



Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Technisch-fysische uitwerking Oplossingsrichting Beschermen

Witteveen - Bos

HKV
LIJN IN WATER

Van Oord 
Marine ingenuity

 TU Delft
Deltares

 Royal
HaskoningDHV
Enhancing Society Together

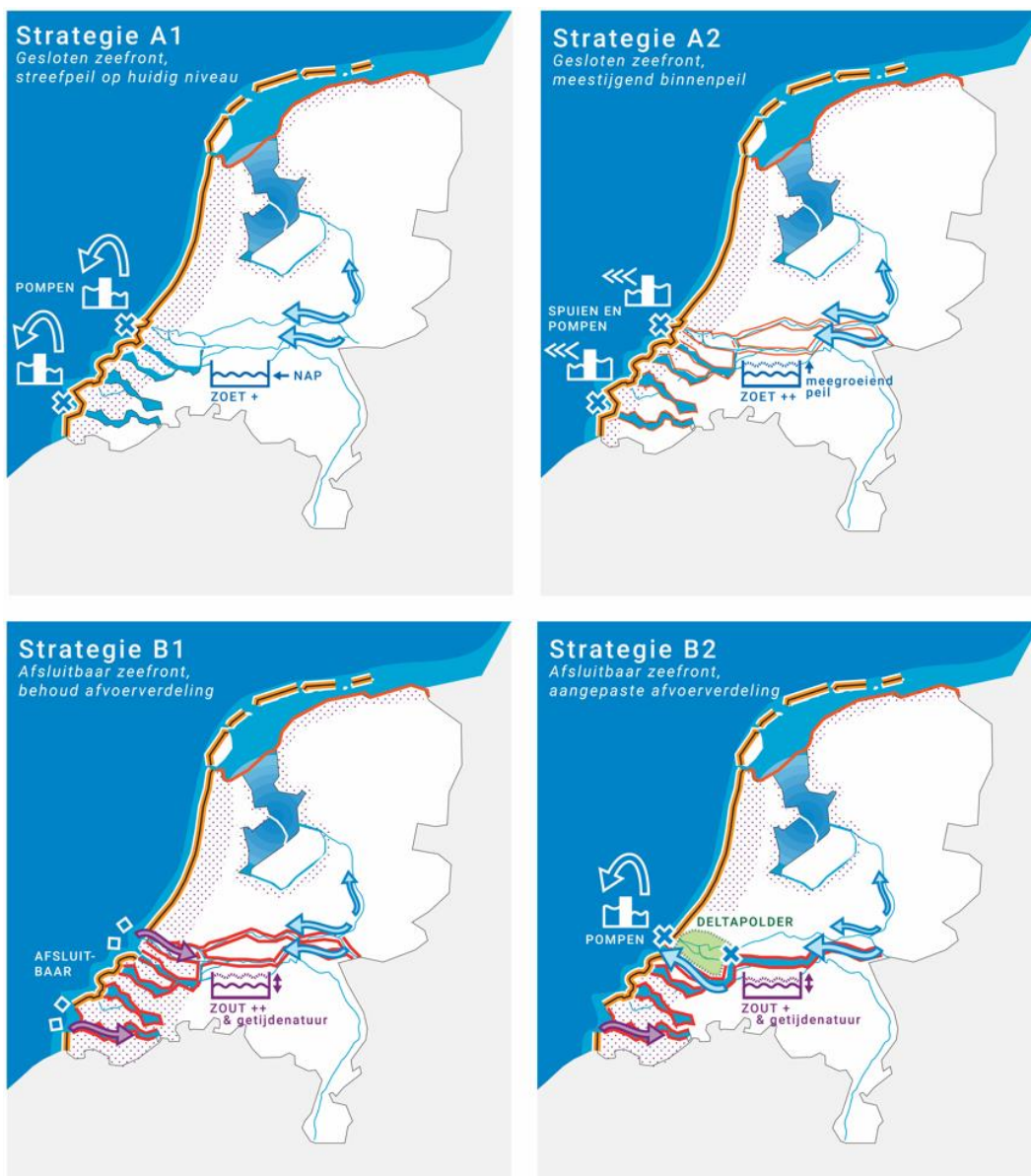
 **ARCADIS**

SWECO 

 **TKI
DELTA TECHNOLOGIE**

**Bosch
Glabbers**

Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor IV Oplossingsrichting Beschermen



SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	7
1.1 De uitdaging	7
1.2 Een onbekende toekomst	7
1.3 Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging	8
1.4 De oplossingsrichting Beschermen	9
1.5 De aanpak en het proces	9
1.6 Leeswijzer	11
2 HOE WERKT HET HUIDIGE SYSTEEM	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Huidige situatie waterveiligheid	12
2.3 Huidige situatie zoetwater	14
3 DE OPLOSSINGSRUIMTE VOOR BESCHERMEN	16
3.1 Doelstellingen	16
3.2 Uitgangspunten	17
3.3 Strategievorming	19
3.3.1 Systeemkeuzes	19
3.3.2 Bouwstenen	19
3.3.3 Strategieën	21
3.3.4 Bestaande plannen en ideeën	21
3.3.5 Varianten	22
3.4 De voorkeurstrategie volgens het Deltaprogramma 2015	22
3.5 Strategie A1: gesloten zeefront, vast streefpeil rond NAP	23
3.6 Strategie A2: gesloten zeefront, meestijgend streefpeil	27
3.7 Strategie B1: afsluitbaar open zeefront, behoud afvoerverdeling	29
3.8 Strategie B2: afsluitbaar zeefront, gewijzigde afvoerverdeling	32
3.9 Doorwerking strategieën op waterveiligheid en zoetwater	35
3.9.1 Waterveiligheid: versterking waterkeringen en buitendijks	36
3.9.2 Zoetwater	38

4	SYNTHESE	41
4.1	Inleiding	41
4.2	Invulling doelbereik	41
4.2.1	Waterveiligheid binnendijks	41
4.2.2	Waterveiligheid buitendijks	43
4.2.3	Zoetwater	44
4.3	Kosten en ruimtebeslag van de strategieën	46
4.3.1	Kosten	46
4.3.2	Ruimtebeslag	49
4.4	Effectbeschrijving	50
4.4.1	Afbakening	50
4.4.2	Functies en thema's	51
4.4.3	Selectie	52
4.4.4	Effectbeschrijving selectie	53
4.5	Nature Based Solutions	57
4.5.1	Inleiding	57
4.5.2	Toepassingen binnen Beschermen	57
4.5.3	Aanbevelingen	59
4.6	Raakvlakken	59
5	STAPPEN NAAR DE TOEKOMST	60
5.1	Conclusies	60
5.1.1	Met betrekking tot de doelstelling waterveiligheid	60
5.1.2	Met betrekking tot de doelstelling zoetwaterbeschikbaarheid	61
5.2	Adaptatiepaden binnen de oplossingsrichting Beschermen	61
5.3	Aanbevelingen voor de korte termijn	64
5.4	Kennis- en onderzoeksagenda	65

Bijlage(n)

Bijlagenrapport (separaat document)

SAMENVATTING

Eerst even dit

De aanleiding voor deze rapportage is klimaatverandering. Klimaatverandering leidt tot een stijgende zeespiegel en hogere rivierafvoeren. Er is veel kennis en kunde gebundeld om te onderzoeken welke realistische mogelijkheden we in Nederland hebben om ons tegen een stijgende zeespiegel en hogere rivierafvoeren te beschermen. In de toekomst zal nog meer onderzoek nodig zijn, en vervolgens zullen er ook keuzes moeten worden gemaakt over investeringen en over de inrichting van Nederland. Dat alles moet echter niet afleiden van de belangrijkste opgave waar we gezamenlijk voor staan: het zoveel mogelijk beperken van de klimaatverandering. Want voorkomen is nog altijd beter dan genezen.

Het kán

Nederlanders hebben van oudsher een groot vertrouwen in de veiligheid tegen overstromingen die geboden wordt door alle dijken en keringen. De Watersnoodramp is alweer 75 jaar geleden, sindsdien is het beschermingsniveau enorm verbeterd en is kennis en kunde op het vlak van hoogwaterveiligheid sterk gegroeid. Recente hoogwaters op de Rijn en de Maas laten zien dat het nodig is om waakzaam te blijven: het Hoogwaterbeschermingsprogramma is er niet voor niets.

Het vertrouwen dat Nederland ook in de toekomst goed kan worden blijven beschermd tegen hoogwater vanuit zee en vanuit de rivieren, wordt de laatste jaren flink op de proef gesteld. Het ene klimaatscenario is nog zorgwekkender dan het andere, en de voorspelde stijging van de zeespiegel wordt steeds extremer. Alhoewel enige zorg niet verkeerd is, is het ook te voorbarig om de huidige beschermingsniveaus die in de afgelopen decennia met zorg zijn opgebouwd, bij voorbaat al op te geven.

Dat blijkt uit een verkennend onderzoek dat in een korte tijd (ongeveer een halfjaar) door een brede groep van experts uit de watersector is uitgevoerd. Aan deze groep is gevraagd om het realiteitsgehalte te onderzoeken van de oplossingsrichting 'Beschermen' bij een extreme zeespiegelstijging en hogere rivierafvoeren. De kern van deze oplossingsrichting is dat er geen concessies worden gedaan aan hoogwaterveiligheid en aan zoetwaterbeschikbaarheid.

De belangrijkste conclusie van het onderzoek is dat het ook bij een extreme zeespiegelstijging (5,4m) nog steeds technisch, fysisch (ruimtelijk) en financieel mogelijk is om de huidige hoogwaterveiligheid te handhaven. Dit kan worden bereikt door het kustfundament op peil te houden en door aanpassingen te doen aan de stormvloedkeringen en sluisen en aan de wijze waarop we de afvoer van rivierwater bergen, spuien of pompen (systeemkeuzes genoemd), in combinatie met nieuwe of aangepaste waterkeringen en kunstwerken (bouwstenen genoemd). Er zijn zelfs meerdere strategieën binnen de oplossingsrichting Beschermen denkbaar die elk op een andere wijze invulling geven aan de gestelde doelen op vlak van hoogwaterveiligheid en het zoetwatervraag maar ieder weer een andere impact hebben op de omgeving.

Probleem opgelost?

Het is goed nieuws dat we de huidige beschermingsniveaus tegen hoogwaterveiligheid, en dus het leven in een delta, niet hoeven op te geven bij een extreme zeespiegelstijging van 5,4 m in combinatie met een toegenomen rivierafvoer. Maar er zijn wel enkele belangrijke aandachtspunten.

In de eerste plaats stelt de oplossingsrichting Beschermen hoge (maar geen onmogelijke) eisen aan de technische bouwstenen die bij toenemende belastingen voor deze systeemkeuzes ingezet worden: stormvloedkeringen, pompcomplexen, afvoerregelwerken en waterkeringen. Robuustheid in de zin van betrouwbaarheid is cruciaal en dient integraal onderdeel te zijn van het ontwerp(proces).

Op de tweede plaats is er nu al een knelpunt waar het de zoetwaterbeschikbaarheid betreft. Bij de huidige zeespiegel ontstaat er in een droge zomer een zoetwatertekort en bij stijgende zeespiegel neemt dat tekort alleen maar toe, omdat meer zoetwater nodig is om zoute kwel weg te spoelen. Met aanpassingen aan het hoofwatersysteem kan de zoetwaterbeschikbaarheid in de Zuidwestelijke delta worden verhoogd, maar vanaf een zeespiegelstijging van ongeveer 2 m is dat onvoldoende en moet de zoetwatervraag worden verlaagd.

Op de derde plaats zal het niet altijd mogelijk zijn om de overstromingsrisico's voor buitendijkse gebieden overal op het huidige niveau te houden. Tot ongeveer een zeespiegelstijging van 2 m kan beschermen

voldoen in combinatie met beperkte aanpassing aan het hoofdwatersysteem. Bij verdere stijging zijn keuzes noodzakelijk. Bepaalde systeemkeuzes leiden ertoe dat sommige buitendijkse gebieden worden ontzien. Dat is echter niet overal mogelijk. Ook kunnen sommige dichtbebouwde gebieden mogelijk worden beschermd, echter niet overal. Waar vervolgens ook geen ruimte is om beschermende maatregelen te treffen, is het zaak om nu al te verkennen welke aanpassingen mogelijk zijn. Aangezien zeespiegelstijging een geleidelijk proces is, kunnen die aanpassingen een plek krijgen in een gebiedsvisie met een tijdshorizon van decennia. Dat biedt ook kansen.

Op de vierde plaats hebben sommige systeemkeuzes een forse impact op belangrijke ruimtelijke functies en waarden, zoals natuur, scheepvaart en land- en tuinbouw. Deze effecten zijn in deze rapportage wel gedeut, maar niet nader onderzocht. De toekomstige (maatschappelijke) waardering en weging van deze effecten zal waarschijnlijk bepalend zijn voor de systeemkeuzes die binnen de oplossingsrichting Beschermen moeten worden gemaakt. De strategieën die als gevolg van deze systeemkeuzes ontstaan, zijn namelijk niet zozeer onderscheidend op technisch, fysisch of financieel vlak, maar wel ten aanzien van impact op met name natuur en scheepvaart. Eén van de aanbevelingen in dit rapport is daarom, deze impact goed in kaart te brengen en te objectiveren, zodat er in de toekomst op basis daarvan keuzes kunnen worden gemaakt.

Ten slotte zullen, vanwege de verwachte versnelling van de zeespiegelstijging in de toekomst, versterkingen van waterkeringen in een (veel) groter tempo uitgevoerd moeten worden dan tot dusver het geval was. Dat vraagt om een omschakeling in de uitvoering.

De oogst

In dit rapport zijn vier strategieën uitgewerkt die elk invulling geven aan de oplossingsrichting Beschermen en die gezamenlijk de volledige oplossingsruimte opspannen. Aan de basis van de strategieën liggen systeemkeuzes waarmee het watersysteem wordt beïnvloed. De systeemkeuzes resulteren in gewijzigde waterstandstatistiek in de Zuidwestelijke delta, De Rijn- Maasmonding en op de rivieren tot aan Nijmegen, Arnhem en Mook. Daaruit volgt een ontwerp- en gebiedsopgave ten aanzien van de bouwstenen: waterkeringen, sluizen en spuimiddelen, gemalen en pompen, kunstwerken en buitendijkse gebieden. Deze opgave is per bouwsteen en per strategie uitgewerkt, tot op het niveau van kosten en ruimtebeslag. De uitwerking is op onderdelen benaderend en extrapolierend tot stand gekomen en heeft dus niet het detailniveau van een ontwerp. Wel geeft de uitwerking van de bouwstenen een beeld van de omvang en impact van de strategieën.

Dit Hoofdrapport bevat de hoofdlijnen, in het Bijlagenrapport zijn alle uitwerkingen terug te vinden.

Tot slot

Binnen beperkte tijd en met beperkte middelen heeft een groep experts veel kennis en informatie uitgewisseld, inschattingen gedaan, elkaar uitgedaagd om buiten de gebaande paden te denken en op een positieve manier samengewerkt aan een belangrijk vraagstuk. Het doel was: zoveel mogelijk concretiseren en objectiveren. Dit was mogelijk door de gezamenlijke inzet van overheden, kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Hieronder staan de partijen en de kernteamleden vermeld van het consortium dat zich in de oplossingsrichting Beschermen heeft verdiept. Buiten dit kernteam hebben ook tal van andere experts bijgedragen, waarvoor veel dank!

Witteveen+Bos (coördinatie)	Stephan van der Biezen, Bert van den Berg
HKV (coördinatie op inhoud)	Bas Kolen
Staf Deltacommissaris	Jos van Alphen, Saskia van Vuren
Rijkswaterstaat-GPO	Stefan van den Berg
Rijkswaterstaat-WvL	Emiel Spanier, Robert Vos, Rinse Wilmink
Deltares	Ferdinand Diermanse, Femke Schasfoort
RoyalHaskoningDHV	Johanna Bouma, Peter van der Scheer
Sweco	Jan Kollen
Van Oord	Corstiaan van Dam
Arcadis	Henry Tuin
TU Delft	Roelof Moll, Cees Oerlemans
BoschSlabbers	Stijn Kolen, Wendy van der Horst

1

INLEIDING

1.1 De uitdaging

De zeespiegel stijgt en door klimaatverandering en wereldwijde opwarming versnelt deze stijging de laatste decennia. Nog onzeker is hoe deze versnelde stijging in de toekomst gaat verlopen. Als we niet tijdig op een mogelijk versnellende zeespiegelstijging anticiperen, kan dit op termijn grote gevolgen hebben voor de leefbaarheid en bewoonbaarheid van ons land.

Nederland is momenteel goed beschermd tegen hoogwater, zowel vanuit zee als langs de rivieren. Er is momenteel over het geheel genomen ook nog voldoende zoetwater beschikbaar, alhoewel er de afgelopen jaren tijdens droge zomers tijdelijk sprake was van een watertekort.

Een versneld stijgende zeespiegel zet dit systeem flink onder druk. Dit roept twee belangrijke vragen op:

- wat is de houdbaarheid van onze huidige strategie op het gebied van waterafvoer, bescherming tegen overstromingen, kustonderhoud en zoetwatervoorziening?
- welke alternatieve oplossingen zijn er eventueel om Nederland bij een extreme zeespiegelstijging leefbaar en bewoonbaar te houden, en wat zouden we vandaag moeten doen om die oplossingen nog open te houden?

De uitdaging is om deze vragen te beantwoorden in de context van een onbekende toekomst.

1.2 Een onbekende toekomst

Zeespiegelstijging is een proces dat zich voltrekt op een tijdschaal van decennia en zelfs eeuwen, in een tempo dat we nog niet goed kunnen voorspellen. Als een extreme zeespiegelstijging zich werkelijk gaat voordoen dan is het niet gelukt om de opwarming van de aarde voldoende te beperken. Dat betekent dat over de hele aarde de dramatische gevolgen van deze klimaatverandering zich manifesteren. We leven dan in een andere wereld die we ons moeilijk kunnen voorstellen.

De zeespiegelstijging zal wereldwijd tot problemen leiden in laaggelegen delta's en eilanden. De klimaatverandering zal verder grote gevolgen hebben voor de voedselproductie, wat mogelijk zal leiden tot migratiestromen en sociale spanningen. Klimaatverandering zal mogelijk ook van invloed zijn op politieke verhoudingen binnen landen en ook tussen landen onderling.

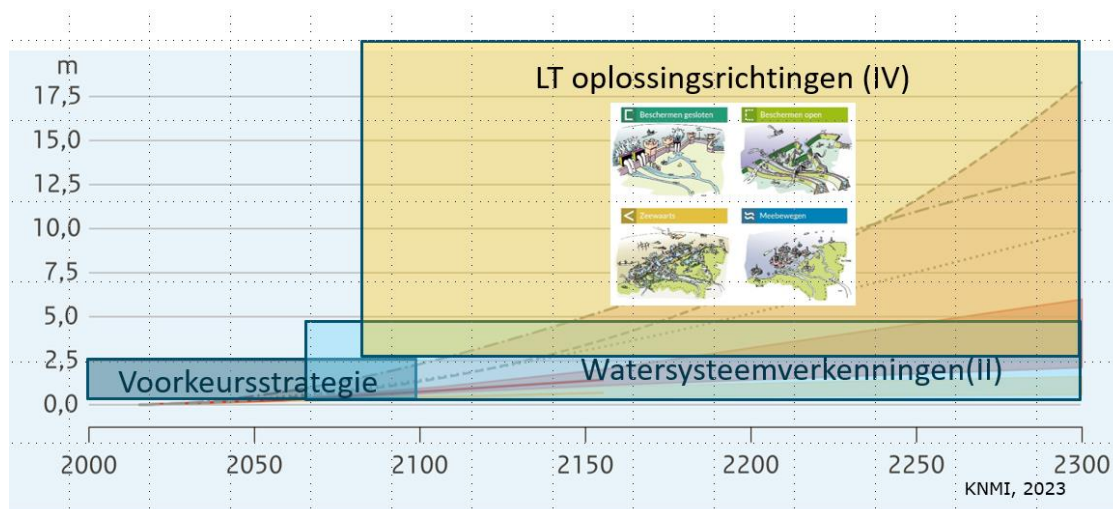
De zeespiegelstijging, en de verandering in rivierafvoer, is daarentegen een geleidelijk proces wat decennia tot eeuwen zal duren. Op velerlei terreinen zullen net als in de afgelopen 150 jaar daarnaast ook innovaties hebben plaatsgevonden die leiden tot een andere samenleving. Sommige van deze innovaties zullen de klimaatverandering en de gevolgen ervan tegengaan. Is de energietransitie voltooid en is het opwekken van duurzame energie wereldwijd goedkoop en massaal geworden? Is de voedselproductie geïndustrialiseerd?

De oplossingsrichting voor de lange termijn die we in dit rapport verkennen wordt dus mogelijk realiteit in een ingrijpend veranderde wereld. Toch kunnen we in het heden niet veel anders dan die verkenning uitvoeren in de wereld van nu en met de inzichten en opvattingen die we nu hebben.

1.3 Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KP ZSS) onderzoekt wat de gevolgen van zeespiegelstijging voor Nederland kunnen zijn. In spoor I wordt onderzoek gedaan naar de onzekerheden rondom het afsmelten van de ijskappen op Antarctica. Spoor II onderzoekt welke gevolgen zeespiegelstijging heeft voor onze hoogwaterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid en vormt daarmee belangrijke input voor de houdbaarheid van het huidige beleid. Dit beleid is in 2015 in het Deltaprogramma vastgesteld en wordt in dit rapport aangeduid als voorkeursstrategie-2015 (VKS2015). In Spoor III wordt een methode ontwikkeld om tijdig te kunnen signaleren en de nodige maatregelen hierop te kunnen nemen. Als de VKS2015 niet meer houdbaarheid is, dan moet deze op termijn aangepast worden (spoor IV). Om de noodzakelijke aanpassingen te kunnen doen, is de medewerking van relevante partners nodig (spoor V).

Afbeelding 1.1 Verschillende sporen binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging



Het antwoord op de eerste vraag uit paragraaf 1.1 (over de houdbaarheid van onze huidige strategie) is gegeven in de rapportages van spoor II van het KPZSS en luidt samengevat dat de VKS2015 technisch en ook financieel houdbaar lijkt tot een zeespiegelstijging van 5 m in 2200. Dat is op zich dus goed nieuws. Ten aanzien van de zoetwatervoorziening is echter geconcludeerd dat er knelpunten gaan ontstaan als gevolg van afnemende rivierafvoeren en een toenemende zoetwatervraag. Daarnaast is er binnen spoor II geen effectbepaling gedaan.

Om de tweede vraag uit paragraaf 1.1 te beantwoorden, kijkt spoor IV van het KPZSS naar vier onderscheidende oplossingsrichtingen: Beschermen Open, Beschermen Gesloten, Zeewaarts en Meebewegen. Deze oplossingsrichtingen hebben tot doel het speelveld op te spannen van mogelijke watergerelateerde toekomst van Nederland waarmee we rekening zouden moeten houden bij de planning en uitvoering van grote investeringsagenda's in bijvoorbeeld woningbouw, duurzame energie en infrastructuur (aanleg en renovatie), waarvan de levensduur veelal orde 100 jaar is. De oplossingsrichtingen vervullen een belangrijk hulpmiddel om te identificeren wat we in deze investeringsagenda's moeten doen en laten om toekomstige keuzes tussen alle oplossingsrichtingen voorlopig nog open te houden.

Waar het vervolgens om gaat is om binnen dit speelveld op tijd de juiste keuzes te maken voor de bescherming en inrichting van Nederland, zowel voor de huidige als toekomstige generaties.

1.4 De oplossingsrichting Beschermen

Dit rapport gaat over de oplossingsrichtingen Beschermen Open en Beschermen Gesloten, samen de oplossingsrichting 'Beschermen' genoemd. Deze oplossingsrichting omvat ook onze huidige strategie (VKS2015), die immers ook het *beschermen* van Nederland tegen overstromingen als leidend principe heeft.

De resultaten uit spoor II van het KPZSS vormen het vertrekpunt bij de uitwerking van deze oplossingsrichting. Echter, waar binnen spoor II de huidige strategie met bijbehorende systeemkeuzes een vast gegeven is, wordt dit binnen de oplossingsrichting Beschermen losgelaten, om het totale speelveld van de oplossingsrichting in beeld te brengen. Pas als het totale speelveld in beeld is, kan beoordeeld worden aan welke strategie vooralsnog de voorkeur gegeven moet worden (mogelijk is dat niet VKS2015) en welke eerste stappen daar bij horen. Deze beoordeling vindt in een vervolgfase plaats en vraagt om antwoorden op enkele belangrijke kennisvragen.

De kern van de oplossingsrichting Beschermen is dat we in principe geen concessies doen aan overstromingsrisico's en aan zoetwaterbeschikbaarheid, tenzij dat niet anders kan. Binnen de oplossingsrichting Meebewegen wordt dit losgelaten en wordt onderzocht welke keuzes daarmee samenhangen. Binnen de oplossingsrichting Zeewaarts wordt verkend of en zo ja wanneer een zeewaartse bescherming een zinvolle strategie kan zijn, ter aanvulling op de oplossingsrichting Beschermen.

Het voorliggend rapport geeft aan de hand van vier strategieën die technisch, ruimtelijk en financieel realistisch zijn, inzicht in de mogelijkheden binnen de oplossingsrichting Beschermen om in Nederland aan de gestelde doelen op gebied van waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid te blijven voldoen wanneer de zeespiegel stijgt tot 2,0 m in 2100 en tot 5,4 m in 2200 en wanneer ook rivierafvoeren extremer worden. Tevens zijn voor deze strategieën de belangrijkste effecten in beeld gebracht voor overige belangrijke ruimtelijke thema's en functies.

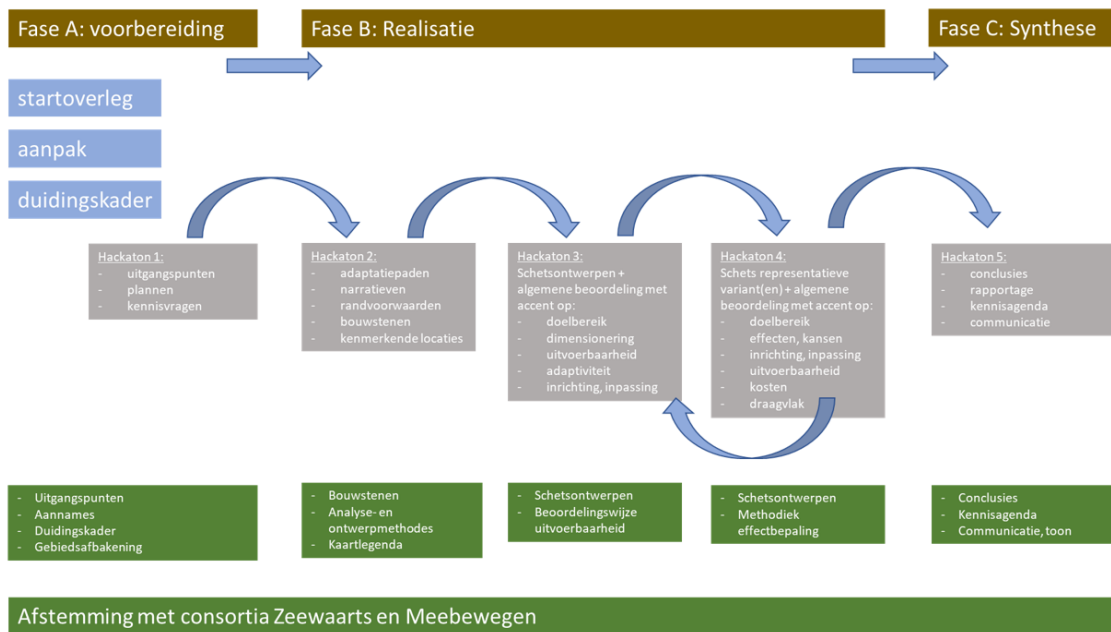
1.5 De aanpak en het proces

De uitwerking van de drie oplossingsrichtingen vraagt om een bundeling van kennis uit de gehele watersector, en voor Meebewegen zelfs daarbuiten. Daarom is gekozen voor een aanpak waarbij elke oplossingsrichting is uitgewerkt door een consortium van overheden, kennisinstellingen, ingenieurs- en ontwerp bureaus en waterbouwers. Elk van deze partijen heeft experts beschikbaar gesteld die hun kennis hebben ingebracht. Het doel was: zoveel mogelijk concretiseren. Experts hebben daartoe soms ook buiten hun comfortzone inschattingen gedaan, om met elkaar vast te kunnen stellen wat de belangrijkste keuzes zijn.

