Universiteit Utrecht

Sharing science,
*shaping tomorrow*

ORATIE

# Adaptatie in delta's en kustgebieden

*Een kwestie van tijd*

Marjolijn Haasnoot

## COLOFON

**Uitgave**
Faculteit Geowetenschappen – Universiteit Utrecht, 2025

**Foto Marjolijn Haasnoot**
Ed van Rijswijk

**Foto omslag**
NASA – Landsat Image Gallery – Ebro Delta, opname 7 november 2021

**Figuren**
Ilse van den Broek

**Grafische verzorging**
C&M (10575) – Faculteit Geowetenschappen – Universiteit Utrecht

Universiteit Utrecht

# Adaptatie in delta's en kustgebieden

*Een kwestie van tijd*

Prof. dr. Marjolijn Haasnoot
*Hoogleraar klimaatadaptatie in delta's en kustgebieden*

Inaugurele rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar aan de faculteit Geowetenschappen van de Universiteit Utrecht, op vrijdag 14 januari, 2025

# 1 Klimaatbestendige delta's en kustgebieden

*Mijnheer de Rector Magnificus, collega's, studenten, familie, vrienden en andere aanwezigen*

> *Wat bijzonder fijn dat jullie hier zijn. Ik zie mensen van universiteiten, Deltares, KNMI, waterschappen, Deltaprogramma en adviesraden. En eigenlijk snap ik dat ook wel. Klimaatadaptatie is een belangrijk en fascinerend onderwerp en de delta is de plek waar we wonen. Vooral haar kusten zijn prachtig.*

Ik ben niet de enige die zich aangetrokken voelt tot deze omgeving. Delta's en kustgebieden, met hun vruchtbare grond, tussen zee en achterland, zijn aantrekkelijke plekken om te wonen en werken. Met een grote diversiteit aan leefgebieden zijn delta's ook belangrijk voor dieren en planten.

Maar aan delta's zit ook een andere kant: juist deze gebieden worden geraakt door gevolgen van klimaatverandering. We weten dat de ernst ervan toeneemt naarmate de klimaatverandering vordert. Het wordt natter, droger, warmer en de zeespiegel stijgt, terwijl de bodem daalt. Hierdoor krijgen we vaker te maken met hogere rivierafvoeren, extreme neerslag, langdurige droogte, verzilting en hittestress met als gevolg o.a. vaker waterschaarste, overstromingen en wateroverlast[1].

Deze gevolgen zijn overigens niet volledig te wijten aan klimaatverandering. Ook de menselijke druk speelt een rol, bijvoorbeeld door verstedelijking langs de kust, of ontbossing en de aanleg van dammen, hoger in het stroomgebied[2]. Klimaatverandering komt daar bovenop. Daarnaast hebben we juist in deze gebieden, doordat ze zo aantrekkelijk zijn, te maken met allerlei investeringen zoals voor klimaatmitigatie en woningbouw.

Zeker is dat de noodzaak voor klimaatadaptatie alleen maar toeneemt, en dat dit moet plaatsvinden in een omgeving die verandert en steeds com-

1 Glavovic et al. (2022) 10.1017/9781009325844.019

2 IPCC 2022; Antony et al. 2024 10.1038/s41893-024-01426-3

plexer wordt door onzekerheden en samenhang met andere vraagstukken. Er zijn fundamentele keuzes te maken, zoals hoe we rivier(water) bergen en afvoeren naar zee, welke gebieden we blijven beschermen en wanneer we gaan meebewegen, waar we het water zoet houden en waar en wanneer we andere gebieden laten verzilten.

*Meer inzicht in de adaptatiemogelijkheden kan helpen om adaptatie te versnellen en de toekomst van onze delta's en kusten veilig te stellen: Dat is mijn missie met deze leerstoel.*

## 2 Een nieuwe (klimaat)realiteit

Om te leven in delta's en laaggelegen kustgebieden heeft de mens allerlei aanpassingen gedaan. Dijken zijn aangelegd om gebieden te beschermen tegen overstromingen vanuit rivieren en zee. Moerassige gebieden zijn ontwaterd. Molens en later pompen voeren het water af naar zee. Rivieren zijn vastgelegd en gekanaliseerd voor de scheepvaart. En via een netwerk van waterlopen wordt zoet water beschikbaar gemaakt in tijden van droogte. Wereldwijd zijn dit soort maatregelen genomen. Ook in de Nederlandse delta is een zeer geavanceerd waterbeheersysteem opgebouwd. Met dit 'Zwitsers uurwerk' worden watercondities gecontroleerd en dat heeft allerlei ontwikkelingen voor de mens mogelijk gemaakt[3].

Maar: de delta en kust reageren op deze interventies, waardoor vaak weer aanvullende maatregelen nodig zijn. Zo leidt het ontwateren van veengebieden tot bodemdaling, waardoor het weer natter wordt en verdere ontwatering nodig is[4]. Ook het onttrekken van grondwater voor drinkwater en industrie leidt tot bodemdaling. Zo wordt een gebied steeds kwetsbaarder voor overstromingen en verzilting.

Ook mensen reageren op adaptatiemaatregelen. Zo trekken bedijkte gebieden nieuwe ontwikkelingen aan met als gevolg een hogere economische waarde die verder beschermd dient te worden. En een goede watervoorziening is aantrekkelijk voor landbouw en industrie, waardoor de vraag naar water weer toeneemt. We noemen dit ook wel het dijken-effect en het zoetwater-effect[5]. Deze ontwikkelingen vergroten niet alleen economische activiteit, maar ook grondprijzen, waardoor het lastiger worden om natuur of extensief landgebruik te houden en de economische activiteit nog verder wordt versterkt[6].

---

3 Sadoff et al. (2015) https://www.gwp.org/globalassets/global/about-gwp/publications/the-global-dialogue/securing-water-sustaining-growth.pdf

4 RLI (2020) https://www.rli.nl/publicaties/2020/advies/stop-bodemdaling-in-veenweidegebieden-het-groene-hart-als-voorbeeld ; Deltares, BoschSclabbers & Sweco (2021) https://publications.deltares.nl/11206890.pdf

5 Bednar-Friedl et al. (2022) 10.1017/9781009325844.015

6 Schasfoort et al. (2025) Klimaatbeleid in Noord-Holland. Deltares rapport.

Keuzes in het verleden kunnen daardoor sterk bepalend zijn voor de toekomst. En hoewel dit enige tijd kan doorgaan, zijn er ook grenzen, wanneer bijvoorbeeld het veen, de ruimte, of het zoete water op is. Overstappen naar een andere strategie is niet makkelijk en vraagt oog voor de lange termijn, maar kan ook bevrijdend zijn en dure overstapkosten later voorkomen. Zo lieten we zien dat het goedkoper is om nu al te kiezen voor ruimte voor de rivier als de lange termijn klimaatgevolgen meegenomen worden.

Het leven in een delta of in laaggelegen kustgebied is hard werken en vraagt continue aanpassing aan veranderende omstandigheden. Extreme gebeurtenissen hebben een belangrijke rol gespeeld, vaak vanuit het motto 'dit nooit meer'. De watersnoodramp van 1953 is daar een voorbeeld van. Later werd er steeds meer rekening gehouden met de toekomst. In plaats van te *reageren* is, men meer gaan *anticiperen*[7]. Eerst op basis van het verleden, door de trend door te trekken, maar inmiddels houden beleidsmakers steeds vaker rekening met meerdere toekomstscenario's.

Nu denkt u misschien: we hebben ons altijd aangepast aan veranderende omstandigheden, dus dat kunnen we toch blijven doen? Wat is nu het probleem? En waarom is daar een speciale leerstoel voor nodig? Ik zal dit toelichten.

Het komt erop neer dat we te maken hebben met een nieuwe (klimaat) realiteit:

1. **De gevolgen van klimaatverandering zijn niet meer ver weg in de toekomst, en ook niet ver weg in een heel ander gebied**. Vorig jaar werd, wereldgemiddeld, voor het eerst de 1,5°C-grens uit het klimaatakkoord van Parijs overschreden[8]. Ook hier in Europa en in Nederland zijn de gevolgen merkbaar[9]. De recente extreme regenval en overstromingen als

7 Haasnoot en Middelkoop (2011) 10.1016/j.envsci.2012.03.002

8 In het Klimaatakkoord van Parijs is afgesproken de opwarming wereldwijdgemiddeld ver onder de 2 C te beperken, en zo mogelijk onder de 1,5C tov 1850-1900 (pre-industrieel). De langjarige trend is nog wereldwijd nog onder de 1,5C. https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-staat-van-ons-klimaat-2024

9 IPCC (2023) https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/, https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/de-staat-van-ons-klimaat-2024

gevolg van storm Boris in Midden- en Oost-Europa illustreren dit. Het World Weather Attribution center[10], dat wereldwijd onderzoek doet naar dit soort gebeurtenissen, presenteerde begin dit jaar een nieuw overzicht met de titel 'Wanneer risico's realiteit worden[11]. Ze concludeerden dat in het merendeel van de bestudeerde events van hitte, droogte, overstromingen en natuurbranden, klimaatverandering een rol speelde.

