4 Definities en afbakening

Gedurende fase 1A is in verschillende bijeenkomsten en gesprekken gezocht naar een werkbaar definitie en een goede afbakening van het project. Dit hoofdstuk geeft kort de resultaten hiervan weer en de belangrijkste argumenten voor de gemaakte keuzes.

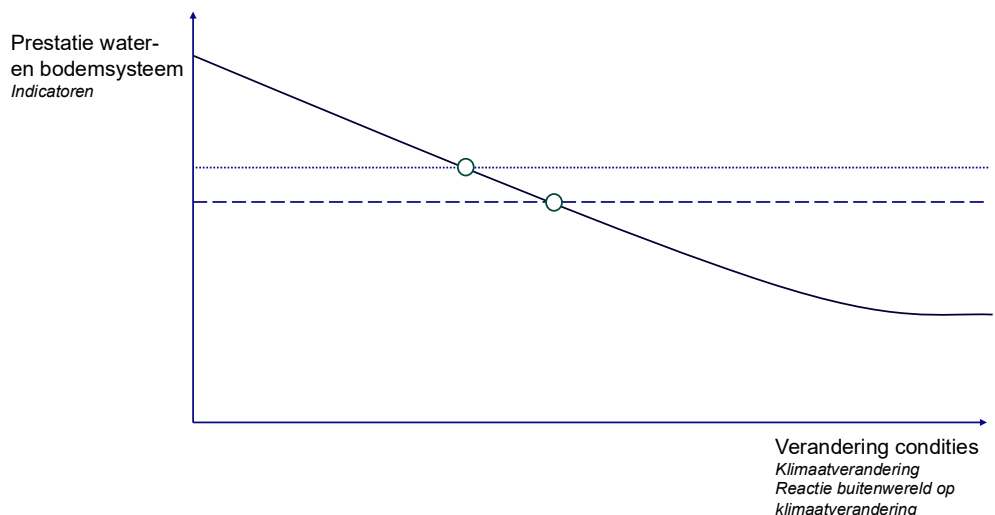
4.1 Definities

Uit Hoofdstuk 3 blijkt dat een grens:

- iets zegt over de maakbaarheid van het water- en bodemsysteem door de mens; het gaat om grenzen aan adaptatie;
- beschrijft wanneer doelen niet meer gehaald worden en onacceptabele risico's ontstaan;
- veelal samenhangt met een geleidelijke verandering waarbij de prestatie geleidelijk achteruitgaat en er niet altijd een hard moment te bepalen is waarbij de grens wordt bereikt;
- geen eindpunt is, maar iets wat kan helpen in het formuleren van het handelingsperspectief;
- vanuit verschillende redenen kan ontstaan, zoals fysieke beperkingen of beperkingen in materiaal of middelen;
- met verschillende termen kan worden aangeduid, zoals mijlpaal, (adaptatie)knippunt, en knelpunt.

Voor deze studie gebruiken we de term grens voor het moment dat de condities zodanig veranderd zijn dat de huidige strategie niet meer toereikend is om de doelstellingen te halen (zie Figuur 4.1). Op dit moment zullen andersoortige, veelal ingrijpende maatregelen nodig zijn. Vanuit de focus van dit project op de robuustheid van het water- en bodemsysteem ligt de focus op fysieke grenzen, waarbij in minder hoog detailniveau wordt gekeken naar grenzen vanuit realiseerbaarheid van aanpassingen in tijd en middelen. Fysieke grenzen komen in beeld als een maatregel fysiek niet mogelijk is of een grote, onwenselijk voor het huidige gebruik door de mens en niet met bestaande beheersmaatregelen te mitigeren, verandering in het water- en bodemsysteem veroorzaakt.

Gestelde normen en eisen zijn een vorm van maatschappelijk afgesproken grenzen. Deze afspraken kunnen ook aangepast worden. Ze geven echter wel een indicatie van (het in beeld komen van) een mogelijke harde overschrijding. Vanuit de gevoerde gesprekken is afgesproken om in dit project normen en eisen als indicator te gebruiken dat een grens mogelijk overschreden wordt. Bijvoorbeeld voor het thema waterkwaliteit is het lastig om een fysieke grens te bepalen, maar een overschrijding van de KRW-normen kan wel gebruikt worden als indicator dat een fysieke grens voor schoon en gezond water mogelijk overschreden wordt of in beeld komt. Ook voor andere thema's, zoals waterveiligheid, gelden specifieke normen en eisen. Deze kunnen naast andere indicatoren, zoals de benodigde ruimte voor dijkversterkingen, leiden tot het bereiken van een grens.