Het kernteam van het consortium dat de oplossingsrichting Beschermen heeft uitgewerkt, bestaat uit vertegenwoordigers van Witteveen+Bos en HKV (coördinerend op proces en inhoud), Arcadis, Rijkswaterstaat WvL en GPO, RHDHV, Sweco, BoschSlabbers, TU Delft, Van Oord, Staf Deltacommissaris en Deltares. In aanvulling op grote (en enthousiaste) in-kind inzet van deze partijen is financieel bijgedragen door staf Deltacommissaris, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, de Topsector Water en Maritiem, en het programma Redesigning Delta's.

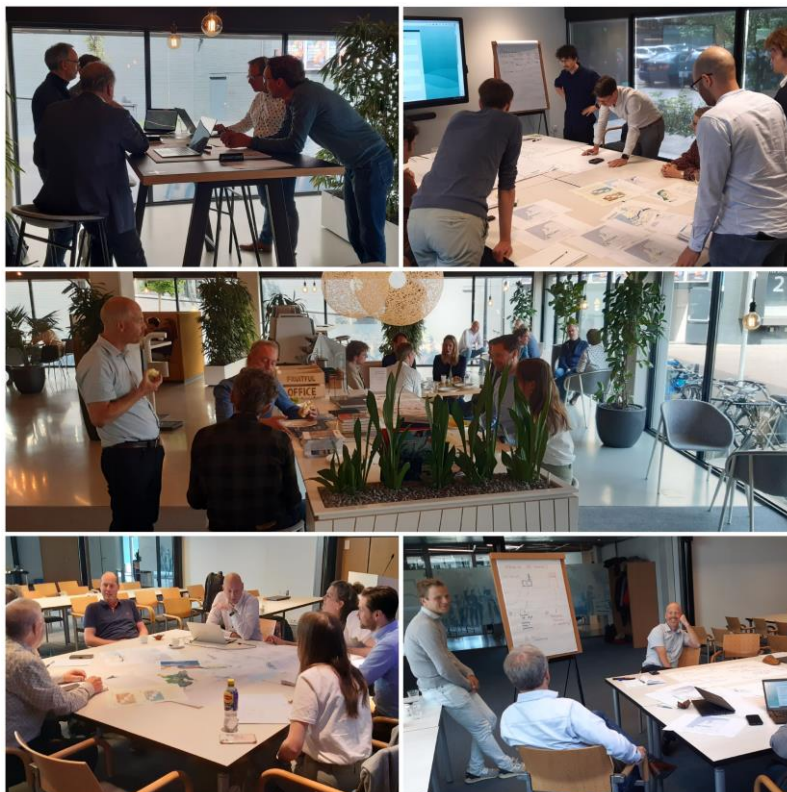
Onderstaande afbeelding geeft schematisch het proces weer dat werd doorlopen tussen maart en oktober 2023. De rode draad van het proces werd gevormd door een vijftal hackatons, waarvan drie met een brede opzet, afgewisseld door overleggen binnen het kernteam van het consortium.

Afbeelding 1.2 Processchema uitwerking oplossingsrichting Beschermen



Onderstaande foto geeft een sfeerimpressie van de eerste hackaton.

Afbeelding 1.3 Impressie van een hackaton over de oplossingsrichting Beschermen



1.6 Leeswijzer

Het navolgende hoofdstuk 2 beschrijft het systeem waarmee Nederland momenteel is beschermd tegen hoogwater en waarmee zoetwater beschikbaar wordt gemaakt. Aan dit systeem wordt in hoofdstuk 3 gesleuteld om de ruimte binnen de oplossingsrichting Beschermen in beeld te brengen. In hoofdstuk 3 is eerst uitgelegd hoe strategievorming heeft plaatsgevonden, waarbij de begrippen doelstellingen, systeemkeuzes en bouwstenen zijn geïntroduceerd. Verschillende systeemkeuzes resulteren vervolgens in verschillende strategieën die elk om een andere uitwerking van bouwstenen vragen. De uitwerking van bouwstenen is gegeven in het Bijlagenrapport.

In hoofdstuk 4 volgt de synthese waarin is teruggekeerd naar de doelstellingen, de kosten en het ruimtebeslag van de strategieën zijn samengevat en een effectbeschrijving is opgenomen. In dit hoofdstuk is ook aandacht besteed aan de kansen voor Nature Based Solutions.

Hoofdstuk 5 bevat conclusies met betrekking tot de gestelde doelen en doet aanbevelingen voor de korte termijn, om de oplossingsrichting Beschermen open te houden. In dit hoofdstuk zijn ook adaptatiepaden gepresenteerd waarmee inzichtelijk wordt welke keuzes er binnen de oplossingsrichting Beschermen mogelijk zijn. Het hoofdstuk sluit af met een aanzet tot een kennisagenda.

Het consortium Beschermen wenst iedereen veel leesplezier!

2

HOE WERKT HET HUIDIGE SYSTEEM

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft kort het huidige watersysteem in Nederland voor wat betreft waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid. Een goed begrip van de hedendaagse systeemwerking is essentieel om zinvolle aanpassingen aan het systeem (systeemkeuzes) te kunnen doen.

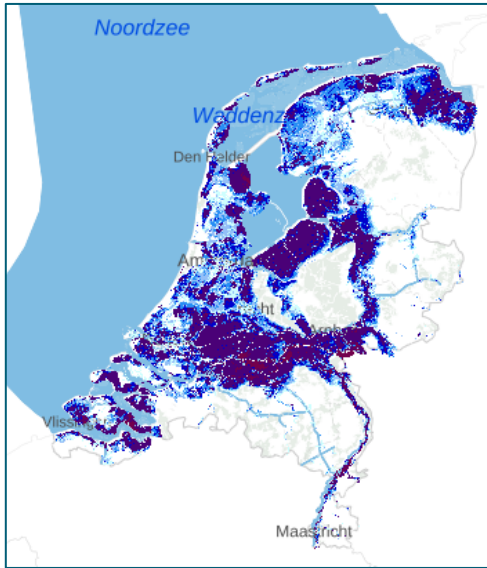
Met het 'huidige systeem' wordt hier bedoeld: het systeem anno 2020, waarbij er van is uitgegaan dat de dijken overal voldoen aan de HWBP norm voor 20250. Dit 'huidige systeem' is gehanteerd als referentiesituatie ten opzichte waarvan middels systeemkeuzes strategieën zijn ontwikkeld.

2.2 Huidige situatie waterveiligheid

Van oudsher is er aandacht voor bescherming tegen overstromingen, dit was en is een belangrijke voorwaarde om in Nederland te kunnen wonen en werken. De primaire waterkeringen beschermen Nederland tegen overstromingen uit de zee, de rivieren en de grote meren. Overstromingen kunnen worden veroorzaakt door extreme rivierafvoeren, door hoge zeestanden en golven in combinatie met storm en door de combinatie van deze factoren. Op meren is een combinatie van een storm en een hoog meerpeil gevaarlijk.

De bescherming tegen overstromingen is wettelijk geregeld. In de wet zijn voor de primaire waterkeringen, opgedeeld in trajecten, overstromingsnormen vastgelegd. Deze normen zijn uitgedrukt in maximaal toelaatbare overstromingskansen die gebaseerd zijn op een geaccepteerd risico op slachtoffers en een maatschappelijke kosten-baten analyse.

Afbeelding 2.1 Overstroombaar gebied (bron LIWO, 2023)



Rivieren en afvoerdeling (huidige situatie). Via de rivieren stroomt water uit het stroomgebied van de Rijn, Maas en Vecht naar Nederland. Het water via de Rijn wordt verdeeld over de Waal, Lek en IJssel (de Rijntakken) conform een afgesproken verdeling. Bij hoge rivierafvoeren wordt deze afvoerdeling met bestaande regelwerken fysiek gerealiseerd. Sommige rivieren zijn bij laag water gestuwd, bij hoog water zijn de stuwen gestreken.

Afbeelding 2.2 De Rijntakken met hun splitsingspunten



IJsselmeergebied, Afsluitdijk en Ramspolkering

In het IJsselmeergebied wordt nu nog geloosd op basis van vrij verval via de spuisluizen. Spuien is hierbij alleen mogelijk als de waterstand op het IJsselmeer hoger is dan de waterstand op zee. In de Afsluitdijk worden in aanvulling op extra spuicapaciteit pompen geplaatst om het peil op het IJsselmeer ook in 2050, met zeespiegelstijging, op niveau te houden. Hierdoor wordt de IJssel- Vechtdelta ontlast en wordt voorkomen dat de Ramspolkering vaak moet sluiten.

ARK/NZK en sluis/gemaalcomplex IJmuiden

Via het spui en gemaalcomplex bij IJmuiden wordt de waterstand op het ARK/NZK en de verbonden boezemsystemen beheerd. In de huidige situatie wordt er bij voorkeur middels vrij verval via de spuisluis overtollig water geloosd. Bij hoge buitenwaterstanden kunnen ook de gemalen worden ingezet om te hoge waterstanden te voorkomen.

Rijn Maas Monding, Maeslantkering en Haringvlietsluizen

In dit gebied komen de zee en de rivieren samen. Voor bescherming hiervan zijn de Maeslantkering, de Haringvlietdam en de Hollandsche IJsselkering van groot belang. De Hollandsche IJsselkering bij Capelle aan de IJssel sluit de Hollandse IJssel af van de Nieuwe Maas bij hoogwater. De stormvloedkeringen hebben na sluiting een waterkerende hoogte van iets meer dan NAP +5 m. Bij extreme zeespiegelstijging dienen deze keringen te worden aangepast om overlopen te voorkomen.

De Haringvlietdam, met daarin de Haringvlietsluizen, beschermt tegen hoogwater van de zee. De sluisen voeren bij eb een groot deel van het toegestroomde Rijn- en Maaswater af naar de Noordzee. Bij vloed zijn de sluisen gesloten. De afvoer van (zoet) rivierwater naar zee wordt door middel van waterwerken gereguleerd. Onder normale omstandigheden wordt het zoetwater via de Nieuwe Waterweg (om de zouttong terug te dringen) en via het Hollands Diep en aansluitend het Haringvliet naar zee afgevoerd. Bij hoog water gaat een groter deel van de afvoer via de Haringvlietsluizen en functioneert het Haringvliet (samen met het Volkerak-Zoommeer) als bergingsgebied.

In de Rijnmaasmonding zijn diverse gebieden buitendijks gelegen. Deze gebieden worden niet beschermd door primaire waterkeringen en kunnen overstromen bij hoge waterstanden op de rivier als gevolg van hoge zeewaterstanden en/of rivierafvoeren. Het kan gaan om industriële gebieden (als de Botlek), bedrijventerreinen, stedelijke gebieden als de Kop van Zuid in Rotterdam, Noordereiland, Heijplaat en delen van Dordrecht en om verspreide bebouwing langs de rivieren en meren.

Zuidwestelijke Delta, Oosterscheldekering en Brouwersdam

De Waterveiligheid in de Zuidwestelijke Delta wordt in belangrijke mate geleverd door de Brouwersdam, de Stormvloedkering Oosterschelde en de Veerse Gatdam. Deze waterkeringen zorgen ervoor dat een eventuele stormvloed buitengaats blijft. Bij hoogwater op het Hollands Diep (bij meetpunt Rak Noord boven NAP +2,60 m) wordt een teveel aan water afgevoerd naar het Volkerak-Zoommeer, dat door dijken is omringd. Op deze manier wordt het Haringvliet en Hollands Diep ontlast. Het Volkerak-Zoommeer wordt alleen ingezet als de Maeslant- en Hartelkering gesloten zijn.

Zandige kust en badplaatsen

De Nederlandse kustverdediging bestaat voor een groot deel uit duinen. De duinen worden mede beschermd door stranden en vooroevers; deze worden met zandsuppleties op peil gehouden. Langs de kust zijn ook harde keringen zoals de bolwerken bij Westkapelle en Den Helder. Bij badplaatsen als Scheveningen en Katwijk is er sprake van een zandige vooroever met een harde kustverdediging. Ook hier zijn zandsuppleties van groot belang. Zandsuppleties kunnen lokaal worden uitgevoerd of in de vorm van een megasuppletie, waarna het zand door golven en stroming wordt verspreid (zie zandmotor, paragraaf 4.5).

Waddenzee

De Waddenzee is een estuarium wat deels afgeschermd wordt door de Waddeneilanden. De kustverdediging achter in het estuarium bestaat uit dijken. De golfaanval hierop wordt in sterke mate gelimiteerd door het estuarium. Daarnaast zijn er in de meer beschutte delen van de Waddenzee kwelders aanwezig die de golven verder dempen.

2.3 Huidige situatie zoetwater

Er bestaan geen harde eisen voor de zoetwaterbeschikbaarheid in Nederland in termen van kwantiteit; de waterschappen en Rijkswaterstaat streven continu naar een goede watervoorziening. Wel worden in droge jaren allerlei maatregelen genomen om de zoetwaterbeschikbaarheid te optimaliseren. Denk aan de alternatieve zoetwatervoorziening voor West-Nederland, en het gericht sturen op zoetwater'buffers' in de Hollandsche IJssel en de Lek. Ook is er al enige buffercapaciteit in het IJsselmeer en Markermeer, het Brielse Meer en de Zuidwestelijke Delta. Bij extreme zoetwatertekort wordt het watergebruik ook al beperkt. Op

termijn (2050) is de ambitie van het Deltaprogramma Zoetwater (DPZW) om Nederland weerbaar te maken tegen watertekort. Rijkswaterstaat heeft dit vertaald in een ambitieniveau voor het hoofdwatersysteem: weerbaar tegen een droogte die gemiddeld eens per twintig jaar voorkomt in een scenario van sterke klimaatverandering en groeiende economie.

3

DE OPLOSSINGSRUIMTE VOOR BESCHERMEN

3.1 Doelstellingen

De oplossingsruimte die is onderzocht, richt zich op twee doelstellingen: waterveiligheid (zowel kustveiligheid als overstromingsveiligheid) en zoetwaterbeschikbaarheid. De doelstelling voor waterveiligheid gaat over zowel de gebieden die beschermd worden door primaire waterkeringen als over de buitendijkse gebieden.

De kern van de oplossingsrichting Beschermen is, als eerder opgemerkt, dat er geen concessies worden gedaan aan overstromingsrisico's en in principe ook niet aan zoetwaterbeschikbaarheid, indien mogelijk. De veiligheid tegen overstromen voor alle binnendijkse gebieden blijft voldoen aan de huidige norm en het overstromingsrisico voor buitendijkse gebieden neemt in beginsel niet toe. Dit is hieronder nader toegelicht.

Doelstelling waterveiligheid voor binnendijkse gebieden

Voor waterveiligheid is de eis dat de waterkeringen blijven voldoen aan de huidige normen. Dat betekent dat de waterkeringen moeten blijven voldoen aan een maximaal toegestane faalkans, ook als de belastingen toenemen als gevolg van zeespiegelstijging of hogere rivierafvoeren. Voor de zandige kust betekent dit dat door middel van zandsuppleties zowel de Basiskustlijn als het kustfundament worden onderhouden bij stijgende zeespiegel.

Doelstelling waterveiligheid buitendijkse gebieden

Voor buitendijkse gebieden is de doelstelling dat het risico (kans maal gevolg) als gevolg van overstromen vergelijkbaar moet blijven met de huidige situatie. Dit wordt bij het ontwikkelen van de strategieën ingevuld door de kans op overstromingen vergelijkbaar te houden.

Het risico kan ook stijgen door de toename van de gevolgen door een grotere waterdiepte. Met deze toename in de gevolgen en de impact op het risico is nu geen rekening gehouden. Dit is niet heel bezwaarlijk, omdat een toename van de overstromingskans meer impact heeft op het risico dan een toename in de gevolgen van een grotere overstromingsdiepte. Dat komt doordat de schade als gevolg van een overstroming al bij een geringe waterdiepte aanzienlijk is, en bij toenemende overstromingsdieptes weliswaar stijgt, maar niet lineair, zo blijkt uit schadefuncties¹.

Doelstelling zoetwatervoorziening

Voor de zoetwatervoorziening is de doelstelling dat we door beschermingsmaatregelen en technieken de zoetwaterbeschikbaarheid op peil kunnen houden. Dat betekent dat de vraag naar zoetwater op basis van het huidige grondgebruik wordt vertaald naar een toekomstige vraag naar zoetwater, rekening houdend met zeespiegelstijging en een kleinere rivierafvoer in droge periode. Vervolgens wordt binnen de strategieën onderzocht of de zoetwaterbalans (de balans tussen de zoetwatervraag en het zoetwateraanbod) sluitend kan worden gemaakt.

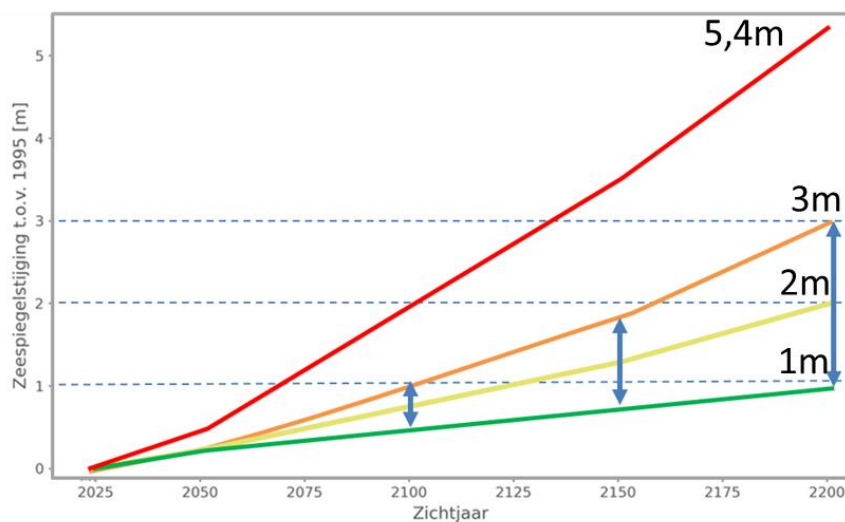
¹ Zie: <https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/waterveiligheidsmodellen/schade-slachtoffer-module/>

3.2 Uitgangspunten

De snelheid van zeespiegelstijging en de verandering van rivierafvoer is onzeker. Daarom is het nodig, uitgangspunten te definiëren die niet alleen voor de oplossingsrichting Beschermen maar ook voor de overige oplossingsrichtingen (Zeewaarts en Meebewegen) gelden.

De uitgangspunten zijn gebaseerd op de tijdlijn 'zeer extreem' van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Door te kijken naar een extreem scenario wordt duidelijk welke ruimte (ook voor lagere scenario's) een oplossingsrichting biedt om de doelstellingen te bereiken. In afbeelding 3.1 zijn de verschillende tijdlijnen opgenomen.

Afbeelding 3.1 Verschillende tijdlijnen voor zeespiegelstijging (rood = zeer extreem, oranje = extreem, geel = gematigd en groen = laag) zoals beschouwd in KPZSSII. In onderhavige studie zijn we uitgaan van de tijdlijn zeer extreem



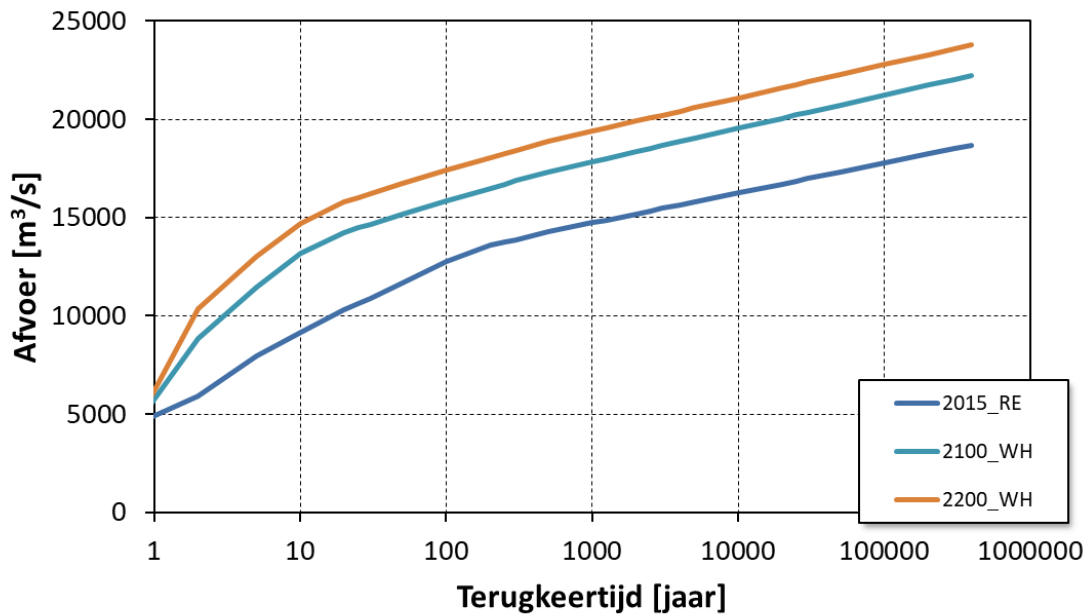
In onderstaande tabel 3.1 is de toename van zeespiegelstijging opgenomen zoals die in de studie is gehanteerd. Voor de afvoer is gebruik gemaakt van de frequentieverdeling van de afvoer conform KPZSS spoor II, in Afbeelding 3.2 is deze voor de Rijn opgenomen. De waarden voor de piekafvoer in Tabel 3.1 geven een grove indicatie van de afvoer bij een bepaalde terugkeertijd.

Tabel 3.1 Randvoorwaarden bij verschillende zichtjaren

	2100	2200
zeespiegelstijging t.o.v. 1995 (m)	2,0	5,4
rijnafvoer Lobith (m ³ /s) +/- bij 1/1.000per jaar event	18.000	20.000
maasafvoer Eijsden (m ³ /s) +/- bij 1/1.000per jaar event	4.800	5.300
90-daagse gemiddelde afvoer (m ³ /s) bij een 1/30-50 droog jaar van de rivieren	750	600

Onderstaande Afbeelding 3.2 geeft de gehele frequentieverdeling van de afvoer op de Rijn. Deze figuur is ook voor de Maas beschikbaar.

Afbeelding 3.2 Afvoer Lobith bij verschillende klimaatscenario's (zonder statistische onzekerheid)¹



De lage zomerafvoeren van de Rijn en Maas zijn gebaseerd op de resultaten van een thematische hackaton over zoetwater die binnen spoor IV van het KPZSS is georganiseerd. Deze afvoeren zijn vervolgens getoetst aan inzichten van het Stoom-scenario uit de Deltascenario's die via het Nationaal Water Model hebben geleid tot de basisprognoses 2018. De afvoer in 2100 op de rivieren is geschat op 750 m³/s. Deze schatting is ook gebaseerd op het op het Stoom-scenario uit de Deltascenario's. De afvoer in 2200 is alleen gebaseerd op de uitkomsten van de hackaton.

In tabel 3.2 is een overzicht opgenomen van de geschatte watervraag voor verschillende functies voor de zichtjaren 2100 en 2200. De schattingen zijn gebaseerd op de resultaten van de uitwerking van zoetwater in KPZSS spoor II en de Deltascenario's.

Tabel 3.2 Verandering watervraag in 2100 en 2200 bij de gekozen klimaatscenario's

	Huidig	2100	2200
doorspoeling zoute kwel in regionale polders [m ³ /s]	20	150	1.000
doorspoeling boezemsystemen [m ³ /s]	54	60	100
benodigde afvoer Rijn- Maasmonding voor doorspoeling [[m ³ /s]	500	1.000	1.850
benodigde afvoer overige systemen (als ARK/NZK, IJsselmeer, VZM, Brielse Meer) [m ³ /s]	95	240	385
overige functies:			
- watergebruik industrie en drinkwater [m ³ /s]	18	24	33
- beregening landbouw [m ³ /s]	53	101	149
- regionaal peilbeheer [m ³ /s]	133	1.157	143
totaal [m³/s]	873	1.732	3.698

¹ Vos 2021. Tijdlijnen voor Spoor 2 Kennisprogramma Zeespiegelstijging, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.

3.3 Strategievorming

Voor de strategievorming binnen de oplossingsrichting beschermen is onderscheid gemaakt tussen systeemkeuzes en bouwstenen. Hieronder zijn deze begrippen toegelicht. Vervolgens worden de ontwikkelde strategieën geïntroduceerd.

3.3.1 Systeemkeuzes

Het kenmerk van een systeemkeuze is dat de impact ervan gebiedsoverstijgend is. Een systeemkeuze gaat bijvoorbeeld over de afvoerdeling over riviertakken en of een verbinding tussen zee en rivieren open, afsluitbaar of gesloten is. De wijze van afsluiting is ook een systeemkeuze. Zo speelt de kans op falen bij bovenstrooms: hoe kleiner de faalkans, des te lager de ontwerpwaterstanden bovenstrooms. Een systeemkeuze gaat ook over de afweging tussen bergen of pompen. Een andere systeemkeuze gaat over de omvang en locatie van buffers voor zoetwater. Systeemkeuzes hebben invloed op de waterveiligheid en op de zoetwaterbeschikbaarheid.

3.3.2 Bouwstenen

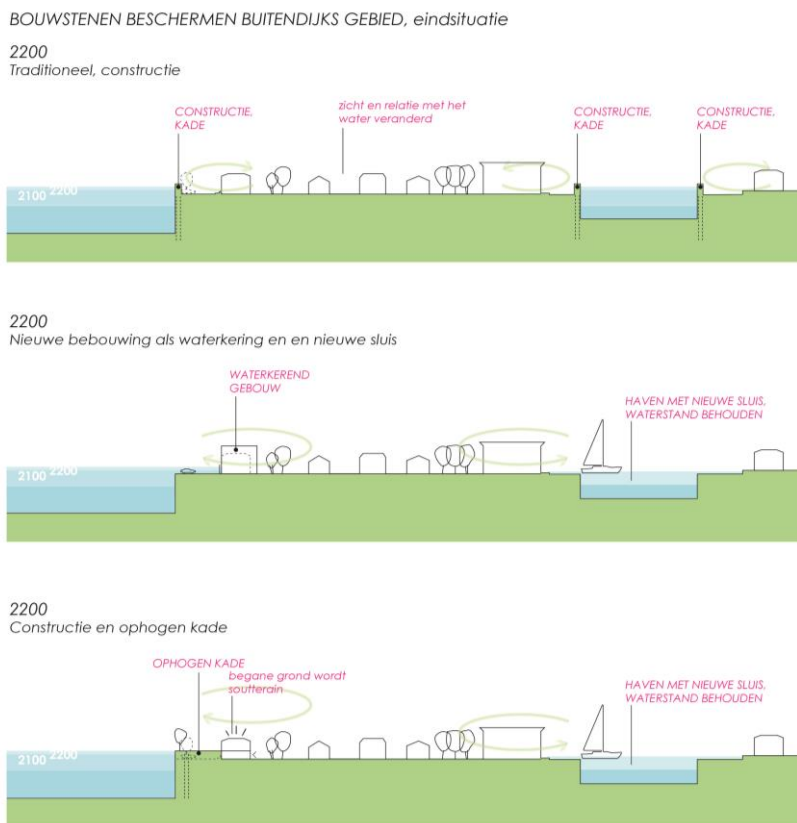
Gegeven de systeemkeuzes resteert een opgave om aan de eisen voor waterveiligheid te voldoen of om buitendijkse gebieden te beschermen. De fysieke maatregelen die hiervoor nodig zijn, noemen we bouwstenen. Bijvoorbeeld: een systeemkeuze om een verbinding tussen zee en rivieren af te sluiten, vraagt om spuumiddelen en mogelijk ook om pompcapaciteit.

De bouwstenen die binnen de oplossingsrichting Beschermen zijn onderzocht en geconcretiseerd, staan hieronder vermeld. De uitwerking van de bouwstenen is opgenomen in het bijlagenrapport, in de onderstaand aangegeven hoofdstukken:

1. kunstwerken: schut- en spuisluisen, verdeelwerken, stormvloedkeringen (hoofdstuk 2);
2. gemalen en pompen (hoofdstuk 3);
3. (zee)dijken en dammen (hoofdstuk 4);
4. zandige kust (hoofdstuk 5);
5. buitendijkse gebieden (hoofdstuk 6).

