

Hoe houden we delta's op de lange termijn leefbaar?

Achtergronddocument en bronnen voor
het schrijven van een profielwerkstuk over
klimaatverandering en klimaatadaptatie

Klimaatverandering en lange termijn ontwikkelingen

Wereldwijd wonen mensen graag bij de kust of langs rivieren en daarom zijn er op deze plekken ook vaak veel economische activiteiten, zoals havens. Tegelijkertijd zijn deze gebieden hotspots voor effecten van klimaatverandering en achteruitgang van ecosystemen. Als Deltares onderzoeken we hoe we deze gebieden, delta's geheten, op de lange termijn leefbaar kunnen houden, en hoe de verschillende maatschappelijke, economische en infrastructurele investeringen die de komende decennia verwacht worden duurzaam gemaakt kunnen worden.

Met de term **'leefbare delta's'** bedoelen wij deltagebieden, die effectief de behoeften van mensen en ecosystemen, waaronder een robuuste economie en een gezond milieu, in balans brengen zonder toekomstige generaties en hun behoeftes in gevaar te brengen. Dat betekent dat inwoners van deltagebieden veilig zijn voor overstromingen en verzekerd zijn van schoon water, zelfs in perioden van droogte. Dit alles op een rechtvaardige en eerlijke manier, waarbij natuurlijke hulpbronnen, met name water en ondergrond, worden gebruikt en beheerd op een manier die hun blijvende waarde verzekert. Binnen deze delta's en kusten wordt de natuur beschermd en ondersteund bij de aanpassing aan de gevolgen van klimaatverandering.

Deltares werkt als Nederlands kennisinstituut aan toegepast onderzoek naar de impact van klimaatverandering en andere lange termijn ontwikkelingen en manieren om hiermee om te gaan. Dit doen we samen met het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat, het Kennisprogramma Zeespiegelstijging, het Deltaprogramma en vele anderen. Er wordt veel onderzoek gedaan en werk verricht rondom klimaatverandering en de aanpassingsmogelijkheden van Nederland. In dit document geven we een kort overzicht van de beschikbare kennis hierover met links naar goede bronnen om scholieren een goede start te geven voor hun profielwerkstuk.

Wat betekent klimaatverandering voor Nederland?

Wereldwijd maakt het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) regelmatig een beoordeling van hoeveel we weten over klimaatverandering, de impact en risico's en de opties voor adaptatie (het aanpassen aan klimaatverandering) en mitigatie (het beperken van verdere klimaatverandering). Ook maakt het IPCC wereldwijde klimaatprojecties (een op basis van wetenschappelijk onderzoek en rekenmodellen gemaakte inschatting van hoe het klimaat zich kan ontwikkelen voor verschillende uitstootscenario's).



Het KNMI vertaalt dit naar klimaatscenario's voor Nederland. Deze scenario's laten zien hoe het klimaat in Nederland in de toekomst eruit kan zien. De scenario's bevatten getallen voor de toekomstige temperaturen, neerslag, en zeespiegelstijging, en zijn afhankelijk van de hoeveelheid CO₂-uitstoot.

Figuur 1 geeft een overzicht van de vier KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland. Er zijn scenario's gemaakt voor een wereldwijd lage en hoge CO₂-uitstoot, en voor een meer verdrogend of natter-wordend klimaat in Nederland. Afhankelijk van het scenario neemt de temperatuur meer of minder toe en krijgen

we te maken met meer of minder neerslag, droge periodes en zeespiegelstijging.