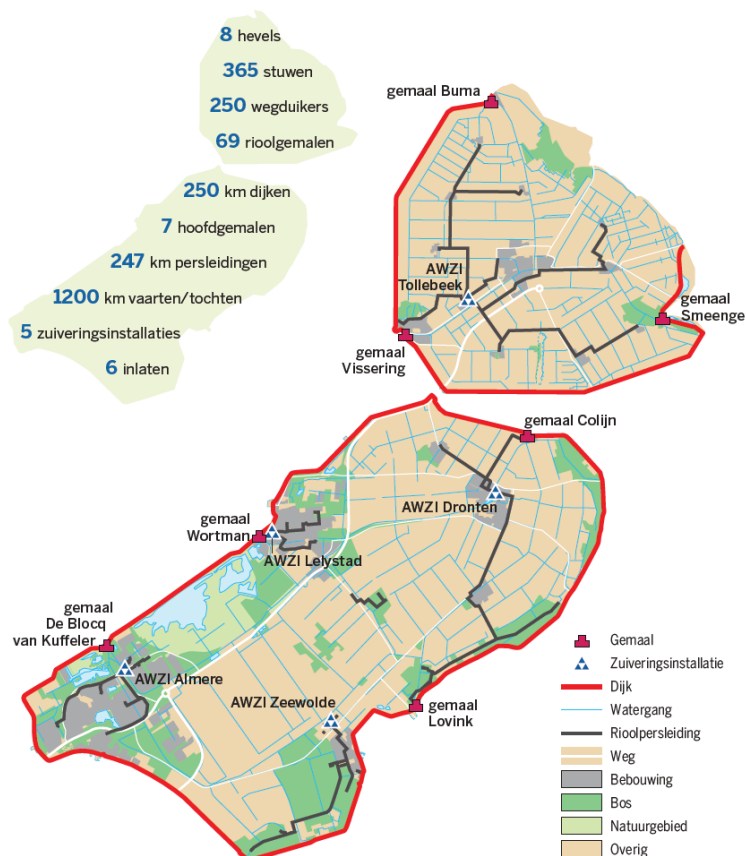
Figuur 4.1 Schematische weergave grenzen (witte bolletjes) door het veranderen van condities (uitgezet op de x-as) of het veranderen van de eisen aan de prestatie van het water- en bodemsysteem (y-as en horizontale lijnen). Het veranderen van condities of de eisen die aan de prestatie gesteld worden kan zorgen voor een grens waarbij de huidige strategie om de prestatie te handhaven niet meer voldoende is en (grootschalige) maatregelen genomen moeten worden.

4.2 Water- en bodemsysteem

Het water- en bodemsysteem is het natuurlijke systeem van water en bodem in een gebied, inclusief de (technische) inrichting daarvan door mensen. Het bestaat daarmee uit verschillende onderdelen, zoals de ondergrond, dijken en watergangen, waarbij de inrichting van het gebied voorziet in een bepaald gebruik van het gebied (zie ook Figuur 4.2).

Uitgangspunt in de studie is de huidige indeling en gebruik van het gebied. Denk hier bijvoorbeeld aan de inrichting van het landelijk gebied, het huidige grondwatersysteem, de peilgebieden, in het stedelijk gebied de huidige buffermogelijkheden, en de huidige assets zoals de gemalen en dijken. Dit bodem- en watersysteem met het bijbehorende infrastructurele systeem vormt een samenhangend geheel. De fysieke eigenschappen en het gebruik variëren binnen het gebied, en komen tot uiting in bijvoorbeeld de gevoeligheid voor bodemdaling of verzilting.

Het water- en bodemsysteem bedient verschillende functies. In het project wordt gebruik gemaakt van een indeling in thema's vanuit de verschillende taken van het waterschap. Het gaat om het beperken van wateroverlast, het verzorgen van voldoende beschikbaarheid van (zoet)water met voldoende waterkwaliteit, het verwerken van het afvalwater in de afvalwaterketen en het zorgen voor veiligheid bij hoogwater.



Figuur 4.2 Kaart van het watersysteem van waterschap Zuiderland met de bijbehorende onderdelen (o.a. dijken, gemalen, watergangen) en het huidige gebruik (o.a. bebouwing, bos, natuur). Niet weergegeven is het onderliggende bodemsysteem. Figuur overgenomen uit: Waterschap Zuiderzeeland (2023b).

4.3 Veranderingen voor het water- en bodemsysteem

Er zijn verschillende veranderingen te identificeren die voor een overschrijding van grenzen in het water- en bodemsysteem kunnen zorgen. Hieronder wordt een overzicht gegeven van veranderingen die van belang zijn voor waterschap Zuiderzeeland.

Klimaatverandering

Klimaatverandering leidt tot verschillende veranderingen die invloed hebben op het water- en bodemsysteem van Zuiderzeeland. Die hebben deels direct invloed, zoals meer neerslag in de winter en minder neerslag in de zomer en hogere verdamping en (water)temperaturen. Daarnaast is er een toename in hoe vaak extreme weersomstandigheden optreden, zowel extreem nat als extreem droog (zie tabel 4.1). Zeespiegelstijging heeft weinig directe impact op Zuiderzeeland, maar wel mogelijke indirecte impact via aanpassingen aan de randvoorwaarden van het gebied, zoals IJsselmeerpeil en IJsselaflow.

Tabel 4.1 Enkele landelijke kerncijfers voor neerslag en droogte voor zichtjaar 2100 uit KNMI (2023), waarbij L en H voor respectievelijk lage (mondiale opwarming 1,7°C in 2100) en hoge (mondiale opwarming 4,9°C in 2100) uitstoot staat, en d en n voor het droge (licht vernattende winters en sterk verdrogende zomers) dan wel natte (sterk vernattende winters en licht verdrogende zomers) scenario daarbinnen.