De uitwerking van de bouwstenen is afhankelijk van de strategie en met name van de systeemkeuzes die aan de strategie ten grondslag liggen. Deze keuzes hebben immers invloed op de hydraulische belastingen op overige ontwerprandvoorwaarden voor de bouwstenen. Een verbeelding van de bouwsteen buitendijks is gegeven in onderstaande afbeelding. Meer verbeeldingen zijn opgenomen in de bijlagen.

Afbeelding 3.3. Bouwsteen beschermen buitendijks gebied



Strategie-onafhankelijke gebieden

De kust (inclusief buitendijkse gebieden die langs de kust liggen) en de Waddenzee worden niet beïnvloed door de systeemkeuzes die binnen dit consortium worden onderscheiden. Deze gebieden zijn daarmee strategie-onafhankelijk. De ontwerprandvoorwaarden voor deze gebieden volgen dus rechtstreeks uit de bovengenoemde uitgangspunten.

Voor de **zandige kust** zetten we binnen de oplossingsrichting Beschermen in op voortzetting van het huidige beleid dat is gericht op kustlijnbehoud door middel van zandsuppleties. Dit is uitgewerkt binnen de bouwsteen 'zandige kust'. Daarbij is ook aandacht besteed aan de badplaatsen. De toepassingsmogelijkheden voor Nature Based Solutions (NBS) langs de kust zijn beschreven in paragraaf 4.5.

Een belangrijk voorbeeld van een **buitendijks gebied langs de kust** betreft de zeehavens van Rotterdam. In de bouwsteen 'buitendijkse gebieden' zijn deze havengebieden als aparte categorie behandeld. Hierbij is ook gekeken naar de reeds bestaande adaptatiestrategieën¹ die door Port of Rotterdam zijn ontwikkeld.

De **Waddenzee** blijft binnen de oplossingsrichting Beschermen open. Een stijgende zeespiegel zal daardoor naar verwachting tot een hogere hydraulische belasting op de zeedijken leiden, die daarvoor moeten worden versterkt. Als de bodem van de Waddenzee kan meegroeien met een stijgende zeespiegelstijging, blijft de toename van de golfbelasting op de zeedijken beperkt. Een meegroeiende Waddenzee is dus niet alleen voor de natuurwaarden van de Waddenzee maar ook voor de waterveiligheid van belang. In paragraaf 4.5 is hier in het kader van NBS op ingegaan. De vraag welke mate en snelheid van zeespiegelstijging de Waddenzee aankan zonder te 'verdrinken' is onderwerp van onderzoek², hier is binnen de oplossingsrichting Beschermen niet verder op ingegaan.

¹ <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2022-08/adaptatiestrategie-waterveiligheid-rotterdam.pdf>

² <https://waddeninzicht.flowsproductions.nl/>

3.3.3 Strategieën

Een strategie is een logische combinatie van systeemkeuzes en bouwstenen die binnen de oplossingsrichting Beschermen past. Er zijn vier combinaties van systeemkeuzes en bouwstenen gedefinieerd die de oplossingsruimte binnen Beschermen opspannen:

- strategie a1: gesloten zeefront met daarbinnen een vast streefpeil rondom NAP 0 m;
- strategie a2: gesloten zeefront met daarbinnen een meestijgend streefpeil;
- strategie b1: afsluitbaar zeefront in combinatie met huidige afvoerverdeling;
- strategie b2: afsluitbaar zeefront in combinatie met een aangepaste afvoerverdeling.

De strategieën zijn uitgewerkt voor heel Nederland, echter de focus in de uitwerking ligt veelal op de Rijn- Maasmonding (RMM) regio, de meren in de Zuidwestelijke Delta en de Waal, Lek en Maas tot aan Lobith en Mook.

De strategieën zijn opgesteld om te voldoen aan de doelstellingen voor waterveiligheid en zoetwater. Hierbij is nog geen rekening gehouden met effecten van de strategieën voor andere ruimtelijke thema's en functies, zoals natuur, scheepvaart, recreatie, etc. doelen. De bespreking van deze effecten heeft nadien plaatsgevonden, zie paragraaf 0.

De vier strategieën zijn elk afzonderlijk zoveel als mogelijk geconcretiseerd. Daarnaast maakt een objectief, feitelijk beeld het mogelijk om de strategieën onderling en ook met andere strategieën te vergelijken.

Voor elke strategie (en bijbehorende systeemkeuzes) is de statistiek van de waterstanden bepaald, waarbij reeds beschikbaar instrumentarium uit spoor II voor de Rijn- Maasmonding en het rivierengebied (Lek, Maas, Waal) is gecombineerd met een reservoirmodel voor de varianten met gesloten zeefront. Deze methodiek is toegelicht in het bijlagenrapport. Voor elke strategie is tevens een getsalmatige uitwerking van de zoetwaterbalans opgesteld, voor een droog jaar dat voornamelijk als maatgevend is verondersteld. Een nadere kwantificering van de strategieën is onderdeel van een vervolgfase vanaf 2024 en is basis voor een nader vergelijk tussen de strategieën onderling, een vergelijk met de VKS2015 en een vergelijk met de strategieën binnen de oplossingsrichtingen Zeewaarts en Meebewegen.

De ene strategie binnen de oplossingsrichting Beschermen is 'adaptiever' (houdt meer opties open richting de toekomst) dan de andere. Het is dus mogelijk om binnen het oplossingsgebied van Beschermen keuzes te maken en over te stappen van de ene strategie naar de andere. Met behulp van adaptatiepaden (zie hoofdstuk 5.2) wordt inzichtelijk gemaakt wanneer (bij welke condities, ook wel 'tipping points' genoemd) gekozen dient te worden en wanneer welke strategie in beeld komt.

3.3.4 Bestaande plannen en ideeën

Hoe Nederland het beste te beschermen tegen zeespiegelstijging is een vraag die breed leeft. Bij aanvang van het uitwerken van de oplossingsrichting Beschermen is daarom een inventarisatie gemaakt van reeds bestaande plannen en ideeën¹. Met name de onderstaande plannen of ideeën zijn een inspiratiebron geweest voorgemaakte systeemkeuzes of voor de uitwerking van bouwstenen:

- plan Sluizen (ook wel Spaargaren) waarin is gekeken naar een gesloten variant;
- de Holland Kering (inclusief berging en gemalen) waarin is gekeken naar een betere stormvloedkering;
- plan Beaufort waarin een hoogwatercorridor is uitgewerkt;
- Delta 21 waarin wordt gewerkt met wateropslag en grote gemalen;
- de oprekmogelijkheden zoals deze zijn beschouwd in spoor II van het kennisprogramma².

¹ Zie ook <https://publicwiki.deltares.nl/display/KWI/Adaptatie+aan+zeespiegelstijging>

² <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/kennisontwikkeling-en-signalering/zeespiegelstijging/onderzoekresultaten-2023>

Bij het uitwerken van bouwstenen zijn er naast traditionele oplossingen ook meer innovatieve oplossingen bekeken. Hierbij is bijvoorbeeld ook gebruik gemaakt van bestaande inzichten op gebied van multifunctionele waterkeringen¹.

In aanvulling op constructieve oplossingen zijn er soms ook mogelijkheden om (een deel van) de ontwerppoging met Nature Based Solutions in te vullen. Dit is nader toegelicht in paragraaf 4.5, waarbij gebruik is gemaakt van het gedachtegoed van Ecoshape².

3.3.5 Varianten

Binnen de strategieën is er ruimte voor varianten en optimalisatie. Hierbij gaat het om andere keuzes die gemaakt kunnen worden op een specifieke locatie die ook passen in het gedachtegoed van de strategie. Mogelijke varianten die gedurende de uitwerking naar boven zijn gekomen zijn wel benoemd, maar deze zijn minder of niet uitgewerkt. Deze varianten kunnen worden gezien als verdere optimalisatiemogelijkheden waarbij de effecten voor natuur, scheepvaart, bebouwing en dijkversterking anders worden verdeeld.

Voorbeelden van varianten zijn:

1. het concentreren van de extra rivierafvoer op de IJssel in plaats van de Waal, evenals het benutten van de Grevelingen in plaats van of in aanvulling op Haringvliet voor extreme rivierafvoer;
2. varianten van sluizen en stormvloedkeringen op net andere locaties of met een ander ontwerp of schutprotocol. Deze keuzes hebben effect op de natuur, verzilting, schutfrequentie, dijkversterkingen etc. Vanwege de doelstelling voor zoetwater is voor de gesloten strategieën verondersteld dat er geen significante zoutindringing is door de kunstwerken. Dat kan worden bereikt door veel minder te schutten maar ook door varianten (binnen die strategieën) met slimme locatiekeuzes en technische oplossingen.

3.4 De voorkeurstrategie volgens het Deltaprogramma 2015

De voorkeurstrategie volgens het Deltaprogramma 2015 (VKS2015) beschrijft de strategie die in 2015 is gekozen voor de komende decennia voor een doelbereik met betrekking tot waterveiligheid en zoetwater. Binnen spoor II van het KPZSS is de houdbaarheid van de VKS2015 voor verschillende tijdlijnen van zeespiegelstijging verkend. In een volgende fase zal ook gekeken worden naar de oprekbaarheid van de VKS2015 waarbij echter grote systeemkeuzes als afsluiten van zeegaten, deltapolders en significante aanpassingen van de afvoerdeling niet worden beschouwd omdat ze niet onder deze strategie vallen.

Waterveiligheid

In de VKS2015 worden waterkeringen versterkt zodat deze blijven voldoen aan de normen. Versterkingen zijn nodig door bodemdaling, zeespiegelstijging en hogere rivierafvoer. In de praktijk kan dit betekenen dat meerdere versterkingen nodig zijn. Ook de stormvloedkeringen worden indien nodig vervangen zodat deze voldoen aan de huidige eisen, maar in de VKS2015 zijn ze nog niet verhoogd en kunnen ze dus overstromen. Hierbij geldt in het bijzonder:

- binnen de Rijn- Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta blijft er sprake van een afsluitbaar systeem met stormvloedkeringen, wel worden de sluitpeilen verhoogd;
- de afvoer via het IJsselmeer verloopt via pompen op de Afsluitdijk en spuumiddelen. Op basis van de ISWP-studie ³(Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied) is ingezet op het handhaven van het huidige winterpeil en de inzet van gemalen. Gegeven de onzekerheden is het advies in de ISWP om bij de beleidskeuze voor het niet laten stijgen van het gemiddeld winterpeil van IJsselmeer en Markermeer expliciet aan te geven dat op termijn een stijging van maximaal 30 cm niet is uitgesloten;

¹ Zie: <https://www.gebiedsontwikkeling.nu/artikelen/multifunctionele-waterkeringen-living-apart-together/>

² <https://www.ecoshape.org/>

³ https://open.rijkswaterstaat.nl/publish/pages/86443/iswp_eindrapport_def.pdf

- voor het ARK/NZK gebied wordt de mogelijkheid van spuien bij zeespiegelstijging kleiner. De extra benodigde gemaalcapaciteit is op ruim 100m³/s bepaald in de studies naar een toekomstbestendig ARK¹. en noodzakelijk omdat bij 80 cm zeespiegelstijging spuien niet meer mogelijk is en vanwege de selectieve onttrekking. Hierbij is het ook wenselijk dat er aanvullende bergingsmogelijkheden zijn in geval van extreme neerslag. Hierbij is het ook wenselijk dat er aanvullende bergingsmogelijkheden zijn;
- voor buitendijkse gebieden leiden hogere waterstanden (bij gelijke terugkeertijd) tot een toename van de kans op overstromingen van de buitendijkse gebieden en dus een toename van het risico. Dit is met name economische schade en maar beperkt een toename van slachtoffers.

Voorbeelden van mogelijke 'oprekmaatregelen' voor waterveiligheid die wel onder de VKS2015 vallen zijn: waterberging, pompen, kleinere faalkans stormvloedkeringen, verdere sluitpeilverhoging stormvloedkeringen, ander sluitprotocol stormvloedkeringen en beperkte aanpassingen van de afvoerverdeling.

Zoetwater

Een hogere zeespiegel en een veranderende rivierafvoer heeft in de zoetwaterbalans van Nederland invloed op zowel de watervraag als het wateraanbod. De voornaamste effecten zijn:

- een grote toename van de watervraag voor doorspoeling tegen zoute kwel in regionale polders;
- een grote toename van de watervraag voor bestrijding van de verzilting op het hoofdwatersysteem;
- een afname van de rivierafvoer in de zomerperiode;
- een grote toename van de watervraag voor peilbeheer van de veengebieden (waarbij in de voorliggende rapportage nog geen rekening is gehouden met extra peilopzet).

Daarnaast zal de zoetwatervraag voor extra peilhandhaving toenemen (tegen bodemdaling, voor drinkwaterwinning) evenals voor extra beregening van gewassen. In tabel 3.2 is een overzicht opgenomen van de geschatte watervraag voor verschillende functies voor de zichtjaren 2100 en 2200. Tevens is daar een overzicht opgenomen van de verwachte afvoer op de rivieren over een periode van 90 dagen voor deze zichtjaren.

Er wordt in de oplossingsrichting Beschermen in beginsel geen rekening gehouden met een ander grondgebruik of een andere watervraag. De watervraag kan afnemen door meer maatwerk in de doorspoeling van regionale polders en gebruik van meer zouttolerante gewassen. Deze mogelijke maatregelen vallen binnen de oplossingsrichting Meebewegen.

3.5 Strategie A1: gesloten zeefront, vast streefpeil rond NAP

Deze strategie kenmerkt zich door een gesloten zeefront waarbij het streefpeil aan de binnenzijde rond NAP wordt gehouden door middel van spuumiddelen (voor zolang mogelijk) en aanvullend (bij stijgende zeespiegel) door middel van pompen. Deze strategie 'leunt' daarmee flink op technologie (pompcapaciteit). Het dagelijkse streefpeil in de Rijn- Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta blijft vergelijkbaar met het heden, waardoor buitendijkse gebieden worden ontzien. De rivierafvoer wordt via gemalen afgevoerd. Om extreme peilstijgingen bij hoge rivierafvoeren te voorkomen is er extra waterberging in de delta en worden er gemalen geplaatst.

In de Zuidwestelijke Delta ontstaat dus een polder. De Westerschelde, de Rijn- Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta worden in deze strategie afgesloten van zee, waardoor de zoutindringing minimaal is. Ook het ARK/NZK systeem en het IJsselmeer worden afgesloten. De overslag van zee- naar binnenvaart zal grotendeels via land moeten plaatsvinden (minder schutten) of met slimme sluisontwerpen waardoor de zoutindringing door het schutten wordt geminimaliseerd.

De mix van berging en gemalen is zodanig dat de 1/10.000 per jaar waterstanden vergelijkbaar blijven met de huidige situatie. Daarmee is er vrijwel geen impact voor waterkeringen. Ook buitendijks is er weinig

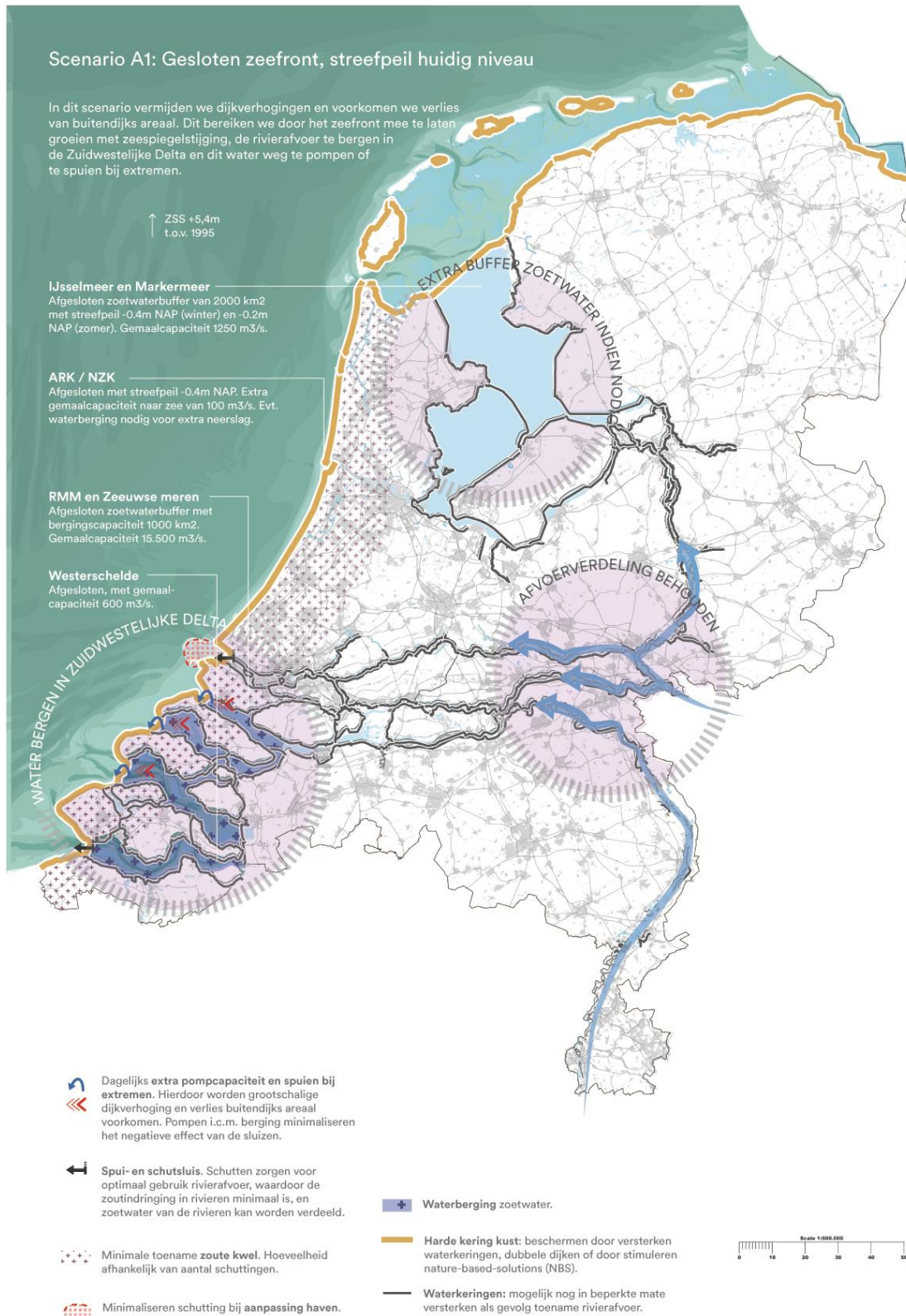
¹ Vermeulen en Honing 2021. TB ARK/NZK - *Effecten zeespiegelstijging op pomp- en spuicapaciteit* voor Toekomstbestendig watersysteem ARK/NZK.

impact: de waterstanden die in deze strategie eens in de 100 jaar voorkomen, zijn zelfs lager dan in de huidige situatie.

Voor de zoetwatervoorraad worden extra buffers aangelegd. Er is een buffer voorzien op het IJsselmeer en Markermeer en een buffer in de Zuidwestelijke Delta. Deze buffers worden bijtijds gevuld om in een droge periode over zoetwater te kunnen beschikken, waarbij de buffer in de Zuidwestelijke Delta wegens opwaartse kwel naar verwachting niet overal volledig zoet zal zijn. Voor deze buffer is de toegestane peilstijging zo gekozen dat de impact op buitendijkse bebouwing zeer beperkt is. Tegelijkertijd is het wenselijk dat bij een hoogwater deze buffers leeg zijn om extra dijkversterkingen te voorkomen. Dat is voor de Zuidwestelijke Delta haalbaarder dan voor het IJsselmeergebied.

In onderstaande afbeelding 3.4 is strategie A1 gevisualiseerd.

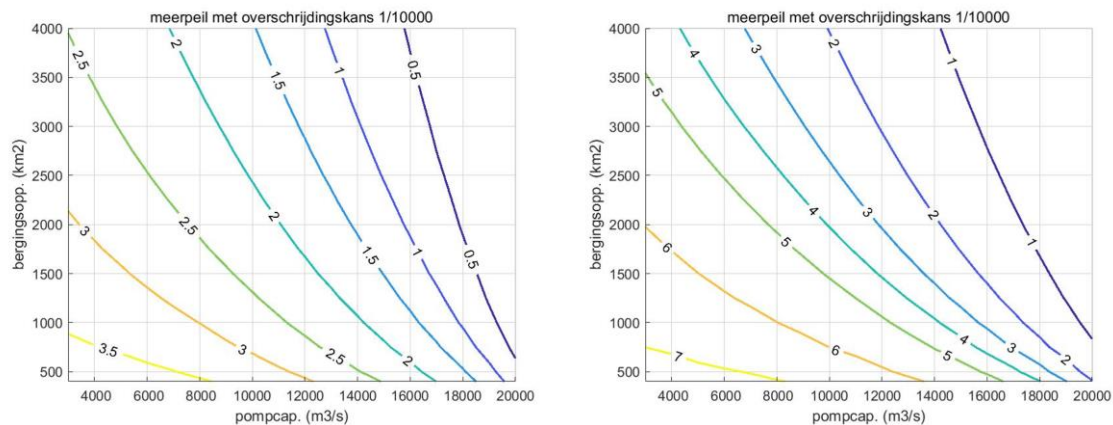
Afbeelding 3.4 Visualisatie strategie A1: gesloten zeefront, vast streefpeil rond NAP



In strategie A1 zijn de onderstaande systeemkeuzes gemaakt. Op basis van de systeemkeuzes zijn de effecten op de waterstanden afgeleid die de basis zijn van dijkversterkingen:

- de zeefronten worden afgesloten met dammen of met sluizen die leiden tot vrijwel geen zoutindringing;
- het beoogde streefpeil in de dagelijkse situatie is NAP in de Westerschelde, Zuidwestelijke Delta en de Rijn-Maasmonding. Voor het ARK/NZK systeem is dat NAP -0,4 m. Voor het IJsselmeer is dat NAP -0,4 m in de winter en NAP -0,2 m in de zomer;
- de bergingscapaciteit in de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta is 1.000 km². Het gaat daarbij om het Haringvliet, Grevelingen, Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde (en niet de Westerschelde). Ook rondom het ARK/NZK kan voor neerslag extra waterberging nodig zijn;
- de benodigde gemaalcapaciteit is:
 - voor de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta : 5.000 m³/s bij 2,0 m zeespiegelstijging en 15.500 m³/s bij 5,4 m zeespiegelstijging. Uitgangspunt bij deze strategie is dat de impact op buitendijkse gebieden minimaal is. Als ontwerpcriterium is gekozen dat de huidige gemiddelde 1/10.000 per jaar waterstand bij Rotterdam en Dordrecht ook in deze strategie geldt;
 - voor de Westerschelde: 600 m³/s orde grootte gelijk aan de maatgevende afvoer;
 - voor het ARK/NZK: Er is extra gemaalcapaciteit naar zee van orde grootte 100 m³/s voorzien. Hiermee is het mogelijk om de bestaande afvoer zonder te spuien naar zee te voeren. Dit is al nodig bij 80 cm zeespiegelstijging;
 - voor het IJsselmeer: Deze is geschat op orde grootte 1200 m³/s wat ook nog dijkversterkingen impliceert (conform de ISWP-studie). De dijkversterkingen kunnen worden voorkomen als de gemaalcapaciteit orde grootte 3 maal groter is;
- de afvoerverdeling op de rivieren is niet veranderd. Dat betekent dat de extra afvoer wordt afgevoerd op basis van de huidige verdeling. Dus zowel de Waal, Lek en IJssel krijgen te maken met hogere afvoeren;
- buitendijks zijn er geen grote ingrepen voorzien omdat de piekwaterstand (1/10.000 per jaar) vergelijkbaar is met het heden;
- er zijn twee zoetwaterbuffers gecreëerd:
 - op het IJsselmeer en Markermeer (2.000 km²). Verondersteld is dat de waterstand hier 1 m kan worden opgezet. Deze peilopzet heeft ook impact op de piekwaterstanden bij hoogwater rondom deze meren. Dit heeft tevens grote invloed op de inzet van de Ramspolkering en het achterliggende gebied en op het ARK/NZK systeem (waarvoor het Markermeer nu overloopgebied is). Hier is niet in detail naar gekeken;
 - in de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta kan het peil 2m worden opgezet ten opzichte van NAP (zonder al te grote effecten op bebouwing buitendijks). Deze buffers worden voorafgaand aan een periode met droogte gevuld. Bij een gemiddelde winterafvoer van orde 3.000 m³/s is hiervoor ongeveer een maand nodig als alle afvoer kan worden opgeslagen. Er wordt dan geen water gebruikt voor bestrijding van verzilting. Hierbij geldt dat de buffer in de Zuidwestelijke Delta veel sneller is gevuld dan in het IJsselmeer. Als de afvoer van de IJssel ongeveer 1/9 deel (dus ruim 300 m³/s) is van de totale afvoer dan duurt het ruim 2 maanden voordat de buffer op het IJssel- en Markermeer is gevuld. Deze peilopzet heeft ook impact op de piekwaterstanden bij hoogwater. Door de aanwezige gemaalcapaciteit kan voorafgaand aan een hoogwater het peil worden verlaagd. Dit kost echter wel veel tijd:
 - voor het IJsselmeer en Markermeer is de gemaalcapaciteit 1.250 m³/s. Zonder extra rivierafvoer zal het wegpompen van een waterschijf van 1 m bijna 20 dagen kosten. De werkelijke periode is langer omdat er ook sprake van extra aanvoer van water zal zijn. Echter de periode van 20 dagen is langer dan de voorspelhorizon van hoogwater, er zal dus rekening moeten worden gehouden met extra dijkversterking;
 - voor de Zuidwestelijke Delta duurt het wegpompen van een waterschijf van 1m bij een gemaalcapaciteit van 5.000 m³/s bijna 5 dagen. Bij een gemaalcapaciteit van 16.000 m³/s (de benodigde gemaalcapaciteit om een extreme rivierafvoer volledig weg te pompen) is dat ongeveer 1,5 dag zonder rekening te houden met extra wateraanvoer. Gegeven de voorspelhorizon is hier dus meer ruimte om een significante peildaling te realiseren zodat de waterberging beschikbaar is bij hoogwater, al is nog onduidelijk of hier altijd van kan worden uitgegaan omdat de voorspellingen een fout kennen. Deze fout leidt statistisch ook tot hogere waterstanden.

Afbeelding 3.5 Afleiden van het bergingsvolume met het reservoirmodel gegeven de pompcapaciteit, rivierafvoer en het na te streven binnenpeil met een overschrijdingskans van 1/10.000 per jaar voor 2100 (links) en 2200 (rechts)



3.6 Strategie A2: gesloten zeefront, meestijgend streefpeil

In deze strategie is (net als in strategie A1) sprake van een gesloten zeefront, echter nu wordt het streefpeil in de Rijn-Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta niet vastgehouden op het huidige niveau maar stijgt het mee met de zeespiegel, om zoveel mogelijk onder verval te kunnen spuien. Dit brengt een dijkversterkingsopgave met zich mee en heeft gevolgen voor sommige buitendijkse gebieden.

Er ontstaat dus weliswaar wederom (net als in strategie A1) een polder in de Zuidwestelijke Delta, echter het peil in de polder stijgt mee met de zeespiegel zodat dagelijks de rivierafvoer via spuisluizen kan worden geloosd maar waarbij deze sluisen ook dagelijks worden gesloten voordat de stroming omkeert. In geval van hoge rivierafvoer stijgen de waterstanden bovenstrooms, deze stijging wordt deels beperkt door inzet van berging en gemalen. Deze hogere waterstanden geven een significante belasting op het buitendijkse gebied.