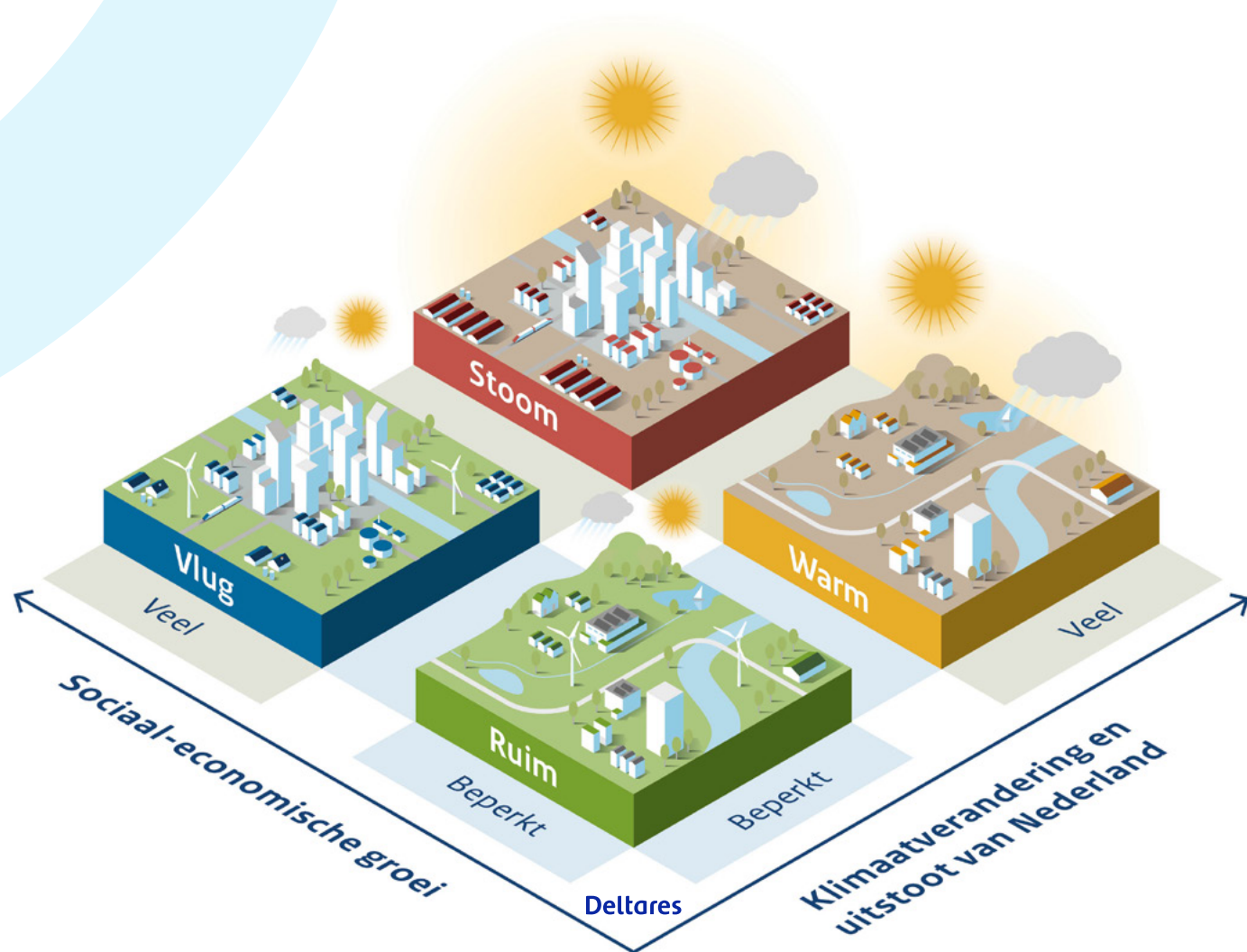
Naast klimaatverandering zullen ook andere veranderingen impact hebben op het watersysteem. Om hier rekening mee te kunnen houden in het waterbeheer, zijn de klimaatscenario's van het KNMI gecombineerd met scenario's voor sociaaleconomische groei (bevolkingsgroei, economische groei, toename natuurgebied) en de hoeveelheid uitstoot van broeikasgassen in Nederland in de Deltascenario's (zie Figuur 2). In alle scenario's krijgen we in de toekomst te maken met minder zoetwater tegenover een grotere vraag om zoetwater, meer wateroverlast (te veel water bijvoorbeeld door hevige buien) en een grotere opgave om ons te beschermen voor overstromingen.

“ Naast klimaatverandering zullen ook andere veranderingen impact hebben op het watersysteem.

De volgende paragrafen geven meer informatie over de gevolgen van zeespiegelstijging, te veel en te weinig water. Daarnaast hebben hogere temperaturen ook verschillende effecten, het leidt bijvoorbeeld tot hitte-eilanden in de stad (een deel van stedelijk gebied dat veel warmer is dan andere gebieden, doordat gebouwen of menselijke activiteiten de hitte vasthouden) of het uitvallen van infrastructuur (zoals



Figuur 1 | De vier KNMI'23-scenario's voor klimaatverandering in Nederland. Bron: KNMI (2023)



Figuur 2 | De Deltascenario's geven een beeld van de impact van klimaatverandering, de uitstoot van Nederland en sociaaleconomische ontwikkelingen op het waterbeheer in Nederland. Bron: Deltares (2024)

spoorwegen, maar ook bijvoorbeeld het elektriciteitsnet), maar ook voor het ecosysteem. Uit recent onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat de Rijn aan het einde van de eeuw 4,2°C hoger wordt door klimaatverandering¹. Dit heeft invloed op vissen en andere waterorganismen, maar ook op koelwateronttrekkingen van de industrie.

¹ <https://www.deltares.nl/nieuws/water-rijn-einde-van-de-eeuw-4.2-graden-hoger>

Zoals je zal zien raken deze thema's elkaar. 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 waterstanden in combinatie met extreme neerslag of meer zoutindringing door droogte en zeespiegelstijging.





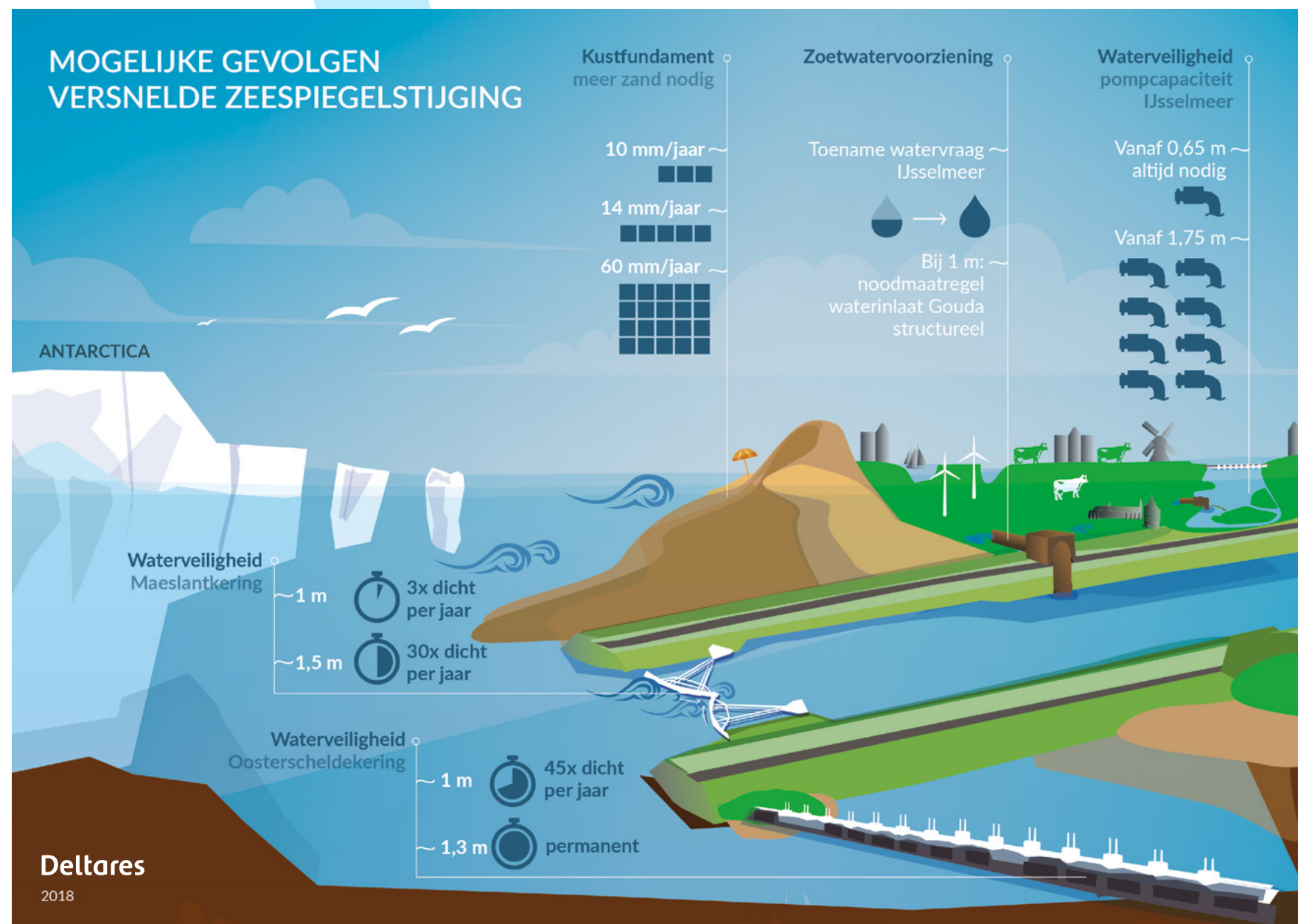
Zeespiegelstijging

In 2018 is onderzocht wat de invloed van zeespiegelstijging op het Nederlands waterbeheer zou zijn (Haasnoot et al., 2018). Figuur 3 geeft een samenvatting van de resultaten. In de periode hierna zijn nog veel andere vervolgonderzoeken geweest, waaronder binnen het Deltaprogramma en het Kennisprogramma Zeespiegelstijging.

Zeespiegelstijging geeft hogere waterstanden aan de kust en in rivieren met een open verbinding naar zee. Dit betekent dat dijken en duinen versterkt moeten worden. Op sommige locaties kan dat eenvoudig, op andere locaties is dat lastiger omdat we de ruimte ook voor andere dingen gebruiken. Hogere waterstanden betekent ook dat het op bepaalde locaties lastiger is om water onder vrij verval (zonder pompen) af te voeren, en dat de stormvloedkeringen, zoals de Maeslantkering, vaker moeten sluiten. Dit kan betekenen dat ze sneller sluiten of dat de natuur daar last van krijgt.

Daarnaast zijn er ook andere effecten van zeespiegelstijging. Zeespiegelstijging zorgt voor meer zoutindringing langs de kust, zowel in het grondwater als in de rivieren. Hier zullen we bij het stuk over 'te weinig water' verder op in gaan.

“ Zeespiegelstijging geeft hogere waterstanden aan de kust en in rivieren met een open verbinding naar zee.



Figuur 3 | Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging. Bron: Haasnoot et al., 2018



Te veel water

Hierboven zijn de gevolgen van zeespiegelstijging, waaronder hogere waterstanden, kort beschreven. Ook hogere rivierafvoeren kunnen zorgen voor hogere waterstanden. Door berekeningen van het gehele stroomgebied van de Rijn en de Maas kan worden berekend wat verschillende scenario's voor de toekomstige rivierafvoer betekenen. Hiervoor wordt gekeken naar veranderingen in de winter- en zomerafvoer. Voor de Rijn neemt de jaarlijkse winterafvoer in alle scenario's toe, en voor de Maas in de meeste scenario's (Deltares, 2023).

Daarnaast worden in de KNMI'23-scenario's nattere winters met langdurig natte periodes en een toename van extreme zomerbuien geprojecteerd. Dit betekent dat we deze regen ook goed moeten kunnen bergen en afvoeren om te voorkomen dat er water op straat en op het land blijft staan.

Te weinig water

Zoetwater is van groot belang voor de landbouw, industrie, drinkwater, scheepvaart en de natuur. In Nederland wordt het oppervlaktewater uit rivieren en meren en het grondwater gebruikt om deze functies te faciliteren. In 2018 en 2022 hadden we in Nederland last van een tekort aan zoet water. Door de invloed van klimaatverandering zullen dit soort droge periodes vaker voorkomen.



Tijdens langere perioden van droogte en toenemende neerslagtekorten gaat aanzienlijk meer zoetwater verloren door verdamping. Daarom moeten we het beschikbare water uit rivieren en uit neerslag goed over Nederland verdelen. Door klimaatverandering worden tekorten in de zoetwatervoorziening



Figuur 4 | Verzilting aan de kust speelt zowel op het oppervlaktewater als in het grondwater (zie voor de interactieve versie Droogte in beeld - Deltalife Juli 2021)



Wil je meer weten over de impact van klimaatverandering?

In 2023 kwam het 6e Assessment Rapport (AR6) van het IPCC uit. Het rapport vind je via deze link:
[AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023 — IPCC](#)

Op de website van het KNMI vind je informatie over de klimaatscenario's die ze voor Nederland hebben opgesteld: [KNMI - KNMI'23-klimaatscenario's](#)

Meer informatie over de Deltascenario's vind je in dit rapport: [Deltascenario's voor Nederland - Wateropgaven in 2050 en 2100](#)

De Klimateffectatlas ([Klimateffectatlas Nederland - Klimateffectatlas](#)) geeft informatie over de effecten van klimaatverandering op Nederland in verschillende kaarten voor verschillende scenario's.

Toelichting op toekomstige rivierafvoeren kan je op deze pagina vinden: [Toekomstige rivierafvoeren Rijn en Maas | Deltares](#)

Op deze pagina vind je meer informatie over onderzoek naar zeespiegelstijging met handige links naar rapporten: [Onderzoek naar gevolgen van zeespiegelstijging | Deltares](#)

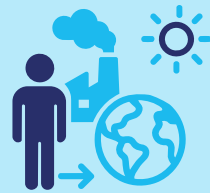
Rapport 'Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma' (2018). In 2018 hebben we in opdracht van de Deltacommissaris een rapport opgeleverd over de mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging op de waterveiligheid, zoetwaterbeschikbaarheid en de kust van Nederland.

(oppervlaktewater en grondwater) waarschijnlijker, vooral in hooggelegen gebieden waar regen de primaire bron is. In de westelijke kustprovincies zal zout water vanuit zee zorgen voor verdere verzilting van grondwaterreserves en het oppervlaktewater (zie Figuur 4). Langdurige lage rivierafvoeren en een stijgende zeespiegel zullen het bovendien moeilijker maken om deze zoutindringing tegen te gaan en zoetwatervoorraden aan te vullen.

Een verwachte toename van de totale vraag naar zoet water (door bijvoorbeeld een toename van de vraag door huishoudens, industrie, landbouw en bedrijven als datacenters die zoetwater nodig hebben om hun systemen te koelen) zal ook de balans tussen vraag en aanbod veranderen en extra druk

uitoefenen op de beschikbaarheid van zoet water. Maatregelen zoals de bescherming van drinkwaterbronnen en minder grondwateronttrekkingen zullen op een gegeven moment nodig zijn. Ook het type economische activiteiten in een gebied bepaalt in grote mate de kwetsbaarheid voor droogte.

“Maatregelen zoals de bescherming van drinkwaterbronnen en minder grondwateronttrekkingen zullen op een gegeven moment nodig zijn.

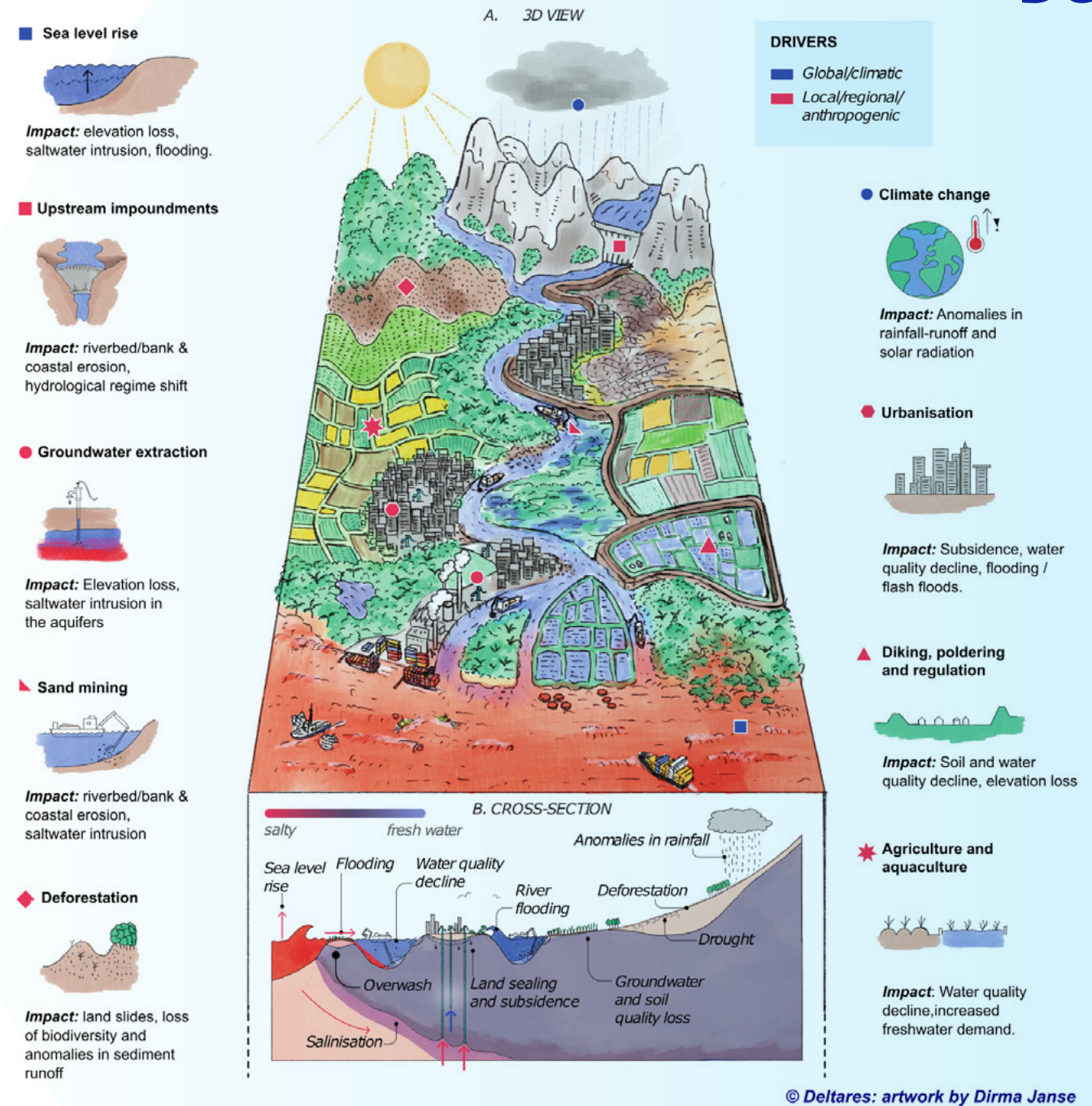


Wat heeft nog meer invloed?

Klimaatverandering is voor delta's en kustgebieden wereldwijd een bedreiging, door zeespiegelstijging en een toenemende frequentie van extreem weer. Naast klimaatverandering heeft ook het menselijk handelen invloed op deze gebieden, zoals bijvoorbeeld ontbossing, intensieve landbouw, verstedelijking, en grondwateronttrekking (zie ook Figuur 5, Eslami et al., 2025). Deze factoren spelen op verschillende tijd- en ruimteschalen. Sommige spelen op lokaal niveau, bijvoorbeeld grondwateronttrekkingen, waar bijvoorbeeld klimaatverandering wereldwijd speelt. De lokale menselijke factoren kunnen op korte tot middellange termijn grote invloed hebben. Dit betekent dat we het geheel van factoren goed moeten meenemen als we kijken naar mogelijke maatregelen.



Deltares



Figuur 5 | Invloed van klimaatverandering en andere factoren op een delta. Bron: Eslami et al. (2025)

Hoe kunnen we omgaan met klimaatverandering?

In een wereld met een veranderend klimaat en veranderende samenlevingen moeten we ons tijdig en voortdurend aanpassen. Het is moeilijk om beslissingen te nemen over adaptatie (aanpassing) aan klimaatverandering omdat we niet precies weten hoe snel of hoe groot de veranderingen zullen zijn en wat de effecten zullen zijn. Dat is afhankelijk van de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen. Toch moeten we manieren vinden om ons aan te passen en ons op tijd voor te bereiden. Dit begint met het bepalen van de mogelijke oplossingen en opties die we hebben, die in de loop van de tijd kunnen veranderen. Ook zijn de mogelijke opties afhankelijk van de locatie. Denk bijvoorbeeld aan de verschillen tussen sterk verstedelijkte en landelijke gebieden.

Opties en adaptatiepaden

We kunnen deze oplossingen in kaart brengen door middel van adaptatiepaden. In een adaptatiepad worden adaptatieknippunten (momenten dat de verandering zo groot is dat je een andere keuze moet maken) en mogelijke maatregelen in een tijdspad gezet. Zo wordt een keten van keuzes in beeld gebracht (zie Figuur 6). In Nederland zijn bijvoorbeeld verschillende adaptatiepaden voor zeespiegelstijging ontwikkeld.

Dit betekent dat we zowel korte- als langetermijnmogelijkheden en beslissingen identificeren, zodat we de aanpassing in kleinere stappen kunnen opdelen. Sommige routes kunnen leiden tot een situatie waarin we vastzitten (lock-in), terwijl andere routes meer flexibiliteit bieden. Door verschillende scenario's te bestuderen



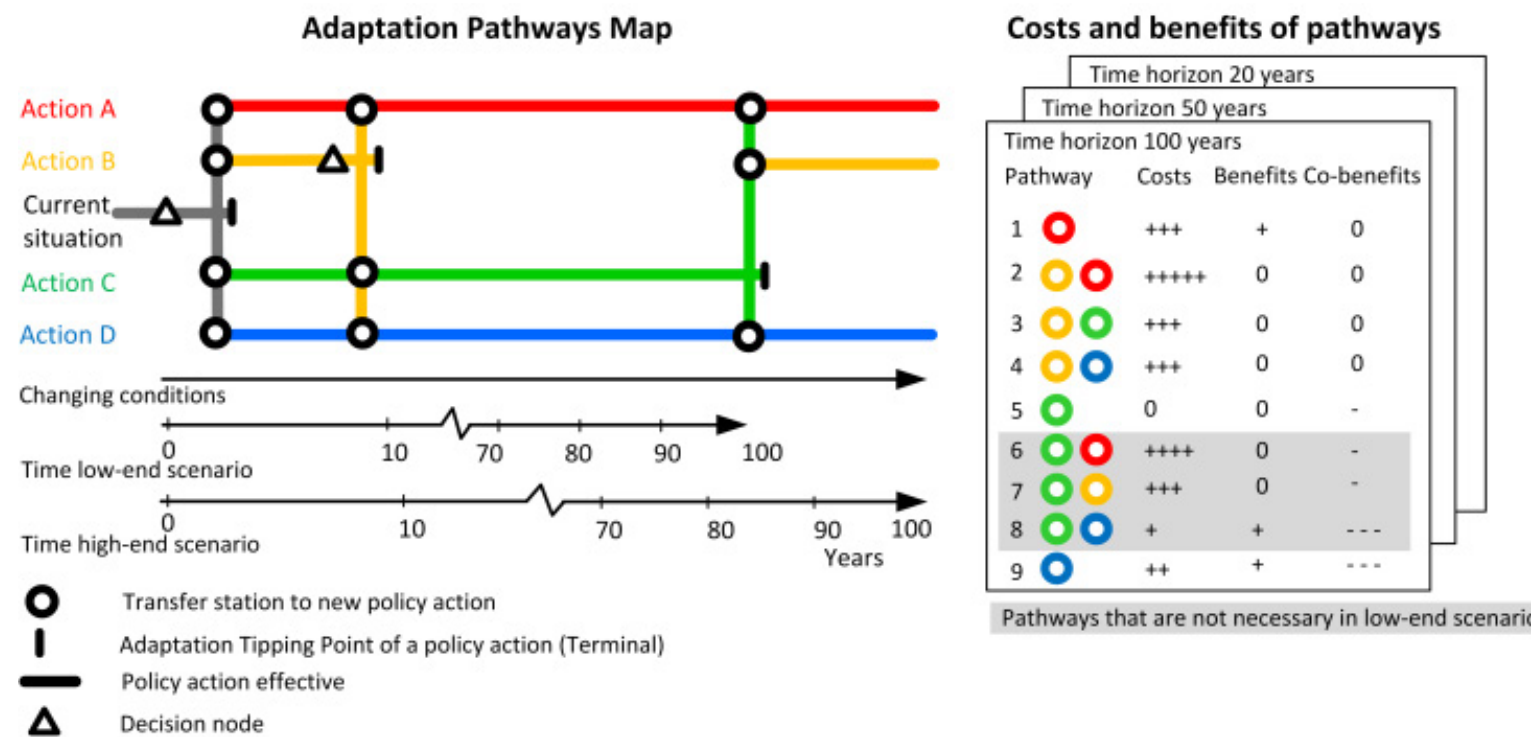
en belangrijke knelpunten te identificeren, kunnen overheden en organisaties plannen maken, investeren en actie ondernemen wanneer dat nodig is.

Oplossingsrichtingen

Er worden veel lange termijn plannen gemaakt over hoe Nederland om kan gaan met zeespiegelstijging en

andere gevolgen van klimaatverandering. Nederland ziet er in deze plannen soms heel anders uit. Deze plannen kunnen ingedeeld worden in verschillende categorieën, ook wel oplossingsrichtingen genoemd. Vier oplossingsrichtingen zijn:

- Beschermen-gesloten: Nederland wordt volledig wordt afgesloten van de zee, waarbij het rivierwater via grote gemalen (pompstations) naar de Noordzee wordt afgevoerd.



Figuur 6 | voorbeeld van een adaptatiepadenkaart. Bron: <https://www.deltares.nl/en/expertise/areas-of-expertise/sea-level-rise/dynamic-adaptive-policy-pathways>



Wil je meer weten over hoe we om kunnen gaan met klimaatverandering?

Kunnen we Nederland met zeespiegelstijging en bodemdaling boven water houden? | [KlimaatHelpdesk](#)

Rapport 'Strategieën voor adaptatie aan hoge en versnelde zeespiegelstijging' (2020). Dit rapport introduceert vier mogelijke oplossingsrichtingen: beschermen-gesloten, beschermen-open, zeewaarts, en meebewegen.

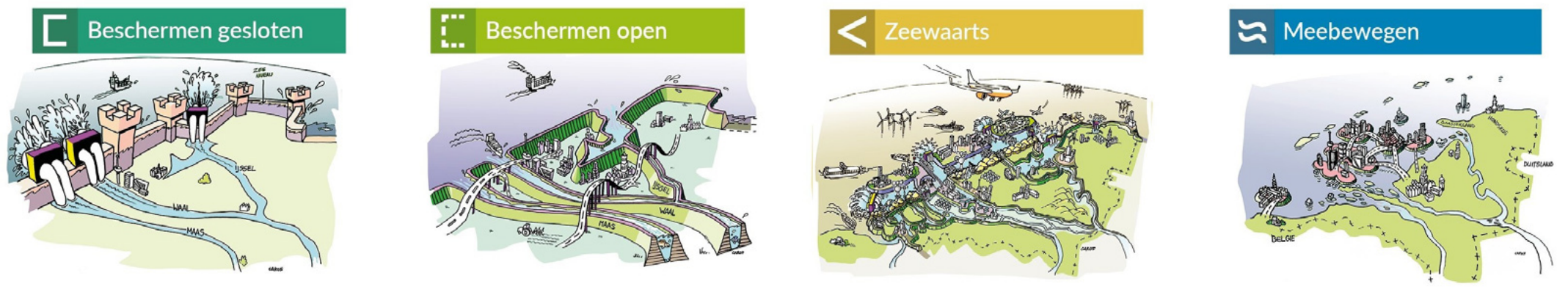
Rapport 'Analyse van bouwstenen en adaptatiepaden voor aanpassen aan zeespiegelstijging in Nederland (2022). Dit rapport gaat verder in op mogelijke maatregelen voor Nederland om zich aan te passen aan zeespiegelstijging.

Op deze pagina vind je links naar de verschillende onderzoeken van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging: [Wat doet het Kennisprogramma Zeespiegelstijging](#) | [Kennisprogramma Zeespiegelstijging](#) | [Deltaprogramma](#)

Ook op de website van het Deltaprogramma vind je veel informatie over recente studies: [Home](#) | [Deltaprogramma](#).

- Beschermen-open: Het verhogen van de dijken langs de rivieren, waarbij het achterliggende land op termijn veel lager ligt dan het water.
- Zeewaarts: Het creëren van een nieuw land in zee om het achterliggende land te beschermen.
- Meebewegen: Het verkleinen van de risico's door veranderingen in landgebruik en ruimtelijke planning, bijvoorbeeld door drijvend bouwen of het gebruiken van gewassen die tegen zout kunnen.

Op deze wikipagina ([Adaptatie aan zeespiegelstijging - KustWikiIdee - Deltares Public Wiki](#)) zijn veel plannen samengebracht. Recent zijn er vanuit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging verdere uitwerkingen gemaakt (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2024).



Figuur 7 | Vier categorieën oplossingsrichtingen voor de lange termijn onder zeespiegelstijging. Bron: Haasnoot, M, F. Diermanse (ed.) (2022) Analyse van bouwstenen en adaptatiepaden voor aanpassen aan zeespiegelstijging in Nederland. Deltares 11208062-005-BGS-0001 (link: https://publications.deltares.nl/11208062_005_0001.pdf)



Bronnen

Deltares. (2023). *De consequenties van de KNMI'23 scenario's voor de Rijn en Maas*.

Eslami, S., Oude Essink, G., Paszkowski, A., Seeger, K., Minderhoud, P. S. J., Sloff, K., & Nicholls, R. J. (2025). A systems perspective for climate adaptation in deltas. *Nature Climate Change*, 15(7), 687-691. <https://doi.org/10.1038/s41558-025-02368-0>

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. 11202230-005-0002

Kennisprogramma Zeespiegelstijging. (2024). *Ruimte voor zeespiegelstijging*.

KNMI. (2023). *KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland* (KNMI-Publicatie 23-03). KNMI.

van der Brugge, R., & de Winter, R. C. (2024). *Deltascenario's 2024 - Zicht op Water in Nederland*. Deltares-report 11209219-000-ZKS-0004