Seizoen	Variabele	Indicator	Klimatologie 1991-2020	2100 Ld	2100 Ln	2100 Hd	2100 Hn
Jaar	Neerslag	gemiddelde hoeveelheid	851 mm	0%	+3%	-3%	+8%
		10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	127 mm	+3%	+3%	+8%	+16%
Zomer	Droogte	maximaal neerslagtekort april t/m september	160 mm	+22%	+13%	+79%	+37%
		maximaal neerslagtekort april t/m september dat eens in de 10 jaar wordt overschreden	265 mm	+16%	+9%	+63%	+30%

Naast deze gevolgen beschreven in de scenario's zijn er ook mogelijke toekomsten, ook wel verhaallijnen genoemd, die uitdagende klimaat(gevolg)condities illustreren, zoals de monsterbui in 2021 in België en Duitsland (de Bruijn & Slager, 2022; de Bruijn et al., 2022; Slager et al., 2023), of de samenvallende gevolgen van wind, regen en hoge afvoeren in 2024 (Deltares, 2024; ENW, 2024).

Doorlopende processen (bodemdaling, verzilting)

Door doorgaande rijping, veenoxidatie en compactie blijft de bodem van Zuiderzeeland dalen. Klimaatverandering (in de vorm van temperatuurstijging en toename van droogte) kan voor een versnelling hiervan zorgen. Bodemdaling speelt in een groot deel van het gebied, met name in Zuidelijk Flevoland, de Noordoostpolder en ten noorden van Dronten (Kooi et al., 2023) (zie ook Tabel 4.2). De drooglegging neemt op percelen in deze gebieden af.

Tabel 4.2 Gemiddelde daling (in cm) in de bodemdalingsprognoses van Kooi et al. (2023) (Tabel 2 uit Kooi et al., 2023, p. 23), waarbij ZF staat voor Zuidelijk Flevoland, OF voor Oostelijk Flevoland en NOP voor Noordoostpolder. De getallen voor de prognoses laag, basis en hoog geven een beeld van de onzekerheid (bandbreedte) van de prognose, waarbij de basisprognose 'de beste' schatting geven.

Gebied	2020 - 2050			2020-2100		
	laag	basis	hoog	laag	basis	hoog
Gemiddelde daling totaal	2,9	5,8	17,9	5,2	9,9	31,8
Gemiddelde daling ZF	3,2	6,0	22,9	5,8	9,9	40,6
Gemiddelde daling OF	2,3	4,2	13,7	4,2	7,1	24,1
Gemiddelde daling NOP	3,3	7,3	18,5	5,7	12,6	33,1

Ook verzilting van het grondwater is een doorlopend proces, waarbij de verzilting van het grondwater door brakke kwel onder de westrand van Flevoland, vanuit het IJssel- en Markermeer toeneemt. Aan de oostrand breidt zoete kwel vanuit de Veluwe zich juist langzaam uit. (Pezij et al., 2022).

Reactie vanuit buitenwereld op klimaatverandering

Voor externe omstandigheden van Zuiderzeeland is het ook heel belangrijk hoe de buitenwereld gaat reageren op klimaatverandering. Het gaat dan om de buitenwaterstanden in het IJssel- en Markermeer die afhankelijk zijn van de aanvoer vanuit de IJssel, keuzes die gemaakt worden hoe deze meren te draineren naar de zee (bijvoorbeeld verhogen van het peil van het IJsselmeer) en keuzes in hoeverre deze meren worden gebruikt als zoetwaterbuffer voor het omliggende gebied. De aanvoer via de IJssel is afhankelijk van keuzes in de verdeling van water over de Rijntakken. Deze is op zijn beurt afhankelijk van aanpassingen in de hoogwaterbescherming in Duitsland en de keuze om op een zeker moment de Maeslantkering te vervangen door een zeesluis en daarmee Rotterdam af te sluiten van de zee.

Verandering van eisen aan het systeem

Veranderingen aan de interne eisen aan het water- en bodemsysteem kunnen bijvoorbeeld komen van een andere verhouding tussen stedelijk, natuur- en landbouwgebied dan voorzien, veranderende normen voor waterkwaliteit of watervraag door andere gewassen.

Investerings op de korte termijn

Daarnaast zijn er keuzes en investeringen voor de komende jaren. Het gaat hier bijvoorbeeld om de nodige vervanging van infrastructuur die het einde van zijn (technische) levensduur heeft bereikt en het oplossen van de netcongestie. Dit zijn ontwikkelingen die (ten dele) randvoorwaarden vormen voor het functioneren van het water- en bodemsysteem, waarvan in deze studie wordt uitgegaan dat deze in de komende jaren worden opgelost en niet voor de lange termijn waar deze studie zich op richt blijvend van invloed zullen zijn.

Focus in deze studie

De focus in deze studie ligt op de impact van klimaatverandering, bodemdaling, en daaraan gelinkte keuzes van de buitenwereld. Bij grenzen vanuit klimaatverandering en bodemdaling kan gekeken worden onder welke condities de grenzen bereikt worden, bijvoorbeeld bij hoeveel waterstandsverhoging of toename van neerslagintensiteit, en vervolgens wanneer en hoe deze condities in de klimaatscenario's voorkomen. Hierbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de KNMI'23 klimaatscenario's (KNMI, 2023) en de Deltascenario's (van der Brugge & de Winter, 2024). Wat betreft bodemdaling kan hiervoor gebruik gemaakt worden van de prognoses uit Kooi et al. (2023). Externe keuzes, bijvoorbeeld grootschalige maatregelen vanuit de Rijksoverheid als reactie op klimaatverandering, zijn onzekerder in de tijd. Door middel van scenario's, beslispunten en grenzen kan hier wel een inschatting van gemaakt worden.