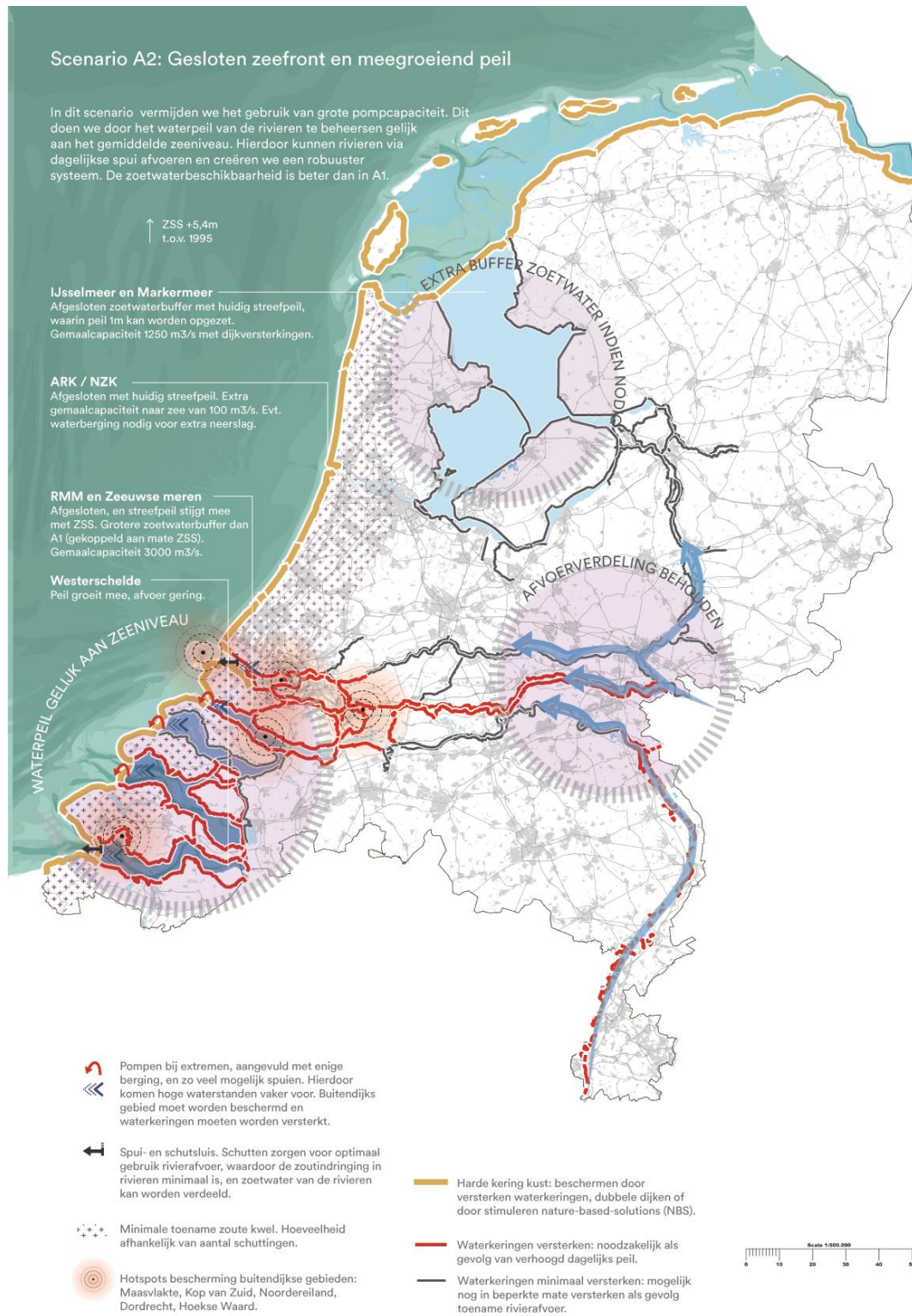
Omdat de Westerschelde, de Rijn- Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta afgesloten zijn van zee, is de zoutindringing minimaal. Ook het ARK/NZK systeem en het IJsselmeer worden afgesloten, waarbij het peilbeheer blijft zoals het nu is (en het peil dus niet meestijgt met zeespiegelstijging, zoals in de Zuidwestelijke Delta).

De overslag van zee- naar binnenvaart zal ook nu grotendeels via land moeten plaatsvinden (minder schutten) of met slimme sluisontwerpen waardoor de zoutindringing door het schutten marginaal is.

Voor de zoetwatervoorraad worden extra buffers aangelegd. Er is een buffer voorzien op het IJsselmeer en Markermeer en een buffer in de Zuidwestelijke Delta. De buffer in de Zuidwestelijke Delta heeft een grotere capaciteit dan in strategie A1 omdat de waterstand vanaf het verhoogde dagelijks peil kan uitzakken tot NAP. De omvang van de buffercapaciteit is dan ook gekoppeld aan de mate van zeespiegelstijging. Deze buffer in de Zuidwestelijke Delta wordt altijd vanzelf aangevuld tot streefpeil als er voldoende rivierafvoer is. Dat is mogelijk omdat de totale winterafvoer ruim hoger is dan de buffercapaciteit.

In onderstaande afbeelding 3.6 is strategie A2 gevisualiseerd.

Afbeelding 3.6 Visualisatie strategie A2: gesloten zeefront, meestijgend streefpeil



In deze strategie zijn de onderstaande systeemkeuzes gemaakt. Op basis van de systeemkeuzes zijn de effecten op de waterstanden afgeleid die de basis zijn van dijkversterkingen:

- de zeefronten worden afgesloten met dammen en sluizen die leiden tot vrijwel geen zoutindringing;
- het streefpeil:
 - groeit vanaf NAP mee met de zeespiegelstijging voor de Westerschelde, de Zuidwestelijke Delta en de Rijn- Maasmonding;
 - blijft gelijk aan huidige dagelijkse situatie in het ARK/NZK systeem: NAP -0,4 m. Voor het IJsselmeer is dat NAP -0,4 m in de winter en NAP -0,2 m in de zomer;
- de bergingscapaciteit in de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta is 1.000 km². Het gaat daarbij om het Haringvliet, Grevelingen, Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde (en dus niet de Westerschelde: deze wordt wel afgesloten maar is geen bergingsgebied). De netto capaciteit om water te bergen bij hoogwater is in deze strategie wel kleiner dan in strategie A1 omdat het aanvangspeil hoger is. Ook rondom het ARK/NZK kan voor neerslag extra waterberging nodig zijn;
- de benodigde gemaalcapaciteit is:
 - voor de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta : 3.000 m³/s;
 - voor de Westerschelde: geen, omdat het peil al meegroeit en de afvoer gering is;
 - voor het ARK/NZK: extra gemaalcapaciteit van orde grootte 100 m³/s. Hiermee is het mogelijk om de bestaande afvoer zonder te spuien naar zee te voeren. Dit is al nodig bij 80 cm zeespiegelstijging¹.
 - voor het IJsselmeer: deze is geschat op orde grootte 1.200 m³/s wat ook nog dijkversterkingen impliceert (conform de ISWP-studie²). De dijkversterkingen kunnen worden voorkomen als de gemaalcapaciteit orde-grootte 3 maal groter is;
- de afvoerverdeling op de rivieren is niet veranderd. Dat betekent dat de extra afvoer wordt afgevoerd op basis van de huidige verdeling. Dus zowel de Waal, Lek en IJssel krijgen te maken met hogere afvoeren;
- er is een dijkversterkingsopgave om het meegroeien van het streefpeil met de zeespiegel mogelijk te maken, dit is toegelicht in paragraaf 3.9.1. Ook buitendijks zijn er als gevolg van de hogere waterpeilen maatregelen nodig om de gebieden te beschermen;
- er zijn twee zoetwaterbuffers gecreëerd:
 - op het IJsselmeer en Markermeer (2.000 km²). Verondersteld is dat de waterstand hier 1 m kan worden opgezet. Deze peilopzet heeft ook impact op de piekwaterstanden bij hoogwater. De impact hiervan is conform strategie A1.

In perioden van droogte kan het waterpeil van de bergingsgebieden in de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta tot NAP uitzakken, vanaf NAP 2 m in 2100 en vanaf NAP 5,4 m in 2200. De buffer wordt na het uitzakken weer aangevuld met de rivierafvoer en als het streefpeil weer is bereikt, kan weer via spuumiddelen worden geloosd. De inzet van de buffer heeft geen effect op de hoogte van de dijken omdat deze al zijn gedimensioneerd op een volle buffer.

3.7 Strategie B1: afsluitbaar open zeefront, behoud afvoerverdeling

In deze strategie is er niet sprake van een gesloten, maar van een afsluitbaar open zeefront in de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta (inclusief de Westerschelde), middels stormvloedkeringen. De kans op niet-sluiten bij een gewenste sluiting is veel kleiner dan nu het geval is, deze kans is 1/10.000 per aanspraak. Aanvullend op deze stormvloedkeringen is er voor de Rijn- Maasmonding regio en Zuidwestelijke Delta (uitgezonderd Westerschelde) extra berging voor piekafvoer van rivieren en zijn er gemalen. Deze berging en gemalen worden vooral ingezet bij een gesloten situatie van de stormvloedkering.

Het sluitpeil van de stormvloedkeringen stijgt in enige mate mee met de zeespiegelstijging. Dat betekent dat de dagelijkse waterstanden bij buitendijkse gebieden ook stijgen. Het sluitpeil groeit mee om de sluitfrequentie beperkt te houden. Nu is bij 2 m en 3 m ZSS uitgegaan van 1 sluiting per maand in het winterseizoen, dus 6 sluitingen per jaar. Bij 5,4 m ZSS zou de sluitfrequentie bij een 2,5 m hoger sluitpeil nog

¹ Vermeulen en Honing 2021. TB ARK/NZK - *Effecten zeespiegelstijging op pomp- en spuicapaciteit* voor Toekomstbestendig watersysteem ARK/NZK.

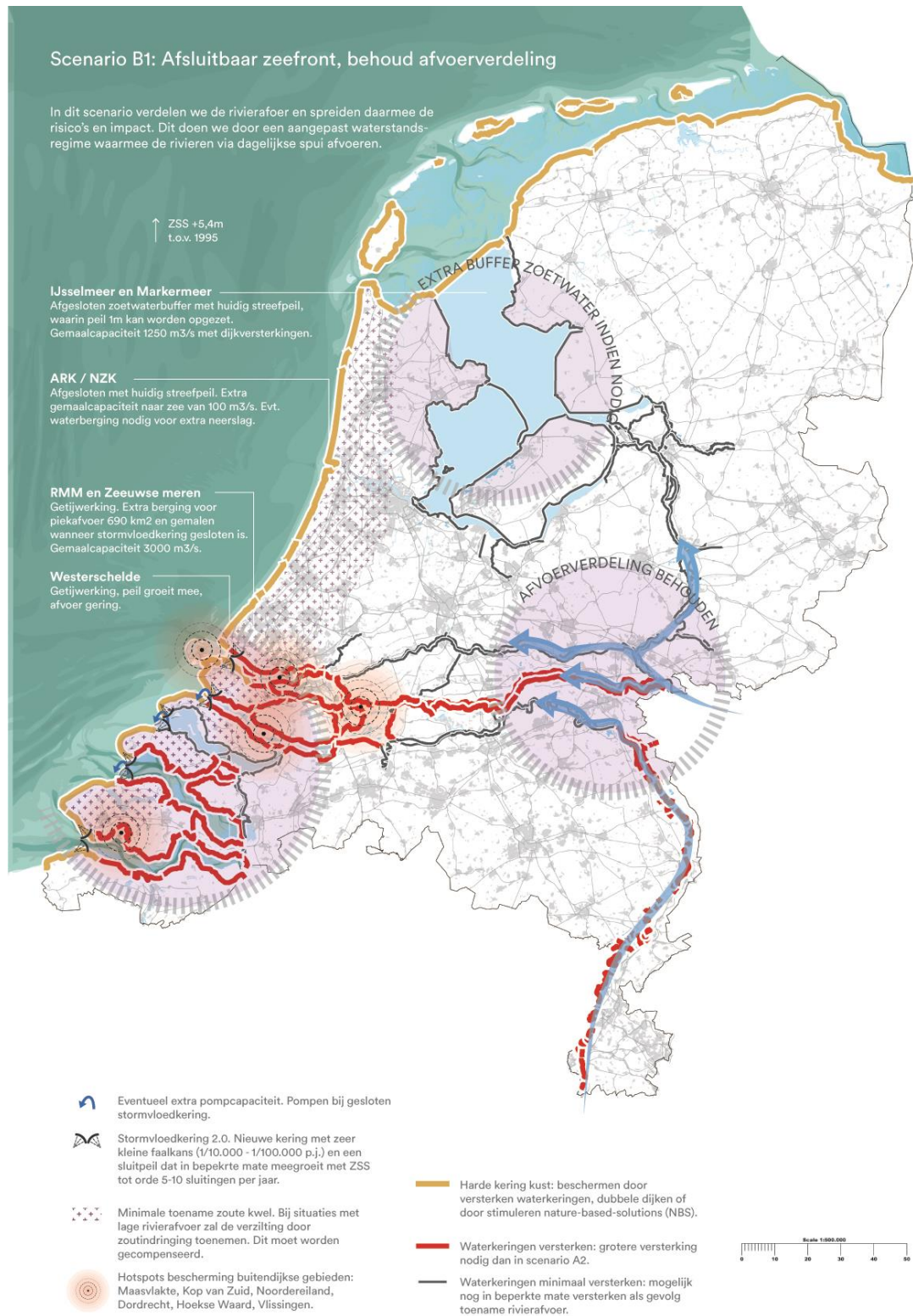
² <https://magazines.deltaprogramma.nl/deltanieuws/2019/03/ijsselmeer>

steeds ongeveer dagelijks zijn, maar in strategie B1 zijn varianten mogelijk met een nog hoger sluitpeil om de sluitfrequentie te verlagen.

De zeefronten bij het IJsselmeer en ARK/NZK zijn gesloten conform de strategieën A1 en A2. De afvoerverdeling op de rivieren is ongewijzigd. Voor de zoetwatervoorraad wordt een extra buffer aangelegd bij het IJsselmeer en Markermeer. De capaciteit hiervan is gelijk aan die in de voorgaande strategieën A1 en A2.

In onderstaande afbeelding 3.7 is strategie B1 gevisualiseerd.

Afbeelding 3.7 Visualisatie strategie B1: afsluitbaar open zeefront, behoud afvoerverdeling



In strategie B1 zijn de onderstaande systeemkeuzes gemaakt. Op basis van de systeemkeuzes zijn de effecten op de waterstanden afgeleid die de basis zijn van dijkversterkingen:

- de zeefronten van de Rijn- Maasmonding regio en de Zuidwestelijke Delta (inclusief Westerschelde) worden afgesloten met stormvloedkeringen. Het dagelijks waterpeil stijgt zodat de sluitfrequentie gelijk is aan 6 maal per jaar (of 1 maal in de maand in de winterperiode). De kans op niet sluiten is 1/10.000 per sluitvraag;
- de zeefronten van het ARK/NZK en IJsselmeer worden afgesloten met dammen, gemalen en sluisen die leiden tot vrijwel geen zoutindringing. Schutten blijft hierbij wel mogelijk waardoor er een watervraag is voor tegengaan van verzilting. Het streefpeil voor het ARK/NZK systeem is voor de dagelijkse situatie NAP -0,4 m. Rondom het ARK/NZK kan voor neerslag extra waterberging nodig zijn;
- de bergingscapaciteit in de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta is 690 km². Het gaat daarbij om het Haringvliet, Grevelingen, Volkerak-Zoommeer. De Oosterschelde en Westerschelde zijn geen onderdeel van het bergingsgebied. De netto capaciteit om water te bergen bij hoogwater is in strategie B1 net als in strategie A2 wel kleiner dan in strategie A1, omdat het aanvangspeil in de buffers hoger is dan in strategie A1 door het aangepaste sluitpeil;
- de gemaalcapaciteit is:
 - voor de Rijn- Maasmonding en Zuidwestelijke Delta: 3.000 m³/s;
 - voor de Westerschelde: geen, omdat de afvoer gering is;
 - voor het ARK/NZK systeem: er is extra gemaalcapaciteit van orde grootte 100 m³/s voorzien. Hiermee is het mogelijk om de bestaande afvoer zonder spui naar zee te voeren. Dit is al nodig bij 80 cm zeespiegelstijging¹;
 - voor het IJsselmeer: Deze is geschat op orde grootte 1.200 m³/s wat ook nog dijkversterkingen impliceert (conform de ISWP-studie²). De dijkversterkingen kunnen worden voorkomen als de gemaalcapaciteit orde grootte 3 maal groter is;
- de afvoerverdeling op de rivieren is niet veranderd. Dat betekent dat de extra afvoer wordt afgevoerd op basis van de huidige verdeling. Dus zowel de Waal, Lek en IJssel krijgen te maken met hogere afvoeren;
- vanwege de verhoogde sluitpeilen ontstaat er een dijkversterkingsopgave, dit is toegelicht in paragraaf 3.9.1. Ook buitendijks zijn er maatregelen nodig om de gebieden te beschermen als gevolg van de hogere waterpeilen;
- er is een zoetwaterbuffer gecreëerd op het IJsselmeer en Markermeer (2.000 km²) conform strategie A1 en A2.

3.8 Strategie B2: afsluitbaar zeefront, gewijzigde afvoerverdeling

In strategie B2 is net als in strategie B1 gekozen voor een afsluitbaar open zeefront, echter met een aanvullende systeemkeuze: een gewijzigde afvoerverdeling. Bij hoge rivierafvoer (>12.000 m³/s) wordt achtereenvolgens gebruik gemaakt van de bestaande rivieren Boven-Rijn, Waal, Boven-Merwede, Nieuwe-Merwede, Hollands Diep en Haringvliet om het rivierwater naar zee te leiden. Langs deze rivieren zullen ingrepen nodig zijn om de afvoer mogelijk te maken (verbreding, verdieping). Er ontstaat een hoogwatercorridor, die is geïnspireerd op het 'Plan Beaufort'. Ook de Maas sluit aan op deze corridor en maakt er vanaf de stuw bij Lith onderdeel van uit.

In het Haringvliet ligt een stormvloedkering zodat er nog sprake is van getijde in de monding van de hoogwatercorridor. Deze stormvloedkering sluit alleen bij extreme stormvloeden of om te veel zoutindringing tegen te gaan. De kans op niet-sluiten bij een sluitvraag is zeer klein en verwaarloosbaar. Ook is het mogelijk dat de rivierbodem aanslibt en dat het hierdoor ondieper wordt in de monding van de corridor. Dit biedt kansen voor natuur maar kan ook een extra hoogteopgave voor de dijken betekenen. De resterende meren in de Zuidwestelijke Delta zijn verbonden met het Haringvliet en kunnen worden ingezet als berging.

¹ Vermeulen en Honing 2021. TB ARK/NZK - *Effecten zeespiegelstijging op pomp- en spuicapaciteit* voor Toekomstbestendig watersysteem ARK/NZK.

² <https://magazines.deltaprogramma.nl/deltanieuws/2019/03/ijsselmeer>

Onderdeel van deze strategie is een Deltapolder waarmee de gebieden rondom Rotterdam en Dordrecht een beheerst peil krijgen, rond NAP. De Deltapolder kent een afsluiting aan zeezijde op de Nieuwe Waterweg en sluizen in het Spui, Dordtse Kil en Beneden Merwede. De Lek loost op deze polder. Gemalen die uitslaan op zee zorgen ervoor dat het peil rond NAP blijft. Ook het buitendijks gebied binnen deze Deltapolder is beschermd.

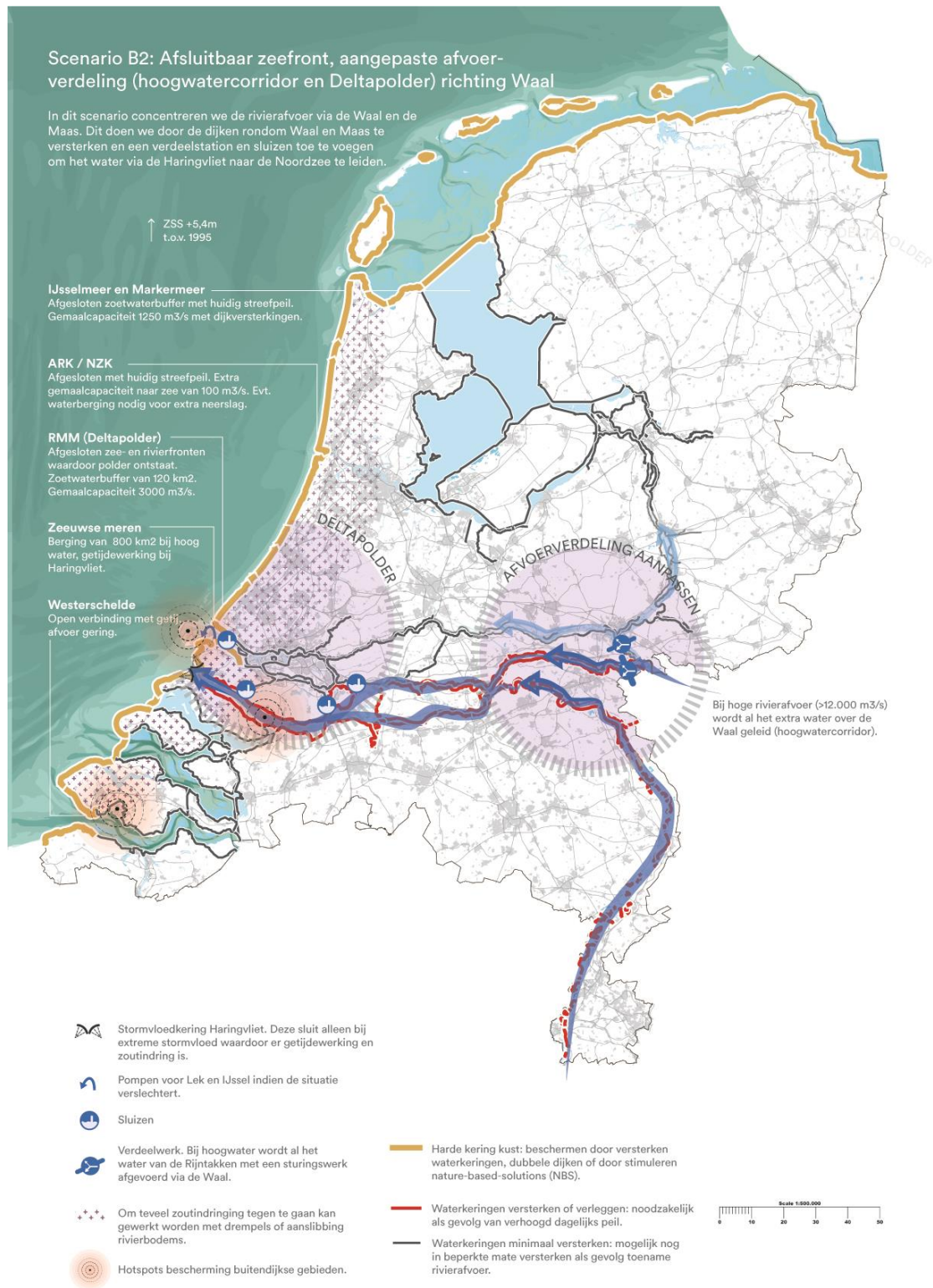
Gekozen is voor de Waal omdat nu al het meeste water via de Waal wordt afgevoerd. Een variant kan zijn om al het water via de IJssel af te voeren vanwege het brede rivierbed (de IJsselvallei), echter dat kan wel leiden tot knelpunten bij de steden langs de IJssel. Het vaststellen van de haalbaarheid van deze variant vraagt om extra onderzoek. Er daarom voor gekozen, de Lek en de IJssel in strategie B2 te ontzien.

De afvoerverdeling over de Waal, Lek en IJssel kan binnen deze strategie worden gewijzigd voor hoogwater maar ook voor lage afvoeren. Bij lage rivierafvoer kan er juist meer water naar de IJssel en Lek worden gestuurd zodat het zoetwater beter verdeeld wordt.

De Westerschelde heeft een open verbinding zonder stormvloedkeringen. De zeefronten bij het IJsselmeer en ARK/NZK zijn gesloten conform de strategieën A1 en A2. Voor de zoetwatervoorraad wordt een extra buffer aangelegd bij het IJsselmeer en Markermeer plus een kleinere buffer in de Deltapolder. De capaciteit van de buffer in het IJsselmeer en Markermeer is gelijk aan de capaciteit in de voorgaande strategieën. De buffer op het IJsselmeer kan mogelijk wel sneller worden gevuld door de gebruik te maken van de afvoerverdelingswerken. De buffer in het Rijn- Maasmonding gebied is ongeveer 120km² met een peilvariatie tussen NAP en NAP +2,0 m.

In onderstaande afbeelding 3.8 is strategie B2 gevisualiseerd.

Afbeelding 3.8 Visualisatie strategie B2: afsluitbaar zeefront, gewijzigde afvoerdeling



In strategie B2 zijn de onderstaande systeemkeuzes gemaakt. Op basis van de systeemkeuzes zijn de effecten op de waterstanden afgeleid die de basis zijn van dijkversterkingen:

- er wordt een hoogwatercorridor op de Waal gecreëerd. De hoogwatercorridor loost via het Haringvliet (waarbij lozing via de Grevelingen een variant kan zijn). De overige Zeeuwse meren zijn verbonden met het Haringvliet en kunnen worden benut als berging bij hoogwater (uitgegaan is van 800 km²). De zee en het Haringvliet worden gescheiden door een stormvloedkering, vergelijkbaar met de Oosterscheldekering. Deze sluit alleen bij extreme stormvloed waardoor er getijdewerking en zoutindringing is in het Haringvliet. Om zoutindringing tegen te gaan kan gewerkt worden met drempels of aanslibbing van rivierbodems maar moet wel gekeken worden wat dit betekent voor de hoogwaterstanden;
- de afvoerverdeling wordt aangepast. Bij afvoeren groter dan 12.000 m³/s wordt de extra afvoer via de Waal afgevoerd. Bovenstroomse opstuwing als gevolg van dit verdeelwerk wordt gecompenseerd door rivierversmalling of door dijkversterking;
- bij de Beneden Merwede, Dordtse Kil en het Spui worden nieuwe sluzen gerealiseerd die fungeren als waterkering. Ook de Nieuwe Waterweg wordt afgesloten van zee (met sluzen die leiden tot vrijwel geen zoutindringing) waardoor de Deltapolder ontstaat. Het waterpeil in de Deltapolder is beheerst omdat de capaciteit van de gemalen overeenkomt met de afvoer van de Lek. Het streefpeil in de Deltapolder is gelijk aan NAP. Vanwege de aanzienlijke peilverschillen die kunnen optreden tussen de hoogwatercorridor en omliggende watersystemen (als het ARK/NZK) zijn er mogelijk nog aanvullende ingrepen nodig voor de stabiliteit van kunstwerken;
- de Westerschelde blijft een open verbinding. De zeefronten van het ARK/NZK en IJsselmeer worden afgesloten met dammen, sluzen en gemalen. Schutten blijft hierbij wel mogelijk waardoor er een watervraag ontstaat voor het tegengaan verzilting. Het streefpeil voor het ARK/NZK systeem is voor de dagelijkse situatie NAP -0,4 m. Rondom het ARK/NZK kan voor neerslag extra waterberging nodig zijn;
- de benodigde gemaalcapaciteit is:
 - voor de Deltapolder (Rijn- Maasmonding): 3.000 m³/s;
 - voor de Westerschelde: geen, omdat de afvoer gering is;
 - voor het ARK/NZK systeem: er is extra gemaalcapaciteit van orde grootte 100 m³/s voorzien. Hiermee is het mogelijk om de bestaande afvoer zonder spuien naar zee te voeren. Dit is al nodig bij 80 cm zeespiegelstijging¹;
 - IJsselmeer: Deze is geschat op orde grootte 1.200 m³/s wat ook nog dijkversterkingen impliceert (conform de ISWP-studie²). De dijkversterkingen kunnen worden voorkomen als de gemaalcapaciteit orde grootte 3 maal groter is;
- buitendijks zijn er alleen buiten de Deltapolder maatregelen nodig om de gebieden te beschermen als gevolg van de hogere waterpeilen. Met name langs de hoogwatercorridor ontstaat een versterkingsopgave. Dit is toegelicht in paragraaf 3.9.1;
- er is een zoetwaterbuffer gecreëerd op het IJsselmeer en Markermeer (2.000 km²) conform strategie A1 en A2 en een zoetwaterbuffer in het Rijn- Maasmonding gebied (120 km²) met een peilfluctuatie van 2 m.

3.9 Doorwerking strategieën op waterveiligheid en zoetwater

De bovenbeschreven strategieën onderscheiden zich door de gemaakte systeemkeuzes ten aanzien van zeespiegelstijging (wel of niet afsluiten van het zeefront), ten aanzien van de rivierafvoer (de huidige afvoerverdeling handhaven of niet, het rivierwater spuien of opslaan of wegpompen) en ten aanzien van zoetwater (het creëren van zoetwaterberging of niet). Deze systeemkeuzes werken door op de waterveiligheid en op de zoetwaterbalans. In onderstaande twee paragrafen is dit toegelicht.

¹ Vermeulen en Honing 2021. TB ARK/NZK - *Effecten zeespiegelstijging op pomp- en spuicapaciteit* voor Toekomstbestendig watersysteem ARK/NZK.

² <https://magazines.deltaprogramma.nl/deltanieuws/2019/03/ijsselmeer>

3.9.1 Waterveiligheid: versterking waterkeringen en buitendijks

De systeemkeuzes voor waterveiligheid hebben invloed op de dijkversterking en op de stormvloedkeringen. Immers de systeemkeuzes leiden tot andere hydraulische belastingen dan zonder deze keuzes (VKS2015). Door middel van dijkversterking en aanpassingen aan stormvloedkeringen wordt ervoor gezorgd dat aan de eisen voor waterveiligheid wordt voldaan. Voor de bescherming van buitendijkse gebieden is eveneens aandacht nodig omdat de hydraulische belastingen als gevolg van systeemkeuzes veranderen. In het rivierengebied zijn ook in de VKS2015 dijkversterkingen nodig vanwege de toename van de rivierafvoer, maar als gevolg van systeemkeuzes kan het om meer of minder dijkversterking gaan. Hieronder is dit per strategie kort toegelicht.

- strategie A1, waarin wordt ingezet op een bemalen polder voor de Zuidwestelijke Delta, leidt in dit gebied tot een kleine opgave voor dijkversterking en de bescherming van buitendijks gebied. Tegelijkertijd wordt de delta wel afgesloten, is er geen getijdewerking meer en bestaat de delta uit zoetwater (afgezien van zoute kwel). De Zuidwestelijke Delta wordt ingezet als buffer voor zoetwater wat ook impact heeft op het ruimtegebruik;
- strategie A2 leidt tot hogere waterstanden in de Zuidwestelijke Delta waardoor er ook maatregelen nodig zijn om buitendijks gebied te beschermen en waterkeringen te versterken. Ook nu is er geen getijdewerking en is de delta overwegend zoet;
- in strategie B1 is er in de Zuidwestelijke Delta een open verbinding met zee die afgesloten kan worden met stormvloedkeringen. Hierdoor is er getij, indringing van zout water en treedt meer verzilting op. Tegelijkertijd is het nodig om buitendijks gebied te beschermen en waterkeringen te verhogen;
- in strategie B2 ontstaat een Deltapolder waarin de waterstanden vergelijkbaar zijn met A1 (en er dus nauwelijks dijkversterkingen of bescherming van buitendijks gebied nodig is). De hoogwatercorridor op de Waal krijgt te maken met hogere waterstanden en extra dijkversterking. Daar staat dan tegenover dat de Lek en de IJssel worden ontzien, hier zijn dus geen verdere dijkversterkingen nodig en hier zou het overstromingsrisico zelfs kunnen dalen als de maatgevende afvoer op deze rivieren daalt.

Op het IJsselmeer zijn extra dijkversterkingen nodig als deze wordt ingezet als een buffer. De hoogte van de buffer is 1 meter. In combinatie met golven kan dat leiden tot dijkversterkingen van orde grootte 1 tot 1,5 m extra kruinhoogte. Dit zal ook leiden tot extra ruimtebeslag. De impact van zeespiegelstijging of toename van de rivierafvoer op regionale watersystemen is beperkt verondersteld. De boezemsystemen zelf zijn volledig bemalen. Eventuele extra neerslag zal in de polders geborgen moeten worden, of kan worden afgevoerd door extra bemaling. De omvang hiervan is beperkt.

In tabel 3.3 is per strategie het effect op binnendijkse waterveiligheid geschat voor verschillende watersystemen exclusief het Rijn- Maasmonding gebied en het rivierengebied.

Tabel 3.3 Impact strategieën op waterveiligheid voor overige deelsystemen buiten Rijn- Maasmonding vergeleken met de autonome ontwikkeling in hetzelfde zichtjaar

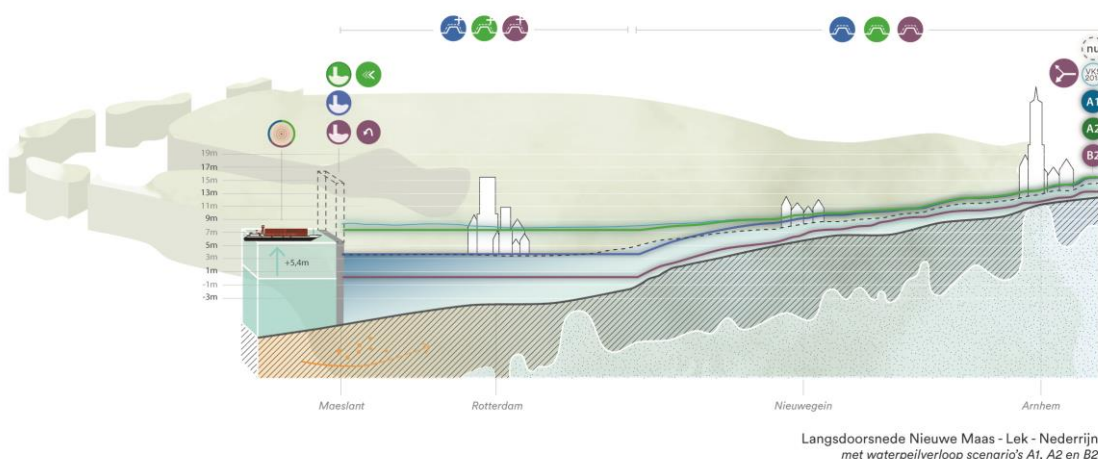
	IJssel	Kust en wadden	IJsselmeer	Wester-schelde	ARK/NZK	Zuidwestelijke Delta
Strategie A1	Geen effect	Geen effect (nieuwe maatgevende waterstand stijgt met ZSS)	Geen effect	Peil orde grootte gelijk aan NAP	Geen effect	Peil orde grootte gelijk aan NAP
Strategie A2	geen effect	geen effect (nieuwe maatgevende)	geen effect	meegroeien met ZSS zonder toeslag stormvloed (gesloten als	geen effect	meegroeien met ZSS zonder toeslag stormvloed (gesloten als

	IJssel	Kust en wadden	IJsselmeer	Wester-schelde	ARK/NZK	Zuidwestelijke Delta
		waterstand stijgt met ZSS)		de stroming omkeert)		de stroming omkeert)
Strategie B1	geen effect	geen effect (nieuwe maatgevende waterstand stijgt met ZSS)	geen effect	peilstijging iets lager dan ZSS door SVK maar hoger dan nu (mits de SVK-en ook worden verhoogd)	geen effect	meegroeien met ZSS met licht gunstig effect SVK, berging en gemalen
Strategie B2 (gebied exclusief corridor en deltapolder)	IJssel wordt ontzien	geen effect (nieuwe maatgevende waterstand stijgt met ZSS)	IJsselmeer wordt ontzien	meegroeien met ZSS	-	meegroeien met ZSS

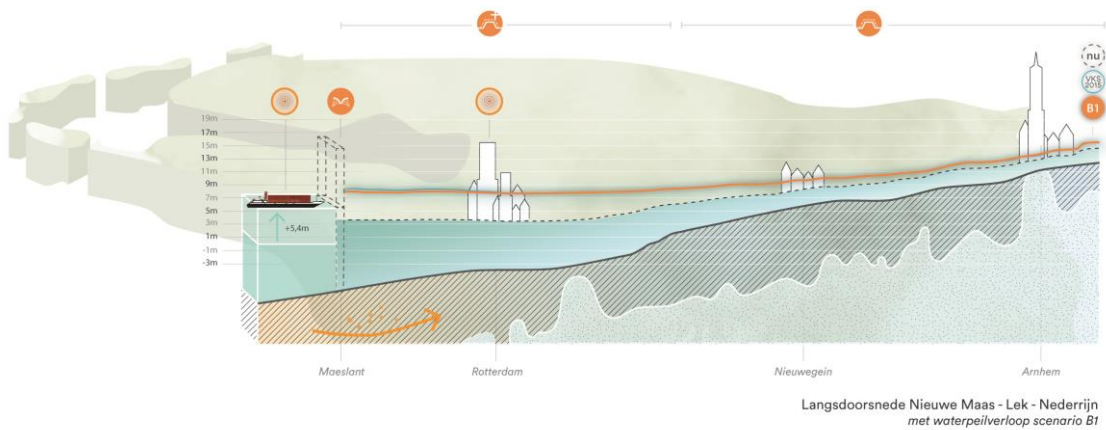
In onderstaande afbeeldingen is voor een zeespiegelstijging van 5,4 m (2200) weergegeven wat de per strategie de gevolgen van de gemaakte systeemkeuzes zijn op de 1/10.000 per jaar waterstand voor het Rijn- Maasmonding gebied en voor het rivierengebied.

Nadere informatie over de wijze waarop deze waterstanden zijn afgeleid is terug te vinden in het bijlagenrapport.

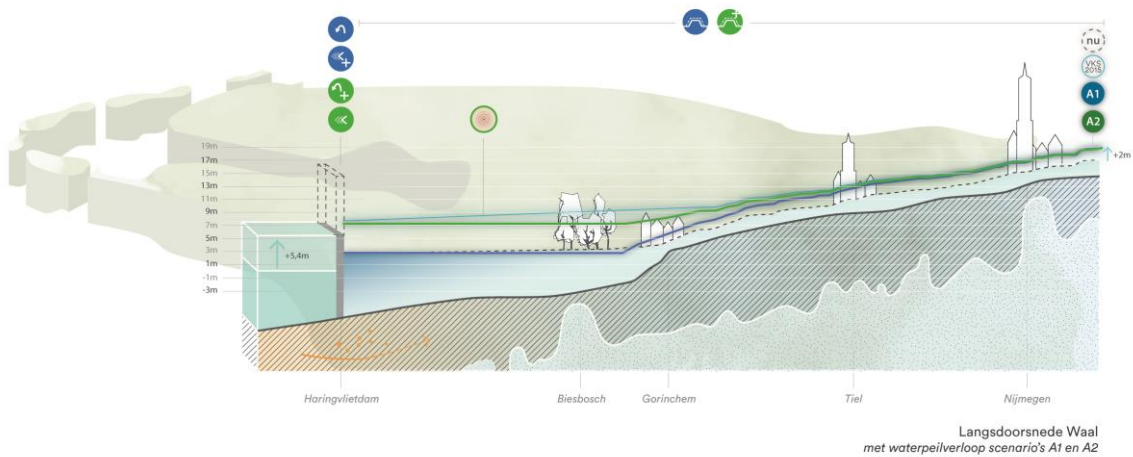
Afbeelding 3.9 Langsdoorsnede Nieuwe Maas - Lek - Nederrijn met waterpeilverloop strategieën A1, A2 en B2



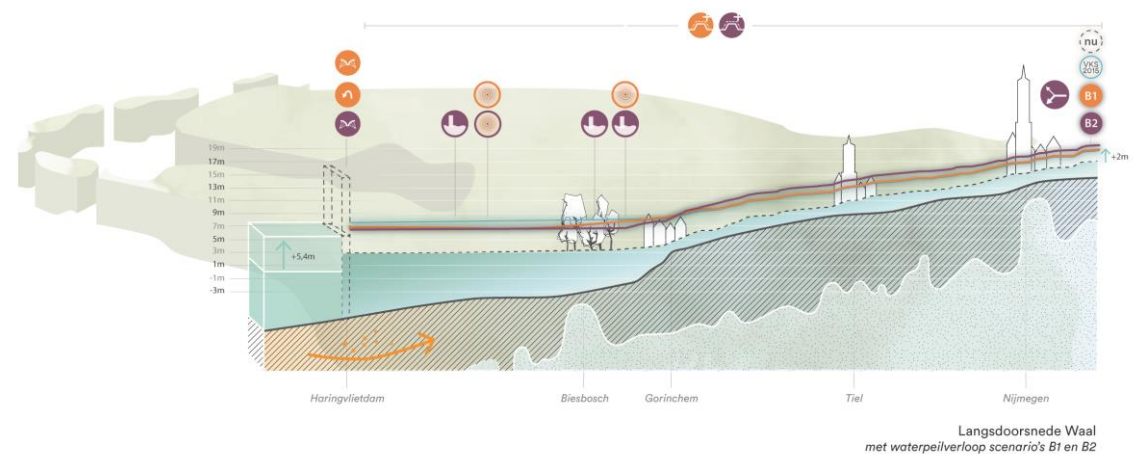
Afbeelding 3.10. Langdoorsnede Nieuwe Maas - Lek - Nederrijn met waterstandsverloop strategie B1



Afbeelding 3.11. Langdoorsnede Waal met waterstandsverloop strategieën A1 en A2



Afbeelding 3.12. Langdoorsnede Waal met waterpeilverloop strategieën B1 en B2



3.9.2 Zoetwater

De systeemkeuzes voor zoetwater hebben invloed op zowel het zoetwateraanbod als de zoetwatervraag. Het zoetwateraanbod wordt vergroot door de buffers. Hierbij is verondersteld dat deze gevuld zijn op het

moment dat deze nodig zijn. Het opzetten van de waterstand in de buffers heeft echter invloed op de zoute kwel in de omliggende gebieden. Door de hogere waterdruk zal het zout dat al aanwezig is in de bodem sneller uitspoelen. Dit vergroot de zoetwatervraag.

De systeemkeuzes hebben ook invloed op de hoeveelheid zoetwater die nodig is om de zoutindringing op de rivieren en meren terug te dringen. Voor gesloten situaties is aangenomen dat er geen significante zoutindringing is door de sluisen (al dan niet met veel minder schutten). Hierdoor vervalt dan deze vraag naar zoetwater.

Onderstaande tabel 3.4 vat per strategie samen wat de gevolgen van de systeemkeuzes zijn voor het zoetwateraanbod en voor de zoetwatervraag.

Tabel 3.4 Impact strategieën op zoetwaterbeschikbaarheid t.o.v. VKS2015

	Zoetwaterbeschikbaarheid	Zoetwatervraag voor doorspoeling	Zoetwatervraag voor verziltingsbestrijding
Strategie A1	IJsselmeer en Markermeer: 2.000 Mm ³ Zuidwestelijke Delta: 2.000 Mm ³	IJsselmeer en Markermeer: toename doorspoelbehoefte. Zuidwestelijke Delta: Afname doorspoelbehoefte door lagere peilopzet dan bij autonome ontwikkeling. Het netto effect op de waterbalans is nul geschat.	Daalt omdat er geen significante zoutindringing is door de gesloten kunstwerken bij alle zeefroten (dus zowel Rijn- Maasmonding als de overige gebieden). Wel is er nog een beperkte watervraag om zoute kwel bij de zeemondingen tegen te gaan. Deze is geschat op 100m ³ /s in 2100 en 150 m ³ /s in 2200. De watervraag voor doorspoeling van het hoofwatersysteem (Rijn- Maasmonding plus overige systemen) vervalt hiermee.
Strategie A2	IJsselmeer en Markermeer: 2.000 Mm ³ Zuidwestelijke Delta: 2.000 Mm ³ (zichtjaar 2100) 5.400 Mm ³ (zichtjaar 2200) door de mogelijkheid dat het peil uitzakt	IJsselmeer en Markermeer: Toename doorspoelbehoefte Zuidwestelijke Delta: Vergelijkbare doorspoelbehoefte als bij autonome ontwikkeling. Het netto effect is een kleine toename van de watervraag. Deze toename is geschat op 30m ³ /s in 2100 en 100m ³ /s in 2200.	Daalt omdat er geen significante zoutindringing is door de gesloten kunstwerken bij alle zeefroten (dus zowel Rijn- Maasmonding als de overige gebieden). Wel is er nog een beperkte watervraag om zoute kwel bij de zeemondingen tegen te gaan. Deze is geschat op 100 m ³ /s in 2100 en 150 m ³ /s in 2200. De watervraag voor doorspoeling van het hoofwatersysteem (Rijn- Maasmonding plus overige systemen) vervalt hiermee.
Strategie B1	IJsselmeer en Markermeer: 2.000 Mm ³ Zuidwestelijke Delta: -	IJsselmeer en Markermeer: toename doorspoelbehoefte.	Vergelijkbare watervraag als bij autonome ontwikkeling. Ook op het ARK/NZK en IJsselmeer blijft bestrijding verzilting nodig vanwege

	Zoetwaterbeschikbaarheid	Zoetwatervraag voor doorspoeling	Zoetwatervraag voor verziltingsbestrijding
		<p>Zuidwestelijke Delta: Vergelijkbare doorspoelbehoefte als bij autonome ontwikkeling.</p> <p>Het netto effect is een kleine toename van de watervraag conform strategie A2.</p>	<p>zoutindringing door schutten. Er is geen verandering in de watervraag voorzien.</p>
Strategie B2 (gebied exclusief corridor en deltapolder)	<p>IJsselmeer en Markermeer: 2.000 Mm³</p> <p>Zuidwestelijke Delta: 160 Mm³</p>	<p>IJsselmeer en Markermeer: Toename doorspoelbehoefte</p> <p>Zuidwestelijke Delta: de lagere peilen in de Deltapolder hebben een gunstig effect ten opzichte van VKS2015. De Zuidwestelijke Delta zullen meestijgen met ZSS wat leidt tot een vergelijkbare doorspoelbehoefte als bij autonome ontwikkeling.</p> <p>Het netto effect is een kleine afname van de watervraag. Deze is geschat op 15 m³/s in 2100 en 50 m³/s in 2200.</p>	<p>Verzilting op de hoogwatercorridor leidt niet tot een grote watervraag (al dan niet met extra drempels of opslibbing om zoutindringing tegen te gaan en in het uiterste geval verplaatsen van inlaten). De watervraag voor doorspoeling van het Rijn-Maasmonding gebied vervalt hiermee grotendeels. Voor tegengaan zoute kwel is deze geschat op 40m³/s in 2100 en 75 m³/s in 2200.</p> <p>Op het ARK/NZK en IJsselmeer blijft bestrijding verzilting nodig vanwege zoutindringing door schutten. Deze watervraag voor doorspoeling verandert dus niet.</p>

4

SYNTHESE

4.1 Inleiding

De uitwerking van de strategieën heeft veel inzichten opgeleverd over de oplossingsrichting Beschermen. In dit hoofdstuk staan deze inzichten op een rij:

- in paragraaf 4.2 is samengevat in welke mate de doelstellingen op gebied van waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid binnen de oplossingsrichting Beschermen haalbaar zijn;
- in paragraaf 4.3 zijn de strategieën op kosten en op ruimtebeslag met elkaar vergeleken aan de hand van uitgewerkte bouwstenen;
- vervolgens is in paragraaf 0 ingegaan op de effecten van de strategieën voor functies en thema's die buiten de doelstellingen van waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid vallen;
- in paragraaf 4.5 is toelicht welke bijdrage Nature Based Solutions kunnen bieden binnen de oplossingsrichting Beschermen;
- tot slot zijn in paragraaf 4.6 de raakvlakken met de andere oplossingsrichtingen (Meebewegen en Zee- waarts) en spoor 2 besproken.

4.2 Invulling doelbereik

4.2.1 Waterveiligheid binnendijks

Om het huidige beschermingsniveau te handhaven richting 2100 en 2200 moeten de huidige waterkeringen aanzienlijk worden versterkt. De waterkeringen langs de kust dienen versterkt te worden onafhankelijk van de te kiezen strategie. De opgave langs de rivieren en de zuidwestelijke delta varieert per strategie. In paragraaf 4.3 is dit uitgewerkt in kosten en zijn ook het ruimtebeslag en de te amoveren gebouwen inzichtelijk gemaakt.

Kijkende naar de situatie in 2200 met in achtneming van 5,4m zeespiegelstijging en de hogere rivierafvoeren kan worden geconstateerd dat de opgave erg groot is en dat de kosten en de ruimtelijke inrichting van de gebieden zeker niet onderschat moet worden. Echter vanuit technisch oogpunt is het een haalbare opgave. De benodigde afmetingen van de waterkeringen zijn niet van een dermate omvang dat deze niet maakbaar zijn. Dijken met dermate afmetingen zijn reeds gerealiseerd. Hierbij valt onder andere te denken aan waterkeringen in Japan die aan de kust zijn aangelegd ter bescherming tegen tsunamis. Maar ook binnen Nederland zijn er dijken langs andere wateren die vergelijkbaar zijn met de situatie in 2200 voor een andere locatie. Denk bijvoorbeeld aan de dijken langs de IJssel en Maas die in 2200 qua afmetingen vergelijkbaar worden met de huidige dijken langs de Waal; of de Waaldijken die qua dimensies meer op zeedijken gaan lijken in 2200.

Het doelbereik waterveiligheid voor de binnendijkse gebieden is richting 2200 voor iedere strategie uitvoerbaar en betaalbaar. De inpassing van de waterkeringen zal gezien het ruimtegebruik een grote opgave zijn qua inpassing in de leefomgeving.

Verbeelding van het versterkingsproces

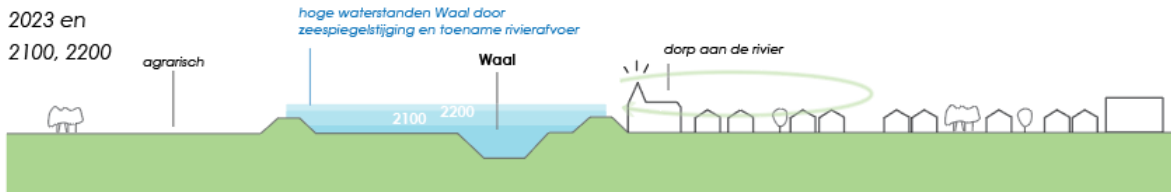
Voor een aantal kenmerkende locaties in Nederland is verbeeld hoe de versterking van de waterkering er in de toekomst uit kan zien. De uitgewerkte locaties betreffen een waterkering langs een dorp, een waterkering in het landelijk gebied en een waterkering in hoogstedelijk gebied. De drie gebieden hebben verschillende kenmerken en ruimtelijke ontwikkeling waardoor verschillende bouwstenen passend zijn. Onderstaand is ter illustratie de verbeelding voor een dorp in landelijk gebied gegeven. De andere uitgewerkte locaties zijn opgenomen in hoofdstuk 4 van het bijlage rapport

Dorp in het landelijk gebied

Dorpen in het landelijk gebied worden vaak gekenmerkt door de ligging dicht bij de dijk en gericht op de rivier. Deze dorpen zijn van oudsher ontstaan op de oeverwallen, de hoge delen, langs de rivier. In de hier beschouwde kenmerkende locatie staan historische gebouwen langs de dijk en ligt het dorp op korte afstand van de Waal.

Afbeelding 4.1 Kenmerkende locatie langs de Waal

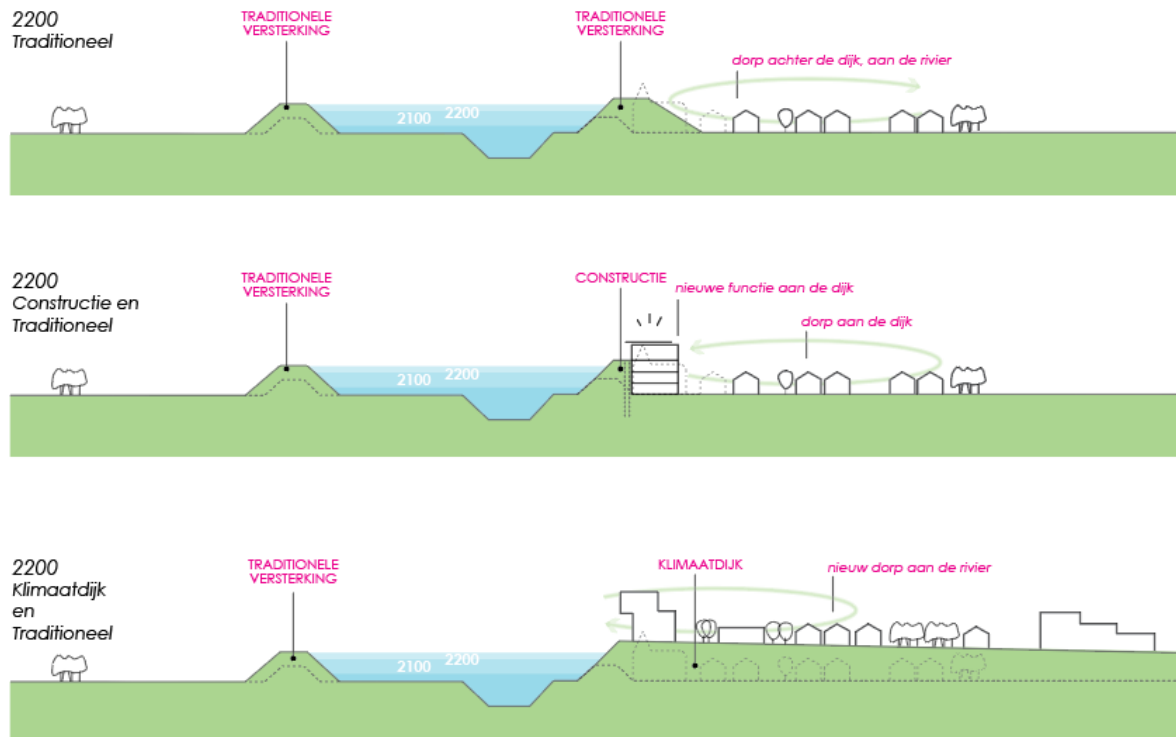
EFFECTEN ZEEPIEGELSTIJGING WATERKERING DORP IN LANDELIJK GEBIED



In de afbeeldingen hieronder zijn verschillende bouwstenen in doorsnede en conceptueel uitgewerkt. Een traditionele versterking in grond zorgt ervoor dat de bebouwing direct langs de dijk verdwijnt. Hiermee wordt de oriëntatie van het dorp aan de rivier aangetast. Er zijn echter ook alternatieve oplossingen denkbaar, zoals het combineren van een waterkerende constructie met bebouwing langs de dijk, waardoor het dorp alsnog met de rivier verbonden blijft. De alternatieve bouwsteen 'klimaatdijk' zorgt voor een robuuste dijkversterking waarbij het dorp geleidelijk (bijvoorbeeld op een termijn van 100 tot 200 jaar) wordt herontwikkeld en er een nieuw dorp aan de rivier ontstaat.

Afbeelding 4.2 Uitwerking bouwsteen 'beschermen dorp in landelijk gebied'

BOUWSTENEN BESCHERMEN DORP IN LANDELIJK GEBIED, eindsituatie



4.2.2 Waterveiligheid buitendijks

Voor buitendijkse gebieden blijkt dat beschermen niet altijd mogelijk of zinvol is als de waterstanden meegroeien met de zeespiegel. Het aantal objecten dat te maken krijgt met de gevolgen van stijgende zeespiegel en rivierafvoer in 2100 en 2200 verschilt nauwelijks per strategie, de mate waarin varieert wel:

- strategie A1: de meeste objecten van de in totaal orde 40.000 die getroffen worden in het buitendijks gebied krijgen te maken met een stijging van de 1/10.000 per jaar waterstand met 0,5 m in zowel 2100 als 2200. Dit is dus zeer beperkt;
- strategie A2: bij 5,4 m ZSS krijgen de meeste van de in totaal ruim 50.000 objecten die getroffen worden door een overstroming te maken met 1/10.000 per jaar waterstanden die ruim 3-4 m hoger zijn. In 2100 bij 2 m ZSS is deze stijging nog beperkt, tot minder dan 1 m;
- strategie B1: bij 5,4 m ZSS krijgen de meeste van de in totaal ruim 50.000 objecten die getroffen worden door een overstroming te maken met 1/10.000 per jaar waterstanden die 4-5 m hoger zijn. In 2100 bij 2 m ZSS is deze stijging nog beperkt tot 1 tot 2 m;
- strategie B2: binnen de nieuwe Deltapolder zijn er geen problemen met buitendijkse gebieden. Langs de hoogwatercorridor worden nog een kleine 5000 objecten getroffen met 1/10.000 per jaar waterstandstijgingen tussen de 2 en 4 m bij 5,4 m ZSS. Bij 2 m ZSS is dat beperkt tot 0-2 m.

Bescherming van de buitendijkse gebieden middels kades en noodmaatregelen is mogelijk tot orde grootte waterdieptes van ruim 1 (tot 2) meter. Dat betekent dat tot 2100 de meeste buitendijkse gebieden beschermd kunnen worden. Binnen strategie A1 en binnen de Deltapolder in B2 kan dat ook tot 2200. Bij verdere toename van de waterstand wordt dat lastiger en zien we een knikpunt voor beschermen. Het knikpunt betekent dat men moet meebewegen wat is gedefinieerd als ophogen of aanpassen aan toekomstige uitgiftepeilen door andere ontwerpen en inrichting. Na deze fase van meebewegen bij aanleg of renovatie kan er weer enige tijd gebruik worden gemaakt van bescherming tot de toename van de waterstand weer te groot is. Dit meebewegen ligt vooral voor de hand bij lokale bebouwing en wellicht bij industrie. Voor dicht bevolkte buitendijkse gebieden is meebewegen kostbaar en ingrijpend, deze gebieden zouden onderdeel kunnen worden van gebieden die beschermd zijn door primaire keringen. Dit zal een

inspanning en een ruimtebeslag vragen, dat is echter kleiner dan bij het meebewegen, daarnaast komt er elders ruimte vrij omdat de functie van sommige keringen dan kan vervallen.

4.2.3 Zoetwater

Voor de gekozen periode van 90 dagen voor een droog jaar kan een waterbalans worden opgesteld waarin het effect van de strategieën is verwerkt. Deze waterbalans is opgesteld voor een gemiddelde afvoer, uitgedrukt in m³/s. De waterbalans voor 2100 is opgenomen in tabel 4.1 en de waterbalans voor 2200 in tabel 4.2.

Opgemerkt wordt dat de gehanteerde schattingen onzeker zijn. De onderstaande getallen moeten dan ook worden geïnterpreteerd als orde grootte. Om een indruk te geven van de benodigde extra berging op het IJsselmeer en Marker kan als vuistregel worden aangehouden dat 100 m³/s over een periode van 90 dagen overeenkomt met 40 cm hogere bufferschijf.

Tabel 4.1 Effect strategieën op de waterbalans voor 2100 bij gekozen klimaatscenario

	Huidige situatie (2020)	VKS2015	A1	A2	B1	B2
wateraanbod (m ³ /s)	1.107	750	1.321	1321	1.064	1.084
watervraag (m ³ /s)	873	1.732	592	622	1.762	757
Totaal (m ³ /s)	234	-982	729	699	-699	327

Uit de waterbalans voor 2100 blijkt duidelijk dat de watertekorten zonder ingrepen in het watersysteem (zoals in de VKS2015) significant zijn. Alle strategieën leiden tot een verbetering ten opzichte van de VKS2015 in 2100 (en 2200). Over een periode van 90 dagen is er in de huidige situatie nog geen watertekort berekend, maar dat komt door het gekozen tijdvak van 90 dagen. Zoals eerder opgemerkt treden binnen die 90 dagen wel tijdelijke en aanzienlijke tekorten op voor een deel van de gebruikers. Zowel in de VKS2015 als in strategie B1, waarin er een afsluitbaar/open verbinding is met zee, is er een aanzienlijk tekort aan zoetwater. Dit tekort is dermate groot dat het ook niet oplosbaar is met extra buffercapaciteit in het IJsselmeer en Markermeer. De vereiste bufferschijf zou meerdere meters zijn buiten de meter die al is verondersteld in B1.

Dat betekent dat er grote keuzes nodig zijn om de watervraag te verkleinen. De systeemkeuzes A1, A2 en B2 geven hier invulling aan door een combinatie van een grote buffercapaciteit en met name het verkleinen van de watervraag voor doorspoeling van het hoofdwatersysteem. Deze verandering in de doorspoeling heeft wel grote impact op de overslag van goederen omdat die vrijwel geheel 'via land' zou moeten plaatsvinden. Een andere keuze kan zijn om de watervraag te beïnvloeden (wat onder meebewegen wordt verstaan). Denk hierbij aan het accepteren van hogere zoutconcentraties in (een deel van) de regionale watersystemen, waardoor de doorspoelvraag van polders en boezems afneemt. Dit maatwerk zal echter niet voldoende zijn om het tekort weg te werken omdat de doorspoelvraag van boezemsystemen en regionale polders kleiner is dan de omvang van het tekort. Een andere maatregel is een hoger chloridegehalte toestaan in het hoofdwatersysteem (en daarmee ook de regionale systemen). Hierdoor daalt de watervraag van zowel het hoofdwatersysteem als boezemsystemen en regionale polders voor doorspoeling. Dit betekent wel dat er meer zouttolerante gewassen nodig zijn en dat sommige zoetwaterafhankelijke natuurgebieden moeten worden opgegeven. Ook kan het betekenen dat veengebieden worden natgehouden met brakker water; het is niet voldoende bekend wat de gevolgen hiervan zouden zijn.

De systeemkeuzes in strategie A1, A2 en B2 leiden tot een overschot aan zoetwater in een droog jaar dat eens in de 30 tot 50 jaar voorkomt. Hiermee kan dus worden voorzien in de watervraag zonder meebewegen

van gebruikers van zoetwater, maar wel met veel effect voor scheepvaart tussen zee en het achterland. Hierbij wordt opgemerkt dat deze systeemkeuzes voor waterveiligheid wellicht nog niet nodig zijn. De belangrijkste parameter voor afname van de watervraag komt omdat er minder water nodig is voor bestrijding van verzilting op het hoofdwatersysteem. Opvallend is dat het overschot van zoetwater in de waterbalans voor al deze strategieën groter is dan de aangelegde buffercapaciteit. Dat kan betekenen dat deze buffercapaciteit pas later in de tijd hoeft te worden gerealiseerd. Een andere optie is dat er meer zoetwater beschikbaar voor doorspoeling van het hoofdwatersysteem waardoor er meer schuttingsmogelijk zijn en de impact op havens kleiner wordt. Hiervoor zijn verdere optimalisaties mogelijk.

Tabel 4.2 Effect strategieën op de waterbalans voor 2200 bij gekozen klimaatscenario

	Huidige situatie	VKS2015 2200	A1	A2	B1	B2
wateraanbod (m ³ /s)	1.107	600	1.171	1.557	914	934
watervraag (m ³ /s)	873	3.698	1.575	1.675	3.760	1.835
totaal (m³/s)	234	-3.098	-404	-118	-2.846	-900

Voor het zichtjaar 2200 blijkt dat de waterbalans voor alle strategieën tot een tekort aan zoetwater leidt, waarbij A2 qua orde grootte niet veel afwijkt van de huidige situatie. De buffercapaciteit is in alle strategieën onvoldoende en de afname van de waterbehoefte voor bestrijding voor verzilting op het hoofdwatersysteem weegt niet op tegen de toename van de watervraag voor de andere functies. Als de watervraag voor doorspoeling van regionale polders en boezemsystemen kan worden gereduceerd met 90 % (meebewegen) dan kan de waterbalans wel sluitend worden gemaakt voor de strategieën A1, A2 en B2. De omvang van oplossingsrichting 'meebewegen' is het grootst bij B1. Voor strategie A1 hoeft de watervraag voor doorspoeling van regionale polders en boezemsystemen maar met orde 40 % te worden gereduceerd voor een sluitende waterbalans over 90 dagen, voor strategie A1 maar met 10 %.

Reflectie

De getallen in de waterbalans bevatten een flinke mate van onzekerheid. De gekozen waardes zijn gebaseerd op een combinatie van bestaande studies aangevuld met expertschattingen. Dat was nodig omdat schattingen voor de beschouwde klimaatscenario's niet altijd beschikbaar waren.

De belangrijkste posten in de watervraag in 2100 en 2200 hebben te maken met doorspoeling van het hoofdwatersysteem en het regionale watersysteem. De andere posten vallen hierbij vrijwel in het niet. De omvang van de watervraag voor beregning, peilhandhaving en watergebruik is zelfs in 2200 net meer dan 50 % dan de afvoer van de Rijn en Maas gedurende 90 dagen. Maatregelen waar men nu aan denkt voor opzetten van grondwater tegen bodemdaling en voor infiltratie kunnen dit percentage licht laten stijgen, maar zal naar verwachting niet leiden tot een totaal andere orde grootte.

De posten voor de waterbeschikbaarheid zijn gebaseerd op schatting van de afvoer op de Rijn en Maas, en op basis van de aan te leggen buffers. Rondom de schattingen op de Rijn en Maas is er natuurlijk ook onzekerheid. Echter deze onzekerheid valt in het niet bij de toename van de watervraag voor doorspoeling conform de huidige criteria.

Met de buffers kan een aanzienlijke hoeveelheid extra berging worden gecreëerd. Deze extra berging zal leiden tot extra dijkversterkingen met name op het IJsselmeer en Markermeer omdat de gemaalcapaciteit hier beperkt is vergeleken met de berging in dit gebied. De buffers zullen ook impact hebben op de omgeving en functies. Rondom het IJsselmeer is er een peilfluctuatie voorzien van orde 1-1,4 m. Deze peilfluctuatie zal iedere zomer optreden waarbij het voorjaar de berging maximaal is gevuld en in de zomer het peil uitzakt. In de winter zal het peil weer opgezet moeten worden. In de Zeeuwse Delta en Rijn- Maasmonding zijn de peilfluctuaties groter. Deze zijn 2 m bij strategie A1, B2 en alleen in 2100 bij A2.

In 2200 is de peilfluctuatie 5,4 m voor strategie A2. Ook hiervoor geldt dat in het voorjaar het peil maximaal is en in de zomer het laagst. De vraag is wat dit betekent voor de ecologie op de oevers, toerisme en cultuurhistorie. Daarnaast zal er voor alle buffers aandacht nodig zijn voor de waterkwaliteit, bijvoorbeeld door het stimuleren van stroming.

De kosten en het ruimtebeslag van de maatregelen voor zoetwater zijn niet in kaart gebracht. De buffer op het IJsselmeer en Markermeer zal leiden tot extra dijkversterking, maar gezien de opgaves elders is deze opgave beperkt. Wel zal het ruimtebeslag (en dus mogelijk te amoveren woningen) toenemen en de impact op havens, recreatie en cultuurhistorie. Het ruimtebeslag van de buffers zelf is beperkt omdat de buffers worden gerealiseerd op de bestaande meren. Echter bij de oevers zal de impact aanzienlijk zijn.

4.3 Kosten en ruimtebeslag van de strategieën

In de voorliggende paragraaf zijn de kosten en het ruimtebeslag van de strategieën samengevat. Deze kosten zijn nominaal en gekoppeld aan een zeker prijspeil en dienen vooral als een relatieve maat te worden gezien ten opzichte van de VKS2015 en ten opzichte van de oplossingsrichtingen Zeewaarts en Meebewegen. De vermelde kosten zijn bedoeld om een vergelijk mogelijk te maken en moeten niet worden opgevat als een aanzet tot een begroting.

In de bepaling van de kosten en het ruimtebeslag van waterkeringen (dijken, duinen en kunstwerken) is zoveel mogelijk aangesloten bij de aanpak en resultaten van spoor II van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Aanvullend zijn de kosten en het ruimtebeslag bepaald voor de gemalen en de buitendijkse gebieden.

4.3.1 Kosten

In de onderstaande tabel 4.3 en tabel 4.4 is per strategie en per bouwsteen samengevat wat de geschatte implementatiekosten zijn tot aan de respectievelijke zichtjaren 2100 en 2200. Hieronder volgt per bouwsteen een toelichting waarin is aangegeven wat de belangrijkste uitgangspunten en aannamen zijn geweest bij het berekenen van de kosten. Voor nadere details wordt verwezen naar het Bijlagenrapport, voor een overzicht van de verschillende ingrepen wordt verwezen naar de beschrijving van de strategieën in Hoofdstuk 3

De belangrijkste kostendragers zijn de bouwstenen (aanpassing, vernieuwing) die nodig zijn om na de gemaakte systeemkeuzes aan de doelstelling voor waterveiligheid te voldoen. De kosten om na de gemaakte systeemkeuzes aan de doelstelling voor zoetwaterbeschikbaarheid te voldoen, zijn dan al gemaakt (beperken zoutindringing) of vallen grotendeels buiten de oplossingsrichting Beschermen (optimaliseren zoetwatergebruik, introductie zouttolerante gewassen). Berging van zoet water leidt nauwelijks tot extra kosten of ruimtegebruik omdat gebruik wordt gemaakt van bestaande meren. Een uitzondering betreft de dijkversterking voor het IJsselmeer indien een hoger meerpeil wordt gehanteerd. De kosten hiervan zijn niet meegenomen.

Kunstwerken

- de kosten voor het zichtjaar 2100 betreffen alleen de nieuw te realiseren kunstwerken die benodigd zijn voor de desbetreffende strategie. Voor deze kunstwerken geldt dat deze voor het zichtjaar 2100 al gerealiseerd moeten zijn. De kosten voor het zichtjaar 2200 betreffen daarnaast ook het aanpassen en vervangen van deze kunstwerken. De kosten voor kunstwerken zijn per bouwsteen toegelicht in het Bijlagenrapport. De kosten voor het opvijzelen van bruggen (in afsluitbaar-open strategieën) zijn niet meegenomen;
- investeringskosten in de reeds bestaande kunstwerken zijn niet opgenomen. Deze kunstwerken dienen sowieso vervangen te worden richting 2200 en ingeschat wordt dat de vervangingskosten niet significant hoger worden vanwege de gekozen strategie. De kosten zijn exclusief de beheer- en onderhoudskosten.

Waterkeringen

- de nominale cumulatieve kosten voor het versterken van waterkeringen zijn vertaald naar de kosten die nodig zijn om in de zichtjaren 2100 of in 2200 aan de norm te voldoen. Hierbij is de huidige situatie (waarin is verondersteld dat de waterkeringen voldoen aan de norm voor HWB2050) het vertrekpunt;
- in de praktijk worden waterkeringen versterkt met een horizon van 50 tot 100 jaar. Het kan dus voorkomen dat waterkeringen één jaar vóór 2100 of 2200 worden versterkt, waardoor kosten die vooral betrekking hebben op de periode ná 2100 of 2200, worden meegeteld. Conform spoor II van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging is hiervoor een correctie uitgevoerd, zodat deze kosten niet meetellen. Daarnaast is ervoor gekozen om geen rekening te houden met een discontovoet: een euro die geïnvesteerd wordt in 2050 is dus evenveel waard als een euro in 2199;
- de kosten van 'waterkeringen-groen' zijn inclusief de kosten van grondverwerving en het amoveren/herbouw van bebouwing. In deze kosten wordt uitgegaan van het overal toepassen van een groene kering ook waar in de huidige situatie bebouwing wordt gespaard met een constructie. Dit kan gezien worden als een veilige bovengrens omdat gezien de versterkingsopgave richting 2200 het niet per definitie logisch is om de bebouwing te handhaven. Deels omdat de bebouwing vervangen moet worden tijdens deze periode en deels ook omdat het sparen van bebouwing met een constructie leidt tot een niet wenselijke leefomgeving;
- bij het bepalen van de kosten van 'waterkeringen-constructief' is het uitgangspunt dat er constructies worden toegepast om het amoveren/herbouwen van bebouwing te voorkomen. Er zijn dus geen kosten voor deze bebouwing opgenomen. Dit kan gezien worden als een ondergrens. Het inpassen van een kerende constructie is technisch wellicht mogelijk zonder het amoveren van woningen maar zal niet leiden tot een leefbare omgeving;
- de kosten in tabel 4.3 en tabel 4.4 omvatten de waterkeringen in de Rijn-Maasmonding en Rivierengebied. De waterkeringen van bijvoorbeeld de Westerschelde, IJssel, IJsselmeer, Bovenmaas, Waddengebied zijn niet opgenomen in deze tabel omdat ze niet of minder afhankelijk zijn van de gekozen strategie. De kosten van de waterkeringen in het Waddengebied, het IJsselmeergebied en de Zuidwestelijke delta zijn opgenomen in Tabel 4.5. Deze kosten zijn overgenomen uit spoor II. De kosten van de keringen langs de IJssel en Bovenmaas zijn niet beschikbaar.

Gemalen, pompen

- als basis is een recente raming van een doorlaatmiddel van de Brouwersdam gebruikt. De kosten daarvan zijn geëxtrapoleerd naar de omvang van de verschillende strategieën. Aan de raming zijn de kosten van de schuiven en pompen toegevoegd. Daarbij is verondersteld dat de verhouding tussen civiel en schuiven/mechanisch/elektrisch 1 op 1 is;
- de energiekosten voor pompen worden sterk bepaald door de gemiddelde afvoeren. De energiekosten zijn gebaseerd op een kWh prijs van 0,07 € (groothandelsprijs 2030 volgens de Klimaat en Energieverkenning 2022);
- het gaat enkel om pompen die nodig zijn om de 'rivieren' te verpompen. De nu al bestaande polders zullen het water ook naar een grotere hoogte moeten gaan afvoeren. Die extra pompen en vermogens zijn niet beschouwd.

Zandige kust

- kosten voor het op sterkte houden van de zandige kust zijn bepaald door een inschatting te maken van de benodigde zandhoeveelheid die nodig is om de gehele actieve zone (van NAP -8 m tot en met de eerste duinenrij) mee te laten groeien met de zeespiegelstijging. Er zijn geen extra kosten opgenomen voor de kustplaatsen. Deze kosten hangen sterk af van eventuele extra ingrepen om het karakter van de kustplaats te behouden (of zelfs te verbeteren). In het Bijlagenrapport zijn hier ideeën over opgenomen, deze zijn echter nog te algemeen om als basis te dienen voor een kostenraming;
- de benodigde volumes zand en dus ook de kosten zijn voor alle strategieën gelijk, want de gemaakte systeemkeuzes hebben geen invloed op de zandige kust. De hier gerapporteerde kosten zijn echter niet gelijk aan de kosten voor het oprekken van VKS2015 volgens spoor II van het Kennisprogramma, omdat die kosten op een andere wijze zijn afgeleid. Het belangrijkste verschil is dat in spoor II niet de kosten zijn meegenomen voor het jaarlijkse onderhoud en het meegroeien van de kust.

Buitendijks gebied

- voor havengebieden met als huidige functie industrie zijn kosten opgenomen voor maaiveldverhoging. Voor de volgende havengebieden wordt de lokale waterstandsstijging volledig opgevangen met maaiveldverhoging:
 - Rotterdam buitengaats, bestaande uit Maasvlakte2 en Europoort;
 - Rotterdam binnengaats, bestaande uit Botlek, Petroleum-, Waal- en Eemhaven en havens rond Krimpen a/d IJssel;
 - Dordrecht, bestaande uit Lindthaven, Wilhelminahaven en Merwedehaven;
 - Moerdijk, bestaande uit havengebieden rond Moerdijk;
- voor dichtbevolkte woningbouwgebieden gaat het om een combinatie van maaiveldverhoging en kademuurverhoging. Voor de volgende gebieden wordt de lokale waterstandsstijging opgevangen met een kademuur (tot 1 m waterstandsstijging) en met een combinatie van maaiveldverhoging en een kademuur (vanaf 1 m lokale waterstandsstijging):
 - buitendijkse woningbouw Rotterdam;
 - buitendijkse woningbouw Dordrecht;
- in VKS2015 zijn geen kosten voor het buitendijks gebied meegenomen. In de tabel zijn de kosten die gelden voor B1 overgenomen voor VKS2015.

Tabel 4.3 Kosten in MLD om in het zichtjaar 2100 voor het klimaatscenario aan de norm te voldoen ten opzichte van situatie 2050 en gecorrigeerd voor de restwaarde na 2100 en 2200 waarin alle keringen voldoen aan de dan geldende eisen

	Waterkeringen - groen	Waterkeringen constructief	Kunsten	Pompen	Pompen - energiekosten	Buitendijks	Overig. Zie tabel 4.5	Totaal waterkeringen groen	totaal waterkeringen constructief
VKS2015	44	11	7	0	0	6	46	103	70
A1	26	6	4	5	2	4	46	87	67
A2	30	8	11	3	2	4	46	96	74
B1	40	10	8	3	2	6	46	105	75
B2	22	6	13	3	0,5	4	46	99	73

Tabel 4.4 Kosten in MLD om in het zichtjaar 2200 voor het klimaatscenario aan de norm te voldoen ten opzichte van situatie 2050 en gecorrigeerd voor de restwaarde na 2100 en 2200 waarin alle keringen voldoen aan de dan geldende eisen

	Waterkeringen - groen	Waterkeringen constructief	Kunsten	Pompen	Pompen - energiekosten	Buitendijks	Overig. Zie tabel 4-5	totaal waterkeringen groen	totaal waterkeringen constructief
VKS2015	68	34	14	0	0	16	99	197	163
A1	30	21	9	23	11	9	99	181	172
A2	62	32	22	8	11	15	99	217	187
B1	65	33	16	8	11	16	99	215	183
B2	29	20	27	7	2.3	11	99	175	166

Tabel 4.5 Kosten in MLD om in de zichtjaren 2100 en 2200 voor het klimaatscenario aan de norm te voldoen ten opzichte van situatie 2050 voor de waterkeringen waarvan de kosten niet (of minder) afhankelijk zijn van de strategie*

	Waddengebied	IJsselmeergebied	Zuidwestelijke Delta	Zandige kust
2100	9	8	9	20
2200	17	13	9	60

* De kosten van het versterken van waterkeringen langs de IJssel en de Bovenmaas zijn niet beschikbaar.

Het bruto nationaal product van Nederland bedraagt circa 1 biljoen euro (2023). De jaarlijkse kosten van de beschermingsstrategieën Beschermen zijn daarmee minder dan 1 % van dit bruto nationaal product.

4.3.2 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag voor de oplossingsrichting Beschermen wordt vooral bepaald door de (dijk)versterkingsopgave die resteert nadat de systeemkeuzes zijn gemaakt. Deze verschilt per strategie en is afhankelijk van de gekozen afsluitingen, de waterstandstatistiek en van een eventueel peilopzet voor zoetwateropslag.

Het ruimtebeslag voor de kunstwerken is in beeld gebracht in het Bijlagenrapport. De conclusie hiervan is dat de kunstwerken goed in te passen zijn binnen de huidige dammen (gemalen en spuisluisen) of binnen de breedte van de huidige rivieren (schutsluisen en stormvloedkeringen).

Het is belangrijk op te merken dat zeespiegelstijging een relatief langzaam (ten opzichte van de levensduur van veel objecten in de publieke ruimte) proces is. Dat biedt kansen voor een nieuwe vorm van planologie, waarbij een lange-termijn visie op de ontwikkeling van een gebied leidend kan bij het versterken van een waterkering (in plaats van een projectopgave). In plaats van 'inpassen' gaat het dan om 'inrichten'. Dit biedt veel kansen, maar vraagt wel om bestuurlijk visie en daadkracht.

Dijkenpark Rotterdam

Voor Rotterdam-Zuid is in 2021 een manifest¹ opgesteld om inspiratie en concrete voorstellen te bieden om Rotterdam-Zuid nog beter te maken en de kwaliteit van leven te verhogen. In dit manifest zijn diverse plannen in een gezamenlijk perspectief geplaatst. Onderdeel van dit perspectief is een 10 km lang dijkpark. Dit dijkpark heeft de functie van "Unieke en groene verbinder tussen een gezonde haven en gezonde wijken. Goed voor wandelen, fietsen en recreëren. Goed voor de biodiversiteit en tegen de hittestress. Een identiteitsdrager voor stad en haven."

Door dijkversterkingen onderdeel te maken van gebiedsontwikkeling kan er geanticipeerd worden op toekomstige benodigde dijkversterkingen en meegelift worden op momenten dat er ruimte is voor de versterking van waterkeringen. Waterkeringen kunnen zodanig worden ingepast dat latere aanpassingen eenvoudig mogelijk zijn.

De onderstaande tabel 4.6 geeft een overzicht van het ruimtebeslag van de strategieën voor de zichtjaren 2100 en 2000. Op enkele punten is hieronder een toelichting gegeven bij de getallen in de tabel:

- het ruimtebeslag voor het versterken van dijken dat in onderstaande tabel is per strategie weergegeven, is (nog) bepaald vanuit de inpassings-gedachte, conform de methode gehanteerd in spoor II van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Bij het bepalen van het ruimtebeslag is uitgegaan van versterking als groene dijk en is geen rekening gehouden met eventuele constructies die het ruimtebeslag kunnen beperken. Dit is niet in lijn met de huidige manier van dijkversterken waarbij veelal constructies worden toegepast om het amoveren van woningen te voorkomen. Het berekende ruimtebeslag moet daarom als een conservatieve bovengrens worden gezien;

¹ <https://www.mecanoo.nl/Portals/www/Manifest%20Rotterdam-Zuid.pdf>

- er is bewust geen inschatting gegeven van het ruimtebeslag in varianten met constructies omdat dit om lokaal maatwerk vraagt en samen met een bewoonbare leefomgeving beschouwd moet worden. Het is goed voorstelbaar dat op locaties waar nu gekozen wordt voor een inpassing met een constructie en behoud huidige bebouwing, deze oplossing niet meer wenselijk is bij de opgave richting 2200.

Tabel 4.6 Ruimtebeslag in km² (afgerond in veelvoud van 5) om in het zichtjaar voor het klimaatscenario aan de norm te voldoen ten opzichte van situatie 2050 waarin alle keringen voldoen aan de dan geldende eisen in de Rijn-Maasmonding en Rivierengebied (Maas, Waal, Nederrijn-Lek)

	VKS2015 KPZSSII	Strategie A1	Strategie A2	Strategie B1	Strategie B2
ruimtebeslag (km ²) groene dijken in zichtjaar 2100	80	55	60	75	60
ruimtebeslag (km ²) groene dijken in zichtjaar 2200	145	70	130	140	95

Onderstaande tabel 4.7 geeft een overzicht van het aantal te amoveren objecten in de zichtjaren 2100 en 2200 die geraakt worden (binnen de inpassingsgedachte). Voor het aantal te amoveren gebouwen geldt dat hierbij niet gekeken is naar het sparen van bebouwing door het toepassen van constructies. Het aantal te amoveren gebouwen kan gezien worden als een bovengrens.

Tabel 4.7 Te amoveren gebouwen (afgerond op duizendtallen) om in het zichtjaar voor het klimaatscenario aan de norm te voldoen ten opzichte van situatie 2050 waarin alle keringen voldoen aan de dan geldende eisen in Rijn-Maasmonding en Rivierengebied (Maas, Waal, Nederrijn-Lek).

	VKS2015 KPZSSII	Strategie A1	Strategie A2	Strategie B1	Strategie B2
te amoveren gebouwen groene dijken in zichtjaar 2100	32.000	22.000	25.000	30.000	16.000
te amoveren gebouwen groene dijken in zichtjaar 2200	38.000	26.000	37.000	37.000	24.000

4.4 Effectbeschrijving

4.4.1 Afbakening

De oplossingsrichting Beschermen is uitgewerkt met het gevraagde doelbereik voor waterveiligheid, zoetwaterbeschikbaarheid en kustveiligheid voor ogen. Daardoor zijn andere belangrijke en waardevolle thema's en functies buiten beeld gebleven. Deze krijgen in deze sectie aandacht in de vorm van een effectbespreking.

Deze effectbespreking is om een aantal redenen kwalitatief en slechts op hoofdlijnen uitgevoerd:

- op de eerste plaats was het binnen de beschikbare tijd niet mogelijk om de specialistische expertise te mobiliseren die nodig zou zijn om voor elk van de functies een gedegen effectbepaling uit te voeren;
- op de tweede plaats is het onzeker wat de autonome effecten van klimaatverandering zijn, en wat de effecten zijn van de VKS2015 (deze zijn in spoor II van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging niet meegenomen). Voor een zuivere effectbepaling zou het nodig zijn om de effecten van de strategieën te

kunnen vergelijken met autonome ontwikkelingen als gevolg van klimaatverandering en met de effecten van de VKS2015;

- tot slot zou een effectbepaling rekening moeten houden met de toekomstige economische, politieke en sociaal-maatschappelijke context waarin bepaalde effecten die wij met onze huidige bril zien, mogelijk anders zijn en mogelijk ook anders worden gewaardeerd dan wij nu doen, zie ook paragraaf 1.2.

Binnen deze afbakening is desalniettemin getracht om de belangrijkste effecten op een rij te zetten en om de (kennis)vragen te inventariseren, zodat daar in een latere fase aandacht aan kan worden besteed.

Als referentie is voor de effectbepaling aangehouden:

- voor wat betreft waterveiligheid en kustveiligheid: zichtjaar 2050 (HWBP2050 is gereed, wettelijke overstromingskansen zijn gerealiseerd);
- voor wat betreft zoetwaterbeschikbaarheid en het watersysteem als geheel, inclusief de bijbehorende natuurwaarden en transportmogelijkheden over water: de VKS2015;
- voor wat betreft landgebruik, economie, transport, demografie, etc: de huidige situatie (zichtjaar 2020).

4.4.2 Functies en thema's

De onderstaande tabel 4.8 geeft een opsomming van functies en thema's die vooraf binnen spoor IV van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn vastgesteld¹. Tijdens één van de hackatons is hieruit een top-5 geselecteerd waarvoor de effecten van de strategieën ten opzichte van de referentiesituatie waarschijnlijk het grootst zijn of het zwaarst zullen wegen.

Tabel 4.8. Overzicht functies en thema's waar effecten kunnen worden verwacht

Thema, functie	Beschrijving
land- en tuinbouw	het effect op huidige landbouw- en visserijarealen
(buitendijkse) bebouwing	het effect op nieuwe en bestaande (buitendijkse) bebouwing
natuur	het effect op (omgevingscondities die van belang zijn voor) natuurwaarden
scheepvaart	het effect voor binnenvaart, kustvaart, zeescheepvaart, bereikbaarheid havens
infra/kunstwerken	het effect voor kunstwerken (sluizen, gemalen) en infrastructuur (wegen, bruggen)
energievoorziening	het effect voor de energievoorziening (energievraag, aanbod duurzame energie)
industrie en goederenvervoer	het effect op vestigingsklimaat voor industrie (areaal, bereikbaarheid, logistiek)
personenvervoer/mobiliteit	het effect op mobiliteit (bereikbaarheid steden, buitengebieden)
recreatie/watersport/toerisme	effecten voor recreatie/watersport/toerisme (veranderend aanbod, omgevingscondities)
maatschappelijk	effecten voor de samenleving op vlak van solidariteit, (sociale) veiligheid
internationaal	effecten voor buurlanden Duitsland en België

¹ Memo 'Visie, doelstellingen, uitgangspunten, aannames, definities en vergelijkingstabel' d.d. 14 april 2023.

4.4.3 Selectie

Gedurende een hackaton is geconcludeerd dat de effecten van één of meerdere strategieën ten opzichte van de referentiesituatie waarschijnlijk het grootst of het meest zwaarwegend zijn voor:

- land- en tuinbouw;
- buitendijkse bebouwing;
- scheepvaart;
- natuur;
- maatschappelijke effecten - solidariteit.

Hieronder is aangegeven waarom de effecten van de strategieën ten opzichte van de referentiesituatie voor de overige functies en thema's minder groot of zwaarwegend zijn bevonden:

- infra/kunstwerken: ook in de referentiesituatie (VKS2015) zullen infra- en kunstwerken moeten worden aangepast op een stijgende zeespiegel. Het effect van de verschillende strategieën is beperkt tot het aantal infra- en kunstwerken dat zal moeten worden aangepast of aangelegd en het ruimtebeslag dat daarmee gepaard gaat. De kosten en de ruimtereservering die daarmee gepaard gaan, zijn voor de strategieën in beeld gebracht en vergeleken met de referentiesituatie (VKS2015), zie paragraaf 4.3. Op een tijdschaal van 100 tot 200 jaar zijn deze effecten te overzien;
- energievoorziening: ten opzichte van de referentiesituatie zullen de twee strategieën met een gesloten zeefront (A1 en A2) tot een stijging van de energievraag leiden aangezien de rivierafvoer geheel of gedeeltelijk (afhankelijk van de vraag of er gespuid kan worden) moet worden weggepompt. Met name in geval van een hoogwatergolf en bij beperkte buffercapaciteit is de energievraag (tijdelijk) hoog, en dient er op betrouwbare wijze in deze vraag te worden voorzien. Deze energievraag is zo goed mogelijk in kaart gebracht, en blijkt weliswaar groot te zijn, maar niet onmogelijk. De kansen voor duurzame energie (getijde, valmeer) zijn binnen deze twee strategieën groter dan in de referentiesituatie, vanwege het ontstaan van afgesloten waterlichamen met verval ten opzichte van de zeespiegel. Dit verdient nadere uitwerking en detaillering, maar wordt niet van onderscheidend belang geacht;
- industrie en goederenvervoer: aangezien behoud van het beschikbare hoogwater vrije areaal het uitgangspunt is in elk van de vier strategieën en ook in de referentiesituatie, is er op dit punt geen zwaarwegend effect te verwachten. In de strategieën A1 en A2 (gesloten zeefront) ontstaan er in de ZWD meer ontsluitingsmogelijkheden ten opzichte van de referentiesituatie. Het goederenvervoer over water zal binnen de strategieën wel veranderen, dit wordt meegenomen onder 'scheepvaart';
- personenvervoer/mobiliteit: hiervoor geldt hetzelfde: ten opzichte van de referentiesituatie is er binnen de vier strategieën geen significant effect te verwachten op het vlak van mobiliteit. Voor zowel de referentiesituatie als de strategieën geldt dat bestaande weginfrastructuur wordt beschermd tegen hoogwater. Als gevolg van de uitvoering van dijkophogingen of aanpassingen aan waterkeringen die tevens een mobiliteitsfunctie hebben, kan er sprake zijn van een tijdelijk negatief effect. Echter, over het geheel genomen leert ook de historie dat een beschermende strategie goed kan samengaan met behoud of verbetering van de mobiliteit;
- recreatie/watersport/toerisme: ten opzichte van de referentiesituatie zullen er vooral in de strategieën A1 en A2 effecten zijn voor recreatie, watersport en toerisme aangezien het afsluiten van zeearmen gevolgen heeft voor de beleving van deze gebieden. Mits de waterkwaliteit goed blijft, biedt een afgesloten estuarium over het algemeen meer mogelijkheden voor watersport en recreatie dan een open zeearm met getijstroming en droogvallende platen. Wat toerisme betreft, geldt dat imposante waterwerken een uithangbord kunnen zijn. Als dijkverzwaring en het ophogen of aanpassen van kunstwerken tijdig worden meegenomen in gebiedsontwikkeling dan hoeft dat niet ten koste te gaan van ruimtelijke kwaliteit, integendeel: er ontstaan ook meekoppelkansen. Een knelpunt betreft het beschermen van buitendijkse gebieden met dichte (historische) bebouwing. Dit effect wordt binnen 'bebouwing' belicht;
- internationaal: ten opzichte van de referentiesituatie zal in geval van de strategieën A1 en A2 nadrukkelijker de samenwerking met het Vlaamse deel van België moeten worden gezocht, aangezien binnen deze strategieën ook het afsluiten van de Westerschelde een mogelijke variant is. Dat brengt keuzes en afstemming met zich mee op het vlak van scheepvaart en peilbeheer. Significante internationale effecten zijn echter niet te verwachten. Andersom kunnen maatregelen in met name Duitsland die van invloed zijn op de hoogwatergolf of lage rivierafvoer nog wel van invloed zijn op de strategieën, echter vooral in de zin dat een adaptatiepad (een omschakeling van het ene naar het ander strategie) hierdoor wordt beïnvloed (vervroegd of vertraagd).

4.4.4 Effectbeschrijving selectie

Hoofdpijnen

De effecten van de verschillende strategieën zijn op hoofdpijnen geschetst in tabel 4.8. Duidelijk kan worden gezien dat de strategieën onderscheidend zijn voor de effecten, en dat de voor- en nadelen verschillend worden verdeeld over de geselecteerde thema's en functies.

Tabel 4.9 Overzicht van effecten voor geselecteerde thema's en functies

	Natuur	Scheepvaart (overslag zee en achterland)	Land en tuin- bouw	Buitendijks	Solidariteit
VKS 2015	Getijdenatuur in acterland Rijn- Maasmonding en Wester- schelde / brak- water in deze gebieden.	Schutten is mo- gelijk, afsluit- baar/open ver- binding Rijn- Maasmonding en Westerscheld.	Grote tekorten in waterwaag voor doorspoel- ing.	Grote impact in deltagebied & ri- vierengebied.	Het potentieel overstroom- baar gebied achter water- keringen blijft geschikt om te wonen en wer- ken (orde 60%) van Ne- derland. Het ruimtebeslag om deze bes- cherming te bieden is uiter- st beperkt.
A1	Geen getijdena- tuur / zoetwater.	Geen tot nauwe- lijks schutten tus- sen zout en zoet- water.	Beperkte impact	Beperkte impact. In deltaggebied geen maatregelen, in rivierengebied wel.	De buffers voor zoetwater zijn een lokale opgave die een groot deel van NL voor- zien van zoet- water.
A2	Geen getijdena- tuur / zoetwater.	Geen tot nauwe- lijks schutten tus- sen zout en zoet- water.	Beperkte impact	Grote impact in deltagebied & ri- vierengebied.	Aanvullend: de opgave voor dijkversterking wordt gecon- centreerd langs de corri- dor wat leidt tot een groter ruimtebeslag langs de Waal. Langs de IJssel en Lek neemt het ruimtebe- slag juist af.
B1	Getijdenatuur in acterland Rijn- Maasmonding en Wester- schelde / brak- water in deze gebieden.	Schutten is mo- gelijk, afsluit- baar/open ver- binding Rijn- Maasmonding en Westerscheld.	Grote tekorten in waterwaag voor doorspoel- ing.	Grote impact in deltagebied & ri- vierengebied.	
B2	Getijdenatuur in monding hoog- watercorridor /brak water in corridor.	Geen tot nauwe- lijks schutten tus- sen zout en zoet- water.	Beperkte impact.	Beperkte impact. Deltapolder be- schermd een groot areaal. In rivieren- gebied en langs corridor nog wel ingrepen nodig.	

Hieronder is een nadere beschrijving van de effecten opgenomen.

Natuur

Als gevolg van klimaatverandering en de daarmee gepaard gaande zeespiegelstijging en veranderende rivierafvoeren, verandert ook de natuur. De systeemkeuzes zoals opgenomen in de strategieën beïnvloeden veranderingen, in positieve of in negatieve zin.

Er is vooral een groot effect te verwachten in de strategieën A1 en A2 als gevolg van verlies aan getijdendynamiek en intergetijdengebied. Er zijn grote twijfels over de potentiële natuurwaarde van een afgesloten zeemonding. De diepere delen zullen zout blijven vanwege de uittredende zoute bodemkwel. Bij te weinig verversing en menging ontstaat een zuurstofarme omgeving. Doorstroming in de Zuidwestelijke Delta met een gestuurd systeem kan voor meer verversing zorgen, maar dit levert nog geen intergetijdengebied op. De A-strategieën brengen daardoor een groot verlies aan specifieke getijgerelateerde natuurwaarden met zich mee.

De B-strategieën scoren wat dit betreft gunstiger, omdat een verbinding met zee mogelijk blijft. Zowel het Haringvliet (Kierbesluit) als het Grevelingen (Sluis in de Brouwersdam, Flakkeese Spuisluis) profiteren van verbindingen met open zee. Deze kunnen bij een storm worden gesloten. De vraag is wat zeespiegelstijging in deze strategieën met de Biesbosch doet: kan de Biesbosch zich aanpassen? Bij de Deltapolder in B2 zal wel waardevolle getijdenatuur (Oude Maas en Hollandsche IJssel) verloren gaan.

Land- en tuinbouw

De land- en tuinbouw is afhankelijk van voldoende zoet water, om in droge periodes te kunnen beregenen en (vooral in kustregio's en in de Zuidwestelijke Delta) voor verziltingsbestrijding. In de huidige situatie (zichtjaar 2020) doen zich al knelpunten voor tijdens droge zomers. Als gevolg van klimaatverandering neemt (bij gelijkblijvend landgebruik) de zoetwatervraag verder toe, omdat de zomers gemiddeld droger worden en omdat verziltingsbestrijding meer doorspoeling zal vragen.

Het is zeer waarschijnlijk dat het binnen de VKS2015 niet mogelijk zal zijn om aan de zoetwatervraag te voldoen die nodig is om overall het huidige landgebruik voort te zetten. Met name in de Zuidwestelijke Delta is binnen de VKS2015 onvoldoende zoetwater beschikbaar om de toenemende verziltingsdruk tegen te gaan.

Ten opzichte van de VKS2015 is het effect van de strategieën verschillend. Hieronder zijn de vier strategieën in de volgorde van afnemend effect besproken:

- strategie B1 (afsluitbaar open met huidige afvoerverdeling) lijkt het meest op het VKS2015. In dit strategie (en in de VKS2015) is het effect van zeespiegelstijging op land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta het grootst, omdat de (afsluitbaar) open zeemondingen open blijven en het zoute zeewater dus landinwaarts kan stromen. Dit zorgt voor een toename van zoute kwel;
- strategie B2 (afsluitbaar open met aangepast afvoerverdeling, de hoogwatercorridor) is ten opzichte van B1 en ten opzichte van de VKS2015 iets gunstiger, omdat de afsluitingen die nodig zijn om een hoogwatergolf geconcentreerd af te voeren, ook kunnen worden ingezet om zout water tegen te houden en door middel van peilbeheer een (beperkte) zoetwaterbuffer aan te leggen. Echter, ook in deze variant zal er een tekort aan zoetwater ontstaan in de Zuidwestelijke Delta in 2200, in 2100 kan in combinatie met de buffers worden voorzien in de zoetwatervraag;
- strategie A1 (gesloten zeefront met handhaving van het huidige streefpeil) is een stuk gunstiger dan de VKS2015, aangezien de zeearmen worden afgesloten waardoor het zoute zeewater buiten de deur wordt gehouden en er zoetwaterbekkens ontstaan. Zeespiegelstijging zal naar verwachting nog wel voor extra zoute kwel zorgen omdat er 'oud zout' in diepere zandlagen zit dat als gevolg van zeespiegelstijging kan worden meegevoerd. Er is echter meer zoetwater beschikbaar om het systeem mee door te spoelen. Het moment (knikpunt) waarop de huidige vorm van land- en tuinbouw wegens toegenomen chloridegehalten niet meer mogelijk is, wordt hiermee enigszins verschoven naar de toekomst maar ligt tussen 2100 en 2200 bij de gekozen scenario's;
- strategie A2 is ten opzichte van strategie A1 nog gunstiger, omdat in dit strategie meer buffercapaciteit beschikbaar is. Dat is bedoeld om zoveel mogelijk te kunnen spuien, maar biedt ook kansen voor zoetwateropslag. Naar verwachting zal met strategie A1 en A2 tot circa 2100 (2 m zeespiegelstijging) in

de zoetwatervraag van de huidige land- en tuinbouw kunnen worden voorzien, echter richting 2200 (5 m zeespiegelstijging) bieden deze strategieën geen oplossing meer en zal er naar de vraagkant moeten worden gekeken.

Het reduceren van de zoetwatervraag voor land- en tuinbouw is dus in alle gevallen noodzakelijk als het uitgangspunt is dat land- en tuinbouw ook in de toekomst mogelijk moet blijven. Dit levert de volgende kennisvragen op:

- is het zinvol om slechts een deel van een polder door te spoelen (compartimenteren) zodat er minder doorspoeling nodig is? Zo kan er worden gedifferentieerd in chloridegehalte en bijbehorende teelt. Of in de vorm van een verdringingsreeks voor doorspoeling;
- is het mogelijk om gewassen met een hogere zouttolerantie te kweken en er landbouw mee te bedrijven, met voldoende opbrengst? Er lijkt heel veel mogelijk, en het zijn geleidelijke processen;
- is het mogelijk om lokaal zoetwater uit zout water te produceren op een kosten-efficiënte wijze? Ontzilting kost veel energie, echter misschien is het mogelijk om voldoende blauwe energie op te wekken, gebruik makend van zoet-zout verschillen in de strategieën A1 en A2.

De conclusie is dat verzilting of beperkingen in zoetwaterbeschikbaarheid sowieso zal toenemen wegens een tekort aan zoetwater en dat de huidige teelt daardoor minder geschikt wordt, maar dat dit een geleidelijk proces is, zodat er oplossingen kunnen worden ontwikkeld en de land- en tuinbouwsector kan meebewegen. Het verplaatsen of aanpassen van de teelt ligt gevoelig binnen de sector. Het lijkt echter niet verstandig om de sector voor te spiegelen dat er ook in de toekomst voldoende zoetwater aanwezig zal zijn. Alhoewel de mate van zeespiegelstijging nog onzeker is, is de zoetwaterbalans al dermate wankel dat een reductie van de zoetwatervraag niet te vermijden lijkt¹.

Buitendijkse bebouwing

Het gemeenschappelijke kenmerk van buitendijkse gebieden is dat, indien een hoger streefpeil wordt geaccepteerd, de overstromingskans zal toenemen, aangezien er geen waterkering is die kan worden versterkt of verhoogd. In de VKS2015 heeft dit, bij stijgende zeespiegel en hogere rivierafvoer, tot gevolg dat buitendijkse gebieden te maken krijgen met frequentere overstromingen. In de VKS2015 wordt immers geaccepteerd dat de waterpeilen in estuaria en in de rivieren (bovenstrooms uitdempend) zullen meestijgen.

Hetzelfde geldt voor de strategieën A2 (gesloten zeefront met meegroeiend peil) en B1 (afsluitbaar open zeefront met huidige waterverdeling). Deze strategieën verschillen weinig van de VKS2015 voor wat betreft de gevolgen van zeespiegelstijging voor de buitendijkse gebieden.

In strategie B2 (afsluitbaar open zeefront, hoogwatercorridor) staat vooral het buitendijkse gebied langs de hoogwatercorridor (de Waal, het Hollands Diep en het Haringvliet) bloot aan hogere overstromingsfrequenties. De buitendijkse gebieden daarbuiten worden beschermd tegen de gevolgen van zeespiegelstijging en hogere rivierafvoeren (waaronder de buitendijkse gebieden van Dordrecht en Rotterdam). Dit strategie is dus gunstiger dan de strategieën A2 en B1.

De buitendijkse gebieden worden het meest ontzien in strategie A1 (een gesloten zeefront met handhaving van het huidige streefpeil). In dit strategie staan alleen de buitendijkse gebieden die direct aan zee grenzen, zoals het Rotterdamse havengebied, bloot aan zeespiegelstijging.

Het effect van een stijgend streefpeil en een stijgende overstromingskans op *bebouwde* buitendijkse gebieden hangt sterk af van het type bebouwing:

- als het een bedrijventerrein betreft dan is het waarschijnlijk mogelijk om het terrein gefaseerd op te hogen als terreinen vrijkomen en opnieuw worden uitgegeven: de levensduur van bedrijfshallen en weginfrastructuur is relatief kort ten opzichte van een tijdshorizon van 100 tot 200 jaar. In de huidige praktijk werkt het Havenbedrijf Rotterdam ook met tuimelkades om bedrijventerreinen te beschermen, Dat kan worden geïntensiveerd;
- een grotere uitdaging betreft de categorie particuliere woningen. Deze hebben een langere levensduur en zullen in waarde dalen als de overstromingsfrequentie toeneemt. Vermogende particulieren zullen er

¹ Zie ook: <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/documenten/publicaties/2023/06/05/systeemanalyse-kpzss-grondwaterverzilting-watervraag-bij-een-stijgende-zeespiegel>.

zelf voor kiezen om hun huis te laten aanpassen, of op dezelfde plek een nieuw hoogwatervrij huis te bouwen. Particulieren die hun vermogen vooral in een eigen huis hebben zitten, hebben deze mogelijkheid niet, en hebben in beginsel ook geen recht op compensatie voor de waardedaling van hun huis. Voor deze categorie zal het in een strategie met een meestijgend peil noodzakelijk zijn om zo goed mogelijk een lokale waterkering in te passen of, als dat te kostbaar is, particulieren te compenseren of uit te kopen, om verloedering tegen te gaan;

- het effect van een stijgende overstromingskans voor de categorie historische bebouwing is eveneens groot, vooral als deze historische bebouwing een monumentale status heeft. Er zijn dan immers weinig tot geen aanpassingen mogelijk om de gevolgen van een toegenomen overstromingskans weg te nemen. Ook voor deze categorie zal het in een strategie met een meestijgend peil noodzakelijk zijn om zo goed mogelijk een lokale waterkering in te passen.

Maatregelen om de effecten van een stijgend streefpeil voor buitendijkse gebieden te reduceren of weg te nemen, zijn besproken in de bouwsteen 'buitendijkse gebieden', zie het Bijlagenrapport. Deze maatregelen variëren van 'beschermen' (een buitendijks gebied binnendijks maken) tot 'aanpassen' (het buitendijks gebied aanpassen zodat de overstromingsrisico's gelijk blijven).

Belangrijke kennisvragen liggen vooral op het vlak van:

- wet- en regelgeving voor historische panden met een monumentale status: is het mogelijk om hierin ruimte te scheppen voor aanpassingen als die noodzakelijk zijn voor het behoud van het pand of voor het inpassen van een waterkering?
- particuliere eigenaren van objecten in buitendijkse gebieden: brengt de keuze voor een bepaalde strategie met (mogelijk) bijbehorende peilverhoging de verplichting met zich mee om particulieren die hierdoor worden getroffen, te compenseren? Welke rol hebben hypotheekverstrekkers en verzekeraars (en makelaars) hierin?
- gebiedsinrichting: aangezien zeespiegelstijging een geleidelijk proces is, is er ook tijd om een buitendijks gebied in te richten op een gewijzigde situatie en daarbij ook de kans te benutten om het betreffende gebied een kwaliteitsimpuls te geven. De vraag is echter hoe dit bestuurlijk aantrekkelijk te maken.

Scheepvaart

De Nederlandse waterwegen zijn belangrijk voor de scheepvaart. Scheepvaart zal naar verwachting de beste vervoersmodaliteit blijven qua kosten en qua emissies kan de scheepvaart ook de beste vervoersmodaliteit worden. Voor deze effectbepaling is aangenomen dat de huidige (zichtjaar 2020) scheepvaartintensiteit hetzelfde blijft, inclusief het aantal sluispassages en dus schutbewegingen.

Bij afsluiten van de Nieuwe Waterweg zal het vervoer van lading naar het achterland complexer worden, meer tijd vragen en duurder worden. Ook kan dit schadelijk zijn voor het imago van de haven Rotterdam.

In 2021 bedroeg de afhandeling van goederen in de haven van Rotterdam 468 miljoen ton, waarvan 78 miljoen ton droge bulk, 20 miljoen ton natte bulk (vloeistoffen), en 15,300 (x1000) TEU containers. De invoer bedroeg 325 miljoen ton, waarvan 72 miljoen ton droge bulk, 159 ton natte bulk en 7955 (x1000) TEU containers. De directe en indirecte toegevoegde waarde van de haven van Rotterdam is 63 miljard euro. Dit vertegenwoordigt 8.2 % van het BNP. Daarnaast verschaft de haven werkgelegenheid van 565,000 banen (direct and indirect) in Nederland.

De haven is toegankelijk via de Eurogeul-Maasgeul voor schepen met een diepgang tot 24 respectievelijk 23 m. Bij het afsluiten van de Nieuwe Waterweg zal de toegang tot de haven en het hier gesitueerde industriegebied voor deze diepliggende schepen een probleem zijn. Dit zal moeten worden beoordeeld integraal in samenhang met de gekozen transport modus, de logistiek en operationele aspecten om de haven te kunnen doen functioneren.

Er zijn in principe twee oplossingsrichtingen:

- een grote zeesluis die toegang verschaft voor de grote zeescheepvaart;
- nieuwe terminals buitengaats van de afsluiting, verbonden met het achterland door spoor, weg en pijpleidingen, en toegankelijk voor overslag naar binnenscheepvaart.

De eerste oplossingsrichting vraagt om een investering in een grote zeesluis. Het schutproces levert permanent een verlenging in tijd van de logistieke transportketen op. De tweede oplossingsrichting betekent een fysieke verlenging van de transportketen, met voor sommige goederen een extra overslag. Ook binnen deze oplossingsrichting zullen schutsluizen moeten worden aangelegd, nu voor de binnenvaart.

Maatschappelijke effecten – solidariteit

Een groot sociaal-maatschappelijk voordeel van de oplossingsrichting Beschermen en in beginsel ook van de VKS2015 is dat de huidige veiligheid tegen overstroming binnendijks gehandhaafd blijft. Het ruimtebeslag dat gepaard gaat met het aanpassen van de waterkeringen levert voor 60-70 % van de mensen op dat ze veilig kunnen blijven wonen in de delta van Nederland. Mits dit op betrouwbare wijze wordt uitgevoerd en het huidige vertrouwen van de samenleving in hoogwaterbescherming blijft bestaan, zijn er geen sociaal-maatschappelijke effecten te verwachten als gevolg van toenemende overstromingsrisico's in laaggelegen of overstromingsgevoelige gebieden, zoals daling van de waarde van vastgoed, sociale segregatie, afnemende investeringsbereidheid, etcetera. In strategie B2 nemen de overstromingsrisico's langs de Lek en IJssel mogelijk zelfs af.

Voor buitendijkse gebieden ligt dat anders, ook in de VKS2015. Ten opzichte van de VKS2015 doen sommige strategieën een groter beroep op solidariteit dan andere. Met name in strategie B2 wordt de 'pijn' van zeespiegelstijging en een toegenomen hoogwaterafvoer geconcentreerd langs de hoogwatercorridor. Vanuit een solidariteitsbeginsel zouden de 'getroffenen' (zowel binnendijks als buitendijks) hiervoor kunnen worden gecompenseerd.

De volgende aanbevelingen worden gedaan om maatschappelijke solidariteit te bevorderen of in ieder geval niet te verliezen:

1. voorkom dat één regio alles moet oplossen en er niets voor terug krijgt (een tweede Groningen voorkomen). Benoem hierbij ook de baten voor dun bevolkte gebieden (als Drenthe) dat mensen in West Nederland kunnen wonen;
2. verbindt de verhalen en de afspraken duidelijk met elkaar en kom afspraken ook na;
3. maak van de strategieën een goed verhaal met verbeelding! Het is nog te technisch. Het verhaal is belangrijk voor draagvlak en solidariteit. Het moet goed uitlegbaar zijn;
4. schep ruimte om in de toekomst door voortschrijdend inzicht een nieuwe keuze te maken, zorg dat realistische adaptatiepaden ook maatschappelijk bespreekbaar en acceptabel zijn;
5. maak met kaarten duidelijk dat het om een systeem gaat waar iedereen invloed op heeft, ook degenen die niet rechtstreeks te maken krijgen met bijvoorbeeld zoetwatertekorten, zouden ook moeten bijdragen door minder water te verbruiken;
6. maak solidariteit echt belangrijk, werk met een landschapsvisie/gebiedsvisie;
7. neem autonome ontwikkelingen mee in het verhaal: ook zonder ingrepen vindt verzilting plaats, moeten dijkversterkingen worden uitgevoerd, etc.
8. framing: een mooie gebiedsontwikkeling zou juist een positieve betrokkenheid teweeg kunnen brengen in plaats van (vaak voorkomende) weerstand.

4.5 Nature Based Solutions

4.5.1 Inleiding

Onder Nature Based Solutions (NBS) verstaan we ontwerp oplossingen die gebruik maken van natuurlijke processen en systemen, ook wel ecosysteemdiensten genoemd. Het voordeel van NBS ten opzichte van traditionele ontwerp oplossingen is dat de natuur meewerkt aan de realisatie van het ontwerp. Daarnaast draagt in NBS de natuur bij aan de duurzaamheid van een ontwerp.

4.5.2 Toepassingen binnen Beschermen

Onderstaand zijn voorbeelden van NBS gegeven die kunnen worden gecombineerd met één of meer bouwstenen binnen de oplossingsrichting Beschermen.

Zandmotor¹

Om bij een zeespiegelstijging van 2 m (2100) en van 5 m (2200) de veiligheid van de zandige kust te handhaven, dient extra zand aan de kust te worden toegevoegd. Traditioneel gebeurt dat door middel van lokale vooroever of strandsuppleties op plaatsen waar sprake is van een zandtekort (uitgedrukt in de ligging van de kustlijn ten opzichte van de basiskustlijn). Het concept van de Zandmotor houdt in dat op één zorgvuldige bepaalde locatie een grote hoeveelheid zand wordt aangebracht die vervolgens door golven en getijstroming langs de kust wordt verspreid. Ten opzichte van meerdere lokale suppleties heeft dit als voordeel dat de impact op de natuur (met name het bodemleven) éénmalig en op één locatie plaatsvindt.

Meegroeien Waddenzee

Een stijgende zeespiegel resulteert voor de Waddenzee in eerste instantie in een zandvraag. Als aan die zandvraag kan worden voldaan en als de zeespiegel niet te snel stijgt dan kan de bodem van de Waddenzee (of een deel ervan) in beginsel meegroeien met de stijgende zeespiegel. Of dit daadwerkelijk zal gebeuren, hangt af van complexe hydrodynamische en morfologische processen en kan binnen de Waddenzee lokaal verschillen. Het scheppen van de juiste randvoorwaarde in de vorm van voldoende aanbod van zand, kan worden gezien als een NBS, omdat de waterdiepte in de Waddenzee van invloed is op de golfbelasting op zeedijken. Een verdrinken Waddenzee vraagt om zwaardere zeedijken dan een intergetijdegebied. Daarnaast is behoud van intergetijdegebied ook vanwege de natuurwaarde ervan belangrijk.

Kwelderaangroei² en dubbele dijken³

Door het plaatsen van rijshouten dammetjes dwars op de kust in slibrijk water kan natuurlijke aanslibbing en landaanwinning worden gestimuleerd. Voor de Waddenkust van Friesland en Groningen kan zo meegroeien van de zeebodem met de zeespiegel worden gestimuleerd.

Bij dubbele dijken wordt een dijk landwaarts van de zeewaartse dijk aangelegd, of een bestaande slaperdijk opgewaarderd. Tevens wordt een doorlaat in de zeewaartse dijk gemaakt zodat de tussenliggende wisselpolder door getijden overstroomd en op kan slibben. Doordat de bodemhoogte toeneemt worden de dijken stabiel en hoeven minder opgehoogd te worden, wat kosten kan besparen. De wisselpolder kan baten leveren wanneer deze voor aquacultuur en zilte teelt of voor natuurontwikkeling, waar recreatie en toerisme van kunnen profiteren, gebruikt wordt.

Duinaangroei door kerven⁴

Kerven zijn een onderdeel van een natuurlijk duinsysteem en ontstaan oorspronkelijk als gevolg van duinafslag. Door het in stand houden van de kust door middel van suppleties, komen duinkerven van nature inmiddels minder voor. Door het openmaken van de eerste duinenrij met een z.g. kerf vindt eolisch zandtransport plaats vanaf het strand tot achter de eerste duinenrij. Daarmee wordt de duinvoet breder en het duin sterker.

Voorland creatie door vegetatie⁵

Voor het absorberen van golfenergie door voorlanden vinden er experimenten met verschillende soorten vegetaties (mangroves, wilgen) plaats in het lab en in situ. Hiermee is op natuurlijke wijze de versterkingsopgave voor de waterkering deels in te vullen.

Oesterriffen⁶

Op hard substraat kunnen oesters en mosselen zich ontwikkelen. Die dragen bij aan de verbetering van de waterkwaliteit, maar zouden ook kunnen bijdragen aan de sterkte van de constructie waar ze op groeien. Door stapsgewijze ophoging van deze riffen, in lijn met het tempo van de zeespiegelstijging, is een golfenergie absorberend voorland te creëren.

¹ Mega suppleties: <https://www.ecoshape.org/en/concepts/applying-mega-nourishments/>

² Kwelders: <https://www.ecoshape.org/en/concepts/growing-salt-marshes/>

³ Rapport dubbele dijken: [Dubbele dijken als robuuste waterkerende landschappen voor een welvarende Zuidwestelijke Delta. NIOZ Report 2021-01 - DOI](#)

⁴ Meegroeien Duinen: <https://www.ecoshape.org/en/concepts/enhancing-dune-dynamics/>

⁵ Voorlanden stimuleren: <https://www.ecoshape.org/en/concepts/integrating-vegetated-foreshores/>

⁶ Oesterriffen: <https://www.ecoshape.org/en/concepts/building-shellfish-reefs/>

4.5.3 Aanbevelingen

Om de kansen voor NBS binnen de oplossingsrichting Beschermen te vergroten, worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- aandacht is nodig voor de ontwikkeling van kennis door proeven in lab en in situ: er zit nog veel potentie in deze groep van oplossingen. Verdieping van de kennis waar wel en waar niet deze oplossingen op verantwoorde wijze kunnen worden opgenomen in de waterveiligheidsstrategie is nodig;
- daarbij is het van belang om op tijd te beginnen met deze ontwikkeling, zolang er nog binnen de op dit moment nog beschikbare veiligheidsmarges kan worden geëxperimenteerd. Is eenmaal een versnelling ingetreden in de zeespiegelstijging dan zal men niet geneigd zijn ruimte te bieden aan experimentele technieken en terugvallen op traditionele methoden. Dat is een gemiste kans;
- bij het ontwikkelen van NBS dient beoordeeld te worden hoe de tijdschaal waarop zo'n oplossing werkt past binnen de tijdschaal van de stijging van de zeespiegel. De aangroei van een oesterbank of een wilgenbos is niet dezelfde als die van de zeespiegel. Via gerichte beheer –en onderhoudsinspanningen zullen mens en natuur elkaar kunnen en moeten versterken;
- NBS voor waterveiligheid biedt meekoppel kansen voor natuurontwikkeling, recreatie, milieu en ruimtelijke kwaliteit. Daarnaast kunnen NBS als hulpmiddel worden ingezet in het compensatievraagstuk bij afsluitingen, zoals de Markerwadden zijn ingezet voor versterking van de natuur in het Markermeer. De Grevelingen is al gesloten, dit treft bij oplossingsrichting Beschermen in de strategieën A1 en A2 ook andere estuaria. De vraag is: is het mogelijk om een afgesloten estuarium een nieuwe en waardevolle natuurwaarde te geven?

4.6 Raakvlakken

Dit rapport heeft belangrijke raakvlakken met spoor II van het KPZSS en ook met de beide andere oplossingsrichtingen, Zeewaarts en Meebewegen.

Er is voor gezorgd dat dit rapport consistent is met de resultaten van spoor II en dat zoveel mogelijk gebruik is gemaakt van reeds ontwikkelde kennis en instrumenten. Zo is voor de uitwerking van de zoetwaterbalans ook gebruik gemaakt van schattingen door het Deltaprogramma ZoetWater.

Het raakvlak met de oplossingsrichting Meebewegen betreft met name de buitendijkse gebieden en het zoetwatervraagstuk. Binnen de oplossingsrichting Beschermen is het uitgangspunt dat het overstromingsrisico voor buitendijkse gebieden niet zou moeten toenemen. Dat is ingevuld door te kijken of we de kans op overstrooming gelijk kunnen houden (net als bij de waterkeringen). Maatregelen om de **gevolgen** van overstrooming te beperken (ophogen, anders bouwen) vallen onder de oplossingsrichting Meebewegen. Daarnaast zal meebewegen op het vlak van de zoetwatervraag ook binnen de oplossingsrichting Beschermen nodig zijn om tot een sluitende zoetwaterbalans te komen.

Het raakvlak met de oplossingsrichting Zeewaarts betreft vooral het gesloten zeefront ter plaatse van de Zuidwestelijke Delta (uitgerust met pomp- en spuumiddelen). Dit zeefront vormt onderdeel van de oplossingsrichting Beschermen en is binnen de oplossingsrichting Zeewaarts ook aanwezig, maar dan zeewaarts verlegd. De oplossingsrichtingen Zeewaarts lijkt daardoor in de Zuidwestelijke delta sterk op de strategieën A1 en A2 binnen de oplossingsrichting Beschermen. Bij Zeewaarts is gekozen voor aanvullende waterberging buitengaats en bij Beschermen is gekozen voor gebruikmaking van de al aanwezige waterberging in de estuaria.

Om de onderlinge vergelijkbaarheid te borgen, is de uitwerking van de drie oplossingsrichtingen op dezelfde uitgangspunten gebaseerd en heeft tussentijds afstemming plaatsgevonden over methodieken en aanpak.

5

STAPPEN NAAR DE TOEKOMST

5.1 Conclusies

Op basis van de uitwerking van de vier strategieën binnen de oplossingsrichting Beschermen kan het volgende worden geconcludeerd:

5.1.1 Met betrekking tot de doelstelling waterveiligheid

- het is technisch, ruimtelijk en financieel goed mogelijk om de gebieden die in Nederland momenteel door primaire keringen worden beschermd tegen overstromingen, ook bij een zeespiegelstijging tot 5,4 m te blijven beschermen. Er zijn in de techniek, kosten en uitvoerbaarheid geen omslagpunten gezien die de oplossingsrichting onmogelijk maken. Wel stelt oplossingsrichting Beschermen hoge eisen aan (de betrouwbaarheid van de) technische bouwstenen die bij toenemende belastingen voor deze systeemkeuzes ingezet worden: stormvloedkeringen, pompcomplexen, afvoerregelwerken en waterkeringen. Er is nader onderzoek naar deze bouwstenen nodig;
- het is niet goed mogelijk om vast te stellen bij welke zeespiegelstijging dit technisch, ruimtelijk en financieel niet meer mogelijk is. Andere factoren in de sfeer van effecten van zeespiegelstijging op andere functies en thema's spelen dan een nog grotere rol;
- vanwege de verwachte versnelling van de zeespiegelstijging zullen versterkingen van waterkeringen in de toekomst in een groter tempo uitgevoerd moeten worden dan tot dusver het geval was. Dat vraagt om een omschakeling in de uitvoering;
- uit de uitgewerkte strategieën blijkt dat er binnen de oplossingsrichting Beschermen nog tal van keuzes te maken zijn die veel en ook sterk uiteenlopende impact hebben buiten de doelstellingen van waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid. Het gaat dan voornamelijk om de impact op natuur (wel of geen getijdenatuur), land en tuinbouw (verzilting), scheepvaart rondom de havens (de logistiek) en voor buitendijkse gebieden. Dat het mogelijk is om Nederland te blijven beschermen, wil niet zeggen dat er geen uitdagingen zijn of dat er geen impact is;
- beschermen van buitendijkse gebieden kan door 'inpolderen', dat is vooral relevant rondom stedelijke kernen. Het is wel lastig inpasbaar. Voor buitendijkse gebieden ligt daarom een relatie met meebewegen (anders bouwen) voor de hand, in combinatie met extra bescherming voor zover inpasbaar. Hiermee kunnen mogelijk levenscycli worden overbrugd.

Aandacht is nodig voor dijkversterking in relatie tot governance. Door gebiedsontwikkeling centraal te stellen, kunnen dijkversterkingen flexibel en anticiperend worden meegenomen. Ook kunnen dijkversterkingen worden benut voor andere maatschappelijke ontwikkelingen dan waterveiligheid. Het is in alle gevallen verstandig om meer ruimte te reserveren voor toekomstige dijkversterkingen zodat geen nieuwe opgaves worden gecreëerd.

5.1.2 Met betrekking tot de doelstelling zoetwaterbeschikbaarheid

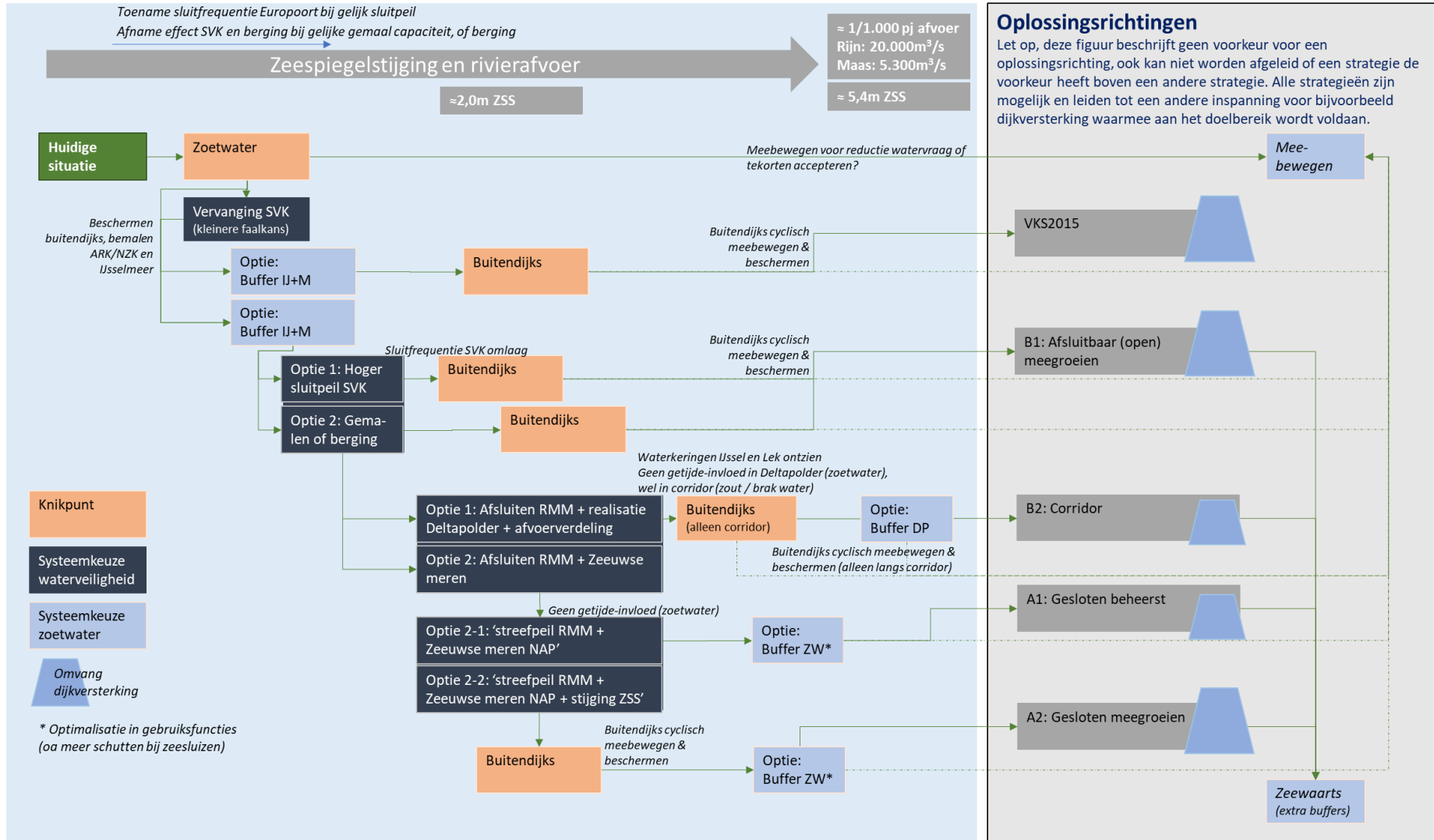
De zoetwatervraag is binnen de oplossingsrichting Beschermen erg groot. Buffers kunnen extra solaa's bieden maar het aanpassen van de watervraag is onontkoombaar. Het ligt voor de hand eerst de watervraag te reduceren, en dat te kijken in hoeverre met buffers een omslagpunt nog kan worden uitgesteld. Tegelijk is de vraag of de buffers zo kunnen worden ontworpen dat natuurwaarden blijven bestaan en er mogelijkheden zijn voor recreatie. Het risico is dat er problemen ontstaan op gebied van waterkwaliteit.

5.2 Adaptatiepaden binnen de oplossingsrichting Beschermen

De vier uitgewerkte strategieën tonen aan dat het mogelijk is om binnen de oplossingsrichting Beschermen keuzes te maken die technisch, fysisch (ruimtelijk) en financieel realistisch zijn. Echter: sommige keuzes laten richting de toekomst meer opties open dan andere.

In onderstaande afbeelding 5.1 is weergegeven welke keuzes er binnen de oplossingsrichting Beschermen mogelijk zijn en welk adaptatiepad er kan worden gevolgd, afhankelijk van de (nu nog onzekere) stijging van de zeespiegel en verandering van rivierafvoeren. Een adaptatiepad schrijft geen keuze voor, want alle opties zijn uitvoerbaar.

Afbeelding 5.1 Adaptatiepaden binnen de oplossingsrichting Beschermen en interactie met Meebewegen en Zeewaarts



Systeem-keuzemomenten waterveiligheid binnendijks

- In de tussenbalans van KPZSS is reeds geconstateerd dat VKS2015 tot 3 m zeespiegelstijging voortgezet kan worden. Dat betekent niet dat het systeem geen onderhoud vergt: keringen en stormvloedkeringen en sluizen blijven onderhoud en renovatie vragen en moeten wellicht ook worden aangepast op de stijging van de zeespiegel.
- Voor de oplossingsrichtingen zoals nu uitgewerkt geldt dat bij een zeespiegelstijging van 2 meter andere systeemkeuzes worden gemaakt en dat het dus verstandig is tijdig na te denken over de gewenste beschermingsstrategie. Immers voor de Zuidwestelijke Delta en het Rijn- Maasmonding gebied is voorzien dat de waterkeringen worden versterkt vanwege het meegroeien met de zeespiegel of vanwege de inzet van buffers voor zoetwater, terwijl dit bij andere systeemkeuzes niet op pas later nodig is.
- Ook buitendijks zijn de grootste effecten tot een lokaal 1-2 m hogere waterstand op te vangen, eventueel aangevuld met noodmaatregelen als mobiele keringen.
- Het inzetten van bergingsgebieden in de Zuidwestelijk Delta of het plaatsen van gemalen (tot enkele duizenden m³/s) die effect hebben bij een gesloten situatie vraagt ook nog geen keuze in de strategieën want die zijn in alle strategieën voorzien. Deze gemalen en berging hebben effect op de dijkversterking en bescherming van buitendijks gebied. Deze ingrepen hebben vooral effect als de rivierafvoer bij hoogwater stijgt.
- Gaandeweg zullen de waterkeringen bovenstrooms versterkt moeten worden maar voor geen van de strategieën is dat een desinvestering omdat piekafvoeren ook in aantal en hoogte toenemen. Op basis van de nieuwe KNMI scenario's¹ worden nieuwe piekafvoeren voor de rivieren afgeleid. In deze studie is naast de toename van de piekafvoer ook al rekening gehouden met mogelijk dijkversterkingen in Duitsland. Mogelijk is de toename van de piekafvoer minder groot dan is aangenomen in de scenario's van dit consortium, wat voor het adaptatiepad voor met name gesloten situaties betekent dat er meer tijd is.
- Als strategie B1 niet meer haalbaar of wenselijk is, zijn de gemalen en ingrepen in het hoofdsysteem door slimme keuzes te maken ook nuttig voor strategie A1, A2 en B2. Hierbij kan ook rekening worden gehouden met de levensduur van deze maatregelen in relatie tot de investeringen. Immers na een periode van 50-100 jaar is de technische levensduur vaak verlopen. Ook is het mogelijk om bij renovaties te ontwerpen op kortere levensduur (wat nu ook al is toegepast bij gemaal IJmuiden).

Als de VKS2015, of strategie B1 die hier op voortborduurde, niet meer voldoet, dient een systeemkeuze te worden gemaakt. Dat is bij een zeespiegelstijging van orde 2m in combinatie met een toename van de rivierafvoer (als de rivierafvoer minder toeneemt is er wellicht meer tijd). Alle mogelijke systeemkeuzes zijn realistisch maar hebben wel verschillende impact op de omgeving als toegelicht in paragraaf 0.

Voor het ARK/NZK systeem en het IJsselmeer zijn de strategieën niet onderscheidend, hier zal na verloop van tijd een situatie ontstaan waarin de afvoer via gemalen worden afgevoerd en spuien niet meer mogelijk is. Voor de Westerschelde staan de keuzes meer op zichzelf, de impact van de systeemkeuzes heeft ook betrekking op een veel kleiner gebied (maar is wel grensoverschrijdend naar België).

Systeem-keuzemomenten waterveiligheid buitendijks

Voor de meeste buitendijkse gebieden bij de strategie A2 en B1 en langs de hoogwatercorridor in B2 blijkt dat beschermen na 2100 niet altijd mogelijk of zinvol is als de waterstanden meegroeien met de zeespiegel.

Een lokale stijging van de waterstand van orde 1 meter is te overbruggen door mobiele keringen en noodmaatregelen. Bij grotere toenames van de waterstand wordt dat lastiger en ontstaat er een knikpunt. Door de ontwikkelingen anders te ontwerpen en uitgiftepeilen met een horizon 50-100 jaar vooruit vast te stellen, kan worden meebewogen (zie bijvoorbeeld gebied De Staart of het Maasterras in Dordrecht).

Ook industriegebieden kunnen worden aangepast op het moment van grote ingrepen. Na realisatie van het nieuwe ontwerp na het meebewegen is er weer een periode waarover ingezet kan worden op bescherming tot deze niet meer voldoet en weer een knikpunt optreedt. Uiteindelijk ontstaat hier dus een cyclisch proces van beschermen en meebewegen.

¹ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaatscenario-s>

Systeem-keuzemomenten zoetwaterbeschikbaarheid

Met zoetwaterbuffers wordt in droge perioden de zoetwaterbeschikbaarheid vergroot. Echter er is nu al sprake van een tekort aan zoetwater in droge jaren. Dat tekort zal groter worden als we de huidige acceptabele chlorideniveaus handhaven. Hierdoor zal de doorspoelbehoefte stijgen en mogelijk is er water nodig voor bestrijden van de verzilting op de rivieren.

In het huidige beleid, bijvoorbeeld rondom 'water en bodem sturend' is al opgenomen dat we niet altijd in de zoetwaterbehoefte kunnen voorzien en dat aanpassing in het watergebruik noodzakelijk is. Voor zoetwater staan we dus al op een knikpunt. Het is daarom van belang om de watervraag te beïnvloeden. Tegelijkertijd kan binnen het watersysteem met de inzet van buffers en technologie (als osmose-apparaten) ingezet worden op het zoveel mogelijk beschermen van het huidige landgebruik.

5.3 Aanbevelingen voor de korte termijn

In dit hoofdstuk zijn aanbevelingen voor de korte termijn (komende 20-30 jaar) opgenomen. Deze aanbevelingen zijn gericht op keuzes die we nu kunnen maken. Daarmee zijn we er niet: het klimaat blijft veranderen (net als de kennis en risicoperceptie) zodat er ook in de toekomst keuzes nodig zijn.

1. Behoud en creëer ruimte rondom waterkeringen voor toekomstige dijkversterkingen anticiperend op zeespiegelstijging en toename van de rivierafvoer. Houd hierbij rekening met verschillende mogelijkheden om deze dijkversterkingen vorm te geven, zoals groene dijken, constructieve oplossingen, klimaatdijken en Nature Based Solutions. Benut de mogelijkheden van gebiedsprocessen om dijkversterkingen te realiseren, zelfs als waterkeringen nog niet in het HWBP zijn geprogrammeerd.
2. Behoud en creëer ruimte voor zandwinning in de Noordzee zodat voldoende zand beschikbaar blijft voor suppleties die nodig zijn om te anticiperen op (extreme) zeespiegelstijging.
3. Verminder de zoetwatervraag waardoor er met name (veel) minder doorspoeling nodig is van polders, boezemsystemen en het hoofdwatersysteem. Onderdeel hiervan is ook het stimuleren van zouttolerante gewassen en alternatieve verdienmodellen voor land- en tuinbouw.
4. Ontwikkel buitendijkse gebieden zodanig dat er mogelijkheden openblijven om de gebieden in de toekomst aan te passen aan verdere peilstijgingen. Kijk bij het ontwerp van buitendijkse ontwikkelingen nu al naar een mix van maatregelen gericht op meebewegen en beschermen.
5. Houd bij investeringen in het kader van infrastructuur, woningbouw, energie en klimaatadaptatie (en mitigatie) rekening met de gevolgen van klimaatverandering: anticipeer op peilstijgingen en beperkte zoetwaterbeschikbaarheid. Verken mogelijkheden om deze investeringen zo vorm te geven dat ze bijdragen aan het verkleinen van de kwetsbaarheid voor extreme omstandigheden.
6. Houd bij de grootschalige vervanging en renovatie (V&R) van (natte en droge) infrastructuur rekening met de gevolgen van klimaatverandering en beschouw de V&R-opgave van huidige infrastructuur ook in de context van mogelijke toekomstige veranderingen in de inrichting van het watersysteem. Ga na of het verstandig is om voor een korte ontwerplevensduur (kort cyclisch) te ontwerpen in plaats van voor een levensduur van 100 jaar. Kijk ook naar mogelijke uitbreidbaarheid en opschaling van infrastructuur, om de kans op spijt van een investering (en eventuele desinvestering) te beperken.
7. Gebruik beelden voor communicatie maar alleen als deze onderbouwd zijn met een kwantitatieve uitwerking naar de impact op waterveiligheid, zoetwater en de andere effecten. Laat hierbij ook zien hoe de risico's van zoetwater en waterveiligheid zich verhouden tot andere risico's om duidelijk te maken dat het gaat om risico-afwegingen.
8. Maak de impact van de strategieën op andere functies (naast waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid) concreet, zodat het verschil van de impact tussen de strategieën voldoende

helder is en kan worden meegenomen bij de beoordeling van de strategieën.

9. Bekijk de mogelijkheid om al te convergeren naar een realistische shortlist van mogelijke strategieën bij alle oplossingsrichtingen (zonder nu al een definitieve keuze te maken voor één strategie of oplossingsrichting) en houd vervolgens rekening met de impact van deze shortlist bij bestaande vervangingsopgaves in het hoofdwatersysteem.

5.4 Kennis- en onderzoeksagenda

In het Bijlagenrapport is per bouwsteen aangegeven welke kennis- en onderzoeksvragen tijdens de uitwerking van de bouwsteen naar boven zijn gekomen. Hieronder is hiervan een samenvatting gegeven:

1. Ontwikkel een bouwstenen model voor de afweging van systeemkeuzes. Dit model laat zien wat de consequenties zijn van de systeemkeuzes voor verschillende klimaatscenario's in de tijd en vormt de basis voor verdere verkenningen en aanscherpingen die volgen uit zowel spoor II en spoor IV van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Het gaat dan om de effecten op waterstanden, overstromingsrisico's, verzilting in polders en het hoofdwatersysteem inclusief de zoetwaterbalans en de beschrijving van de gevolgen op de randvoorwaarden voor (getijde)natuur, scheepvaartbewegingen, land- en tuinbouw en buitendijkse gebieden. .
2. Maak inzichtelijk wat het ruimtebeslag is voor de uitvoering van de mogelijke oplossingsrichtingen en strategieën (op basis van de shortlist) inclusief de invloed van de keuzes binnen de strategieën. Verken op basis van de hoekpunten uit de klimaatscenario's ook wat het effect is op de overstromingsrisico en zoetwaterbeschikbaarheid voor 'beschermde' gebieden en wat dat betekent voor ruimtelijke opgaves (en bijvoorbeeld water en bodem sturend) in deze gebieden.
3. Onderzoek voor gesloten situaties hoe de verzilting van het hoofdwatersysteem kan worden geminimaliseerd in combinatie met schutten bij sluisen. Kijk hierbij breed naar mogelijke maatregelen en innovaties inclusief inpassing strategieën en beschouw de kosten en baten ten opzichte van situaties waarin overslag over land moet plaatsvinden.
4. Verken met Havenbedrijven logistieke oplossingen waarbij de overslag tussen binnenwateren en zee over land plaatsvindt, zonder dat aan efficiency wordt ingeboet.
5. Onderzoek en stimuleer het gebruik van (meer) zouttolerante gewassen, en voorkom ontwikkelingen in 'laag Nederland' die leiden tot een significante toename van de zoetwatervraag.
6. Onderzoek de kwetsbaarheden van de verschillende oplossingsrichtingen en strategieën op sociaal en technisch vlak. Op maatschappelijk-sociaal vlak kan het bijvoorbeeld gaan om de bereidheid van mensen om mee te werken (sociaal draagvlak) aan bijvoorbeeld oplossingen die bijdragen aan een gunstig vestigingsklimaat en dus aan een goede concurrentiepositie van Nederland ten opzichte van andere landen. Op technisch vlak gaat het bijvoorbeeld om kwetsbaarheden ten aanzien van de morfologie van rivierbodems, de beschikbaarheid van materialen, cyberrisico's en terrorisme.
7. Ontwikkel nieuwe governance- en financieringsmodellen waarin met name dijkversterkingen als onderdeel van (sociaal maatschappelijke) gebieds-ontwikkeling worden gezien. Situaties waarin dijkversterkingen als een plotselinge ingreep worden gezien, zouden zoveel mogelijk moeten worden voorkomen. Een goede aanzet hiervoor is om de mogelijke versterkingsopgave en bijbehorend ruimtebeslag tot 2200 al inzichtelijk te maken.
8. Onderzoek naar de maakbaarheid en betrouwbaarheid van de grote technische bouwstenen die voor de systeemkeuzes van Beschermen nodig zijn: pompen, stormvloedkeringen, spuisluisen, afvoerreguleringswerken.