

**Voorstel voor een  
signaleringsysteem voor tijdige  
implementatie en adaptatie van  
het Deltaprogramma**





# **Voorstel voor een signaleringsstelsysteem voor tijdige implementatie en adaptatie van het Deltaprogramma**

Auteurs:

Marjolijn Haasnoot (Deltares)

Susan van 't Klooster (Savia)

Met bijdragen van:

Ferdinand Diermanse (Deltares)

Femke Schasfoort (Deltares)

Dirk Eilander (Deltares)

Karin de Bruijn (Deltares)

Rutger van der Brugge (Deltares)

Willem Oosterberg (WVL)

Jos van Alphen (Staf Deltacommissaris)

11202746-005



**Titel**

Voorstel voor een signaleringssysteem voor tijdige implementatie en adaptatie van het Deltaprogramma

**Project**

11202746-005

**Kenmerk**

11202746-005-ZWS-0001

**Pagina's**

66

**Trefwoorden**




-

**Samenvatting**

-

**Referenties**

-

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	jun. 2018	M. Haasnoot		R. van der Brugge		G. Blom	

**Status**

definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Aanleiding en doel	1
1.2 Voor wie is dit document bedoeld?	2
1.3 Afbakening	2
1.4 Relatie met Meten-Weten-Handelen systematiek en Signaalgroep	2
1.5 Leeswijzer	3
<b>2 Adaptief deltamanagement en het belang van monitoren en signaleren</b>	<b>5</b>
2.1 Wat is adaptief deltamanagement en waarom is een signaleringssysteem nodig?	5
2.2 Het krijgen van signalen door verandering te monitoren op basis van indicatoren en signaalwaarden	6
<b>3 Een signaleringssysteem voor het Deltaprogramma</b>	<b>11</b>
3.1 Inleiding	11
3.2 Wat we moeten weten (stappen 1 en 2)	13
3.3 Wat we willen meten (en hoe dit te analyseren) (stappen 3, 4 en 5)	15
3.4 Informatiebronnen en analysemethoden (kwalitatief en kwantitatief)	20
3.5 Hoe we op basis van verkregen inzichten kunnen handelen (implementatie)	21
3.6 De organisatie van een het signaleringssysteem	22
<b>4 Een voorstel voor een signaleringssysteem voor het Deltaprogramma</b>	<b>23</b>
4.1 Inleiding	23
4.2 Waterveiligheid	27
4.2.1 Wat we moeten weten?	27
4.2.2 Wat we moeten meten en analyseren?	27
4.3 Zoetwatervoorziening	29
4.3.1 Wat we moeten weten?	29
4.3.2 Wat we moeten meten en analyseren?	29
4.4 Ruimtelijke adaptatie	30
4.4.1 Wat we moeten weten?	30
4.4.2 Wat we moeten meten en analyseren?	31
<b>5 Conclusie en reflectie</b>	<b>33</b>
5.1 Conclusies	33
5.2 Conclusies met betrekking tot de inhoud van het signaleringssysteem	33
5.3 Aandachtspunten voor het gebruik van het signaleringssysteem (proces)	37
<b>6 Referenties</b>	<b>41</b>

## Bijlage(n)

<b>A Bijlage A: Definities van begrippen</b>	<b>A-1</b>
<b>B Bijlage B Adaptief deltamanagement in het Deltaprogramma</b>	<b>B-1</b>
<b>C Bijlage C De organisatie van het signaleringssysteem</b>	<b>C-1</b>
C.1 Inleiding	C-1
C.2 Methodologie, kennis en vaardigheden	C-1
C.3 Structuur, processen en systemen	C-2
C.4 Visueel management	C-4
<b>D Bijlage D Nadere uitwerking evaluatie tijdigheid en betrouwbaarheid van de indicatoren rivierafvoeren, zeespiegelstijging, neerslagtekort, opbrengstderving, en waterinlaat</b>	<b>D-1</b>
D.1 Inleiding	D-1
D.1 Lage rivierafvoeren Nederland en Europa	D-4
D.2 Zeespiegelstijging en stormvloeden	D-6
D.3 Zeespiegelstijging signaal DP2018	D-7
D.4 Neerslagtekort	D-8
D.5 Berekening of opbrengstderving	D-9
D.6 Waterinlaat	D-9
<b>E Bijlage E Statistische toetsen</b>	<b>E-1</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

Het Deltaprogramma volgt het concept adaptief deltamanagement. Adaptief deltamanagement is een vorm van management waarbij op transparante wijze wordt omgegaan met onzekerheden (Deltaprogramma, 2012; Van Rhee, 2012). Op basis van mogelijke toekomstscenario's en het verkennen van ontwikkel- en adaptatiepaden, zijn korte termijn maatregelen en lange termijn opties bepaald. Via de systematiek van 'Meten-Weten-Handelen' zal worden gemonitord en geëvalueerd of we in het goede tempo en in de goede richting werken (Deltaprogramma, 2017). Onderdeel hiervan is de Signaalgroep, die tot taak heeft relevante ontwikkelingen te signaleren en aan te geven of bijsturing voor de hand ligt. De Signaalgroep bestaat uit inhoudelijke experts van een aantal voor het Deltaprogramma relevante en gezaghebbende kennisinstellingen<sup>1</sup>. Deltares heeft opdracht gekregen om hiervoor een signaleringsmethode te ontwikkelen en samen met de Signaalgroep indicatoren te identificeren.

Door de Signaalgroep is een eerste lijst van indicatoren gemaakt. Daarvoor is in eerste instantie gekeken naar wat we moeten *weten*, om op basis daarvan te identificeren wat we zouden moeten *meten*. En er is een set van criteria opgesteld om te kunnen evalueren of indicatoren betrouwbare en tijdige signalen geven. Deze aanpak en indicatoren vertonen gelijkenissen met en bouwen voort op het raamwerk voor een signaleringssysteem ontwikkeld op basis van cases en experimenten voor het project *Indicatoren en Drempelwaarden* uitgevoerd voor DP Zoetwater (Haasnoot et al, 2016; 2017). De hier voorgestelde methode en indicatoren bouwen voort op dit werk.

Voor adaptief deltamanagement is het signaleren van toekomstige verandering cruciaal. Het gaat daarbij om vooruitkijken naar wat er in de toekomst kan gebeuren en evalueren of het voorgenomen plan in tijd of richting bijgesteld moet worden. Inzicht in signalen van verandering is nodig om tijdig (niet te vroeg of te laat) investeringsbeslissingen te kunnen nemen en het plan te kunnen aanpassen. Denk bijvoorbeeld aan klimatologische en maatschappelijke ontwikkelingen die (significant) van invloed zouden kunnen zijn op het functioneren van het systeem of de maatregelen. Om te kunnen bepalen wat het effect zou kunnen zijn willen we weten welke indicatoren we moeten meten en of die indicatoren tijdige en betrouwbare signalen geven.

Een systematische aanpak voor het identificeren en evalueren van indicatoren ten behoeve van een signaleringssysteem ontbreekt echter nog. In de wetenschappelijke literatuur worden wel voorbeelden gegeven van mogelijke indicatoren (bijvoorbeeld Groves et al 2014, Haasnoot et al. 2013, Haasnoot et al. 2015, Hermans et al. 2017). En het rapport 'Koers houden in de Delta' van het Planbureau voor de Leefomgeving stelt een monitoring- en evaluatiesysteem voor vanuit 'lerend samenwerken', en 'gezamenlijk verantwoorden' en geeft handvatten hoe dit vorm te geven en te organiseren (Ligtvoet et al. 2016).

---

<sup>1</sup> Voornamelijk gaat het om KNMI, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Deltares, Wageningen University & Research (WUR) en Rijkswaterstaat-Water Vervoer en Leefomgeving (RWS-WVL).

Deze studie heeft tot doel:

*Het uitwerken en toepassen van een methode voor een signaleringssysteem in het kader van Meten-Weten-Handelen (MWH) en in het bijzonder het identificeren van indicatoren die tijdige en betrouwbare signalen kunnen geven voor het Deltaprogramma.*

Hierbij sluiten we aan op de stappen van de MWH-systematiek en de tot nu toe gevolgde aanpak van de Signaalgroep, namelijk:

- Wat moeten we Weten?
- Wat moeten we Meten?
- en hoe moeten we Handelen?

Hieraan voegen we toe:

- Hoe moeten we de meetgegevens analyseren om de informatie te duiden, d.w.z. om te zetten in tijdige en betrouwbare signalen?

## 1.2 Voor wie is dit document bedoeld?

De doelgroep van dit document zijn de medewerkers van het Deltaprogramma. Diegene die er concreet mee zullen gaan werken zijn de adviseurs die beleid voorbereiden en bestuurders adviseren over het Deltaprogramma en de verschillende deelprogramma's. De hier geschetste methode en ervaringen zijn echter generiek en kunnen ook worden gebruikt voor een monitoringplan ten behoeve van andere adaptieve plannen.

## 1.3 Afbakening

De focus ligt op het identificeren en beoordelen van indicatoren die met name Deltaprogramma-breed van belang zijn, dat wil zeggen voor de drie thematische deelprogramma's (waterveiligheid, zoetwatervoorziening en ruimtelijke adaptatie). Regionale indicatoren zijn met name belangrijk voor de regionale invulling van de deelprogramma's.

## 1.4 Relatie met Meten-Weten-Handelen systematiek en Signaalgroep

Sinds het Deltaprogrammaboek 2015 ligt de focus op het implementeren van de voorkeursstrategieën en deltabeslissingen die in het Deltaprogramma zijn afgesproken en het volgen van externe ontwikkelingen die vragen om een aanpassing in tempo of richting van de implementatie. De systematiek 'Meten-Weten-Handelen' (MWH) is door Staf Deltacommissaris ontwikkeld om hierbij te helpen en beoogt (Deltaprogramma, 2016):

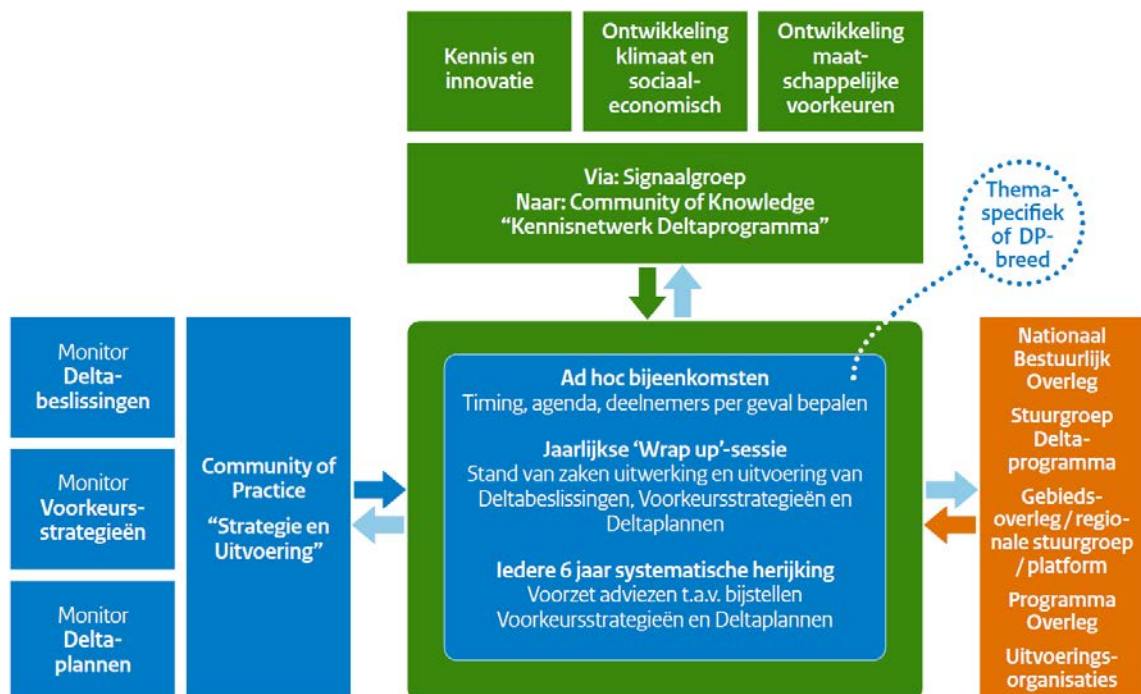
- een vinger aan de pols houden om tijdig te kunnen bijsturen (in tempo en/of richting/koers)
- het gezamenlijk leren door het delen van lessen en successen;
- verantwoording over de voortgang van het Deltaprogramma.

In de systematiek staan twee vragen centraal (zie figuur 1.1):

- zijn we nog op schema? ('blauwe lijn')
- zijn we nog op (goede) koers? ('groene lijn')

De 'blauwe lijn' geeft aan of wordt gedaan wat is toegezegd: ligt de uitvoering op schema en worden de doelen bereikt? Dit is in feite de retrospectieve monitoring; terugkijken of het goed is gegaan. De 'groene lijn' werkt uit hoe ontwikkelingen kunnen worden gevolgd die aanleiding kunnen zijn voor het (toekomstgericht) aanscherpen of bijstellen van de voorkeursstrategieën en deltaplannen. Dit noemen we ook wel anticiperende monitoring: vooruitkijken om informatie te krijgen over water er in de toekomst kan gebeuren en of aanpassing nodig is.

Dit rapport kan worden gezien als een inhoudelijke uitwerking van de 'groene lijn' voor het Deltaprogramma en dus de anticiperende monitoring.



Figuur 1.1 Onderdelen van de Meten-Weten-Handelen systematiek met daarin de Signaalgroep. De groene lijn is de anticiperende monitoring waar het hier beschreven signaleringssysteem zich op richt.

## 1.5 Leeswijzer

Dit document start met het beschrijven van het concept van adaptief deltamanagement en het belang van signaleren en monitoren (hoofdstuk 2). Vervolgens beschrijven wij het signaleringssysteem: de manier waarop de stappen van het weten-meten-handelen op een systematische manier kunnen worden doorlopen en in het bijzonder het analyseren van de verzamelde informatie, het evalueren van deze indicatoren en welke (typen) acties kunnen volgen na een signaal (hoofdstuk 4). Op basis van deze methode is een indicatorenlijst gemaakt voor het Deltaprogramma (hoofdstuk 5). Een beschrijving van veel gebruikte termen staat in bijlage A.



## 2 Adaptief deltamanagement en het belang van monitoren en signaleren

### 2.1 Wat is adaptief deltamanagement en waarom is een signaleringssysteem nodig?

Adaptief deltamanagement houdt in dat korte termijn maatregelen en lange termijn opties zijn geïdentificeerd en dat middels monitoring en signalering de strategie en bijbehorende maatregelen tijdig worden geïmplementeerd dan wel bijgestuurd (zie bijlage B voor nadere beschrijving van adaptief deltamanagement). Dit laatste is ook de kern van de groene lijn van de Meten-Weten-Handelen systematiek, waarin we met behulp van monitoren actief zoeken naar signalen die mogelijk aanleiding geven voor bijsturing van de (implementatie van) voorkeursstrategieën en deltabeslissingen (zie paragraaf 1.4).

Voor het realiseren van de doelen uit het Deltaprogramma (en van het slagen van adaptief deltamanagement als sturingsfilosofie) is het essentieel om tijdig te signaleren of we nog op (de goede) koers zijn. Hiervoor is het belangrijk dat we ontwikkelingen en nieuwe inzichten goed in beeld hebben. Denk hierbij aan veranderingen in klimaat, sociaaleconomisch, kennis en maatschappelijke preferenties, die ertoe kunnen leiden dat:

- De volgende stap in een adaptatiepad moet worden genomen of kan worden uitgesteld;
- Een keuze tussen alternatieve paden moet worden gemaakt, en/of;
- Aanvullende, corrigerende of andere (nieuwe) maatregelen genomen moeten of kunnen worden.

Het is niet alleen belangrijk om te weten dat iets zou kunnen gebeuren, maar ook wanneer. In feite zijn we dus op zoek naar adaptatieknippunten<sup>2</sup>, omdat er dan vervolgacties nodig zijn om goed te blijven functioneren.

De noodzaak van geplande, aanvullende of nieuwe maatregelen hangt samen met het in beeld komen van de *verwachting* of de *observatie* dat het systeem of de maatregelen onvoldoende (gaan) presteren en of doelen gehaald worden (doelbereik) of dat er kansen zijn om beter te presteren. Het tijdig signaleren hiervan helpt dus bij:

- Het op tijd implementeren van deze maatregelen (niet te vroeg en niet te laat);
- Het voorkómen dat er te veel of te weinig wordt geïnvesteerd;
- Het verkrijgen van inzicht in het doelbereik, relevante ontwikkelingen en de relatie daartussen. Daarom zal niet alleen gekeken worden naar het doelbereik zelf, maar ook naar *ontwikkelingen* en *inzichten* die ertoe kunnen leiden dat doelen niet gehaald worden of bijgesteld moeten worden (zie 2.1.1);
- Het signaleren van kansen door innovatie, nieuwe inzichten, veranderingen in kosten en baten en benodigd onderhoud<sup>3</sup>.

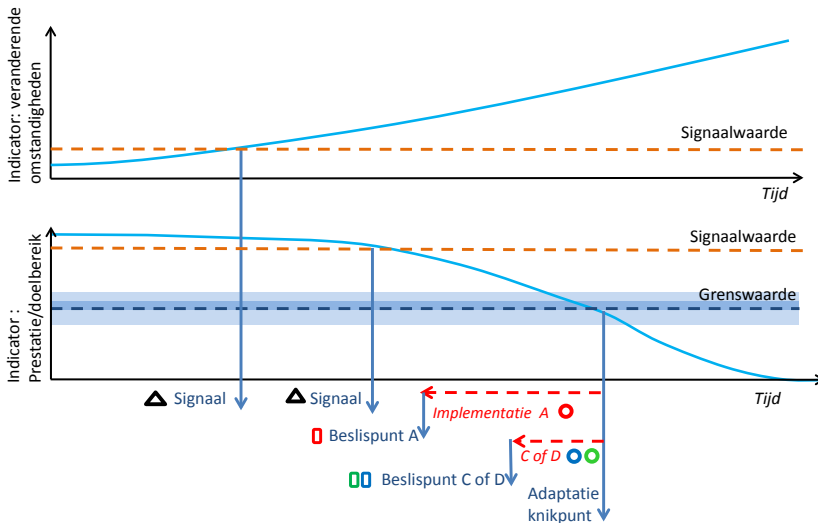
<sup>2</sup> Het moment in de tijd dat dan wel de omstandigheden waaronder het functioneren van een systeem onder invloed van veranderende omstandigheden (zoals klimaatverandering, socio-economische ontwikkelingen, of ) niet langer voldoet aan de (maatschappelijke) eisen, zodat vervolgstappen nodig zijn.

<sup>3</sup> In theorie noemen we dit ook wel *opportunity tipping points* of *kansenknippunt*

Idealiter geven signalen aanwijzingen voor het implementeren of bijstellen van het adaptieve plan. Maar als signalen nog onvoldoende helder of betrouwbaar zijn, dan kunnen ze ook agenderen dat nader onderzoek nodig is, bijvoorbeeld omdat nog niet duidelijk wat de invloed is. Zo zijn er bijvoorbeeld aanwijzingen voor een versnelde en hogere zeespiegelstijging in 2100 dan is aangenomen in de deltasceario's en wordt nu nader onderzocht wat de mogelijke consequenties hiervan voor de voorkeursstrategie is (Deltaprogramma, 2017). Dit signaal leidt dus vooralsnog niet tot versneld implementeren of bijstelling van het plan. Signalen kunnen ook aangeven dat het monitoringplan moet worden aangepast, bijvoorbeeld met aanvullende of andere indicatoren, andere afgeleide indicatoren of een andere analyse van de indicatoren.

## 2.2 Het krijgen van signalen door verandering te monitoren op basis van indicatoren en signaalwaarden

Binnen de systematiek van Meten-Weten-Handelen is de Signaalgroep op zoek naar signalen van verandering, die Deltaprogramma-breed van belang zijn in verband met het potentieel aanpassen van de Deltabeslissingen, voorkeursstrategieën of deltaplannen. De signalen geven informatie over de vraag of we moeten versnellen, vertragen of bijsturen. Daarvoor willen we weten of 'adaptatieknijpunten' in zicht komen. Dat zijn namelijk de condities of momenten dat het systeem onder invloed van veranderende omstandigheden niet langer voldoet, zodat vervolgmaatregelen nodig zijn om goed te blijven functioneren. Een adaptatieknijpunt kan worden beschreven als de omstandigheden of het moment waarop de **grenswaarde** van onvoldoende doelbereik wordt bereikt (Figuur 2.1).



Figuur 2.1 De relatie tussen indicatoren en signaalwaarden voor de het functioneren van het systeem en relevante veranderende omstandigheden. Als de prestatie (doelbereik) van het systeem dermate afneemt dat een grenswaarde wordt bereikt en het doelbereik onacceptabel is, dan moeten maatregelen geïmplementeerd zijn. Afhankelijk van de implementatietijd van een maatregel, kan een uiterlijk beslispunt geïdentificeerd worden. Daarvoor is een signaal nodig. Dit signaal kan komen van het bereiken van signaalwaarde voor het doelbereik/prestatie van het system, dan wel de relevante context voor het doelbereik. Naast metingen, kunnen ook modeloutput of andere (kwalitatieve) informatie aanleiding zijn voor een signaal. Daarvoor is de verbeeldingskracht nodig (zie paragraaf 3.3 en 5.2).

Om tijdig te kunnen inspelen op veranderende omstandigheden is het van belang te weten hoe ver we van een knikpunt af zitten en hoe snel en wanneer we het knikpunt naderen. Het **beslispunt** voor het implementeren van vervolgmaatregelen vindt ruim daarvoor plaats en is afhankelijk van de implementatietijd van deze maatregelen. Naast een adaptatieknikpunt waarin de maatregel(en) onvoldoende presteren, kan er ook een knikpunt zijn als gevolg van kansen voor (nieuwe) maatregelen door innovatie of veranderingen of nieuwe inzichten over de kosten en baten van een maatregel. Het moment van een adaptatieknikpunt is afhankelijk van hoe de toekomst zich ontwikkelt. Bijvoorbeeld door ontwikkelingen die sneller gaan dan verwacht of door nieuwe/goedkopere technieken de levensduur van de bestaande strategie kunnen verlengen. Daarom moeten we ook de ontwikkelingen signaleren die dit kunnen veroorzaken. Ieder plan is gemaakt met behulp van bepaalde aannamen, bijvoorbeeld over hoe de toekomst kan verlopen of wat gevolgen kunnen zijn van deze toekomst. Ook nieuwe inzichten over deze aannamen kunnen daarom aanleiding zijn voor het bijstellen van een adaptief plan.

Indicatoren moeten daarom aansluiten op benodigde informatie over:

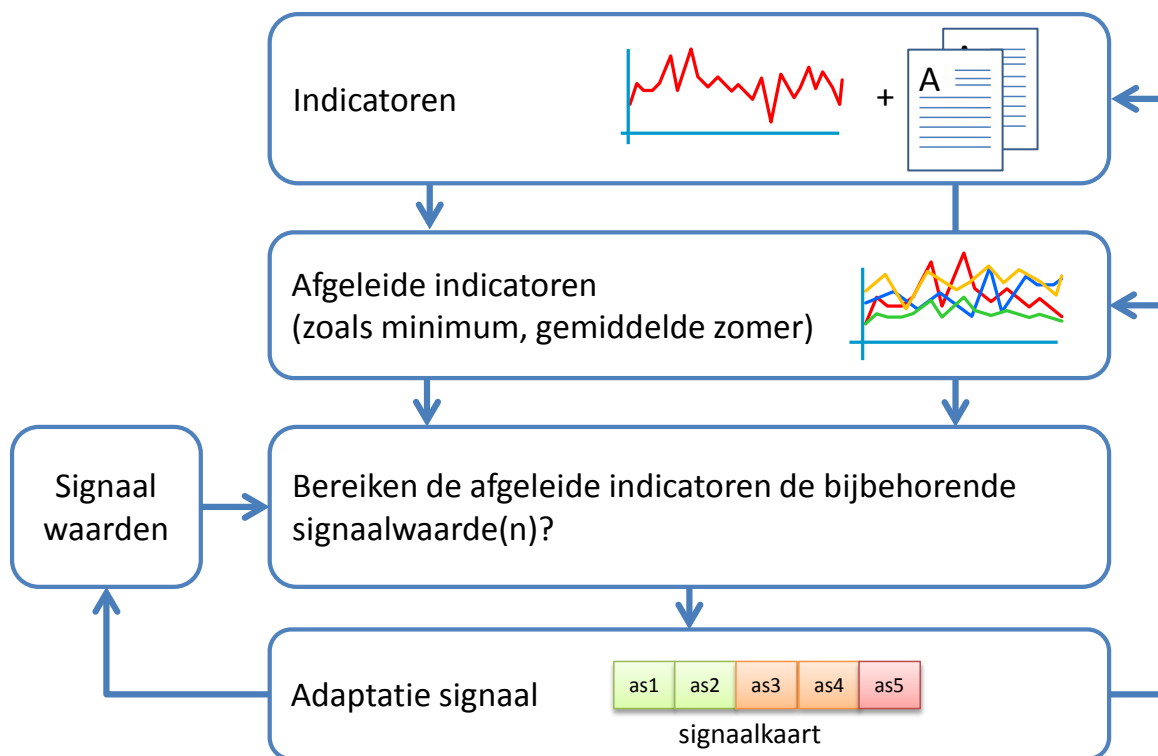
- 1 of een knikpunt in zicht is. Dit zijn vooral indicatoren die effecten en doelbereik meten (onderste deel figuur 2.1); en
- 2 of er relevante ontwikkelingen zijn die een knikpunt kunnen veroorzaken. Dit zijn vooral indicatoren die de omstandigheden en omgeving (context) meten (bovenste deel figuur 2.1); en
- 3 de (on)geldigheid van gemaakte aannamen bij het maken van het plan.

Een indicator voor het in beeld brengen van een knikpunt is bijvoorbeeld 'landbouwschade'. Rivierafvoer en neerslagtekort zijn voorbeeldbeelden van indicatoren die informatie geven over het functioneren van het systeem en in het bijzonder of ontwikkelingen het systeem in gevaar brengen of juist kansen bieden. Dergelijke indicatoren geven mogelijk eerder een signaal en hebben minder last van 'ruis op de lijn' (zie ook paragraaf 3.3 onder 'signaal-ruis verhouding'). Gemaakte aannamen gaan bijvoorbeeld over verwachtingen over de toekomst (bijvoorbeeld deltasenario's) en de werking van het systeem en het huidige begrip daarvan (bijvoorbeeld modelfuncties over dijksterkte of volumes voor doorspoelen). Belangrijk bij het identificeren van indicatoren is niet alleen te kijken naar indicatoren voor ontwikkelingen en negatieve effecten maar ook naar ontwikkelingen die kansen kunnen bieden, zoals nieuwe landbouwgewassen of technieken om water te besparen.

Vaak dienen waarnemingen te worden bewerkt voordat er signalen uit kunnen worden afgelezen. Door deze bewerkte informatie krijgen we een **afgeleide indicator** (Figuur 2.2). Zo is een gemiddelde zomerafvoer een afgeleide indicator van de dagelijkse afvoeren bij Lobith (indicator).

Wanneer één of meerdere indicatoren een bijbehorende **signaalwaarde**<sup>4</sup> bereiken, kan een signaal afgaan. Een signaalwaarde is dus de waarde van een indicator die aangeeft dat een knippunt waarschijnlijk aanstaande is. Dit is het moment om een vervolgactie te overwegen. De vervolgactie hangt af van de sterkte van het signaal (aangegeven met ‘**signaalkaart**’ in Figuur 2.2). Voor de gemiddelde rijnafvoer in de zomerperiode kan bijvoorbeeld een afname van 5% als signaalwaarde worden gehanteerd, om maatregelen voor te bereiden, en een afname van 10% om maatregelen te implementeren. Het is echter niet altijd mogelijk om indicatoren te koppelen aan een signaalwaarde. Bijvoorbeeld in het geval van kwalitatieve signalen (zie ook paragraaf 3.3).

Zowel toekomstverwachtingen op basis van modellen of ander onderzoek, als veldmetingen en andere observaties kunnen informatie geven die leiden tot signalen en kunnen daarmee dus een indicator zijn. Het kan daarbij dus gaan om kwantitatieve analyses in de vorm van tijdseries of kwalitatieve informatie.



Figuur 2.2 Relatie tussen indicatoren, afgeleide indicatoren, signaalwaarden en signalen.

<sup>4</sup> Het gebruik van indicatoren en signaalwaarden bouwt voort op methoden voor strategische besluitvorming onder grote onzekerheid zoals Assumption-Based Planning<sup>4</sup>, Adaptive Policy Making<sup>4</sup>, Robust Decision Making<sup>4</sup> en Dynamic Adaptive Policy Pathways<sup>4</sup>. De indicatoren met signaalwaarden dienen in deze methoden als waarschuwing dat essentiële en kwetsbare aannamen van een plan mogelijk niet langer gelden en dat bijsturende maatregelen of zelfs heroverweging van het plan nodig zijn. Bij het toepassen van deze methoden worden wel voorbeelden gegeven van mogelijke indicatoren, maar een systematische aanpak voor het identificeren en ontwikkelen van indicatoren ontbreekt nog.



**Monitoren van doelbereik zonder duidelijke doelen**

In de hierboven beschreven aanpak spelen vastgestelde doelen en daaraan gerelateerde knikpunten een belangrijke rol. Het doel is immers het ondersteunen van het goed functioneren van het systeem, namelijk door vroegtijdig in beeld te brengen of en zo ja wanneer de grenswaarde van onvoldoende doelbereik wordt overschreden.

Een knikpunt wordt bereikt als het functioneren van een systeem onder een (gedefinieerde) grenswaarde komt en onvoldoende of onacceptabel wordt. Dit kan expliciet zijn vastgelegd in een norm of meer impliciet voortvloeien uit de maatschappelijke eisen aan het systeem.

In de praktijk is dit echter niet altijd een harde grens (zie bandbreedte om grenswaarde in Figuur 2.1). De performance van het systeem kan bijvoorbeeld matig zijn, maar nog redelijk acceptabel. Ook is de grens tussen acceptabel en onacceptabel niet altijd eenduidig aan te geven en mogelijk niet voor iedereen hetzelfde. Zo ook in het beleidsveld zoetwater waar weinig gekwantificeerde doelen zijn in de vorm van normen<sup>5</sup>. Voorts kunnen signalen bestaan uit aanwijzingen dat bijstelling mogelijk nodig is zonder dat meteen precies duidelijk is hoe de performance, het doelbereik en dus het knikpunt wordt beïnvloed.

---

<sup>5</sup> Op dit moment lopen er verschillende projecten om dit concreter en transparanter te maken. In het traject 'Waterbeschikbaarheid' worden afspraken gemaakt tussen rijk, regio en gebruiker over verantwoordelijkheden en inspanningen om tot een optimale verdeling en gebruik van zoetwater te komen. In het project 'Knelpuntenanalyse' wordt toegewerkt naar een landelijke risicobenadering.

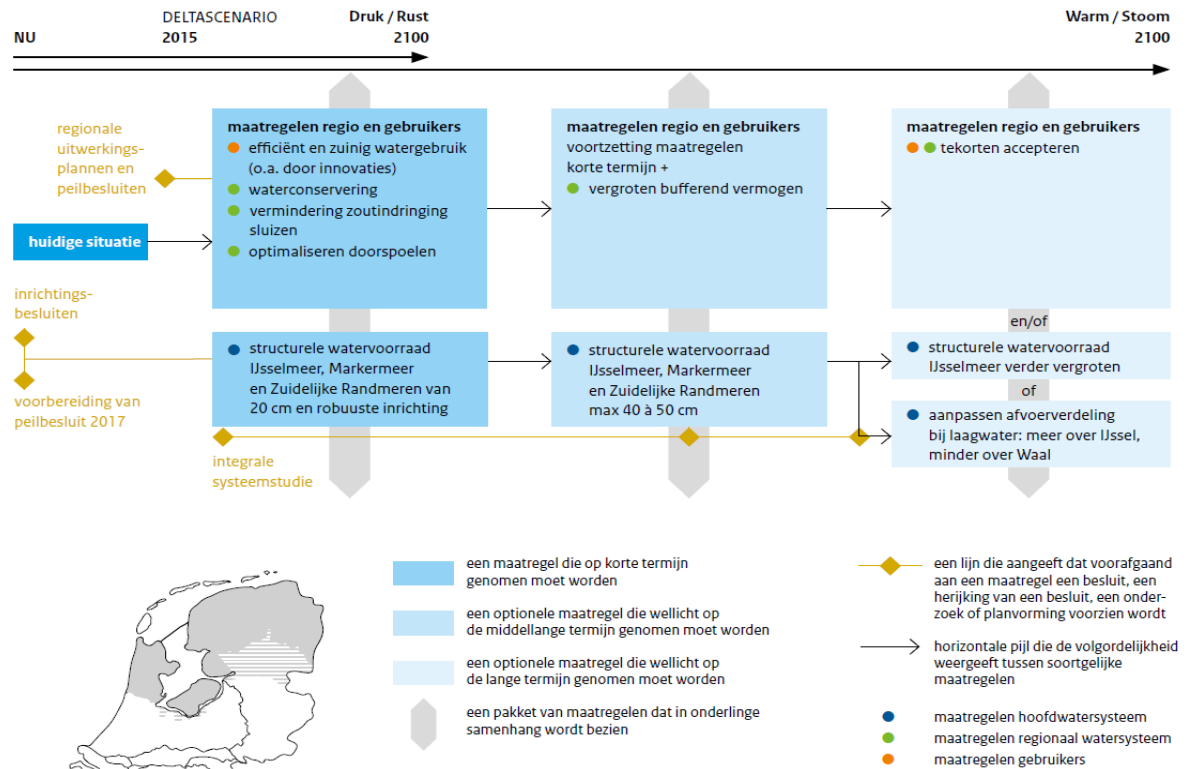


### 3 Een signaleringssysteem voor het Deltaprogramma

#### 3.1 Inleiding

Voor adaptief deltamanagement is het kunnen **signaleren en monitoren** van toekomstige verandering en (mogelijke) effecten cruciaal. Het gaat daarbij om klimaat en socio-economische ontwikkelingen, kennis en innovatie, en ontwikkelingen in maatschappelijke voorkeuren. Belangrijk daarbij is om deze ontwikkelingen om te zetten naar meetbare indicatoren die tijdige, betrouwbare en overtuigende signalen geven en op basis waarvan een evaluatie kan plaatsvinden of aanpassing van het plan (mogelijk) nodig is.

Figuur 3.1 geeft een voorbeeld van de voorkeurstrategie Zoetwater IJsselmeergebied in de vorm van een adaptatiepadenkaart, bestaande uit korte termijn maatregelen en middellange en lange termijn maatregelopties. Afhankelijk van hoe de toekomst zich ontwikkelt, aangegeven met de tijdassen voor de Deltascenario's Druk/Rust (weinig klimaatverandering) en Warm/Stoom (veel klimaatverandering), zijn de maatregelen (in de blauwe blokken) nodig. Het eerste maatregelblok wordt op dit moment geïmplementeerd. In dit voorbeeld is het dus vooral relevant om te weten of en wanneer de volgende maatregelblokken nodig zijn.



Figuur 3.1 Voorbeeld van een adaptatiepadenkaart: de voorkeurstrategie Zoetwater IJsselmeergebied (Deltaprogramma, 2015).

Voor het identificeren en evalueren van indicatoren om tijdige, betrouwbare en overtuigende signalen te krijgen is een stappenplan opgesteld:

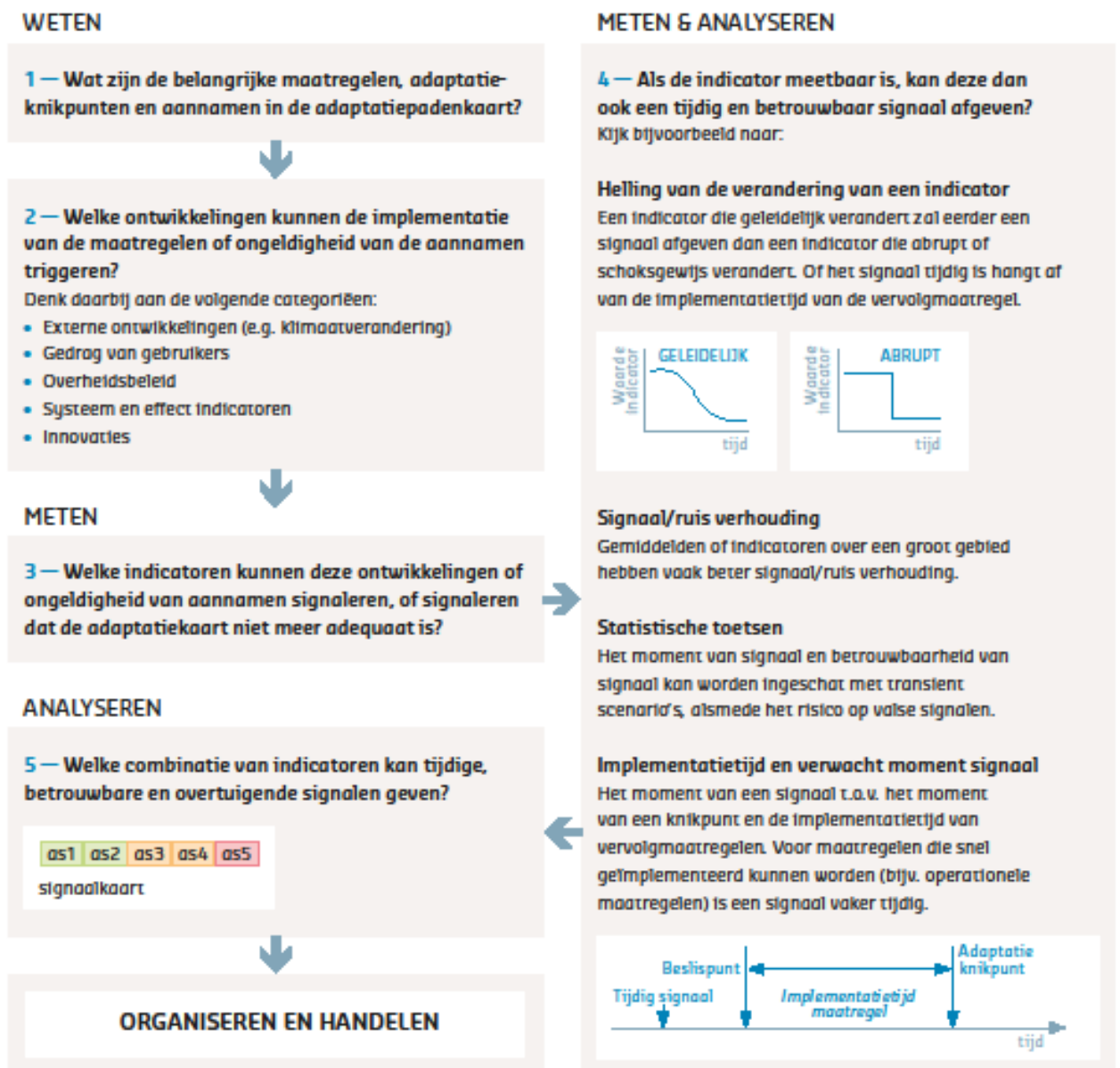
1. Wat zijn de **belangrijke maatregelen**, knikpunten en **aannamen** in de adaptatiepadenkaart?
2. Welke **ontwikkelingen** kunnen de implementatie van de belangrijke maatregelen of ongeldigheid van aannamen triggeren?
3. Welke (afgeleide) **indicatoren** kunnen deze ontwikkelingen of ongeldigheid van aannamen signaleren, of signaleren dat de adaptatiepadenkaart niet meer adequaat is?
4. Als deze indicatoren meetbaar zijn, kunnen deze dan een **tijdig en betrouwbaar signaal** afgeven?
5. Welke **combinatie van indicatoren** kan tijdige, betrouwbare en **overtuigende** signalen geven en wordt geselecteerd voor het signaleringssysteem?

Stappen 1 en 2 gaan over de vraag 'wat we moeten weten'. Stappen 3 en 4 over 'wat we moeten meten', stappen 4 en 5 over 'wat we moeten analyseren', om vervolgens goed geïnformeerd en onderbouwd te kunnen 'handelen'.

Het doorlopen van deze stappen resulteert uiteindelijk in een **signaalkaart** (zie ook Figuur 3.2), bestaande uit een set van (afgeleide) indicatoren en bijbehorende signaalwaarden<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Het stappenplan is tot stand gekomen aan de hand van de casestudies die zijn uitgevoerd in het kader van het Indicatoren en Drempelwaarden project voor Deltaprogramma Zoetwater (Haasnoot et al. 2015; 2016). Voor de regio's Midden West Nederland en Hoog Nederland zijn uitgebreide casestudies uitgevoerd in 2015; voor de regio's Zuidwestelijke Delta en IJsselmeer zijn casestudies uitgevoerd in 2016.



Figuur 3.2 Vijf vragen die kunnen helpen bij het ontwikkelen van een signaleringssysteem.

In de volgende paragrafen wordt het stappenplan nader toegelicht:

### 3.2 Wat we moeten weten (stappen 1 en 2)

Als eerste stap moeten vanuit de deltabeslissing of voorkeursstrategie de belangrijkste maatregelen, adaptatieknippunten en overstappen in de adaptatiepadenkaart worden beschreven en de aannamen die hieronder liggen. Onderliggende aannames kunnen bijvoorbeeld betrekking hebben op het nemen van maatregelen door anderen, op

omstandigheden die veranderen volgens een bepaald scenario, op omstandigheden waarvan is aangenomen dat ze niet veranderen, of op mechanismen en processen in het systeem (zoals als aangenomen zeespiegelstijging, economische groei, extreme rivierafvoer of faalmechnismen van een dijk).

Bij stap 2 wordt bepaald welke ontwikkelingen de implementatie van de belangrijkste maatregelen of de (on)geldigheid van belangrijke aannamen kunnen triggeren. Categorieën voor indicatoren en signaalwaarden zijn bijvoorbeeld:

- Externe ontwikkelingen (e.g. klimaatverandering, beslissingen van anderen, economische veranderingen, innovaties, veranderingen maatschappelijke waarden en politieke context);
- Gebruik (e.g. gedrag van gebruikers), en;
- Watersysteem (functioneren van het systeem).

Om een volledige set van indicatoren te krijgen en te voorkomen dat dingen over het hoofd worden gezien, kan onderstaande matrix van ontwikkelingen en effectketen worden gebruikt (Tabel 3.1). Dit is een vereenvoudiging van het raamwerk dat voor het Deltaprogramma Zoetwater is verkend op basis van het STEEP-concept (Sociaal – Technologie – Economie – Milieu – Politiek) dat wordt gebruikt om indicatoren te identificeren voor scenariostudies en het DPSIR-concept (Pressure – State – Impact – Response) dat wordt gebruikt om de effectenketen te beschrijven in milieustudies. Door naar deze categorieën te kijken, proberen we de makers van een signaalsysteem te inspireren breed te kijken en verder dan de traditionele indicatoren.

Tabel 3.1 Matrix van ontwikkelingen en effectketen om een voldoende relevante, tijdige, betrouwbare en overtuigende indicatoren te identificeren.

		Ontwikkelingen			
		Klimaat-verandering	Socio-economische ontwikkelingen	Kennis en innovatie	Maatschappelijke voorkeuren
Effectketen	Drivers				
	Water systeem				
	Impact				

Inzicht in deze ontwikkelingen kan vervolgens worden gebruikt om te evalueren of de belangrijkste maatregelen, adaptatieknipunten en aannames nog steeds standhouden of moeten worden aangepast.

### 3.3 Wat we willen meten (en hoe dit te analyseren) (stappen 3, 4 en 5)

Als de belangrijkste maatregelen, adaptatieknipunten en aannames in kaart zijn gebracht en inzichtelijk is gemaakt welke ontwikkelingen de implementatie of (on)geldigheid van maatregelen kunnen triggeren, dan kan de stap gemaakt worden naar het 'meten'. Het vertalen van ontwikkelingen naar meetbare indicatoren is een belangrijke stap bij het maken van een signaleringssysteem. Het gaat hierbij zowel om indicatoren in de hierboven beschreven categorieën die ontwikkelingen en gebeurtenissen en de (on)geldigheid van aannamen laten zien, als indicatoren die inzicht geven in de performance van de maatregelen (zie ook figuur 2.1).

Juist omdat indicatoren zo'n belangrijke rol spelen in adaptief deltamanagement is het van belang om te bepalen aan welke criteria deze indicatoren en signaalwaarden bij voorkeur aan moeten voldoen. Wij onderscheiden de volgende criteria: relevant, meetbaar, betrouwbaar, tijdig en overtuigend:

**Relevant:** de indicator beschrijft belangrijke aspecten van het systeem of heeft een relevant effect op deze aspecten. Of een indicator relevant is kan worden ingeschat aan de hand van een analyse van de gevoeligheid en de correlatie van relevante ontwikkelingen of aannamen op een indicator; bijvoorbeeld met meetgegevens of modelsimulaties. De relevantie van de indicatoren wordt beoordeeld bij het beantwoorden van de vragen bij stap 2 en stap 3 in het stappenplan (Figuur 3.2).

**Meetbaar:** de indicator wordt al gemeten, of is goed en goedkoop te meten.

Als indicatoren relevant en meetbaar zijn, volgt een evaluatie op de betrouwbaarheid en tijdigheid van indicatoren (stap 4 in Figuur 3.2).

**Tijdig:** of een signaal op tijd komt, hangt af van het moment van het signaal, de tijd die nodig is om vervolgmaatregelen te implementeren en het moment dat die vervolgmaatregelen geïmplementeerd zouden moeten zijn en daarmee dus ook het moment van een knippunt (zie stap 4, onderste figuur). Een signaal komt bij voorkeur dus vóór het moment dat er uiterlijk moet worden besloten om een maatregel te implementeren. Om te kijken wanneer dit zou moeten gebeuren kun je terugrekenen vanaf het moment dat een knippunt wordt bereikt. Dit is afhankelijk van de implementatietijd (tijd tussen beslispoint en knippunt) van de mogelijke vervolgacties. Het beslispoint is het uiterste moment waarop kan worden besloten om maatregelen te implementeren zonder dat het risico op onacceptabele performance toeneemt. Een signaal komt bij voorkeur zo tijdig dat alle alternatieve vervolgacties nog in overweging genomen kunnen worden: met andere woorden de vervolgactie met de langste implementatietijd geeft de doorslag.

De tijdigheid van een signaal kan worden ingeschat door te kijken naar de verwachte snelheid van de verandering; een abrupte verandering geeft minder snel een signaal dan een geleidelijke verandering. Een maatregel die snel geïmplementeerd kan worden, kan langer wachten op een signaal dan een maatregel waar een lange tijd voor nodig is. Bij een gegeven knippunt horen dus verschillende beslispointen, afhankelijk van de vervolgactie.

Hoe goed je indicatoren meet en signalen duidt, er is altijd een kans dat een signaal 'te laat' komt en er onvoldoende tijd is om maatregelen te implementeren. Zo kan voor het bij een extra versnelde zeespiegelstijging als gevolg van het versneld afsmelten van Antarctica (zie Deltaprogrammaboek 2017) gebeuren dat je te laat bent met het nemen adaptatiemaatregelen als je wacht tot je een stijging kunt waarnemen in de zeespiegel aan de Nederlandse kust, en zal er ook gekeken moeten worden naar waarnemingen op Antarctica en projecties. Het al dan niet aanpassen van plannen, maatregelen en strategieën is daarom vaak geen wetenschappelijke of technische beslissing, maar een politieke beslissing waar een risicoafweging aan voorafgaat.

**Betrouwbaar:** de indicator geeft een betrouwbaar signaal, de kans op onjuiste signalen is klein. Verwacht kan worden dat de kans op tijdigheid en betrouwbaarheid groter is wanneer de indicator vroeg in de effectketen zit.

De betrouwbaarheid en tijdigheid van een indicator hangen met elkaar samen: naarmate er meer informatie komt als de tijd verstrijkt, wordt de betrouwbaarheid van een signaal groter, maar is de kans dat een signaal te laat komt ook groter. Er is een spanning tussen de tijdigheid en betrouwbaarheid van een indicator enerzijds en de implementatietijd van de grotere maatregelen anderzijds: grote maatregelen zijn kostbaar en vereisen een lange implementatietijd. Vanwege de hoge kosten en vaak ook grote maatschappelijke impact vragen deze maatregelen ook om een betrouwbaar signaal. Hiervoor moet vaak meer informatie verzameld worden, wat meer tijd vraagt en er mogelijk op een laat moment een signaal gaat. Deze spanning is in principe te verkleinen door grote maatregelen in onderdelen te segmenteren (flexibel op te bouwen) of te faseren in uitvoering (bijvoorbeeld in de vorm van een ruimtelijke reservering om latere daadwerkelijke aanleg mogelijk te maken).

De volgende **vuistregels** kunnen gebruikt worden bij een eerste selectie van indicatoren:

- Indicatoren met een geleidelijke verandering zullen makkelijker een signaal geven dan abrupte veranderingen.
- Gemiddelden (over tijd en over ruimte) zullen eerder een signaal geven, omdat er minder last is van ruis.
- Indicatoren met een betere signaal-ruis verhouding geven eerder een betrouwbaar signaal; dus indicatoren met weinig variabiliteit ten opzichte van de verandering.
- Langere tijdseries geven meer kans op het vinden van signalen.
- Ook zwakke signalen (bijvoorbeeld met een lagere betrouwbaarheid of op basis van expert judgement) en kwalitatieve informatie (studies) kunnen signalen zijn.

Bij de nadere evaluatie van betrouwbaarheid en tijdigheid van indicatoren kan gekeken worden naar (zie ook figuur 6, stap 4):

- De verwachte **helling van de verandering** van een indicator. Een geleidelijke verandering geeft eerder een signaal en is daardoor eerder te detecteren dan een abrupte verandering. Bij een abrupte verandering is er weinig tijd om maatregelen te implementeren en zal dus alleen tijdig zijn als dit heel snel gedaan kan worden, zoals bij operationele maatregelen.



- De **signaal-ruis verhouding** geeft aan in hoeverre de ruis als gevolg van bijvoorbeeld natuurlijke variabiliteit de trend/het signaal kan vertroebelen. Te veel ruis maakt het lastig een betrouwbaar signaal te vinden. Daarvoor moet de lengte van de metingen vaak lang zijn. Naarmate de trend groter is ten opzichte van de natuurlijke variabiliteit is er sneller een signaal te zien. De signaal-ruis verhouding is een eenvoudig uit te voeren toets die snel inzicht geeft in het moment dat een indicator bij veranderende omstandigheden een signaal zal afgeven, afhankelijk van het gekozen betrouwbaarheidsniveau.
- De mogelijkheid van **statistische analyses**. Naarmate er meer kwantitatieve informatie beschikbaar is, kunnen statistische analyses gedaan worden om de betrouwbaarheid en tijdigheid kwantitatief te onderbouwen (zie bijlage D). Bijvoorbeeld op resultaten van modelsimulaties of door het genereren van synthetische tijdreeksen waar een trend is gezet op basis van historische meetgegevens (Haasnoot et al., 2015, 2017). Er kan dan worden bepaald hoe (on)waarschijnlijk de waargenomen tijdserie is. Door meerdere indicatoren te combineren of door te kijken naar gemiddelde of grotere gebieden kan de betrouwbaarheid en tijdigheid van signalen vergroot worden. Er dient dan wel rekening te worden gehouden met de correlatie tussen indicatoren (zie bijlage D voor een voorbeeld en toelichting).

Deze laatste drie technieken zijn er op gericht om vast te stellen *of* en *wanneer* indicatoren een signaal kunnen geven en met welke betrouwbaarheid. Door indicatoren op deze wijze te beoordelen kan worden bepaald of ze sensitief en specifiek genoeg zijn om veranderingen te meten en dus opgenomen kunnen worden in de signaalkaart.

### **Praktische voorbeelden van indicatoren en signalen**

Bijlage D geeft een uitgebreide toelichting op mogelijke indicatoren en hoe statistische analyses gebruikt kunnen worden voor het evalueren van de potentiële indicatoren. Een paar voorbeelden zijn hieronder samengevat:

- Zeepspiegelstijging: In een aantal recente wetenschappelijke publicaties wordt de conclusie getrokken dat de zeespiegel mogelijk (veel) sneller kan gaan stijgen dan nu verondersteld wordt in de Deltascenario's. Er wordt nu nader onderzocht wat de mogelijke consequenties hiervan voor de voorkeursstrategie zijn (Deltaprogramma, 2017).
- Lage rivierafvoeren: de zomergemiddelde afvoer geeft eerder een signaal, dan extreem lage rivierafvoeren (Haasnoot et al. 2015; bijlage D).
- Extremes rivierafvoeren: omdat extremen weinig voorkomen is een lange tijdserie nodig om trends te kunnen meten en dat is dan mogelijk te laat om maatregelen te nemen. Een combinatie van meerdere meetpunten levert ook een meetgegevens. Daarom geeft een analyse van 10 rivieren in Noordwest Europa eerder een signaal (zie bijlage D).
- Neerslagtekort: dit is een indicator aan het begin van de effectketen, voorafgaand aan de rivierafvoeren, en kan ook gebruikt worden als proxy voor mogelijke landbouwschade. Het jaarlijkse maximale neerslagtekort kan gebruikt worden als afgeleide indicator (zie bijlage D).

- Landbouwschade is een belangrijke impact van droogte, maar wordt echter ook beïnvloed door andere factoren, zoals economische ontwikkelingen en droogte buiten Nederland. Opbrengstderving in kg per ha is een andere afgeleide indicator dat geen last heeft van de economische invloeden, maar dit wordt ook beïnvloed door innovaties die leiden tot een betere opbrengst. Een combinatie met neerslagtekort en het gebruik van beregeningsinstallatie kan helpen de informatie nader te analyseren.

Bij vraag 5 in het stappenplan komt de mate waarin een set van indicatoren overtuigend is aan bod.

**Overtuigend:** de indicator is overtuigend en aanspreekbaar voor actoren zodat het draagvlak geeft voor vervolgmaatregelen. Pas als een indicator relevant en meetbaar is en kans heeft op een betrouwbaar en tijdig signaal, dan is het nuttig om deze indicator mee te nemen en te zoeken naar een nuttige set van indicatoren die een overtuigend signaal geeft (laatste criterium, welke aan bod komt bij vraag 5 van het stappenplan). Een combinatie van indicatoren kan mogelijk overtuigender zijn.

### **Combineren van indicatoren**

Nadat indicatoren zijn geïdentificeerd en beoordeeld (aan de hand van de criteria meetbaar, relevant, betrouwbaar, tijdigheid en overtuigend, kan worden gezocht naar relevante sets van indicatoren, die een betekenisvol signaal geven in relatie tot de deltabeslissingen, voorkeursstrategieën of maatregelen. Dit is stap 5 van het stappenplan. Door experts inclusief (regionale) beleidsmakers kan een combinatie van indicatoren worden bepaald die voor hun regio relevant is. Hierbij wordt aanbevolen om een combinatie te maken van:

- *Driver indicatoren* die de ontwikkeling vroegtijdig direct meten, maar wel onzeker zijn;
- *Watersysteem* indicatoren en minder ruis hebben en daardoor eerder een eenduidig signaal geven, en;
- *Impact indicatoren* die 'maatschappelijk voelbaar' zijn, maar later in de effectketen en daardoor vaak meer ruis hebben en als ze een signaal kunnen geven is dat vaak later.

Een combinatie van indicatoren is vaak overtuigender en kan ook meer inzicht geven in wat er aan de hand is.

### **Zwakke signalen en niet meetbare indicatoren**

Niet alle signalen zijn 'sterk' en eenduidig en niet alle indicatoren zijn concreet en meetbaar. Zo kan er sprake zijn van effecten die niet voldoende kunnen worden ingeschat, van onbekende variabelen in het systeem of moeilijk kwantificeerbare variabelen (zoals gedrag van mensen, preferenties en waardensystemen). In het geval van dergelijke onzekerheden dan zal dit moeten worden meegenomen in het interpreteren van signalen om zodoende bijvoorbeeld te komen tot een indicatie van een zwak, matig of sterk signaal.

Zwakke signalen geven misschien geen concrete handvatten voor het handelen of implementatie, maar kunnen wel handig zijn om vroegtijdig een indicatie te krijgen dat er mogelijk een knikpunt aan komt. Het kan planners helpen met het nader onderzoeken van mogelijke gevolgen of voorbereiden van een beslissing. Het geeft het startpunt om na te denken over de implementatie van maatregelen uit de adaptatiepadenkaart.

Soms is de informatie kwalitatief of erg onzeker. Dit zorgt ervoor dat het interpreteren van het signaal lastig kan zijn. In dit geval kunnen verschillende indicatoren samen worden geanalyseerd. Ook kan dan naar gemiddelden of grotere gebieden gekeken worden (zie ook bijlage D).

Concrete doelen en maatregelen en inzicht in mogelijke knikpunten helpen bij het bepalen of bijsturing nodig is. In de praktijk echter zijn doelen, knikpunten en maatregelen vaak minder concreet. Een manier om invulling te geven aan deze 'fuzzyness' is door verschillende kleuren te gebruiken voor verschillende signaalwaarden. Bijvoorbeeld van groen (geen signaal), tot oranje (zwak signaal) tot rood (sterk signaal).

### **Indicatie van sterkte en duiding van signalen**

Om de betrouwbaarheid van signalen over klimaatverandering te duiden, gebruikten Moss en Schneider de criteria 'vertrouwen in de theorie', 'consensus', 'observaties' en 'modelresultaten' (Moss et al. 2000; Giles, 2002). Dit is een voorbeeld van een kwalitatieve beoordeling van de betrouwbaarheid en sterkte van een signaal.

In de Signaalgroep van Meten-Weten-Handelen is de relevantie van een signaal geëvalueerd aan de hand van de vraag of er:

- Modelinformatie is m.b.t. mogelijk toekomstige ontwikkelingen;
- Observaties zijn (of dat de modeluitkomsten worden ondersteund door observaties), en;
- Er een plausibele verklaring is voor het signaal (of theorie de modeluitkomsten of observaties ondersteunt).

Wanneer statistische analyses beschikbaar zijn, kan het significantieniveau (de p-waarde) worden gebruikt om de sterkte van een signaal te duiden. Bijvoorbeeld een lage p-waarde betekent dat de trend niet of toeval berust en dus een (sterk) signaal is (zie ook hoofdstuk 6).

Het is te overwegen om niet te wachten met het nemen van maatregelen tot het moment dat deze testen voldoende statistische zekerheid geven over (klimaat)verandering. Het alternatief is om maatregelen te nemen op het moment dat een hypothese van bijvoorbeeld klimaatverandering "voldoende plausibel" is. Concreet gesproken betekent dat dat er minder strenge eisen gesteld moeten worden in de toetsen om te kunnen spreken van een statistisch significant niveau. Het voordeel is dat je (meer) op tijd bent. Het nadeel van een dergelijke keuze is dat daarmee de kans toeneemt op een 'vals-alarm', bijvoorbeeld wel een signaal van klimaatverandering terwijl daar in werkelijkheid geen sprake van is.

## Omgaan met gebeurtenissen

Het Deltaprogramma gaat over het beheersen van toekomstige risico's. We willen daarom inzicht hebben in het (mogelijke) optreden van geleidelijke veranderingen, extreme gebeurtenissen (stormvloed, droogte, extreme rivierafvoer, piekbuien) en kwetsbaarheid. Maar niet alle ontwikkelingen kennen een gelijkmatig verloop. Er kunnen ook events (doorkruisende gebeurtenissen) optreden met een veel abrupter of grilliger verloop. Een voorbeeld van zo'n event is een onvoorziene overstroming in ons land als gevolg van een dijkdoorbraak over de grens. Er kan dus sprake zijn van een samenspel tussen trends waardoor een knikpunt nadert en een event waardoor een knikpunt plotseling wordt overschreden. Door geleidelijke veranderingen kunnen extreme gebeurtenissen vaker een kritische grens overschrijden.

Om inzicht te krijgen in dergelijke mogelijke gebeurtenissen is het belangrijk niet de meetbaarheid voorop te stellen, maar de 'denkbaarheid' van zo'n gebeurtenis. Indien meerdere gebeurtenissen zijn opgetreden, die volgens de bestaande inzichten een kleine kans van voorkomen hebben, is dit een indicatie van verandering. Het interpreteren van dergelijke signalen vraagt om verbeeldingskracht. Dit is belangrijk, bijvoorbeeld omdat waterinfrastructuur wordt gedimensioneerd op de extremen en niet op trends. In bijlage C komen we hierop terug.

### 3.4 Informatiebronnen en analysemethoden (kwalitatief en kwantitatief)

Zowel modelsimulaties, tijdseries van veldmetingen, studies of beleidsbeslissingen zijn informatiebronnen om signalen van verandering uit te destilleren.

#### **Modelsimulaties**

Modelsimulaties geven specifieke inzichten over de toekomst, bijvoorbeeld dat de zeespiegel tot 2050 tussen de 15 en 35 cm zal stijgen. Zij geven een gevoel voor orde van grootte, waarmee rekening gehouden dient te worden. Tegelijkertijd stellen de inherente dynamiek van sociale en natuurlijke systemen en gebrek aan kennis over die systemen grenzen aan de kwantificering van mogelijke toekomst (Dammers et al., 2013).

#### **(Veld)metingen**

Veldsimulaties zijn typisch gegevens die gebruikt worden om te monitoren en signaleren. Voor het detecteren van trends en het verkrijgen van signalen is het belangrijk voldoende lang en op de juiste plekken te meten. Het combineren van metingen van verschillende locaties kunnen signalen eerder gedetecteerd worden. Het combineren van verschillende parameters kan meer inzicht geven in het systeem en daardoor de detectie van veranderingen vergroten.

**Studies**

Publicaties over mogelijke toekomsten en impacts daarvan, zoals die van het IPCC of KNMI over klimaatverandering of van PBL over landgebruiksscenario's, kunnen aanleiding geven tot signalen. Ook nieuwe inzichten over de werking van het systeem, zoals faalmechanismen van dijken of schade en slachtoffers na een overstroming kunnen aanleiding geven tot aanpassing van een plan of gekozen strategie.

**(Sterk) exploratieve scenario's**

Bij monitoring is het niet alleen belangrijk om zicht te krijgen in het trendmatig verloop van ontwikkelingen, maar ook in mogelijke discontinuïteiten, en in het bijzonder gebeurtenissen met een lage waarschijnlijkheid, maar met grote effecten. In sterk exploratieve scenario's worden extreme situaties verkend. Op deze manier kan inzicht worden geboden in de aard, de omvang en het mogelijke optreden van (nieuwe) risico's en wenselijk geachte effecten. De verkende voorwaarden waaronder discontinuïteiten kunnen optreden helpen inzicht te krijgen in signalen van verandering en daarmee het proactief monitoren van en inspelen op die verandering (Dammers et al. 2013).

Dergelijke scenario's geven echter geen uitsluitsel over de waarschijnlijkheid van de risico's of van de effecten (van Asselt 2007). Niet alle ontwikkelingen laten zich namelijk kwantificeren. Helemaal wanneer zij gaan over de lange termijn. Hierdoor is het niet mogelijk is om uitspraken over waarschijnlijkheden te doen (wel over mogelijkheden) (Dammers et al. 2017). Dergelijke scenario's geven daarom geen nauwkeurige cijfers, maar ordes van grootte. Het leveren van nauwkeurige cijfers kan – vanwege onzekerheid- zorgen voor schijnzekerheid (Van Asselt et al. 2010; Dammers et al. 2017).

**3.5 Hoe we op basis van verkregen inzichten kunnen handelen (implementatie)**

Afhankelijk van de ernst van het signaal zal al dan niet actie ondernomen moeten worden. De ernst hangt af van de mogelijke consequenties, de onzekerheid van het signaal, de hoeveelheid tijd die er nog is om te handelen en daarmee ook de urgentie.

Handelen/actie kan bestaan uit, bijvoorbeeld:

- Nader onderzoeken, bijvoorbeeld van de ernst van het signaal: heeft het waarschijnlijk consequenties? Hoe (on)zeker is dit? Is dit op de korte termijn of lange termijn? En indien de consequenties op de lange termijn worden verwacht, zijn er dan ook consequenties voor de korte termijn? Vergen vervolgmaatregelen bijvoorbeeld veel tijd om geïmplementeerd te worden of moeten voorbereidende maatregelen (zoals ruimtelijke reservering) genomen worden om belangrijke opties open te houden?
- Voorbereidingen nemen voor de volgende stap en vervolgens implementeren van de volgende stap.
- Bijsturende maatregelen: moeten we de adaptatiestrategie aanpassen en/of moeten we het signaleringssysteem aanpassen?
- Aanpassen indicatoren en signaalwaarden: moeten indicatoren en signaalwaarden op basis van nieuwe inzichten (bijvoorbeeld uit de monitoringgegevens) worden aangepast?

## 3.6 De organisatie van een het signaleringssysteem

De werking en implementatie van het signaleringssysteem en dus het proces van Weten-Meten-Handelen kan versterkt en ondersteund worden en zodanig kunnen bijdragen aan een duurzame signaleringscultuur binnen het Deltaprogramma. Factoren die dit kunnen doen zijn de methode en kennis, het proces en visueel management. Dit wordt nader toegelicht in bijlage C.

Voor het Deltaprogramma is van belang dat het signaleringsproces goed aansluit op het proces waarmee het jaarlijkse Deltaprogramma rapport gemaakt wordt. Signaleringsresultaten moeten daarom in november beschikbaar zijn, ten behoeve van het bestuurlijk overleg in voorjaar over relevantie en mogelijke consequenties. Dat impliceert dat de zoektocht naar signalen voor de zomer moet starten.

## 4 Een voorstel voor een signaleringssysteem voor het Deltaprogramma

### 4.1 Inleiding

Het stappenplan zoals beschreven in hoofdstuk 3 is toegepast op de voorkeursstrategieën voor het Deltaprogramma. Om het geheel overzichtelijk te houden is er voor gekozen de toepassing te doen voor de algemene deelprogramma's, rekening houdend met de onderdelen van regionale deelprogramma's Waterveiligheid, Zoetwatervoorziening en Ruimtelijke adaptatie.

Dit hoofdstuk beschrijft de Deltabeslissingen en voorkeursstrategieën op hoofdlijnen en gaat vervolgens in op relevante ontwikkelingen die gemonitord zouden moeten worden. Dit zijn de ontwikkelingen waarvoor de Signaalgroep aan de lat staat: ontwikkelingen in klimaat en socio-economische omstandigheden, kennis en innovatie, en ontwikkelingen in maatschappelijke voorkeuren die belangrijk zijn voor het hele Deltaprogramma (en dus niet lokale ontwikkelingen). Vervolgens is gekeken met welke indicatoren deze ontwikkelingen gevolgd kunnen worden. Dit is zo concreet mogelijk gemaakt en ook vertaald naar afgeleide indicatoren en signaalwaarden. Een deel van de indicatoren kan niet 'smart' gemaakt worden, maar worden desalniettemin wel genoemd om zo ook de zwakke en niet meetbare indicatoren mee te kunnen nemen. Bij het nader toepassen van het signaleringssysteem kunnen indicatoren en signaalwaarden verder worden ingevuld en aangepast worden.

Om een brede set van relevante indicatoren te verkennen en ervoor te zorgen dat er geen belangrijke indicatoren over het hoofd worden gezien, is gezocht naar:

- Indicatoren voor de Deltaprogramma-brede *ontwikkelingen* die de Signaalgroep in de gaten moet houden: klimaat en socio-economische ontwikkelingen, kennis en innovatie, en ontwikkelingen in maatschappelijke voorkeuren;
- Indicatoren aan de bron van de verandering (*drivers*), gevolgen voor het *watersysteem* en de gevolgen voor de maatschappij (*impact*). Deze laatste is vaak meer overtuigend. Indicatoren aan de bron van de effectketen geven echter eerder een signaal en hebben minder last van ruis. Daarom is een slimme combinatie van indicatoren nodig.

De lijst van indicatoren is opgesteld door verschillende experts en betrokkenen in het Deltaprogramma<sup>7</sup>. Om overzicht te houden en toch voldoende breed te meten, is er onderscheid gemaakt tussen *primaire* indicatoren en bijbehorende de variabelen (afgeleide indicatoren) en aanvullende informatie (secundaire indicatoren) dat kan helpen bij het beter begrijpen van de verkregen informatie. Voor al deze indicatoren geldt dat er gekeken wordt

<sup>7</sup> Jos van Alpen (Deltaprogramma), Rob van Dorland (KNMI), Ron Franken (PBL), Neeltje Kielen (WVL), Harold van Waveren (WVL), Ferdinand Diermanse (Deltares), Karin de Bruijn (Deltares), Femke Schasfoort (Deltares), Rutger van der Brugge (Deltares), Marjolijn Haasnoot (Deltares), en overige leden van de Signaalgroep en het kennisnetwerk van het Deltaprogramma (o.a. Ellen van Mulligen, Anouk te Nijenhuis).

naar metingen en observaties (verleden) en verwachtingen (toekomst) en nieuwe inzichten in de werking van het systeem. Bronnen voor deze indicatoren kunnen dus komen van observaties, modelsimulaties, publicaties, innovaties en systeemingrepen of beleidsbeslissingen. Achter iedere indicator is aangegeven welk instituut uit de Signaalgroep de informatie aanlevert. Dit hoeft niet te betekenen dat dit instituut ook de informatie zelf meet/verzamelt. Vervolgens moet de informatie bij elkaar gebracht worden in de Signaalgroep en de betekenis voor het Deltaprogramma ingeschat worden. Mogelijke signaalwaarden zijn:

- veranderingen in de trend (toe- of afname), of
- ontwikkelingen buiten de beschouwde scenario's zitten, dan wel wijzen in de richting van een van de scenario's of sommige scenario's uitsluiten, en
- ontwikkelingen of gebeurtenissen die leiden tot andere effectiviteit van maatregelen.

Tabel 4.1 geeft een samenvatting van de indicatoren en de aanvullende informatie van het voorgestelde signaleringssysteem. De uitgebreidere toelichting en relatie met de voorkeursstrategieën volgt per thema in de volgende paragrafen.



Tabel 4.1 Overzicht indicatoren en door wie ze worden gemonitord. Het geheel wordt door de Signaalgroep geanalyseerd en samen met Deltaprogramma geduid (versie 29 mei 2018). De variabelen zijn de afgeleide indicatoren, zoals besproken in hoofdstuk 3. Signaalwaarden en nadere toelichting over de relatie met de voorkeurstrategie staat in de volgende paragrafen.

Indicator	Variabelen	Waarom	Aanvullende informatie	Waarom	Wie
Zeespiegelstijging	Verwachte Zeespiegelstijging langs NL kust in 2050, 2100, 2200	Aanname in de deltasenario's, belangrijk voor strategie voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening	Gemeten en verwachte wereldwijde zeespiegelstijging (GMSL)	GMSL heeft een betere signaal/ruis verhouding om versnelling in trend te signaleren	KNMI
	Volume suppletiezand per jaar	Effectindicator voor zeespiegelstijgingen, het effect op kuststrategie	Oppervlakte intergetijdgebieden Waddenzee, Oosterschelde, Westerschelde	Vraagt mogelijk aanvullende maatregelen	RWS
	Frequentie sluiten stormvloedkeringen Maeslantkering, Oosterscheldekering, Algerakering	Effectindicator zeespiegelstijging en stormopzet. Relevant voor voorkeursstrategie Rijnmondrechtsteden	<ul style="list-style-type: none"> <li>Storm frequentie, Noordwesten &gt; 8Bft</li> <li>Alarmeringsfrequentie voor sluiten stormvloedkeringen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Belangrijke ontwikkeling die sluiten beïnvloedt</li> <li>Alarms gebeuren vaker en geven daardoor eerder signaal</li> </ul>	RWS, KNMI
	Aantal dagen in de winter zonder spuicapaciteit IJsselmeer	Effectindicator zeespiegelstijging, relevant voor voorkeurstrategie zoetwater	Correctie door Stormopzet en IJsselafvoer		RWS
Extreme afvoeren van Rijn en Maas	Verwachte extreme hoge (1:100) en lage rivierafvoeren (LCW grenswaarden) in 2050, 2100	Aanname in de scenario's. Belangrijke ontwikkeling die maatregelen vraagt, relevant voor voorkeurstrategie van waterveiligheid rivieren, zoetwater	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extrem hoge en lage afvoeren in 10 rivieren in Noordwest-Europa</li> <li>Gemiddelde afvoer zomerhalfjaar Rijn/Maas Lobith en Eysden</li> <li>Afvoerdeling Rijntakken en afwijking van beleidsmatige afspraak</li> <li>Bovenstroomse ontwikkelingen die wateraanvoer beïnvloeden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gecombineerde analyse van rivierafvoer vergroot mogelijkheid op detecteren signalen</li> <li>Gemiddelde geven eerder signalen dan extreme waarden</li> <li>Onzekere kritische aanname</li> <li>Dergelijke ontwikkelingen beïnvloeden de instroom van water via rivieren.</li> </ul>	RWS
Landgebruik en inwoners	Verwachte en feitelijke ruimtelijke ontwikkelingen, incl. landgebruik, economische waarde, inwoners in 2050 per	Aannamen in de scenario's, relevant voor voorkeursstrategieën omdat het bepalend is voor veiligheidsniveau en watervraag. Per dijkkring voor veiligheidsnormen			PBL

Indicator	Variabelen	Waarom	Aanvullende informatie	Waarom	Wie
	Coropgebied				
Klimatologische droogte	Neerslagtekort (jaarlijks maximum)	Aannamen in de scenario's, belangrijke Ontwikkeling die implementatie maatregelen vraagt, relevant voor voorkeursstrategie zoetwater	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opbrengstderving per ha per gewas</li> <li>• Grondwaterstanden in hoge zandgronden en afwijking t.o.v. gewenste grondwater situatie</li> <li>• Watervraag aan hoofdwatersysteem</li> <li>• Toename van beregeningsinstallaties</li> <li>• Het niet behalen van het minimum streefpeil grote meren (dagen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effect indicator klimaat, ook beïnvloed door landgebruik</li> <li>• Effect indicator op watersysteem</li> <li>• Indicator van autonome adaptatie en hoe droogte wordt ervaren door boeren</li> </ul>	KNMI, CBS
Verziltig	Innamestops voor zoetwatervoorziening (frequentie en duur)	Effectindicator voor verziltig, relevant voor voorkeursstrategie voor zoetwater	Max. zoutconcentratie bij belangrijke inname locaties in benedenrivierengebied (monding Hollandsche IJssel, monding Lek, Bernisse)	Belangrijk ontwikkeling voor zoetwatervoorziening maatregelen, effectindicator voor zeespiegelstijging	RWS, Deltares
Wateroverlast	Extreme neerslag (frequentie en intensiteit per 2 uur en per 2 dagen)	Indicator voor effect klimaatverandering in stedelijk en landelijk gebied en reden voor aanvullende maatregelen. Per 2 uur is vooral relevant voor stad en per 2 dagen voor landelijk gebied.	Schademetingen in combinatie met schadefuncties	Aanname in scenario's	KNMI, PBL
Hittestress	Tropische dagen (> 30C) en nachten (>20C) (aantal en duur per jaar )	Effectindicator voor stedelijk gebied die aanvullende maatregel kan triggeren	Slachtoffers tijdens tropische dagen/nachten		KNMI
Kennis en innovatie	Bijv. schadefuncties, kostenschattingen maatregelen, sterkte van de keringen	Aannamen in de strategie			Allen

## 4.2 Waterveiligheid

### 4.2.1 Wat we moeten weten?

De **voorkeursstrategie** bestaat op hoofdlijnen uit:

- Korte termijn: het bereiken van de nieuwe normen middels versterking waterkeringen, rivierverruiming, aanpassen stormvloedkeringen, pompcapaciteit afsluitdijk vergroten, zandsuppletie kust en het op orde krijgen van rampenbestrijding;
- Lange termijn: aanpassen afvoerverdeling rivieren, aanpassen/vervangen Maeslantkering/Hartelkering, handhaven/meestijgen IJsselmeer en Markermeerpeil, kustlijn handhaven of zeewaarts/landwaarts. En daarnaast doorgaan met versterking waterkeringen, rivierverruimende maatregelen, handhaven en vergroten spui/pompcapaciteit Afsluitdijk, zandsuppletie.

**Aannamen** gemaakt bij het formuleren van de strategie zijn:

- Deltascenario's met daarin klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen;
- Hoogwaterbeleid Rijn- en Maasstroomgebied (aftoppen);
- Modelaannamen: mortaliteit/schade functies, discontovoet, kosten maatregelen en afvoerverdeling bij hoogwater.

**Ontwikkelingen** die implementatie van maatregelen of ongeldigheid van aannames triggeren zijn klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen. In het bijzonder de ontwikkelingen die de belasting en de gevolgen beïnvloeden:

- Hydraulische belastingen: zeespiegelstijging, stormen, golven, extreme rivierafvoeren, morfologische ontwikkelingen, hoogwaterbeleid Rijn- en Maasstroomgebied en Europa (hoogwaterrichtlijn);
- Effecten overstromingen: inzichten dijksterkte en mortaliteit/schade functies, stedelijke en economische ontwikkelingen.

### 4.2.2 Wat we moeten meten en analyseren?

Op basis van het bovenstaande zijn indicatoren en afgeleide indicatoren (variabelen in tabel 4.1) geïdentificeerd. Primaire indicatoren voor waterveiligheid en klimaatverandering zijn de wereldwijde zeewaterstanden, de extreme rivierafvoeren in Noordwest-Europa en stormvloed. Er is gekozen voor wereldwijde zeewaterstand als primaire indicator omdat de zeewaterstanden voor Nederland sterk variëren en daardoor later een signaal geven. Extreme afvoeren komen maar weinig voor en geven daardoor te laat een signaal (als het gemeten wordt, zijn er mogelijk al grote negatieve gevolgen). Door naar meer rivieren te kijken met een vergelijkbaar klimaat (NW-Europa), kunnen we eerder signalen krijgen over extreme rivierafvoeren (zie bijlage uit het rapport). Uiteraard worden de rivierafvoeren en zeewaterstanden in Nederland ook meegenomen: deze zijn bepalend voor de effecten en kunnen afwijken van wereldwijde en Europese veranderingen. Andere verklarende indicatoren (aanvullende informatie in tabel 4.1) zijn de wereldwijde temperatuurstijging (als indicator voor klimaatverandering), afsmeltende ijskappen (vroeg indicator (versnelde

zeespiegelstijging). De temperatuurstijging in Nederland is sterk variabel en niet van belang voor veiligheid. Deze wordt wel meegenomen bij het thema ruimtelijke adaptatie.

Het effect van socio-economische ontwikkelingen en de mogelijke consequenties voor schade en slachtoffers wordt gemonitord aan de hand van het aantal inwoners en de economische waarde per dijkkring. Dit zal eens per 12 jaar gedaan worden mede ten behoeve van de periodieke evaluatie van de normen. Veranderingen die de effectiviteit van evacuatie kunnen beïnvloeden, zoals ontwikkelingen in het wegennet, worden in de groene lijn meegenomen. Hiervoor is nog geen goede indicator gedefinieerd. In hoeverre, er voldoende geoefend is en dus gewerkt is aan implementatie van de voorkeursstrategie zit in de blauwe lijn.

De beschikbare spuicapaciteit bij de Afsluitdijk kan een indicatie geven van de impact van zeespiegelstijging en storm, en van wanneer extra pompcapaciteit nodig is. Waterstanden in het IJsselmeer worden reeds gemonitord (in het winterhalfjaar) en geven een indicatie van het effect van afname van spuicapaciteit en effecten van storm/wind, rivierafvoer, en lozingen uit het landelijk gebied en daarmee de noodzaak voor pompcapaciteit. Extra pompcapaciteit moet op verschillende locaties gebeuren. Waar precies moet nog worden bepaald. In het rivierengebied zal gekeken worden naar de alarmeringsfrequentie voor het sluiten van de keringen. Niet alleen om in beeld te krijgen of er sprake is van een frequentietoename, maar ook of er mogelijk negatieve effecten zijn op scheepvaart (in combinatie met impact-indicator vaarbewegingen). Voor de kust zal worden gekeken of de hoeveelheid en frequentie van suppletie sterk toeneemt.

Nieuwe inzichten over aannamen in schade en mortaliteit, afvoerverdeling en bodemerosie, maar ook innovaties over maatregelen/dijksterktes kunnen ervoor zorgen dat maatregelen eerder of later genomen moeten worden, dan wel dat andere maatregelen in beeld komen. Hiervoor zijn vooraf geen concrete indicatoren te benoemen. Het is voldoende dit in de gaten te houden. Hetzelfde geldt voor maatschappelijke preferenties zoals risico en andere waarden (meer aandacht voor natuur, ander acceptatie risico). Maatschappelijke preferenties zullen worden afgeleid bij gelegenheid van bijvoorbeeld een nieuw regeerakkoord, belangrijke internationale verdragen of discussies in de media.

Indicatoren gerelateerd aan het beheer en onderhoud en implementatie van maatregelen (zoals HWBP) zijn opgenomen in blauwe lijn. De implementatiesnelheid kan bij de interpretatie van de resultaten worden meegenomen om te kijken of snelheid nog voldoende is bij de gemeten veranderingen. Dit is een voorbeeld van hoe blauwe en groene lijn bij elkaar komen.

### 4.3 Zoetwatervoorziening

#### 4.3.1 Wat we moeten weten?

De **voorkeursstrategie** bestaat op hoofdlijnen uit:

- Korte termijn: 0,2m flexibele buffer in IJsselmeer, KWA 15 m<sup>3</sup>/s, vergroten Rode vaart, slim watermanagement, maatregelen regio, neveninlaat Spijkenisse, en uitvoeren klimaatpilots.
- Midden en lange termijn: 0,4 a 0,5m buffer IJsselmeer, afvoerverdeling aanpassen, KWA 24 m<sup>3</sup>/s of Permanent Oostelijke Aanvoer, zout beperkende maatregelen NWW, hogere CL accepteren, verdere uitbreiding Rode vaart en Noordervaart, regionale maatregelen, maatregelen gebruikers en, alternatieve aanvoer Brielse Meer.

**Aannamen** gemaakt bij het formuleren van de strategie zijn:

- Deltascenario's met daarin klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen,
- Autonome adaptatie van gebruikers (zeer beperkt),
- Modelaanname: interne verzilting zit niet in model en doorspoelbehoefte blijft hetzelfde; externe verzilting: riviermorfologie blijft zelfde bij zeespiegelstijging.

**Ontwikkelingen** die implementatie van maatregelen of ongeldigheid van aannames triggeren zijn over het algemeen klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen. In het bijzonder ontwikkelingen die de watervraag en aanvoer/beschikbaarheid beïnvloeden:

- Watervraag: neerslagtekort/verdampingoverschot, drinkwatervraag door bevolkingsgroei en ruimtelijke ontwikkelingen, verandering landgebruik (gewassen, stedelijke ontwikkeling, natuurontwikkeling e.d), groei/krimp industrie en energie, verzilting, beregening, innovaties (zilte aardappelen), gedragsverandering.
- Waterbeschikbaarheid: neerslagtekort, smelten gletsjers, zeespiegelstijging, temperatuur, rivierafvoeren, bovenstroomse ontwikkelingen, ingrepen die waterverdeling en zoutindringing beïnvloeden (zoals verdiepen NWW, haringvlietsluis op een kier).

#### 4.3.2 Wat we moeten meten en analyseren?

Gegeven bovenstaande zijn (afgeleide) indicatoren geïdentificeerd. Om in de gaten te houden wat impact van klimaatverandering op zoetwatervoorziening is, zullen het cumulatief neerslagtekort en de rivierafvoeren van Rijn en Maas gemonitord worden. Voor de rivierafvoeren is gebleken dat de gemiddelde afvoer in de zomer een tijdige en betrouwbare indicator kan zijn voor droogte (zie rapport hoofdstuk 7). LCW grenswaarden om inzicht te krijgen in extremen in laagwater. Dit betekent ook dat het lastiger is om hierin trends te signalen en daarom is dit een secundaire indicator. Omdat de rivierafvoeren voor NW Europa al verzameld worden voor waterveiligheid en zij eerder een signaal geven zal dit als secundaire indicator worden meegenomen. Echter, laagwater is meer gerelateerd aan gebruik en beheer en daardoor mogelijk minder betrouwbaar dan waterveiligheid en daarom is deze hier als secundaire indicator meegenomen. Hetzelfde geldt voor het afvoerdeficiet: makkelijk mee te nemen en vooral bruikbaar om resultaten te begrijpen. Mogelijk kunnen ook andere droogte-indicatoren (bijv. gerelateerd aan neerslag en verdamping) een rol spelen. Dit is nog niet uitgewerkt.

Waterstanden in het IJsselmeer worden om inzicht te krijgen in de aanwezigheid en het gebruik van deze watervoorraad. Socio-economische ontwikkelingen en de mogelijke gevolgen daarvan op de watervraag worden bijgehouden via landgebruik en het gebruik van beregening. Het vaarweggebruik is ook voor zoetwatervoorziening van belang echter andere afgeleide indicatoren, zoals de grootte en diepte en belading van de schepen (en minder de vaarbewegingen zoals bij waterveiligheid) moeten nog worden afgeleid. Systemingrepen, vaak ten behoeve van waterveiligheid, kunnen van invloed zijn op de noodzaak en effectiviteit van zoetwatermaatregelen.

De zoutconcentratie bij inlaatpunten is een belangrijke trigger voor maatregelen en wordt daarom ook gemonitord. Drivers zijn lagere afvoeren en zeespiegelstijging.

Watertemperatuur is een indicator dat niet gerelateerd is aan de huidige voorkeursstrategieën, maar kan wel aanleiding zijn om maatregelen te nemen (i.v.m. waterkwaliteit en mogelijkheid tot koelwaterlozing).

Nieuwe inzichten en innovaties die van belang zijn voor het eerder en later implementeren van de voorkeursstrategie zijn veranderingen in morfologie van de bodem en invloed op de afvoerverdeling en zoutindringing, de zouttolerantie van gewassen, verbeteringen in doorspoelen, en waterbesparende innovaties.

Voor de impact zijn indicatoren voor gevolgen voor de landbouw, scheepvaart, drinkwater en natuur opgenomen. Bij het interpreteren van de resultaten zijn de andere indicatoren waarschijnlijk nodig om te begrijpen waardoor waarnemingen veroorzaakt worden.

De blauwe lijn zal kijken naar effectiviteit van maatregelen, zoals effectiviteit flexibel peilbeheer IJsselmeer, bijvoorbeeld door te kijken of het peil kan worden opgezet worden in het voorjaar.

## 4.4 Ruimtelijke adaptatie

### 4.4.1 Wat we moeten weten?

Voor ruimtelijke adaptatie zijn nog geen concrete strategieën opgesteld. De deltabeslissing is dat Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust is ingericht. Hittestress, wateroverlast, droogte en overstromingen moeten zo min mogelijk toenemen. Er wordt gebruik gemaakt van klimaatscenario's en stresstesten.

**Aannamen** gemaakt bij het formuleren van de strategie zijn: deltasenario's met daarin klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen en mogelijk modelaannamen ten behoeve van de stresstesten.

**Ontwikkelingen** die implementatie van maatregelen of ongeldigheid van aannames triggeren zijn:

- Wateroverlast: zeespiegelstijging, toename extreme neerslag,
- Kwetsbaarheid: verstedelijking, verdichting bebouwing, beleidsbeslissingen zoals bouwvoorschriften.

#### 4.4.2 Wat we moeten meten en analyseren?

Gegeven de fase van de strategie voor ruimtelijke adaptatie is het waarschijnlijk dat onderstaande indicatoren nog gaan veranderen en nader worden ingevuld. Hittestress en wateroverlast zijn voornaamste reden tot maatregelen. Voor ruimtelijke adaptatie is temperatuur in Nederland, met name in de grote steden, van belang om hittestress in de gaten te houden. Sommige indicatoren komen ook terug bij het thema zoetwatervoorziening (verdroging, grondwaterstand) en waterveiligheid (vitale infrastructuur). Het voorkomen van extreme buien, in combinatie met de indicator berging- en afvoercapaciteit, is nodig om inzicht te krijgen in veranderingen in wateroverlast. Dit zal ook apart gemonitord worden. Ook voor ruimtelijke adaptatie geldt dat de effectiviteit en kosten van maatregelen in de blauwe lijn worden meegenomen.





## 5 Conclusie en reflectie

### 5.1 Conclusies

#### Een methode voor de Signaalgroep

Dit rapport beschrijft een voorstel signaleringsysteem om tijdige implementatie en bijsturing van de voorkeursstrategieën te ondersteunen.

Centraal in deze aanpak staat het identificeren en evalueren van relevante indicatoren die tijdige, betrouwbare en overtuigende signalen kunnen geven voor de drie hoofdthema's van het Deltaprogramma: waterveiligheid, zoetwatervoorziening en ruimtelijke adaptatie.

De voorgestelde aanpak behelst vijf stappen:

1. Wat zijn de **belangrijke maatregelen**, knikpunten en **aannamen** in de adaptatiepadenkaart?
2. Welke **ontwikkelingen** kunnen de implementatie van de belangrijke maatregelen of ongeldigheid van aannamen triggeren?
3. Welke (afgeleide) **indicatoren** kunnen deze ontwikkelingen of ongeldigheid van aannamen signaleren, of signaleren dat de adaptatiekaart niet meer adequaat is?
4. Als deze indicatoren meetbaar zijn, kunnen deze dan **een tijdig en betrouwbaar signaal** afgeven?
5. Welke **combinatie van indicatoren** kan tijdige, betrouwbare en **overtuigende** signalen geven en wordt geselecteerd voor het signaleringsysteem?

Stappen 1 en 2 gaan over de vraag 'wat we moeten weten'. Stappen 3 en 4 over 'wat we moeten meten', stappen 4 en 5 over 'wat we moeten analyseren', om vervolgens goed geïnformeerd en onderbouwd te kunnen 'handelen'.

### 5.2 Conclusies met betrekking tot de inhoud van het signaleringsysteem

#### De samenstelling van de indicatorenlijst: een slimme set van indicatoren (aan de bron en bij de impact en voor diverse ontwikkelingen)

Voor de drie thema's in het Deltaprogramma, waterveiligheid, zoetwater en ruimtelijke adaptatie, is een indicatorenlijst opgesteld voor ontwikkelingen die van invloed zijn op het Deltaprogramma en in de toekomst mogelijk vragen om aanpassing en bijsturing van de deltabeslissingen en voorkeursstrategieën.

De indicatorenlijst bestaat uit indicatoren aan de bron van de verandering (begin van de effectketen), consequenties voor het watersysteem en de maatschappelijke impact (eind effectketen). Hierbij is gekeken naar de diverse Deltaprogramma-brede ontwikkelingen waar de Signaalgroep voor aan de lat staat: klimaat en socio-economische ontwikkelingen, kennis en innovatie (inclusief aannamen die gemaakt zijn bij het maken van het plan) en

maatschappelijke voorkeuren. Op deze manier is een set van indicatoren geselecteerd waarmee mogelijke veranderingen in doelbereik gesignaleerd kunnen worden op basis van vroegtijdige (indicatoren aan de bron) en overtuigende signalen (maatschappelijke impact). Een mix van indicatoren is ook nodig om signalen goed te begrijpen om vervolgens adequaat te kunnen handelen. Om overzicht te houden zijn primaire en secundaire indicatoren geïdentificeerd. Deze laatste categorie helpt bij het verklaren van de informatie. Dit betreft vaak indicatoren die toch al gemeten worden.

De indicatoren zijn zo concreet mogelijk gemaakt en ook vertaald naar afgeleide indicatoren en signaalwaarden. Signaalwaarden bleken niet altijd eenvoudig te definiëren. Bij het definiëren van signaalwaarden is het vooral belangrijk om informatie te krijgen over of er sprake is van een trend, en zo ja, of dit afwijkt van eerdere aannamen, bijvoorbeeld of deze trend buiten de bandbreedte van de deltasenario's valt.

De huidige indicatorenlijst en signaalwaarden is een eerste aanzet. Nadere implementatie is nodig om te kijken of dit kan werken en of aanpassing nodig is. Ook de potentie van het combineren van gegevens van verschillende indicatoren om meer inzicht te krijgen zal dan pas echt goed geoefend kunnen worden. Op basis daarvan kunnen we de (afgeleide) indicatoren en signaalwaarden aanpassen.

De indicatoren zijn nu op nationale schaal afgeleid. Regionalisering voor lokale implementatie van het Deltaprogramma kan nodig zijn. Dit vergt mogelijke andere indicatoren of andere locaties van gegevens.

### **Gebruik van statistiek voor het bepalen van betrouwbaarheid van indicatoren en signalen**

Statistische analyses kunnen gebruikt worden om de significantie van een trend te evalueren. Op basis van het significantieniveau kan een signaal als zwak, matig of sterk geclassificeerd worden. Ook hier geldt dat een combinatie van indicatoren en signalen helpt bij het interpreteren en duiden van de informatie en ook bij het versterken van het signaal. Een signaal is bijvoorbeeld overtuigender als meerdere indicatoren een signaal geven<sup>8</sup> of als naast een zwak signaal van een impactindicator ook een sterk signaal van een bronindicator staat.

### ***Het combineren van meerdere afvoeren leidt tot een sterker signaal***

Voor verschillende indicatoren is een nadere analyse gedaan van de betrouwbaarheid van signalen. Hieruit concluderen we dat het combineren van meerdere afvoeren tot een sterker signaal leidt:

Voor rivierafvoeren is een combinatie-test toegepast op meetreeksen (periode 1950-heden) van jaar-maximale en gemiddelde zomerafvoeren van 10 rivieren in Noord-Europa. Het signaal voor de jaarmaximale rivierafvoeren wijst op een stijgende trend (in de periode 1950-

---

<sup>8</sup> Wanneer er sprake is van een correlatie tussen indicatoren, dan hoeft er geen sprake te zijn van een sterk signaal. Bijvoorbeeld wanneer er in meerdere rivieren een probleem optreedt met de waterafvoer. In dit geval dient er een correctie te worden gedaan. Wel geeft zo'n correlatie inzicht in het signaal, omdat je beter weet wat het geval is en wat de impact daarvan zou kunnen zijn.

heden) met een significantieniveau van 10-15%. Het signaal is statistisch niet significant als we uitgaan van het in de statistiek gangbare significantieniveau van 5%. Dit zou geduid kunnen worden als een 'matig sterk' signaal. Het signaal voor de gemiddelde zomerafvoeren wijst op een dalende trend met een significantieniveau van 16-19% (dus ook 'matig sterk'). Om een hoger significantieniveau en dus sterker signaal te kunnen krijgen, zullen meerdere rivieren in de analyse betrokken moeten worden en/of meer jaren van meten.

Uit deze studie blijkt dat door het combineren van de statistische analyses voor de rivierafvoeren eerder signalen verkregen kunnen worden. De analyses zijn gedaan voor historische meetgegevens en niet voor toekomstscenario's. Dit kan nader worden uitgewerkt:

- Een sterker signaal kan verkregen worden door meer rivieren toe te voegen. Bij aanvang van het project was het al de bedoeling om ook de rivieren Saale, Schelde, Somme, Seine en Loire, bij de analyses te betrekken, maar daar hebben we binnen de relatief korte tijd van dit project geen geschikte dataseries van kunnen bemachtigen. Het verdient aanbeveling om dat alsnog te bewerkstelligen; met een groter aantal rivieren kan wellicht een sterker klimaatsignaal worden afgeleid.
- Om inzicht te krijgen wanneer een combinatie van statistische analyses van rivierafvoeren een signaal geeft voor verschillende scenario's, kunnen toekomstscenario's gebruikt worden.
- Een vergelijkbare analyse kan gedaan worden voor andere indicatoren (zoals neerslagtekort, piekbuien)

De huidige analyses geven een ja/nee antwoord en er is vooral gekeken naar wanneer het significantieniveau van 5% wordt bereikt, d.w.z. een relatief sterk signaal. Wanneer een zwak tot matig signaal gevonden kan worden, zou ook nog kunnen worden afgeleid.

### ***Attributietechnieken helpen bij het interpreteren van signalen***

Bij het interpreteren van de signalen kunnen attributietechnieken van pas komen. In klimaatstudies is hier ervaring mee. Vergelijkbare technieken kunnen worden ingezet om inzicht te krijgen welke ontwikkelingen in welke mate bijdragen aan een bepaald signaal. Dit kan helpen bij het vertalen naar betekenis voor het Deltaprogramma.

### ***Bayesiaanse statistiek geeft inzicht in de mate van plausibiliteit***

Een ander alternatief is het gebruik van Bayesiaanse statistiek. Met Bayesiaanse statistiek kun je een mate van plausibiliteit afleiden van een klimaatscenario, bijvoorbeeld of op basis van de meetreeks het W+-scenario plausibeler is dan het referentiescenario. Uit de analyses van de toekomstscenario's voor het W+ blijkt dat achtereenvolgens zeespiegelstijging, neerslagtekort en gemiddelde zomerafvoeren een signaal geven. Het duurt gemiddeld ongeveer 20 tot 50 jaar voordat met statistische zekerheid (5% significantieniveau) kan worden vastgesteld dat er een trend is (en W+ dus daadwerkelijk optreedt). Dit is het moment dat de klimaatscenario's meer uit elkaar gaan lopen en er dus ook meer effect te verwachten valt. Op deze manier kan eerder een zwak tot matig sterk signaal verkregen worden. De analyse voor zeewaterstanden is gedaan voor de jaarmaxima, maar zal voor jaargemiddelde eerder een signaal geven.

Dergelijke analyses kunnen inzicht geven in de kans op het nemen van (achteraf gezien) de (on-)juiste beslissingen. Stel, je staat voor de keuze om een grote investering te doen en in

het geval van klimaatscenario A is die investering niet nodig, maar in geval van klimaatscenario B juist wel. Je hebt dan geen zekerheid over het maken van de juiste keuze. In zo'n situatie is het belangrijk om te weten wat de kans dat je de juiste/onjuiste keuze maakt. Als je dat combineert met de gevolgen van een 'false alarm' (ten onrechte geïnvesteerd) of 'false-no-alarm' (ten onrechte niet geïnvesteerd waardoor veel schade) kun je een keuze maken op basis van minimaal risico. Een dergelijk dilemma kan uitgebreid worden naar meerdere klimaatscenario's tegelijk beschouwd en meerdere keuzes van investeringen.

### **Het duiden van meetgegevens (want meten is niet genoeg)**

De meetgegevens moeten geanalyseerd tot betekenisvolle signalen. Vervolgens moeten deze signalen worden geëvalueerd met betrekking tot de betekenis voor het Deltaprogramma:

- Op basis van een signaal moet ingeschat worden in hoeverre de deltabeslissingen, voorkeursstrategieën en maatregelen eerder/later geïmplementeerd moeten worden, of nader onderzoek nodig is, of aanpassing van het plan nodig is.
- Het analyseren van de gegevens kan op basis van (zie bijlage D):
  - Signaal/ruis verhouding ten behoeve van trenddetectie;
  - Statistische analyses voor trenddetectie en de significantie daarvan;
  - Combinatie van statistisch analyses voor meerdere meetstations om eerder signalen te krijgen.
- Door informatie uit metingen, modelstudies, ingrepen, de analyses te combineren en interpreteren en te confronteren met de voorkeursstrategieën kunnen we de resultaten beter begrijpen en duiden wat betreft sterkte van een signaal, mogelijke consequenties voor het Deltaprogramma en vervolgacties.

### **Omgaan zwakke signalen en niet concrete, meetbare indicatoren (want we kunnen niet alles weten)**

Niet alle signalen zijn even 'sterk' en eenduidig en niet alle indicatoren concreet en meetbaar. Soms zijn er veel onzekerheden: er kan misschien sprake zijn van effecten die niet voldoende kunnen worden ingeschat, van onbekende variabelen in het systeem of moeilijk kwantificeerbare variabelen (zoals gedrag van mensen, preferenties, waardensystemen, innovaties). Naast het zo goed mogelijk 'weten' en 'meten' is het daarom ook van belang om stil te staan bij het 'niet weten'. Naast realisme is er 'verbeeldingskracht' nodig, zodat de aandacht niet alleen uitgaat naar de waarschijnlijkheid van gebeurtenissen en ontwikkelingen (gebeurtenissen en ontwikkelingen die we kunnen 'weten'), maar ook naar de denkbaarheid van mogelijke scenario's (gebeurtenissen en ontwikkelingen die onzeker zijn, maar wel een grote impact kunnen hebben en die we niet kunnen 'weten'). Door denkbaarheid van niet-trendmatige ontwikkelingen en verrassende gebeurtenissen aandacht te geven, kan worden voorkomen dat relevante, maar onzekere informatie uit het zichtveld van de Signaalgroep (en het Deltaprogramma) verdwijnt.

### 5.3 Aandachtspunten voor het gebruik van het signaleringssysteem (proces)

#### De relatie tussen de 'groene en 'blauwe lijn'

Bij het ontwikkelen van het signaleringssysteem voor de 'groene lijn' is regelmatig de relatie met de 'blauwe lijn' besproken. Hieruit concluderen we het volgende:

- De 'blauwe' en 'groene lijn' hebben verschillende doelen en beantwoorden verschillende vragen. De blauwe lijn kijkt vooral naar de voortgang vis-à-vis een referentiejaar (retrospectieve monitoring): is het plan geïmplementeerd zoals gepland en hebben de maatregelen het beoogde effect? De groene lijn kijkt terug en vooruit om vervolgens iets over de toekomst te zeggen (anticiperende monitoring): zijn er ontwikkelingen die ertoe leiden dat maatregelen eerder of later geïmplementeerd of aangepast moeten worden?
- Beide lijnen hebben verschillende vragen en daarom verschillende indicatoren, maar er is ook overlap. Deels zal naar dezelfde indicatoren (meetgegevens) worden gekeken, maar de analyse daarvan zal anders zijn. De blauwe lijn kijkt vooral naar het doelbereik en dus impactindicatoren. Het doelbereik is echter niet altijd in één indicator te meten. Soms is het een berekening op basis van andere indicatoren. Bijvoorbeeld: het risico voor waterveiligheid wordt berekend op basis van o.a. landgebruik en implementatie van maatregelen. Ook voor het begrijpen waarom doelen wel/niet gehaald worden, zullen soms ook watersysteem- en driverindicatoren gemeten worden. De groene lijn kijkt vooral naar de veranderingen in de omgeving en dus driverindicatoren. Echter voor overtuigende signalen en om ook de gevolgen in de gaten te houden, zijn ook watersysteem en impactindicatoren meegenomen. Daar waar de impactindicatoren iets zeggen over doelbereik wordt dit aan de blauwe lijn overgelaten.
- Groene en blauwe lijn zullen elkaar informeren. De blauwe lijn kan bijvoorbeeld informatie geven over wat reeds is geïmplementeerd en een confrontatie met de gegevens uit de groene lijn kan aangeven of voldoende inzicht is gegeven in klimaat en socio-economische ontwikkelingen. De groene lijn kan de blauwe lijn informeren over deze ontwikkelingen en over inzichten in gemaakte aannamen (zoals afvoerverdeling, dijksterkte) om vervolgens te bepalen of dit aanleiding geeft tot het aanpassen van het doelbereik.

#### Tools die het gebruik van het signaleringssysteem kunnen ondersteunen

Het gebruik van het signaleringssysteem kan worden ondersteund door middel van een goed ontworpen virtuele werkomgeving (zie ook bijlage C, paragraaf 4). Dit kan bijvoorbeeld een dashboard zijn, waarin op een enkel scherm de belangrijkste monitoringsinformatie (indicatoren en signaalkaarten per deelgebied) en waarin in een oogopslag zichtbaar is of er signalen zijn die nadere bekeken moeten worden. Relevante achtergrondinformatie (bijvoorbeeld per deelgebied) kan op het tweede niveau worden weergegeven. In het project 'Monitoring doelbereik voor Waterveiligheid', wat ook een onderdeel is van Meten-Weten-Handelen is al ervaring mee opgedaan met een dashboard.

Een korte, bondige handreiking kan helpen bij het gebruik van het signaleringssysteem. Deze handreiking kan instructies bevatten voor zowel de Signaalgroep als voor partijen in de 'buitenring' die mee-signaleren over door wie, op welke wijze en wanneer data kan worden verzameld en waar en op welke wijze deze informatie kan worden 'gedeponereerd'. Belangrijk daarbij is het maken van een duidelijke taakverdeling voor het verzamelen, analyseren en duiden van relevante informatie.

Het oefenen in een veilige omgeving, zoals bij een serious game kan helpen bij het zichtbaar maken, begrip krijgen van nut en noodzaak en het implementeren van het systeem. Het dergelijk spel kan gebaseerd worden op het gedachtenexperiment dat afgelopen jaar is ontwikkeld.

### **Suggesties voor het implementeren van het signaleringssysteem**

Wij doen een aantal suggesties voor het implementeren van het signaleringssysteem voor zowel de korte termijn (< 1 jaar) en de langere termijn (> 1 jaar).

#### ***Korte termijn (mogelijke acties voor het komende jaar)***

- Lanceren van signaleringssysteem. Belangrijke momenten moet je vieren. De lancering van het signaleringssysteem zou zo'n moment kunnen zijn. Dergelijke momenten dragen bij aan de bekendheid en kan het gevoel van transparantie en vertrouwen in het systeem in de kring van belanghebbenden, betrokkenen en andere geïnteresseerden vergroten (Hajer et al., 2010).
- Starten met een 'oefenjaar'. Het signaleringssysteem bevat een veelheid aan indicatoren, vraagt om de betrokkenheid van verschillende actoren en instanties op verschillende schaalniveaus en behelst zowel het verzamelen, analyseren en duiden van die indicatoren. Daarbij is het signaleren van toekomstige verandering voor veel mensen een relatief nieuw werkterrein. Dit oefenjaar kan in het teken staan van:
  - o Het opdoen van ervaring met signaleringssysteem,
  - o Het zichtbaarheid maken van de Signaalgroep
  - o Relatie met blauwe lijn.
- Doen van een nulmeting en monitoring (bijsturing) van het proces van signaleren. Om te kunnen bepalen of er gedurende dat jaar sprake is van groei/verbetering, is het handig om een nulmeting te hebben en het groeiproces te monitoren. Dit kan bijvoorbeeld met gefaseerde interviews/enquêtes met gebruikers van het signaleringssysteem, bijvoorbeeld aan begin, halverwege en aan het eind van het jaar. Op deze manier kunnen ervaringen met het werken met het signaleringssysteem en behoeften (inhoud, proces en vaardigheden) worden geïnventariseerd.
- Maken van een communicatieplan. Projectresultaten en ervaringen moeten worden gedeeld, maar op welke momenten communiceren we wat, op welke wijze en naar wie? Meervoudige communicatie versterkt het overbrengen van boodschappen en bevindingen, bijvoorbeeld een website of nieuwsbrief, in combinatie met een meer 'technisch' verslag van bevindingen.
- Betrekken van relevante kennisdragers. Bij het signaleren van verandering is de Signaalgroep afhankelijk van een veelheid aan actoren. Het is daarom belangrijk dat de verschillende actoren bekend zijn met het nut en de noodzaak van het signaleren en

- weten hoe zij kunnen mee-signaleren. Relevante kennisdragers zijn mensen betrokkenen bij de verschillende deelprogramma (met name voor hun kennis op watersysteem- en impactniveau), besluitvormers, mensen betrokken bij het 'blauwe spoor', kennisinstellingen en andere stakeholders.
- Zorgen voor een duidelijke inhoudelijke taakverdeling in de Signaalgroep: kennisinstellingen met duidelijke taakverdeling. Het is belangrijk de verschillende experts in de Signaalgroep (ook) aan te spreken op hun onderscheidende expertises. Zo kunnen het CPB en het PBL specifieke kennis inbrengen op het gebied van socio-economische ontwikkelingen en WUR/LTO op het gebied van ontwikkelingen in de landbouw. Ook kan het van belang zijn om mensen 'van buiten' bij het proces van signaleren te betrekken. Zogenaamde 'non usual suspects' of 'remarkable people' (van der Heijden, 1996) kunnen – vanwege hun afwijkende perspectief - tunnelvisie helpen voorkomen.
  - Training van vaardigheden. Om te kunnen signaleren en monitoren zijn specifieke vaardigheden nodig. Naast diepgaande inhoudelijke kennis kan ook gedacht worden aan voorstellingsvermogen (verbeeldingskracht), de kunst van het toekomstgericht denken, 'van buiten naar binnen' te kijken (welke ontwikkelingen komen op ons af en wat is hun betekenis), of over de grenzen van de eigen discipline heen kunnen kijken (mensen met een zogenaamd T-profiel). Deze laatste vaardigheden zijn met name van belang voor het opsporen, duiden en meenemen van 'weak signals' en zogenaamde 'low-frequency/high-impact events' in de analyse en besluitvorming. Deze vaardigheden kunnen worden getraind. Gedacht kan worden aan de organisatie van trainingsbijeenkomsten waarin aandacht is voor het proces en methodologie van het signaleren. Een serious game/gedachtenexperiment kan hier onderdeel van zijn.
  - Het organiseren van participatie en inbreng van verschillende kennisdragers. Hoe goed de relevante gegevens ook worden verzameld, geduid en gebruikt voor aanpassing van aanpassen van deltabeslissingen, voorkeursstrategieën of deltaplannen, het maken van die beslissing zal in veel gevallen een politieke keuze zijn (en geen wetenschappelijke, technische keuze). Het is daarom van belang dat stakeholders betrokken zijn bij het hele proces, dus ook dat van het signaleren verandering. Een goede, weldoordachte participatie van stakeholders draagt bij aan legitimiteit, relevante en geloofwaardigheid (Cash et al., 2003) en daarmee ook de implementatie van beslissingen, strategieën en plannen voortkomend uit het Deltaprogramma.
  - Afsluiten van het oefenjaar: net als het lanceren van het signaleringssysteem, kan ook het afsluiten van het oefenjaar worden gevierd. Welke ervaringen en inzichten hebben we met elkaar opgedaan? En hoe gaan we op basis van die ervaringen en inzichten de komende jaren verder? Wat werkte, blijven we doen of willen we verder uitbouwen? En wat moet anders?

### **Lange termijn (mogelijke acties na het oefenjaar)**

- Ontwikkelen en gebruiken van een virtuele werkomgeving (zoals een Dashboard of een andere vorm van een kennisportaal).
- Zorgen voor een beoordelingscyclus: als het signaleren en monitoren van verandering een vrijblijvende activiteit is, dan zullen andere werkzaamheden voorrang vinden. Het is dus ook van belang dat er aandacht is voor structuren in de organisatie die het proces van signaleren en monitoren in de weg staan.

- Synchroniseren van maatregelen en formele/besluitvormende cycli: Het is belangrijk een antenne te ontwikkelen/te hebben voor lopende beleidsprocessen en discussies (Dammers et al., 2017). Het implementeren van (adaptie) maatregelen wordt in sterke mate bepaald door het momentum in de bestuurlijke werkelijkheid. Wanneer maatregelen raken aan lopende beleidsprocessen of lopende discussies dan zal de weg naar implementatie eenvoudiger zijn dan wanneer dit niet het geval is. Het is daarom belangrijk om verschillende activiteitenstromen op een goede manier met elkaar te verbinden en te zoeken naar aansluiting met formele, bestuurlijke processen en besluitvormende cycli. Blijven ontwikkelen van een duurzame signaleringscultuur. Een aantal factoren dat daartoe kan bijdragen is beschreven in dit rapport. Het oefenjaar zal nog meer inzicht geven in hoe dit kan worden gefaciliteerd.



## 6 Referenties

Cash, D. *et al.* (2003) 'Knowledge systems for sustainable development', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, pp. 8086–8091.

Dammers, E. & M. Hajer (2011) 'Perspectief voor ontmoeting tussen beleid en wetenschap'. In J. Goedman, W. Zonneveld & W.H. Houtsma (red.) *Ruimtelijke ontwikkeling in drievoud*. Den Haag: Sdu Uitgevers.

Dammers, E., van't Klooster, S. A., de Wit, B., Hilderink, H., Petersen, A., & Tuinstra, W. (2013). Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte. Een handreiking. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.

Dammers, E., van't Klooster, S.A. & B. de Wit (2017) *Scenario's voor natuur, milieu en ruimte gebruiken: een handreiking*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Deltaprogramma (2012). Deltaprogramma 2013. Werk aan de delta. De weg naar deltabeslissingen.

<https://www.deltacommissaris.nl/documenten/publicaties/2012/09/18/deltaprogramma-2013>

Deltaprogramma (2014). Deltaprogramma 2015. Werk aan de delta. De beslissingen om Nederland veilig en leefbaar te houden.

<https://www.deltacommissaris.nl/documenten/publicaties/2014/09/16/deltaprogramma-2015>

Deltaprogramma (2016). Deltaprogramma 2017. Eerste uitwerking van de systematiek 'meten, weten, handelen'. Achtergronddocument F.

Deltaprogramma (2017). Deltaprogramma 2018. Doorwerken aan een duurzame en veilige delta.

<https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/documenten/publicaties/2017/09/19/dp2018-nl-printversie>

Dutch Safety Board (2015). MH17 Crash. Crash of Malaysia Airlines flight MH17, Hrabove, Ukraine, 17 July 2014 (Final Report).

Giles, J. (2002) When doubt is a sure thing. *Nature*, 418.

Groves D.G., E. Bloom, R. J. Lempert, J.R. Fischbach, J. Nevills, B. Goshi, 2014. Developing Key Indicators for Adaptive Water Planning, *J. Water Resour. Plann. Manage.* doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000471

Haasnoot M., J. Schellekens, J.J. Beersma, H. Middelkoop, J.C.J. Kwadijk, 2015, Transient scenarios for robust climate change adaptation illustrated for water management in the Netherlands. *Environ. Res. Lett.* 10 (2015) 105008 doi:10.1088/1748-9326/10/10/105008

Haasnoot, M., F. Schasfoort, J. ter Maat, W. Oosterberg (2016), Knikpunt in zicht: op zoek naar signalen voor tijdige adaptatie. Deltares rapport 1220104-005, <https://www.deltares.nl/nl/publicaties/>

Haasnoot, M., F. Schasfoort, D. Eilander, F. Diermanse, W. Oosterberg (2017), Knikpunten in zicht: Een signaleringssysteem voor tijdige adaptatie in het Deltaprogramma Zoetwater. Deltares rapport 12200588-003. <https://www.deltares.nl/nl/publicaties/>

Hajer, M., Grijzen, J. & van 't Klooster, S.A. (2010). Sterke Verhalen: Hoe Nederland de planologie opnieuw uitvindt / Strong Stories: How the Dutch are reinventing spatial planning. Design & Politics # 3. Uitgeverij 010, Rotterdam.

Hermans, L.M., M. Haasnoot, J. ter Maat, J.H. Kwakkel (2017) Designing monitoring arrangements for collaborative learning about adaptation pathways. Environmental Science & Policy 69, 29-38

Latour, B. (2013). *An inquiry into modes of existence: an anthropology of the moderns*. Cambridge: Harvard University Press.

Ligtvoet, W., E. Kunseler & R. Franken (2016), Koers houden in de delta. Ontwerp van een monitorings- en evaluatiekader voor het Deltaprogramma, Den Haag: PBL. <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-koers-houden-in-de-delta-2338.pdf>

Moss, R. H. & Schneider, S. H. in Guidance Papers on the Cross Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC (eds Pachauri, R., Taniguchi, T. & Tanaka, K.) 33–51 (World Meteorol. Org., 2000).

Preston, B.J, Burger, N., Blumenthal, M., Lempert, R. & Knopman, D.(2017). When it comes to climate, look for vulnerabilities in policy, not science. 08/03/17, [TheHill.com: http://thehill.com/blogs/pundits-blog/energy-environment/345229-when-it-comes-to-climate-look-for-vulnerabilities-in](http://thehill.com/blogs/pundits-blog/energy-environment/345229-when-it-comes-to-climate-look-for-vulnerabilities-in) (geraadpleegd, 1 oktober 2017).

PBL (2016) KOERS houden IN de DELTA. Ontwerp van een monitorings- en evaluatiekader voor het Deltaprogramma. PBL-publicatienummer 2338

Schoemaker, J.H. & Day, G.S. (2009). How to make sense of weak signals. Opinion & Analysis, April 01.

van Asselt, M.B.A. (2007). Risk Governance: over omgaan met onzekerheid en mogelijke toekomsten. Maastricht, Universiteit Maastricht (oratie).

van Asselt, M.B.A., van 't Klooster, S. A., van Notten, P., & Smits, L. A. (2010). Foresight in action: Developing policy-oriented scenarios. London, UK: Earthscan from Routledge.

Van der Heijden, K. (2005, 2<sup>nd</sup> edition). Scenarios: the art of strategic conversation. John Wiley & Sons, Ltd.

Van Rhee, G. C. (2012) Handreiking Adaptief deltamanagement. Stratelligence Rapport. <https://deltaprogramma.pleio.nl/file/download/9761712>

## A Bijlage A: Definities van begrippen

### *Adaptief deltamanagement*

Adaptief deltamanagement is een aanpak om op verstandige en transparante wijze rekening te houden met onzekerheden en afhankelijkheden bij besluitvorming op het gebied van water met als doel om over- en onder investering te voorkomen. Het verkent wat de toekomst zou kunnen brengen, en wat we nu het beste kunnen doen om onze doelen zo goed mogelijk binnen bereik te houden, ongeacht wat de toekomst brengt. Kernpunten van adaptief deltamanagement zijn (Deltaprogramma 2012; van Rhee 2012):

- Beslissingen die we nu nemen, verbinden met de opgaven voor waterveiligheid en zoetwater op de lange termijn;
- Zorgen dat oplossingen flexibel zijn;
- Meerdere strategieën klaar hebben en ervoor zorgen dat we snel kunnen wisselen als de omstandigheden veranderen (adaptatiepaden);
- Investerings in waterveiligheid en zoetwater verbinden met investeringen in bijvoorbeeld ruimtelijke inrichting en natuur.

### *(Adaptatie)knikpunt (adaptation tipping point)*

Een adaptatieknikpunt is het moment in de tijd dat een systeem (inclusief de in dit systeem gerealiseerde maatregelen en beleidslijnen) onder invloed van veranderende omstandigheden (zoals klimaatverandering of socio-economische ontwikkelingen) niet langer voldoet aan de (maatschappelijke) eisen. Knikpunten kunnen worden gevonden door de omstandigheden te beschrijven waarbij het systeem onvoldoende presteert; met scenario's kan hieraan vervolgens een moment in de tijd worden gekoppeld. Voorbeelden van knikpunten zijn een dijksysteem dat niet langer voldoet aan veiligheidsnormen; of een systeem van zoetwatervoorziening dat te vaak watertekorten ondervindt als gevolg van een afname in rivierafvoer of neerslag of een toename in wateronttrekkingen.

Het huidige systeem kan in de toekomst een knikpunt ondervinden; ook een toekomstig systeem, met inbegrip van in de toekomst gerealiseerde maatregelen en beleidslijnen, kan op een bepaald moment een knikpunt ondervinden. NB.: In dit document gebruiken we verder de term *knikpunt*<sup>9</sup>.

### *Adaptiepad*

Een adaptatiepad is een sequentie van acties (maatregelen of beleidswijzigingen) die kunnen worden genomen om te waarborgen dat een systeem aan zijn doel blijft voldoen, onder omstandigheden die steeds sterker afwijken van de huidige omstandigheden. Een adaptatiepad kan worden gezien als een in de tijd gedifferentieerde strategie, afhankelijk van de daadwerkelijke verandering in de omstandigheden zijn acties eerder of later aan de orde.

---

<sup>9</sup> NB.: De term knikpunt (tipping point) wordt in de literatuur ook gebruikt voor omslagen in het klimaatsysteem of in de natuur (Werners et al., 2013).

Adaptatiepaden worden vaak ontwikkeld op basis van knikpunten en zetten mogelijke acties in een logische volgorde op basis van toenemende (maatschappelijke) kosten. Omdat sommige acties andere acties kunnen uitsluiten, of als alternatieven kunnen fungeren, ontstaan verschillende adaptatiepaden.

### *Adaptatiekaart*

Een adaptatiekaart (ook wel adaptatiepadenkaart genoemd) combineert de relevante adaptatiepaden voor een systeem om ook in de (verre) toekomst aan gestelde doelen te voldoen. Zo'n kaart laat zien welke alternatieve adaptatiepaden zich bij een knikpunt voordoen, welke paden flexibel zijn, waar eenvoudig kan worden overgestapt naar een ander pad en waar keuzen worden gemaakt die kunnen leiden tot lock-in.

- In een flexibel pad zijn acties makkelijk aan te passen (te vergroten of verkleinen, versterken, vervangen of aan te vullen met andere acties).
- Bij lock-in worden keuzen gemaakt die leiden tot ontwikkelingen die het moeilijk maken om over te stappen naar een andere maatregel (bijvoorbeeld het verhogen van de dijken zonder ruimtelijke reserveringen kan er voor zorgen dat het de toekomst lastig wordt nog over te stappen naar ruimte voor de rivier) of keuzen die moeilijk onomkeerbaar zijn (bijvoorbeeld de peilverlagingen van het veenweidegebied in het groene hart; of de beveiliging tegen overstromingen d.m.v. keringen die investeringen achter de keringen aantrekken).

### *Indicatoren & signaalwaarden benadering (I&D benadering)*

Een indicatoren & signaalwaarden benadering – zoals in dit project gehanteerd - is een vorm van monitoring die is gericht op het vroegtijdig zien aankomen van knikpunten. Bij voorkeur geeft deze benadering een signaal ruim vóór het beslispunt, zodat er voldoende tijd resteert voor nader onderzoek naar de vraag in hoeverre een vervolgactie noodzakelijk is.

### *Beslispunt (decision node)*

Een beslispunt is het moment in de tijd dat een beslissing moet worden genomen over een volgende actie. Dit punt ligt voor het knikpunt en moet rekening houden met de tijd die nodig is om een maatregel te implementeren. Belangrijke beslispunten liggen op het moment dat de adaptatiepaden ver uiteen beginnen te lopen en als het switchen tussen adaptatiepaden moeilijker wordt.

### *Indicator*

Een indicator is een variabele die relevant is voor het functioneren van het systeem en/of de effectiviteit van een maatregel en die daarom kan aangeven dat een knikpunt aanstaande is. Er zijn indicatoren die informatie geven over ontwikkelingen die een knikpunt kunnen veroorzaken (ook wel informatie-indicatoren genoemd), en indicatoren die de mate van doelrealisatie aangeven (ook wel performance indicatoren genoemd).

### *Signaalwaarde*

Een signaalwaarde, ook wel signaalwaarde genoemd, is de waarde van een indicator die aangeeft dát een knikpunt mogelijk of waarschijnlijk aanstaande is.

### *Signaal*

Er is sprake van een signaal wanneer de signaalwaarde voor een indicator wordt bereikt. In dit project onderscheiden we twee typen signalen:

- Een Adaptatiesignaal: geeft aan dat een knikpunt waarschijnlijk aanstaande is
- Een Early warning signaal geeft aan dat een knikpunt mogelijk aanstaande is.

### *Effectketen*

Met de effectketen wordt bedoeld de keten van klimaatverandering (b.v. toename neerslagtekort) en maatschappelijke verandering, via hydrologisch effect (b.v. daling grondwaterspiegel), naar fysiek effect (b.v. minder opbrengst) en uiteindelijk welvaartseffect (daling inkomen boeren).



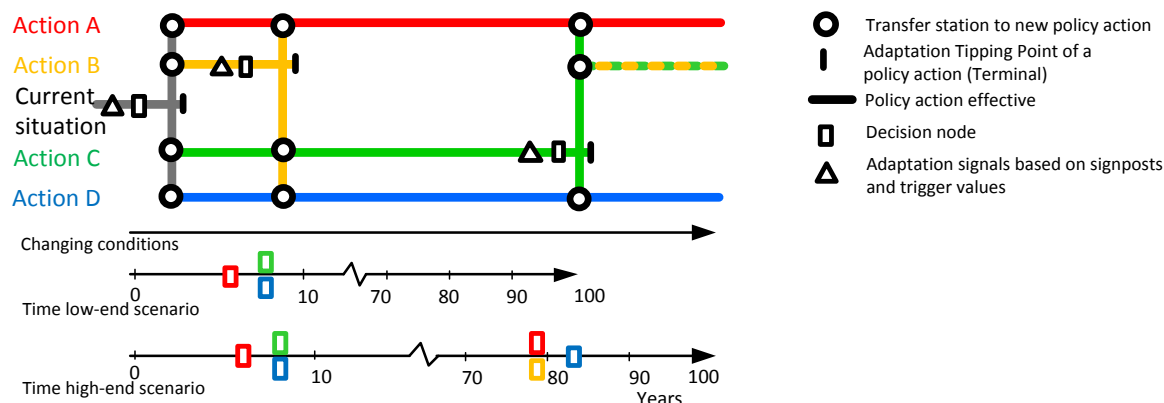
## B Bijlage B Adaptief deltamanagement in het Deltaprogramma

In de periode 2009-2014 is in het Deltaprogramma een nieuwe strategie voor Nederland ontwikkeld die uitgaat van het concept adaptief deltamanagement. Adaptief deltamanagement is een aanpak om rekening te houden met onzekerheden en afhankelijkheden bij besluitvorming op het gebied van water met als doel om over- en onder investering te voorkomen. Kernpunten van adaptief deltamanagement zijn (Deltaprogramma 2012; van Rhee 2012; Deltaprogramma 2015):

- Flexibel inspelen op de ontwikkelingen in het klimaat en de maatschappij;
- Ervoor zorgen dat plannen voor nieuwe grotere ingrepen klaar liggen en voldoende mogelijkheden voor toekomstige ingrepen openhouden;
- Nu besluiten nemen die nu nodig zijn, met oog voor de stappen die op langere termijn nodig kunnen zijn;
- Meerdere strategieën klaar hebben en ervoor zorgen dat we snel kunnen aanpassen als de omstandigheden veranderen (adaptatiepaden);
- Investerings in waterveiligheid en zoetwater verbinden met andere investeringen zoals bijvoorbeeld ruimtelijke inrichting en natuur.

Het Deltaprogramma gebruikt adaptatiepaden om adaptief deltamanagement operationeel te maken. Een adaptatiepadenkaart laat zien welke toekomstpaden kunnen worden doorlopen om in een (verre) toekomst met veranderende omstandigheden aan gestelde doelen te voldoen. Het laat zien welke aanpassingen nodig zijn (adaptatiepaden) als het huidige systeem of beleid niet meer voldoet (knikpunt). Een analyse van deze paden wijst uit welke paden flexibel zijn; waar eenvoudig kan worden overgestapt naar een ander pad en waar keuzen worden gemaakt die kunnen leiden tot lock-in.

In theorie ziet een adaptatiepadenkaart met adaptatiepaden er zo uit:



Figuur 1 Adaptatiepadenkaart met adaptatiepaden, knikpunten, beslispunten en signalen onder verschillende scenario's (gebaseerd op Haasnoot e.a. 2012).

De grijze lijn in bovenstaand figuur staat voor de huidige situatie. Het systeem in zijn huidige toestand bereikt na verloop van tijd een situatie die niet langer voldoet. Dit is een adaptatieknikpunt (adaptation tipping point) dat vraagt om nieuwe of aanvullende

maatregelen. Hoe snel dit knikpunt wordt bereikt, is afhankelijk van de snelheid waarmee (fysieke of sociaaleconomische) randvoorwaarden veranderen en daarmee afhankelijk van hoe de toekomst zich ontwikkelt. De bandbreedte kan met behulp van scenario's worden aangegeven (relatieve tijd-as in de figuur).

Na het adaptatieknikpunt van de huidige situatie zijn er in dit voorbeeld 4 alternatieve maatregelen (A, B, C, D), die kunnen verschillen in (maatschappelijke) kosten en de mate van lock-in (flexibiliteit). Wordt maatregel A gekozen dan worden de doelen in alle verkende scenario's gehaald. Bij de keuze voor maatregel B wordt afhankelijk van het scenario na 8 tot 10 jaar wederom een knikpunt bereikt, waarna kan worden overgestapt naar maatregel A, C, of D (volg gele lijn). Maatregel C is in het hoge scenario na circa 80 jaar niet langer voldoende. Dan kan worden overgestapt naar A, C of D. In totaal kunnen op deze kaart 9 paden worden gevolgd, welke verschillen en kosten, mate van doelbereik en neveneffecten.

De adaptatiepaden kunnen snel of langzaam worden bewandeld, afhankelijk van de snelheid van de onzekere verandering van het klimaat en sociaaleconomische ontwikkelingen. Een voorbeeld van zo'n kaart is die van het deelgebied 'Zoetwater IJsselmeergebied' (Figuur 4.1. Deltaprogramma 2015):



## C Bijlage C De organisatie van het signaleringssysteem

### C.1 Inleiding

Verschillende factoren kunnen de werking en implementatie van het signaleringssysteem (het proces van Weten-Meten-Handelen) versterken en ondersteunen (of juist belemmeren) en zodanig kunnen bijdragen aan een duurzame signaleringscultuur binnen het Deltaprogramma. We bespreken factoren op drie, onderling samenhangende, onderdelen:

- Methodologie, kennis en vaardigheden
- Structuur, processen en systemen
- Visueel management

### C.2 Methodologie, kennis en vaardigheden

#### Het belang van diversiteit en georganiseerde oppositie

Een valkuil bij het signaleren en monitoren is 'tunnelvisie': het fenomeen dat signalen vanuit één dominant denkkader wordt geïnterpreteerd, waardoor alternatieve, legitieme verklaringen en interpretaties over het hoofd worden gezien. Een manier om dominante denkkaders uit te dagen is door het zogenaamde 'RedTeaming'. De term 'Red Team' is afkomstig van de Britse strijdkrachten. Red Teams zijn 'parallele strijdkrachten', bestaande uit senior leidinggevenden en ondersteunend personeel met de taak om tunnelvisie te voorkomen. Dit doen zij door alternatieve hypothesen te ontwikkelen ten aanzien van voorgenomen of vigerende strategische plannen (Schoemaker & Day 2009). Zo'n Red Team bestaat uit mensen die samen verschillende organisaties, afdelingen, disciplines en achtergronden vertegenwoordigen. Dit team verzamelt en integreert informatie en heeft een antenne voor nieuwe ontwikkelingen en nieuwe kansen en risico's. Door deze manier van denken en handelen draagt het team bij aan verbreding van het zichtveld ten aanzien van relevante ontwikkelingen en kan georganiseerde tegenspraak ('loyal opposition') worden georganiseerd. De Signaalgroep kan binnen het Deltaprogramma fungeren als Red Team. Het signaleren is echter niet alleen een taak van het Red Team, maar ook van anderen binnen de betrokken organisaties. Hiervoor is het van belang dat er sprake is van een goede afstemming, taakverdeling en samenwerking tussen verschillende signalerende partijen (Preston et al., 2017) (zie ook paragraaf 4.4).

Verschillende betrokkenen kunnen informatie dus verschillend interpreteren en soms zal informatie voor de ene actor wel als signaal worden geïnterpreteerd en door de andere niet. Zo zal een risico-averse beleidsmaker een signaalwaarde kiezen aan de veilige kant, die vroeg een signaal geeft, maar mogelijk onbetrouwbaar is en daarmee een grote kans op een vals alarm. Daarnaast is afhankelijk van het gebied en de actoren andere informatie en signalen nodig.

Het zichtveld van de Signaalgroep kan worden verbreed (meer 'perifeer zicht') door diversiteit te stimuleren: bijvoorbeeld door ervoor te zorgen dat mensen met verschillende perspectieven, achtergronden, manieren van denken, vakgebieden worden betrokken bij het proces van 'weten', 'meten' en 'handelen'.

### **Het belang van verbeeldingskracht (voor het omgaan met het 'niet weten')**

Gebeurtenissen uit het verleden laten zien dan ook wanneer er signalen zijn voor aanstaande veranderende omstandigheden, het niet eenvoudig is die signalen goed te duiden en als mogelijke kans of risico te interpreteren. Zo toonde de National Commission on terrorist attacks on the United States (9/11 Commission) aan dat in het geval van 11 september 2001 signalen van een op handen zijnde aanslag weliswaar aanwezig waren, maar dat de betrokken overheden deze door een gebrek aan 'imagination' niet zo duiden (9/11 Commission 2004: 344-348). Het duiden van signalen vraagt dus niet alleen om realisme, maar ook om een flinke dosis verbeeldingskracht (zie ook: Onderzoekraad voor Veiligheid 2015).

Het is van belang om in het proces **verbeeldingskracht** te faciliteren, zodat niet alleen aandacht is voor de waarschijnlijkheid van gebeurtenissen en ontwikkelingen (gebeurtenissen en ontwikkelingen die we kunnen 'weten'), maar ook voor de denkbaarheid van mogelijke scenario's voorop wordt gesteld (gebeurtenissen en ontwikkelingen die onzeker zijn en we niet kunnen 'weten'). Er zijn verschillende manieren om verbeeldingskracht te stimuleren. Een toekomstverkenning is in zichzelf een manier om verschillende mogelijke scenario's te doordenken, geldende denkkaders (aannames) uit te dagen en inzicht te krijgen in mogelijke nieuwe signalen en ontwikkelingen. Het gebruik van methoden als 'serious gaming' helpt bij het stimuleren van het voorstellings- en inlevingsvermogen van mensen in alternatieve toekomsten en mogelijke consequenties van keuzes.

### **Evalueren en herijken van de aanpak (cyclische benadering)**

Adaptief zijn is ook aanpassen van indicatoren en signaalwaarden. Indicatoren en signaalwaarden kunnen op basis van ervaring worden bijgesteld. Zo is het mogelijk dat bij verandering van waarden en inzichten of nadat gekozen indicatoren een aantal keer slecht presteren de indicatoren en signaalwaarden worden aangescherpt.

## **C.3 Structuur, processen en systemen**

### **Organiseren van een 'sense of urgency' en 'sense of excitement' onder betrokkenen**

Voor een effectief gebruik van het signaleringssysteem is het van belang verschillende betrokkenen te informeren en te enthousiasmeren over de potentie van het signaleringssysteem. Dit informeren en enthousiasmeren kan via 'formele' en 'informele ontmoetingen' tussen betrokkenen, bijvoorbeeld tussen onderzoekers, beleidsmakers en/of belanghebbenden (Dammers & Hajer, 2011).

Deze bijeenkomsten kunnen worden ingezet om aanwezigen kennis te laten maken met en/of actief bij te laten dragen aan het adaptieve proces en het signaleringssysteem. Participatie kan zorgen voor een breder zichtveld, want mensen met verschillende achtergronden, perspectieven, posities en verwachtingen zien samen meer. Zo is bijvoorbeeld bij het monitoren van verandering op watersysteem- en impactniveau de inbreng van specifieke gebiedskennis van lokale partijen belangrijk. Daarbij raken deelnemers vertrouwd met het gedachtegoed en de werkwijze van adaptief deltamanagement, wat de ontvankelijkheid ervoor bevordert. Brede betrokkenheid bij het proces kan in een later stadium de formele besluitvorming vergemakkelijken (Latour, 2013; Ambient & TTE, 2017; Dammers et al., 2017).

### **Creëren van goede taakverdeling**

Belangrijk voor het functioneren van het signaleringssysteem is duidelijkheid over wie de informatie verzamelt en wie de analyse doet. Zonder een structuur dat het signaleringssysteem ondersteunt ontstaat er geen succesvolle implementatie. De Signaalgroep is de leidende coalitie van het signaleren en monitoren. Het is daarom belangrijk dat het signaleringsteam bekendheid heeft en zichtbaar is voor mensen binnen de betrokken organisaties. Ook moet duidelijk zijn wat er van andere betrokkenen wordt verwacht en op welke wijze zij het werk van de Signaalgroep kunnen ondersteunen.

### **Beoordelingscyclus**

Van een duurzame signaleringscultuur is sprake wanneer het signaleren en monitoren van verandering bij de Signaalgroep en andere betrokkenen onderdeel is geworden van hun dagelijkse werkzaamheden. Hierbij hoort ook een beoordelingscyclus, want als het signaleren en monitoren van verandering een vrijblijvende activiteit is, dan zullen andere werkzaamheden voorrang vinden. Het is dus ook van belang dat er aandacht is voor structuren in de organisatie die het proces van signaleren en monitoren in de weg staan.

### **Vaardigheden & vaardighedenopbouw**

Om te kunnen signaleren en monitoren zijn specifieke vaardigheden nodig. Naast diepgaande inhoudelijke kennis kan ook gedacht worden aan voorstellingsvermogen (verbeeldingskracht), de kunst van het toekomstgericht denken, 'van buiten naar binnen' te kijken (welke ontwikkelingen komen op ons af en wat is hun betekenis), of over de grenzen van de eigen discipline heen kunnen kijken (mensen met een zogenaamd T-profiel). Benodigde vaardigheden kunnen worden getraind. Gedacht kan worden aan de organisatie van trainingsbijeenkomsten waarin aandacht is voor het proces en methodologie van het signaleren.

### **Synchroniseren van maatregelen en formele/besluitvormende cycli**

Monitoren heeft pas zin als er een duidelijk koppeling is met besluitvorming: indien er aanwijzingen zijn dat het adaptieve plan moet worden bijgesteld, dan moeten inzichten worden omgezet in acties. In sommige gevallen zal de vertaling van inzichten naar (politieke) actie evident zijn, bijvoorbeeld wanneer signalen sterk en eenduidig zijn en er consensus is over de noodzaak van invulling van een alternatieve strategie of maatregel. In veel andere gevallen – bijvoorbeeld in het geval van 'zwakke signalen' en ontwikkelingen met een kleinere

kans op voorkomen maar met potentieel grote effecten – zal inzicht minder eenvoudig leiden tot actie.

Het implementeren van (adaptie) maatregelen wordt in sterke mate bepaald door het momentum in de bestuurlijke werkelijkheid. Wanneer maatregelen raken aan lopende beleidsprocessen of lopende discussies dan zal de weg naar implementatie eenvoudiger zijn dan wanneer dit niet het geval is. Het is daarom belangrijk om verschillende activiteitenstromen om een goede manier met elkaar te verbinden en te zoeken naar aansluiting met formele, bestuurlijke processen en besluitvormende cycli.

Veranderingen die in de omgeving optreden kunnen ook een effect hebben op het implementeren van maatregelen (zie ook Sabatier en Jenkins-Smith, 1993). Denk aan de doorbraak van een nieuwe technologie of een recente overstroming. Het is daarom belangrijk een antenne te ontwikkelen voor lopende beleidsprocessen en discussies (Dammers et al., 2017).

## C.4 Visueel management

Een duurzame signaleringscultuur kan worden ondersteund door middel van visualisatie. Inzichten, benodigde processen en prestaties kunnen op een aansprekende en heldere manier zichtbaar worden gemaakt voor de organisaties zelf en voor de verschillende doelgroepen van het Deltaprogramma. Bijvoorbeeld in de vorm van visueel prestatie management, nieuwsbrieven, een digitale 'postbus' waarin geregistreerde signalen van verandering (bijvoorbeeld uit bijvangst van lopend onderzoek) kunnen worden gedeponereerd en een goed ontworpen virtuele werkomgeving. Zo wordt voor het project 'Monitoring doelbereik voor Waterveiligheid', wat ook een onderdeel is van Meten-Weten-Handelen een portaal gemaakt om de mate van doelbereik in termen van overstromingsrisico te presenteren. Voor het monitoren van de implementatie van het HWBP bestaat het waterveiligheidsportaal<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> <https://waterveiligheidsportaal.nl/#/nss/nss/norm>

## D Bijlage D Nadere uitwerking evaluatie tijdigheid en betrouwbaarheid van de indicatoren rivierafvoeren, zeespiegelstijging, neerslagtekort, opbrengstderving, en waterinlaat

### D.1 Inleiding

Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 zijn tijdigheid en betrouwbaarheid twee belangrijke criteria voor de indicatoren. Maar hoe bepalen we dat? In deze bijlage gaan we daar dieper op in. Vanwege de grootte van het project konden niet alle indicatoren nader bekeken worden en is deel nader onderzocht in dit project. Aanvullende voorbeelden zijn afkomstig van het project voor DP Zoetwater.

Bij de evaluatie van indicatoren of ze een tijdig en betrouwbaar signaal kunnen geven, moet rekening worden gehouden met:

- De snelheid van de verwachte verandering (geleidelijk of abrupt);
- De kans dat een event voorkomt;
- De signaal/ruis verhouding;
- Statistische toetsen.

We focussen hier op het vinden van een zo vroeg mogelijk signaal. Of dit tijdig is hangt af van de benodigde maatregelen en het moment waarop deze maatregelen geïmplementeerd zouden moeten zijn (voor het knikpunt).

De voorbeelden gaan in op:

- Hoge rivierafvoeren. Wanneer we kijken naar de rivierafvoeren in Nederland alleen, dan zien we daarin (nog) geen signaal voor klimaatverandering, maar combineren we statistische toetsen van meerdere stations over heel Europa zien we eerder (en dus sterker) signaal;
- Lage rivierafvoeren. Wanneer we kijken naar lage rivierafvoeren dan zien we in Nederland en Europa eerder een signaal voor klimaatverandering door te kijken naar een gemiddelde (en niet een extreme waarden);
- Neerslagtekort: een indicator die in de effectketen voorafgaat aan rivierafvoeren, met een eerder signaal dan de rivierafvoeren;
- Opbrengstderving en beregening: een voorbeeld van economische impact indicatoren.

De gebruikte statistische toetsen staan toegelicht in de bijlage (E). Deze toetsen leiden elk een bepaald kental ( $t$ ), de *toetsgrootheid*, af uit de meetreeks die zou kunnen duiden op een structurele verandering. Vervolgens wordt een kans, de " $p$ -waarde" bepaald van het kental. De  $p$ -waarde van de toets is de kans dat een homogeen/stationair proces resulteert in een meetreeks waarvan het samenvattende kental ( $t$ ) in absolute zin groter is dan of gelijk is aan het kental van de waargenomen meetreeks. Kleine  $p$ -waarden zijn een indicatie dat de reeks niet-stationair is en daarmee dat het onderliggende proces inhomogeen is.

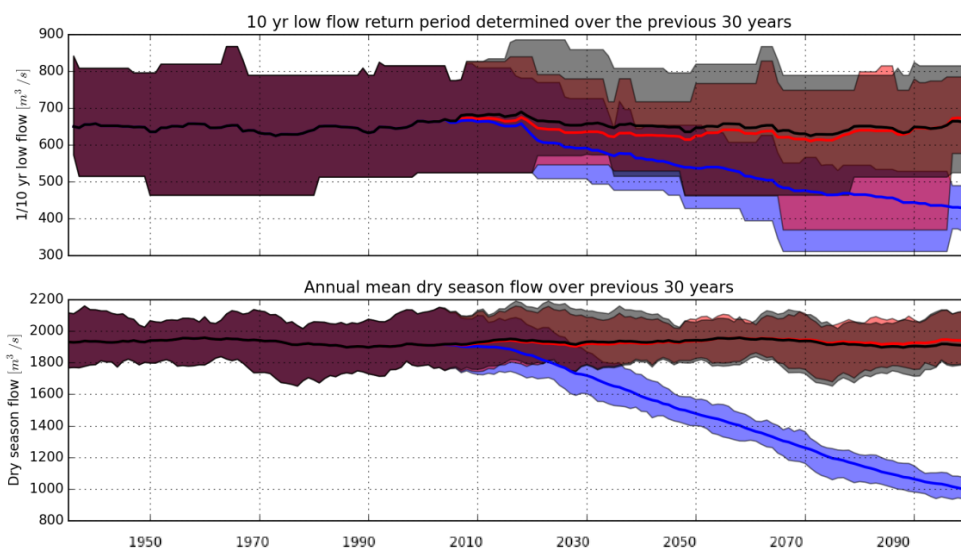
Vaak worden grenswaarden van 0,01 of 0,05 gebruikt om de grens te duiden tussen kleine en grote p-waarden. Als de grenswaarde gelijk wordt gekozen aan 0,05 geldt dat er voldoende grond is om aan te nemen dat de reeks niet-stationair is als de berekende p-waarde kleiner is dan 0,05. Als de p-waarde groter is dan 0,05 is er geen grond om aan te nemen dat de reeks niet-stationair is. Het is dus, met andere woorden, geen bewijs dat de reeks stationair is. Met een hogere p-waarde kan eerder een signaal worden verkregen maar is de kans op een vals signaal groter.

## 6.2 Hoge rivierafvoeren Nederland en Europa

### Nederland

Uit eerdere analyses is gebleken dat het verkrijgen van tijdige en betrouwbare signalen over veranderingen in relevante hoge rivierafvoeren voor Nederland erg lastig is. Het gaat dan om extreme afvoeren, die dus weinig voorkomen, waardoor het lastig is tijdig een significante verandering te signaleren. Om een verandering te signaleren moeten er extremere rivierafvoeren waargenomen worden, waardoor er mogelijk al negatieve effecten zijn die juiste voorkomen moeten worden. Eerdere analyses op basis van een set van 20 transient rivierafvoeren voor 3 klimaatscenario's lieten al zien dat er voor de 1:10 jaar afvoer pas na 2060 duidelijke verschillen gaan ontstaan tussen het huidige klimaat en een klimaatverandering volgens het W+ scenario. Slechts in een deel van de gesimuleerde toekomst

was dit zichtbaar in deze eeuw ( Figuur 2; Haasnoot et al. 2015).



Figuur 2 Bandbreedte van rivierafvoeren bij Lobith voor 20 mogelijke toekomst volgens het huidige klimaat (grijs), het G scenario (rood) en het W+ scenario (blauw). Boven voor de 1:10 jaar afvoer in een periode van 30 jaar en onder voor de gemiddelde afvoer in het zomerhalfjaar (Haasnoot et al. 2015).

Een signaal dat aangeeft dat het klimaat volgens het W+scenario waarschijnlijk aan het veranderen is, kan ook worden afgeleid uit andere indicatoren zoals neerslagtekort en gemiddelde zomerafvoer (zie

Figuur 2). Dat geeft echter nog niet met voldoende zekerheid aan dat hoogwaters als gevolg

van een toename van neerslag ook aan het veranderen zijn volgens ook dit scenario. Het is immers mogelijk dat het klimaat anders aan het veranderen is en dat dit slechts alleen wat betreft droogte lijkt op het W+ klimaatscenario.

### Europa

Omdat het anticiperen op een toename van hogere rivierafvoeren erg belangrijk is voor het Deltaprogramma, is verder gekeken naar indicatoren direct gerelateerd aan hoogwater. In principe geldt, dat als er meer data verzameld wordt, er meer kans is dat er (veranderingen in) hoge rivierafvoeren worden waargenomen. Dat kan door langer te meten of door op meer plekken te meten. Langer meten heeft het risico dat we te laat zijn om nog maatregelen te nemen. Daarom is gekeken of we op basis van trendanalyses van afvoeren van meerdere rivieren in Europa een sterker en tijdiger signaal van klimaatverandering verkrijgen dan wanneer we ons richten individuele rivieren. Uitgangspunt hierbij is dat het rivieren zijn die min of meer in dezelfde klimaatzone als Nederland liggen en dus op dezelfde manier de effecten van een eventuele klimaatverandering zouden moeten vertonen

Om de vraag te beantwoorden zijn vier statistische toetsen uitgevoerd die elk gebruik maken van een bepaalde karakteristiek die uit de meetreeks afgeleid wordt (zie de bijlage). Op basis van deze toetsen is eerst gekeken naar de significantie van de trend van 10 individuele rivieren in Noordwest-Europa,. Dit wordt gemeten met de eerder beschreven  $p$ -waarden. In tegenstelling tot de analyse van Nederland, gaat het hier om echte waarnemingen en dus geen toekomstscenario's.

Tabel 1 toont de berekende  $p$ -waarden voor de individuele meetstations van de 10 rivieren in Noordwest Europa. Deze  $p$ -waarden zijn afgeleid van jaarmaxima. Omdat we vooral willen toetsten op (het gevaar van) toenames in piekafvoeren, zijn de  $p$ -waarden bepaald op basis van stijgende trends. Met een gele kleur zijn de  $p$ -waarden aangeduid die kleiner zijn dan 0,05 en dus eventueel zouden kunnen duiden op een significante inhomogeniteit (klimaatverandering?). Dit blijkt dus voor slechts drie rivieren het geval en voor deze rivieren is het maar één van de vier testen die een dergelijk lage  $p$ -waarde geeft.

Tabel 1 Resulterende  $p$ -waarden voor individuele rivieren (rechtzijdige toets voor jaarmaxima)

rivier_station	type test			
	Pearson	Man-Kendall	Spearman	WMW
ELBE_DRESDEN	0,02	0,09	0,10	0,37
EMS_GREVEN	0,11	0,11	0,13	0,04
MAIN_FRANKFURT	0,09	0,11	0,14	0,19
MEUSE_BORGHAREN	0,23	0,30	0,37	0,16
MOSELLE_TRIER	0,15	0,17	0,16	0,06
ODER_HOHENSAATEN-FINOW	0,20	0,24	0,25	0,74
RHINE_WORMS	0,29	0,27	0,27	0,08
SEVERN_BEWDLEY	0,96	0,85	0,88	0,76
THAMES_KINGSTON	0,45	0,32	0,30	0,31
WESER_INTSCHEDE	0,11	0,22	0,25	0,05

Vervolgens zijn deze p-waarden gecombineerd tot 1 waarde, wat de significantie van een stijgende trend voor deze rivieren aangeeft. Dit is gedaan voor 2 statistische combinatietesten voor elk van de statistische testen voor de individuele rivieren. Indien er geen rekening wordt gehouden met correlatie tussen het voorkomen van hoge afvoeren tussen verschillende rivieren (bijvoorbeeld omdat een neerslaggebied beide rivieren beïnvloedt), zijn alle gecombineerde p-waarden significant, wat aangeeft dat het combineren van informatie van meerdere stations/rivieren meerwaarde heeft; het afgeleide signaal kan daardoor veel sterker zijn dan is vastgesteld voor individuele rivieren. Echter, zonder rekening te houden met de correlatie wordt het signaal overschat. Tabel 2 geeft daarom de resultaten waarbij wel rekening is gehouden met de correlatie.

Er is sprake van een stijgende trend. De factor “toeval” kan echter niet uitgesloten worden. Het significantieniveau van de stijgende trend is namelijk 10-16% (ten opzicht van 2-90% bij de afzonderlijke rivieren). Als we uitgaan van het in de statistiek gangbare significantieniveau van 5%, dan is het signaal statistisch niet significant. Om dat niveau te kunnen bereiken zullen meerdere rivieren in de analyse betrokken moeten worden en/of moet er sprake zijn van meer jaren van meten.

Het significantieniveau zou gebruikt kunnen worden voor het duiden van het signaal, bijvoorbeeld: <5% sterk signaal, 5-15% matig signaal, <25% zwak signaal. Het doel van een statistische test bepaalt de keuze van een significantieniveau. Bijvoorbeeld bij het testen van de werking van een medicijn is in het algemeen een grote mate van zekerheid (‘sterk signaal’) gewenst en ligt de keuze voor een significantieniveau van 0,05 of nog lager. In klimaatadaptatie kan een zwak signaal mogelijk al voldoende zijn om vervolgacties te overwegen. Dit hangt samen met de mogelijke gevolgen die aan klimaatverandering verbonden zijn en de kosten om die gevolgen te mitigeren. Als klimaateffecten een grote negatieve impact hebben op het risico (schade en slachtoffers), terwijl de kosten van mitigatie beperkt zijn, zou een zwak signaal al voldoende kunnen zijn om als signaal te dienen.

Tabel 2 Resulterende p-waarden voor combinaties van rivieren, met inachtneming van correlatie

	Pearson	Man-Kendall	Spearman	WMW
Ztest	0,109	0,129	0,155	0,098
Lancaster	0,106	0,136	0,162	0,099

## D.1 Lage rivierafvoeren Nederland en Europa

### Nederland

De resultaten van de statistische testen voor de gemiddelde zomerafvoer bij Lobith, zoals afgeleid uit de synthetische reeksen voor de toekomst staan in Figuur 3 (zie Haasnoot et al. 2015; of Haasnoot et al., 2016).

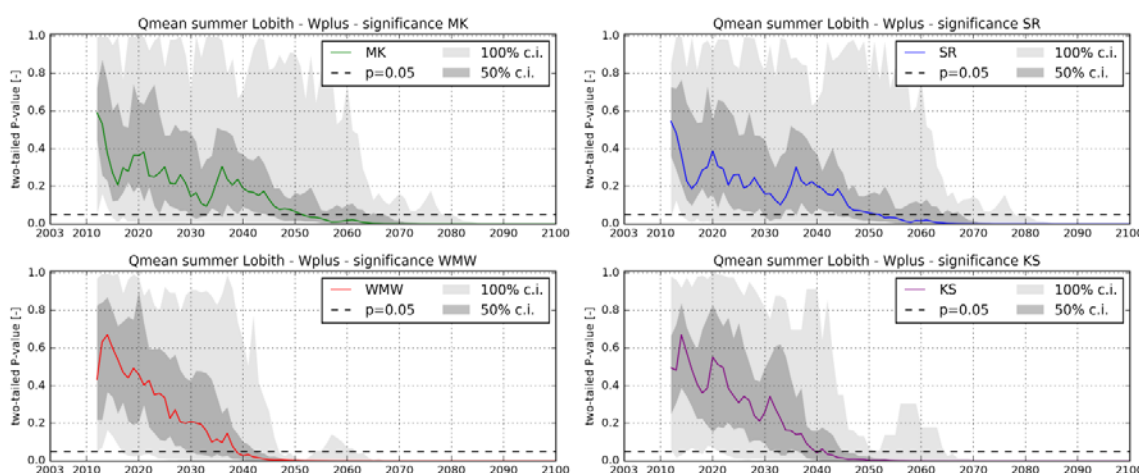
Op basis van de MK en SR testen kan gemiddeld vanaf ongeveer het jaar 2050 een significante trend worden vastgesteld. Dus, ondanks de relatief grote impact van het W+ scenario duurt het gemiddeld 50 jaar voordat de reeksen op basis van deze testen met een voldoende zekerheid als “niet-stationair” kunnen worden gekenmerkt. Dat leidt tot de



conclusie dat het in sommige gevallen raadzaam is om niet te wachten met het nemen van maatregelen tot het moment dat deze testen voldoende zekerheid over de mogelijke aard en omvang van klimaatverandering. Het signaal kan anders mogelijk niet tijdig afgegeven worden. Uiteraard is dat afhankelijk van het moment waarop het knippunt plaats vindt.

Concreet gesproken betekent dat wellicht minder strenge eisen gesteld moet worden aan het signaal dan gebeurt met het 5%-significantieniveau, om zo eerder een signaal af te kunnen geven.

Een ander alternatief kan zijn om een Bayesiaanse significantietest uit te voeren. In een dergelijke test wordt de relatieve waarschijnlijkheid van elke "hypothesen" gekwantificeerd. Daarmee kan dus bijvoorbeeld bepaald worden of, op basis van de meetreeks, het W+-scenario plausibeler is dan het referentiescenario.



*Figuur 3 Ensemble van p-waarden in de tijd voor vier statistische toetsen voor gemiddelde zomerafvoer bij Lobith. De MK en SR toetsen (bovenste rij) testen of het W+ scenario geen monotone trend bevat; de WMW en KS toetsen (onderste rij) testen of dat het W+ en referentie scenario uit dezelfde verdeling komen. De zwarte gestreepte lijn geeft het 0.05 significantie niveau aan, wanneer de p-waarde kleiner of gelijk aan deze waarde is wordt gezegd dat de nulhypothese met een significantie van 0.05 verworpen is. In alle figuren is de gekleurde lijn de gemiddelde p-waarde uit 20 tijdseries, het donkergrijze band het 50% betrouwbaarheidsinterval en de lichtgrijze band het 100% betrouwbaarheidsinterval.*

## Europa

Op Europese schaal is voor de gemiddelde afvoeren in het zomerhalfjaar (1 april-30 september) een vergelijkbare analyse uitgevoerd als voor de hoge rivierafvoeren. Omdat in die periode de grootste bedreiging een afname is van de afvoer is een zogenaamde linkszijdige toets uitgevoerd, d.w.z. een toets op dalende trends.

Tabel 5 en Tabel 4 geven de resultaten voor respectievelijk de individuele rivieren en de combinatietesten. Trends in gemiddelde zomerhalfjaren zijn mogelijk sterk beïnvloed door een toename in de watervraag en dus niet per definitie het gevolg van klimaatverandering.

De dalende trend is sterk en statistisch significant als we geen rekening houden met correlatie, maar niet statistisch significant (ten opzichte van een niveau van 5%) als we wel rekening houden met correlatie. Het significantieniveau is dan ongeveer 16-19% (ten opzichte van 1 tot 71% bij de afzonderlijke rivieren). Ook hier kan het mogelijke signaal sterker worden gemaakt als er meer rivieren worden meegenomen of langer wordt gemeten.

Tabel 3 Resulterende p-waarden voor individuele rivieren (linkszijdige toets voor gemiddelde zomerafvoeren)

rivier_station	type test			
	Pearson	Man-Kendall	Spearman	WMW
ELBE_DRESDEN	0,62	0,58	0,58	0,28
EMS_GREVEN	0,10	0,14	0,16	0,17
MAIN_FRANKFURT	0,17	0,25	0,26	0,11
MEUSE_BORGHAREN	0,11	0,17	0,20	0,61
MOSELLE_TRIER	0,20	0,18	0,13	0,21
ODER_HOHENSAATEN-FINOW	0,59	0,57	0,57	0,12
RHINE_WORMS	0,35	0,43	0,39	0,54
SEVERN_BEWDLEY	0,03	0,01	0,01	0,05
THAMES_KINGSTON	0,71	0,66	0,67	0,40
WESER_INTSCHEDE	0,07	0,14	0,14	0,28

Tabel 4 Resulterende p-waarden voor combinaties van rivieren, met inachtneming van correlatie

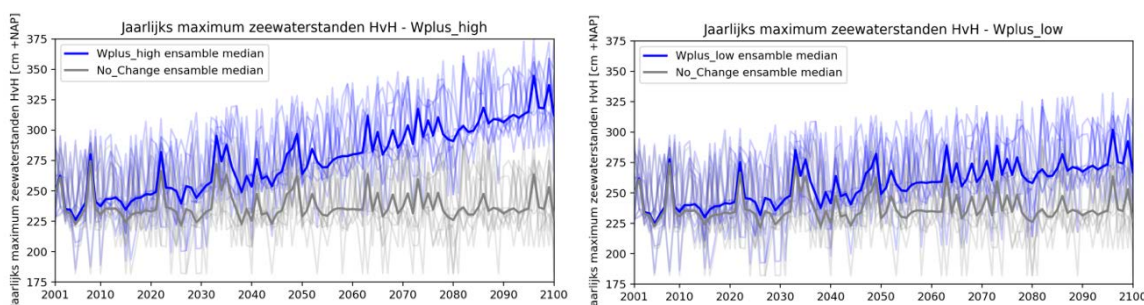
	Pearson	Man-Kendall	Spearman	WMW
ztest	0,170	0,187	0,185	0,178
Lancaster	0,161	0,178	0,176	0,176

## D.2 Zeespiegelstijging en stormvloed

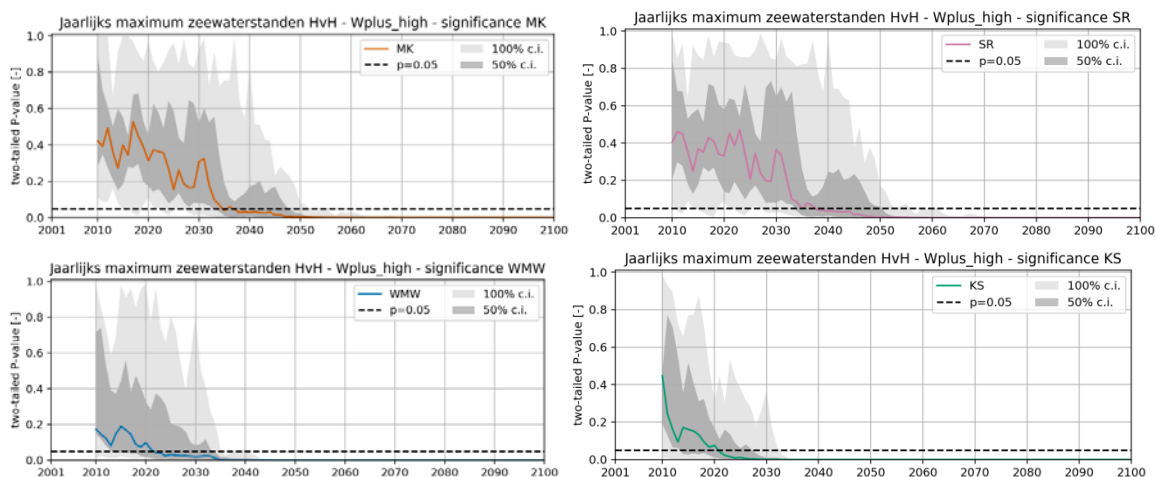
Voor de zeewaterstanden is een toekomstanalyse gedaan op basis van scenario's. Met een set van 20 transient toekomstscenario's is gekeken vanaf welk jaar er met voldoende zekerheid een trend in de stormvloed gevonden kan worden voor het lage en hoge zeespiegelstijgingsscenario binnen het W+ scenario (ref KNMI). Transient scenario's zijn synthetische tijdseries waarin over de loop van de tijd een gradueel toenemende invloed van klimaatverandering is ingebracht. Hiermee is het mogelijk om van verschillende indicatoren te bepalen hoe de p-waarden over de tijd veranderen en wanneer er een signaal kan komen en of dat "tijdig" is binnen de setting van een adaptieve strategie. Dit is gedaan op basis van dezelfde vier statistische toetsen die zijn toegepast voor rivierafvoeren van de Rijn. De toetsen zijn toegepast op de jaarmaximale zeewaterstanden bij station Hoek van Holland.

Het signaal van een stijgende trend voor deze jaarmaximale zeewaterstanden is relatief sterk in vergelijking met andere variabelen zoals de rivierafvoer van de Rijn of het neerslagtekort in de Bilt. Desondanks duurt het ongeveer 35 jaar voordat het relatief sterke klimaateffect van

het  $W^+$  scenario met een 5% significantieniveau vastgesteld kan worden. Dat heeft mede te maken met het feit dat we hier kijken naar jaarmaxima en niet naar bijvoorbeeld jaargemiddelden. Op jaarmaxima zit veel meer “ruis” (natuurlijke variabiliteit) dan op jaargemiddelden en dat draagt ertoe bij dat het signaal van klimaatverandering groter moet zijn om voldoende waarneembaar te zijn onder de relatief grote mate van ruis. Vanuit het oogpunt van tijdigheid verdient het daarom aanbeveling om jaargemiddelden te gebruiken als indicator in plaats van jaarmaxima.



Figuur 4 Voorbeelden van 100-jarige reeksen van gesimuleerd waterstanden bij Hoek van Holland voor  $W^+$  ('low' links en 'high' rechts) vergeleken met de toestand van geen verandering



Figuur 5 Ensemble van p-waarden in de tijd voor vier statistische toetsen voor de zeewaterstand bij Hoek van Holland. De MK en SR toetsen (bovenste rij) testen of het  $W^+$  scenario een monotone trend bevat; de WMW en KS testen (onderste rij) testen of het  $W^+$  en referentie scenario uit dezelfde verdeling komen. De zwarte gestreepte lijn geeft het 0.05 significantie niveau aan, wanneer de p-waarde kleiner of gelijk aan deze waarde is wordt de nulhypothese met een significantie van 0.05 verworpen. In alle figuren is de gekleurde lijn de gemiddelde p-waarde uit 20 tijdseries, het donkergrijze band het 50% betrouwbaarheidsinterval en de lichtgrijze band het 100% betrouwbaarheidsinterval.

### D.3 Zeespiegelstijging signaal DP2018

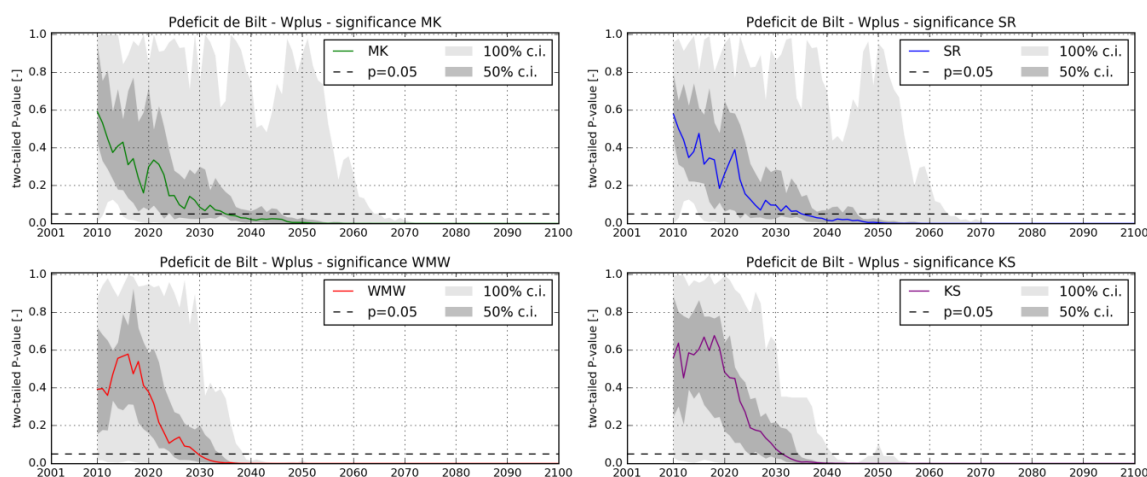
Het afgelopen jaar heeft de Signaalgroep het volgende signaal waargenomen: Wereldwijd is de zeespiegelstijging groter dan de aanname in de deltasenario's, maar langs de Nederlandse kust is deze toename nog niet zichtbaar (Deltaprogramma, 2017). Dit komt voort uit metingen en nieuwe modelstudies. Het IPCC moet dit nog wetenschappelijk bekrachtigen en het KNMI zal dit in 2021 in nieuwe prognoses voor de Nederlandse kust moeten vertalen. Op basis van een policy hackathon zijn eerste inschattingen gemaakt van de mogelijke

consequenties voor Nederland. Op basis hiervan heeft het Deltaprogramma besloten dat de Signaalgroep de mogelijke consequenties voor het Deltaprogramma al oriënterend in beeld zal brengen.

## D.4 Neerslagtekort

Voor het cumulatieve neerslagtekort in regio Mid-West zijn dezelfde toetsen uitgevoerd als voor de gemiddelde zomerafvoer en de zeespiegelstijging, zie Figuur 6. De MK/SR toets laat voor het W+ ensemble rond 2035 gemiddeld een significante trend zien; de WMW/KS toets laat zien dat rond 2030 het cumulatieve neerslagtekort in het W+ scenario significant anders is dan het referentieklimaat. In vergelijking met de gemiddelde zomerafvoer bij Lobith geeft deze indicator dus een meer tijdig signaal als gevolg van een duidelijk zichtbare trend in de data.

Voor het neerslagtekort geldt, net als voor de afvoer, dat de WMW+KS toetsen een sterker signaal laten zien dan de MK+SR toetsen (d.w.z. de resulterende p-waarden zijn gemiddeld lager op hetzelfde moment in de tijd). Dit is te verklaren uit het feit dat de WMS+KS toetsen gebruik maken van extra informatie (namelijk de volledige tijdseries uit het referentieklimaat).

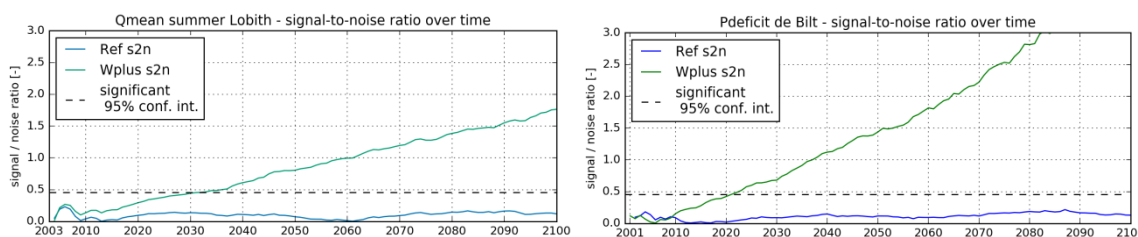


*Figuur 6 Ensemble van p-waarden in de tijd voor vier statistische toetsen voor het cumulatieve neerslagtekort in regio Mid-West. De MK en SR toetsen (bovenste rij) testen of het W+ scenario geen monotone trend bevat; de WMW en KS testen (onderste rij) testen of dat het W+ en referentie scenario uit dezelfde verdeling komen. De zwarte gestreepte lijn geeft het 0.05 significantie niveau aan, wanneer de p-waarde kleiner of gelijk aan deze waarde is wordt gezegd dat de nulhypothese met een significantie van 0.05 verworpen is. In alle figuren is de gekleurde lijn de gemiddelde p-waarde uit 20 tijdseries, het donkergrijze band het 50% betrouwbaarheidsinterval en de lichtgrijze band het 100% betrouwbaarheidsinterval.*

## Signaal-ruisverhouding

Naast statistische analyses is ook gekeken naar de signaal-ruis verhouding als indicatie van een signaal. Ook hier is gekeken naar de toekomstscenario's om te kijken wanneer er een signaal afgegeven wordt. Dit is gedaan voor het neerslagtekort en de gemiddelde afvoer in het zomerhalfjaar. Hieruit blijkt dat de signaal-ruis verhouding van het W+ scenario voor het cumulatieve neerslagtekort sneller toeneemt dan voor de gemiddelde zomerafvoer (Figuur 7). Dat betekent dat het signaal van klimaatverandering, in geval van het W+-scenario, eerder opgemerkt zal worden in het cumulatieve neerslagtekort dan in de afvoer. Voor beide

indicatoren laat het referentiescenario, zoals verwacht, geen significant verschil (lees: trend) zien. Deze test is een goede eerste “screening” van geschiktheid van een indicator; indicatoren met een hoge signaal-ruis verhouding geven eerder aan wanneer er sprake is van een significant niet-stationariteit in de tijdreeks.



Figuur 7 Signaal-ruis ratio voor het referentie- (blauw) en het W+ (groen) scenario voor de gemiddelde zomerafvoer bij Lobith (links) en cumulatief neerslagtekort (rechts).

## D.5 Berekening of opbrengstderving

Hoewel economische indicatoren vaak overtuigend zijn, omdat waterbeheerders en gebruikers veranderingen van zulke indicatoren aan den lijve kunnen ondervinden, zijn deze waarschijnlijk alleen in combinatie met andere indicatoren te gebruiken om een tijdig en betrouwbaar signaal te krijgen. Economische indicatoren worden namelijk vaak door meerdere factoren beïnvloedt, bijvoorbeeld innovaties en marktwerking, een signaal niet eenduidig aan een bepaalde verandering is te koppelen. Het is daarom aan te bevelen om economische indicatoren in gezamenlijkheid met meteorologische en hydrologische indicatoren te beschouwen. Een mogelijke combinatie is bijvoorbeeld opbrengstderving, berekend areaal en neerslagtekort (zie voor een nadere analyse Haasnoot et al 2017). Deze combinatie kan helpen bij het verklaren van de observaties van impactfactoren, door het signaal te ontrafelen en te linken naar driverindicatoren.

## D.6 Waterinlaat

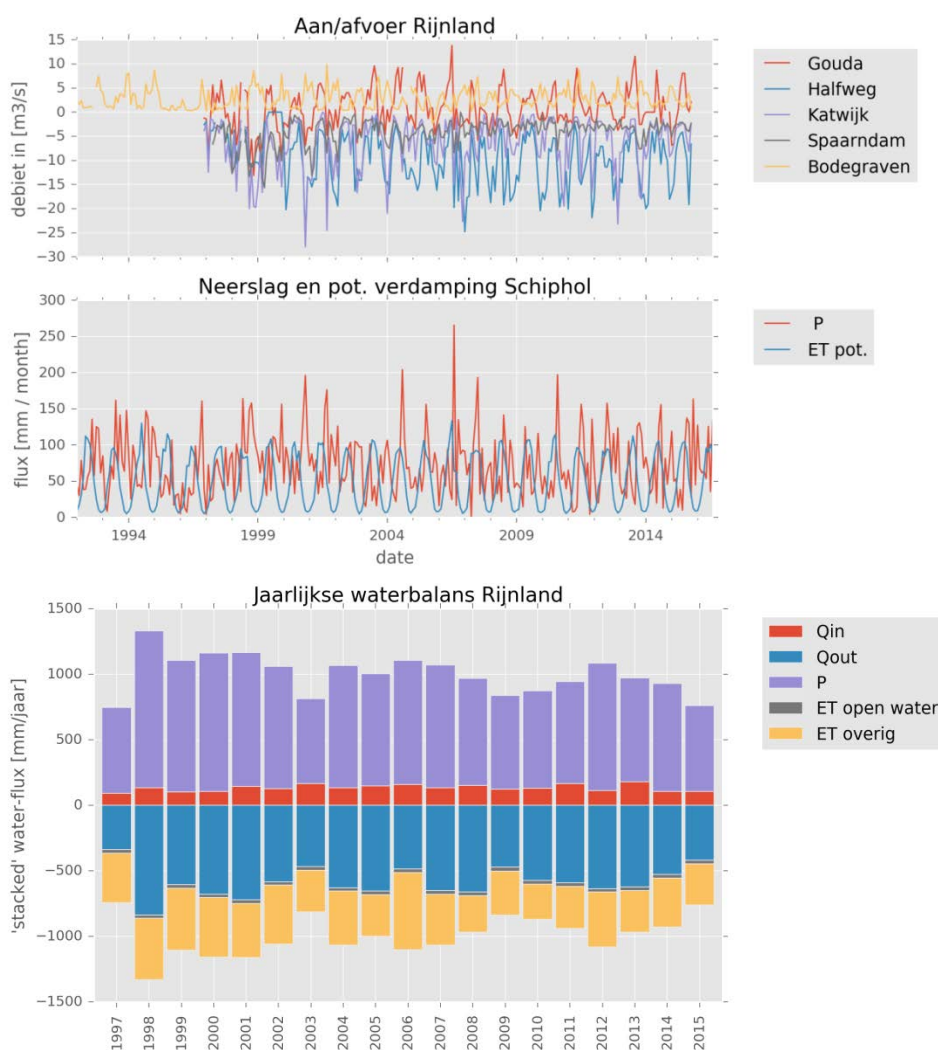
Als rekenvoorbeeld zijn hier reeksen van aan- en afvoer bij gemalen van Rijnland gebruikt, zie Figuur 8. Op basis van deze fluxen is een eerste orde waterbalans afgeleid met (gewas)verdamping in Rijnland als sluitpost op de jaarlijkse waterbalans. Een belangrijke flux, kwel, nog ontbreekt in deze waterbalans. In dit rekenvoorbeeld is de gewasverdamping als indicator gekozen. Deze indicator is ten opzicht van meteorologische en hydrologische indicatoren gevoeliger voor ruis, maar staat dicht bij de directe effecten van droogte.

Uit de waterbalans in de onderste grafiek van Figuur 8 is een tijdserie van 19 jaren met een verdamping afgeleid. Een eerste evaluatie van indicatoren kan worden gemaakt op basis van de signaal-ruis verhouding. De significantie van de signaal-ruis verhouding is getest tegen de nulhypothese dat er de reeks stationair is. Figuur 9 geeft aan bij welk aantal jaren en bij welke trend er sprake is van significant niet-stationair gedrag. Op de horizontale as staat het aantal jaren van de (toekomstige) meetreeks weergegeven, op de verticale as staat de grootte van de trend die bij dat aantal jaren moet worden waargenomen voordat er sprake is van een

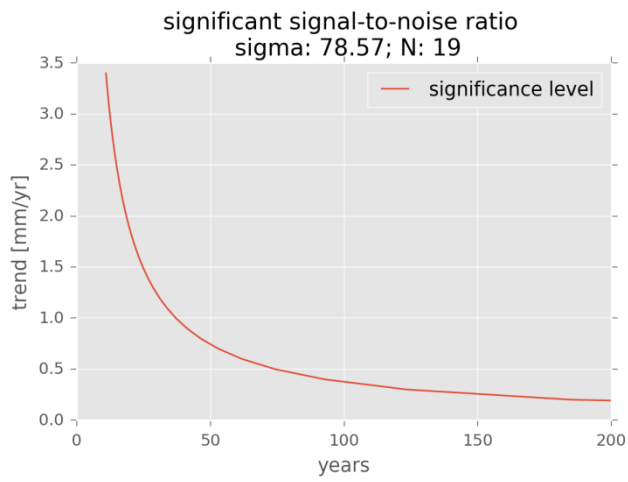


significante waarde van de signaal-ruis verhouding. Deze figuur kijkt dus verder dan de periode van de beschikbare 19 jaar. In de figuur is aangenomen dat de natuurlijke variabiliteit in de reeks van 19 jaar, gekwantificeerd met een standaarddeviatie  $\sigma=78.6$  mm, niet verandert en dus representatief is voor langere reekslengtes.

Uit de grafiek blijkt bijvoorbeeld dat voor een reeks van 50 jaar een trend van minimaal 0.75 mm/jaar moet worden waargenomen om te kunnen spreken van een significante signaal-ruis verhouding.



Figuur 8 Tijdseries van aan- en afvoer bij verschillende gemalen van Rijnland (boven), neerslag (P) en verdamping (ET) bij Schiphol (midden) en een eerste orde waterbalans (onder). Let op dat een belangrijke flux zoals kwel nog ontbreekt in deze waterbalans en er geen verandering in water opslag is verondersteld.



Figuur 9 Relatie tussen trend en lengte van een tijdreeks in jaren waarbij een significante signaal-ruis ratio wordt gevonden





## E Bijlage E Statistische toetsen

De volgende toetsen zijn toegepast op de analyse van de 10 individuele stations/rivieren in noordwest Europa:

- Pearson t-test (linear trend test);
- Manning-Kendall test;
- Spearman rank correlation test;
- Wilkoxon-Mann-Whitney test;

**Pearson t-test (linear trend test)** De toetsgrootte van deze test is de steilheid van de trendlijn die gefit wordt door de meetreeks. Als deze sterk afwijkt van 0, dan wordt de nulhypothese van homogeniteit verworpen. NB formeel wordt in deze toets de correlatiecoëfficiënt afgeleid tussen de waarden van de tijdreeks enerzijds en de corresponderende tijdswaarden anderzijds. Deze correlatiecoëfficiënt is sterk gerelateerd aan de steilheid van de trendlijn. In deze test wordt de kans ( $p$ ) berekend dat, uitgaande van een homogeen proces, de correlatiecoëfficiënt in absolute zin groter is dan of gelijk aan de waargenomen correlatiecoëfficiënt. Als deze  $p$ -waarde kleiner is dan 0,05 wordt de nulhypothese van homogeniteit verworpen.

**Manning-Kendall test:** Deze toets maakt een onderlinge vergelijking voor alle mogelijke combinaties van tweetallen van waarnemingen. Als de meetreeks  $N$  waarden bevat, dan zijn er in totaal  $N(N-1)/2$  verschillende combinaties van tweetallen. Voor bijvoorbeeld een meetreeks van 100 waarden zijn dit orde 5000 vergelijkingen. Bij elke vergelijking wordt vastgelegd of de eerst gemeten waarde groter, of juist kleiner is dan de andere waarde. Bij een homogeen proces zouden de beide opties ongeveer even vaak moeten voorkomen. Indien blijkt dat dit voor de te toetsen meetreeks duidelijk niet het geval is, wordt de nulhypothese van homogeniteit verworpen.

**Spearman rank correlation test:** Deze toets vergelijkt voor alle  $N$  waarnemingen de plaats in de rangschikking (op volgorde van grootte) en het tijdstip waarop deze is waargenomen. Voor de meetreeks van een inhomogeen proces geldt dat er “naar verwachting” geen correlatie is tussen de rangschikking van de metingen en het moment van waarnemen. Indien deze correlatie voor een bepaalde meetreeks sterk afwijkt van 0, dan wordt de nulhypothese van homogeniteit verworpen.

**Wilkoxon-Mann-Whitney** Deze toets splitst de meetreeks in tweeën en vergelijkt de mediaan van de beide (deel)reeksen. Als deze sterk van elkaar verschillen, dan wordt de nulhypothese van homogeniteit verworpen. Merk op dat de twee deelreeksen niet per definitie even lang hoeven zijn. Dus als het vermoeden bestaat van een “sprong” in de metingen op bijvoorbeeld 2/3 van de meetreeks dan is het aan te raden bij deze test de reeks te splitsen op het moment van de sprong. Voor de laatste toets geldt dat deze per definitie “tweezijdig” is (zie vorige sectie voor een toelichting op dit begrip). Voor de overige twee toetsen moet besloten worden of deze ‘tweezijdig’ of eenzijdig’ getoetst worden.

Voor het combineren van de p-waarden van de individuele rivieren zijn de volgende toetsen geïmplementeerd:

- Weighted z-test
- Generalised Fisher test

De twee toetsen van stap [2] zijn in het kader van deze exercitie geïmplementeerd op basis van de beschrijving in het paper van Che (2011), met een kleine aanpassing in het bepalen van de “weights” in de z-test, zoals voorgesteld in het paper van Zaykin (2011). In het paper van Che (2011) is een vergelijking gemaakt tussen verschillende methoden voor het combineren van p-waarden. De twee methoden die als beste naar voren kwamen zijn de weighted z-test (Mosteller and Bush, 1954) en de generalised Fisher test (Lancaster, 1961). Daarom hebben we besloten om deze twee methoden te implementeren.

De volgende vier toetsen zijn toegepast op de transient scenarios voor mogelijke toekomstige rivierafvoeren, zeewaterstanden en neerslagtekort:

- 1 Mann-Kendall (**MK**);
- 2 Spearman rank correlation (**SR**);
- 3 Wilcoxon-Mann-Whitney (**WMW**);
- 4 Kolmogorov-Smirnov (**KS**).

De eerste twee toetsen (MK+SR) worden toegepast op individuele tijdreeksen om vast te stellen of er sprake is van een bepaalde trend. Als het toepassen van deze testen op de reeksen van het W+-scenario resulteren in een kleine waarde van  $p$ , dan wordt met voldoende zekerheid vastgesteld dat de reeks niet stationair is. De andere twee testen (WMW+KS) worden toegepast op een combinatie van twee reeksen. In feite worden twee reeksen met elkaar vergeleken, in dit geval de reeksen van het referentiescenario en het W+-scenario. Voor deze twee toetsen geldt dat een lage waarde van  $p$  erop duidt dat het W+ en de referentie scenario niet vergelijkbaar zijn (WMW en KS).