5 Inventarisatie mogelijke grenzen voor het water- en bodemsysteem

De voorgaande hoofdstukken beschrijven de afgestemde reikwijdte voor de verkenning van de grenzen van het water- en bodemsysteem. Dit laatste hoofdstuk beschrijft de eerste inventarisatie van mogelijke grenzen voor water- en bodemsysteem, welke in het vervolg (Fase 1B) verder uitgewerkt worden. Dit hoofdstuk beschrijft daarmee een tussenstand van het project. Definitieve conclusies over grenzen in het water- en bodemsysteem en overschrijding daarvan kunnen nog niet getrokken worden. Op basis van de rapporten en gesprekken zijn voorsnag de grenzen uit tabel 5.1 geïdentificeerd, die mogelijk op termijn overschreden worden in het gebied. Deze kunnen later in meer detail in kaart gebracht worden en worden aangescherpt. Hieronder worden deze grenzen kort besproken, inclusief een zeer grove schatting van wanneer deze mogelijk worden bereikt.

5.1 Aanpak inventarisatie

Deze inventarisatie komt voort uit een gezamenlijke bijeenkomst rondom indicatoren. Op basis van het theoretisch kader zoals gegeven in Hoofdstuk 3 en een eerste verzameling van mogelijke indicatoren vanuit Deltares en waterschap Zuiderzeeland, is per thema een brede discussie gevoerd met de kerngroep van waterschap Zuiderzeeland (zie Bijlage A) over mogelijke indicatoren voor grenzen en veranderingen die tot overschrijding van grenzen leiden. De aantekeningen van deze bijeenkomst zijn te vinden in Bijlage B. Deze opgehaalde informatie is samengebracht tot een lijst van grenzen die mogelijk op termijn overschreden worden, waarna deze lijst in vervolgesprekken is getoetst. In Fase 1B kunnen de grenzen verder aangescherpt worden. De condities waaronder deze grenzen bereikt worden, en daarmee op welke termijn deze in beeld komen, zullen verder uitgewerkt worden. Daarnaast zal ook de impact van de grenzen in het gebied (of in deelgebieden) en de samenhang tussen verschillende grenzen verder worden uitgewerkt. De samenhang tussen thema's kan mogelijk ook zorgen voor andere grenzen of het verschuiven in de tijd van grenzen.

Dit hoofdstuk bevat dus het resultaat van de inventarisatie in Fase 1A. Figuur 5.1 en Tabel 5.1 geven een samenvatting van de inventarisatie van grenzen, inclusief een mogelijke periode waarin deze in beeld komen. De grenzen zijn gecategoriseerd in de thema's: wateroverlast, (zoet)waterbeschikbaarheid, waterkwaliteit, waterveiligheid en afvalwaterketen, en zijn in verschillende tijdsblokken opgedeeld. Er zijn grenzen die nu of waarschijnlijk op zeer korte termijn in beeld komen. Andere grenzen worden waarschijnlijk op een termijn van nu tot 2050 overschreden. Dit zijn grenzen die op korte termijn in zicht komen onder klimaatverandering. Andere grenzen komen voort uit keuzes hoe men zich elders gaat aanpassen aan klimaatverandering. Daarnaast is er nog een aantal grenzen geïdentificeerd waar het op dit moment nog niet duidelijk is onder welke condities ze worden overschreden.



Figuur 5.1 Geïdentificeerde grenzen die mogelijk in beeld komen voor het gebied op de genoemde termijn.

Tabel 5.1 Samenvatting van geïdentificeerde grenzen in fase 1A.

Wanneer	Thema	Geïdentificeerde grens in Fase 1A
Nu	Waterkwaliteit	Overschrijding waterkwaliteitsnormen
	Afvalwaterzuivering	Niet meer kunnen voldoen aan normen zuivering vanwege hoge kosten voor moeilijk verwijderbare of zorgwekkende stoffen.
Nu – 2050	Wateroverlast	Overschrijding wateroverlastnormen Huidige landbouw niet meer mogelijk zonder toename onderbemaling.
	Waterbeschikbaarheid	Zoetwaterbeschikbaarheid te laag om aan de zoetwatervraag te voldoen
2050 – 2100	Waterveiligheid	Blootstelling buitendijkse gebieden wordt te groot gevonden
		Aanpassingscapaciteit (tijd, ruimte) dijken en handelingsperspectief in noodgevallen te beperkt
Onbekend	Afvalwaterketen	Vervangingsvraag infrastructuur groter dan beschikbare capaciteit
		Schade in afvalwaterketen door wateroverlast
		Onvoldoende fysieke ruimte beschikbaar voor uitbreiding afvalwaterketen
		Verschillende onderdelen van de afvalwaterketen hebben een minimum hoeveelheid water nodig voor een goede werking. Deze minimum hoeveelheid water in de afvalwaterketen wordt onderschreden.

5.2 Grenzen die nu al worden overschreden

Een tweetal grenzen treden nu of waarschijnlijk op zeer korte termijn op. Deze zijn niet zozeer het resultaat van veranderingen in klimaat of zeespiegelstijging maar het gevolg van het huidige gebruik van het water- en bodemsysteem.