2. **De klimaatgevolgen nemen toe, in aantal en in ernst. Minder wordt het niet**. Ze stapelen, gaan sneller en zijn complexer dan in het recente verleden van de mens. Afhankelijk van de mens, we kunnen de klimaatverandering immers beperken, verwachten wetenschappers 1,4°C tot 5,7°C wereldwijde opwarming eind van de eeuw[12]. Er zijn echter mechanismen waardoor de klimaatverandering nog sneller gaat en die kunnen leiden tot verrassingen.
3. **Implementatie van adaptatieplannen blijft achter**, hoewel steeds meer landen en steden een plan ontwikkelen. Klimaatadaptatie vindt wel plaats en dat heeft ook gevolgen beperkt. Maar huidige maatregelen zijn vooral kleinschalig en gericht op de korte termijn en faciliteren huidige activiteiten, terwijl snellere adaptatie en ingrijpendere maatregelen nodig zijn om de klimaatverandering bij te houden. Er is dus een 'adaptatiegat', ook in delta's en kustgebieden[13]. Uit ons onderzoek over de status van adaptatie in kustgebieden blijkt o.a. dat de meeste gebieden kennis hebben over klimaatrisico's en er ook maatschappelijk bewustzijn is, maar dat kennis over de effectiviteit van oplossingen en langetermijndenken nog beperkt is.

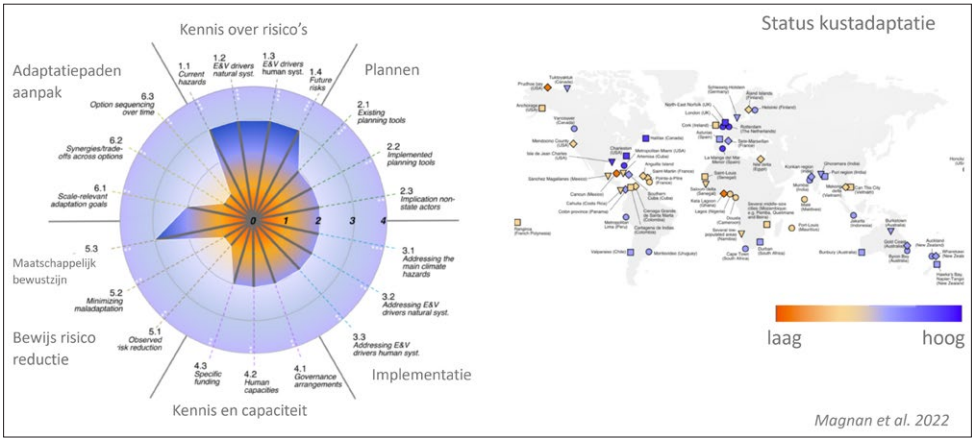
---

10 WWA (2025) https://www.worldweatherattribution.org/when-risks-become-reality-extreme-weather-in-2024/

11 https://www.worldweatherattribution.org/when-risks-become-reality-extreme-weather-in-2024/

12 https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/ The best estimates [and very likely ranges] for the different scenarios are: 1.4 [1.0 to 1.8 ]°C (SSP1-1.9); 1.8 [1.3 to 2.4]°C (SSP1-2.6); 2.7 [2.1 to 3.5]°C (SSP2-4.5); 3.6 [2.8 to 4.6]°C (SSP3-7.0); and 4.4 [3.3 to 5.7 ]°C (SSP5-8.5).

13 Magnan et al. (2023) 10.1038/s41558-023-01834-x ; Berrang-Ford et al. (2021). 10.1038/s41558-021-01170-y ; Wannewitz et al. (2024) 10.1038/s44284-024-00106-9 ; IPCC (2022) https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/




*Figuur: Status van kustadaptatie (Magnan et al. 2022)*[14]

4. **Klimaatadaptatie kent grenzen**. Er zijn veel adaptatiemaatregelen beschikbaar en daar is ook ervaring mee. We kunnen deze maatregelen echter niet oneindig overal toepassen en opschalen. Er zijn beperkingen: fysieke, technische, financiële, maatschappelijke, materiaal- en tijdsgrenzen. Soms zijn deze grenzen 'zacht' en op te lossen, maar soms ook niet en is het een harde grens. Zo kunnen waterkeringen de kans op een overstroming beperken, maar geen grondwater en zoutintrusie tegenhouden. En hebben ecosystemen, en daarmee ook natuurlijke maatregelen, tijd en ruimte nodig om mee te bewegen.

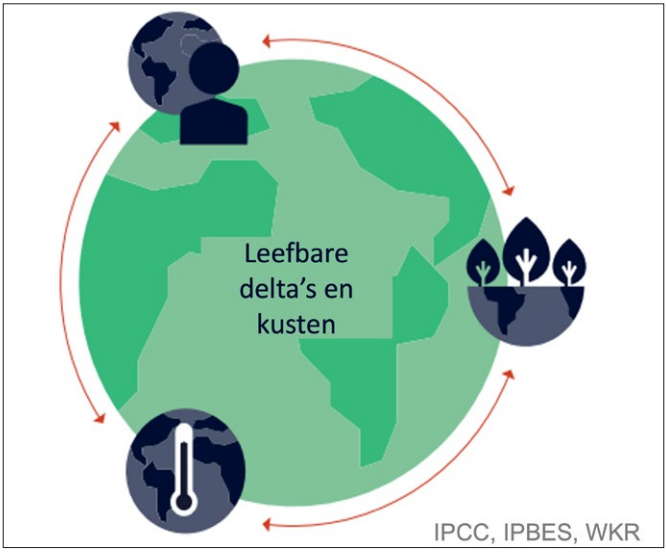
*Deze nieuwe klimaatrealiteit vraagt om herbezinning. Met rustig aan aanpassen, komen we niet meer weg. De verandering van het klimaat komt nu in zo'n hoog tempo op ons af, dat er meer nodig is, zowel in de praktijk als in de wetenschap.* Het is noodzakelijk dat we meer weten over de lange termijn effectiviteit, opschaalbaarheid en mogelijke beperkingen van adaptatie.

En er is nog iets anders aan de hand. Het lijkt alsof we de verbinding met onze omgeving en natuur kwijt zijn geraakt.

14 Magnan et al. (2023) 10.1038/s41558-023-01834-x

We zijn ons weinig bewust van de inspanningen en de raderen van het Zwitsers uurwerk. We zijn niet meer gewend aan de dynamiek die van nature in delta's voorkomt. Het Nederlands waterbeheer heeft allerlei ontwikkelingen mogelijk gemaakt en daarmee veel rijkdom gebracht, maar deze strategie is ook onze valkuil. De marges in het systeem zijn beperkt en functies zijn ingesteld op statische condities, terwijl we die niet meer overal en altijd kunnen garanderen, nu het tempo van klimaatverandering toeneemt.

Ook de verbondenheid met de natuur is beperkt. Recente rapporten van IPCC en IPBES, benadrukken het belang van de relaties tussen mens, natuur en klimaat[15]. Dat de mens het klimaat beïnvloedt is duidelijk. En de mens heeft ook invloed op de natuur, via ruimte en watergebruik of door herstel. Natuur is van belang voor voedsel en gezondheid en legt $CO_2$ vast.




*Figuur: Belang van relatie mens, natuur en klimaat*

15 IPCC (2022) https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/ ; IPBES. (2024) 10.5281/zenodo.11382215

We kunnen natuurlijke processen zelfs inzetten als adaptatiestrategie. Dat wordt al enige tijd gedaan en steeds meer erkend. Een bekend voorbeeld hiervan is de zandmotor, waarbij veel zand op één plek is opgespoten wat vervolgens door het water langs de kust wordt verspreid ten behoeve van kustversteviging[16]. We benutten echter nog niet de volledige potentie van natuurlijke maatregelen. Zo concludeerden we in het IPCC dat er in Europa veel mogelijkheden zijn om overstromingsrisico's te beperken, door meer ruimte te geven aan rivieren. Maar natuurlijke ecosystemen staan onder toenemende druk door klimaatverandering én door maatschappelijke ontwikkelingen zoals vervuiling en verstedelijking. Hierdoor wordt hun bijdrage aan adaptatie en ook mitigatie ondermijnd. En voor delta's in het bijzonder geldt dat we door delta's vast te leggen, sediment en water af te voeren en het land en water te 'gebruiken', haar de mogelijkheid om mee te groeien met de veranderende condities sterk hebben beperkt.

*We gebruiken de delta en maken haar in feite op.*

Vanwege de adaptatiemogelijkheden en beperkingen en het belang van de relatie tussen mens, natuur en klimaat, is het tijd voor omdenken: Wat kan een delta aan? Wat is haar fysieke draagkracht en een veilige gebruiksruimte? En hoe passen we daar onze adaptatiestrategie op aan?

16 Stive et al. (2013) https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00070.1 ; Bednar-Friedl et al. (2022) 10.1017/9781009325844.015

# 3 Adaptatie in delta's en kustgebieden

Bij de keuze voor adaptatiemaatregelen staan de volgende vragen centraal:

1. Wanneer is adaptatie nodig, hoeveel en hoe snel? Oftewel: wat zijn de klimaatrisico's nu en in de toekomst?
2. Wat is de oplossingsruimte? Welke maatregelen werken waar en tot wanneer? Wat zijn grenzen?
3. Wat zijn mogelijke adaptatiestrategieën? En welke passen bij de draagkracht van de delta? Waar en wanneer zijn fundamentele keuzes nodig?
4. Hoe kunnen we omgaan met onzekerheden?

## 3.1 Wanneer is adaptatie nodig, hoeveel, en hoe snel?

Het IPCC identificeerde 127 hoofdrisico's wereldwijd die toenemen bij verdere opwarming[17]. Voor Europa vatten we dat samen in 4 belangrijke risico's:

- hittestress wordt 2 keer zo groot bij 3 als bij 1.5°C opwarming;
- waterschaarste neemt toe, vooral in het westen en zuiden, van een gematigd risico bij 1,5 naar hoog bij 3°C opwarming;
- een combinatie van hitte en droogte leidt tot afname van landbouwopbrengst; en
- het aantal overstromingen neemt toe, door verandering van neerslagpatronen en zeespiegelstijging, met een ten minste 10 keer grotere schade als gevolg van kustoverstromingen of meer bij hogere opwarming aan het eind van de eeuw.

Vooral in delta's en laaggelegen kustgebieden nemen de klimaatrisico's snel toe in de komende decennia. Ze zijn hotspots in de zin dat hier allerlei klimaatgevolgen samenkomen en dus ook tegelijkertijd kunnen voorkomen. Een voorbeeld van samenvallende gevolgen in Nederland is de langdurige regenval en hogere waterstand op het IJsselmeer en de zee in de winter van 2023/2024. Hoewel het niet tot grote problemen leidde, liet het wel zien dat ook als er geen sprake is van een extreme situatie, we met wateroverlast te maken kunnen krijgen. Ook de langdurige regenval over een groot gebied op een toch al natte bodem aan het begin van de zomer in 2021 is een voor-

17 IPCC (2022) https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

beeld. Het leidde tot veel slachtoffers en schade. Mijn Deltares-collega's berekenden wat er zou gebeuren als deze bui niet vooral in Duitsland en België was gevallen, maar centraal in Nederland. Het zou niet meteen tot veel slachtoffers leiden. Wel zou het maatschappelijk ontwrichtend zijn, vanwege het grote gebied met wateroverlast en de grote uitval van elektriciteit en wegen[18].

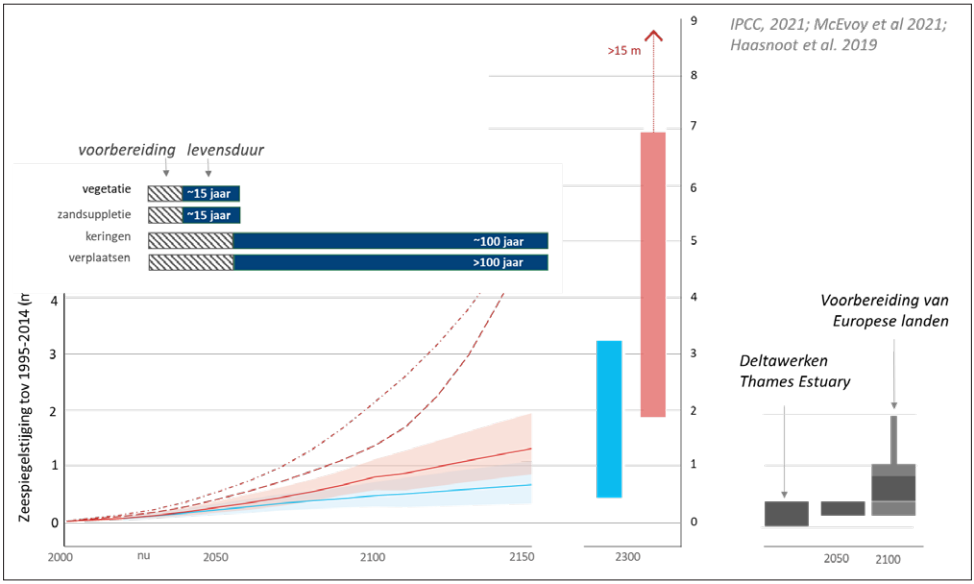
Zeespiegelstijging is een bijzondere adaptatie-uitdaging: het is een langzame ('sluipende') verandering, maar veroorzaakt wel een toename van extreme waterstanden, en er is grote onzekerheid over de snelheid en mate van stijging. Bovendien is zeespiegelstijging een klimaatgevolg wat zal blijven doorgaan, ook als opwarming een halt wordt toegebracht. Dat wordt vooral duidelijk als we verder kijken dan de gebruikelijke planningshorizonnen, 2050 en 2100.

Deze lange-termijn-'zeespiegelerfenis' heeft te maken met het langzame smelten van de ijskappen en uitzetten van de oceanen[19]. In de komende eeuwen krijgen we daarom zeer waarschijnlijk te maken met enkele meters zeespiegelstijging. Deze aanpassingsuitdaging dient zich veel eerder aan bij hoge opwarming, of zelfs al in de komende 100 jaar bij hoge opwarming en het versneld afsmelten en afbreken van de ijskappen op Antarctica.

Voor adaptatie aan zeespiegelstijging is het dus niet alleen de vraag *of*, maar ook *wanneer* dit in delta's en kustgebieden moet plaatsvinden.

Wetende dat het decennia kan duren om aanpassingen te bedenken, ontwerpen en te implementeren is tijdige adaptatie en het meenemen van de langetermijngevolgen nodig om risico's beperkt te houden. Zo duurde het, na de watersnoodramp van 1953, nog zo'n 45 jaar voor de deltawerken waren voltooid. De beoogde levensduur was zo'n 200 jaar. Maar ook andere structuren, zoals wegen, huizen, en energie-infrastructuur hebben een lange levensduur of zijn sterk bepalend voor maatschappelijke ontwikkelingen. Daardoor moeten sommige beslissingen genomen worden, terwijl er nog grote onzekerheid is.

18 De Bruijn et al., 2022. https://publications.deltares.nl/11206890_010_0006.pdf ; https://publications.deltares.nl/11208520_000_0008.pdf

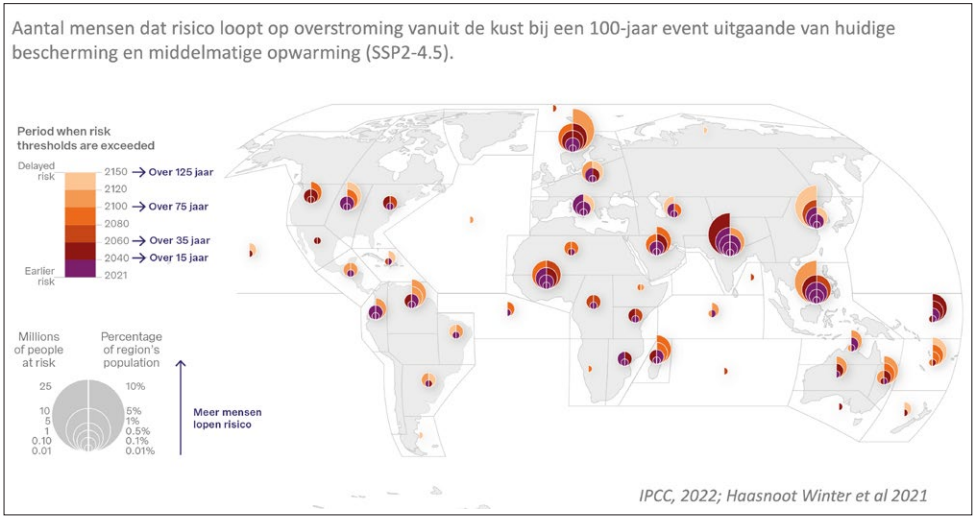



*Figuur: Zeespiegelstijging onder lage opwarming (SSP1-2.6; blauw) en hoge opwarming (SSP5-8.5 en low-likelihood stippellijnen) met voorbereidingstijd voor adaptatie maatregelen (boven) en de zeespiegelstijging waarvoor de Deltawerken zijn gebouwd en waarop Europe landen zich voorbereiden.*[19]

Adaptatie aan zeespiegelstijging vraagt dus om een langetermijnstrategie en inzet, omdat de stijging nog lang doorgaat. Maar ook op de korte termijn is adaptatie nodig. Uit onze berekeningen blijkt dat al in de komende 15 jaar het aantal mensen dat risico loopt om gevolgen te ondervinden van overstromingen toeneemt met 13% ten opzichte van 2020, als we uitgaan van de huidige beschermingsmaatregelen. En daarna neemt het verder toe.[20]

19 IPCC (2021) 10.1017/9781009157896.002 ; McEvoy et al. (2021) 10.1016/j.ocecoaman.2020.105512 ; Haasnoot et al. (2019) 10.1088/1748-9326/ab666c ; Haasnoot, Diermanse (2022) https://publications.deltares.nl/11208062_005_0001.pdf

20 IPCC (2023) 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647 ; Haasnoot et al. (2021) 10.1016/j.crm.2021.100355




*Figuur: Toename van het aantal mensen dat gevolgen kan ondervinden van overstroming vanuit de kust ten opzichte van 2020, uitgaande van huidige bescherming en scenario SSP2-4.5 (IPCC 2022; data van Haasnoot Winter 2021)*

## 3.2 Wat is de oplossingsruimte voor adaptatie? Welke maatregelen werken waar en tot wanneer?

***Oplossingsruimte***

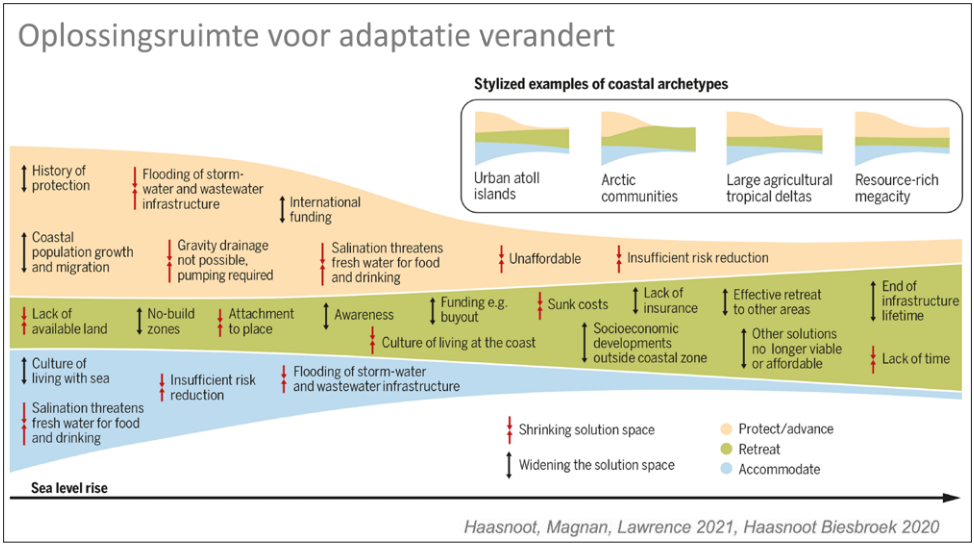
Maatregelen moeten effectief zijn om klimaatrisico's te reduceren en tegelijkertijd haalbaar om te kunnen implementeren[21]. Een dijk moet hoog en sterk genoeg zijn om overstromingen te beperken, maar er is ook draagvlak, geld, materiaal en tijd nodig.

De set van maatregelen die haalbaar en effectief zijn vormen samen de oplossingsruimte. Deze oplossingsruimte is begrensd. Ze wordt bepaald door maatschappelijke factoren zoals wetten en regelgeving, economische omstandigheden en draagvlak, en fysieke factoren zoals het klimaat,

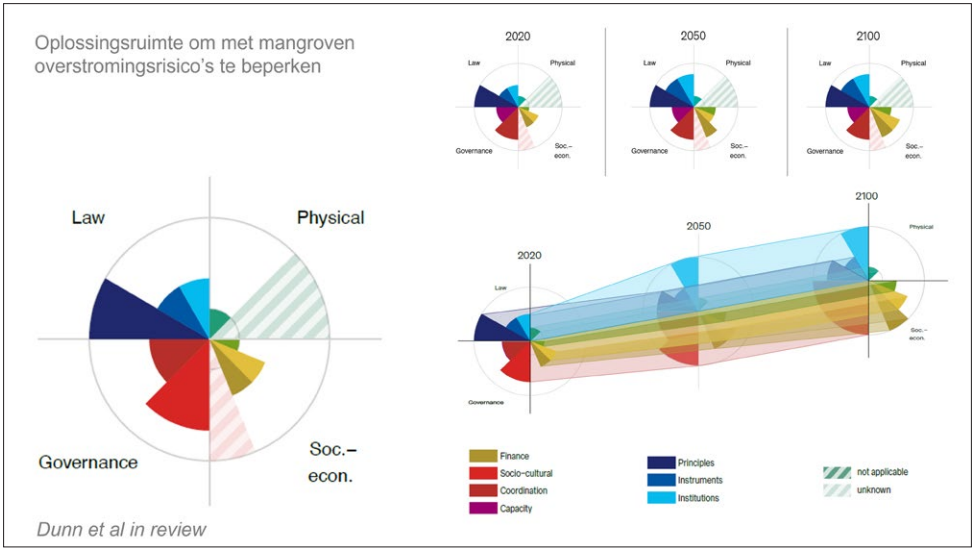
21 Haasnoot et al. (2021) 10.1007/s10113-020-01623-8 ; Du et al. (2022) 10.1016/j.envsci.2021.10.021

het water en de bodem. Deze factoren veranderen over de tijd en daardoor verandert ook de oplossingsruimte. Soms zijn de factoren te beïnvloeden en kan de oplossingsruimte vergroot worden, bijvoorbeeld met financiering en innovatie.

Met wetenschappers uit verschillende disciplines ontwikkelden we bij de Universiteit Utrecht een methode om de oplossingsruimte te beschrijven. We illustreerden dit voor de Mekong Delta. Dit figuur laat de potentie van mangroven zien om een overstroming vanuit de kust te beperken op basis van: wet en regelgeving, governance, en fysieke en maatschappelijke omstandigheden. De weinige aanvoer van sediment als gevolg van bovenstroomse dammen verkleint nu al de oplossingsruimte voor mangroven (kleine groen taartpunt). Wat betreft wetgeving en instituties zien we een vergroting door beleid. Echter, het sediment taartpuntje blijft klein. Alleen bij extra aanvoer en onder een lage opwarming en zeespiegelstijging kan deze lokaal groter worden.




*Figuur: Voorbeeld van de oplossingsruimte voor adaptatie aan zeespiegelstijging (Haasnoot et al. 2021)*[20]




*Figuur: Voorbeeld van de oplossingsruimte voor adaptatie. Potentie voor overstromingsrisico reductie met Mangroven in de Mekong Delta (Dunn et al. in review)* [22].

***Adaptatiemaatregelen***

Adaptatiemaatregelen zijn gericht op een van de drie determinanten van klimaatrisico's: de klimaatdreiging, de kwetsbaarheid voor de dreiging en de blootstelling eraan. Ik noem een aantal voorbeelden:

Dijken en keringen richten zich op de *dreiging*[23] en zijn essentieel om veilig te kunnen leven in laaggelegen kustgebieden. Tegelijkertijd houdt een kering niet het zoute water tegen dat via de bodem binnenkomt. En als er een grotere storm langskomt dan waarvoor de dijken zijn ontworpen, dan is de schade groot. Vooral bij een hogere zeespiegelstijging kan dit steeds grotere

22 Dunn et al. (in review) Mapping the solution space for local adaptation under global change: A test of concept for the Vietnamese Mekong Delta

23 Ook wel vertaalt als 'gevaar' https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/overstromingsgevaar-en-de-woningbouwopgave-ruimtelijke-zonering

gevolgen hebben, omdat de waterinstroom niet stopt bij laag tij. Evacuatie en herstel tijdens zo'n overstroming worden dan belangrijker.

Door sediment in te vangen op het land of kunstmatig aan te brengen kunnen delta's en kusten meegroeien met de zeespiegelstijging[24]. Zo ontstaat nieuw land van kwelders of mangroven langs de kust, of hogere polders bij rivieren. Dit soort maatregelen zijn effectief in gebieden waar voldoende sediment is en wordt op kleine schaal in Nederland toegepast aan de kust en op grotere schaal bij rivieren in Bangladesh en Mississippi.

Aanpassen van het landgebruik beïnvloedt de *kwetsbaarheid*. Voorbeelden voor een te veel aan water zijn drijvend bouwen, andere landbouw, en opgehoogd bouwen. Het beperken van zoetwatergebruik of ander water gebruiken maakt het landgebruik minder kwetsbaar voor een tekort aan zoetwater.

Voorkomen van een toename van risico's door bouwrestricties of terugtrekken uit risicogebieden vermindert de *blootstelling* aan klimaatgevolgen. We berekenden dat het voorkomen van extra blootstelling, door ontwikkelingen te sturen naar plekken waar geen tot weinig risico's zijn, wereldwijd significant bijdraagt aan het beperken van risico's van overstromingen vanuit de kust[25]. Terugtrekken wordt vaak gezien als laatste optie, maar is zeer effectief en kan positief uitpakken als het gepland wordt en gecombineerd met maatschappelijke ontwikkelingen[26].

Het tijdelijk verplaatsen uit een risicogebied met behulp van waarschuwingssystemen en de daarbij behorende voorbereiding en actie is een maatregel waarbij veel slachtoffers en schade beperkt kunnen worden tegen relatief weinig kosten. Een bekend voorbeeld is Bangladesh, waar het aantal doden bij een tropische cycloon drastisch omlaag is gegaan van

24 Cox et al. (2022) 10.1016/j.gloplacha.2022.103796 ; Dunn et al. (2023) https://www.cell.com/one-earth/fulltext/S2590-3322(23)00545-6

25 Haasnoot et al. (2021) 10.1016/j.crm.2021.100355

26 Mach and Siders (2021) 10.1126/science.abh1894 ; Haasnoot et al. (2021) 10.1126/science.abi6594

147.000 in 1991, naar 6 in 2017[27]. De modellen en informatie worden steeds geavanceerder en hebben de potentie om niet alleen te waarschuwen voor een mogelijke overstroming, maar om ook informatie te geven over gevolgen zoals waterdieptes en schade. Dat het belangrijk is om dit tijdig te doen en dat inwoners dan handelingsperspectief hebben en weten wat te doen, werd recent weer duidelijk bij de overstromingen van Valencia, waar veel slachtoffers vielen terwijl mensen in hun auto probeerden te vluchten.

### 3.3 Wat zijn mogelijke adaptatiestrategieën? Wat past bij de draagkracht van de delta and waar liggen fundamentele keuzes?

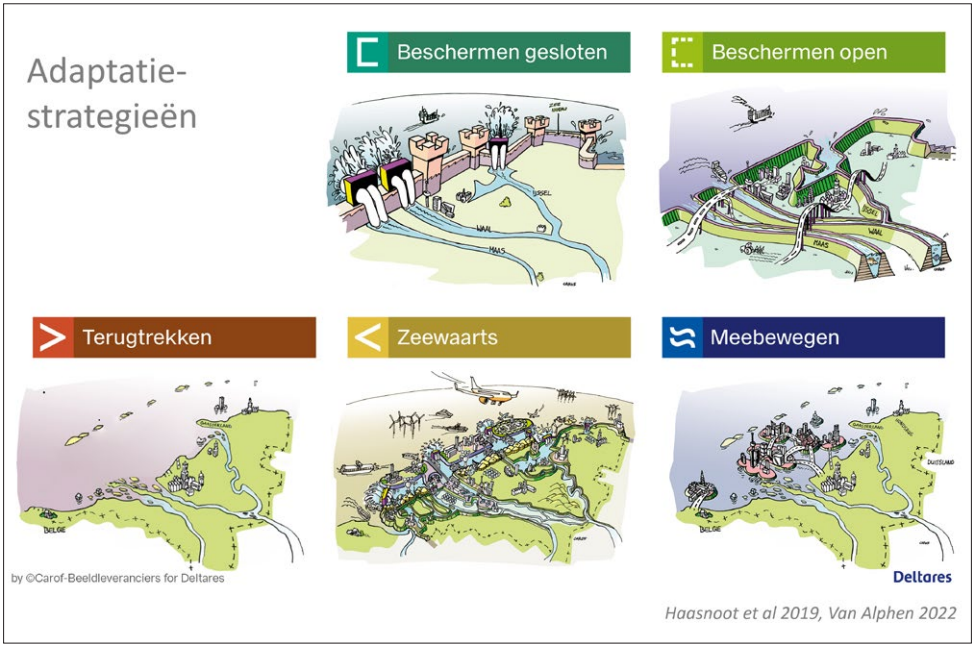
Deze losse maatregelen zijn in feite bouwstenen voor een adaptatiestrategie die je over de tijd kunt uitvoeren. Als de ene set van maatregelen niet meer effectief is kun je gaan opschalen, aanvullende maatregelen toevoegen of overschakelen naar andere maatregelen.

In delta's en kustgebieden wordt voor het aanpassen aan zeespiegelstijging onderscheid gemaakt tussen vier strategieën: beschermen, zeewaarts, accommoderen en gepland terugtrekken. Voor de Nederlandse delta werkten we dit uit in vier oplossingsrichtingen[28]. Twee daarvan richten zich op het beschermen tegen overstromingen door het versterken en verhogen van de huidige kust. Een belangrijk onderscheid betreft de rivieren: een open of gesloten kust waardoor de rivieren deels naar het zuiden of noorden moeten worden omgeleid en daarna met grote pompen naar zee worden afgevoerd. In de derde oplossingsrichting wordt een nieuwe hogere zeewaarts gelegen land gemaakt om te beschermen, waarbij de rivieren deels geborgen kunnen worden in een nieuw randmeer. De vierde optie, meebewegen, verkleint de kwetsbaarheid door water- of zouttolerant landgebruik, ophogen van land, ruimtelijke planning en te verplaatsen. Dit is in feite een hybride variant met deels accommoderen, terugtrekken en beschermen. De variant van grootschalig terugtrekken werkten we niet uit.

27 Elam (2023) 10.1016/j.heliyon.2023.e18417

28 Haasnoot et al. (2017) https://publications.deltares.nl/Deltares200.pdf ; Haasnoot, Diermanse (2019) https://publications.deltares.nl/11203724_004.pdf ; Van Alphen et al. (2022) 10.3390/w14101527

Veel verstedelijkte kusten en delta's volgen een beschermen-pad, waarin het water wordt afgevoerd en tegengehouden, de kustlijn vastgelegd en opgehoogd en waarin wordt nagedacht over zeewaarts ontwikkelen. Dat laatste vooral ook vanwege het creëren van ruimte voor maatschappelijke ontwikkelingen. Een studie naar Aziatische steden die te maken hebben gehad met grote bodemdaling kwam tot dezelfde conclusie[29]. Toch zie je ook wel plekken waar bouwrestricties zijn, aangepast wordt gebouwd en deels wordt teruggetrokken, zoals in kustgebieden in Amerika, de Mekong delta, Indonesië en Nieuw Zeeland.




*Figuur: Adaptatie strategieën, geïllustreerd voor de Nederlandse delta (Haasnoot et al., 2019; van Alphen et al. 2022; Terugtrekken: Nienhuis)*[28]

29 Esteban et al. (2020) 10.1016/j.ocecoaman.2019.104852

**Welke adaptatiestrategie past het beste bij het natuurlijke systeem en de draagkracht van delta's?**

Voor de Nederlandse Rijn- en Maasdelta geven onderzoeken van o.a. de UU en Deltares hier enige inzichten over[30]. Hierin is o.a. gekeken naar de delta evolutie in het verleden en de toekomst, uitgaande van een passieve houding van het waterbeheer in Nederland. Dat wil zeggen dat de huidige maatregelen worden voortgezet, maar niet aangepast aan de veranderende omstandigheden.

- Langs de kust kan het natuurlijk laten aangroeien van het land overstromingsrisico's beperken. Om de effectiviteit van deze maatregel te benutten is tijdigheid van belang: hoe eerder begonnen wordt, hoe meer sediment er kan worden ingevangen. Verkennende berekeningen laten bijvoorbeeld zien dat als het lukt om op te schalen een deel van de kuststrook van Noord-Nederland mee kan groeien[31].
- Het accepteren van vernatting, verzilting en een sterkere peilfluctuatie passen dan bij de natuurlijke veranderingen en dynamiek van de delta.
- De rivieren weer meer ruimte geven via het verbreden van de overstromingsvlakte via dijkverlegging of groene rivieren helpt de rivierwaterstanden bij hogere afvoeren te verlagen. Bovendien komt het sediment in een groter gebied terecht, waardoor het hoogteverschil met het achterland minder groot wordt. Eerste stappen zijn hiermee gezet met het project Ruimte voor de Rivier.
- Een rivier is van nature dynamisch. Zij kiest de kortste weg naar zee en verlegt zich als een riviertak verzand. Een omleiding van de Rijnafvoer om overstromingsrisico's in sterkt verstedelijkt gebied te beperken zou dan passen via: a) een even lange route via de IJssel of b) de Waalafvoer met een kortere route via de Heerewaardense overlaten naar de Bergsche Maas en dan naar zee via Haringvliet.

30 Schra et al. (2022). 10.24416/UU01-9IT858 ; Kleinhans et al. (2013) https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/279462; Huismans en Wang (2022) Hoofdstuk 7 https://publications.deltares.nl/11208062_005_0001.pdf

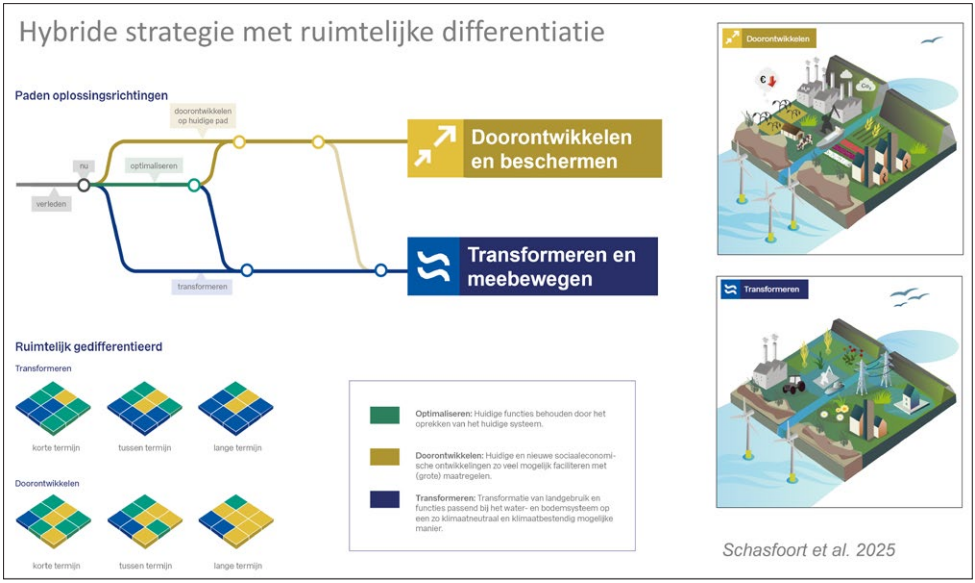
31 Ruim 3 km breed bij een zeespiegelstijging van gemiddeld 10 mm/jaar uitgaande van een invangpercentage van 50% van het sediment

***Hybride strategie***
Deze maatregelen die passen bij het natuurlijke gedrag van de delta kunnen bijdragen aan een duurzame adaptatiestrategie. Maar in sterk verstedelijkte delta's is niet alles op te lossen met natuurlijke maatregelen en om de volle potentie van deze maatregelen te benutten kunnen technische middelen helpen. Andersom geldt ook dat enige vorm van meebewegen nodig is vanwege de beperkingen van de technische maatregelen. Dat betekent ruimte maken voor adaptatiemaatregelen om water te bergen, te keren en af te voeren, land mee te laten groeien en het landgebruik daarop aan te passen en te transformeren. Meebewegen in het ene gebied maakt doorontwikkelen en behoud van functies in het andere gebied mogelijk. En vice versa.

Een recente studie van een van mijn PhDs, waarbij ruim 40 experts zijn geïnterviewd over de eerder besproken adaptatiestrategieën voor Nederland, bevestigt dit. De experts zijn het eens dat enige vorm van meebewegen nodig is. Ze verschillen van perspectief wat betreft de schaal en wanneer dit te doen[32]. Ook dit geeft aan: het is niet de vraag of, maar hoe en wanneer. De overeenkomsten zijn kansen voor eerste adaptatiestappen.

> *Een hybride strategie is dus nodig, maar wel een strategie die – meer dan in het recente verleden – het natuurlijke gedrag en de draagkracht van de delta erkent. Een strategie met deels beschermende maatregelen zoals dijken, maar ook meebewegen met het water door ruimte te geven aan de rivieren en zee. Beide zitten in het DNA van de Nederlander, zo laten voorbeelden uit het verleden en heden zien.*

32 Kraan et al. (2025) 10.1088/2752-5295/adafd5




*Figuur: Hybride strategie met ruimtelijke differentiatie (Schasfoort et al. 2025)*

### 3.4 Hoe kunnen we omgaan met onzekerheden?

Voor adaptatie in delta's en kustgebieden moeten we rekening houden met: a) de *zekerheid* van waargenomen, nabije en lange termijn gevolgen die niet kunnen worden vermeden en die ernstiger worden bij hogere opwarming, en b) *onzekerheden* over de snelheid en omvang van toekomstige opwarming van de aarde en de gevolgen daarvan zoals de complexiteit van samenvallende gevolgen, een mogelijk heel snelle zeespiegelstijging of het stilvallen van de warme golfstroom (de Atlantic Meridional Overturning Circulation; AMOC)[33].

Deze grote, 'diepe' onzekerheden, waarvan we de kansen niet goed weten, vragen om andere benaderingen dan een risicoaanpak op basis van 'kans maal gevolg'. Vanwege de potentieel grote gevolgen kunnen we het ons vaak niet permitteren om te wachten tot we meer weten. De wetenschap

33 Van Westen et al. (2024) 10.1126/sciadv.adk1189

heeft verschillende methoden ontwikkeld om om te gaan met diepe onzekerheden. Deze methoden testen doorgaans de huidige situatie en alternatieve strategieën tegen een reeks mogelijke toekomsten[34].

Een methode die expliciet rekening houdt met veranderingen en beslissingen over de tijd is Dynamic Adaptive Pathways Planning, DAPP. Deze aanpak knipt adaptatie op in behapbare stukken en houdt rekening met onzekerheden en padafhankelijkheden. Op deze manier kan adaptatie versneld worden (ondanks of misschien juist vanwege onzekerheden), en kan iedere maatregel een zinvolle stap richting de toekomst zijn, terwijl het ruimte laat voor verdere aanpassing, indien dat nodig is.

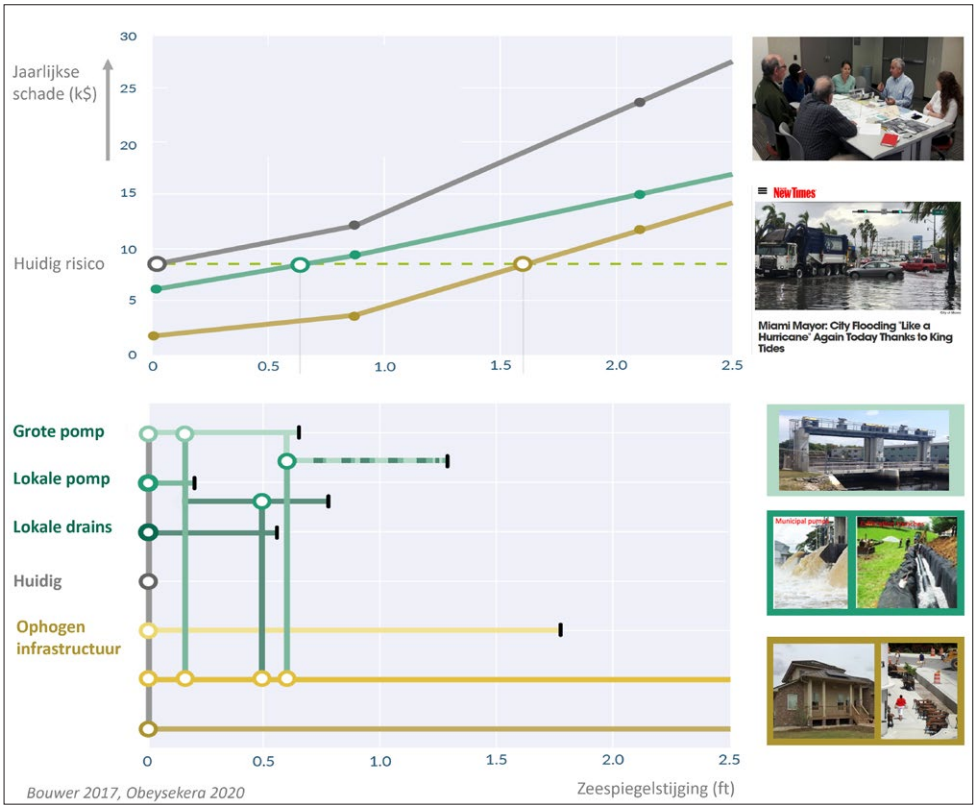
De methode start vanuit het feit dat de effectiviteit van maatregelen afneemt naarmate het klimaat verder verandert. Een maatregel heeft daardoor een bepaalde houdbaarheid, en kan dus bepaalde hoeveelheid klimaatverandering aan. Ik illustreer dit aan de hand van een studie die we deden voor een deel van de stad Miami[35]. Deze figuur laat zien dat, zonder aanvullende maatregelen, de schade door een overstroming als gevolg van extreme neerslag en zeespiegelstijging toeneemt (donkere lijn). Daarom zijn vervolgmaatregelen nodig. Zo ontstaat een adaptatiepad, een reeks van maatregelen. Alternatieve adaptatiepaden voor verschillende mogelijke toekomsten worden gepresenteerd in een soort routekaart of metrokaart. Het laat zien wat de mogelijkheden zijn om onderweg van route te veranderen, of dat er juist een doodlopende weg is, waarbij het moeilijk of kostbaar is om te switchen. Er kunnen ook kansen zijn, wanneer er na een test of andere innovatie, nieuwe maatregelen beschikbaar komen. Op basis van zo'n adaptatiepadenkaart en een evaluatie van de kosten en baten onder verschillende toekomsten, kan een adaptief plan worden opgesteld. Zo'n plan bestaat uit kortetermijnmaatregelen ter voorbereiding op de nabije toekomst en lange termijn opties.

Implementatie en actualisatie van het plan vindt plaats afhankelijk van hoe de toekomst uitpakt. Dat vraagt om monitoring van signalen die erop

34 Marchau et al. (2019) 10.1007/978-3-030-05252-2

35 Obeysekara et al. (2020) https://southeastfloridaclimatecompact.org/wp-content/uploads/2023/10/US-CLIVAR-Variations.pdf

wijzen dat het einde houdbaarheid van een maatregel er aankomt of om bijsturen in geval van nieuwe inzichten over de toekomst en maatregelen. Het Miami voorbeeld laat zien dat op de lange termijn landgebruiksveranderingen nodig zijn en dat op de korte termijn het afvoeren en wegpompen van water de schade kan beperken en helpt tijd te kopen om voor te bereiden op de lange termijn.



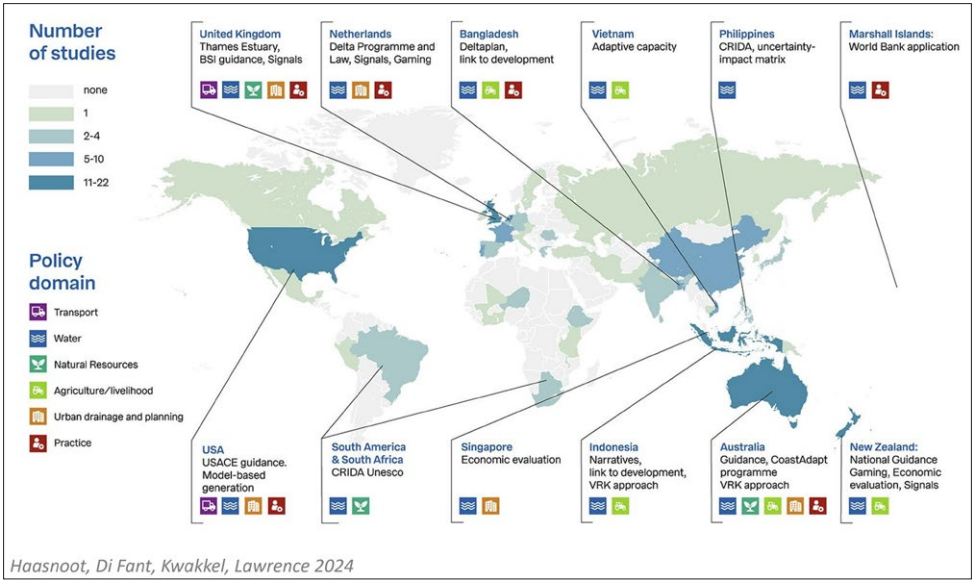

*Figuur: Voorbeeld adaptatiepaden (onder) en verandering overstromingsschade bij verschillende maatregelen, voor een deel van de stad Miami (Obeysekera et al. 2020)*[35]

Deze adaptatiepaden-aanpak wordt nu wereldwijd toegepast en verder ontwikkeld[36]. Het Deltaprogramma en de signaalgroep[37], de Thames Estuary studie in Londen, Nieuw Zeeland Coastal management plan, het Bangladesh Deltaplan, de Unesco CRIDA handleiding, en het recente IPCC rapport zijn kenmerkende voorbeelden.

Best wel complex, denkt u misschien. En dat is het soms ook. De uitdaging is om de complexe vraagstukken behapbaar te maken. Dat is precies wat de adaptatiepaden-aanpak doet. Bij de uitleg ervan laat ik wel eens een interview zien met Dirk Kuyt. Hij vatte de adaptieve aanpak mooi samen. In antwoord op de vraag waarom het Nederlands elftal tijdens het wereldkampioenschap van 2014 had gewonnen van Mexico, vertelt hij over de coach die 'verkent wat er kan gebeuren', schakelt tussen verschillende systemen van 4-4-3 naar plan B, en hij doet dit afhankelijk van hoe de wedstrijd verloopt. Het fragment eindigt met: 'het [voorbereiden] geeft ons vertrouwen dat we het kunnen doen.' En zo kunnen we ook vertrouwen krijgen in de aanpak van de adaptatie-opgave in delta's en kustgebieden.

36 Haasnoot et al. (2024) 10.1016/j.gloenvcha.2024.102907

37 https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/kennisontwikkeling-en-signalering/signaalgroep Ranger et al. (2023) 10.1007/s40070-013-0014-5 ; 10.1080/1943815X.2025.2451424 ; Bangladesh Deltaplan https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NAP-Bangladesh-2023.pdf ; CRIDA https://www.unesco.org/en/crida




*Figuur: Gebruik van adaptatiepadenaanpak (Haasnoot et al. (2024)*

# 4 De leerstoel

Uit het voorgaande is duidelijk dat dit het tijdperk is om adaptatie te versnellen en op te schalen, vooral in delta's en laaggelegen kustgebieden. In deze leerstoel wil ik dan ook de kennis over adaptatiestrategieën vergroten. De focus ligt op het fysieke systeem en de draagkracht van delta's en kustgebieden, rekening houdend met de grenzen aan de oplossingsruimte, de zekerheden en onzekerheden over klimaatverandering, en de samenhang met andere maatschappelijke veranderingen.

De voornaamste onderzoekslijnen in deze leerstoel zijn:
- het begrijpen van de oplossingsruimte voor adaptatie in delta's en kustgebieden;
- hoe adaptatiestrategieën kunnen omgaan met risico's en (on) zekerheden;
- hoe samenhang tussen adaptatie en andere maatschappelijke veranderingen de toekomst van delta's en kustgebieden beïnvloedt, en waar kritische beslissingen liggen.

## 4.1 Oplossingsruimte

Het beter begrijpen van de fysieke oplossingsruimte vraagt om het kwantificeren van de effectiviteit en fysieke haalbaarheid van maatregelen en adaptatiepaden met data en modellen. En om te bepalen wat dan bij de draagkracht van de delta past en een bijbehorende veilige gebruiksruimte ('safe operating space') is, is het nodig om de co-evolutie tussen delta, mens en klimaat daarin mee te nemen. De samenwerking tussen het departement fysische geografie van Universiteit Utrecht en Deltares biedt hierbij veel mogelijkheden, zowel voor wat betreft het natuurlijke gedrag van de delta als voor een kwantitatieve inschatting van de oplossingsruimte.

Hoewel elk gebied zijn eigen oplossingen heeft die passen bij de fysieke omstandigheden en de maatschappij, heeft ook het verkennen van adaptatiemaatregelen en strategieën op deltaschaal meerwaarde. Pas dan wordt de samenhang tussen maatregelen zichtbaar en kunnen we de draagkracht en veilige gebruiksruimte goed in beeld krijgen. En dat is vooral in delta's van belang, om te voorkomen dat maatregelen in het ene gebied risico's afwentelen naar een ander gebied zonder dat de consequenties en eventuele aanvullende maatregelen worden doordacht. Het afsluiten van een

riviermonding ter bescherming, betekent immers dat de rivier naar elders moeten worden afgevoerd, en het gebruiken van zoetwater betekent minder water voor elders.

Adaptatie analyses op continent of globale schaal geven weer andere inzichten. Zo kunnen we aan de hand van archetypische gebieden leren welke maatregelen in welke typen gebieden kunnen werken. Het analyseren van de effectiviteit en fysieke haalbaarheid op globale schaal geeft inzicht in wereldwijde mogelijkheden en noodzaak van materiaal en capaciteit. Een eerste verkenning, gedaan binnen deze leerstoel, laat zien dat veel delta's in de wereld meerdere strategieën hebben voor aanpassen aan zeespiegelstijging, maar ook dat er verschillen zijn tussen de delta's[38]. De verwachte periodes waarin wereldwijd veel aanpassingen moeten gebeuren, zoals ik eerder liet zien, geven aan dat er een piek in materiaal en capaciteit te verwachten is.

Door modellen uit te breiden kunnen we de mogelijkheden voor adaptatie op deltaschaal beter analyseren, bijvoorbeeld om de invloed van samenvallende gevolgen en de interacties tussen maatregelen voor een te veel en te weinig aan water beter te begrijpen. Modellen moeten daarvoor complexiteit en mens-delta dynamiek beter representeren, maar ook voldoende snel en begrijpelijk zijn om meerdere strategieën te analyseren voor meerdere toekomsten en onzekerheden. Een aanpak van meerdere modellen met verschillende resoluties kan daarbij helpen. Ook interactieve tools voor het genereren en evalueren van alternatieve adaptatiepaden is een manier om grip en inzicht te krijgen in de complexiteit van maatregelen en interacties over de tijd[39].

De komende tijd gaan we daar aan werken middels adaptatiepaden in de Wadden en de zuidwestelijke delta, adaptatie aan samenvallende gevolgen met extreme neerslag in Nederland, de effectiviteit van sedimentstrategieën in delta's en de fysieke oplossingsruimte voor delta's op globale schaal.

38 Lasch, Nienhuis, Winter, Haasnoot (in prep)

39 Schlumberger et al. (2024) https://egusphere.copernicus.org/preprints/2024/egusphere-2024-3655/ Pathways Generator: https://publicwiki.deltares.nl/display/AP/Pathways+Generator

Hoewel de focus van deze leerstoel op het fysieke systeem en de toekomst ligt, kunnen we ook leren uit het verleden en van andere disciplines, zowel voor het natuurlijke gedrag van de delta en mogelijke maatregelen, de hardware dus, als voor de verhalen en verbeelding, de mentale software[40]. Een samenwerking met UU-collega's over deltaontwikkelingen in het verleden en met andere wetenschappers over hoe verbeelding, cultuur en geschiedenis adaptatie kan informeren ligt daarom voor de hand[41].

### 4.2 Omgaan met onzekerheden

De toenemende complexiteit van klimaatrisico's, de onzekerheden en de co-evolutie van de delta, mens en klimaat vraagt om uitbreiding van de adaptatiepadenaanpak.

Het signaleren van de noodzaak voor versnelling of bijsturing van adaptatie is zo'n uitbreiding. Dit is vooral belangrijk bij grote onzekerheden, zoals het versneld afbreken of afsmelten van de Antarctische ijskap of een afzwakking van de AMOC. Waarschuwingssignalen moeten betrouwbaar en tijd zijn om maatregelen te kunnen realiseren[42]. Dat kunnen signalen zijn aan de bron, zoals op de ijskappen en oceanen, maar ook gevolgen. Zo kunnen ijskapdelen of plekken die als eerste gevolgen ondervinden, een kanarie in de koolmijn zijn. Dat je daarbij soms in onverwachte hoek moet kijken, blijkt uit een studie die we deden voor de potentie van signaleren van trends in rivierafvoeren: een signaal in lage rivierafvoeren is eerder te detecteren dan die voor hoge rivierafvoeren en zou daarmee een kanarie voor hoogwater kunnen zijn[43].

Om de waarde van signalen voor adaptief plannen echt goed te kunnen inschatten is het nodig te onderzoeken welke waarschuwingssignalen tijdig

40 https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-podium/redactioneel/mental-software-is-de-crux

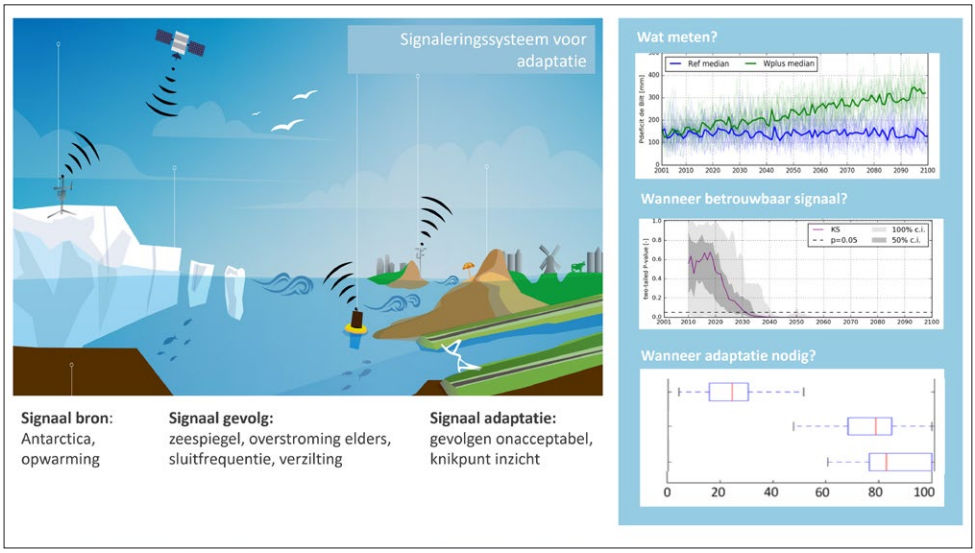
41 https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-podium/blogs/erfgoed-en-klimaatadaptatie-verleden-verbinden-met-de-toekomst https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-podium/blogs/laten-we-het-onvoorstelbare-in-beeld-brengen In het ADAPT! Project gaat dit o.a. vorm krijgen: https://adapt-academy.nl/en/

42 Haasnoot et al. (2018) 10.1016/j.gloenvcha.2018.08.003

43 Haasnoot et al. (2015) 10.1088/1748-9326/10/10/105008

betrouwbare informatie kunnen leveren voor adaptatie. Tot nu gaan studies over signalen vooral over het klimaat zelf. Een vertaling naar gevolgen en handelingsperspectief voor adaptatie is een logische stap en past bij deze leerstoel, al is het maar om te weten hoeveel tijd er is voor aanpassing na een signaal en of een adaptatieplan hiermee slimmer kan worden.

Een tweede uitbreiding gaat over de interacties tussen maatregelen voor verschillende klimaatrisico's[44] en tussen verschillende actoren. Tot nu toe zijn adaptatieplannen vooral bedacht vanuit het idee dat de overheid het goede regelt voor iedereen, door verschillende maatregelen en behoeften van actoren af te wegen. Maar nu bedrijven en burgers de gevolgen van klimaatverandering steeds verder ondervinden, zien we dat ook zij maatregelen nemen, zoals de aanschaf van beregeninginstallaties na droge jaren. En met toenemende gevolgen van klimaatverandering is dat ook belangrijk, omdat de overheid het niet alleen kan en niet alle gevolgen voorkomen




*Figuur: Signalen voor het ontwerp en implementeren van een adaptief plan (links) en analyse van data om signaal te verkrijgen en te vergelijken met wanneer adaptatie nodig is (rechts)*

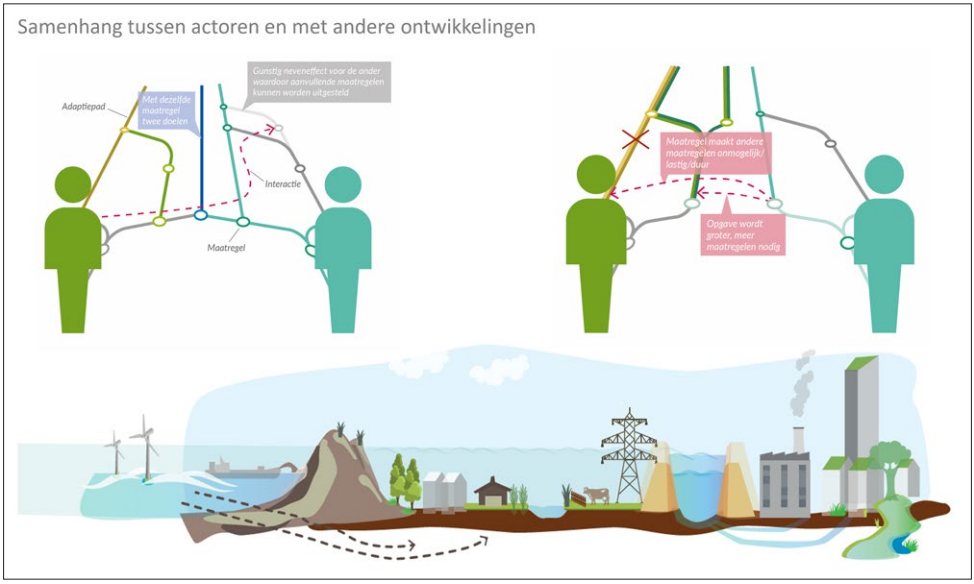
44 Schlumberger et al. (2024) 10.1029/2023EF004288

kunnen worden. Adaptatie is uiteindelijk een samenspel van overheden, burgers en bedrijven. Het onderzoeken van dit samenspel, helpt om kritische beslissingen van de overheid en van anderen te identificeren en zo bij te dragen aan duurzame strategieën en het beperken van ongewenste consequenties (maladaptatie).

### 4.3 Samenhang met andere opgaven en ontwikkelingen

Adaptatie gebeurt in de context van allerlei andere veranderingen, zoals klimaatmitigatie, woningbouw, biodiversiteitsverlies en renovatie aan infrastructuur. Het is de praktijk waar beleidsmakers in steden, provincies en waterschappen mee te maken hebben. Soms is synergie mogelijk en soms zijn er fundamentele keuzes te maken, vooral in dichtbevolkte delta's en kustgebieden.

Het meenemen van deze samenhang staat nog in de kinderschoenen. De wetenschap introduceerde het concept van klimaatrobuuste ontwikkel-




*Figuur: Samenhang maatregelen tussen verschillen actoren en met andere ontwikkelingen*

paden waarin mitigatie, adaptatie en ontwikkeling samenkomen[45]. Het afgelopen jaar hebben we een eerste stap gezet in het uitwerken van dit concept door voort te bouwen op adaptatiepaden en visievorming voor de stad Cork[46]. Het ontwikkelen van een strategie die past bij delta's en kustgebieden, vraagt echter om een systeemaanpak op delta schaal. Deze onderzoekslijn raakt aan het 'Pathways to Sustainability' programma van de Universiteit Utrecht en mijn werk bij de Wetenschappelijke Klimaatraad en Deltares.

**4.4 Onderwijs: een delta community**

Nu de gevolgen van klimaatverandering steeds zichtbaarder worden, is kennis over mogelijke oplossingen steeds urgenter. Klimaatadaptatie hoort dus een stevige plek te hebben in het onderwijs en dit past uitstekend bij geowetenschappen, waar we interacties tussen mens, klimaat en delta bestuderen. Ook nieuwe vaardigheden, zoals het doen van IPCC-achtige assessments en het herkennen van desinformatie, horen bij deze nieuwe tijd.

Met mijn ene been bij kennisinstituut Deltares en het andere bij de Universiteit Utrecht, kan ik studenten en promovendi verbinden met de praktijk. Dit hebben we bijvoorbeeld gedaan in de studentenhackathon voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging[47]. Studenten van verschillende achtergronden en universiteiten werkten samen aan oplossingen voor adaptatie met input van wetenschappers en beleidsmakers. Ook het onderwijs voor professionals over klimaatadaptatie en ruimtelijke planning is wat mij betreft een stap geweest in de richting van een 'Deltacommunity' die nodig is voor de steeds groter wordende adaptatie-opgave.

45 Schipper et al. (2022) 10.1017/9781009325844.027 ; Peeters, S et al. (2022) https://publications.deltares.nl/Deltares238.pdf

46 Langendijk et al. (in review) https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4998837

47 https://www.deltaprogramma.nl/kennisprogramma-zeespiegelstijging

# 5 Slot en dankwoord

In deze oratie benadruk ik het belang van adaptatie en de noodzaak voor versnelling en kennisverdieping over opschalen en wat bij de delta past.

*We hebben tijd, maar geen zeeën van tijd.*

Tijd kunnen we benutten voor kennisverdieping, maar ook om samen met praktijk en maatschappij adaptatie te demonstreren, te implementeren en te versnellen en daar weer van te leren. In deze leerstoel over adaptatie speelt tijd een rol bij het begrijpen van de oplossingsruimte voor adaptatie in interactie met de delta en andere opgaven, en door inzicht te geven in welke maatregelen low-regret zijn, en waar en wanneer fundamentele keuzes liggen.

Om onze delta's en kusten leefbaar te houden is het beperken van klimaatverandering essentieel. Als we meer tijd hebben, is er meer ruimte voor innovatie, implementatie en voor natuurlijke oplossingen, en kunnen kosten uitgesmeerd worden. Een langzame verandering vergroot de oplossingsruimte en de draagkracht van de delta.

Ik begon deze oratie met de nieuwe klimaatrealiteit. Deze realiteit, maar ook de (geo)politieke situatie vragen om stevige wetenschap met een heldere boodschap. Wetenschappers hebben een rol om de toenemende stroom van desinformatie te ontkrachten. Maar ook om (soms stille) onderstroom die klimaatacties ondernemen vooruit te helpen met kennis over oplossingen, leefbare toekomsten en hoe deze te realiseren.

We hebben allemaal een rol te spelen. Adaptatie vindt immers lokaal plaats in steden bij overheden, bedrijven, en bewoners. Hoewel sommige gevolgen al duidelijk zijn, hebben we nog steeds iets te kiezen. We kunnen onze toekomst en die van delta's en kustgebieden nog steeds beïnvloeden. Wetenschappers hebben een verantwoordelijkheid om kennis te delen, ook al is dat niet altijd makkelijk. Het inzicht geven in mogelijke toekomsten hoort daar bij, zowel de toekomsten zonder maatregelen als een toekomst waarin stevige maatregelen zijn genomen en waarin er een nieuwe balans tussen mens, natuur en klimaat is.

Tot slot wil ik een aantal mensen bedanken voor de rol die ze hebben gespeeld, zodat ik hier nu sta. Dank aan het College van Bestuur, het Faculteitsbestuur en het Departement Fysische Geografie voor het vertrouwen om met mij in zee te gaan. Dank aan Deltares voor de steun. In het bijzonder wil ik bedanken mijn collega's voor de inspirerende samenwerking bij Universiteit Utrecht, Deltares, de Wetenschappelijke Klimaatraad, en de Signaalgroep van het Deltaprogramma. Dank ook aan de collega's uit het GAIA netwerk voor vrouwen in de aardwetenschappen. De statistieken en nieuwe realiteit laten zien dat het gender-gat niet vanzelf dicht. Juist in deze tijd hebben we alle talent nodig.

Veel dank ook aan mijn familie en vrienden en natuurlijk mijn kinderen. Voor jullie en alle andere kinderen in de wereld hebben we een verantwoordelijkheid om delta's en kustgebieden ook in de toekomst leefbaar te houden.

Ik heb gezegd.

*Stil uit VPRO Tegenlicht aflevering Waterlanders. In de uitzending vertel ik over adaptatie en het belang van tijd voor adaptatie*[48].

48 https://www.vpro.nl/programmas/tegenlicht/kijk/afleveringen/2019-2020/waterlanders.html

Marjolijn Haasnoot is per 1 november 2023 benoemd tot hoogleraar ‘Klimaatadaptatie in delta’s en kustgebieden’ bij het Departement Fysische Geografie van de Universiteit Utrecht. Zij werkt daarnaast bij kennisinstituut Deltares. Haasnoot studeerde milieuwetenschappen aan de Vrije Universiteit Amsterdam. Sinds 1998 doet zij onderzoek en geeft zij advies gericht op waterbeheer, klimaatadaptatie, impactmodellen en omgaan met onzekerheden, eerst bij het RIZA en sinds 2001 bij Deltares. In 2009 begon zij naast haar werk bij Deltares aan een promotieonderzoek bij de Technische Universiteit Twente en Universiteit Utrecht en werd daarmee een van de grondleggers van de adaptatiepadenaanpak. Ze heeft onderzoek verricht over de hele wereld, zoals de Verenigde Staten, Nederland, Bangladesh, Vietnam en Nieuw-Zeeland. Haasnoot is hoofdauteur van het zesde assessment van het Intergovernmental Panel on Climate Change. Als lid van de Wetenschappelijke KlimaatRaad adviseert zij sinds 2023 de overheid over klimaatbeleid.

www.uu.nl/medewerkers/MHaasnoot