1 Waterkwaliteit

De toxische druk is (zeer) sterk en de KRW-normen wat betreft de waterkwaliteit – waaronder bestrijdingsmiddelen – worden al overschreden (Waterschap Zuiderzeeland, 2023a). Hiermee is een afgesproken grens wat betreft waterkwaliteit bereikt of al overschreden. Zoals benoemd in Hoofdstuk 4, kan dit beschouwd worden als een indicator van het bereiken van een fysieke grens. Daarnaast kan door klimaatverandering, waaronder toename van de temperatuur, schade aan het ecosysteem, en uiteindelijk voor de mens, toenemen. Verdere uitwerking hiervan en de samenhang van deze grens met andere grenzen en thema's zal in Fase 1B verder uitgewerkt worden.

2 Afvalwaterzuivering

Een grens voor de afvalwaterzuivering komt in beeld als deze niet meer in staat is om alle ongewenste stoffen te verwijderen. Genoemd zijn moeilijk verwijderbare of zorgwekkende stoffen zoals PFAS, medicijnen en microplastics. Technisch is het mogelijk dit op te lossen, maar in de gesprekken was de verwachting dat dit mogelijk zeer kostbaar zal zijn. Dit vraagt nog verder onderzoekwerk. Deze grens is gerelateerd aan de toename aan (kennis over) ongewenste stoffen, maar ook de aanscherping van de eisen.

5.3 Grenzen die op een termijn van nu tot 2050 worden overschreden

In de periode tussen nu en 2050 komen de volgende grenzen rondom wateroverlast en waterbeschikbaarheid mogelijk in beeld.

3 Wateroverlast

Op dit moment kunnen met het huidige systeem in een deel van het gebied de normen ten aanzien van de wateroverlast niet gehandhaafd worden. De inschatting is dat door verdere bodemdaling een veel groter gebied rond 2050 niet aan de normen zal voldoen. Vanwege deze toename in gebieden waar dit speelt, wordt ingeschat dat deze grens ergens tussen nu en 2050 bereikt wordt.

4 Wateroverlast

Zodra de huidige landbouw niet meer mogelijk is in een deel van het gebied zonder toename onderbemaling kan dat worden beschouwd als een grens. Vanwege toenemende bodemdaling zal bij het huidige peilbeheer een groter gebied een te kleine drooglegging kennen, waarbij condities te vaak als te nat worden ervaren vanuit de landbouw.

5 Waterbeschikbaarheid

Het watersysteem is deels afhankelijk van de beschikbaarheid van inlaatwater vanuit het IJsselmeer, voor het andere deel van het kwelwater. De beschikbaarheid van IJsselmeerwater staat onder druk door afnemend aanbod en toenemende vraag. Dit kan leiden tot een grens voor de waterbeschikbaarheid (te weinig water beschikbaar om te voldoen aan de vraag) in piekperiodes.

5.4 Grenzen die tussen 2050 en 2100 in beeld komen

In deze periode komen mogelijk een aantal grenzen in beeld die niet alleen direct voortvloeien uit klimaatverandering en zeespiegelstijging, maar veelal het gevolg kunnen zijn van keuzes hoe men zich elders gaat aanpassen aan klimaatverandering. In Haasnoot en Diermanse (2022) worden meerdere bouwstenen voor het aanpassen aan zeespiegelstijging gepresenteerd. Ook de uitwerkingen van de consortia van Kennisprogramma Zeespiegelstijging (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2024) geven voorbeelden van grootschalige systeemkeuzes in klimaatadaptatie. Hieronder worden drie keuzes elders genoemd die mogelijk tot grenzen voor waterschap Zuiderzeeland leiden.

Het is in deze periode dat de afwatering van de meeste Nederlandse regionale wateren onder het eb-peil van de zee kan komen te liggen. De meeste mogelijkheden om onder vrij verval water af te voeren naar zee zijn daarmee vervallen. In de dimensionering van ons regionale watersysteem op Nederlandse schaal is de mogelijkheid van vrij verval lozing tot op heden altijd een uitgangspunt geweest. Als directe afvoer naar zee niet meer tot de mogelijkheden behoort, worden het IJsselmeer en het Markermeer, als deze op een lager peil gehouden worden, nog interessantere wateren voor berging van water uit de omliggende poldergebieden.

Door keuzes in Duitsland om hogere bescherming te realiseren langs de Rijn kunnen veel grotere extreme Rijnaftvoeren via de Rijn Nederland bereiken. Om deze te verwerken zal er meer water via de IJssel naar het IJsselmeer kunnen komen. Daarmee zullen ook beslissingen genomen moeten worden over de verdeling van deze wateren over de Rijntakken. Deze combinatie zal invloed hebben op de waterstanden in het IJsselmeer en daarmee op de waterveiligheid.

Als laatste kan er deze periode een keuze moeten worden gemaakt om de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg (Maeslantkering) eventueel te vervangen door zeesluizen. Dat zal een zeer grote keuze met zich meebrengen over de verdeling van de afvoer van het Rijnwater over de riviertakken. Vanaf dat moment zal namelijk niet alleen het water uit ons regionale systeem volledig moeten worden weggepompt, maar ook al het water uit onze grote rivieren, en dit ook bij extreem hoog water. Een voor de hand liggende mogelijkheid is om (veel) meer water over de IJssel naar het noorden te sturen.

Alle drie de ontwikkelingen hebben tot gevolg dat het peil in het IJssel- en Markermeer veel moeilijker is te handhaven, vooral aan de hoge kant. Daarmee worden de randvoorwaarden rond WSZZL heel anders.

6 Waterveiligheid

Hogere buitenwaterstanden hebben directe invloed op de buitendijkse gebieden. Dit kan voor een te grote blootstelling van dit gebied aan hoogwater zorgen. Voor het binnendijks gebied is de inschatting dat de dijken zeer robuust ontworpen en versterkbaar zijn. Wel kunnen beperkingen aan capaciteit en middelen mogelijk tot grenzen leiden.

5.5 Grenzen waarvan onbekend is op welke termijn ze worden overschreden

Daarnaast zijn er enkele grenzen geïdentificeerd waar het nog onduidelijk is op welke termijn deze zullen worden overschreden.

7 Afvalwaterketen

Een grens voor de afvalwaterketeninfrastructuur, zoals leidingen en rioolgemaal, komt in beeld als deze sneller vervanging nodig heeft dan capaciteit beschikbaar is om deze te vervangen en daarmee de prestatie die de infrastructuur kan leveren achteruitgaat. Ongeveer de helft van de leidingen en rioolgemaal zal de komende 10 jaar vervangen moeten worden. Deze opgave lijkt goed in beeld te zijn op basis van de gevoerde gesprekken. In Fase 1B van het project zal worden bekeken of deze grens nog relevant is om op te nemen.

8 Afvalwaterketen

Wateroverlast kan mogelijk tot schade leiden in de afvalwaterketen. Als door hoge waterstanden AWZIs langdurig niet kunnen lozen dan kunnen deze hiervan schade ondervinden en niet meer optimaal functioneren. Onder welke condities dit in beeld komt is nog onbekend.

9 Afvalwaterketen

Een grens kan ook in beeld komen als er onvoldoende fysieke ruimte in de bebouwde omgeving beschikbaar is voor uitbreiding van de infrastructuur. Vanuit de gesprekken is de inschatting dat dit niet op de termijn waarvoor asset management prognoses worden gemaakt in beeld komt.

10 Afvalwaterketen

Verschillende onderdelen van de afvalwaterketen hebben een minimum hoeveelheid water nodig voor een goede werking. De afvalwaterketen kan daarom ook vastlopen door een tekort aan water. Wat de minimumwaarden zijn is niet bekend, tegelijkertijd is de verwachting dat het terugbrengen van het aanbod (het waterverbruik door huishoudens en bedrijven) niet zo snel in grote mate zal veranderen.

6 Referenties

- Botterhuis, A. A. J., Kuiper, B., van der Vliet, N., & Stijnen, J. W. (2024). *Waterveiligheidsperspectief IJsselmeergebied. Technisch achtergrondrapport fase 1*. HKV.
- de Bruijn, K., & Slager, K. (2022). *Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen? Hackathon Deltares, november 2021*. Deltares.
- de Bruijn, K., Slager, K., & Juch, S. (2022). *Case studie Zuid-Holland: 'Analyse grootschalige wateroverlast'*. Deltares.
- Deltares. (2024). *Terugblik hoogwaterpiek kerstvakantie 2023-2024*.
<https://www.deltares.nl/nieuws/terugkijken-op-hoogwaterpiek-kerstvakantie-2023-2024>
- Dow, K., Berkhout, F., Preston, B. L., Klein, R. J. T., Midgley, G., & Shaw, M. R. (2013). Limits to adaptation. *Nature Climate Change*, 3(4), 305-307. <https://doi.org/10.1038/nclimate1847>
- ENW. (2024). *Water tegen de dijk. Het functioneren van waterkeringen tijdens het winterhoogwater 2023/2024*.
- Haasnoot, M., Bouwer, L., & Kwadijk, J. (2017). *Als de zeespiegel sneller stijgt... Resultaten van een Policy Hackathon naar knikpunten en mijlpalen bij adaptatie aan extreme zeespiegelstijging in Nederland*. Deltares.
- Haasnoot, M., & Diermanse, F. (2022). *Analyse van bouwstenen en adaptatiepaden voor aanpassen aan zeespiegelstijging in Nederland* (11208062-005-BGS-0001).
- Haasnoot, M., L. Bouwer, F. Diermanse, J. Kwadijk, A. van der Spek, G. Oude Essink, J. Delsman, O. Weiler, M. Mens, J. ter Maat, Y. Huismans, K. Sloff, & Mosselman, E. (2018). *Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning*. (Deltares report 11202230-005-0002).
- Harezlak, V., & Maarse, M. (2009). *Effect van peilstijging op de ecologie in het IJsselmeer*. Deltares.
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging. (2022). *Grondwaterverzilting en watervraag bij een stijgende zeespiegel*.
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging. (2024). *Ruimte voor zeespiegelstijging*.
- Klavers, H. (2024). *Cornelis Lelylezing 2024: Voorbij de dijk. Hoe lang kunnen wij in tijden van klimaatverandering nog leven in onze diepe polders op de bodem van de voormalige Zuiderzee?*
- KNMI. (2023). *KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland* (KNMI-Publicatie 23-03). KNMI.
- Kooi, H., Bakema, G., Gunnink, J., Melman, R., Walvoort, D., Knaake, B., Jansen, S., & Erkens, G. (2023). *Bodemdalingsprognose Flevoland*. Deltares.
- Mens, M., Pouwels, J., Weiler, O., Delsman, J., & Huismans, Y. (2024). *De zoetwaterbalans van laag Nederland in een warmer klimaat*. Deltares.

- O'Neill, B., Aalst, M. v., Ibrahim, Z. Z., Ford, L. B., Bhadwal, S., Buhaug, H., Diaz, D., Frieler, K., Garschagen, M., Magnan, A., Midgley, G., Mirzabaev, A., Thomas, A., & Warren, R. (2022). *Key Risks Across Sectors and Regions. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]*.
- Pezij, M., Klopstra, D., de Vries, L., van den Eertwegh, G., Delsman, J., & Rozemeijer, J. (2022). *Zoetwatervoorziening Waterschap Zuiderzeeland*. HKV.
- Pouwels, J., America, I., Delsman, J., & Mens, M. (2021). *Stresstest voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II. Het effect van nieuwe inzichten op knelpunten in de zoetwatervoorziening*. Deltares.
- Slager, K., Douben, K., Deurlo, T., van der Droef, M., & Mulders, M. (2023). *Globale analyse impacts bovenregionale wateroverlast Brabantse Delta. Het ontwikkelen en testen van een methode om de mogelijke impacts van de Limburgbui (juli 2021) in beeld te brengen*. Deltares.
- van der Brugge, R., & de Winter, R. C. (2024). *Deltascenario's 2024 - Zicht op Water in Nederland*.
- van Ginkel, K., Rijken, B., Hoogvliet, M., van Veggel, W., Botzen, W. J. W., & Filatova, T. (ingediend). How an Economic and Financial Perspective Could Guide Transformational Adaptation to Sea Level Rise. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5209598> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5209598>
- Waterschap Zuiderzeeland. (2023a). *Factsheet KRW - Behorende bij Stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027 (v6, 2023-09-20, tussentijdse versie)*.
- Waterschap Zuiderzeeland. (2023b). *Water en bodem als fundament. Kaartverhalen. Wat 'water en bodem sturend' betekent voor de leefomgeving*.
- WL|Delft Hydraulics. (2005). *Seizoensgebonden peilen in het IJsselmeergebied*.

A Overzicht bijeenkomsten met kerngroep

Gedurende fase 1A zijn verschillende gesprekken met leden van de kerngroep en andere experts van het waterschap gevoerd, zie hieronder voor een kort overzicht hiervan.

- 11 november (2024) – Project-kickoff.
- 4 februari - Werksessie rondom indicatoren voor grenzen
- 12 maart – Tussenpresentatie inventarisatie na werksessie 4 februari
- Gesprekken op thema's:
 - 24 maart – Watersysteem
 - 27 maart – Waterveiligheid
 - 7 april – Afvalwaterketen
 - 8 april – Afvalwaterketen
 - 11 april – Watersysteem
 - 14 april – Waterkwaliteit
- 15 april – Bespreking inventarisatie grenzen

B Opbrengst werksessie indicatoren

Onderstaand is een verzameling van gemaakte aantekeningen tijdens de werksessie met waterschap Zuiderzeeland en Deltares op 4 februari 2025, waarbij breed is gekeken naar indicatoren voor verschillende thema's. De aantekeningen zijn geordend per thema, maar in deze bijlage voor de rapportage van Fase 1A niet verder uitgewerkt of beoordeeld. Deze aantekeningen zijn gebruikt om te komen tot de inventarisatie van grenzen in Hoofdstuk 5.

B.1 Indicatoren en grenzen

Tabel B.1. Genoemde indicatoren en mogelijk voorkomende grenzen.

Thema	Genoemde indicatoren of mogelijk voorkomende grenzen
Algemeen	Vervangingsvraag van assets
	Energievoorziening aan capaciteitsgrenzen: veel gevolgen (veiligheid, kwaliteit, waterveiligheid, wateroverlast, afvalwaterketen).
	Capaciteit om maatregelen uit te voeren
	Snelheid in aanpassen van bestaande systeem
	Kosten-baten van maatregelen. Verdeling maatschappelijke kosten en baten
	Eindigheid technische oplossingen
Afvalwaterketen	Doorgaande bodemdaling: levensduur infra
	Breuken persleidingen door bodemdaling en vervanging van ondergrondse infrastructuur de komende 10 jaar
	Strengere eisen aan zuivering technologisch mogelijk, maar aanpassingen duur, en energievraag groot
	Link met wateroverlast: tot welk moment blijft AZWI werkzaam? Grens aan lozingen op de vaarten. Te grote verblijftijd in het systeem kan voor schade in het systeem zorgen.
	Energievraag afvalwaterketen (valt mee hoeveel het is, maar wel toenemend)
	Invloed overstorten op waterkwaliteit. Overstorten zijn er – niet veel, maar zijn er wel.
	Minimum aan water nodig om afvalwater door te voeren
	Capaciteit (riolen en zuivering) inclusief buffercapaciteit en verwerkingscapaciteit
Waterkwaliteit en biodiversiteit	Toename effluent lozingen bij huidige techniek
	Kwaliteit wateruitstroom uit afvalwaterketen bij droogte
	Frequentie watertemperatuur boven de wettelijke norm - zorgt voor afname aquatische ecologie en algenbloei, pathogenen.
	(KRW-)Normen voor waterkwaliteit (chemisch, ecologisch).
	Toxiciteit: PFAS, plastic, stikstof, in combinatie met te veel en te weinig water. Houdbaarheid gezond systeem.
	Zoutconcentratie/zoutindringing – te hoog kan zorgen voor afsterven aquatische ecologie.

Thema	Genoemde indicatoren of mogelijk voorkomende grenzen
	Soortenaafname (signaalsoorten) naar aanleiding van menselijk handelingen.
	Verminderde opbrengst landbouw voor teelten
	Watervraag vanuit natuurgebieden kan niet aan worden voldaan, met als gevolg verdroging natuurgebieden
	Er is ruimte in het watersysteem nodig voor robuuste natuur en biodiversiteit. Op dit moment te weinig ecologie-ondersteunende inrichting.
Wateroverlast	Doorgaande bodemdaling versus onderbemalen
	Beperkte pompcapaciteit
	Bergingscapaciteit. Weinig bergingsmogelijkheden in watersysteem (1-3% speelruimte), waterberging vooral in de bodem
	Grens aan acceptatie wateroverlast. Afhankelijk van duur, frequentie, herstelperiode en seizoen wateroverlast
	Bij welke bodemdaling worden sommige gebieden niet meer draineerbaar? (bevrijdende keuzes)
	Beperkingen uitbreidingen woonwijken door wateroverlast
	Capaciteit gemalen bij wateroverlast (kwetsbaarheid, reservecapaciteit, reactietijd, energietoevoer/capaciteit elektriciteitsnet)
	Capaciteit water- en bodemsysteem (afvoercapaciteit, reactietijd)
	Beperkte bereikbaarheid gebieden bij bodemdaling
	Overschrijding wateroverlastnormen.
	Opbarsting door meer drooglegging - technisch bijna geen grenzen aan hoeveelheid drooglegging die je kunt hebben.
	Beperkingen in uitpompen naar IJsselmeer
Waterveiligheid	Aanpassingssnelheid, ruimtevraag en kosten bij aanpassen dijken
	Dijken zo hoog dat onzekerheden in faalkans te groot worden
	Beperkingen in evacuatie- en herstelmogelijkheden bij dijkdoorbraak
	Toename overstromingskans buitendijkse gebieden
	Falen Afsluitdijk en norm voor Afsluitdijk. Inrichting gemaalcapaciteit Afsluitdijk is bepalend voor toekomst Flevoland.
	Beperkingen in afvoer Markermeer (gaat via IJsselmeer en Markermeer onder vrij verval)
	Stikstof-emissies bij onderhoud/versterking
	Technisch gezien kan je blijven verhogen, maar afvoer gemaal en kwel beperkend
Zoetwaterbeschikbaarheid	Te hoge zoutgehalten in bodem en/of oppervlaktewater en doorspoelen voor zout: water niet beschikbaar, zoutconcentraties lopen op
	Waterbeschikbaarheid steeds verder onder druk. Beperkend voor waterkwaliteit, doorspoeling, peilbeheer
	Buffercapaciteit in het systeem voor droge periodes, inclusief benodigde tijd
	Zoetwaterbeschikbaarheid aan zandige Noordoostpolder-rand

Thema	Genoemde indicatoren of mogelijk voorkomende grenzen
	Robuust systeem met grote peilvakken. Lokaal onderbemaling om voldoende drooglegging te hebben. Houdbaarheid peilbesluiten, landgebruik in combinatie met bodemdaling
	Frequentie en duur optreden watertekort (voor inlaten en doorspoelen; technisch of beschikbaarheid).
	Frequentie externe waterbeschikbaarheid beperkt (te laat IJsselmeer, te weinig aanvoer uit Veluwe en rivieren)
	Frequentie watertekort voor peilhandhaving, inclusief instellen beregeningsverboden (gevolgen voor landbouw)

B.2 Veranderingen

Tabel B.2. Tabel met genoemde veranderingen per thema

Thema	Genoemde verandering
Algemeen	Verandering van eisen en landgebruik sinds ontwerp systeem. Ook verandering in verwacht 'serviceniveau'
	Verstedelijking, toename bebouwing/verharding en bevolkingsgroei
	Capaciteit stroomnet en energievraag vanuit de verschillende functies
	Verandering in meerpeilen
Afvalwaterketen	Bodemdaling
	Mogelijke transities in afvalwaterketen, e.g. zuiveringstappen in huis
	Veranderingen in aanwezigheid industrie
	Nieuwbouw en mogelijke vraag om uitbreiding afvalwaterketen (vanuit de huidige nieuwbouwprognoses geen knelpunten verwacht)
Waterkwaliteit	Toename neerslag en relatie met uitspoeling van stoffen
	Beschikbaarheid (hoeveelheid) zoet water, timing en temperatuur
	Toename van effluentlozingen op de vaarten (interne systemen)
	Toename neerslag en relatie met overstort (beperkt)
Wateroverlast	Verstedelijking (/verharding) en bouwen in bodemdalingsgebieden
	Netcongestie
	Klimaatverandering; piekbuien
	Bodemdaling en keuzes in drooglegging
	Conditie watersysteem (ontwatering, kavelsloten, blokkades in systeem, begroeiing)
Waterveiligheid	Kans op extreem event dat zorgt voor vollopen IJssel (combinatie Noordwesterstorm).
	Wensen voor multifunctionele dijken
	Buitendijkse ontwikkelingen en economisch intensieve investeringen (bewoning, havens)
	Toename inwoners en ontwikkelingen in economische activiteiten binnendijks

Thema	Genoemde verandering
	Mogelijke toekomstige beheersbaarheid meerpeilen en -pieken (IJsselmeer en Markermeer)
Zoetwaterbeschikbaarheid	Toename zoetwatervraag, inclusief vraag om vernatting vanwege bodemdaling
	Toename beregeningsinstallaties

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl