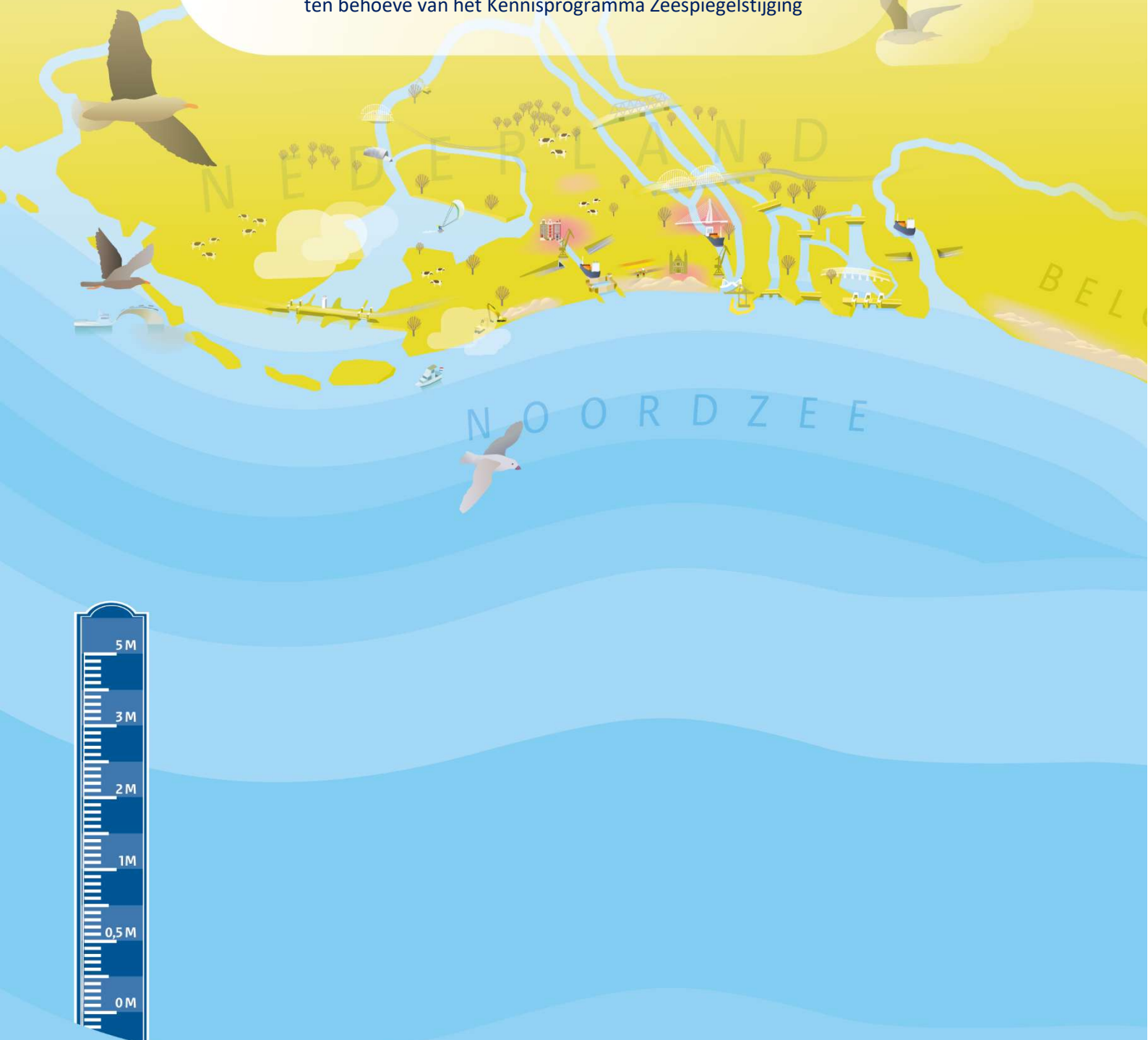


Kosten en effecten van lange termijn denkrichtingen voor extreme zeespiegelstijging

In opdracht van het Ministerie van IenW/DGWB
ten behoeve van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging



Colofon

Titel	Kosten en effecten van lange termijn denkrichingen voor extreme zeespiegelstijging
Versie	Definitief, 12 juni 2026
Uitgevoerd door	De Waterwerkers, HKV en SustEcon
Auteurs	Jarl Kind, André Wooning, Bas Kolen en Jakolien Leenders
Opdrachtgever	IenW/DGWB i.s.m. RWS-WVL ten behoeve van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Summary	7
1. Inleiding.....	11
1.1. Aanleiding	11
1.2. Doel van dit rapport.....	12
1.3. Opbouw van het rapport en leeswijzer	13
2. Lange termijn denkrichtingen	14
2.1. Uitgangspunten van de denkrichtingen.....	14
2.2. Voortzetten van de huidige voorkeursstrategie	15
2.3. Denkrichting Beschermen.....	16
2.4. Meegroeien.....	17
2.5. Meebewegen	17
2.6. Zeewaarts.....	18
2.7. Overzicht	18
3. Werkwijze raming kosten en effecten	20
3.1. Stap 1: inventarisatie kosten en effecten	20
3.2. Stap 2: uitgangspunten voor de kosten en effecten.....	21
3.3. Stap 3: fasering	22
3.4. Stap 4: uniformering en aanvullende ramingen	22
3.5. Stap 5: Monte Carlo-analyse.....	24
4. Overzicht van kosten en effecten	25
4.1. Totale kosten en effecten	25
4.2. Contante waarde kosten en effecten	27
4.3. Overige kosten en effecten.....	29
5. Conclusies en aanbevelingen	30
5.1. Conclusies	30
5.2. Aanbevelingen	31
Verklarende woordenlijst.....	34
Literatuur.....	35
Bijlage A: Kosten van Primaire Waterkeringen	36
Bijlage B: Pompen/gemalen	41
Bijlage C: Terugtrekken van vaste kapitaalgoederen	45
Bijlage D: Buitendijkse gebieden	46
Bijlage E: Overstromingsrisico binnendijks	49
Bijlage F: Schade door verzilting.....	52
Bijlage G: Scheepvaart en havens	63
Bijlage H: Natuur	66
Bijlage I: Fasering.....	86
Bijlage J: Monte Carlo-analyse	89
Bijlage K: Figuren	99

Samenvatting

Dit rapport verkent de kosten en effecten van vijf denkrichtingen (waarvan een deel met varianten) die ontwikkeld zijn binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. De denkrichtingen zijn er op gericht om om te gaan met de gevolgen van een extreme zeespiegelstijging van 5 meter op de waterveiligheid en zoetwatervoorziening op de zeer lange termijn, zie onderstaande Tabel S-1.

Tabel S-1: Vijf denkrichtingen voor extreme zeespiegelstijging

Denkrichting	Beschrijving	Variant
Voortzetten huidige VKS	Voortzetting van het huidige beleid van dijkversterkingen, verbetering en vervanging van stormvloedkeringen, en kustlijn­zorg en het streven naar een balans tussen de vraag naar en aanbod van zoetwater.	
Beschermen	In deze denkrichting ligt de nadruk op het blijven versterken van de primaire waterkeringen zodat de kans op een overstroming niet toeneemt, met verschillende varianten met stormvloedkeringen waarbij het zee­front openblijft dan wel gesloten wordt. Deze denkrichting richt zich ook op het handhaven of vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid.	A1. Gesloten zee­front met daarin een vast streef­peil rondom NAP 0 m. A2. Gesloten zee­front met daarin een meestijgend streef­peil. B1. Afsluitbaar zee­front in combinatie met de huidige afvoer­verdeling van de Rijn. B2. Afgesloten zee­front met Deltapolder met een aangepaste afvoer­verdeling van de Rijn.
Meegroeien	In deze denkrichting gaat het om het gebruik maken van natuurlijke processen en techniek om het land door aangroei te beschermen tegen overstromingen, en de zoetwaterbeschikbaarheid te borgen dan wel te vergroten. Deze denkrichting richt zich ook op het creëren en behouden van intergetijdennatuur.	Alt1. Open zuidwestelijke delta door verwijdering van dammen en stormvloedkeringen, een Deltapolder in de Rijn-Maasmonding en grootschalige suppleties. Alt2. Open delta met natuurvriendelijke stormvloedkeringen en grootschalige suppleties.
Zeewaarts	In deze denkrichting wordt voor de huidige kust van de Zuidwestelijke Delta een nieuw kustmeer aangelegd om hoge rivierafvoeren te bergen en daarmee piekwaterstanden te verlagen. Ook deze denkrichting richt zich op het voorkomen van overstromingen en het handhaven of vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid.	
Meebewegen	In deze denkrichting gaat het om aangepast landgebruik, water meer ruimte geven en woningen en bedrijven uit overstromingsgevoelige gebieden terugtrekken. Dit leidt tot kleinere gevolgen van overstromingen en minder toekomstige investeringen in waterveiligheid.	

Een belangrijk verschil tussen de denkrichting Meegroeien en de overige denkrichtingen is dat in Meegroeien waardevolle intergetijdennatuur wordt gecreëerd omdat deze expliciet als ontwerpdoel is meegenomen naast waterveiligheid en zoetwaterbeschikbaarheid, terwijl in de andere denkrichtingen de intergetijdennatuur verloren gaat, doordat zij verdrinkt of verandert in getijloze natuur.¹

In dit rapport is uitgegaan van het gedachtegoed van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA), waarbij naast de kosten van de denkrichtingen ook de effecten op de maatschappelijke

¹ Tenzij er in de andere denkrichtingen aanvullende kosten gemaakt zouden worden om deze intergetijdennatuur te behouden. Deze aanvullende kosten zijn in deze studie niet meegenomen.

welvaart zo veel mogelijk in monetaire termen worden uitgedrukt.² De kosten en effecten van de denkrichtingen zijn in beeld gebracht over een periode die loopt van 2050 tot 2200. Daarbij is verondersteld dat in de uitgangssituatie van 2050 alle waterkeringen aan de wettelijke waterveiligheidsnorm voldoen en dat aan de Natuurherstelwet is voldaan.

Vanwege onder meer het verkennende karakter en het globale niveau van de analyse, het hanteren van één zeer extreem scenario voor de zeespiegelstijging, het feit dat er niet is gekeken naar meekoppelkansen (baten) van zeespiegelstijging met andere maatschappelijke opgaven (zoals de energie- en landbouwtransitie, en de woningbouwopgave) en de sterke afhankelijkheid van expert judgement, mag deze analyse niet gezien worden als een volwaardige MKBA; daarvoor zijn vervolgstappen nodig.

De kosten en effecten die in het onderzoek in monetaire eenheden zijn meegenomen, zijn de kosten van primaire waterkeringen, de kosten van pompen, de kosten van grootschalige suppleties voor het behoud van intergetijdennatuur, de kosten voor het beschermen en/of aanpassen van buitendijkse gebieden, de kosten (zowel schade als slachtoffers) veroorzaakt door overstromingen, verziltingsschade voor de landbouw, verziltingskosten voor de drinkwatervoorziening, het verlies aan de waarde van ecosysteemdiensten van natuur (CO₂-vastlegging, recreatie en visserij),³ kosten voor de scheepvaart en havens, en de kosten voor het grootschalig 'terugtrekken' uit laag Nederland. De verwachting is dat met deze posten de grootste en belangrijkste posten zijn meegenomen. Rondom deze kosten en effecten zit echter een grote onzekerheid; in dit rapport zijn deze door middel van het uitvoeren van een eenvoudige Monte Carlo-analyse meegenomen.

Over de periode 2050-2200 liggen de totalen van de verwachte kosten en effecten⁴ die gepaard gaan met het voortzetten van de huidige VKS of met het kiezen voor de denkrichtingen Beschermen, Meegroeien of Zeewaarts relatief dicht bij elkaar, namelijk € 350 tot € 450 miljard, met forse bandbreedtes. Alleen voor de denkrichting Meebewegen ligt het totaal van de verwachte kosten en effecten aanzienlijk hoger.

Van de kosten en effecten zijn ook de contante waardes berekend, waarbij rekening is gehouden met het moment waarop de kosten en effecten in de tijd optreden. Hiervoor is een discontovoet van 2,25% per jaar gebruikt.⁵ De contante waardes van de verwachte kosten en effecten van de denkrichtingen zijn vervolgens vergeleken met die van het voortzetten van de huidige VKS. Wanneer de contante waarde van de verwachte kosten en effecten van een denkrichting kleiner is dan die bij het voortzetten van de huidige VKS, dan noemen wij deze baten. Zijn ze groter, dan noemen wij deze (extra) kosten. Figuur S-1 geeft op deze wijze het beeld van de verwachte kosten en baten van de verschillende denkrichtingen weer ten opzichte van het voortzetten van de huidige VKS.⁶

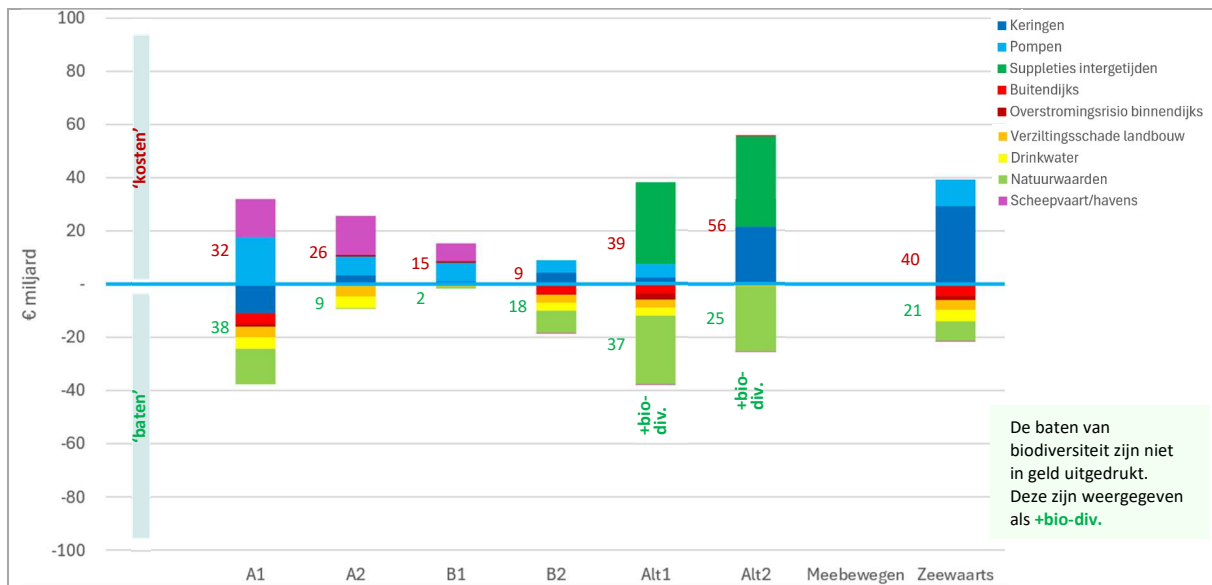
² Een precies onderscheid tussen wat kosten en wat (negatieve) effecten zijn, is daarbij eigenlijk niet goed te maken en in het kader van deze studie ook van nevensgeschikt belang. Een precies onderscheid tussen deze twee wordt in het rapport dan ook niet nagestreefd.

³ Baten gerelateerd aan biodiversiteit zijn kwalitatief benoemd.

⁴ Met 'verwachte kosten' en 'verwachte effecten' wordt steeds de gemiddelde uitkomst van de kosten / het effect zoals berekend in de Monte Carlo-analyse bedoeld.

⁵ Door discontering wegen kosten en effecten in de nabije toekomst zwaarder mee dan kosten en effecten in de verdere toekomst. Kosten, effecten en baten zijn steeds contant gemaakt naar het basisjaar 2050, het eerste jaar van de analyseperiode 2050-2200.

⁶ Ter oriëntatie: de totale contante waarde van alle verwachte kosten en effecten van de VKS is berekend op € 132 miljard, met een bandbreedte van tussen € 66 miljard en € 214 miljard.



Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur S-1: *Contante waarde van de verwachte kosten en effecten van de (varianten van de) denkrichtingen, ten opzichte van het voortzetten van de huidige VKS. Kosten en effecten van de denkrichting die groter zijn dan die van de huidige VKS, worden in dit figuur weergegeven als positieve getallen (meerkosten): zij staan boven de blauwe horizontale lijn (de x-as) en de totalen zijn weergegeven door middel van getallen met een rode kleur. Kosten en effecten die in de denkrichting lager zijn dan die van de huidige VKS, worden in dit figuur weergegeven als negatieve getallen ('vermeden kosten of effecten'), deze kunnen ook gezien worden als 'baten'. Deze staan onder de blauwe lijn. De totale baten zijn weergegeven met getallen in een groene kleur. Baten van (het behoud van) biodiversiteit zijn in dit figuur niet in geld uitgedrukt. Deze biodiversiteitsbaten spelen met name in de varianten van Meegroeien (Alt1 en Alt2) en zijn getoond als +bio-div. De kosten en effecten van de denkrichting Meebewegen zijn in het figuur niet getoond, omdat deze vele malen groter zijn dan die van de andere denkrichtingen (en daardoor buiten het bereik van de grafiek vallen).*

Ondanks dat deze getallen grote bandbreedtes kennen, geeft een vergelijking van de denkrichtingen met het voortzetten van de huidige VKS wel aanleiding tot het trekken van de volgende voorzichtige conclusies:

- **Beschermen A1 (gesloten, huidig binnenpeil):** tegenover de extra kosten voor pompen en de scheepvaart/havens, staan baten (lagere kosten) voor de keringen, buitendijkse gebieden, landbouw, drinkwater en natuur.
- **Beschermen A2 (gesloten, meestijgend binnenpeil):** tegenover de extra kosten voor pompen, keringen en scheepvaart/havens, staan baten voor de landbouw, drinkwater en natuur. Zowel de extra kosten als baten zijn minder groot dan in Beschermen A1.
- **Beschermen B1 (afsluitbaar, huidige afvoerverdeling):** tegenover de extra kosten voor pompen en voor de scheepvaart/havens, staan weinig baten.
- **Beschermen B2 (afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling):** tegenover de extra kosten voor keringen en pompen, staan baten voor buitendijkse gebieden, landbouw, drinkwater en natuur.

-
- **Meegroeien Alternatief 1 (open delta met Deltapolder):** in dit alternatief vallen met name de hoge extra kosten voor suppleties ten behoeve van het behoud van intergetijdennatuur op; hier staan baten van natuur (voor o.a. biodiversiteit en CO₂-vastlegging) tegenover. Tegenover de extra kosten voor pompen en keringen staan baten voor buitendijkse gebieden, landbouw, drinkwater en een lager overstromingsrisico.
 - **Meegroeien Alternatief 2 (open delta, NBS-stormvloedkeringen):** ook in dit alternatief vallen met name de hoge extra kosten voor suppleties ten behoeve van het behoud van intergetijdennatuur en keringen op; hier staan baten van natuur (voor o.a. biodiversiteit en CO₂-vastlegging) tegenover.
 - **Zeewaarts:** in deze denkrichting vallen met name de hoge extra kosten voor keringen en pompen (beiden onderdeel van het kustmeer) op; hier staan baten voor buitendijkse gebieden, landbouw, drinkwater en natuur tegenover.

De resultaten geven geen aanleiding tot het laten afvallen van een van denkrichtingen, behalve wellicht de denkrichting Meebewegen. Alle denkrichtingen bevatten daarbij elementen die de moeite waard zijn om verder uit te werken en mee te nemen in toekomstige strategieontwikkeling

Ten behoeve van een gedegen ondersteuning van de toekomstige besluitvorming onder onzekerheid over maatregelen en strategieën die nodig zijn voor het aanpassen van Nederland aan de zeespiegelstijging, wordt aanbevolen om (i), de kosten-, baten- en effectenramingen te verbeteren, (ii) de meekoppelkansen/baten en eventuele aanvullende negatieve maatschappelijke effecten in beeld te brengen, en (iii) een integrale analysetool (“Zeespiegelverkenner”) te ontwikkelen.

Summary

This report explores the costs and effects of five conceptual perspectives (some of which involve variants) that have been developed in the context of the Sea Level Rise Knowledge Programme. The perspectives are aimed at dealing with the consequences of extreme sea level rise of 5 metres on flood risk management and freshwater supply in the very long term, see Table S-1 below.

Table S-1: *Five conceptual perspectives for extreme sea level rise*

Perspective	Description	Variant
Continuation of current Preferential Strategy	Continuation of the current policy of dike improvements, improvement and replacement of storm surge barriers, and coastline management and the pursuit of a balance between the supply of and demand for freshwater.	
Protect	In this perspective the emphasis is on continuing to strengthen the primary flood defences so that the risk of flooding does not increase, but various variants have been developed with storm surge barriers in which the sea front remains open or is closed. This perspective also focuses on maintaining or increasing water availability.	A1. Closed sea front with a fixed water level around NAP 0 m. A2. Closed sea front with a rising water level. B1. Closable sea front in combination with current discharge distribution of the Rhine. B2. Closed sea front with a Deltapolder in combination with an adapted discharge distribution of the Rhine.
Keeping Pace	This perspective involves the use of natural processes and technology to protect the land against flooding through the raising of land, and to safeguard or increase the availability of fresh water. This perspective also focuses on the creation and preservation of intertidal nature.	Alt1. Open Southwestern Delta through the removal of dams and storm surge barriers and large-scale sand nourishments, and a Deltapolder. Alt2. Open delta with nature-based storm surge barriers and large-scale sand nourishments.
Seaward	This perspective involves creating a new coastal lake off the current coast of the Southwestern Delta to store high river discharges and thus lower peak water levels. This perspective also focuses on preventing flooding and maintaining or increasing the availability of freshwater.	
Re-commodate (Retreat + Accommodate)	This perspective involves adapted land use, giving water more space and withdrawing homes and businesses from flood-prone areas. This leads to smaller consequences of flooding and lower levels of investment in flood protection in the long run.	

An important difference between the Keeping Pace perspective and the other perspectives is that in Keeping Pace, valuable intertidal nature is created because it is explicitly included as a design goal in addition to flood risk management and freshwater availability, while in the other perspectives, the intertidal nature is lost because it drowns or turns into tidal nature.⁷

This report is based on the principles of cost-benefit analysis (CBA), in which, in addition to the costs of the perspectives, the effects on social welfare are expressed in monetary terms as much as possible.⁸ The costs and effects of the perspectives have been included over a period running from

⁷ Unless in the other perspectives additional costs would be incurred to conserve the intertidal nature. These additional costs have not been included in this study.

⁸ A precise distinction between what costs and what (negative) effects are, cannot be made and in the context of this study and is of secondary importance. A precise distinction between these two is therefore not what is aimed for in this report.

2050 till 2200. It has been assumed that at the start in 2050 all flood defences will meet legal flood protection standards and that the Nature Restoration Act will be complied with.

Because of, among other things, the exploratory nature and the global level of the analysis, the use of one very extreme scenario for sea level rise, the fact that no consideration was given to the linkage opportunities (benefits) of sea level rise with other major social challenges (such as the energy and agricultural transition, and the housing challenge) and the strong dependence on expert judgement, this analysis should not be seen as a full-fledged CBA; follow-up steps are needed for this.

The costs and effects that are included in this study in monetary units, are the costs of primary flood defences, the costs of pumping, the costs of large-scale sand nourishments for the conservation of intertidal nature, the costs of protecting and/or modifying unembanked areas, the costs (both damage and casualties) caused by flooding, salinization damage to agriculture, salinization costs for the drinking water supply, the loss of ecosystem services values of nature (CO₂ sequestration, recreation and fisheries),⁹ costs for shipping and ports, and the costs for large-scale retreat from low-lying parts of the Netherlands. It is expected that these costs and effects are the most relevant ones. These costs and effects are surrounded by a great deal of uncertainty, which have been included by performing a simple Monte Carlo-analysis.

Over the period 2050-2200, the totals of the expected costs and effects¹⁰ associated with continuing the current Preferential Strategy or opting for the Protect, Keeping Pace or Seaward perspectives are relatively close to each other, namely € 350 to € 450 billion, but with substantial bandwidths. Only for the Re-commodate perspective, the total of the expected costs and effects is considerably higher.

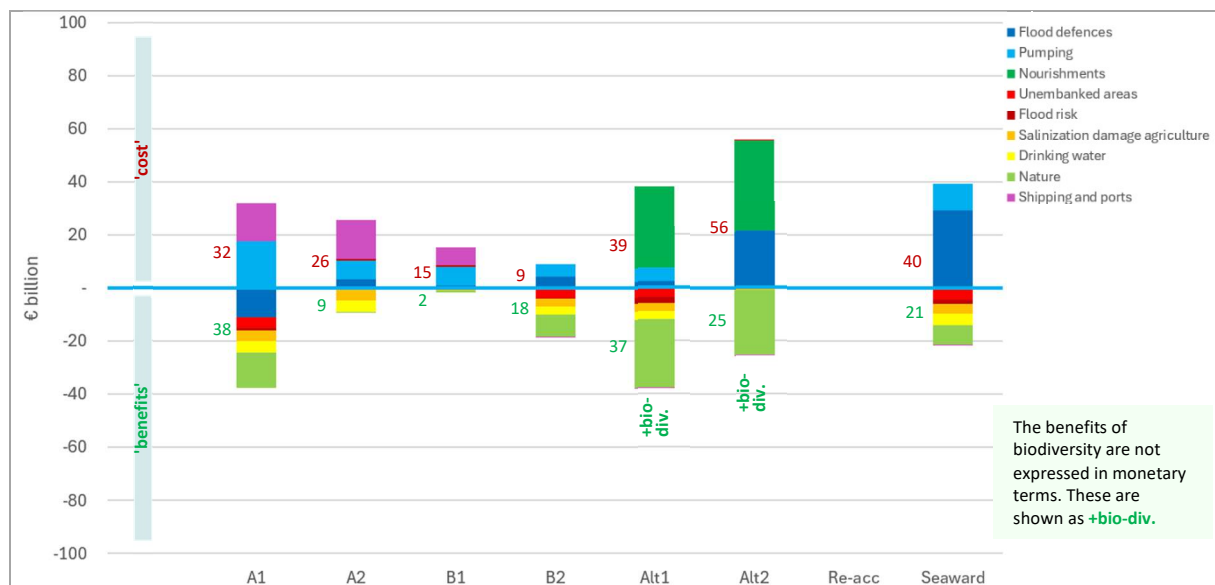
The present values of the costs and effects have been calculated, taking into account when the costs and effects occur over time. For this, a discount rate of 2.25% per year was used.¹¹ The present values of the expected costs and effects of the perspectives were then compared with those of the continuation of the current Preferential Strategy. If the present value of the expected costs and effects of a perspective is lower than that of continuing the current Preferential Strategy, we name these benefits. If it is greater, we call these (additional) costs. Figure S-1 thus shows the expected costs and benefits of the perspectives in relation to the continuation of the current Preferential Strategy.¹²

⁹ The impact on biodiversity is presented in qualitative terms.

¹⁰ With 'expected costs' and 'expected effects' we refer to the average outcome of the cost or effect in the Monte Carlo- analysis.

¹¹ Through discounting, costs and effects in the near future get a higher weight than costs and effects in the more distant future. Costs, effects and benefits have been discounted to the base year 2050, the first year of the period of analysis of 2050-2200

¹² For orientation: the total present value of all expected costs and effects of continuation of the current Preferential Strategy has been calculated to be € 132 billion, with a bandwidth of between € 66 billion and € 214 billion.



Protect: A1 - 'closed, current water level'; A2 - 'closed, rising water level'; B1 - 'closable, current discharge distribution'; B2 - 'closed with Deltapolder, adapted discharge distribution'; Keeping Pace: Alt1 - 'open delta with Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS storm surge barriers'.

Figure S-1: Present value of the expected costs and effects of the perspectives (and variants), compared to the continuation of the current Preferential Strategy. Costs and effects of the perspectives that are larger than those of the continuation of the current Preferential Strategy are shown in this figure as positive numbers (additional costs): they are above the blue horizontal line (the x-axis) and the totals are represented in numbers with a red colour. Costs and effects that are lower than those of the continuation of the current Preferential Strategy are shown in this figure as negative numbers ('avoided costs or effects'), which can also be seen as 'benefits'. These are below the blue line. The total benefits are shown in numbers with a green colour. Benefits of (the preservation of) biodiversity are not expressed in monetary terms in this figure. These biodiversity benefits are particularly relevant in the variants of Keeping Pace (Alt1 and Alt2), and are shown as +bio-div. The costs and effects of Re-commendate are not shown in the figure, because they are an order of magnitude larger than those of the other perspectives (and therefore fall outside reach of the graph).

Despite the fact that these numbers have large bandwidths, a comparison of the perspectives with the continuation of the current Preferential Strategy gives rise to the following cautious conclusions:

- **Protect A1 (closed, current water level):** against the extra costs for pumps and shipping/ports stand benefits (lower costs) for the flood defences, unembanked areas, agriculture, drinking water and nature.
- **Protecting A2 (closed, rising water level):** against the extra costs for pumps, barriers and shipping/ports are benefits for agriculture, drinking water and nature. Both the extra costs and benefits are less significant than in Protect A1.
- **Protect B1 (closable, current discharge distribution):** there are few benefits against the extra costs for pumps and shipping/ports.
- **Protecting B2 (closed with Deltapolder, adapted discharge distribution):** against the extra costs for barriers and pumps are benefits for unembanked areas, agriculture, drinking water and nature.
- **Keeping Pace Alternative 1 (open delta with Deltapolder):** in this alternative, the high additional costs for sand nourishments for the conservation of intertidal nature are particularly striking; this

is balanced by the benefits of nature (for biodiversity and CO₂ sequestration, among other things). The additional costs for pumps and barriers (including a Deltapolder) are offset by benefits for unembanked areas, agriculture, drinking water and a lower level of flood risk.

- **Keeping Pace Alternative 2 (open delta, NBS storm surge barriers):** in this alternative, too, the high additional costs for nourishments for the conservation of intertidal nature and flood defences are particularly striking; this is balanced by the benefits of nature (for biodiversity and CO₂ sequestration, among other things).
- **Seaward:** in this perspective, the high costs for flood defences and pumps (both part of the coastal lake) are particularly striking; this is balanced by benefits for unembanked areas, agriculture, drinking water and nature.

The results do not give rise to the abandonment of any of the perspectives, except perhaps the perspective of Re-commodate. All perspectives contain elements that are worth developing further and to include in future strategy development.

In order to provide sound support for future decision-making under uncertainty about measures and strategies needed to adapt the Netherlands to sea level rise, it is recommended to (i) improve the cost, benefit and effect estimates, (ii) identify the linkage opportunities/benefits and any additional negative societal effects, and (iii) develop an integrated analysis tool ("Sea Level Explorer").

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

Het klimaat verandert, de zeespiegel stijgt en de hoogwaterafvoeren in de rivieren kunnen in de toekomst nog verder toenemen. Zowel het tempo als de mate waarin dit gebeurt, is inherent onzeker. In het Kennisprogramma Zeespiegelstijging¹³ is daarom onderzoek gedaan naar verschillende mogelijke lange termijn denkrichtingen¹⁴ voor Nederland en zijn de effecten van deze denkrichtingen verkend. Een 'keuze' voor een van deze denkrichtingen heeft echter niet alleen gevolgen voor de lange termijn, maar heeft dat ook al op de kortere termijn. Zo heeft zij onder meer gevolgen voor het ruimtegebruik en leidt zij tot verschillende soorten van kosten en effecten.

Uit de Tussenbalans van het Kennisprogramma¹⁵ blijkt dat het voortzetten van de huidige voorkeursstrategie (VKS), met een focus op het versterken en verhogen van primaire waterkeringen, in ieder geval mogelijk en betaalbaar is tot een zeespiegelstijging van ruim 5 meter.^{16,17} Maar naast het voortzetten van de huidige voorkeursstrategie heeft het Kennisprogramma ook alternatieve lange termijn denkrichtingen verkend:

1. **Beschermen** (open of gesloten).¹⁸ In deze denkrichting ligt de nadruk op het blijven versterken van de primaire waterkeringen zodat de kans op een overstroming niet toeneemt, maar zijn er verschillende varianten uitgewerkt met stormvloedkeringen waarbij het zeefront open blijft dan wel gesloten wordt. Deze denkrichting richt zich op het voorkomen van overstromingen en het handhaven of vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid.
2. **Zeewaarts**.¹⁹ Hierbij wordt voor de huidige kust van de Zuidwestelijke Delta een nieuw kustmeer gecreëerd om hoge rivierafvoeren te bergen en daarmee piekwaterstanden te verlagen. Ook deze denkrichting richt zich op het voorkomen van overstromingen en het handhaven of vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid.
3. **Meebewegen**.²⁰ Het gaat hierbij om aangepast landgebruik, water meer ruimte geven en woningen en bedrijven uit overstromingsgevoelige gebieden terugtrekken. Dit leidt tot kleinere gevolgen van overstromingen.
4. **Meegroeien**.²¹ Het gaat hierbij om het gebruik maken van natuurlijke processen en techniek om het land door aangroei te beschermen tegen overstromingen, en de zoetwaterbeschikbaarheid te borgen dan wel te vergroten.

Om de kosten en effecten van deze denkrichtingen op een systematische wijze (met name kwalitatief) in beeld te brengen, is door het Kennisprogramma gewerkt aan een Impactanalyse. Ook

¹³ Zie <https://www.deltaprogramma.nl/kennisprogramma-zeespiegelstijging>

¹⁴ In een eerdere fase van het Kennisprogramma werd gesproken over oplossingsrichtingen in plaats van denkrichtingen.

¹⁵ Zie https://www.deltaprogramma.nl/site/binaries/site-content/collections/documents/2023/11/09/20231107-9525_tussenbalans-kennisprogramma-zeespiegelstijging_06-webversie/9525_Tussenbalans+kennisprogramma+Zeespiegelstijging_DV.pdf

¹⁶ Of dit ook geldt voor een grotere mate van zeespiegelstijging, is in het Kennisprogramma niet nader verkend.

¹⁷ De zeespiegelstijging die in het Kennisprogramma voor het jaar 2200 is verkend, is 5,4 meter ten opzichte van het huidige niveau, en 5 meter ten opzichte van het verwachte niveau in 2050. Al naar gelang naar welk basisjaar gerefereerd wordt (huidig of 2050), worden in dit rapport beide waarden (5 en 5,4 meter) voor de zeespiegelstijging in 2200 vermeld.

¹⁸ Zie <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-beschermen>

¹⁹ Zie <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-zeewaarts>

²⁰ Zie <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-meebewegen>

²¹ Zie <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2025/11/11/eindrapportage-oplossingsrichting-meegroeien>

naar de kosten van een aantal denkrichtingen werd al eerder onderzoek gedaan (RHDHV, 2025). Géén van deze onderzoeken presenteerden echter een volledig en consistent beeld van de belangrijkste kosten én effecten van de volledige verzameling van mogelijke denkrichtingen.

1.2. Doel van dit rapport

Het doel van dit rapport is om de kosten én effecten van de verschillende mogelijke denkrichtingen (inclusief het voortzetten van de huidige VKS) op een zo consistent mogelijke wijze te beschrijven en waar nodig aan te vullen, zodat een overzichtelijk(er) beeld verkregen wordt van deze kosten en effecten. Met ‘effecten’ worden in dit rapport in beginsel de negatieve effecten op de maatschappelijke welvaart bedoeld. De kosten en effecten worden daarbij zo veel mogelijk in geld uitgedrukt, waardoor deze kunnen worden opgeteld. Het rapport beperkt zich tot de meest relevante kosten en effecten, we gebruiken hiervoor in dit rapport ook wel de term ‘kostenvergelijking’. De kosten en effecten zijn zoveel mogelijk overgenomen uit de bestaande rapporten over de denkrichtingen, maar zijn voor een belangrijk deel ook aangevuld en consistent gemaakt. We bespreken deze kosten en effecten in het licht van de vele onzekerheden en doen aanbevelingen.

Wanneer de kosten en effecten van een denkrichting vergeleken worden met de kosten en effecten van het voortzetten van de huidige voorkeursstrategie, dan kunnen er ook ‘negatieve kosten’ en ‘negatieve effecten’ ontstaan, doordat de denkrichting tot minder kosten of minder effecten leidt dan het voortzetten van de huidige VKS. Deze negatieve kosten en negatieve effecten worden in dit rapport ook als ‘baten’ aangeduid.²²

Beperkingen

Ondanks dat voor de waardering van de kosten en effecten zo veel mogelijk is uitgegaan van de gangbare economische welvaartstheorie (de theorie die de grondslag vorm van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)), mag deze kostenvergelijking niet gezien worden als een echte MKBA.²³ De volgende beperkingen zijn in dit kader relevant:

- de ramingen van de kosten en effecten in dit rapport zijn vaak nog erg grofstoffelijk van aard, het gaat om ordes van grootte en alleen naar de meest relevante posten is gekeken;
- er is geen aandacht besteed aan een aantal mogelijk lange-termijn baten/meekoppelkansen, zoals het koppelen van maatregelen aan de landbouw- en energietransitie, of aan de woningbouwopgave.
- voor het ramen van de kosten en effecten is uitgegaan van slechts één zeer extreem scenario voor de zeespiegelstijging en de rivierafvoeren (dit is overeenkomstig het Kennisprogramma waarin de lange termijn denkrichtingen op het extreme scenario zijn gebaseerd. In een MKBA zouden ook minder extreme scenario’s worden bekeken);
- bij het ramen van de effecten is (in overeenstemming met de Impactanalyse) uitgegaan van het huidige landgebruik; ontwikkelingen zoals de landbouw- en energietransitie, woningbouw en bevolkingsgroei zijn niet meegenomen. (In een MKBA wordt wel rekening gehouden met (scenario’s) van toekomstige ontwikkelingen);
- enkel van de integrale denkrichtingen zijn de kosten en effecten bepaald (een MKBA analyseert zoveel mogelijk de kosten en effecten van individuele bouwstenen); en
- er is relatief weinig aandacht voor de timing en fasering van de maatregelen die onderdeel uitmaken van een denkrichting (in een MKBA is hier meer aandacht voor, inclusief de

²² Bij de effecten gaat het dan in feite dus om ‘dubbel’ negatieve effecten (negatieve negatieve effecten).

²³ Met een ‘echte’ MKBA bedoelen we een MKBA die voldoet aan de *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyses* van het CPB/PBL (Romijn & Renes, 2013).

ontwikkeling van adaptatiepaden waarin (spijt en geen-spijt) maatregelen en scenario's centraal staan).

Deze beperkingen zijn het logische gevolg van de aard van de huidige opdracht en de verkennende fase waarin het onderzoek van het Kennisprogramma zich bevindt. In het hoofdstuk met conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 5) komen we hier nog op terug.

1.3. Opbouw van het rapport en leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In de hoofdtekst zijn de denkrichtingen (hoofdstuk 2) en de werkwijze voor het ramen van de kosten en effecten (hoofdstuk 3) kort beschreven. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de kosten en effecten en hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen.

Details staan in de volgende bijlagen:

- de kosten die gemaakt worden in het kader van waterveiligheid (dijken, kunstwerken, stormvloedkeringen, sluizen, suppleties e.d.) staan in Bijlage A;
- de kosten van gemalen staan in Bijlage B;
- de kosten voor het grootschalig terugtrekken van vaste kapitaalgoederen uit overstromingsgevoelige gebieden staan in Bijlage C;
- de kosten voor buitendijkse gebieden staan in Bijlage D;
- de kosten van het overstromingsrisico staan in Bijlage E;
- de schade door verzilting voor de landbouw en de drinkwaterbereiding staan in Bijlage F;
- de kosten voor de havens en scheepvaart staan in Bijlage G;
- de kosten voor het (verlies) aan ecosysteemdiensten (natuur) staan in Bijlage H;
- de gehanteerde uitgangspunten voor de fasering van maatregelen staan in Bijlage I;
- de uitgevoerde onzekerheidsanalyse (Monte Carlo-analyse) staat in Bijlage J; en
- een volledige set grafieken die de resultaten van de analyses presenteren, staan in Bijlage K (waarvan een aantal ook is opgenomen in de hoofdtekst en samenvatting).

Een bijzonder aandachtspunt bij de uitgevoerde analyse en de opbouw van het rapport betreft de rol van de Monte Carlo-analyse (MCA; Bijlage J), die gedurende de opdracht als een aanvullende stap aan het onderzoek is toegevoegd. Deze toevoeging is gewenst omdat de verschillende kosten- en effectanalyses (zoals beschreven in de bijlagen) veelal leiden tot puntschattingen die zich vermoedelijk soms aan de hoge of juist aan de lage kant van een plausibele bandbreedte bevinden. Door het uitvoeren van een (relatief eenvoudige) Monte Carlo-analyse op deze kosten en effecten, wordt naar mening van de auteurs beter recht gedaan aan de grote mate van onzekerheid in de ramingen van de verschillende kosten en effecten. De resultaten van de Monte Carlo-analyse zijn daarom ook gebruikt als de voornaamste bron voor de figuren in de hoofdtekst en in Bijlage K. Dat betekent ook dat de waarden van de kosten en effecten in deze figuren, niet één-op-één zijn terug te vinden in de Bijlagen A tot en met H.

2. Lange termijn denkrichtingen

In dit hoofdstuk worden de verschillende lange termijn denkrichtingen voor extreme zeespiegelstijging, zoals die zijn ontwikkeld in het Kennisprogramma, en de uitgangspunten waarop deze zijn gebaseerd, kort samengevat.

Voor een uitgebreidere beschrijving van de denkrichtingen wordt verwezen naar het overkoepelend rapport *Ruimte voor Zeespiegelstijging*²⁴ en het eindrapport *Zeespiegelstijging en Nederland: hoe houden we het veilig en leefbaar? Hoofdpijnen uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging* (te verschijnen), alsook naar de verschillende rapporten over de denkrichtingen die geschreven zijn in het kader van het Kennisprogramma door de vier consortia.

De belangrijkste kenmerken van de denkrichtingen zijn samengevat in Tabel 2-1. Deze overzichtstabel staat pas aan het **eind** van dit hoofdstuk, na het bespreken van de uitgangspunten en de denkrichtingen zelf.

2.1. Uitgangspunten van de denkrichtingen

Bij het ontwikkelen van de denkrichtingen in het Kennisprogramma zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- voor alle denkrichtingen, uitgezonderd Meebewegen, geldt dat gedurende de gehele analyseperiode (2050-2200) wordt voldaan aan de huidige wettelijke normen voor primaire waterkeringen^{25,26} en dat er voor zoetwater een zo goed mogelijke balans tussen vraag en aanbod wordt behaald;
- bij de denkrichting Meegroeien wordt de door eerdere afsluitingen (Deltawerken) verloren gegane intergetijdennatuur hersteld en wordt alle intergetijdennatuur behouden bij zeespiegelstijging. Dit natuurdoel is in de andere denkrichtingen niet meegenomen;²⁷
- als vertreksituatie geldt de situatie rond het jaar 2050, waarin het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) is afgerond en alle primaire waterkeringen aan de wettelijke normen voldoen. Ook aan de verplichtingen die voortkomen uit de Natuurherstelwet is in 2050 voldaan.
- voor de periode na 2050 is uitgegaan van een ‘tijdlijn’ van een zeer extreme zeespiegelstijging van 2 meter in 2100 en 5 meter in 2200; en

²⁴ <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2025/11/11/rapport-ruimte-voor-zeespiegelstijging>

²⁵ Dit is overeenkomstig de uitgangspunten die gehanteerd zijn bij de ontwikkeling van deze denkrichtingen. Voor Meebewegen is uitgegaan van een variant waarin na 2150 uit alle laaggelegen gebieden in Nederland is teruggetrokken, met uitzondering van de Randstad. In deze laaggelegen gebieden hoeft de huidige norm na 2150 niet langer te worden gehaald.

²⁶ Op zich ligt het vanuit een economische invalshoek voor de hand dat bij een toename van de gevolgen door een overstroming (schade en slachtoffers), door oorzaken zoals sociaaleconomische ontwikkelingen en toenames van de overstromingsdieptes door zeespiegelstijging en bodemdaling, de economisch optimale norm in de loop van de tijd steeds strenger zal worden, tenzij de extra kosten van de waterveiligheidsmaatregelen sneller toenemen dan deze gevolgen. In het onderzoek is dit niet nader beschouwd.

²⁷ Tijdens de begeleiding van deze opdracht bleken er bij betrokkenen verschillende beelden te bestaan in hoeverre er na 2050 een wettelijke verplichting is om natuurdoelen te behalen. Met de opdrachtgever is besloten om – in het kader van deze opdracht – niet van een wettelijke verplichting uit te gaan. Dit uitgangspunt bepaalt in belangrijke mate hoe er in de kostenvergelijking met het behoud van de intergetijdennatuur wordt omgegaan: uitgespaarde kosten die anders voor dit doeleinde zouden moeten worden gemaakt (in geval van een wettelijke verplichting) vs. de additionele baten van ecosysteemdiensten en biodiversiteit (in geval van geen wettelijke verplichting).

- voor de rivierafvoeren is in het jaar 2200 uitgegaan van een 1/1.000 per jaar piekafvoer van de Rijn 20.300 m³/s en van de Maas van 5.100 m³/s. De 90-daagse gemiddelde rivierafvoer in een 1/30 tot 1/50 droog jaar bedraagt in 2200 600 m³/s;²⁸ en
- vanwege de grote onzekerheden zijn overeenkomstig het Kennisprogramma voor de economie en het landgebruik geen verre toekomstscenario's ontwikkeld; de analyses veronderstellen als uitgangspunt het huidige landgebruik.

Voor de effectbepaling is het gebied dat beïnvloed wordt door 5 meter zeespiegelstijging meegenomen. Dit omvat de Waddenkust, het IJsselmeergebied, de Hollandse kust, de Rijn-Maasmonding, de Zuidwestelijke Delta en het Rivierengebied tot aan Arnhem, Nijmegen en Mook.

Voor het in beeld brengen van specifieke kosten en effecten van de denkrichtingen zijn aanvullende uitgangspunten gehanteerd; deze worden besproken in het volgende hoofdstuk 3 en in de verschillende bijlagen.

2.2. Voortzetten van de huidige voorkeursstrategie

De eerste denkrichting is het voortzetten van de huidige voorkeursstrategie (VKS). In het Kennisprogramma is deze denkrichting voor een deel uitgewerkt in het kader van de Systemanalyse (Zethof & Stijnen, 2023). In deze denkrichting wordt ervan uitgegaan dat het beleid van dijkversterkingen, verbetering en vervanging van stormvloedkeringen, en kustlijn­zorg wordt voortgezet zodat de waterkeringen ook bij 5 meter zeespiegelstijging aan de (huidige) wettelijke normen blijven voldoen.

In deze denkrichting zijn er géén grote veranderingen door systeemingrepen: de Rijnmaasmonding blijft afsluitbaar-open, het IJsselmeerpeil blijft (min of meer) ongewijzigd, en pompen op de Afsluitdijk zorgen ervoor dat de afvoer van water naar zee mogelijk blijft. Ook bij IJmuiden wordt ingezet op extra pompen. De verdeling van de Rijnafvoer bij hoogwater tussen de Waal, Nederrijn/Lek en IJssel blijft ongewijzigd.

In het Kennisprogramma is deze denkrichting met name voor waterveiligheid en zoetwater uitgewerkt, de overige effecten zijn globaal benoemd. Om de kosten en effecten van de denkrichtingen in de kostenvergelijking onderling te kunnen vergelijken, is een aantal aanvullende aannames over onderdelen van deze denkrichting nodig, waaronder:

- **Ophogen/beschermen van buitendijkse woongebieden en industrie** (o.a. Rotterdam en Dordrecht). Wanneer deze gebieden niet aan de zeespiegelstijging zouden worden aangepast, dan staan deze bij voortzetting van de huidige VKS bij 5 meter zeespiegelstijging permanent onder water. In de analyse gaan we ervan uit dat deze gebieden wél worden aangepast, en nemen we de kosten daarvan (op basis van de analyse gemaakt in het kader van Beschermen) mee.²⁹
- **Bereikbaarheid van de Rotterdamse haven.** In de Systemanalyse is aangenomen dat bij 5 meter zeespiegelstijging de Maeslantkering 160 keer per jaar sluit, bij een sluitpeil dat al 2,5 meter hoger ligt dan het huidige sluitpeil van + 3 meter NAP. Dat betekent dat een belangrijk deel van de (huidige) Rotterdamse haven een groot deel van de tijd voor zeeschepen niet langer bereikbaar is. Het ligt dan voor de hand om de haven of zeewaarts te verplaatsen, of

²⁸ De huidige 1/1.000 per jaar piekafvoeren zijn 14.900 m³/s voor de Rijn en 2.600 m³/s voor de Maas. De gemiddelde laagwater afvoer in een droog jaar over 90 dagen is thans 1.050 m³/s.

²⁹ Een alternatieve aanname zou kunnen zijn om er van uit te gaan dat deze buitendijkse gebieden bij 5 meter zeespiegelstijging worden verlaten. Ook dat brengt kosten met zich mee.

om de overslag op een alternatieve wijze te organiseren, of om de kering te verbeteren en de sluitpeilen aan te passen. Voor het voortzetten van de huidige VKS doen we daar geen verdere uitspraak over. Als pragmatische oplossing nemen we een **stelpost** op voor de kosten van een nader te bepalen passende maatregel om de bereikbaarheid van/c.q. overslag in de Rotterdamse haven bij 5 meter zeespiegelstijging te blijven faciliteren.

2.3. Denkrichting Beschermen

De denkrichting Beschermen gaat uit van het aanpassen van het huidige watersysteem om Nederland te beschermen en van zoetwater te voorzien. Van deze denkrichting zijn er binnen het kennisprogramma vier varianten uitgewerkt:

- **Beschermen A1: gesloten zeefront met daarbinnen een vast streefpeil rondom NAP 0 m.** In deze variant worden de zeemondingen gesloten met dammen en sluisen. Grote gemalen, met een capaciteit tot 15.500 m³/s, zorgen ervoor dat de peilen in de Rijn-Maasmonding (RMM) en de afgesloten wateren in de Zuidwestelijke Delta op (ongeveer) het huidige niveau blijven. Grote voorraden zoetwater worden op het IJsselmeer en in de Zuidwestelijke Delta gebufferd en benut in droge tijden. Buitendijkse gebieden in de RMM-regio behoeven vrijwel geen aanpassing, de gemaalcapaciteit in combinatie met de berging is zo gekozen dat de 1/10.000 per jaar waterstand vrijwel gelijk is aan de huidige situatie. De Rotterdamse en Antwerpse havens liggen achter een sluis en zijn niet meer bereikbaar voor de zeevaart (in verband met het tegengaan van zoutindringing), overslag over land is nodig. Door de afsluiting van zeearmen verandert de getijdennatuur in getijloze zoete natuur.
- **Beschermen A2: gesloten zeefront met daarbinnen een meestijgend streefpeil.** In deze variant is (net als bij 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 vrij verval te kunnen spuien. Dit brengt een dijkversterkingsopgave met zich mee en heeft gevolgen voor buitendijkse gebieden, die aangepast moeten worden. De totale benodigde gemaalcapaciteit is 3.000 m³/s. Door het hogere streefpeil in de Rijn-Maasmonding en de Zuidwestelijke Delta is de zoetwaterbuffer groter dan bij A1. De Rotterdamse en Antwerpse havens zijn niet meer bereikbaar voor zeevaart (in verband met het tegengaan van zoutindringing), overslag over land is nodig. Door de hogere peilen verdrinkt de bestaande natuur.
- **Beschermen B1: afsluitbaar zeefront in combinatie met huidige afvoerverdeling.** In deze variant is er sprake van een afsluitbaar open zeefront in de Rijn-Maasmonding en Zuidwestelijke Delta (inclusief de Westerschelde) door middel van stormvloedkeringen. De mogelijkheden voor het bergen van (hoog-)water zijn vergroot, daarnaast zijn pompen nodig voor de afvoer bij een gesloten situatie. Zoetwater om tekorten tegen te gaan, wordt op het IJsselmeer geborgen; de bergingen in de Rijn Maasmonding en Zuidwestelijke Delta worden enkel ingezet bij een gesloten situatie van de stormvloedkering (ten behoeve van hoogwater). De benodigde gemaalcapaciteit is net als bij A2 3.000 m³/s. Het peil stijgt mee in het buitendijks gebied, hier zijn aanpassingen nodig. Voor de haven van Rotterdam zijn er vergelijkbare uitdagingen als bij het voortzetten van de voorkeurstrategie. De haven van Antwerpen ondervindt hinder wanneer de stormvloedkering in de Westerschelde sluit.³⁰ Ook hier verdwijnt de bestaande natuur grotendeels.

³⁰ Dit geldt (mogelijk) ook voor andere havens, zoals Gent, Terneuzen en Vlissingen. De effecten voor deze relatief 'kleinere' havens hebben we in het onderzoek niet nader verkend.

-
- **Beschermen B2: afgesloten zeefront (Deltapolder) in combinatie met een aangepaste afvoerverdeling.** In deze variant is net als bij B1 gekozen voor een afsluitbaar open zeefront, echter met een gewijzigde afvoerverdeling van het hoogwater op de Rijn, een open Westerschelde en een dam in de Oosterschelde. Bij hoge rivierafvoer ($>12.000 \text{ m}^3/\text{s}$) wordt gebruik gemaakt van de rivieren Boven-Rijn, Waal, Boven-Merwede, Nieuwe-Merwede, Hollands Diep en Haringvliet om het rivierwater naar zee te leiden. De afvoerverdeling is aangepast om de Lek en IJssel verder te ontzien. Onderdeel van deze denkrichting is een Deltapolder waarmee de gebieden rondom Rotterdam en Dordrecht een beheerst peil krijgen, rond NAP. In de Deltapolder kan ook zoetwater gebufferd worden. De Deltapolder kent een afsluiting aan zeezijde op de Nieuwe Waterweg en sluizen in het Spui, Dordtse Kil en Beneden Merwede. Gemalen die uitslaan op zee zorgen ervoor dat het peil rond NAP blijft. De benodigde gemaalcapaciteit is $2.500 \text{ m}^3/\text{s}$ waarmee de Lek kan worden afgevoerd. Peilstijgingen in de Deltapolder zijn beperkt waardoor er vrijwel geen aanpassingen nodig zijn in buitendijks gebied. De Rotterdamse haven is door de sluis niet langer bereikbaar (gelijk als in A1). Binnen de Deltapolder verandert de natuur naar getijloos-zoet, erbuiten verdrinkt het.

2.4. Meegroeien

De denkrichting Meegroeien is gebaseerd op natuurlijke processen waarbij op basis van connectiviteit en dynamiek de estuaria en waterkerende landschappen meegroeien met de zeespiegelstijging. Hierdoor zijn er minder versterkingen nodig van de waterkeringen. Daarnaast ontstaan er waardevolle intergetijdengebieden. Er zijn twee varianten uitgewerkt:

- **Meegroeien Alternatief 1: de delta open maken en de dynamiek terugbrengen door dammen en stormvloedkeringen te verwijderen plus de Deltapolder,** zodat volledig open verbindingen tussen de zee en (voormalige) zeearmen ontstaan (vergelijkbaar met de Westerschelde). Langs de randen slibben meegroeilandschappen op, bijvoorbeeld tussen dubbele dijken. Daarnaast komen er grote zandmotoren langs de kust voor een brede kustzone. Onderdeel van dit alternatief is ook de Deltapolder uit de denkrichting Beschermen met de aangepaste afvoerverdeling (B2) en natuurlijk peilbeheer in het IJsselmeer. De benodigde gemaalcapaciteit is in totaal $2.500 \text{ m}^3/\text{s}$. De effecten op het buitendijks gebied (geen aanpassing) en de Rotterdamse haven (niet bereikbaar) zijn gelijk als in Beschermen B2. Binnen de Deltapolder verandert de getijdennatuur naar getijloos-zoet, erbuiten neemt het areaal natuur toe door de suppleties voor het in stand van het intergetijdengebied.
- **Meegroeien Alternatief 2: de delta open maken en de dynamiek terugbrengen met natuurvriendelijke stormvloedkeringen** die in niet-gesloten toestand de natuurlijke water- en sedimentdynamiek zo min mogelijk belemmeren. Daarnaast komt er meer intergetijdengebied door vloedkommen te verbinden en voorlanden op te laten slibben. Zandsuppleties en kleine zandmotoren houden de kustzone in stand. Buitendijks gebied moet, vanwege het stijgende peil, worden aangepast. De uitdaging voor de Rotterdamse haven (verminderde bereikbaarheid) is gelijk als in de voorkeursstrategie. Het areaal intergetijdennatuur neemt toe door suppleties.

2.5. Meebewegen

Bij de denkrichting Meebewegen gaat het om het aanpassen van het landgebruik, water meer ruimte geven, en woningen en bedrijven uit overstromingsgevoelige gebieden terugtrekken. Voor de variant 'hybride Meebewegen', waarin de Randstad beschermd blijft door sterke waterkeringen en waar uit de overige laaggelegen gebieden wordt teruggetrokken, zijn in een apart rapport de kosten en

effecten uitgewerkt (Kind e.a., 2025). Hieruit kwam als enige (enigszins) realistische variant de variant **TmB100** naar voren, waar, gegeven het scenario van extreme zeespiegelstijging, alle woningen en bedrijven uit de laaggelegen gebieden (exclusief de Randstad) worden teruggetrokken in een periode van 100 jaar (2050-2150) en waar gedurende deze periode van 100 jaar de waterkeringen op orde worden gehouden. Enkel deze variant is in de kostenvergelijking meegenomen, omdat het totaal van de kosten en effecten van de andere (in het rapport van Kind e.a., 2025 uitgewerkte) varianten onrealistisch hoog bleek te zijn.

2.6. Zeewaarts

De denkrichting Zeewaarts biedt bescherming tegen overstromingen door extra bergingsruimte in zee te creëren voor de piekafvoeren van de Rijn en Maas. Deze berging heeft de vorm van een kustmeer voor een deel van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse kust. Vanuit het kustmeer wordt het water met pompen op zee geloosd. De Rijn-Maasmonding wordt afgesloten met een sluiscomplex. In het afgesloten gebied wordt het huidige streefpeil gehandhaafd. De benodigde maatregelen in het (beneden)rivierengebied en langs de overige delen van de kust zijn gelijk aan die van Beschermen A1. De benodigde gemaalcapaciteit is in totaal 8.700 m³/s. Binnen het kustmeer verandert de natuur van zoute getijdennatuur naar getijloos-zoet.

2.7. Overzicht

Tabel 2-1 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van de denkrichtingen. Deze kenmerken hebben als uitgangspunt gediend bij het verder ramen van de kosten en effecten die in het volgende hoofdstuk besproken worden.

Tabel 2-1: Overzichtstabel met kenmerken van de denkrichtingen

	Voortzetten	Beschermen				Meegroeiën		Meebewegen	Zeewaarts	
	Huidige VKS	A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100		
Waterveiligheid (algemeen)										
- Handhaven norm	√	√	√	√	√	√	√	Randstad: √; Overig: tot 2150 √	√	
Waddenkust										
- Intergetijengebied	-	-	-	-	-	MGL	VL, VK	-	-	
IJsselmeergebied										
- Peil	Huidig	+ 1 m.	+ 1 m.	+ 1 m.	+ 1 m.	Natuurlijk	Huidig	< 2150: Huidig	Huidig	
- Pompen	1.250 m3/s	1.250 m3/s	1.250 m3/s	1.250 m3/s	1.250 m3/s	1.250 m3/s	1.250 m3/s	<2150: 1.250 m3/s	1.250 m3/s	
Hollandsche kust										
- Zandmotoren/duinverbreding	-	-	-	-	√	√	-	-	-	
Centraal Holland										
- Extra gemaal IJmuiden	100 m3/s	100 m3/s	100 m3/s	100 m3/s	100 m3/s	100 m3/s	100 m3/s	100 m3/s	100 m3/s	
Rijn-Maasmonding (RMM)										
- Nieuwe Waterweg	Afsluitbaar	Gesloten	Gesloten	Afsluitbaar	Gesloten	Gesloten	Afsluitbaar (NBS)	*)	Gesloten	
- Haringvliet	Afsluitbaar (NBS)	Gesloten	Gesloten	Afsluitbaar (NBS)	Stormvloedkering	Open	Afsluitbaar (NBS)		Gesloten	
- Haringvliet intergetijengebied	-	-	-	-	-	MGL	VL, VK		-	
- Pompen (zichtjaar 2200)	-	15.500 m3/s	3.000 m3/s	3.000 m3/s	2.500 m3/s	2.500 m3/s	-		-	
- Deltapolder	-	-	-	-	√	√	-		-	
- Peil	Stijgt	Huidig	Stijgt	Stijgt	Stijgt	Stijgt	Stijgt		Huidig	
- Peil Deltapolder	-	-	-	-	Huidig	Huidig	-		-	
- Buitendijks	Aanpassen	-	Aanpassen	Aanpassen	Licht aanpassen	Licht aanpassen	Aanpassen		-	
- Haven	Stelpost	Achter sluis	Achter sluis	Stelpost	Achter sluis	Achter sluis	Achter SVK		Achter sluis	
Zuidwestelijke Delta										
<i>Oosterschelde</i>										
- Oosterscheldekering	Afsluitbaar (schuiven)	Gesloten	Gesloten	Afsluitbaar	Gesloten	Open	Afsluitbaar (NBS)	*)	Gesloten	
- Voorlanden Oosterschelde	-	-	-	-	-	√	√		-	
- Extra suppleties	-	-	-	-	-	√	√		-	
- Kustbassin	-	-	-	-	-	-	-		√	
- Pompen (zichtjaar 2200)	-	Zie RMM	Zie RMM	Zie RMM	-	-	-		8.700 m3/s	
- Peil Oosterschelde + meren	Stijgt	Huidig	Stijgt	Stijgt	Huidig	Stijgt	Stijgt		Huidig	
- Grevelingen/VZM	Gesloten	Gesloten	Gesloten	Gesloten	Gesloten	?	?		Gesloten	
<i>Westerschelde</i>										
- Toegang	Open	Gesloten	Gesloten	Afsluitbaar	Open	Open	Open		Open	
- Pompen	-	600 m3/s	-	-	-	-	-		-	
- Peil	Stijgt	Huidig	Stijgt	Stijgt	Stijgt	Stijgt	Stijgt	Stijgt		
- Haven Antwerpen	Open	Achter sluis	Achter sluis	Achter SVK	Open	Open	Open	Open		
- Intergetijengebied	-	-	-	-	-	MGL	VL, VK	-		
Rivierengebied										
- Afvoerverdeling	Huidig	Huidig	Huidig	Huidig	Regelbaar	Regelbaar	Huidig	Huidig	Huidig	

MGL = meegroeilandschappen; VL= voorlanden; VK = vloedkommen; SVK = stormvloedkering; NBS = nature based solution

*) : tot 2150 zijn de maatregelen gelijk aan de Referentie, na 2150 worden er alleen maatregelen in de RMM genomen die nodig zijn om de Randstad te beschermen

3. Werkwijze raming kosten en effecten

Op basis van de in het vorige hoofdstuk gepresenteerde kenmerken van de denkrichtingen (Tabel 2-1) bespreken we in dit hoofdstuk de werkwijze die we gevolgd hebben voor het in beeld brengen van de kosten en effecten van deze denkrichtingen. Hiertoe hebben we de volgende stappen gezet:

- **stap 1: inventarisatie** van de kosten en effecten die al eerder genoemd zijn in bestaande rapportages over de denkrichtingen;
- **stap 2:** bepalen van de algemene **uitgangspunten** voor uniformering van bestaande ramingen van kosten en effecten, en voor het doen van aanvullende ramingen van kosten en effecten;
- **stap 3:** bepalen van uitgangspunten voor de **fasering** van de maatregelen en de bijbehorende kosten en effecten van de denkrichtingen;
- **stap 4:** het uitvoeren van de **uniformering** en **aanvullende ramingen** van kosten en effecten; en
- **stap 5:** het geven van schattingen van de onzekerheid rondom de kosten en effecten en het uitvoeren van een **Monte Carlo-analyse** voor het bepalen van de bandbreedte rondom het verwachte verschil in kosten en effecten tussen de denkrichtingen.

Het resulterende overzicht van de verwachte kosten en effecten van de denkrichtingen, een beschouwing van de overige (niet in geld uitgedrukte) kosten en effecten, en de conclusies en aanbevelingen naar aanleiding van de uitgevoerde berekeningen, worden in de hiernavolgende hoofdstukken 4 en 5 besproken.

3.1. Stap 1: inventarisatie kosten en effecten

De kosten en effecten die in dit rapport zijn meegenomen, zijn de kosten en effecten die genoemd (maar meestal niet gekwantificeerd of monetair gewaardeerd) zijn in de verschillende rapporten van de consortia over de denkrichtingen, en voor Meebewegen in het aanvullende kostenrapport. Tabel 3-1 geeft een overzicht van de kosten en effecten die beschikbaar waren in de achtergrondrapportages van de verschillende denkrichtingen, van de kosten en effecten die in het kader van deze studie zijn aangepast, en van kosten en effecten die die niet beschikbaar waren in de achtergrondrapportages, maar in de kostenvergelijking zijn aangevuld. Een toelichting op wat deze posten omvatten, volgt in de navolgende paragraaf 3.4.

Tabel 3-1: Overzicht van kosten en effecten en de mate waarin deze beschikbaar zijn in de rapporten over de denkrichtingen.

Onderdeel	Voortzetten huidige VKS	Beschermen	Meegroeien	Meebewegen	Zeewaarts
1 Kosten primaire waterkeringen (inclusief kustlijnzorg)	Overgenomen uit systeemanalyse.	Overgenomen uit rapport Beschermen. Aangevuld en consistent gemaakt.	Overgenomen uit rapport Meegroeien. Aangevuld en consistent gemaakt.	Overgenomen uit kostenrapport Meebewegen. Aangevuld en consistent gemaakt.	Enkel aanlegkosten kustbasin beschikbaar in rapportage Zeewaarts. Aangevuld op basis van Beschermen A1.
	Suppleties intergetijd gebied		Overgenomen uit rapport Meegroeien.		
2 Kosten pompen	Aangevuld (zie verder bij Beschermen).	Deels overgenomen uit rapport Beschermen, deels herberekend op basis van kentallen aangeleverd door RWS-GPO.	Aangevuld (zie verder bij Beschermen).	Aangevuld (zie verder bij Beschermen).	Enkel de pomp t.b.v. het kustbasin is geraamd; kosten herberekend (zie verder bij Beschermen).
3 Kosten 'terugtrekken' woningen, bedrijven, infra				Overgenomen uit kostenrapport Meebewegen.	
4 Buitendijkse gebieden	Aangevuld op basis van werkwijze rapport Beschermen.	Overgenomen en aangevuld op basis van rapport Beschermen.	Aangevuld op basis van werkwijze rapport Beschermen.	Aangevuld op basis van werkwijze rapport Beschermen.	Aangevuld op basis van werkwijze rapport Beschermen.
6 Overstromingsrisico binnendijks	Overgenomen uit kostenrapport Meebewegen. Gecorrigeerd voor systeemwerking.	Aangevuld op basis van rapport Meebewegen.	Aangevuld op basis van rapport Meebewegen.	Overgenomen uit kostenrapport Meebewegen. Gecorrigeerd voor systeemwerking.	Aangevuld op basis van rapport Meebewegen.
7 Verzilting landbouw	Aangevuld op basis van een globale waterbalans en twee alternatieve methoden (DPZW en zouttolerantie).	Aangevuld op basis van een globale waterbalans en twee alternatieve methoden (DPZW en zouttolerantie).	Aangevuld op basis van een globale waterbalans en twee alternatieve methoden (DPZW en zouttolerantie).	Overgenomen uit kostenrapport Meebewegen.	Aangevuld op basis van een globale waterbalans en twee alternatieve methoden (DPZW en zouttolerantie).
Drinkwater	Inschatting op basis van Meebewegen.	Inschatting op basis van Meebewegen.	Inschatting op basis van Meebewegen.	Overgenomen uit kostenrapport Meebewegen.	Inschatting op basis van Meebewegen.
8 Havens en scheepvaart	Aangevuld.	Aangevuld.	Aangevuld.	Aangevuld.	Aangevuld.
9 Natuur	Inschatting arealen op basis van Meegroeien. Aangevuld met effecten overige (niet zoute-getijden) natuur.	Inschatting arealen op basis van Meegroeien. Aangevuld met effecten overige (niet zoute-getijden) natuur.	De ramingen uit het rapport Meegroeien zijn aangepast en aangevuld met effecten overige (niet zoute-getijden) natuur.	Inschatting arealen op basis van Meegroeien. Aangevuld met effecten overige (niet zoute-getijden) natuur.	Inschatting arealen op basis van Meegroeien. Aangevuld met effecten overige (niet zoute-getijden) natuur.

Legenda
Overgenomen
Aangepast (en evt. aangevuld)
Aangevuld

Zoals Tabel 3-1 laat zien, waren er voor een gering aantal posten direct bruikbare ramingen beschikbaar (lichtblauw). De overige posten zijn in deze studie aangepast (en eventueel aangevuld; middelblauw) of zijn in het kader van deze studie voor het eerst geraamd (donkerblauw).

3.2. Stap 2: uitgangspunten voor de kosten en effecten

Voor het in beeld brengen van de kosten en effecten zijn de volgende aanvullende uitgangspunten gehanteerd (de algemene uitgangspunten voor het ontwikkelen van de denkrichtingen zijn reeds besproken in paragraaf 2.1):

- uitgegaan is van het MKBA gedachtengoed. Dat betekent dat effecten van de denkrichtingen op de maatschappelijke welvaart worden meegenomen. Een onderscheid tussen wat kosten en wat effecten zijn, is daarbij eigenlijk niet goed te maken en voor deze studie ook van

nevengeschikt belang.³¹ Een precies onderscheid tussen deze twee wordt in rapport dan ook niet verder gemaakt;

- de kosten en effecten worden bepaald over de periode 2050-2200, in marktprijzen van tussen ca. 2022 en 2025;³²
- de kosten en effecten zijn verdisconteerd naar het basisjaar 2050 met behulp van een discontovoet van 2,25% per jaar (Werkgroep Discontovoet, 2020); en
- bij de berekening van de effecten voor de sectoren landbouw, visserij en recreatie wordt ervanuit gegaan dat eventueel vrijkomende arbeid en kapitaal weer elders in de economie productief kan worden ingezet.

3.3. Stap 3: fasering

Voor het bepalen van de kosten en effecten over de periode 2050-2200 zijn aanvullende aannames nodig over wanneer de maatregelen worden uitgevoerd en wanneer de verschillende effecten optreden. Aangenomen is dat de systeemmaatregelen (zoals sluisen en stormvloedkeringen) in 2050 worden gerealiseerd met een levensduur van 100 jaar. Voor pompen is een geleidelijke opbouw voorzien, de levensduur is 50 jaar. De kosten voor suppleties worden verondersteld geleidelijk over de periode 2050-2200 te worden gespreid (ieder jaar 1/150^e deel). Ook dijkversterkingen hebben een levensduur van 50 jaar, waarbij deze gelijk verspreid zijn in de tijd. Meer informatie over de veronderstelde fasering is opgenomen in Bijlage I.

3.4. Stap 4: uniformering en aanvullende ramingen

De bijlagen A tot en met H geven een nadere onderbouwing van de verschillende ramingen van de kosten en effecten die in het kader van de kostenvergelijking zijn verzameld en/of grofstoffelijk zijn geraamd. Hierin spelen expert-inschattingen een belangrijke rol. Hieronder volgt een korte uiteenzetting.

*Kosten primaire waterkeringen*³³

Deze kosten zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op de totale kosten die volgens de Systemanalyse van het Kennisprogramma in de periode 2050-2200 bij een zeespiegelstijging van 5 meter nodig zijn wanneer de huidige VKS wordt voortgezet. Uitgangspunt is dat in 2050 alle waterkeringen aan de norm voldoen. Ieder jaar wordt een gelijk aantal keringen versterkt. In de Systemanalyse zijn deze kosten voor de dijken berekend met het Koswat/OKADER instrumentarium, uitgaande van een combinatie van constructieve dijkversterkingen (nodig om het amoveren van woningen te voorkomen) en groene dijken met een zichtperiode van 50 jaar. Daarnaast zijn de kosten voor grootschalig onderhoud of vervanging van stormvloedkeringen en sluisen (met levensduren tot 100 jaar) en van zandsuppleties voor het in stand houden van het kustfundament hier onderdeel van. De meer- en minderkosten van de dijken in de andere denkrichtingen dan het VKS zijn gebaseerd op expert-inschattingen. Deze expert-inschattingen zijn deels gemaakt in het kader van de rapporten die zijn opgesteld door de consortia over de denkrichtingen, en deels in het

³¹ Zie ook de MKBA-leidraad (p. 137; Romijn & Renes, 2013): "Een sluitende definitie van het verschil tussen de kosten van een maatregel en de negatieve baten ervan is niet te geven. Welvaartseconomisch maakt het echter niet uit hoe we kosten definiëren. Immers zolang alle positieve en negatieve welvaartseffecten maar in beeld zijn (inclusief de kosten), is het saldo correct berekend en maakt het niet uit welk deel van de effecten tot de kosten wordt gerekend."

³² Hier gaan we wat soepel mee om omdat het vaak niet duidelijk wordt uit de rapportages over de denkrichtingen wat het precieze prijspeil is. Vanwege de grote bandbreedtes waarmee we werken, zijn indexaties veelal achterwege gelaten.

³³ Primaire waterkeringen zijn dijken, dammen, duinen en stormvloedkeringen die bescherming bieden tegen grote overstromingen vanuit zee, rivieren en het IJsselmeer (zgn. 'buitenwater'). De overige waterkeringen, waaronder regionale keringen, die bescherming bieden tegen 'binnenwater', zijn in deze studie niet meegenomen.

kader van deze studie. In deze expert-inschattingen is rekening gehouden met de verschillen in hoogwaterstanden/hydraulische belastingniveaus die ontstaan als gevolg van de maatregelen die genomen worden in de denkrichtingen. Meer informatie kan worden teruggevonden in Bijlage A.

Suppleties intergetijdengebieden

De kosten voor suppleties van intergetijdengebieden zijn overgenomen uit de rapportage van Meegroeien; er zijn geen aanvullende berekeningen of bewerkingen op gedaan.

Kosten voor pompen

De (levensduur-)kosten voor pompen zijn gebaseerd op inschattingen van de benodigde pompcapaciteit (merendeels door de consortia), de eenheidskosten voor pompen, vervanging van onderdelen, beheer en onderhoud, en energie. Voor de eenheidskosten is uitgegaan van zowel relatief lage schattingen (afkomstig uit de rapportages van de consortia voor pomptypes die (nog) niet gebruikt worden in Nederland (bulb-turbines)), en relatief hoge schattingen (zoals geadviseerd door RWS-GPO, op basis van pomptypes die wel al worden gebruikt in Nederland (axiaal)). Meer informatie kan worden teruggevonden in Bijlage B.

Kosten voor het ‘terugtrekken’ van vaste kapitaalgoederen (woningen, bedrijven en infrastructuur)

Deze kosten zijn relevant voor de kosten van de denkrichting Meebewegen, waar uit de laaggelegen gebieden wordt teruggetrokken, met uitzondering van de Randstad. De kosten voor het ‘terugtrekken’ van de vaste kapitaalgoederen zijn gebaseerd op WOZ-waardes en op de waarde van de bruto kapitaalgoederenvoorraad in Nederland zoals die gepubliceerd wordt door het CBS. Meer informatie kan worden teruggevonden in Bijlage C en in het kostenrapport voor Meebewegen.

Buitendijkse gebieden

Hier zijn de kosten meegenomen voor het ophogen en/of omkaden van buitendijkse woon- en industriegebieden in de Rijn-Maasmonding en de aanvullende kosten die mogelijk gemaakt moeten worden voor het voortijdig amoveren en herbouwen van de opstallen. Meer informatie hierover staat in Bijlage D.

Overstromingsrisico binnendijks

Ondanks dat (met uitzondering van Meebewegen) in elke denkrichting aan de huidige wettelijke norm voor de primaire waterkeringen wordt voldaan, kan het overstromingsrisico met de verschillende denkrichtingen wel verschillen, door een verschil in hoogwaterstanden of door de aanleg van voorlanden en meegroeilandschappen. De omvang van het overstromingsrisico (kans maal schade, inclusief slachtoffergerelateerde schade) is gebaseerd op de analyse uit kostenrapport voor Meebewegen (Kind e.a. 2025), waarop vervolgens een reductiefactor is toegepast op basis van recente inzichten (waarin o.a. met systeemwerking, noodmaatregelen en kennisleemtes rekening gehouden wordt) (Kolen & Nicolai, 2025). Tenslotte zijn de relatieve verschillen tussen de denkrichtingen ingeschat op basis van expert judgement, rekening houdend met verandering van waterstanden en instroompatronen. Meer informatie kan worden teruggevonden in Bijlage E.

Verziltingschade landbouw

De schade die ontstaat voor de landbouw door verzilting, kan met de huidige modellen (zoals o.a. toegepast in het Deltaprogramma Zoetwater (DPZW)) nog niet goed worden ingeschat. In het kader van deze studie is een sterk vernieuwende aanpak ontwikkeld, waarbij ervan uitgegaan wordt dat bij toenemende chloridegehalten boeren zich aanpassen door te kiezen voor gewassen die minder gevoelig zijn voor zout, maar ook minder renderen. De mate waarin de denkrichtingen in staat zijn om de verzilting (met name door doorspoelen) te reduceren, is (nu nog) gebaseerd op expert schattingen. Meer informatie over deze nieuwe aanpak en de resultaten ervan kan worden teruggevonden in Bijlage F.

Drinkwater

Door verdergaande verzilting nemen de kosten voor de drinkwaterbereiding toe. In het kader van Meebewegen is een grove inschatting gedaan van de kosten bij toenemende verzilting en het verloren gaan van het IJsselmeer als zoetwatervoorraad. Deze kosten hebben als basis gediend om de kosten bij de overige denkrichtingen in te schatten. Meer informatie kan worden teruggevonden in Bijlage F.

Scheepvaart en havens

De denkrichtingen hebben met name gevolgen voor de bereikbaarheid van de Rotterdamse en Antwerpse havens voor de zeevaart voor overslag van goederen.³⁴ Het is niet altijd duidelijk in de denkrichtingen hoe deze overslag wordt gegarandeerd (sluizen, havens buitengaats of aanpassingen stormvloedkeringen). Daarom is een stelpost ingeschat om deze posten in voorkomende gevallen mee te nemen. Meer informatie kan worden teruggevonden in Bijlage G.

Natuur

Voor natuur is er een nieuwe analyse gedaan per waterlichaam, inclusief de rivieren, zowel zoet als zout, zowel getijdennatuur als getijloze. De inschattingen van arealen ondiep water, slikken en platen en kwelders en overige natuur in 2050 zijn zo veel mogelijk overgenomen uit de rapporten van Meegroeien. Vervolgens is gekeken in hoeverre de natuur verandert, zowel door zeespiegelstijging zelf als door het uitvoeren van maatregelen in de denkrichtingen. Soms is verandering een absolute afname van het areaal (en een toename bij Meegroeien), soms treedt een kwaliteitsverandering op. In beide gevallen zijn de effecten ervan bepaald voor de ecosysteemdiensten **koolstofvastlegging**, **toerisme** en **visserij**. Deze effecten zijn vervolgens gemonetariseerd. De effecten op **biodiversiteit** zijn niet gemonetariseerd, maar wel kwantitatief benoemd. Meer informatie kan worden teruggevonden in Bijlage H.

3.5. Stap 5: Monte Carlo-analyse

Een belangrijke tussentijdse conclusie na het uitvoeren van stap 4 was dat er ten aanzien van de omvang van verschillende kosten en effecten nog aanzienlijke onzekerheden bestaan. Om beter rekenschap te geven aan deze onzekerheden, is besloten om een aanvullende Monte Carlo-analyse (MCA) uit te voeren (zie Bijlage J). Onderdeel van deze Monte Carlo-analyse is een inschatting van de onzekerheid van kosten en effecten (of, bij voorkeur, van de onderliggende parameters). Deze onzekerheid is in het kader van deze studie door de auteurs (op basis van hun eigen expertoordeel) ingeschat. De MCA is per denkrichting uitgevoerd om een verwachtingswaarde te bepalen van de contante waarde van de kosten en effecten en een verdeling van deze waarden. Hiertoe zijn voor elke denkrichting 5.000 trekkingen gedaan uit de ingeschatte (driehoeks-) kansverdelingen van de kosten en effecten en zijn de resultaten van de Monte Carlo-analyses (zoals de gemiddelden en de kansverdeling van de totalen) verwerkt in de analyses in paragraaf 4.2 van hoofdstuk 4.

Omdat de Monte Carlo-analyse enkel rondom de contante waarde van de kosten en effecten is uitgevoerd, is aanvullend op basis van een onder- en bovengrens ook een bandbreedte rondom de totale (niet-verdisconteerde) kosten en effecten ingeschat.

³⁴ Aan de effecten op de relatief kleinere havens (zoals Gent, Terneuzen en Vlissingen) is in deze studie geen expliciete aandacht besteed.

4. Overzicht van kosten en effecten

In dit hoofdstuk bespreken we achtereenvolgens (i) het totaal van de kosten en effecten (niet verdisconteerd) over de periode 2050-2200 (paragraaf 4.1), (ii) de contante waarde van de kosten en effecten ten opzichte van het voortzetten van de VKS (paragraaf 4.2) en (iii) de 'overige' effecten die niet in geld zijn uitgedrukt en daarom in het totaal van de kosten en effecten en in de contante waarde niet zijn meegenomen (paragraaf 4.3).³⁵

4.1. Totale kosten en effecten

Figuur 4-1 geeft het totaal van de kosten en effecten over de periode 2050-2200 weer, waarbij er nog geen rekening is gehouden met discontering. Het bovenste deel geeft een lage schatting van deze kosten en effecten, het middelste deel een gemiddelde schatting en het onderste deel een hoge schatting. De effecten in dit overzicht zijn gedefinieerd als de negatieve effecten op de maatschappelijke welvaart in vergelijking met de huidige situatie (dus gelijk aan kosten); hierdoor kunnen de kosten en effecten ook bij elkaar worden opgeteld. Hierdoor geldt ook, dat hoe groter het totaal van de kosten en effecten van een denkrichting, hoe negatiever het effect op de maatschappelijke welvaart. Een denkrichting met het laagste totaal aan kosten en effecten verdient dan (afgezien van het 'tijdaspect', d.w.z., discontering) in principe de voorkeur. Wel dient daarbij aandacht te zijn voor het feit dat hier nog niet alles in geld is uitgedrukt, met name het verlies aan biodiversiteit dat in alle denkrichtingen optreedt, behalve bij de alternatieven van de denkrichting Meegroeien.

Merk op dat in Figuur 4-1 bij de alternatieven voor Meegroeien (licht) negatieve waarden voor natuur staan. Dit komt doordat deze alternatieven (in vergelijking tot de huidige situatie) extra natuur wordt gecreëerd, en er dus per saldo baten voor natuur zijn.

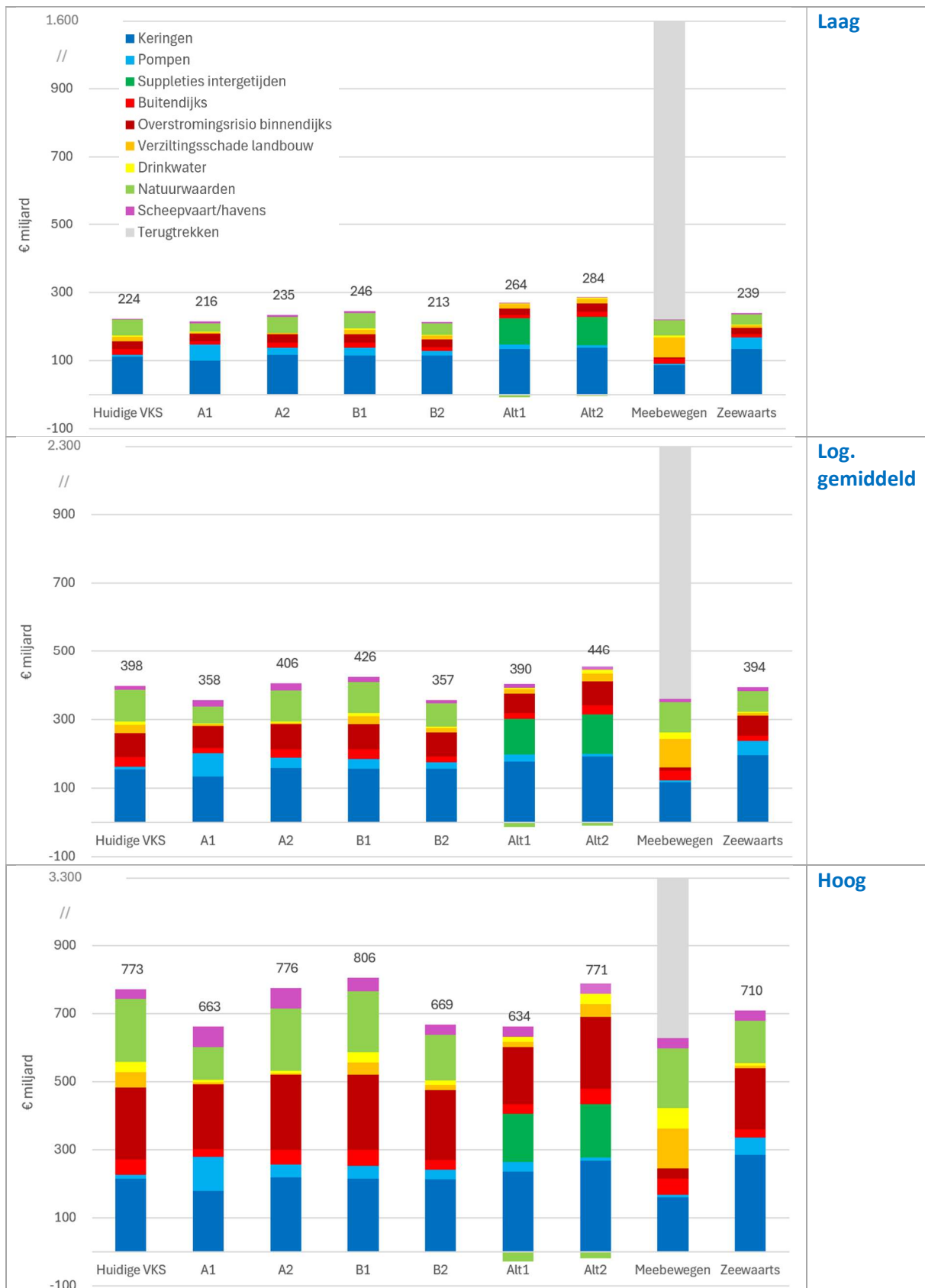
Totalen

Met uitzondering van de denkrichting Meebewegen liggen de totalen van de kosten en effecten van de denkrichtingen niet heel ver van elkaar: grofweg tussen € 200 en € 300 miljard (op basis van de lage inschattingen), grofweg tussen € 350 en € 450 miljard (op basis van de (log-)gemiddelde inschattingen) en grofweg tussen € 600 en € 800 miljard (op basis van de hoge inschattingen). Het totaal van de kosten en effecten voor Meebewegen ligt ergens tussen € 1.600 miljard en € 3.300 miljard, met een gemiddelde van € 2.300 miljard.

Opbouw van de kosten en effecten

Bij de denkrichtingen voortzetten van de huidige VKS, Beschermen (alle varianten) en Zeewaarts zijn de volgende posten dominant: keringen (inclusief kunstwerken en kustonderhoud), overstromingsrisico binnendijks en (het verlies aan) natuurwaarden. Bij de varianten van de denkrichting Meegroeien is dit anders, daar zijn in plaats van het verlies aan natuurwaarden de kosten voor grootschalige suppleties dominant. De kosten voor de landbouw, drinkwater, scheepvaart/havens, pompen en buitendijkse gebieden zijn in dit totaaloverzicht relatief minder van belang.

³⁵ Bijlage K bevat de volgende aanvullende informatie: Figuur K-2: Totale kosten en effecten ten opzichte van de huidige VKS en Figuur K-3: Contante waarde kosten en effecten. Deze informatie wordt omwille van de leesbaarheid in dit hoofdstuk niet gepresenteerd.



Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroei: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur 4-1: Totale kosten en effecten: op basis van lage waarden (boven), log-gemiddelde waarden (midden) en hoge waarden (onder)

4.2. Contante waarde kosten en effecten

Van de kosten en effecten in de periode 2050-2200 zijn ook de contante waarden bepaald in het (basis-)jaar 2050 bepaald, uitgaande van een discontovoet van 2,25% per jaar.³⁶ De verwachtingswaarde van de contante waarde van de kosten en effecten van het voorzetten van de huidige VKS is berekend op **€ 132 miljard** (dit is verwachtingswaarde uit de MCA); de bandbreedte ligt tussen € 66 miljard en € 214 miljard (zie ook Tabel K-3 in Bijlage K).

Figuur 4-2 geeft het verschil totaal van de contante waarde van de kosten en effecten van de denkrichtingen weer, ten opzichte van het voortzetten van de huidige VKS (die hier nu dus als een soort van 'referentie' geldt). Ook nu weer is een lage en hoge schatting van de kosten en effecten gebruikt. Als gemiddelde is de uitkomst (de verwachtingswaarde) uit de Monte Carlo-analyse gepresenteerd. De waarden voor Meebewegen zijn in dit figuur niet getoond.

Wanneer de denkrichting leidt tot hogere kosten of effecten dan de huidige VKS, dan worden deze 'boven de streep' (de x-as) weergegeven: deze kunnen worden gezien als 'kosten'. Andersom geldt: wanneer de denkrichting leidt tot lagere kosten of effecten dan de huidige VKS, dan worden deze 'onder de streep' (de x-as) weergegeven: deze kunnen worden gezien als 'baten'. De totale van deze 'kosten' en 'baten' zijn naast de balkjes voor de denkrichting weergegeven met een rood en groen cijfer. Hoe groter het saldo van deze kosten en baten (deze saldi (=baten-kosten) zijn niet berekend, maar zijn direct uit de figuur af te leiden), hoe beter het is. De (niet-gemonetariseerde) baten van **biodiversiteit** voor de alternatieven van Meegroeien zijn in het figuur kwalitatief weergegeven (als '+bio-div.').

Kosten en baten van de denkrichtingen (in vergelijking met de VKS)

Wat opvalt is dat in deze relatieve vergelijking nu andere kosten- en batenposten dominant worden dan in eerder gepresenteerde totalen (zoals te zien in Figuur 4-1).

Als we kijken naar de kosten, dan valt het volgende op:

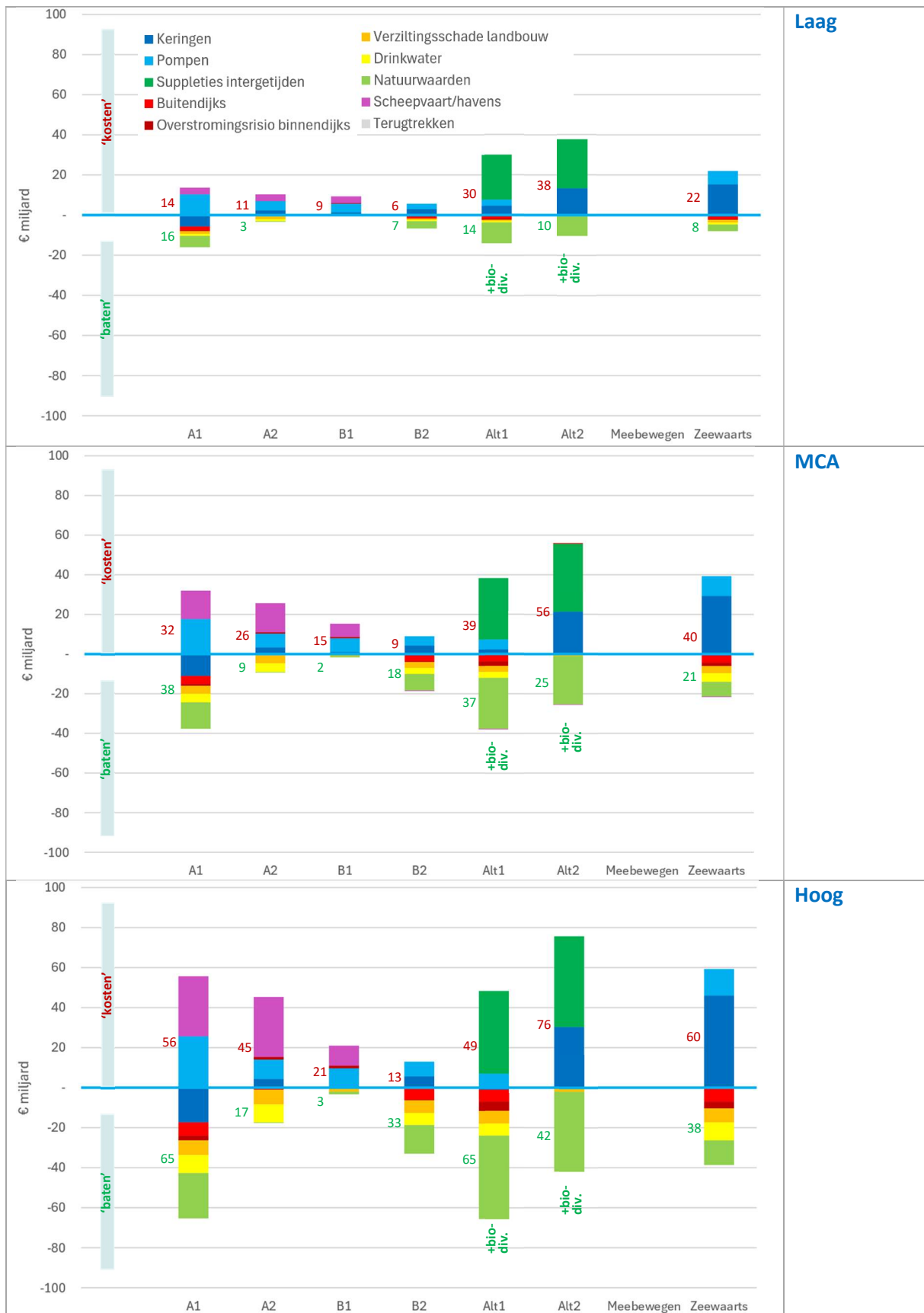
- bij Beschermen (A1, A2, B1) zijn de kosten van pompen en de effecten voor scheepvaart/havens dominant;
- bij Meegroeien (Alt1 en Alt2) zijn de kosten voor grootschalige suppleties dominant; en
- bij Zeewaarts zijn de kosten voor het kustmeer (opgenomen onder 'keringen) dominant.

Als we kijken naar de baten, dan valt op:

- bij Beschermen A1 zijn de baten (vermeden kosten) voor de keringen en natuur³⁷ dominant;
- ook bij Beschermen B2 zijn de baten voor natuur dominant;
- bij Beschermen A2 zijn er met name baten voor de landbouw en drinkwatervoorziening (in omvang vergelijkbaar met die bij Beschermen A1 en Zeewaarts);
- de baten van Beschermen B1 zijn relatief gering;
- de baten voor Meegroeien (Alt1 en Alt2) zijn met name gerelateerd aan natuur en biodiversiteit; en
- de baten voor Zeewaarts zijn divers, met als grootste aandeel natuur.

³⁶ Door discontering wegen kosten en effecten dichterbij in de tijd zwaarder mee dan kosten en effecten in de verdere toekomst.

³⁷ Ter herinnering: de gemonetariseerde natuurbaten zijn de baten van koolstofvastlegging, recreatie en visserij.



Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroei: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur 4-2: Contante waarde kosten en effecten, ten opzichte van huidige VKS: op basis van lage waarden (boven), MCA-uitkomst (midden) en hoge waarden (onder)

4.3. Overige kosten en effecten

Een aantal kosten en effecten van de denkrichtingen zijn in de kostenvergelijking niet, of niet in monetaire termen meegenomen:

- **Markten en verdelingseffecten.** In het kostenrapport van Meebewegen is ingegaan op de effecten van het grootschalig terugtrekken uit laag Nederland op de financiële, woning- en arbeidsmarkt, alsmede op de sociale verdelingseffecten hiervan. De transitie van laaggelegen, kwetsbare gebieden naar hoger gelegen gebieden bij Meebewegen gaat gepaard met aanzienlijke economische en maatschappelijke kosten. Deze kosten manifesteren zich met name via fricties in de economie, toenemende sociale en regionale ongelijkheid, en een versterkende werking vanuit de financiële sector. Bij de andere denkrichtingen (VKS, Beschermen, Zeewaarts en Meegroeien) zijn deze effecten onderling vergelijkbaar.
- **Aansluiting van regionale watersystemen op het hoofdwatersysteem.** De veranderende waterstandstatistiek op het hoofdwatersysteem (die ook per denkrichting varieert) heeft ook invloed op de regionale watersystemen die uitstromen in het hoofdwatersysteem. Dit kan leiden tot extra dijkversterkingen als er een kans is op samenvaal van hoogwater in het hoofdwatersysteem en het regionale watersysteem. Dit kan leiden tot extra kosten voor pompen of andere ruimtelijke maatregelen in het regionale watersysteem. Deze kosten zijn nu niet beschouwd.
- **Transport.** Over de Deltawerken en de Afsluitdijk lopen belangrijke transportroutes. In Meegroeien Alternatief 1 (open delta) en in Meebewegen worden deze dammen en stormvloedkeringen niet langer in stand gehouden, terwijl er in Beschermen A1 (gesloten, huidige binnenpeil), Beschermen A2 (gesloten, meestijgend binnenpeil) en Beschermen B1 (afsluitbaar, huidige afvoerverdeling) juist een nieuwe sluis of stormvloedkering over de Westerschelde wordt aangelegd. Deze maatregelen hebben in potentie (positieve of negatieve) gevolgen voor de bereikbaarheid; deze zijn in deze studie niet meegenomen
- **Energievoorziening** (in ieder geval bij Beschermen A1 (gesloten, huidig binnenpeil)). De benodigde energiebehoefte is groot, mogelijk dient dit te worden opvangen met een eigen energievoorziening waardoor de kosten van deze denkrichting toenemen. Daarnaast kunnen geopolitieke overwegingen leiden tot extra eisen aan redundantie.

Daarnaast zijn mogelijk baten/meekoppelkansen van de denkrichtingen met overige maatschappelijke opgaven (zoals de landbouw- en energietransitie, en woningbouwopgave) niet in het overzicht meegenomen.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1. Conclusies

In dit rapport hebben we gekeken naar de kosten en effecten van lange termijn denkrichtingen voor extreme zeespiegelstijging zoals die ontwikkeld zijn in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Hierbij zijn de meest relevante kosten en effecten bepaald die voor deze denkrichtingen verwacht worden gedurende de periode 2050-2200. Om een onderlinge vergelijking mogelijk te maken, hebben we de denkrichtingen ook op onderdelen nader aan- en ingevuld.

Ondanks (i) het globale, verkennende karakter van de voorgestelde denkrichtingen en de grofstoffelijke berekeningen van de daaruit voortvloeiende kosten en effecten; (ii) het hanteren van één enkel, zeer extreem toekomstscenario voor de zeespiegelstijging en rivierafvoeren, en (iii) het integrale karakter van de analyse van de denkrichtingen (met een focus op het geheel, en niet op de losse onderdelen), kunnen er op dit moment wel al enkele voorzichtige conclusies worden getrokken.

De totale verwachte kosten en effecten die gepaard gaan met het voortzetten van de huidige VKS, Beschermen, Meegroeien en Zeewaarts tot 2200 liggen allemaal in dezelfde orde van groottes van € 350 tot € 450 miljard in totaal, met forse bandbreedtes. Het totaal van de verwachte kosten en effecten van de denkrichting Meebewegen is aanzienlijk groter: € 2.300 miljard, eveneens met een forse bandbreedte.

Als we de contante waarden van de kosten en effecten van de denkrichtingen vergelijken met de contante waarde van het voortzetten van de huidige VKS (zoals weergegeven in Figuur 4.2), dan valt het volgende op:

- **Beschermen A1 (gesloten, huidig binnenpeil):** tegenover de extra kosten voor pompen en de scheepvaart/havens, staan baten (lagere kosten) voor de keringen, buitendijkse gebieden, landbouw, drinkwater en natuur.
- **Beschermen A2 (gesloten, meestijgend binnenpeil):** tegenover de extra kosten voor pompen, keringen en scheepvaart/havens, staan baten voor de landbouw, drinkwater en natuur. Zowel de extra kosten als baten zijn minder groot dan in Beschermen A1.
- **Beschermen B1 (afsluitbaar, huidige afvoerverdeling):** tegenover de extra kosten voor pompen en scheepvaart/havens, staan weinig baten.
- **Beschermen B2 (afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling):** tegenover de extra kosten voor keringen en pompen (inclusief de Deltapolder), staan baten voor buitendijkse gebieden, landbouw, drinkwater en natuur.
- **Meegroeien Alternatief 1 (open delta met Deltapolder):** in dit alternatief vallen met name de hoge extra kosten voor suppleties ten behoeve van het behoud van intergetijdennatuur op; hier staan baten van natuur (voor o.a. biodiversiteit en CO₂-vastlegging) tegenover. Tegenover de extra kosten voor pompen en keringen (inclusief de Deltapolder) staan baten voor buitendijkse gebieden, landbouw, drinkwater en een lager overstromingsrisico.
- **Meegroeien Alternatief 2 (open delta, NBS-stormvloedkeringen):** ook in dit alternatief vallen met name de hoge extra kosten voor suppleties ten behoeve van het behoud van intergetijdennatuur en keringen op; hier staan baten van natuur (voor o.a. biodiversiteit en CO₂-vastlegging) tegenover.³⁸

³⁸ Pas op: er mag niet geconcludeerd dat de alternatieven van Meegroeien daarmee ook effectieve en efficiënte klimaatmaatregelen zijn. Hiervoor zouden de kosten per ton CO₂ vastlegging van Meegroeien moeten worden vergeleken met andere manieren van CO₂ vastlegging of uitstootreductie.

-
- **Zeewaarts:** in deze denkrichting vallen met name de hoge extra kosten voor keringen en pompen (beiden onderdeel van het kustmeer) op; hier staan baten voor buitendijkse gebieden, landbouw, drinkwater en natuur tegenover.

Omdat de analyse van kosten en effecten heeft plaatsgevonden op het niveau van integrale denkrichtingen (en niet op het niveau van losse bouwstenen), kan op basis van deze analyse niet geconcludeerd worden dat het verstandig zou zijn om een of meerdere denkrichtingen te laten afvallen. Alleen de kosten en effecten van het grootschalig terugtrekken uit de lage delen van Nederland (variant TmB100 van Meebewegen) zijn dusdanig groot dat deze oplossing in deze vorm vanuit economisch gezichtspunt niet voor de hand lijkt te liggen.

5.2. Aanbevelingen

Op basis van het uitgevoerde onderzoek hebben we de volgende (hoofd-)aanbevelingen:

1. Verbeter en verdiep de ramingen van kosten en effecten, en valideer en standaardiseer kentallen en methoden. Het doel van deze studie was om de kosten en (in geld uitgedrukte) effecten van de denkrichtingen, zoals die in beeld zijn gebracht in verschillende onderzoeken van het Kennisprogramma, (i) te inventariseren, (ii) te uniformeren en (iii) waar nodig aan te vullen. Binnen deze opdracht is daar zo goed mogelijk invulling aan gegeven. Desondanks zijn de ramingen van kosten en effecten in deze verkenning noodzakelijkerwijs grofstoffelijk van aard, en zijn op verschillende onderdelen verbeteringen en verdiepingen mogelijk. We noemen de volgende:

- **NBS-stormvloedkeringen:** hiervan bestaan nog geen concrete ontwerpen, de kosten zijn verondersteld 50% hoger te zijn dan traditionele stormvloedkeringen.
Advies: werk een aantal schetsontwerpen uit en maak globale ramingen.
- **Pompen:** in het onderzoek kwamen twee typen pompen naar boven: axiaal pompen en bulb-turbines. Axiaal pompen worden nu al in Nederland gebruikt; de kosten daarvan zijn relatief hoog. Het consortium Beschermen is daarom uitgegaan van de goedkopere bulb-turbines, waar in Nederland nog geen ervaring mee is. In ons onderzoek zijn de kosten gebaseerd op een bandbreedte op basis van beide pomptypen.
Advies: onderzoek de mogelijke toepassing (met voor- en nadelen) van bulb-turbines in Nederland in de context van zeespiegelstijging.
- **Buitendijkse gebieden:** de kosten voor het aanpassen van buitendijkse gebieden zijn in het onderzoek voor Beschermen op basis van enkele kentallen bepaald, waarbij het onduidelijk is in hoeverre vastgoedkosten moeten worden meegenomen in de bedragen.
Advies: ontwikkel bouwstenen voor het aanpassen van buitendijkse gebieden bij extreme zeespiegelstijging en onderzoek in hoeverre herontwikkelingen mogelijkheden bieden voor het gelijktijdig aanpassen van deze gebieden waardoor kosten kunnen worden bespaard.
- **Overstromingsrisico binnendijs:** door de verschillende maatregelen in de denkrichtingen kan de schade door overstromen hoger of juist lager uitvallen dan anders (bij het voortzetten van de huidige VKS) het geval zou zijn geweest (bijv. door lagere hoogwaterstanden of door de aanleg van voorlanden). In de kostenvergelijking is dit zeer globaal ingeschat.
Advies: ontwikkel een eenvoudige methode waarbij deze effecten op een eenduidige wijze kunnen worden meegenomen bij het bepalen van de effecten van verschillende typen oplossingen.
- **Landbouwschade door verzilting:** In de kostenvergelijking is in Bijlage F een nieuwe methode op hoofdlijnen uitgewerkt om de landbouwschade als gevolg van verzilting te baseren op de mogelijkheid om te kiezen voor gewassen met een hogere mate van zouttolerantie maar ook een lager financieel rendement.
Advies: werk de methode zoals die ontwikkeld is verder uit en valideer deze met de sector.

- **Drinkwater:** de kosten als gevolg van verzilting van drinkwaterbronnen bij 5 meter zeespiegelstijging zijn zeer globaal geschat.
Advies: werk een methodiek uit met kentallen op basis waarvan betere en betrouwbaardere inschattingen mogelijk zijn.
- **Scheepvaart en havens:** In de kostenvergelijking is gebruik gemaakt van een stelpost om de mogelijke kosten en/of effecten op de lange termijn van een verminderde toegankelijkheid van de Rotterdamse en Antwerpse havens mee te nemen, ook wanneer de huidige VKS wordt voortgezet.
Advies: (i) sluit aan bij het NOVEX-onderzoek voor de Rotterdamse haven, waarbij ook een zeevaartse uitbreiding als mogelijke oplossing voor het ruimtegebrek en het verbeteren van de leefbaarheid wordt onderzocht³⁹ en (ii) onderzoek andere oplossingen om de toegankelijkheid/overslag in havens van Rotterdam en Antwerpen in de toekomst te borgen, en bepaal daarvan de kosten en effecten. Kijk daarbij ook of ontwikkelingen en transitie mee te nemen zijn op het gebied van transport (bijvoorbeeld de energietransitie die kan leiden tot minder/of andere vormen van scheepvaart).
- **Natuur:** Uitgezonderd bij Meegroeien is uitgegaan van volledige verdrinking van de huidige intergetijdennatuur. Omdat niet duidelijk is of en onder welke voorwaarden natuur moet worden beschermd na 2050 zijn hiervoor ook geen maatregelen meegenomen; ook eventuele natuurlijke aanslibbing is bij de andere denkrichtingen niet meegenomen. Daarnaast is de onzekerheid rondom de baten van koolstofvastlegging groot.
Advies: (i) onderbouw de effecten van de maatregelen op natuur in de denkrichtingen VKS, Beschermen en Zeewaarts beter en focus daarbij op relevante indicatoren (biodiversiteit, areaal, connectiviteit), (ii) ontwikkel alternatieve bouwstenen voor het behoud van de intergetijdennatuur (vergelijkbaar met de bouwstenen ontwikkeld in Meegroeien), (iii) ontwikkel ook maatregelen om natuur te beschermen bij tijdelijke inzet van zoetwaterbuffers, en (iv) ontwikkel consistentere kengetallen voor de mate van koolstofvastlegging van de verschillende natuurtypen.
- **Regionale watersystemen:** de interactie tussen het hoofdwatersysteem en regionale watersysteem is in deze studie niet beschouwd. Verschillende peilen en zoutconcentraties kunnen verschillende gevolgen hebben voor regionale watersystemen en de maatregelen/kosten die daar nodig zijn.
Advies: werk een methodiek uit voor het bepalen van de kosten van regionale watersystemen als gevolg van zeespiegelstijging.

2. Breng meekoppelkansen (/baten) en eventuele aanvullende negatieve maatschappelijke effecten (/kosten) in beeld. Naast de kosten en effecten zoals die zijn meegenomen in deze kostenvergelijking, bieden de verschillende denkrichtingen ook kansen voor andere ontwikkelingen, of perken ze deze juist in. Hierbij kan worden gedacht aan de kansen voor wonen en werken en de energietransitie of eventuele negatieve gevolgen voor de financiële sector, het vestigingsklimaat en het verdienvermogen van Nederland. Deze zijn in deze studie niet in beeld gebracht. Aanbevolen wordt om hier verdere gedachten over te ontwikkelen (mogelijk in samenwerking met NL2120) en de meekoppelkansen (of baten) en eventuele bredere maatschappelijke risico's een volwaardige plek te geven in de toekomstige afweging en besluitvorming.

3. Ontwikkel bouwstenen, scenario's en adaptatiepaden en bouw een Zeespiegelverkenner. Het denken over de lange termijn oplossingen voor zeespiegelstijging staat niet stil. In de komende decennia zullen nog veel ideeën ontstaan over maatregelen (/bouwstenen) die, al dan niet in combinatie met andere maatregelen, een bijdrage kunnen leveren aan onder andere waterveiligheid, zoetwatervoorziening en natuurbehoud. Het denken over lange termijn oplossingen (en de kosten en baten daarvan) is gebaat bij een flexibele aanpak die bouwstenen, toekomstscenario's en fasering (of

³⁹ <https://www.zuid-holland.nl/actueel/nieuws/januari-2026/onderzoek-ruimtegebrek-haven-verbeteren/>

wel: adaptatiepaden) combineert. De maatregelen die zijn bedacht als onderdeel van de denkrichtingen uit het Kennisprogramma vormen een goede basis om deze 'op te waarderen' tot een aantal (min of meer uniforme) bouwstenen, waarmee nieuwe generaties van integrale, lange termijn oplossingsstrategieën kunnen worden ontwikkeld en de kosten en baten daarvan kunnen worden doorgerekend, uitgaande van verschillende toekomstscenario's en volgordes van maatregelen.

Het ramen van de effecten (kosten en baten) van maatregelen (bouwstenen) en strategieën, waarin rekening gehouden wordt met onzekerheid (scenario's), fasering en interactie tussen de bouwstenen, vraagt dus om een grote hoeveelheid gegevens en eenduidige kentallen en analysemethoden. Om dat consistent en door meerdere partijen en stakeholders te kunnen doen, is een Blokkendoos-achtige tool ('Zeespiegelverkenner') onontbeerlijk. De Blokkendoos die eerder werd ontwikkeld voor het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden, is hiervan een goed en illustratief voorbeeld.⁴⁰

⁴⁰ Niet te verwarren met de Blokkendoos voor de PKB Ruimte voor de Rivier of voor het Deltaprogramma Rivieren. De Blokkendoos voor het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden werd gebruikt voor het doorrekenen van de VKS van dit deelprogramma in 2014. Zie Kind e.a. (2014; 2015).

Verklarende woordenlijst

- Adaptatiepaden:** Strategieën waarin maatregelen gefaseerd worden uitgevoerd afhankelijk van toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden (bijv. zeespiegelstijging).
- Baten:** Positieve effecten op de maatschappelijke welvaart, uitgedrukt in monetaire termen (tegenhanger van kosten binnen MKBA-denken).
- Bouwstenen:** Individuele maatregelen (bijv. dijkversterking, pompen, suppleties) die gecombineerd kunnen worden tot strategieën.
- Contante waarde (CW):** De huidige waarde van toekomstige kosten en baten, berekend met een discontovoet.
- Discontovoet:** Percentage waarmee toekomstige kosten en baten worden teruggerekend naar een basisjaar (hier: 2,25% per jaar).
- Deltapolder:** Afgesloten en beheerst peilgebied in de Rijn-Maasmonding met sluizen en gemalen, bedoeld voor waterveiligheid en zoetwaterbuffering.
- Effecten (welvaartseffecten):** Alle gevolgen van maatregelen voor maatschappelijke welvaart, inclusief niet-markteffecten zoals natuur.
- Fasering:** De tijdsplanning van maatregelen en bijbehorende kosten/effecten over de analyseperiode (2050–2200).
- Gemaalcapaciteit (m³/s):** De hoeveelheid water die per seconde kan worden afgevoerd door pompen.
- Huidige voorkeursstrategie (VKS):** Het voortzetten van huidig beleid: dijkversterking, stormvloedkeringen en kustlijnzorg.
- Intergetijdengebied:** Gebieden die afwisselend droogvallen en onder water staan (bijv. slikken en platen).
- Kustlijnzorg:** Het onderhouden van de kust door middel van zandsuppleties om erosie tegen te gaan.
- Maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA):** Economische evaluatiemethode waarin alle kosten en baten voor de samenleving systematisch worden afgewogen.
- Meebewegen:** Denkrichting waarbij functies worden aangepast of verplaatst (bijv. terugtrekken uit laaggelegen gebieden).
- Meegroeien:** Denkrichting gebaseerd op natuurlijke processen (sedimentatie, natuurontwikkeling) om mee te groeien met zeespiegelstijging.
- Monte Carlo-analyse (MCA):** Rekenmethode waarbij onzekerheden in inputvariabelen worden gesimuleerd om bandbreedtes van uitkomsten te bepalen.
- Natuurwaarden/ ecosysteemdiensten:** Economisch gewaardeerde functies van natuur, zoals koolstofvastlegging, recreatie en visserij.
- Onzekerheidsanalyse:** Analyse van de spreiding en onzekerheid in kosten en effecten.
- Denkrichtingen:** Strategische benaderingen voor omgaan met zeespiegelstijging (VKS, Beschermen, Meegroeien, Meebewegen, Zeewaarts).
- Overstromingsrisico:** Kans op overstroming vermenigvuldigd met de gevolgen (schade).
- Suppleties:** Het aanbrengen van zand om kust en intergetijdengebieden te versterken of te laten meegroeien.
- Verzilting:** Toename van zoutgehalte in bodem en water, met negatieve effecten voor bijvoorbeeld landbouw, natuur, en drinkwater.
- Zoetwaterbeschikbaarheid:** De mate waarin voldoende zoet water beschikbaar is voor landbouw, natuur en drinkwater.
- Zeewaarts:** Denkrichting waarbij extra bergingsruimte op zee wordt gecreëerd (bijv. kustmeer) om piekafvoeren op te vangen.
- Zeefront (open/gesloten):** De mate waarin verbindingen tussen zee en binnenwater openblijven of worden afgesloten met dammen/keringen.

Literatuur

- Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2023a). Tussenbalans van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. https://www.deltaprogramma.nl/site/binaries/site-content/collections/documents/2023/11/09/20231107-9525_tussenbalans-kennisprogramma-zeespiegelstijging_06-webversie/9525_Tussenbalans+kennisprogramma+Zeespiegelstijging_DV.pdf
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2023b). Verkennend Onderzoek Oplossingsrichting Meebewegen <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-Meebewegen>
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2024a). Technisch-fysische uitwerking Oplossingsrichting Beschermen. <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-beschermen>
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2024b). Technisch-fysische uitwerking oplossingsrichting Zeewaarts. <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2024/03/04/eindrapportage-oplossingsrichting-zeewaarts>
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging (2025). Meegroeien met zeespiegelstijging. <https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2025/11/11/eindrapportage-oplossingsrichting-meegroeien>
- Kind, Jarl e.a. (2014). TOWARDS THE DEVELOPMENT AND EVALUATION OF ADAPTIVE FLOOD RISK MANAGEMENT STRATEGIES FOR THE RHINE ESTUARY – DRECHTSTEDEN. <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/7/PAP014707.pdf>
- Kind, Jarl e.a. (2015). Achtergronddocumentatie Blokkendoos DPRD 1.0 en 2.0. Deltares Rapport 1208514-003-VEB-0002. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11300.74884>
- Kolen, B., & Nicolai, R. (2025). BREACH-METHOD: a new framework to generate event sets for financial flood risk assessment of the Dutch Delta. *Journal of Coastal and Riverine Flood Risk*, 4. <https://doi.org/10.59490/jcrfr.2025.0018>
- Kolen, Bas e.a. (2025). Onderbouwing doelbereik. Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Nature-Based Solutions.
- Maren, Bas van e.a. (2025). Morfologische aspecten: meegroeien, suppleties en slibinvang. Deelrapport. Kennisprogramma Zeespiegelstijging Denkrichting Meegroeien met zeespiegelstijging.
- RHDHV (2025). Kostenraming strategieën zeespiegelstijging.
- Ritsema, Jacobiene en Dennis Kamperman (2025). Effectbeoordeling Meegroeien met zeespiegelstijging.
- Taal, Marcel e.a. (2023). Sedimentbehoefte Nederlands kuststelsysteem bij toegenomen zeespiegelstijging. Deltares rapport 11207897-002-ZKS-0004.
- Tol, Richard S.J. (2025). [Database for the meta-analysis of the social cost of carbon \(v2025.1\)](#)
- Werkgroep Discontovoet (2020). Rapport Werkgroep discontovoet 2020.
- Zethof en Stijnen (2023). Systeemanalyse waterveiligheid Bovenregionale rapportage. Kennisprogramma Zeespiegelstijging, spoor II. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/07/01/systeemanalyse-waterveiligheid-bovenregionale-syntheserapport>

Bijlage A: Kosten van Primaire Waterkeringen

A.1 Leeswijzer

In deze bijlage zijn de volgende kosten uit de verschillende rapporten over de denkrichtingen bijeengebracht en waar nodig aangevuld:

- kosten van dijken (inclusief de kleinere kunstwerken);
- kosten van stormvloedkeringen;
- kosten van dammen;
- kosten van sluizen; en
- kosten van suppleties (zowel ten behoeve van het meegroeien van het kustfundament, als ten behoeve van de maatregelen zoals die beschouwd zijn in Meegroeien).

De kosten van de gemalen zijn in een aparte bijlage beschouwd (Bijlage B).

Voor het overzicht zijn deze kosten gegroepeerd naar de volgende zes gebieden: (i) Zuidwestelijke Delta, (ii) Rijn-Maasmonding (RMM), (iii) Rivierengebied, (iv) IJsselmeergebied, (v) Waddengebied en (vi) Zandige Kust.

De kosten in deze bijlage betreffen de kosten van investeringen en herinvesteringen van de maatregelen in de periode 2050-2200, waarbij een correctie is toepast voor de eventuele restwaarde van deze investeringen na 2200. Dit is in lijn met de informatie over kosten zoals die is terug te vinden in de rapporten van de denkrichtingen. Voor de kosten van waterkeringen is uitgegaan van groene dijken plus constructieve oplossingen als er een amoveeropgave is.

In deze bijlage is geen correctie toegepast voor verschillen in gehanteerde prijspeilen tussen de denkrichtingen, of voor het al dan niet hanteren van BTW. De reden is dat in de achtergrondrapporten daarvoor te rudimentair zijn en over het gehanteerde prijspeil en het hanteren van BTW vaak geen uitsluitel geven.

In deze bijlage zijn de jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud niet meegenomen. In de contante waarde berekening worden deze jaarlijkse kosten voor de aanleg van stormvloedkeringen en sluizen wel meegenomen (zie Bijlage I voor de percentages). Ook de kosten voor het (eventueel) verwijderen van bestaande stormvloedkeringen zijn niet meegenomen; verhoudingsgewijs zijn deze kosten relatief gering.

A.2 Werkwijze

Het overzicht is op de volgende wijze tot stand gekomen:

- Als vertrekpunt zijn de totale kosten over de periode 2050-2200 die nodig zijn voor het versterken van de primaire keringen bij 5 meter zeespiegelstijging bij de huidige inrichting van het hoofdwatersysteem (de huidige VKS) overgenomen uit de Systemanalyse (Zethof en Stijnen, 2023).
- In de rapporten voor de denkrichtingen Beschermen en Meegroeien zijn de kosten voor de huidige VKS (zoals in de voorgaande bullet beschreven) ook bepaald. Deze kosten voor de VKS wijken echter enigszins af van die uit de Systemanalyse omdat een vereenvoudigde methode is gebruikt. Daarom zijn de meer- en minderkosten voor de primaire keringen van deze denkrichtingen bepaald ten opzichte van de VKS die daarbij werd gehanteerd, en zijn deze verschillen vervolgens toegepast op de kosten voor de huidige VKS volgens de Systemanalyse. In

een aantal gevallen was nog een aanvullende harmonisatieslag nodig om de meer- en minderkosten beter in lijn te brengen met die uit de huidige VKS op basis van de Systemanalyse;

- Conform het kostenrapport voor Meebewegen (Kind e.a., 2025), zijn voor de denkrichting TmB100 uit Meebewegen de kosten die nodig te zijn om de Randstad te beschermen, volledig opgenomen (conform de huidige VKS). De kosten om de overige gebieden tegen zeespiegelstijging te beschermen, zijn opgenomen tot het jaar 2150 (dus voor 100/150 = 2/3^e deel);
- In het rapport van Zeewaarts zijn de meer- en minderkosten voor de primaire keringen niet beschouwd (enkel de aanlegkosten voor het kustbassin zijn geraamd). De gemaakte (expert-) inschattingen van de meer- en minderkosten ten opzichte van de huidige VKS zijn in dit geval gemaakt in het kader van deze kostenvergelijking (dit rapport).

Een belangrijke notie is, dat voor het op één lijn brengen van deze kosten een aantal subjectieve(re) keuzes nodig waren. Voor het algemene beeld van de kostenvergelijking – die in totaliteit gaat over bedragen van enkele honderden miljarden euro's – is dat niet direct een grote belemmering. Op het niveau van individuele kostenposten kan de onnauwkeurigheid echter aanzienlijk zijn en derhalve meer inzicht en onderbouwing gewenst zijn. Dat laatste valt buiten de scope van deze opdracht/de kostenvergelijking. De vergelijking is met name bedoeld om inzicht te geven in de orde van grootte van de kosten. Een voorbeeld hiervan zijn de kosten van dijkversterking. Als uitgegaan wordt van altijd groene dijken (zoals gedaan in Meegroeien) dan zijn de kosten voor de regio RMM tot tweemaal hoger dan bij constructieve oplossingen als er een amoveeropgave is (uitgangspunt in de VKS). De keuze voor groene dijken of constructieve oplossingen is onderdeel van de dijkversterkingsopgave en wordt gemaakt op basis van allerlei factoren waaronder de inpassing en de omgeving.

A.3 Zuidwestelijke Delta

De kosten van waterveiligheidsmaatregelen voor de Zuidwestelijke Delta zijn weergegeven in de volgende Tabel A1. Hierin vallen met name de hoge investeringskosten voor Meegroeien en Zeewaarts op.

Tabel A1: Investeringskosten van waterveiligheidsmaatregelen bij extreme zeespiegelstijging, periode 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	TmB100	
Oosterschelde ¹⁾	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	24,2	10,1	5,0	5,0
Oosterscheldekering ²⁾	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	-	13,5	6,0	4,5
Westerschelde ³⁾	7,3	-	3,7	4,8	7,3	15,9	8,8	4,9	7,3
Sluis/SVK Westerschelde ⁴⁾	-	3,4	3,4	2,5	-	-	-	-	-
Brouwersdam ⁵⁾	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-	8,4	0,2	0,2
Krammersluizen, Phillipsdam, Volkeraksluizen en Grevelingendam ⁶⁾	2,0	-	-	-	2,0	-	-	1,3	2,0
Extra Suppleties ⁷⁾	-	-	-	-	-	64,8	55,4	-	-
Kustbassin ⁸⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	31,1
Totaal	24	18	21	22	24	105	96	17	50

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- ¹⁾ Schattingen op basis van de Systemanalyse. Voor Meegroeien: het betreft investeringen in waterkeringen die zijn gebaseerd op dijkversterkingskosten per kilometer uit de Systemanalyse. Voor dijkverleggingen is rekening gehouden met de kosten van grondaankoop (landbouwgrond), ook is er rekening mee gehouden dat de nieuwe waterkeringen duurder zijn dan de versterking van bestaande waterkeringen

- 2) € 9 miljard op basis van de Systeemanalyse. In Meegroeien is verondersteld dat NBS-stormvloedkeringen 50% duurder zijn. Bij Meebewegen zijn de kosten voor 2/3^e deel meegenomen (100/150 jaar). Bij Zeewaarts is verondersteld dat door het kustmeer, de kosten 50% lager uitvallen dan in de Huidige VKS.
- 3) € 7,3 miljard op basis van de Systeemanalyse. In Beschermen, A2 is verondersteld dat deze kosten door de sluis in de Westerschelde, 50% lager uitvallen. In Beschermen, B2 is verondersteld dat de kosten door de SVK € 2,5 miljard lager uitvallen. In Meegroeien gaat het om investeringen in (nieuwe, groene) dijken en meegroeilandschappen of kwelders. Bij Meebewegen zijn de kosten voor 2/3^e deel meegenomen (100/150 jaar).
- 4) Op basis van Beschermen. In B1 gaat het om een stormvloedkeringen. In A1 en A2 om sluiscomplexen.
- 5) In de Systeemanalyse is de Brouwersdam opgenomen onder Kust.
- 6) In de Systeemanalyse zit de Krammerluis en Grevelingensluis in ZWD, en de Volkeraksluizen in RMM.
- 7) Bron: rapport Meegroeien. De opgenomen kosten zijn een bovengrens. De kostenraming van deze suppleties is gebaseerd op een nog niet geoptimaliseerde vraag naar sediment. Er is hierbij een aangroeiensnelheid verondersteld, plus een opgave voor suppleren in de hele delta. Optimalisatie is mogelijk door alleen te suppleren op de ondiepere delen en het te behalen natuurareaal.
- 8) Op basis van rapport Zeewaarts. Nadere detaillering ontvangen van Boskalis; opgehoogd met 14% (gemiddeld percentage BTW). Genoemde kosten zijn hier exclusief pompen en gemalen.

A.4 Rijn-Maasmonding

De kosten van waterveiligheidsmaatregelen voor de Rijn-Maasmonding zijn weergegeven in de volgende Tabel A2. In vergelijking met het voorzetten van de huidige VKS vallen met name de lagere investeringskosten in Beschermen A1 en Zeewaarts op.

Tabel A2: Investeringskosten van waterveiligheidsmaatregelen bij extreme zeespiegelstijging, periode 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	TmB100	
DPRD ¹⁾	14,9	7,2	13,9	14,3	4,5	4,8	14,1	14,9	7,2
Haringvliet en Hollands Diep ²⁾	3,3	0,3	2,9	3,0	2,9	8,0	3,7	2,2	0,3
Maeslantkering ³⁾	2,5	-	-	2,5	-	-	3,8	2,5	-
Sluizen als alternatief MLK ⁴⁾	-	2,0	2,0	-	2,0	2,0	-	-	2,0
Hartelkering ⁵⁾	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Zeekering Haringvliet ⁶⁾	5,6	-	8,4	5,6	8,4	-	8,4	3,7	2,8
Deltapolder (sluizen in het Spui, Merwede en Dordtse Kil) ⁷⁾	-	-	-	-	4,7	4,7	-	-	-
Totaal	27	10	27	26	23	20	30	24	13

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- 1) De kostenschatting is gebaseerd op groene dijken + constructieve oplossingen waar nodig om het amoveren van woningen te voorkomen. Voor Meegroeien is de kostenraming geactualiseerd omdat in de rapportage alleen gekeken was naar groene dijken. Voor DPRD zijn de kosten voor dijkversterking bij groene dijken tot wel driemaal hoger in de Huidige VKS dan als er gewerkt wordt met constructieve oplossingen. In geval van een Deltapolder is de opgave voor dijkversterking echter beperkter. Het te behalen voordeel bij een huidige VKS met constructieve oplossing is dus veel kleiner.
- 2) Zie ¹⁾, met als opmerking dat groene dijken hier twee keer duurder zijn dan de variant met constructieve oplossingen in de Huidige VKS.
- 3) Op basis van de Systeemanalyse. Bij Meegroeien is verondersteld dat de kosten voor een NBS-stormvloedkering, 50% hoger zijn.
- 4) Hier zijn complexen voorzien voor binnenvaartsluizen.
- 5) Op basis van de Systeemanalyse. Volgens de Systeemanalyse zijn de kosten ongeveer 1/10^e van de kosten van de MLK.
- 6) Op basis van Systeemanalyse. Bij A2, B2 en Alt2 zijn de kosten hoger omdat ook de spuicapaciteit vergroot moet worden. Bij Meebewegen zijn de kosten voor 2/3^e meegerekend (=100/150 jaar). Bij Zeewaarts is verondersteld dat door de aanleg van het kustbassin, de kosten met 50% kunnen worden gereduceerd.
- 7) De kosten zijn voor het aanleggen van de sluiscomplexen in het Spui, De Merwede en het Dordtse Kil conform het rapport Beschermen.

A.5 Rivierengebied

De kosten van waterveiligheidsmaatregelen voor het Rivierengebied zijn weergegeven in de volgende Tabel A3. De investeringskosten verschillen niet heel veel tussen de denkrichtingen.

Tabel A3: Investeringskosten van waterveiligheidsmaatregelen bij extreme zeespiegelstijging, periode 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	TmB100	
Nederrijn/Lek ¹⁾	5,2	4,4	5,1	5,2	2,8	2,8	5,3	3,4	4,4
Waal ²⁾	8,4	8,0	8,3	8,3	8,1	9,5	8,6	5,6	8,0
Maas ³⁾	5,2	5,1	6,1	6,3	6,2	6,9	6,4	3,4	5,1
IJssel ⁴⁾	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Regelwerk Pannerden ⁵⁾	-	-	-	-	1,5	1,5	-	-	-
Totaal	19	17	19	20	19	21	20	12	17

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- ¹⁾ Op basis van Systeemanalyse. In Meebewegen zijn de kosten voor 2/3^e deel meegenomen (100/150 jaar). De kosten voor Zeewaarts zijn gelijk genomen aan A1. De kosten van dijkversterking worden ook bepaald door de toename van de rivierafvoer.
- ²⁾ Op basis van Systeemanalyse. In Meebewegen zijn de kosten voor 2/3^e deel meegenomen (100/150 jaar). De kosten voor Zeewaarts zijn gelijk genomen aan A1.
- ³⁾ Op basis van Systeemanalyse. In Meebewegen zijn de kosten voor 2/3^e deel meegenomen (100/150 jaar). De kosten voor Zeewaarts zijn gelijk genomen aan A1.
- ⁴⁾ In de Systeemanalyse en de andere rapporten is de IJssel niet beschouwd. Hier opgenomen als pro memorie (p.m.) kostenpost.
- ⁵⁾ Bron: rapport Beschermen. Exclusief de extra kosten van maatregelen op de Bovenrijn als gevolg van bovenstroomse opstuwing veroorzaakt door het regelwerk. Deze afvoerverdeling leidt tot ontlasting van de Lek en de IJssel, en tot stijging van de afvoer op de Waal.

A.6 IJsselmeergebied

De kosten van waterveiligheidsmaatregelen voor het IJsselmeergebied zijn weergegeven in de volgende Tabel A4. De investeringskosten zijn het hoogst in Beschermen (alle varianten), omdat daar het IJsselmeerpeil 1 meter wordt opgezet.

Tabel A4: Investeringskosten van waterveiligheidsmaatregelen bij extreme zeespiegelstijging, periode 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	TmB100	
Dijken en kunstwerken ¹⁾	6,4	12,8	12,8	12,8	12,8	6,4	6,4	4,3	6,4
Afsluitdijk ²⁾	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Totaal	6	13	13	13	13	6	6	4	6

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- ¹⁾ Op basis van de Systeemanalyse. In Beschermen is van een IJsselmeerpeilstijging van 1 meter uitgegaan waardoor de kosten zijn verdubbeld. In Meebewegen zijn de kosten voor 2/3^e deel (100/150 jaar) meegenomen. Bij Meegroeien is er ruimte voor natuurlijke peilbeheer op het IJsselmeer door het beter benutten van de marges die er zijn.
- ²⁾ De Afsluitdijk is in de Systeemanalyse niet beschouwd. In de Systeemanalyse is verondersteld dat de Afsluitdijk na de versterking (die momenteel zo goed als afgerond is), tot 2 à 3 meter zeespiegelstijging veiligheid tegen overstromingen in het achterland zal bieden. De kosten voor verdere versterking zullen in alle denkrichtingen hetzelfde zijn, behalve bij Meebewegen waar de Afsluitdijk na 2150 zijn functie verliest.

A.7 Waddengebied

De kosten van waterveiligheidsmaatregelen voor het Waddengebied zijn weergegeven in de volgende Tabel A5. Hier vallen met name de hoge kosten voor Meegroeien op.

Tabel A5: Investeringskosten van waterveiligheidsmaatregelen bij extreme zeespiegelstijging, periode 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen TmB100	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2		
Dijken en kunstwerken ¹⁾	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	32,6	32,8	11,7	17,5
Extra suppleties ²⁾	-	-	-	-	-	44,1	64,0	-	-
Totaal	18	18	18	18	18	77	97	12	18

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- ¹⁾ Op basis van de Systemanalyse. Bij Meegroeien op basis van de kosten op basis van kentallen uit de systemanalyse voor de Wadden plus de kosten voor waterkerende landschappen, voorlanden en vloedkommen. Deze kosten bestaan uit grondaankoop, dijkverlegging en bij vloedkommen ook voor verleningen van de waterkeringen. Bij Meebewegen is 2/3^e deel van de kosten (100/150 jaar) in rekening gebracht.
- ²⁾ Bron: Rapport Meegroeien.

A.8 Overige Kust

De kosten van waterveiligheidsmaatregelen voor de overige Kust zijn weergegeven in de volgende Tabel A6. Deze kosten zijn voor alle denkrichtingen, uitgezonderd Meebewegen, aan elkaar gelijk.

Tabel A6: Investeringskosten van waterveiligheidsmaatregelen bij extreme zeespiegelstijging, periode 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS.	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen TmB100	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2		
Kustlijn ¹⁾	47	47	47	47	47	47	47	39	47
Overige harde waterkeringen Kust ²⁾	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	1,9	2,9
Totaal	50	50	50	50	50	50	50	41	50

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- ¹⁾ Op basis van KP ZSS (nog te verschijnen): 52,5 Mm³ per jaar à € 6 per m³ (RHDHV, 2025). Bij Meebewegen is verondersteld dat na 2150 enkel ten behoeve van de Randstad de kust wordt onderhouden.
- ²⁾ Op basis van de Systemanalyse, inclusief IJmuiden.

Link met de Monte Carlo-analyse

De getallen vanuit deze Bijlage zijn gecombineerd met eenvoudige aannames over fasering (Bijlage I) en met expert schattingen van bandbreedtes rondom de getallen en verwerkt in een Monte Carlo-analyse (zie Bijlage J). Op basis daarvan zijn de verwachte, minimale en maximale waarden bepaald die ook in de hoofdtekst zijn opgenomen. De getallen uit deze Bijlage kunnen daardoor niet één-op-één gelinkt worden met de getallen in de figuren uit de hoofdtekst.

Literatuur

Zie de literatuurlijst bij de hoofdtekst; er zijn in deze bijlage geen aanvullende bronnen gebruikt.

Bijlage B: Pompen/gemalen

B.1 Leeswijzer

In de denkrichtingen wordt gebruik gemaakt van pompen (of gemalen) om bij een stijgende zeespiegel het water op zee te kunnen lozen. In deze Bijlage wordt een inschatting gemaakt van de daaraan verbonden kosten. Daarbij is het belangrijk om te vermelden dat de kosten inschattingen zijn op basis van de huidige inzichten bij RWS-GPO. Deze liggen voor de investeringen globaal een factor 3,5 hoger dan die zijn terug te vinden in de rapporten van de denkrichting Beschermen.

B.2 Capaciteit

Bij het inschatten van de benodigde pompcapaciteit is onderscheid gemaakt naar twee zichtjaren: 2100 (met een zeespiegelstijging van 2 meter) en 2200 (met een zeespiegelstijging van 5 meter). De ingeschatte benodigde pompcapaciteiten staan in de volgende twee Tabellen B1 en B2. De benodigde pompcapaciteit is veruit het grootst in Beschermen A1 gevolgd door Zeewaarts.

Tabel B1: Benodigde pompcapaciteit (in m³/s), jaar 2100 (bij 2 meter zeespiegelstijging)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
ARK/NZK ¹⁾	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Afsluitdijk ²⁾	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250
RMM en Zeeuwse Meren ³⁾	-	5.000	3.000	3.000	-	-	-	-	-
Deltapolder ⁴⁾	-	-	-	-	2.500	2.500	-	-	-
Westerschelde ⁵⁾	-	600	-	-	-	-	-	-	-
Kustbassin ⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	3.800
Totaal	1.350	6.950	4.350	4.350	3.850	3.850	1.350	3.850	5.150

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- 1) Op basis van rapport Beschermen
- 2) Op basis van rapport Beschermen
- 3) Rapport Beschermen
- 4) Rapport Beschermen en rapport Meegroeien
- 5) Rapport Beschermen
- 6) Rapport Zeewaarts

Tabel B2: Benodigde pompcapaciteit (in m³/s), jaar 2200 (bij 5 meter zeespiegelstijging)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
ARK/NZK ¹⁾	100	100	100	100	100	100	100 ¹⁾	100	
Afsluitdijk ²⁾	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250 ¹⁾	1.250	
RMM en Zeeuwse Meren ³⁾	-	15.500	3.000	3.000	-	-	-	-	
Deltapolder ⁴⁾	-	-	-	-	2.500	2.500	-	-	
Westerschelde ⁵⁾	-	600	-	-	-	-	-	-	
Kustbassin ⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	8.700	
Totaal	1.350	17.450	4.350	4.350	3.850	3.850	1.350	10.050	

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- 1) Op basis van rapport Beschermen

- 2) Op basis van rapport Beschermen
 3) Rapport Beschermen
 4) Rapport Beschermen en rapport Meegroeien
 5) Rapport Beschermen
 6) Rapport Zeewaarts
 *) Tot 2150. Daarna worden de waterkeringen buiten de Randstad niet meer versterkt, en wordt er ook niet langer gepompt.

B.3 Kosten van pompen⁴¹

De kosten van de pompen in Beschermen zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- investeringskosten van € 1,5 miljoen per 1m³/s pompcapaciteit, waarvan
 - 60% civiel, levensduur 100 jaar;
 - 30% werktuigbouw, levensduur 50 jaar;
 - 10% industriële automatisering, levensduur 10 jaar;
- jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud van 0,65 % van de investering;
- elektriciteitskosten van € 0,07 per kWh;
- de hoeveelheid elektriciteit is gebaseerd op de gemiddelde afvoeren in 2100 en 2200 (en niet de extreme afvoeren).

Tabel B3: Jaarlijkse energiebehoefte en -kosten

	2100				2200			
	Capaciteit	Gem. afvoer	Energie	Kosten per jaar	Capaciteit	Gem. afvoer	Energie	Kosten per jaar
	m3/s	m3/s	MW	€ miljoen	m3/s	m3/s	MW	€ miljoen
ARK/NZK	100	65 (30-100)	2 (1-3)	1	100	65 (30-100)	6 (3-9)	4
Afsluitdijk	1.250	400	12	7	1.250	400	36	21
RMM en Zeeuwse Meren (A1)	5.000	2.000	56	34	15.500	2.000	151	93
RMM en Zeeuwse Meren (A2; B1)	3.000	2.000	56	34	3.000	2.000	151	93
Deltapolder	2.500	420	12	7	2.500	420	32	20
Westerschelde	600	100	2	1	600	100	6	3
Kustbassin	3.800	2.000	56	34	8.700	2.000	151	93

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Groen: schattingen gemaakt in deze studie. Overige getallen overgenomen uit Rapport Beschermen.

De totale kosten over de periode 2050-2200 zijn weergegeven in onderstaande Tabel B4. Daarbij is ervan uitgegaan dat de energiebehoefte jaarlijks toeneemt: in 2050 is zij 50% van de energiebehoefte in 2100 (zie Tabel B3) en tussen 2100 en 2200 neemt zij geleidelijk toe.

⁴¹ De kosten van pompen zijn gebaseerd op recente (2026) adviezen van RWS-GPO. De kosten wijken significant af van de kosten zoals die zijn aangenomen in Beschermen.

Tabel B4: Opbouw totale kosten van pompen, 2050-2200 (€ miljard)

	I	II	III	Netto Investing (=I+II-III)	BenO	Energie	Totaal
	Investing	Her- investering	Restwaarde				
ARK/NZK	0,2	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,9
Afsluitdijk	1,9	5,6	1,3	6,2	1,8	1,8	9,8
RMM en Zeeuwse Meren (A1)	23,3	57,2	21,0	59,4	17,7	7,7	84,8
RMM en Zeeuwse Meren (A2; B1)	4,5	13,5	3,2	14,9	4,4	7,7	27,0
Deltapolder	3,8	11,3	2,6	12,4	3,7	1,6	17,7
Westerschelde	0,9	2,7	0,6	3,0	0,9	0,3	4,1
Kustbassin	13,1	20,6	11,3	22,3	10,4	7,7	40,4

Noot: getallen in lichtgrijs zijn opgenomen als onderdeel van de Netto Investering.

Merk op dat de netto investeringskosten gemiddeld zo'n 60% van de totale kosten zijn, en de kosten voor BenO en energie beide gemiddeld zo'n 20%.

Tabel B5 geeft de totale kosten van pompen per denkrichting. De kosten zijn veruit het grootst in Beschermen A1, gevolgd door Zeewaarts.

Tabel B5: Totale kosten van pompen per denkrichting, 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Mee- bewegen TmB100	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2		
ARK/NZK	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Afsluitdijk	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	6,5 ¹⁾	9,8
RMM en Zeeuwse Meren	-	84,8	27,0	27,0	-	-	-	-	-
Deltapolder	-	-	-	-	17,7	17,7	-	-	-
Westerschelde	-	4,1	-	-	-	-	-	-	-
Kustbassin	-	-	-	-	-	-	-	-	40,4
Energievoorziening	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Totaal	11	100	38	38	28	28	11	7	51

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

¹⁾ 100/150 deel van de kosten van de huidige VKS.

Merk op dat het benodigde piekvermogen (> 1 GW bij A1) in geval van piekafvoeren mogelijk niet uit het bestaande elektriciteitsnet (huidig vermogen van ca. 30 GW) gehaald kan worden. Om hierin te voorzien, kunnen de extra kosten al snel oplopen tot orde € 20 miljard (bij A1).⁴² Deze kosten zijn als p.m. post opgenomen in bovenstaande Tabel.

Link met de Monte Carlo-analyse

De getallen van uit deze Bijlage zijn gecombineerd met eenvoudige aannames over fasering (Bijlage I) en met expert schattingen van bandbreedtes rondom de getallen en verwerkt in een Monte Carlo-analyse (zie Bijlage J). Op basis daarvan zijn de verwachte, minimale en maximale waarden bepaald

⁴² Zie bijvoorbeeld <https://www.pbl.nl/kosten-van-kernenergie-in-het-optiedocument>. Gedurende de periode van 150 jaar (2050-2200) zou het dan kunnen gaan om 2 à 3 centrales van 1 GW (levensduur 50 jaar) à € 2 miljard + jaarlijkse kosten van € 0,1 miljard = totaal van ca. € 20 miljard.

die ook in de hoofdtekst zijn opgenomen. De getallen uit deze Bijlage kunnen daardoor niet één-op-één gelinkt worden met de getallen in de figuren uit de hoofdtekst.

Literatuur

Zie de literatuurlijst bij de hoofdtekst; er zijn in deze bijlage geen aanvullende bronnen gebruikt.

Bijlage C: Terugtrekken van vaste kapitaalgoederen

In de kostenschatting voor Meebewegen zijn ingeschat, onder meer op basis van gegevens van het CBS over de WOZ-waarde van woningen en over de (netto) waarde van overige kapitaalgoederenvoorraad in Nederland, de kosten van het terugtrekken van vaste kapitaalgoederen uit laag Nederland (exclusief de Randstad, waaruit niet wordt teruggetrokken) (Kind e.a., 2025). Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen woningen, bedrijfsgebouwen en overige vaste kapitaalgoederen. De kosten zijn overgenomen in onderstaande Tabel C1.

Tabel C1: Totale kosten 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Woningen	-	-	-	-	-	-	-	2.000	-
Bedrijven	-	-	-	-	-	-	-	300	-
Overige vaste kapitaalgoederen	-	-	-	-	-	-	-	400	-
Totaal	-	-	-	-	-	-	-	2.700	-

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Bij de overige denkrichtingen wordt niet teruggetrokken; de kosten zijn in dit geval nihil.⁴³

Link met de Monte Carlo-analyse

De getallen vanuit deze Bijlage zijn gecombineerd met eenvoudige aannames over fasering (Bijlage I) en met expert schattingen van bandbreedtes rondom de getallen en verwerkt in een Monte Carlo-analyse (zie Bijlage J). Op basis daarvan zijn de verwachte, minimale en maximale waarden bepaald die ook in de hoofdtekst zijn opgenomen. De getallen uit deze Bijlage kunnen daardoor niet één-op-één gelinkt worden met de getallen in de figuren uit de hoofdtekst.

Literatuur

Zie de literatuurlijst bij de hoofdtekst; er zijn in deze bijlage geen aanvullende bronnen gebruikt.

⁴³ Uiteraard kunnen er in deze denkrichtingen wel woningen en andere opstallen zijn die geamoveerd moeten worden om ruimte te maken voor de maatregelen. De kosten van het opkopen en amoveren van deze woningen en andere opstallen zijn opgenomen bij de kosten van de betreffende maatregelen.

Bijlage D: Buitendijkse gebieden

D.1 Kostenraming rapport Beschermen

Bij het voorzetten van de huidige VKS, met een afsluitbaar-open Rijnmaasmonding, staan bij 5 meter zeespiegelstijging in 2200 de buitendijkse gebieden in de Rijnmaasmonding permanent onder water, tenzij er maatregelen genomen worden.

In het rapport voor Beschermen zijn de kosten van de benodigde maaiveldverhoging en het bouwen/verhogen van kademuuren geraamd om de woningen en industrie bij deze stijgende waterstanden te beschermen. Daarbij is een onderscheid gemaakt in buitengaats (Rotterdam; Maasvlakte) en binnengaats (Rotterdam, Dordrecht, Alblasserdam en Moerdijk). De volgende tabel vat de kosten zoals die geraamd zijn in het rapport over Beschermen, samen.

Tabel D1: Kosten voor buitendijkse gebieden volgens het rapport Beschermen, 2050-2200 (€ miljard)

	A1	A2	B1	B2
Buitengaats				
- Industrie	9,5	9,5	9,5	9,5
Binnengaats				
- Woningen	0	0,7	0,8	0
- Industrie	0	5,2	5,7	1,1
Totaal	9,5	15,5	16,0	10,5

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'.

De geraamde kosten zijn exclusief de kosten voor opkoop/sloop/herbouw van de in deze gebieden aanwezige woningen, bedrijven en infrastructuur. Om hier een inschatting van te maken, hebben we op een globale wijze een opslagfactor voor de bovenstaande kosten afgeleid. Uitgangspunt hierbij zijn de kosten voor B1 (afsluitbaar open); de kosten voor deze variant zouden ook bij het voortzetten van de huidige VKS gemaakt moeten worden als deze gebieden behouden dienen te worden.

D.2 Woningen

In bovenstaande buitendijkse gebieden staan 32 duizend woningen, waarvan 12 duizend eengezins- en laagbouwwoonings, 7 duizend middenbouwwoonings en 15 duizend hoogbouwwoonings. Een bovengrens schatting van de kosten gaat er van uit dat al deze woningen gesloopt en later herbouwd moeten worden. Bij een gemiddelde waarde van € 0,4 miljoen per woning (conform de uitgangspunten zoals die gehanteerd zijn in Meebewegen) betekent dit een totaalbedrag van 32 duizend × € 0,4 miljoen is € 13 miljard. In de praktijk zullen de gemiddelde kosten per woning lager kunnen liggen (zeker als het ophogen gelijk plaatsvindt met noodzakelijke stadsvernieuwing) en zijn er bij midden- en hoogbouwwoonings wellicht ook andere, goedkopere oplossingen mogelijk (zoals het opgeven van de eerste verdieping). Tegen deze achtergrond lijkt op zijn minst een halvering van dit bedrag redelijk tot ca. € 6 miljard. De extra kosten voor sloop en herbouw van woningen zijn dan een factor 8 van die in Tabel D1. Vanwege het grove karakter van de analyse, is dit afgerond tot een factor 10.

D.3 Industrie en bedrijven

Een bovengrens van de schatting van de kosten van sloop en herbouw van bedrijfsgebouwen en industrie is gebaseerd op de (netto) waarde⁴⁴ van de onroerende kapitaalgoederenvoorraad

⁴⁴ In de omvang van de netto waarde van de kapitaalgoederenvoorraad is rekening gehouden met afschrijvingen; zij is lager dan de nieuwwaarde.

(exclusief woningen) zoals die is afgeleid in het kostenrapport voor Meebewegen. Voor heel Nederland bedraagt deze waarde een kleine € 1.300 miljard, waarvan ca. € 500 miljard voor bedrijfsgebouwen, € 200 miljard voor machines en installaties en ruim € 500 miljard voor GWW.⁴⁵ Volgens de CBS kaart van het Bodemgebruik is er in Nederland 95.000 ha bedrijventerrein, waarvan 8.000 ha (8%) buitendijks ligt in de Rotterdamse havens. De (netto) waarde van de kapitaalgoederenvoorraad in de buitendijkse gebieden schatten wij derhalve in op 8 procent van € 700 miljard (bedrijfsgebouwen, machines en installaties) of wel zo'n € 50 miljard. Net als bij woningen geldt dat de werkelijke kosten voor sloop en herbouw lager kunnen liggen door de ophoging van het maaiveld tegelijkertijd te laten plaatsvinden met de herstructurering (of heruitgifte) van deze gebieden; vanwege de kortere economische levensduur van bedrijfsgebouwen, machines en installaties is dat relatief eenvoudiger dan bij woningen. Daarom gaan we uit van een derde van dit bedrag (€ 15 miljard). De extra kosten voor sloop en herbouw van industrie zijn dan 1,5 keer de kosten zoals die vermeld staan in Tabel D1 voor B2.

D.3 Totale kosten

Tabel D1 geeft de totale kosten voor buitendijkse gebieden op basis van bovenstaande gegevens en uitgangspunten. In Beschermen A1 en B2, Meegroeien Alt1 en Zeewaarts vallen de kosten aanzienlijk lager uit (circa 50%) dan bij het voorzetten van de huidige VKS.

Tabel D1: Totale kosten 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt1 ⁷⁾	Alt2	TmB100	
Buitengaats:									
- Ophogen e/o kades ¹⁾	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
- Opstallen ²⁾	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3
Totaal buitengaats	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Binnengaats:									
<i>Woningen</i>									
- Ophogen e/o kades ³⁾	0,8	-	0,7	0,8	-	-	0,8	0,8	-
- Herbouw woningen ⁴⁾	8	-	7	8	-	-	8	8	-
<i>Industrie</i>									
- Ophogen e/o kades ⁵⁾	5,7	-	5,2	5,7	1,1	1,1	5,7	5,7	-
- Opstallen ⁶⁾	8,6	-	7,8	8,6	1,7	1,7	8,6	8,6	-
Totaal binnengaats	23	-	21	23	3	3	23	23	-
TOTAAL GENERAAL	47	24	44	47	27	27	47	47	24

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- 1) Rapport Beschermen
- 2) Kosten gelijk aan 1,5 × de kosten van het ophogen e/o kades
- 3) Rapport Beschermen
- 4) Kosten gelijk aan 10 × de kosten de kosten van het ophogen e/o kades
- 5) Rapport Beschermen
- 6) Kosten gelijk aan 1,5 × de kosten van het ophogen e/o kades
- 7) Kosten gelijk verondersteld aan B2 (Deltapolder).

⁴⁵ Zie Kind e.a. (2025), Tabel E-1.

Link met de Monte Carlo-analyse

De getallen van uit deze Bijlage zijn gecombineerd met eenvoudige aannames over fasering (Bijlage I) en met expert schattingen van bandbreedtes rondom de getallen en verwerkt in een Monte Carlo-analyse (zie Bijlage J). Op basis daarvan zijn de verwachte, minimale en maximale waarden bepaald die ook in de hoofdtekst zijn opgenomen. De getallen uit deze Bijlage kunnen daardoor niet één-op-één gelinkt worden met de getallen in de figuren uit de hoofdtekst.

Literatuur

Zie de literatuurlijst bij de hoofdtekst; er zijn in deze bijlage geen aanvullende bronnen gebruikt.

Bijlage E: Overstromingsrisico binnendijs

E.1 Twee benaderingen

Het overstromingsrisico als gevolg van het falen van een primaire waterkering wordt uitgedrukt als de jaarlijks verwachte overstromingsschade. De jaarlijks verwachte schade kan op verschillende manieren ingeschat worden:

- **Zonder systeemwerking (en noodmaatregelen).** Hierbij wordt aangenomen dat alle kansen op een overstroming van alle dijktrajecten (of normtrajecten) onafhankelijk zijn, waardoor de risico's per traject kunnen worden opgeteld. De som van het risico van alle trajecten is dan het risico in Nederland. Deze aanpak is gevolgd in de Waterveiligheidsmonitor (De Bruijn et al. 2026) en bij de inschatting van het overstromingsrisico in de studie naar de kosten van Meebewegen (Kind e.a., 2025)⁴⁶. Deze benadering leidt tot een **bovengrens** van het overstromingsrisico.
- **Met systeemwerking**, waarin rekening gehouden wordt met de afhankelijkheid van de overstromingskansen van normtrajecten door systeemwerking (ontlasting). In de methode 'Breach' is hiervoor een aanpak beschikbaar waarmee het effect op de faalkans kan worden geschat (zie Kolen en Nicolai, 2025). In deze methode wordt ook rekening gehouden met het effect van noodmaatregelen (zoals zandzakken en het leggen van geotextiel), en het feit dat waterkeringen in de huidige praktijk ontworpen worden met modellen die (nog) niet het gehele faalproces beschrijven. Deze benadering leidt volgens huidige inzichten tot een **realistischere** inschatting van het overstromingsrisico.

Het orde grootte verschil tussen deze twee benadering voor de jaarlijks verwachte schade in Nederland is geschat op een factor tien (Kolen, 2025). Deze schatting is gebaseerd op een vergelijking met VNK2 en de resultaten van de MKBA zoals gebruikt in de normering.

In het kostenrapport voor Meebewegen (Kind e.a., 2025) is het overstromingsrisico voor de huidige VKS en voor verschillende varianten van Meebewegen globaal uitgewerkt op basis van deze bovengrensbenadering. Voor de studie naar Meebewegen was dat verdedigbaar omdat in de varianten van Meebewegen met beschermen het overstromingsrisico niet significant zou veranderen, en bij de varianten van Meebewegen zonder beschermen het risico extreem zou stijgen omdat de frequentie van overstromingen zeer hoog zou worden.

In deze studie naar de kosten en effecten van de verschillende denkrichtingen kunnen de verschillende systeemkeuzes en maatregelen bij waterkeringen (zoals meegroeiende landschappen) de overstromingsgevolgen verkleinen. Om de omvang van het overstromingsrisico goed te kunnen vergelijken met de andere kosten zijn de risico's ingeschat op basis van een meer realistische schatting door deze te reduceren met een factor tien.

E.2 Huidige VKS

Het overstromingsrisico bij het voortzetten van de huidige VKS is reeds uitgewerkt in de studie naar Meebewegen (Kind e.a., 2025). In de berekeningen in Meebewegen is er rekening mee gehouden dat de (wettelijke) normen voor de keringen onveranderd blijven, terwijl de omvang van de schade toeneemt door zeespiegelstijging (wat leidt tot een toename van de overstromingsdieptes) en door economische groei. De resultaten zijn opgenomen in Tabel E1, waarin de correctie met een factor tien is verwerkt.

⁴⁶ Een meer realistische inschatting van het risico verandert overigens de conclusies uit die studie niet door de enorme toename van de faalkans als waterkeringen niet meer worden versterkt bij een stijgende zeespiegel.

E.3 Meebewegen

In de uitgewerkte variant TmB100 van Meebewegen blijft het overstromingsrisico voor de Randstad gelijk aan het overstromingsrisico voor de Randstad in de huidige VKS. Uit de overige gebieden in laag Nederland wordt geleidelijk in de periode 2050-2150 teruggetrokken, zodat hier vanaf 2150 geen schade meer ontstaat door overstromingen. Het totale overstromingsrisico over de periode 2050-2100 is berekend op € 100 miljard volgens de bovengrensbepaling, na correctie dus € 10 miljard.

E.4 Beschermen, Meegroeien en Zeewaarts

In de rapporten voor Beschermen, Meegroeien en Zeewaarts is het overstromingsrisico niet berekend. Deze denkrichtingen kunnen lokaal leiden tot hogere of juist lagere waterstanden dan de huidige VKS en daarmee tot grotere of juist kleinere gevolgen van overstromingen vergeleken met de huidige VKS. Hiervoor zijn de volgende grove inschatting gedaan:

- Opzet IJsselmeer in A1, A2, B1 en B2. Het peil in het IJsselmeer kan voor het vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid 1 meter worden opgezet ten opzichte van de huidige VKS. Verondersteld is dat hierdoor de gevolgen met 25% toenemen in geval van een dijkdoorbraak voor de trajecten die grenzen aan het IJsselmeer, Markermeer en de Randmeren tot aan Kampen.
- Door het afsluiten van de RMM en de ZWD waarbij het huidige waterpeil wordt nagestreefd, is de waterstand in extreme situaties vergelijkbaar of lager dan nu het geval is. De gevolgen zijn ingeschat op 25% van de omvang van schade bij het voortzetten van de huidige VKS.
 - o Voor de variant A1 van Beschermen en voor Zeewaarts gaat het om alle dijktrajecten tussen de stormvloedkeringen en (inclusief) Dordrecht en de Westzijde van de Alblasserwaard, de keringen langs het Haringvliet, Hollands Diep, De Grevelingen, VZM en Oosterschelde.
 - o Voor de Deltapolder (B2, Alt 1) gaat het om de dijktrajecten tussen de Maeslantkering, Het Spui, De Merwede en Dordtse Kil.
- Door het aanpassen van de afvoerverdeling van de Rijn (B2 en Alt 1) wordt er meer water over de Waal gestuurd, en minder via de IJssel en Lek. Langs de Waal neemt de schade met 50% toe, langs de Lek en IJssel resteert 75% van de schade zoals voorzien in de VKS.
- De meegroeilandschappen in Meegroeien (Alt 1) reduceren de instroom aanzienlijk, en dus de schade. De schade kan worden gereduceerd tot 5% vergeleken met de referentie. Meegroeilandschappen zijn voorzien bij alle harde waterkeringen langs de Waddenzee en Eems-Dollard in dijkkring 6, en in de estuaria achter de stormvloedkeringen in de Zuidwestelijke Delta (Oosterschelde, Grevelingen, VZM), Haringvliet en Hollands Diep en Oosterschelde.

Tabel E1 en E2 geven de totale verwachte schade (2050-2200) (Tabel E1) en de contante waarde van de verwachte schade (Tabel E2) weer. Deze is verreweg het laagst in Meebewegen; in de andere oplossingsrichtingen zijn vrijwel gelijk.

Tabel E1: Totale verwachte schade, 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Overstromingsrisico	70	63	74	74	69	56	70	10	60

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

De contante waarde van het overstromingsrisico is in het rapport Meebewegen berekend op € 82 miljard voor de VKS en € 29 voor Meebewegen. Na correctie met een factor tien gaat het om bedragen van € 8 miljard respectievelijk € 0,3 miljard. De contante waarde van het overstromingsrisico voor de overige denkrichtingen is op een evenredige wijze geschaald; zie Tabel E2.

Tabel E2: Contante waarde verwachte schade (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Overstromingsrisico	8	7	8	8	8	6	8	0,3	7

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Link met de Monte Carlo-analyse

De getallen van uit deze Bijlage zijn gecombineerd met eenvoudige aannames over fasering (Bijlage I) en met expert schattingen van bandbreedtes rondom de getallen en verwerkt in een Monte Carlo-analyse (zie Bijlage J). Op basis daarvan zijn de verwachte, minimale en maximale waarden bepaald die ook in de hoofdtekst zijn opgenomen. De getallen uit deze Bijlage kunnen daardoor niet één-op-één gelinkt worden met de getallen in de figuren uit de hoofdtekst.

Literatuur

In deze bijlage zijn de volgende bronnen gebruikt (in aanvulling op de literatuurlijst bij de hoofdtekst):

Bruijn, K. de, B. Maas, B. en D. Stouten, D. (2026) Actualisatie van de waterveiligheidsmonitor. Deltares.

Kolen, B. (2025). Verzekerd van klimaatrisico's. Inaugurele rede Universiteit van Amsterdam.

<https://pure.uva.nl/ws/files/263214452/Oratietekst.pdf>

Bijlage F: Schade door verzilting

F.1 Omvang van het tekort aan zoetwater

Verzilting leidt tot een tekort aan zoetwater. In zowel het rapport voor Meegroeien als Beschermen is de omvang van het zoetwatertekort in een T=20 jaar door middel van een globale inschatting van de waterbalans geraamd voor een periode van 90 dagen.

Deze twee waterbalansen zijn onderling niet consistent, omdat zij tot verschillende ramingen leiden van het zoetwatertekort voor de huidige VKS in het jaar 2100 en 2200. In het kader van de kostenvergelijking zijn de raming van het zoetwatertekort (door de bij de oorspronkelijke waterbalansen betrokken deskundigen) onderling consistent gemaakt en aangevuld voor de denkrichting Zeewaarts. Zie onderstaande Tabel F1. De zoetwatertekorten zijn veruit het grootst bij het voortzetten van de huidige VKS, bij Beschermen B1 en Meegroeien Alt2 (in het jaar 2200 ca. 2.000 m³/s) en het kleinst in Beschermen A1 en A2 (in het jaar 2200 300 à 400 m³/s).

Tabel F1: Inschatting van het zoetwatertekort, in m³/s; over een periode van 90 dagen

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Rapport Meegroeien ¹⁾									
Jaar 2100	600					0	400		
Jaar 2200	2.300					1.100	2.100		
Rapport Beschermen ²⁾									
Jaar 2100	1.000	0	0	700	0				
Jaar 2200	3.100	400	100	2.800	900				
Update (dit Rapport) ³⁾									
Jaar 2100	600	0	0	400	0	0	400	NB ⁴⁾	0
Jaar 2200	2.300	400	300	2.000	900	1.100	2.100	NB ⁴⁾	600

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- 1) Zie Rapport Meegroeien
- 2) Zie Rapport Beschermen
- 3) Zie Appendix F.1 (aan het einde van deze bijlage)
- 4) Niet beschikbaar. De effecten van verzilting/zoetwatertekort voor Meebewegen zijn op een andere wijze geraamd (zie later in de tekst).

In de rapporten die in het Kennisprogramma zijn opgesteld, zijn de economische effecten van deze zoetwatertekorten niet geraamd. In het vervolg van deze bijlage worden deze geraamd voor de landbouw en voor de drinkwatersector.

F.2 Landbouw: twee methoden

We hebben de bandbreedte voor schade als gevolg van zoetwatertekort (zoals ook opgenomen in Bijlage J) voor de landbouw op twee verschillende manieren ingeschat:

1. methode afgeleid uit de resultaten van het Deltaprogramma Zoetwater (DPZW) voor het bepalen van de schade voor de landbouw (paragraaf F.3); en

2. methode op basis van zouttolerantie van gewassen en toename zoutvrucht in grondsoort (paragraaf F.4).

F.3 Methode 1: op basis van resultaten DPZW

In deze methode wordt de landbouwschade geraamd op basis van de landbouwschade zoals die geraamd is voor een T=20 jaar voor het Deltascenario Stoom en voor het jaar 2085 in het kader van DPZW (Pouwels e.a., 2026). Voor Nederland exclusief de Hoge Zandgronden zonder aanvoer en exclusief Zuid-Limburg (dit zijn gebieden waar de denkrichtingen weinig of geen effect hebben) is deze schade geraamd op ongeveer € 1,2 miljard. Uitgaande van een tekort van ca. 600 m³/s (voor een T=20 jaar in 2100, zie bovenstaande Tabel F1) komt dat overeen met € 2 miljoen per m³/s tekort.⁴⁷

In het jaar 2200 neemt bij het voortzetten van de huidige VKS het tekort in een T=20 jaar toe tot 2.300 m³/s. Op basis van een aangenomen lineaire relatie (anders gezegd, op basis van een vast kengetal per m³) kan de landbouwschade voor deze situatie dan worden ingeschat op orde $2.300/600 \times € 1,2$ miljard = € 4,6 miljard.

Uit het rapport van Pouwels e.a. (2026, en de separaat ontvangen Excel bestanden met kentallen) kan tevens worden afgeleid dat de gemiddelde jaarlijkse verwachte schade gelijk is aan ca. 0,27 × de schade bij een T=20 jaar. Dan is de jaarlijkse verwachtingswaarde van de landbouwschade in 2200 bij het voortzetten van de huidige VKS dus gelijk aan zo'n € 1,2 miljard.⁴⁸

Op dezelfde wijze is voor de verschillende watertekorten die ontstaat met de denkrichtingen de totale schade over de periode 2050-2200 geraamd, zie Tabel F2. De op deze wijze berekende landbouwschade is het grootst bij Meebewegen en het voortzetten van de huidige VKS, en het kleinst bij Beschermen A1 en A2.

Tabel F2: Totale landbouwschade door zoetwatertekort, 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Landbouwschade ¹⁾	95	11	8	76	27	30	78	117 ²⁾	16

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- ¹⁾ De totale schade is berekend als $50 \times \text{Schade}_{2100} + (100 \times (\text{Schade}_{2100} + \text{Schade}_{2200})/2)$ (uitgezonderd Meebewegen).
- ²⁾ De schade in Meebewegen is berekend als het verlies van de waarde van landbouwgrond van 1,3 miljoen hectare × € 90 duizend per ha. De waarderingsgrondslag wijkt bij Meebewegen af van die van de gehanteerde waarderingsgrondslag van de andere denkrichtingen; hiermee dient rekening gehouden te worden bij het vergelijken van deze post tussen de denkrichtingen onderling.

Opgemerkt wordt dat de kengetallen uit het rapport van Pouwels niet voor de extreme situaties zoals die meegenomen worden in het KPZSS, bedoeld zijn. In de kengetallen is de mogelijkheid van

⁴⁷ Ter oriëntatie: een tekort van 1 m³/s over een periode van 90 dagen is gelijk aan een totaal volume van 7,8 Mm³. De schade is dan € 2 miljoen/7,8 Mm³ ofwel € 0,26 per m³. Dat zit in de range van de kengetallen zoals afgeleid door Deltares voor berekening uit oppervlaktewater (Pouwels e.a., 2026).

⁴⁸ Ter oriëntatie: de netto toegevoegde waarde van de gehele Nederlandse landbouw in 2025 bedraagt zo'n € 10 miljard.

adaptatie (aan minder of zouter water) niet meegenomen. Daarom is ook een alternatieve aanpak voor het inschatten van de effecten van zoetwatertekort gevolgd.

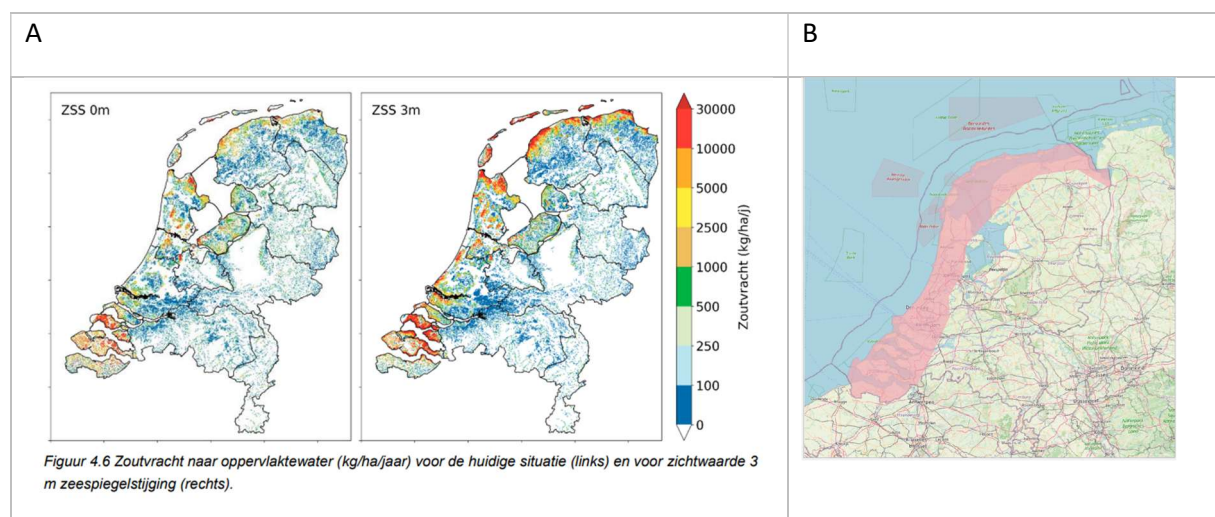
F.4 Methode 2: op basis van zouttolerantie van gewassen

De tweede methode is uitgewerkt vanuit de gedachte dat er niet voorkomen kan worden dat een deel van Nederland in de kustprovincies verzilt en dat als gevolg daarvan aanpassingen aan dergelijke omstandigheden in de gewassen in de landbouwsector onvermijdelijk zijn. De methode bestaat uit drie stappen:

- Stap 1: Het toekennen van zouttolerantieclassen aan gewastypen en het inschatten van de schade uitgaande voor de situatie dat deze gewassen niet meer mogelijk zijn door verzilting als gevolg van zeespiegelstijging.
- Stap 2: Het bepalen van een omslagpunt vanaf wanneer bepaalde gewastypen niet meer mogelijk zijn. Dit is het moment waarbij het chloride gehalte van zoute kwel de kritische waarde voor een gewas overstijgt, en waarbij doorspoeling niet meer mogelijk is.
- Stap 3: Het schatten van de schade bij de verschillende denkrichtingen.

F4.1 Gewastypen, zouttolerantieclassen en schade

Op basis van de inschatting van het verschil in zoutvracht bij 0 en 3 m ZSS in de rapportage van Deltares (2022) is een verziltingszone ingeschat (zie *Figuur F1*). Voor deze zone is het landgebruik geïnventariseerd, op basis van het Landelijk Hydrologisch Model 3.4 (LHM 3.4). De verziltingszone heeft een omvang van ca 930 duizend ha; 60% hiervan bestaat uit landbouwgebied, 21% uit bebouwd gebied, 12% natuur, 7% water en 1% glastuinbouw. De categorie landbouw is gespecificeerd naar het type gewas (ook op basis van LHM34). Dit type gewas is vervolgens geclusterd in 3 categorieën aan de hand van de gevoeligheid voor zout: gevoelig, matig tolerant of tolerant (zie Tabel in appendix F2). Hiervoor is gebruik gemaakt van *Figuur 17* uit Stuyt et al., (2016)⁴⁹. Het areaal landbouwgrond wordt voor 64% gebruikt voor zouttolerante gewastypen, 32% matig tolerante gewastypen en 3% voor gewastypen die gevoelig zijn voor zout.



Figuur F1: A) *Figuur 4.6* uit Deltares (2022). Op basis van het verschil in zoutvracht is in B) het gebied waar verzilting plaats vindt ingeschat.

⁴⁹ <https://edepot.wur.nl/391931>

Voor de schadebepaling is ervan uitgegaan dat het areaal land dat gebruikt wordt door de landbouw, gehandhaafd blijft. Als door verzilting gevoelige gewassoorten niet meer mogelijk zijn, wordt overgegaan op een matig tolerant gewastype. Als de verzilting dusdanig is dat ook deze niet meer mogelijk zijn, wordt overgestapt op een relatief zouttolerant gewas.

De schade is gebaseerd op het verschil in 'surplus' (de gewasopbrengst minus alle kosten inclusief de kosten voor eigen arbeid). Per soort gewas is een surplus bepaald (zie Tabel in appendix F2). Voor de meeste gewassen zijn dit globale inschattingen op basis van KWIN-AGV 2025⁵⁰. Het past niet binnen de opdracht om gedetailleerde uitwerking hiervan te doen. Niet voor alle gewassen zijn gegevens beschikbaar. De uitwerking is dus indicatief. Arbeid is gewaardeerd tegen € 50,- per uur (in lijn met KWIN-AGV en CBS). Voor Fruit, Boomteelt en Bollen zijn globale inschattingen gedaan op basis van Agrimatie⁵¹.

Bij continuering van het huidig landgebruik en onder veronderstelling dat er geen schade door verzilting zou optreden, zou het surplus in de periode 2050-2200 in totaal zo'n € 47 miljard zijn (€ 0,3 miljard per jaar; zie Tabel F3).

Tabel F3: Surplus voor de landbouw per zouttolerantie klasse, bij continuering huidig landgebruik, zonder effect van verzilting.

Gewastype	Oppervlakte [x1000 ha]	Aandeel Oppervlakte [%]	Surplus [Mln €/jaar]	Surplus 2050-2200 [Mld €]
Tolerant	358	64	36	5
Matig tolerant	180	32	129	20
Gevoelig	19	3	148	22
Totaal	557	100	313	47

F4.2 Inschatten van omslagpunt

Het inschatten van het 'omslagpunt' (het moment tot wanneer een gewastolerantieklasse niet meer verbouwd kan worden) wordt bepaald door de combinatie van:

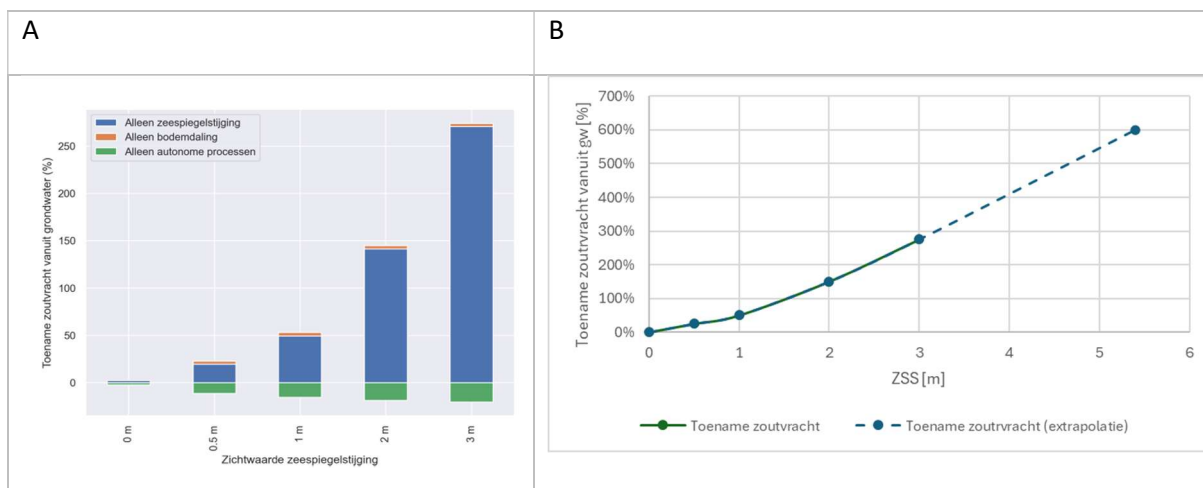
- het moment waarop door toename van verzilting de zoutvrucht in de bodem een drempel overschrijdt en
- er onvoldoende water is om door te spoelen.

Voor de toename van de verzilting gebruiken we de toename in zoutvrucht bij verschillende zeespiegelstijgingen (Deltares, 2022 en Figuur F2). Bij deze schatting is nog geen rekening gehouden met doorspoeling. In het gebied van verzilting (Figuur F1) heeft ± 83% van het landbouwgebied ondergrond van zeeklei, 10% ondergrond van zand en 7% ondergrond van veen. (gebaseerd op de indeling grondsoorten van de Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK2020, Zie Figuur F3 en Tabel F4). De tolerante en matig tolerante gewassen worden voornamelijk op zeeklei geteeld. De gevoelige gewassen zijn redelijk gelijk verdeeld over de verschillende bodemsoorten (Zie Tabel F4). Het huidige chloride gehalte in de bodem voor de grondsoorten veen, duinzand en zeeklei in de huidige situatie baseren we op gegevens van het RIVM⁵² (Figuur F3). Door de toename van zoutvrucht door verzilting te combineren met het huidige chloridegehalte in de bodem, schatten we het chloridegehalte bij de verschillende zeespiegelstijgingen in voor de ondergrond van klei, zand en veen.

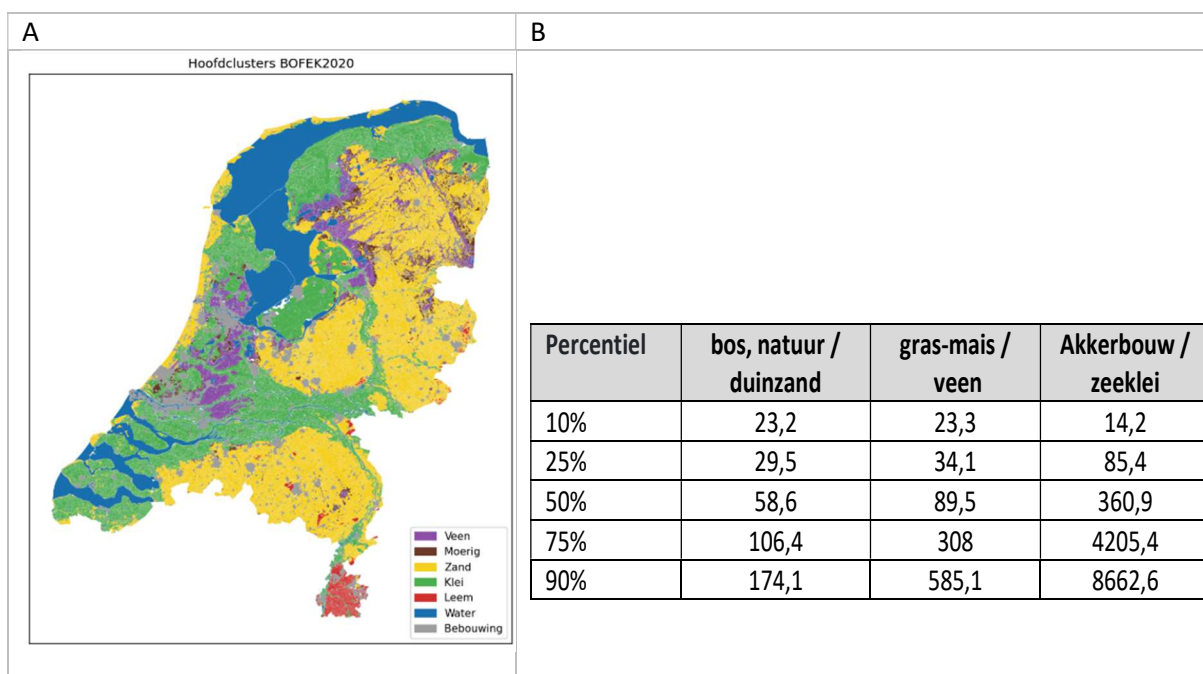
⁵⁰ KWIN-AGV: Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegroenteteelt.

⁵¹ <https://agrimatie.nl/>

⁵² Spreiding van de mediane chlorideconcentratie per gebied in het ondiepe grondwater, homogene gebieden, 2015-2018 (Figuur 3 en Tabel 5).
https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-grondwaterkwaliteit/rapporten/rapportage_2015_2018/chloride



Figuur F2: A) *Figuur 4.9 uit Deltares (2022): Verandering in de totale zoutvracht over Nederland ten opzichte van huidige situatie (Mton/j) per zichtwaarde van de zeespiegelstijging.* B) *Extrapolatie van toename zoutvracht naar zeespiegelstijging van 5,4 m.*



Figuur F3: A) *Bodemsoorten in Nederland op basis van de Bodemfysische Eenhedenkaart 2020⁵³* B) *Statistische gegevens spreiding van de mediane chlorideconcentratie (mg/l) in het ondiepe grondwater, homogene gebieden, 2015-2018⁵⁴*

⁵³ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek/producten-diensten/bodemfysische-eeenhedenkaart-bofek2020>

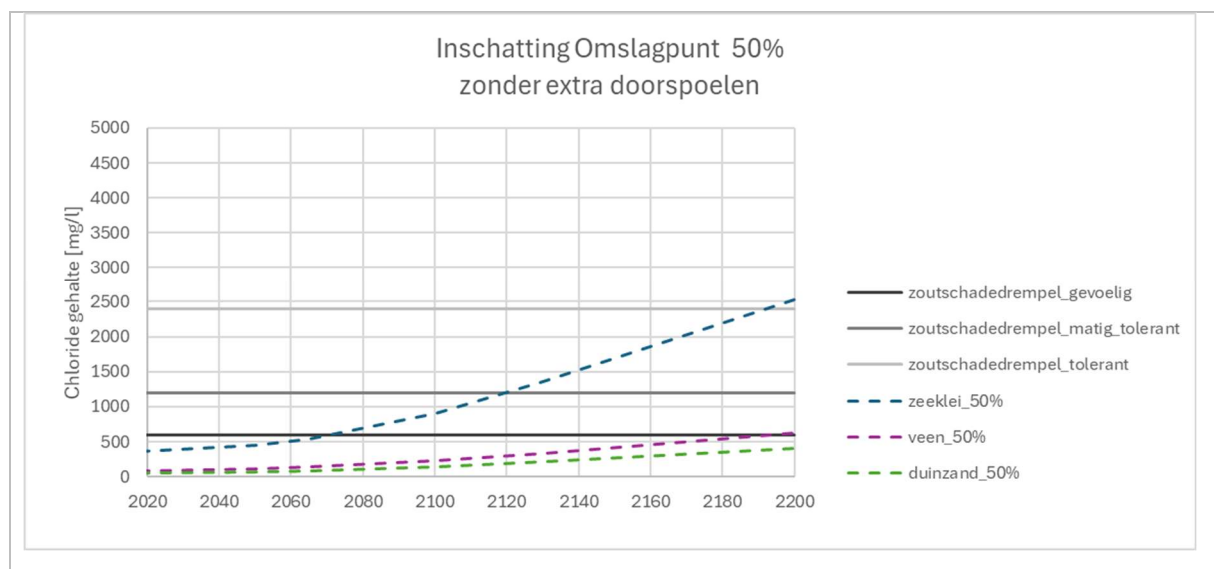
⁵⁴ [Chloride - toestand 2015-2018 | RIVM](https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-grondwaterkwaliteit/rapporten/rapportage_2015_2018/chloride) https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-grondwaterkwaliteit/rapporten/rapportage_2015_2018/chloride [Chloride - toestand 2015-2018 | RIVM](https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-grondwaterkwaliteit/rapporten/rapportage_2015_2018/chloride) https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-grondwaterkwaliteit/rapporten/rapportage_2015_2018/chloride

Tabel F4: Verdeling van gewastolerantieklasse per grondsoort in gebied met effect verzilting

	Oppervlakte [x1000 ha]	Aandeel veen [%]	Aandeel zeeklei [%]	aandeel zand [%]
Tolerant	358	8	85	8
Matig tolerant	180	0	91	9
Gevoelig	19	26	34	41
Totaal	557	7	83	10

Op basis van de tijdlijn van het scenario van een zeespiegelstijging van 5,4 m in 2200 koppelen we de toename van zoutvrucht door zeespiegelstijging aan een jaartal voor de bodemsoorten van veen, zeeklei en duinzand. Het snijpunt van het chloridegehalte per bodemsoort met zouttolerantiedrempels per gewastolerantieklasse geeft een inschatting van het moment waarop een gewastolerantieklasse niet meer verbouwd kan worden (zie Figuur F4 en Tabel F5). De zouttolerantiedrempels voor de gewastypen tolerant, matig tolerant en gevoelig zijn gebaseerd op de Deltafact zouttolerantie van teelten van STOWA.⁵⁵

Figuur F4 en Tabel F5 laten zien dat op zeeklei eerder een omslagpunt wordt bereikt dan in de bodemsoorten duinzand en veen. De waarden die worden afgeleid uit Figuur F4 en weergegeven in Tabel F5 zijn waarden waarbij nog geen rekening is gehouden met doorspoelen ten behoeve van de landbouw. Als er niet extra wordt doorgespoeld is, op basis van deze methode, de inschatting dat in de zeekleigebieden vanaf 2070 de gevoelige gewassoorten niet meer verbouwd kunnen worden en vanaf 2120 ook de matig tolerante gewassen niet meer.



Figuur F4: *Inschatting omslagpunt, zonder extra doorspoelen, voor gewastolerantieklasse op basis van 50% Chloridegehalte (Zie Figuur F3) in ondiepe grondwater (< 10m) voor 3 bodemsoorten (RIVM).*

Tabel F5: Omslagpunt per gewastolerantieklasse, zonder doorspoelen, op basis van 50% chloridegehalte (Figuur F3). Omslagpunt is afgeleid uit Figuur F4

Perctiel	Tolerant	Matig tolerant	Gevoelig
bos, natuur/duinzand	>2200	>2200	2200
gras-mais/veen	2200	2120	2070
akkerbouw/zeeklei	>2200	>2200	2200

⁵⁵ <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/verzilting/zouttolerantie-van-teelten>

Het moment van het bereiken van het omslagpunt wordt door doorspoelen “uitgesteld”. We veronderstellen dat zolang er doorgespoeld kan worden er geen omslagpunt wordt bereikt, de huidige chloride gehalten blijven gelijk. Vanaf het moment dat niet meer doorgespoeld kan worden, veronderstellen we dat de verzilting onomkeerbaar is en wordt de toename van verzilting bepaald door de zeespiegelstijging (zie Figuur F1).

Het moment tot wanneer doorspoelen nog mogelijk is, is per denkrichting ingeschat op basis van de waterschikbaarheid in de waterbalans voor een 1/20 droog jaar over een 90-daagse periode (zie Tabel F6). Tabel F10 geeft alleen de waarden voor de bodemsoort zeeklei. In de bodemsoorten van veen en duinzand wordt tot 2200 nog geen omslagpunt bereikt (zie Tabel F5).

Tabel F6: Inschatting omslagpunt voor doorspoelen en omslagpunt per gewastolerantieklasse voor bodemsoort zeeklei

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen TmB100	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2		
Update watertekort (dit Rapport) Tabel F1									
Jaar 2100	600	0	0	400	0	0	400	NB ¹⁾	0
Jaar 2200	2.300	400	300	2.000	900	1.100	2.100	NB ¹⁾	600
Omslagpunt									
Doorspoelen	2065	2155	2165	2075	2100	2100	2075	2065	2130
Omslagpunt zeeklei_50%									
Gewas - gevoelig	2080	2160	2170	2085	2110	2110	2085	2080	2140
Gewas – matig tolerant	2120	2170	2180	2120	2125	2125	2120	2120	2160
Gewas tolerant	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200

Beschermen: A1 - ‘gesloten, huidig binnenpeil’; A2 - ‘gesloten, meestijgend binnenpeil’; B1 - ‘afsluitbaar, huidige afvoerverdeling’; B2 - ‘afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling’; Meegroeien: Alt1 - ‘open delta met Deltapolder’; Alt2 - ‘open delta, NBS-stormvloedkeringen’.

Noten:

¹⁾ Niet beschikbaar. Aangenomen is dat voor denkrichting Meebewegen de waarden gelden van de voorkeursstrategie.

F4.3. Inschatting schade door verzilting bij de verschillende denkrichtingen binnen KPZSS.

Tabel F7 geeft de landbouwschade door verzilting. De schade is het verschil in surplus (opbrengst minus kosten) per denkrichting ten opzichte van de situatie zonder verzilting (Tabel F3). In de situatie zonder verzilting zou de opbrengst minus kosten in de landbouw € 47 miljard zijn over de periode 2050-2200. De totale schade door verzilting is dan over deze periode bij het voortzetten van de huidige VKS € 14 miljard; bij Beschermen A1 en A2 neemt zij af tot respectievelijk € 5 miljard en € 4 miljard.

Tabel F7: Schade door verzilting en surplus voor de landbouw in gebied met effect verzilting, 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Surplus landbouw	33	42	44	33	35	35	33	33	40
Schade door verzilting	14	5	4	14	12	12	14	14	7

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

F.5. Drinkwater

Voor de drinkwatersector zijn in het kostenrapport van Meebewegen de kosten van verzilting en het verloren gaan van het IJsselmeer als zoetwatervoorraad globaal ingeschat op € 20 miljard. Voor de andere denkrichtingen is geen schatting beschikbaar. Omdat het bedrag uit Meebewegen relatief (ten opzichte van de andere kosten en effecten) bescheiden is, is ervoor gekozen om een pragmatische inschatting te maken, waarbij de schade in Huidige VKS, B1 en Alt 2 (tekort van ca. 2.000 m³/s; zie Tabel F1) gelijk genomen zijn aan de helft van de kosten van Meebewegen, B2 en Alt 1 (tekort van ca. 1.000 m³/s) gelijk aan een kwart en A1, A2 en Zeewaarts gelijk aan een achtste (tekort van ca. 500 m³/s).

Tabel F3: Totale schade drinkwatersector door zoetwatertekort, 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Kosten verzilting	10	2,5	2,5	10	5	5	10	20	2,5

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Link met de Monte Carlo-analyse

De getallen van uit deze Bijlage zijn gecombineerd met eenvoudige aannames over fasering (Bijlage I) en met expert schattingen van bandbreedtes rondom de getallen en verwerkt in een Monte Carlo-analyse (zie Bijlage J). Op basis daarvan zijn de verwachte, minimale en maximale waarden bepaald die ook in de hoofdtekst zijn opgenomen. De getallen uit deze Bijlage kunnen daardoor niet één-op-één gelinkt worden met de getallen in de figuren uit de hoofdtekst.

Literatuur

In deze bijlage zijn de volgende bronnen gebruikt (in aanvulling op de literatuurlijst bij de hoofdtekst):

Deltares, 2022, Grondwaterverzilting en watervraag bij een stijgende zeespiegel Kennisprogramma Zeespiegelstijging, Spoor II, 11208039-009-BGS-0001, 18 mei 2022, Joost Delsman, Ilya America, Tobias Mulder, 91 blz.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/05/18/grondwaterverzilting-en-watervraag-bij-een-stijgende-zeespiegel>

Pouwels, Janneke e.a. (2026). Maatschappelijke effecten van droogte in een veranderd klimaat en afgeleide kengetallen voor maatschappelijke kosten-baten analyses. Deltares rapport 11211541-003-ZWS-0001.

https://publications.deltares.nl/11211541_003_0001.pdf

STOWA, deltafact zouttolerantie van teelten

<https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/verzilting/zouttolerantie-van-teelten>

Stuyt, L.C.P.M., M. Blom Zandstra en R.A.L. Kselik, Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens, Wageningen University & Research, oktober, 2016, Rapport 2739, 162 blz.
<https://edepot.wur.nl/391931>

Wageningen University & Research, 2025. KWIN-AGV. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt.

Appendix F.1: Inschatting Waterbalans 2100 en 2200 (tekort in T=20 jaar)

	Referentie		Beschermen								meegroeien				zeewaarts	
			A1		A2		B1		B2		Alt 1		Alt 2			
Jaar	2100	2200	2100	2200	2100	2200	2100	2200	2100	2200	2100	2200	2100	2200	2100	2200
															0	0
doorspoeling zoute kwel in regionale polders [m ³ /s]	150	1000	150	1000	150	1000	150	1000	150	1000	150	1000	150	1000	150	1000
doorspoeling boezemsystemen [m ³ /s]	60	100	60	100	30	0	60	100	60	100	39	-10	49	45	60	100
benodigde afvoer Rijn- Maasmonding voor doorspoeling [m ³ /s]	700	1100	100	150	100	150	700	1100	40	75	200	200	700	1100	100	150
benodigde afvoer overige systemen (als ARK/NZK, IJM, VZM, BBM) [m ³ /s]	240	385			240	385	240	385	225	335	390	535	390	535	0	0
overige functies:			0	0	0	0									0	0
- watergebruik industrie en drinkwater [m ³ /s]	24	33	24	33	24	33	24	33	24	33	24	33	24	33	24	33
- berekening landbouw [m ³ /s]	101	149	101	149	101	149	101	149	101	149	101	149	101	149	101	149
- regionaal peilbeheer [m ³ /s]	157	181	157	181	157	181	157	181	157	181	157	181	157	181	157	181
			0		0		0		0						0	0
Totale watervraag [m³/s]	1432	2948	592	1613	802	1898	1432	2948	757	1873	1061	2088	1571	3043	592	1613
Wateraanbod: 90-daags gemiddelde rivierafvoer [m³/s]	750	600	750	600	750	600	750	600	750	600	750	600	750	600	750	600
Buffercapaciteit IJsselmeer 20 cm	51	51	308	308	308	308	308	308	308	308	386	386	386	386	51	51
ZWD			257	257	257	643			20,6	20,6					386	386
Totaal wateraanbod [m³/s]	801	651	1315	1165	1315	1551	1058	908	1058	908	1136	986	1136	986	1187	1037
Tekort (m3/s)	-631	-2297		-448		-347	-374	-2040		-965		-1102	-435	-2057		-577

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Appendix F.2: Oppervlakte landbouwgewassen volgens LHM34 in gebied van verzilting en surplus per gewastype

Gewastype	Oppervlakte (x1000 ha0)	Aandeel Oppervlakte (%)	Opbrengst (€/ha)	Toegerekende kosten (€/ha)	Saldo (€/ha)	Arbeid (uur)	Arbeid (€)	Surplus (€/ha)
Tolerant								
Gras	254	45						100 ¹
Granen	104	19	1.800	1.200	600	10	500	100
Matig Tolerant								
Mais	25	4	2.100	1.500	600	10	500	100
Aardappelen	62	11	8.100	5.000	3.100	45	2.250	850
Bieten	31	6	4.000	2.300	1.700	15	750	950
Overige landbouwgewassen	55	10						700 ²
Boomgaard	0,2	0						700 ²
Fruittwekerijen	7	1	41.900	31.500	10.400	190	9.500	900
Gevoelig								
Bloemteelt	3	0	122.000	98.200	23.800	305	15.250	8.550
Bollen	17	3	45.900	33.900	12.000	90	4.500	7.500
Totaal	557	100						

¹⁾ Voor gras zijn geen gegevens beschikbaar. Zelfde waarde als voor granen is gebruikt.

²⁾ Voor boomgaard en overige gewassen zijn geen gegevens beschikbaar. Als rekenwaarde is de gemiddelde waarde van de surplus van de gewassen mais, aardappelen, bieten en fruittwekerijen gebruikt.

Bijlage G: Scheepvaart en havens

In de verschillende rapporten over de denkrichtingen zijn de effecten voor de scheepvaart en havens niet kwantitatief beschouwd. In deze bijlage gaan we in op de effecten van de denkrichtingen voor de scheepvaart en de havens van Rotterdam en Antwerpen en geven een inschatting van de effecten. De denkrichtingen verschillen niet ten aanzien van de toegankelijkheid van de Amsterdamse haven, deze is daarom buiten beschouwing gelaten. De overige zeehavens in Nederland zijn relatief klein; ook deze zijn buiten beschouwing gelaten.

G.1 Rotterdam

Ongeveer 28 duizend zeeschepen bezoeken jaarlijks de haven van Rotterdam.

Bij het voortzetten van de huidige VKS is er in de Systeemanalyse (Zethof & Stijnen, 2023) van uit gegaan dat bij 5 meter zeespiegelstijging de Europoortkering (dit is de combinatie van de Maeslantkering en Hartelkering) gemiddeld 160 keer per jaar sluit. Dit gebeurt bij een in het jaar 2200 verhoogd sluitpeil van 3 (huidig) + 2,5 = 5,5 meter NAP. Bij een gemiddelde verwachte stremmingsduur van 16,5 uur per sluiting (Kind, 2024) zou dat betekenen dat de Europoortkering circa 30 procent van de tijd⁵⁶ gesloten is. Dat vormt een ernstige belemmering voor een deel van de zeevaart van en naar de Rotterdamse haven.

Europoortkering. Jaarlijks passeren zo'n 40 duizend zeeschepen en 110 duizend binnenvaartschepen de Europoortkering. Op basis hiervan bedragen, per sluiting, de totale wachttijden voor de schepen zo'n 2.300 uur en de totale wachtkosten zo'n € 0,6 miljoen (Kind, 2024). Bij 160 sluitingen per jaar bedragen de totale wachtkosten dan zo'n € 100 miljoen per jaar. Wanneer er ook rekening gehouden wordt met het mogelijke verlies aan concurrentiepositie voor de haven en het havenbedrijfsleven (hetgeen sterk afhankelijk is van hoe concurrerende havens zullen omgaan met extreme zeespiegelstijging), dan kunnen deze kosten al snel (meer dan) verdubbelen, zeg tot € 200 miljoen per jaar (zie Kind, 2024). De contante waarde van deze effecten van € 100 tot 200 miljoen per jaar, is over een periode van 150 jaar ca. € 4 tot € 8 miljard in totaal. Omdat deze effecten in de loop der tijd zullen opbouwen tot het bedrag van ca. € 100 tot 200 miljoen per jaar, is dit wel een overschatting.

Haven buitengaats. Een alternatieve optie die ook overwogen kan worden, is om de haven 'naar buiten' (dat wil zeggen, voor de huidige of toekomstige Europoortkering) te verplaatsen. Hiervoor zou dan een gebied ter grootte van grofweg twee tot drie nieuwe 'tweede' Maasvlaktes nodig zijn. De kosten van de aanleg van de tweede Maasvlakte (ca. 2.000 ha), die geopend werd in 2013, bedroeg zo'n € 2,8 miljard. Geïndexeerd naar prijspeil 2025 (op basis van de GWW-index) zouden de kosten waarschijnlijk zo'n 50% hoger uitvallen, dus zo'n € 4,2 miljard. De kosten voor twee tot drie nieuwe Maasvlaktes zou dan al snel op een bedrag van orde van € 10 miljard komen. Dit is dan nog wel exclusief de kosten die gemaakt moeten worden om de bedrijven en infrastructuur in de haven 'te verhuizen'. Daartegenover staat het voordeel dat het buitengaats brengen van de haven tot het vrijkomen van grote (thans buitendijkse) gebieden in Rotterdam leidt die een andere bestemming zouden kunnen krijgen (herontwikkeling).

Sluizen in de Nieuwe Waterweg. Een derde mogelijkheid is om sluizen in de Nieuwe Waterweg aan te leggen. Uitgaande van een totale passagetijd van 1 uur bij een sluis zouden de extra reistijden voor de schepen zo'n 150 duizend uur per jaar beslaan. Bij gemiddelde wachtkosten van € 250,-- per uur⁵⁷ zijn de kosten dan € 37,5 miljoen per jaar; wanneer de effecten voor de haven en scheepvaart meegenomen worden, dan verdubbelt mogelijk dit bedrag tot € 75 miljoen per jaar. De contante

⁵⁶ $(160 \times 16,5) / (365 \times 24) = 30\%$.

⁵⁷ Zie Tabel 4-4 en 4-2 uit Kind (2024): € 575 duizend / 2.328 uur (gemiddelde voor zee- en binnenvaart).

waarde hiervan is € 1,7 tot 3,3 miljard. Hier komen dan nog wel de kosten van de sluisen bij (ca. € 2 miljard exclusief beheer en onderhoud, zie Bijlage A).

G.2 Antwerpen

Jaarlijks bezoeken ongeveer 20 duizend zeeschepen de haven van Antwerpen. Dit is ordegrrootte gelijk aan de 28 duizend bezoeken van zeeschepen aan de haven van Rotterdam. Aangenomen is dat de effecten voor de scheepvaart en haven van Antwerpen daarom in omvang gelijk zullen zijn aan die van Rotterdam.

G.3 Hoe nemen we scheepvaart en havens mee in de raming van kosten en effecten?

Voor Rotterdam nemen we de effecten voor scheepvaart en havens bij de opties afsluitbaar en de Deltapolder (met 3 binnenvaartsluisen) als een **stelpost** post mee van € 10 miljard.

- de voorziene situatie voor de haven van Rotterdam bij het voortzetten van de huidige VKS is niet plausibel; het aantal sluitingen van de EPK van 160 keer per jaar is te groot. Één van de andere alternatieven (sluisen en/of de haven buitengaats) ligt meer voor de hand dan de huidige VKS;
- de effecten bij de verschillende geschetste mogelijkheden ontlopen elkaar niet heel erg veel, en zijn absoluut gezien (in vergelijking met de andere kosten en effecten) ook niet heel erg groot (tot orde € 10 miljard voor Rotterdam).

Voor Antwerpen nemen we de effecten van Rotterdam over. Voor Amsterdam nemen we de effecten voor de scheepvaart en havens als een PM post mee; de denkrichtingen zijn hier niet wezenlijk onderscheidend.

Opgemerkt wordt dat in bovenstaande analyse is uitgegaan van het huidige aantal scheepspassages. Scenario's van het havenbedrijf Rotterdam laten voor 2050 zien dat dit in de toekomst kan afnemen (-5%) of toenemen (+20%) (Kind, 2024). Voor na 2050 zijn er geen scenario's beschikbaar. Op basis van de beschikbare toekomstscenario's vinden we de inschattingen op basis van de huidige aantallen, verdedigbaar.

Tabel G1 geeft de effecten voor de scheepvaart en havens weer. Bij Beschermen A1, A2 en B1 zijn deze tweemaal groter dan die voor de huidige VKS. Bij de overige denkrichtingen zijn deze gelijk aan de VKS.

Tabel G1: Effecten haven en scheepvaart 2050-2200 (€ miljard)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Mee-bewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Rotterdam	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Antwerpen	₋₁₎	10	10	10 ²⁾	₋₁₎	₋₁₎	₋₁₎	₋₁₎	₋₁₎
Amsterdam	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
Totaal	10	20	20	20	10	10	10	10	10

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noten:

- ¹⁾ In tegenstelling tot Rotterdam, zijn er bij een open haven in Antwerpen geen eventuele kosten voor het aanpassen van (buitendijkse) havengebieden in Antwerpen beschouwd.
- ²⁾ Afhankelijk van de sluitfrequentie; kosten zijn wellicht te hoog.

Link met de Monte Carlo-analyse

De getallen van uit deze Bijlage zijn gecombineerd met eenvoudige aannames over fasering (Bijlage I) en met expert schattingen van bandbreedtes rondom de getallen en verwerkt in een Monte Carlo-

analyse (zie Bijlage J). Op basis daarvan zijn de verwachte, minimale en maximale waarden bepaald die ook in de hoofdtekst zijn opgenomen. De getallen uit deze Bijlage kunnen daardoor niet één-op-één gelinkt worden met de getallen in de figuren uit de hoofdtekst.

Literatuur

In deze bijlage zijn de volgende bronnen gebruikt (in aanvulling op de literatuurlijst bij de hoofdtekst):

Kind, Jarl (2024). Kosten sluiten Maeslantkering voor de haven en scheepvaart. Definitief, 30 september 2024.
<https://www.deltaprogramma.nl/documenten/2024/12/4/kosten-sluiten-maeslantkering-voor-de-haven-en-scheepvaart>

Bijlage H: Natuur

H1. Inleiding

Zowel als gevolg van de zeespiegelstijging als door de voorgestelde maatregelen in de denkrichtingen gaat de natuur tot 2200 veranderen. Bij een zeespiegelstijging van 5 meter zal zonder maatregelen veel (getijde-)natuur verdwijnen. Maar niet alleen de totale arealen veranderen: de maatregelen die worden voorgesteld in de vijf denkrichtingen hebben ook effect op de omvang en de kenmerken van de natuur. Maatregelen kunnen ervoor zorgen dat natuur niet “verdrinkt”; maar ze kunnen ook het getij tenietdoen of die juist introduceren, of het waterlichaam van zout in zoet veranderen (of andersom). Zoute getijdennatuur is het meest waardevol, maar ook andere natuur brengt ecosysteemdiensten voort en heeft dus een waarde. Van elke ontwikkeling brengen we de effecten in beeld.

Ook in de huidige VKS zal de natuur veranderen. Omdat hier geen grote systeemingrepen worden voorgesteld, zal veel bestaande natuur verdrinken. Bij alle denkrichtingen blijft meer natuur behouden dan in de voorkeursstrategie. In de denkrichtingen die een peil rond NAP nastreven, blijft veel natuur behouden, maar deze verandert wel van getijdennatuur naar getijloze zoete natuur. Bij denkrichtingen waarbij het peil stijgt, wordt soms gekozen voor de afsluiting van een of meerdere zeearmen en pompen. Ook daar blijft het areaal gelijk maar verandert die van kenmerken. Meegroeien levert als enige veel extra natuur op: niet alleen ten opzichte van de voorkeursstrategie, maar ook ten opzichte van de Ausgangssituatie in 2050. Omdat bij deze denkrichting ook veel kosten worden gemaakt voor het behoud van natuur, is het voor de vergelijkbaarheid logisch om ook de natuureffecten van de andere denkrichtingen in beeld te brengen.

De maatschappelijke kosten en baten van de effecten van de denkrichtingen op de natuur schatten we door te kijken naar de verandering in de omvang van de ecosysteemdiensten koolstofvastlegging, toerisme en recreatie. Deze effecten moneteriseren we ook. De verandering in biodiversiteit brengen we kwalitatief in beeld.⁵⁸ Tenslotte geven we een grove schatting van kosten die in de VKS, Beschermen en Zeewaarts nog zouden moeten worden gemaakt om verloren gegane natuur te compenseren/mitigeren. Omdat onzeker is in hoeverre er een “wettelijk verplichting” is na 2050 om natuur te compenseren/mitigeren, maakt deze schatting geen deel uit van de kostenvergelijking (zie ook voetnoot 27).

H2. Aanpak, uitgangspunten en beperkingen

Aanpak

Natuur gaat niet alleen over de kwantiteit, maar ook over de kwaliteit ervan. Zoute getijdennatuur wordt gezien als waardevoller dan andere vormen van natte natuur: het brengt normaal gesproken meer ecosysteemdiensten voort dan zoete getijloze natuur. Deze getijdennatuur in Nederland is essentieel voor de internationale biodiversiteit, het draagt meer bij aan het mariene voedselweb. Over het algemeen legt zoete natuur meer koolstof vast dan zoute, en getijdennatuur significant meer dan getijloze (Hendriks et al., 2020; Alongi, 2020). In deze studie maken we daarom onderscheid tussen verschillende soorten natuur (habitats). We onderscheiden natuur die onder invloed is van getij versus getijloze natuur, en we maken een onderscheid tussen zoete en zoute

⁵⁸ Onder andere vanwege de essentiële rol die de Nederlandse zoute getijdennatuur speelt in internationale vogeltrekroutes en voedselketens is het goed om de veranderingen in de biodiversiteit in beeld te brengen. Moneteriseren van biodiversiteit is echter complex, onder andere vanwege onzekerheid over dose-response relaties en irreversibiliteit, ethische keuzes bij de waardering, en de kans op dubbelstellingen (wanneer ook ecosysteemdiensten worden meegenomen).

natuur. Verder kijken we naar 1) ondiepe wateren; 2) slikken en platen en 3) kwelders en overige natuur (uiterwaarden). Dit sluit aan bij de onderverdeling die ook in Meegroeien is gemaakt.

Omdat de maatregelen per waterlichaam anders uitpakken, is de analyse gemaakt op het niveau van de afzonderlijke grote wateren. Naast de Wadden, de zeearmen in de Zuidwestelijke Delta en het IJsselmeer kijken we naar het benedenrivierengebied (Rijn-Maasmonding, onder invloed van getij), bovenstroomse riviernatuur (zonder getij) en de duinen aan de Hollandse kust.

Allereerst schatten we de arealen natuur (per habitat) in 2050. We gaan ervan uit dat rond 2050 de natte natuur in Nederland grotendeels op orde is.⁵⁹ Dit is het gevolg van de maatregelen die moeten worden genomen in het kader van de Europese Natuurherstelwet, die stelt dat in 2050 90% van alle terrestrische, kust en zoetwater (art. 4) en mariene ecosystemen (art. 5) is hersteld.⁶⁰ De PAGW (Programmatische Aanpak Grote Wateren) geeft streefbeeld voor 2050 voor de grote wateren, maar vertaalt deze (nog) niet in concrete opgaves (arealen) per waterlichaam. We nemen daarom de schatting van Meegroeien voor wat betreft deze areaalopgaven: in de Zuidwestelijke Delta is het huidige areaal aan ondiepe zones, platen en kwelders 47.000 hectare, en is er nog een herstelopgave van ruim 35.000 hectare (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2024a). Voor de Wadden wordt de opgave geschat op 10.000 hectare (Zie Meegroeien, Hoofdrapport Tabel 5.3, p. 26). Als uitgangssituatie in 2050 tellen we deze herstelopgave op bij de huidige arealen.⁶¹

Vervolgens hebben we in kaart gebracht wat het effect van zowel de zeespiegelstijging als van de denkrichtingen is op het type en het areaal natuur. We brengen dus per oorspronkelijk habitat zowel de toe- of afname van het areaal in beeld (ten opzichte van de situatie in 2050), en ook de verandering in kenmerken: wordt het zoet in plaats van zout, wat gebeurt er met het getij en het peil? Als er geen maatregelen worden getroffen, gaan we ervan uit dat alle getijdennatuur verdrinkt na 2050 door de zeespiegelstijging, zowel de slikken en platen als de kwelders. Ondiep water zal veranderen in diep water.

Meegroeien voegt als enige denkrichting netto natuurareaal toe; ook ten opzichte van de situatie 2050. Enerzijds zijn suppleties een onderdeel van de waterveiligheidsaanpak, tegelijkertijd hebben ze als doel om natuurverlies als gevolg van zeespiegelstijging te mitigeren. De kosten voor deze suppleties zijn meegenomen in de berekeningen voor de Primaire Waterkeringen, zie Bijlage A.

H3. Uitgangspunten en beperkingen

We hebben onderstaande uitgangspunten en aannames gehanteerd om de natuureffecten zo consistent en compleet mogelijk in beeld te brengen:

- Er is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de gegevens en analyses die door de verschillende consortia in het Kennisprogramma zijn gemaakt. De beschikbare gegevens zijn op hoog abstractieniveau, de inschatting van natuureffecten is dus ook vrij grofstoffelijk.
- We gaan ervan uit dat vijf meter zeespiegelstijging in 2200 leidt tot volledig verlies van platen en slikken, kwelders en ondiepe wateren. Hoewel de verschillende denkrichtingen hier niet eenduidig over zijn, gaan we ervanuit dat natuurlijke aangroei van platen en slikken en kwelders onvoldoende effect hebben om mee te groeien.

⁵⁹ Op orde betekent onder andere dat verlies aan arealen intergetijdennatuur als gevolg van eerdere ingrepen in het watersysteem zijn gecompenseerd.

⁶⁰ We nemen aan dat maatregelen die nog genomen worden in het kader van andere natuurwetgeving (o.a. KRW, KRM) zullen samenvallen met de opgave voor de NHW.

⁶¹ De kosten voor deze herstelopgave nemen we niet mee: allereerst zijn ze niet onderscheidend, ten tweede moet de opgave voor 2050 zijn gerealiseerd en vallen ze dus buiten de tijdspanne van dit onderzoek.

- We kijken alleen naar de effecten op de natuur in en rondom de grote wateren. We kijken alleen naar natuureffecten van natuur die nu buitendijks ligt; binnendijkse natuur blijft buiten beschouwing. Het effect van verzilting of verdroging op binnendijkse natuur laten we dus ook buiten beschouwing.
- De denkrichtingen geven soms te weinig informatie over een deel van het areaal. Zo blijft bijvoorbeeld het IJsselmeer buiten beschouwing bij de denkrichting Zeewaarts en laat Beschermen B2 open wat er met de Grevelingen gebeurt. De aannames die we hier specifiek voor doen (en ook voor de huidige VKS) staan in Tabel 2-1 van Hoofdstuk 2.
- De regionale watersystemen en de kleinere wateren in de Zuidwestelijke Delta (Veerse Meer, Volkerak-Zoommeer) nemen we niet mee: enerzijds omdat de huidige arealen relatief beperkt zijn (en dus in de totale analyse geen groot effect sorteren), ook omdat in de denkrichtingen vaak niet expliciet aandacht is besteed aan deze wateren. We hebben dus niet kunnen vaststellen wat met deze wateren in de denkrichtingen gebeurt.
- De natuur in de duinen (naar schatting 40.000 hectare) nemen we mee in de berekeningen van de arealen en de ecosysteemdiensten. In alle denkrichtingen, inclusief de VKS, wordt voorzien in zandsuppleties waardoor ook de duinen van de Hollandse kust en de Waddeneilanden gehandhaafd blijven. Zeewaarts zal de duinnatuur in de Zuidwestelijke Delta veranderen van zoute naar zoete natuur, maar het effect op de ecosysteemdiensten beschouwen we als verwaarloosbaar.
- Het rapport Meegroeien geeft de meeste informatie over de areaal- en kwaliteitsontwikkeling van de natuur. Deze informatie is ook zo veel mogelijk gebruikt voor de inschatting van arealen bij de andere denkrichtingen. Waar arealen niet op het niveau van specifieke waterlichamen aanwezig waren, maar bijvoorbeeld wel op Deltaprogramma-deelprogramma niveau, hebben we de arealen in gelijke delen toegerekend aan de betreffende waterlichamen.
- We gaan ervan uit dat buitendijkse natuur gehandhaafd blijft in wateren waar de denkrichtingen waterberging of zoetwaterbuffers voorzien. Dit leidt tot een tijdelijke inundatie van die gebieden, maar niet tot het volledig verlies ervan. Deze aanname leidt wel tot een overschatting van het areaal natuur in 2200.⁶²
- Voor het rivierengebied gaan we ervan uit dat getijdennatuur die verdwijnt ook netto natuurverlies is. De getijdennatuur schuift bij de open varianten weliswaar bovenstrooms op in rivieren naar uiterwaarden die nu niet of nauwelijks getij kennen, maar het areaal hiervoor is beperkt (omdat rivierdijken de beschikbare ruimte begrenzen). Je krijgt er geen nieuwe brede getijdengebieden zoals de huidige Biesbosch voor terug.

Aannames timing

- Voor natuur die verdwijnt na 2050 als gevolg van zeespiegelstijging nemen we aan dat deze lineair in 50 jaar afneemt. Dat betekent dat na 2100 deze natuur geen ecosysteemdiensten meer levert.
- We gaan ervan uit dat de infrastructuurmaatregelen die worden voorgesteld in de denkrichtingen in 2050 worden gerealiseerd (in lijn met de kostenramingen voor de andere componenten). De effecten ervan op de waterlichamen gaan dus ook al meteen in 2050 in.
- De ontwikkeling van natuur in de denkrichting Meebewegen (TmB100) is tot 2150 eenvoudig, deze volgt de huidige VKS. Na 2150 zal de bescherming tegen overstromingen ophouden (met uitzondering van dijkringen 14 en 44) en zal laag Nederland op termijn onder water lopen. Dat levert een enorm areaal aan zoute getijdennatuur op. Hoe snel dat zal gaan kunnen we niet inschatten. Dit effect nemen we daarom niet mee. We nemen voor nu aan dat alleen in het rivierengebied areaal natuur toeneemt van 2150-2200.

⁶² Het is aannemelijk dat bij het inrichten van de buffergebieden mitigerende of compenserende natuurmaatregelen worden geïmplementeerd. De kosten hiervoor zijn niet in de kostenschattingen van de denkrichtingen verwerkt.

H4. Ontwikkeling natuur tot 2200 per denkrichting

Voor een uitgebreide bespreking van de maatregelen en effecten ervan van de denkrichtingen zie Hoofdstuk 2. Hieronder zoomen we specifiek in op de ontwikkeling van de natuur als gevolg van zeespiegelstijging en de voorgestelde maatregelen.

Huidige VKS

De huidige VKS gaat uit van handhaven van de huidige beschermingsstrategie tot 2200, zonder grote systeeminterventies. Een eventuele natuuropgave tot 2200 is niet bekend, daarom worden in de huidige VKS ook geen kosten voor natuursuppleties meegenomen. Door de zeespiegelstijging zal daarom in de Wadden en de open zeearmen in de Zuidwestelijke Delta veel natuur verdwijnen. De duinen blijven, mede door de suppleties, wel intact. Van de oorspronkelijke 435.600 hectare is naar schatting in 2200 nog 66.800 hectare over, voornamelijk duingebied. Omdat op de Grevelingen en het IJsselmeer in de huidige VKS het huidig peil blijft gehandhaafd, zal de natuur hier ook gelijk blijven aan de situatie in 2050. Door hogere peilen zal de getijdennatuur oostwaarts in de rivieren opschuiven, maar het areaal zal veel kleiner zijn dan het huidige intergetijdengebied.

Beschermen A1: gesloten zeefront met daarbinnen een vast streefpeil rondom NAP 0 m.

In deze variant worden de zeemondingen (inclusief de Westerschelde) gesloten met dammen en sluizen. Alle getij verdwijnt uit de Zuidwestelijke Delta, alle bestaande natuur wordt zoet. Omdat het peil rond NAP blijft, verdringt relatief weinig natuur.

Beschermen A2: gesloten zeefront met daarbinnen een meestijgend streefpeil.

Ook A2 heeft 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 vrij verval te kunnen spuien. Hierdoor verdringt de huidige getijdennatuur grotendeels, er komt vrijwel geen andere natuur voor terug.

Beschermen B1: afsluitbaar zeefront in combinatie met huidige afvoerverdeling.

In deze variant is er sprake van een afsluitbaar open zeefront in de Rijn-Maasmonding en Zuidwestelijke Delta (inclusief de Westerschelde) door middel van stormvloedkeringen. Het peil stijgt mee met de zeespiegel, veel getijdennatuur in de zeearmen zal hierdoor verdrinken.

B2: afsluitbaar zeefront in combinatie met een aangepaste afvoerverdeling.

Voor wat betreft natuureffecten lijkt deze denkrichting op B1, behalve dat hier een Deltapolder wordt gecreëerd waarmee de gebieden rondom Rotterdam en Dordrecht een beheerst peil krijgen, rond NAP. De natuur in die polder (nu waardevol intergetijdengebied) wordt getijloos. Overigens stijgt het peil, de bestaande getijdennatuur in de zeearmen zal dus verdrinken.

Meegroeien, Alternatief 1.

In de delta worden dammen en stormvloedkeringen weggehaald, zodat volledig open verbindingen tussen de zee en (voormalige) zeearmen ontstaan. Langs de randen slibben meegroeilandschappen op. Grootschalige suppleties zorgen ze ervoor dat er in 2200 netto meer natuur is dan in 2050. De Deltapolder zorgt ervoor dat in het huidige rivierengebied getij verdwijnt en alle natuur erbinnen zoet wordt. De verloren gegane getijdennatuur wordt gecompenseerd in de delta. Ook in het Waddengebied wordt natte getijdennatuur toegevoegd. De Afsluitdijk wordt niet verwijderd, de natuur blijft er dan ook gehandhaafd.

Meegroeien, Alternatief 2.

Ook in deze variant verdwijnen de Deltawerken, hier komen natuurvriendelijke stormvloedkeringen voor terug die de natuurlijke water- en sedimentdynamiek niet belemmeren. Het peil stijgt, maar er komt meer intergetijdengebied door vloedkommen te verbinden en voorlanden op te laten slibben.

Zandsuppleties en kleine zandmotoren houden de kustzone in stand. Ook hier ontstaat meer natuur (ook intergetijdennatuur) dan in 2050. De Afsluitdijk verdwijnt niet, de natuur blijft er dan ook gehandhaafd.

Meebewegen, TmB100.

Tot 2150 volgt deze denkrichting de huidige voorkeursstrategie. Alle zoute natuur die niet achter keringen ligt, verdrinkt. Vanaf 2150 worden alleen de huidige dijkkringen 14 en 44 nog beschermd. Dat betekent ook dat na 2150 er langzamerhand steeds meer getijdennatuur ontstaat in de geïnundeerde gebieden.⁶³ Omdat we niet kunnen inschatten hoe snel deze ontwikkeling zal gaan, kunnen we ook geen uitspraak doen over hoeveel getijdennatuur in 2200 aanwezig zal zijn; we nemen deze toename dan ook niet mee in de berekeningen. Na 2150 zal de natuur rond het IJsselmeer juist verdrinken omdat dan ook de Afsluitdijk niet meer wordt versterkt.

Zeewaarts.

De aanleg van een kustmeer met huidig peil zorgt dat de natuur in Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde zoet en getijloos wordt, maar wel blijft bestaan. Ook in het benedenrivierengebied verdwijnt het getij door de afsluiting. De Westerschelde blijft open en hier verdwijnt de huidige natuur, net als in het Waddengebied. Voor het IJsselmeer nemen we het huidige peil aan, hierdoor blijft de natuur daar gehandhaafd.

Tabel H1 laat het resultaat zien van alle bovengenoemde ontwikkelingen op de natuur in 2200 per denkrichting.

⁶³ Grof geschat ligt zo'n 10-15% van het Nederlands oppervlak tussen 3 en 7 meter boven NAP. Dit wordt dus intergetijdennatuur bij een zeespiegelstijging van 5 meter en geen bescherming.

Tabel H1: Ontwikkeling van de arealen (hectares in 2200)

		Huidige VKS 2050	Huidige VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee- waarts
				A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2		
Wadden (NL deel)	slikken, platen	128.500	-	-	-	-	-	145.500	152.000	-	-
	kwelders, overig droog	19.500	-	-	-	-	-	28.700	24.700	-	-
	ondiep water	91.500	-	-	-	-	-	92.000	96.700	-	-
Haringvliet	slikken, platen	-	-	-	-	-	-	12.425	4.900	-	-
	kwelders, overig droog	2.000	-	2.000	-	-	-	3.950	4.150	-	2.000
	ondiep water	5.800	-	5.800	-	-	-	8.025	6.125	-	5.800
Grevelingen	slikken, platen	-	-	-	-	-	-	12.425	4.900	-	-
	kwelders, overig droog	3.000	3.000	3.000	-	3.000	3.000	4.950	5.150	-	3.000
	ondiep water	5.800	5.800	5.800	-	5.800	5.800	8.025	6.125	-	5.800
Oosterschelde	slikken, platen	20.250	-	20.250	-	-	-	32.675	25.150	-	20.250
	kwelders, overig droog	4.750	-	4.750	-	-	-	6.700	6.900	-	4.750
	ondiep water	12.300	-	12.300	-	-	-	14.525	12.625	-	12.300
Westerschelde	slikken, platen	15.350	-	15.350	-	-	-	27.775	20.250	-	-
	kwelders, overig droog	6.550	-	6.550	-	-	-	8.500	8.700	-	-
	ondiep water	12.300	-	12.300	-	-	-	14.525	12.625	-	-
IJsselmeer	buitendijkse natuur	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	-	18.000
Benedenrivieren- gebied (met uitoondering van Haringvliet)	getij	9.000	-	9.000	-	-	9.000	9.000	-	-	9.000
	uiterwaarden	6.500	-	6.500	-	-	6.500	6.500	6.500	-	6.500
rivieren zonder getij	uiterwaarden	34.500	-	34.500	6.900	6.900	17.250	34.500	34.500	34.500	34.500
Hollandse Kust	Duinen	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
	Totaal	435.600	66.800	196.100	102.200	73.700	99.550	528.700	490.000	74.500	161.900

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Deze tabel laat zien dat de meeste natuur verdwijnt in de huidige VKS: zo'n 85% ten opzichte van de beginsituatie 2050, volledig veroorzaakt door de zeespiegelstijging zelf. In de andere denkrichtingen verdwijnt er netto minder natuurareaal. Dit komt vooral door het handhaven van het huidig peil in de zeearmen en de benedenrivieren als gevolg van de aanleg van dammen en sluisen in combinatie met pompen. In Meegroeien neemt het areaal natuur ook in absolute zin toe ten opzichte van 2050, door grootschalige natuursuppleties en de realisatie van waterkerende landschappen, voorlanden en vloedkommen. Bij Meebewegen zal na 2150 veel zoute getijdennatuur ontstaan, vanwege de grote onzekerheid over de snelheid waarmee dit zal gebeuren, is deze ontwikkeling niet meegenomen.

De verandering in habitats / biotopen is weergegeven in de volgende tabellen. Tabellen H2 en H3 laten zien hoe het areaal zoete natuur, zoute natuur, getijdennatuur en getijloze natuur zich ontwikkelt in de denkrichtingen.

Tabel H2: Totale arealen (hectares) zoet versus zout, en getij versus geen getij per denkrichting in 2200.

	Huidige VKS 2050	Huidige VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
			A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Zoet	75.800	18.000	147.300	62.200	33.700	88.050	68.000	59.000	34.500	121.900
Zout	359.800	48.800	48.800	40.000	40.000	48.800	460.700	431.000	40.000	40.000
Met getij	334.300	-	-	-	-	-	420.700	397.500	-	-
Getijloos	101.300	66.800	196.100	102.200	73.700	136.850	108.000	92.500	74.000	161.900

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Tabel H3: Toe- of afname arealen natuur in 2200 ten opzichte van 2050 (hectares)

	Huidige VKS	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zeewaarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Zoet	-57.800	71.500	-13.600	-42.100	12.250	-7.800	-16.800	-6.800	46.100
Zout	-311.000	-311.000	-319.800	-319.800	-311.000	100.900	71.200	-319.800	-319.800
Getij	-334.300	-334.300	-334.300	-334.300	-334.300	86.400	63.200	-334.300	-334.300
Getijloos	-34.500	94.800	900	-27.600	35.550	6.700	-8.800	7.700	60.600

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

In de huidige VKS zal in 2200 nog maar 15% van het huidige natuurareaal over zijn in de waterlichamen. Alle getijdennatuur is verdwenen. Meegroeien laat een toename zien van het areaal vooral zoute getijdennatuur (slikken en platen), maar ook van kwelders en ondiep water. De veranderingen in biotopen is het sterkst in het riviereengebied (waar in een aantal denkrichtingen het getij verdwijnt) en in de Zuidwestelijke Delta (waar door aanleg of verwijdering van dammen zoute natuur verandert in zoete of andersom, en het verdwijnen van getij). Onderstaande Tabel H4 laat zien hoe de verdeling over de verschillende typen natuur is in 2200 per denkrichting. Op Beschermen A2 na blijft in alle denkrichtingen een groter areaal natuur over dan in de VKS.

Tabel H4: Arealen per type natuur in 2200 agv ZSS en ingrepen (ha)

		VKS 2050	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zeewaarts
				A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
zoet getij	slikken, platen	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	kwelders, overig droog	2.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moerassen	9.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	uiterwaarden	6.500	-	-	-	-	-	6.500	-	-	-
	ondiep water	5.800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
zoet getijloos	slikken, platen	0	0	35.600	-	0	20.250	0	0	-	20.250
	kwelders, overig droog	18.000	18.000	31.300	-	21.000	22.750	18.000	18.000	-	27.750
	ondiep water	-	-	30.400	-	5.800	12.300	-	-	-	23.900
	moerassen	-	-	9.000	-	-	9.000	9.000	-	-	9.000
	uiterwaarden	34.500	-	41.000	6.900	6.900	23.750	41.000	34.500	34.500	41.000
zout getij	slikken, platen	164.100	-	-	-	-	-	230.800	207.200	-	-
	kwelders, overig droog	30.800	-	-	-	-	-	52.800	49.600	-	-
	ondiep water	116.100	-	-	-	-	-	137.100	134.200	-	-
zout getijloos	slikken, platen	0	0	0	-	-	0	-	-	-	-
	kwelders, overig droog	3.000	3.000	3.000	-	-	3.000	-	-	-	-
	ondiep water	5.800	5.800	5.800	-	-	5.800	-	-	-	-
	duinen	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
	Totaal	435.600	66.800	196.100	64.900	73.700	136.850	528.700	490.000	74.500	161.900

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Tabel H5 hieronder laat zien wat de oorzaak van de hierboven berekende verandering in arealen getijdennatuur is. Als het areaal dat verloren gaat als gevolg van de ingrepen in de denkrichtingen zou moeten worden gecompenseerd of gemitigeerd, zullen die denkrichtingen hiervoor ook kosten moeten maken. Deze kosten zijn niet berekend in de eerdere kostenschattingen van de denkrichtingen zelf, met uitzondering van Meegroeien. Zie voor een inschatting hiervan paragraaf H6.

Het grootste deel van het verlies aan getijdennatuur wordt veroorzaakt door zeespiegelstijging, maar bij Beschermen en Zeewaarts gaat ook veel getijdenareaal verloren als gevolg van de voorgestelde maatregelen zelf, zie Tabel H5. Het grootste deel hiervan wordt omgezet in getijloze natuur, maar er is ook een absolute afname van areaal. Meegroeien laat een toevoeging van areaal zien, maar bij variant Alt 1. gaat ook getijdennatuur verloren vanwege de aanleg van de Deltapolder.

Tabel H5: Verandering arealen per oorzaak (zss of maatregel) per denkrichting (ten opzichte van 2050, hectares)

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zeewaarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Effect als gevolg van zeespiegelstijging									
Δ aantal hectares	-368.800	-239.500	-267.100	-361.900	-273.700	-	-9.000	-361.100	-273.700
waarvan getijdennatuur	-334.300	-239.500	-239.500	-334.300	-273.700	-	-9.000	-334.300	-273.700
Effect als gevolg van ingrepen									
Δ aantal hectares	-	-	-103.600	-	-25.050	93.100	63.400	-	-
waarvan getijdennatuur	-	-	-94.800	-	-7.800	76.500	56.025	-	-
Δ van getij naar getijloos	-	-94.800	-30.800	-	-52.800	-15.500	-	-	-69.400

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

H.5 Welvaartseffecten

Jaarlijks effect Koolstofvastlegging

Natuurlijke systemen kunnen in potentie veel koolstof vastleggen, maar de mate waarin verschilt aanzienlijk per natuurtype. Daarom is het relevant om het effect van denkrichtingen op de ontwikkeling van de diverse natuurtypen in kaart te brengen. Onderstaande tabel geeft een inschatting van de mate van koolstofvastlegging per type natte natuur. Een meta-studie van Wageningen Universiteit (Hendriks *et al.*, 2020)) laat zien dat schattingen sterk uiteenlopen en vaak slecht vergelijkbaar zijn door verschil in meetmethodes en aannames. Over het algemeen legt zoete natuur meer vast dan zoute, en getijdennatuur significant meer dan getijloze. De tabel hieronder is een samenvatting (en deels interpretatie) van diverse bronnen. De getallen mogen zeker niet als absolute waarden worden gezien, hooguit als voorzichtige indicatie van de mate van koolstofvastlegging. De getallen zijn redelijk in lijn met de (grovere benadering in de) notitie Effectbeoordeling Meegroeien (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2025b). In onze berekeningen hanteren we het gemiddelde van de waarden die in deze tabel zijn genoemd.

Tabel H6: gemiddelde koolstofvastlegging met natuurtype (g. CO₂/m²/jaar)

	habitat	getij?	Gemiddeld	Laag	Hoog
zout	ondiep water	met getij	500	200	800
	ondiep water	getijloos	250	100	400
	slikken, platen	met getij	500	250	750
	slikken, platen	getijloos	200	100	300
	kwelders, overig droog	met getij	1690	780	2600
	kwelders, overig droog	getijloos	1300	600	2000
	duinen	getijloos	200	100	300
zoet	ondiep water	met getij	715	520	910
	ondiep water	getijloos	550	400	700
	slikken, platen	met getij	1050	700	1400
	slikken, platen	getijloos	750	500	1000
	kwelders, overig droog	met getij	1495	1040	1950
	kwelders, overig droog	getijloos	1150	800	1500
	moerassen	met getij	1050	700	1400
	moerassen	getijloos	750	500	1000
	uiterwaarden	met getij	1495	1040	1950
	uiterwaarden	getijloos	1150	800	1500

Bron: eigen bewerking van (o.a.) zu Ermgassen et al. (2021) en Hendriks et al. (2020))

In de huidige VKS verdwijnt ongeveer 85% van de natuur, en omdat vooral natuur verdwijnt met een hoge CO₂ opnamecapaciteit per hectare (vooral getijdennatuur) zal de jaarlijkse CO₂-opname in 2200 90% lager zijn dan in 2050.⁶⁴ Hetzelfde mechanisme treedt op bij de andere denkrichtingen: het procentuele verlies aan CO₂ vastlegging is groter dan het verlies aan oppervlakte natuur.

Het welvaartseffect van koolstofvastlegging waarderen we via een CO₂-prijs. In MKBA's worden normaliter zogenaamde "efficiënte prijzen" gebruikt: deze prijs reflecteert de kosten van de meest efficiënte maatregelen die CO₂-uitstoot reduceren totdat de klimaatdoelstellingen van Parijs zijn

⁶⁴ Overigens leggen oceanen zelf ook CO₂ vast, echter veel minder dan slikken en platen en kwelders (Mathis et al, 2024). In de berekeningen nemen we deze resulterende CO₂-opname verder niet mee.

bereikt.⁶⁵ CPB berekent hiervoor CO₂ prijzen voor zichtjaren 2025, 2040, 2050 en 2060. De prijzen in 2050 komen uit op € 186 tot € 540 per ton CO₂, afhankelijk van het WLO-scenario met bijbehorend CO₂-reductiedoel (CPB, 2025). De vraag is wat er ná 2060 gebeurt met de CO₂-prijzen. Zelfs als in 2060 de klimaatdoelstellingen zijn behaald, heeft het reduceren van CO₂ uit de atmosfeer nog een baat: cumulatieve emissies zijn immers bepalend voor de mondiale temperatuur. CO₂-vastlegging draagt ook na 2050 bij aan het voorkomen van verdere temperatuurstijging, en reduceert daarmee ook de toekomstige klimaatschade.

Internationale literatuur suggereert om in situaties waarbij efficiënte prijzen niet meer opgaan (omdat er dan geen beleidsmatig vastgesteld reductiedoel meer is) de Social Cost of Carbon (SCC) te hanteren, die de toekomstige klimaatschade vertaalt in een prijs per ton CO₂-uitstoot (o.a. Stern et al., 2022). De keuze van de discontovoet is hierbij wel essentieel: deze bepaalt immers hoe zwaar toekomstige schade meeweegt in het heden. Bij een lage discontovoet tellen de schades zwaar mee, en zal de SCC dus hoger zijn. Barrage en Nordhaus (2024) berekenen een SCC met verschillende discontovoeten en komen op bandbreedte van US\$ 75 per ton CO₂ (bij een discontovoet van 5% per jaar) tot US\$ 695 per ton CO₂ (bij een discontovoet van 1% per jaar) in 2050 (in 2019 prijzen). Een discontovoet van 2% per jaar, deze ligt het dichtst bij de in Nederland geldende discontovoet, levert een SCC CO₂-prijs op van US\$ 300 per ton CO₂ (2019 prijzen). In 2025 euro-prijzen is dat € 270, dit is het bedrag dat wij hanteren in deze analyse.

De ontwikkeling in arealen (Tabel H1) combinerend met de geschatte CO₂ vastlegging voor verschillende natuurtypes (Tabel H6) en de SCC levert de volgende baten op voor de verschillende denkrichtingen (zie Tabel H7). Alternatieven 1 en 2 van Meegroeien leggen in 2200 jaarlijks in absolute zin meer CO₂ vast dan de VKS 2050. Voortzetten van de VKS zou het grootste verlies aan CO₂ vastlegging betekenen. De andere denkrichtingen zijn minder negatief dan het voortzetten van de huidige VKS. Beschermen A1 levert een relatief klein CO₂ verlies op, omdat vanwege gelijkblijvend peil er veel natuur overblijft.

⁶⁵ Berekend via de preventiekostenbenadering: de methode waarbij het effect van een maatregel wordt gewaardeerd tegen de kosten die nodig zouden zijn om dat effect te voorkomen in plaats van het achteraf te herstellen of te compenseren.

Tabel H7: Verschil koolstofvastlegging ('000 ton CO₂/jaar) in 2200 ten opzichte van VKS 2050)

		VKS 2050	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zeewaarts
				A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
zoet getij	slikken, platen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	kwelders, overig										
	droog	30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30
	moerassen	95	-95	-95	-95	-95	-95	-95	-95	-95	-95
zoet getijloos	uiterwaarden	97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-	-97	-97
	ondiep water	41	-41	-41	-41	-41	-41	-41	-41	-41	-41
	slikken, platen	-	-	267	152	-	152	-	-	-	152
	kwelders, overig										
zout getij	droog	207	-	153	55	-	55	-	-	-207	112
	moerassen	-	-	167	68	-	68	-	-	-	131
	uiterwaarden	-	-	68	-	-	68	68	-	-	68
	ondiep water	397	-397	75	-317	-317	-124	75	-	-	75
zout getij	slikken, platen	821	-821	-821	-821	-821	-821	334	216	-821	-821
	kwelders, overig										
	droog	521	-521	-521	-521	-521	-521	372	318	-521	-521
zout getijloos	ondiep water	581	-581	-581	-581	-581	-581	105	91	-581	-581
	slikken, platen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	kwelders, overig										
	droog	39	-	-	-39	-39	-	-39	-39	-39	-39
zout getijloos	ondiep water	15	-	-	-15	-15	-	-15	-15	-15	-15
	duinen	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal		2.922	-2.581	-1.455	-2.281	-2.489	-1.967	636	404	-2.445	-1.700

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Noot: VKS 2050 zijn absolute hoeveelheden CO₂ vastlegging ('000 ton/jaar)

Het welvaartseffect van deze veranderingen in koolstofvastlegging in 2200 is weergegeven in Tabel H8 hieronder.

Tabel H8: Jaarlijks welvaartseffect 2200 door verandering CO₂-vastlegging (ten opzichte van VKS 2050 (M€/jaar)

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zeewaarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Welvaartseffect (M€)	-697	-393	-690	-672	-531	172	109	660	459

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

De Alternatieven 1 en 2 van Meegroeien laten een positief welvaartseffect zien. Ook Meebewegen heeft een positief welvaartseffect in 2200, omdat dan het areaal natte natuur door inundatie groter is⁶⁶. Beschermen A1 geeft een relatief klein welvaartsverlies (ongeveer de helft van het verlies in de VKS) vanwege peilhandhaving; hierdoor verdrinkt minder natuur, die, omdat het areaal deels zoet wordt, ook meer CO₂ per hectare vastlegt.

⁶⁶ Hierbij is overigens geen rekening gehouden met het verlies aan CO₂ vastlegging in droge natuur en andere gebieden die dan inunderen.

Hoewel het hierboven berekende effect bij Meegroeien qua orde grootte redelijk in lijn is met de uitkomsten in de notitie Effectbeoordeling Meegroeien⁶⁷ zijn de onderliggende berekeningen geheel anders (Kenniprogramma Zeespiegelstijging, 2025b). Allereerst hanteert W+B de efficiënte CO₂ prijzen van 2023 uit het Handboek Milieuprijzen (CE Delft, 2023), die lager zijn dan de SCC (€ 183 per ton versus € 270 per ton), tegelijkertijd neemt men alleen het effect van de verandering in arealen zoute getijdennatuur mee, en niet de koolstofvastlegging bij andere biotopen. Tenslotte neemt men bij Effectbeoordeling Meegroeien aan dat in de VKS de zoute getijdennatuur exponentieel afneemt tot 2200, terwijl in deze studie een lineaire afname naar nul tot 2100 wordt verondersteld.

Totale welvaartseffect koolstofvastlegging tot 2200

Om de welvaartseffecten goed in de tijd te zetten moeten we nog kijken naar de reden van de ontstane verschillen. Tabel H9 laat zien welk deel van de verandering in CO₂ vastlegging het gevolg is van zeespiegelstijging, en welk deel voortkomt uit het uitvoeren van de maatregelen.

Tabel H9: Jaarlijks welvaartseffect 2200 koolstofvastlegging per oorzaak (ten opzichte van 2050, M€/jaar)

	Huidige VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Mee-bewegen Tmb100	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2		
Totaal effect	-697	-393	-690	-672	-531	172	109	-660	-459
- waarvan door zeespiegelstijging	-697	-590	-690	-672	-697	-711	-578	-660	-459
- waarvan door maatregelen	-	197	-	-	166	883	687	-	-

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Met de hierboven berekende effecten per jaar berekenen we ook het totale welvaartseffect over de periode 2050-2200. Voor het deel van het verlies aan CO₂-vastlegging dat wordt veroorzaakt door zeespiegelstijging nemen we een lineaire afname van 2% van het areaal aan: in 2100 is er dan geen zoute getijdennatuur meer over. Door de suppleties treedt dit verlies niet op bij Meegroeien. Voor het extra areaal dat in Meegroeien wordt gerealiseerd nemen we aan dat elk jaar 1/150 van de netto toevoeging wordt gerealiseerd. Bij de verandering van koolstofvastlegging als gevolg van de ingrepen gaan we ervan uit dat de infrastructurele maatregelen in 2050 worden uitgevoerd, en dat vanaf dat moment ook de volledige verandering in koolstofvastlegging plaatsvindt.⁶⁸

Met dit verloop van de baten in de tijd zijn de totale welvaartsbaten van koolstofvastlegging berekend, zie Tabel H10.

⁶⁷ Deze baat wordt geschat op € 500 miljoen per jaar.

⁶⁸ Dit is in lijn met de kostenberekeningen voor de infrastructurele maatregelen zelf, ook hiervoor nemen we aan dat deze in 2050 worden gerealiseerd.

Tabel H10: Totale welvaartseffect Koolstofvastlegging 2050-2200, niet-verdisconteerd en verdisconteerd (in miljoenen €, 2025 marktprijzen).

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zeewaarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Niet-verdisconteerd	-88.165	-44.876	-87.282	-85.014	-63.100	13.138	8.353	-83.511	-58.076
Verdisconteerd	-17.823	-6.635	-17.644	-17.186	-10.702	1.965	1.249	-16.882	-11.740

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

De varianten bij Meegroeien laten een positief totaal welvaartseffect zien, de andere varianten alle een negatief effect. Variant A1 geeft ten opzichte van de andere een kleiner negatief welvaartseffect omdat significant minder natuur verdrinkt.

Effect schaal- en schelpdiersector

In deze analyse kijken we naar het effect van de denkrichtingen op de garnalen-, mossel- en oesterteelt in de kustgebieden. Bewust laten we de reguliere visserij buiten beschouwing omdat de effecten van de denkrichtingen waarschijnlijk niet onderscheidend zullen zijn voor de reguliere visserij, deze vindt immers vooral plaats op de Noordzee. Daarbij is onduidelijk of klimaatverandering (en met name de opwarming van het zeewater) een positief of negatief effect heeft op de visserij: sommige commerciële soorten zullen verdwijnen, andere kunnen zich aanpassen, en er komen mogelijk nieuwe commerciële soorten bij in de Noordzee. De schaal- en schelpdierensector wordt wel direct geraakt, zowel door zeespiegelstijging zelf als door sommige maatregelen in de denkrichtingen. Omdat bijna alle ondiepe zoute wateren verdwijnen bij 5 meter zeespiegelstijging, verdwijnen ook vrijwel de gehele teelt- en vangstgebieden van de schaal- en schelpdiervisserij in de Wadden en de Zuidwestelijke Delta.^{69,70} In denkrichtingen waarbij de Grevelingen zout en op huidig peil blijft, nemen we aan dat ook de mosselteelt blijft bestaan.⁷¹ De geschatte beschikbare arealen voor mossel- en oesterteelt en garnalenvangst per denkrichting in 2050 staan in Tabel H11.

⁶⁹ Alleen langs de Hollandse kust zal garnalenvisserij mogelijk blijven. We nemen voor nu aan dat dit een beperkte bijdrage levert aan de gehele garnalenvisserijsector. In de Zuidwestelijke delta kijken we alleen naar de potentie van Oosterschelde en Grevelingen.

⁷⁰ Hangcultures kunnen wel blijven bestaan, en hoewel dit deel van de productie groeit is het momenteel nog niet meer dan 5% van de totale productie. In deze studie nemen we deze potentiële ontwikkeling verder niet mee.

⁷¹ Waarbij we ervan uitgaan dat deze soorten zich kunnen aanpassen aan de gewijzigde zeevatertemperatuur en dat de productie per hectare gelijk blijft aan nu.

Tabel H11: beschikbare arealen voor schaal- en schelpdierensector (hectares, 2200)

	VKS 2050	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebe- wegen Tmb100	Zee- waarts
			A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2		
Wadden (NL deel)	91.500	-	-	-	-	-	92.000	96.700	-	-
Grevelingen	5.800	5.800	5.800	-	-	5.800	8.025	6.125	-	-
Oosterschelde	12.300	-	-	-	-	-	14.525	12.625	-	-
Totaal	109.600	5.800	5.800	-	-	5.800	114.550	115.450	-	-
beschikbaar areaal (% ten opzichte van VKS 2050)		5%	5%	0%	0%	5%	105%	105%	0%	0%

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Bij Meegroeien blijven, naast de Grevelingen, ook de ondiepe wateren in Wadden en Oosterschelde bestaan. Hierdoor is ook het gehele areaal dat gebruikt kan worden door schaal- en schelpdieren sector vergelijkbaar met nu. Daarnaast blijft bij de varianten A1 en B2 blijft de Grevelingen zout en op huidig peil, hier kan mossel- en oesterteelt gehandhaafd blijven, maar dat is nog slechts 5% van het huidige areaal.

In 2025 bedroeg de omzet van de garnalenvisserij € 69 miljoen, de mosselteelt € 40 miljoen terwijl de oesterteelt een omzet had van € 5 miljoen (Wageningen Social & Economic Research, 2025). Het welvaartsverlies bij het verdwijnen van deze sectoren is kleiner: hiervoor kijken we naar het verlies aan toegevoegde waarde of de winst voor de sector.^{72, 73} Voor het berekenen van welvaartverlies op de korte termijn (wij hanteren 5 jaar) is toegevoegde waarde een goede indicator, op de lange termijn is verlies aan winst een betere. Immers, op de lange termijn zal arbeid een alternatieve aanwending vinden die ook bijdraagt aan de welvaart. De toegevoegde waarde schatten we in op 25% van de omzet, afgeleid uit Staat van de Landbouw, Visserij, Voedsel en Natuur (Jellema, 2025), de winst op 5%. Daarmee komt het jaarlijks verlies aan welvaart op de korte termijn als gevolg van zeespiegelstijging in de huidige VKS op € 28 miljoen per jaar, en op de lange termijn op € 5 miljoen per jaar. In Alternatief 1 van Meegroeien neemt het areaal ondiep water toe met 18% ten opzichte van de huidige VKS in 2050. In plaats van een welvaartsverlies levert dit alternatief dus een welvaartswinst op van € 1 miljoen (uitgaande van winst) per jaar.⁷⁴

Uitgaande van de berekende arealen in Tabel H11 is het welvaartseffect met betrekking tot de visserij als volgt:

⁷² De toegevoegde waarde die hoger in de productieketen wordt geleverd nemen we niet mee. We gaan ervan uitgaan dat substitutie optreedt in de keten als de primaire productie verdwijnt, en dat de toegevoegde waarde dan in andere voedselverwerkende ketens wordt behaald.

⁷³ Betrouwbare cijfers over de winst in de sector ontbreken. LEI schatte over 2004-2007 een winstpercentage van 11% in voor oesterteelt (LEI, 2010).

⁷⁴ Hierbij gaan we er wel vanuit dat de sector het potentieel grotere wingebed ook volledig kan benutten.

Tabel H12: Jaarlijks welvaartsverlies in 2200 voor schaal- en schelpdiersector (miljoenen €/jaar)

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen Tmb100	Zeewaarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2		
Wadden (NL deel)	-3	-3	-3	-3	-3	0	0	-3	-3
Grevelingen	-	-	-1	-1	-	0	0	-1	-1
Oosterschelde	-2	-2	-2	-2	-2	0	0	-2	-2
Totaal	-5	-5	-6	-6	-5	1	0	-6	-6

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Meegroeien laat een licht positief welvaartseffect zien. Doordat de Grevelingen in de VKS nog in stand blijft, maar bij A2, B1, Meebewegen en Zeewaarts verdwijnt, zijn de welvaartsverliezen voor die denkrichtingen groter dan bij de VKS, A1 en B2.

Tot slot zijn de volgende welvaartseffecten over de gehele looptijd berekend, verdisconteerd en niet-verdisconteerd (Tabel H13). Ook hier zien we een klein positief welvaartseffect van de Meegroeien-varianten. De overige varianten laten een negatief effect zien.

Tabel H13: Totale welvaartseffect, niet-verdisconteerd en verdisconteerd (2050-2200) voor schaal- en scheldiervisserij (€ miljoen)

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen Tmb100	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2		
Niet-verdisconteerd	-631	-631	-722	-722	-631	72	35	-722	-722
verdisconteerd	-133	-133	-152	-152	-133	15	7	-152	-152

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Effecten Toerisme en Recreatie

In totaal besteden toeristen in Nederland bijna € 105 miljard per jaar, waarvan ongeveer een derde door buitenlandse toeristen (CBS, 2024). Dit omvat uitgaven aan hotels, restaurants, (vlieg)reizen en sport en recreatie. De toegevoegde waarde van toerisme aan de Nederlandse economie is zo'n € 40 miljard per jaar (CBS, 2025). De toegevoegde waarde van het kustgerelateerde toerisme berekende CBS in 2019 op € 1,9 miljard per jaar (2025 prijzen; CBS (2023)), ofwel zo'n 5% van het totaal. Toeristen in de kustzones waarderen hun verblijf hoger dan recreatie in andere gebieden: de bestedingen voor overnachtingen zijn per nacht ongeveer het dubbele van elders (ABN-AMRO, 2025).⁷⁵

In de huidige VKS is voor grote delen van Nederland, inclusief toeristische hotspots als de Waddeneilanden en de Zeeuwse kust, kustrecreatie nog goed mogelijk. De kust wordt immers gesuppleerd, stranden blijven bestaan. Ook in de andere denkrichtingen blijft de kust grotendeels in stand. Uit het Kustbelevingsonderzoek (CLO, 2022) blijkt dat 65% van alle bezoekers wandelen en

⁷⁵ Cijfers zijn niet altijd goed vergelijkbaar door andere definities en berekeningswijzen (bijvoorbeeld het al dan niet meenemen van particulier verhuur (ABN-AMRO, 2025)).

strand (zonnen) als belangrijkste motief had, tegenover 30% natuurbeleving. 5% heeft een ander motief, zoals cultuur en bezoek aan steden.

Als getijdennatuur verdwijnt, vermindert ook de aantrekkelijkheid van de kustzone voor natuurliefhebbers. We gaan ervan uit dat activiteiten als vogelspotten en wadlopen niet meer mogelijk zijn in het Waddengebied en de Zuidwestelijke Delta bij 5 meter zeespiegelstijging. Voor wadlopen is geen alternatief, vogelspotten kan mogelijk ook in andere gebieden. Voor deze laatste groep recreanten is dus substitutie mogelijk. We schatten in dat de gebieden waar de ondiepe wateren en slikken en platen verdwijnen, hun aantrekkelijkheid verliezen voor de helft van de natuurtoeristen. Naarmate er meer natuur verloren gaat, wordt het effect groter, hierbij gaan we ook weer uit van een verlies aan natuurareaal van 2% per jaar tot 2100. Na 2100 is het verlies dan maximaal. Voor de eerste vijf jaar nemen we het verlies aan toegevoegde waarde mee als welvaartseffect, daarna de winst.⁷⁶ Het verlies aan winst in de recreatiesector hanteren we dan als proxy voor het welvaartsverlies.

Tegenover de afname van natuurrecreatie staan ook positieve effecten door de toegenomen mogelijkheden van watersport bij afgesloten zeearmen. Immers, nu ook al is de Grevelingen voor watersporters een zeer aantrekkelijk gebied. De toegenomen mogelijkheden kunnen ook extra buitenlandse watersporters aantrekken, wat de facto een positief effect heeft op de toeristische sector en daarmee op de welvaart. Dit mogelijke effect nemen we niet mee in de berekeningen.

Tabel H14 geeft het jaarlijks welvaartseffect in 2200, Tabel H15 geeft het totale effect over 2050 tot 2200, zowel niet-verdisconteerd als verdisconteerd.

Tabel H14: Jaarlijks welvaartseffect in 2200 voor natuurrecreatie en toerisme (miljoenen €/jaar)

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Mee- bewegen	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
% afname natuurareaal kust (ten opzichte van 2050)	100%	77%	88%	100%	88%	-19%	-16%	100%	88%
Winst (absoluut) natuurrecreatie	29	35	32	29	32	62	61	29	32
Verandering ten opzichte van VKS 2050	-29	-22	-25	-29	-25	5	4	-29	-25

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

De negatieve welvaartseffecten zijn, met uitzondering van de varianten Alt 1 en Alt 2 van Meegroeien, voor de overige varianten ongeveer gelijk. De afname van het areaal natuur in de Waddenzee draagt daar veel aan bij.

⁷⁶ Hetzelfde als bij de berekening van het welvaartseffect voor de schelp- en schaaldierensector

Tabel H15: Totale welvaartseffect, niet-verdisconteerd en verdisconteerd (2050-2200) voor recreatie en toerisme (€ miljoen)

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Mee- bewegen	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Niet-verdisconteerd	-4.276	-3.315	-3.764	-4.304	-3.787	829	673	-4.304	-3.787
verdisconteerd	-1.195	-943	-1.053	-1.223	-1.076	235	191	-1.223	-1.076

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Totale gemonetariseerde welvaartseffect verandering ecosysteemdiensten koolstofvastlegging, visserij, en toerisme.

De hierboven berekende gemonetariseerde welvaartseffecten over de gehele periode 2050-2200 zijn in onderstaande Tabel H16 en Tabel H17 samengevat. Het welvaartseffect van koolstofvastlegging is veruit de grootste van de berekende ecosysteemdiensten, gevolgd door die van toerisme en visserij. Verdisconteerd zijn de verschillen iets minder groot.

Tabel H16: Totale effecten 2050-2200, niet verdisconteerd (in miljoenen €, 2025 marktprijzen).

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Mee- bewegen	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Koolstofvastlegging	-88.165	-44.876	-87.282	-85.014	-63.100	13.138	8.353	-83.511	-58.076
Visserij	-631	-631	-722	-722	-631	72	35	-722	-722
Toerisme	-3.622	-2.790	-3.622	-3.622	-3.188	698	567	-3.622	-3.188
Totaal	-92.418	-48.297	-91.626	-89.359	-66.919	13.908	8.954	-87.856	-61.986

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Tabel H17: Totale effecten 2050-2200, verdisconteerd (in miljoenen €, 2025 marktprijzen).

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Mee- bewegen	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Koolstofvastlegging	-17.823	-6.635	-17.186	-17.186	-10.702	1.965	1.249	-16.882	-11.740
Visserij	-133	-133	-152	-152	-133	15	7	-152	-152
Toerisme	-745	-573	-745	-745	-655	143	116	-745	-655
Totaal	-18.700	-7.341	-18.541	-18.082	-11.490	2.124	1.373	-17.778	-12.547

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

De tabellen H16 en H17 hierboven laten zien dat de ecosysteemdienst koolstofvastlegging het belangrijkste welvaartseffect oplevert; toerisme en visserij dragen hooguit 10% bij aan het totaal. Alt 1 en Alt 2 van Meegroeien hebben een positief welvaartseffect, de andere varianten alle een negatief. De VKS scoort daarbij nog het meest negatief. Variant A1 van Beschermen doet het relatief goed, omdat hier het peil gehandhaafd blijft en dus relatief veel koolstofvastlegging blijft plaatsvinden.

H.6 Biodiversiteit

In deze paragraaf bespreken we kort de mogelijke effecten van de denkrichtingen op de biodiversiteit. Deltagebieden behoren tot de rijkste, maar ook meest bedreigde biotopen doordat zij wereldwijd sterk onder druk staan door klimaatverandering, zeespiegelstijging, habitatverlies en visserijdruk. De Waddenzee en de Zuidwestelijke Delta behoren tot de ecologisch meest waardevolle kustecosystemen ter wereld. De Waddenzee is zelfs door UNESCO erkend als Werelderfgoed vanwege haar cruciale rol in mondiale vogeltrekroutes. Het belang van biodiversiteit voor het voortbestaan van het leven op aarde wordt algemeen erkend.

De verandering in biodiversiteit moneteriseren we niet. Enerzijds omdat er nauwelijks kwantitatieve gegevens bekend zijn over de fysieke effecten van zeespiegelstijging en van de denkrichtingen op de biodiversiteit; anderzijds omdat ook geen “prijskaartjes” bekend zijn voor biodiversiteitsverandering. Het beprijzen van biodiversiteit is problematisch: de functie van biodiversiteit is onder andere het voorkomen van schokken en irreversibele effecten: het stabiliseert de natuur en het stelt de natuur in staat om ook op de lange termijn ecosysteemdiensten voort te brengen. Het moneteriseren hiervan zou al snel tot dubbeltellingen leiden. We beperken ons tot een onderstaande kwalitatieve inschatting, mede gebaseerd op de diverse Impactstudies uit het KP-ZSS. Bij Meegroeien wordt een positief effect op de biodiversiteit verwacht, vanwege de creatie van extra zoute getijdennatuur. Bij de andere denkrichtingen zal sprake zijn van een afname: de natuur die overblijft is minder biodivers dan in 2050. Het is te verwachten dat de afname van biodiversiteit bij de andere denkrichtingen alle in dezelfde orde grootte ligt.

Tabel H18: Effect denkrichtingen op biodiversiteit (kwalitatief)

	Huidige VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebewegen	Zee-waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt2	TmB100	
Effect op biodiversiteit	Neemt af ³	Neemt af ¹	Neemt af ¹	Neemt af ¹	Neemt af ¹	Neemt toe ²	Neemt toe ²	Neemt af (tot 2150) ²	Neemt af ¹

Beschermen: A1 - ‘gesloten, huidig binnenpeil’; A2 - ‘gesloten, meestijgend binnenpeil’; B1 - ‘afsluitbaar, huidige afvoerverdeling’; B2 - ‘afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling’; Meegroeien: Alt1 - ‘open delta met Deltapolder’; Alt2 - ‘open delta, NBS-stormvloedkeringen’.

Noten:

¹: Impactanalyse Kennisprogramma Zeespiegelstijging; Deelrapport Lange termijn oplossingen Zeewaarts, Beschermen Gesloten en Meebewegen (2024b).

²: Effectbeoordeling Meegroeien met zeespiegelstijging (Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2025b).

³: Eigen inschatting.

H7: Natuurcompensatie?

Het is onduidelijk of na 2050 nog de verplichting geldt om compenserende maatregelen uit te voeren wanneer waardevolle natuur verdwijnt (zoals nu het geval is onder de Europese Natuurherstelwet). Eventuele kosten hiervoor zijn in ieder geval niet meegenomen in de verschillende rapporten over de denkrichtingen die geschreven zijn in het kader van het Kennisprogramma door de consortia van Beschermen, Meebewegen en Zeewaarts. Hierdoor ontstaat dus een vertekend beeld: Meegroeien voegt extra natuur toe, en neemt de kosten daarvan wel mee. Uitgaande van de berekende arealen aan verlies van zoute getijdennatuur als gevolg van de ingrepen (zie Tabel H5) zouden de andere denkrichtingen nog € 23 tot € 35 miljard aan kosten moeten maken, zie Tabel H19.⁷⁷

⁷⁷ Bij deze berekening gaan we uit van een bedrag van € 7,5 per m³ (schatting Boskalis, 2025) en een ophoging van 5 meter voor het gehele gebied. Het volume is wellicht hoog (houdt geen rekening met natuurlijke opslibbing, het bedrag per kuub wellicht juist laag (want gaat uit van grootschalige suppleties).

Tabel H19: Kosten compensatie getijdennatuur door maatregelen (Miljoenen €, 2050)

	VKS 2200	Beschermen				Meegroeien		Meebe- wegen	Zee- waarts
		A1	A2	B1	B2	Alt 1	Alt 2	Tmb100	
Kosten compensatie verlies areaalgetijdennatuur (als gevolg van ingreep)	-	-	-35.550	-	-2.925	-	-	-	-
Kosten compensatie verandering getijdennatuur naar getijloos (als gevolg van ingreep)	-	-35.550	-13.988	-	-19.800	-5.813	-	-	-26.025
Totaal compensatiekosten	-	-35.550	-49.538	-	-22.725	-5.813	-	-	-26.025

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Per hectare komen deze compensatiekosten op € 375 duizend. Ter vergelijking, de gemiddelde (markt)waarde van natuurgrond in Nederland bedraagt € 15 tot € 35 duizend per hectare. De natte natuur op deze manier beschermen is dus minstens tienmaal zo duur. Merk op dat ook bij Meegroeien kosten zijn berekend, omdat getijdennatuur verdwijnt als gevolg van aanleg van de Deltapolder. Als dit verlies kan worden "weggestreept" tegen de extra aanleg van nieuwe getijdennatuur zijn de kosten nihil.

Link met de Monte Carlo-analyse

De getallen van uit deze Bijlage zijn gecombineerd met eenvoudige aannames over fasering (Bijlage I) en met expert schattingen van bandbreedtes rondom de getallen en verwerkt in een Monte Carlo-analyse (zie Bijlage J). Op basis daarvan zijn de verwachte, minimale en maximale waarden bepaald die ook in de hoofdtekst zijn opgenomen. De getallen uit deze Bijlage kunnen daardoor niet één-op-één gelinkt worden met de getallen in de figuren uit de hoofdtekst.

Literatuur

In deze bijlage zijn de volgende bronnen gebruikt (in aanvulling op de literatuurlijst bij de hoofdtekst):

ABN-AMRO, 2025. [De Nederlandse kust trekt meer bezoekers dan ooit - ABN AMRO](#)

Alongi, D, 2020. [Carbon Balance in Salt Marsh and Mangrove Ecosystems: A Global Synthesis](#), Journal of Marine Science and Engineering 2020 8(10),767

Barrage, L. and William Nordhaus, 2024: Policies, projections, and the social cost of carbon: Results from the DICE-2023 model. Proceeding of National Academy of Sciences 121, e2312030121 (2024). <https://doi.org/10.1073/pnas.2312030121>

CBS, 2023. Economic description of the Dutch North Sea and coast: 2015, 2017, 2019 and 2021). [Economic description of the Dutch North Sea and coast | CBS](#)

CBS, 2025: Nationale Rekeningen (online) Toerisme; kernindicatoren.

CPB, 2025: [WLO 2025: Efficiente CO2-prijzen](#)

CE Delft: [Handboek Milieuprijzen](#) (2023)

Compendium voor de Leefomgeving: Beleving van de Nederlandse Kust, 2022. [Beleving van de Nederlandse kust, 2022 | Compendium voor de Leefomgeving](#)

zu Ermgassen, Philine et al., 2021. Ecosystem Services: Delivering Decision-Making for Salt Marshes; Published: 21 May 2021; Volume 44, pages 1691–1698, (2021) [Ecosystem Services: Delivering Decision-Making for Salt Marshes](#)

-
- Hendriks, K., S. Gubbay, E. Artes & J. Janssen 2020, [Carbon stocks and sequestration in terrestrial and marine ecosystems: a lever for nature restoration? A quick scan for terrestrial and marine EUNIS habitat types](#). Wageningen, Wageningen Environmental Research, in opdracht van European Environmental Agency).
- Glasson, J. , Bridget Durning and Kellie Welch Impact Assessment Unit (IAU), Oxford Brookes University, 2021. The impacts of offshore wind farms on local tourism and recreation: a research study
- Jellema, A., Irene Gosselink, Pascal Ramaekers (red.), 2025. [Staat van Landbouw, Visserij, Voedsel en Natuur 2025](#). Wageningen, Wageningen Social & Economic Research, Rapport 2025-123.
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2024a. Impactanalyse Kennisprogramma Zeespiegelstijging Deelrapport Nature Based Solutions: Alternatief 1 & 2. Haskoning
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2024b. Impactanalyse Kennisprogramma Zeespiegelstijging Deelrapport Lange Termijn Denkrichtingen: Zeewaarts, Meebewegen, Beschermen Gesloten A1, Beschermen Gesloten A2, Beschermen Open B2. Haskoning
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2025a. Impactanalyse Kennisprogramma Zeespiegelstijging: deelrapport Huidige Strategie. Haskoning.
- Kennisprogramma Zeespiegelstijging, 2025b: Effectbeoordeling Meegroeien met zeespiegelstijging. Witteveen en Bos.
- Kind, J., 2023. Methodiek Impactanalyse t.b.v. het Uitvoeringsprogramma Waddengebied 2021-2026. Versie 2.0.
- LEI, 2010. Visserij in cijfers. <https://edepot.wur.nl/154255>
- Mathis, M. et al, 2024: Enhanced CO₂ uptake of the coastal ocean is dominated by biological carbon fixation (Nature Climate Change (2024, online) <https://doi.org/10.1038/s41558-024-01956-w>
- Rennert, K., Errickson, F., Prest, B.C. et al. 2022. Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO₂. Nature 610, 687–692 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05224-9>
- Stern, N. J. Stiglitz, K. Karlsson, C. Taylor. 2022. [A social cost of carbon consistent with a net-zero climate goal](#). Roosevelt Institute.
- Stowa Deltafacts, 2013: Effect van zandsuppleties op de kust en het wad. [Effect van zandsuppleties op de kust en het wad | STOWA](#)
- Stratelligence, 2014. MKBA bij Structuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer. <https://www.rwseconomie.nl/binaries/rwseconomie/documenten/rapporten/2016/augustus/augustus/mkba-rijksstructuurvisie-grevelingen-volkerakzoommeer/2014+MKBA+Rijksstructuurvisie+Grevelingen+Volkerak-Zoommeer.pdf>
- Wageningen Social & Economic Research. (2025). Visserij in cijfers 2025. Agrimatie. <https://agrimatie.nl/visserij/visserij-in-cijfers-2025/>

Bijlage I: Fasering

Voor het bepalen van de totale kosten en effecten, en de contante waardes daarvan, zijn aannames nodig over wanneer de maatregelen in de periode tussen 2050 en 2200 uitgevoerd worden, en wanneer de verschillende effecten optreden. Deze bijlage geeft de daarbij gehanteerde aannames voor de verschillende onderdelen.

Waterkeringen

Het verloop in de tijd van de kosten voor de primaire waterkeringen (dit zijn de dijken en kleine kunstwerken) is mede afhankelijk van de vraag of er een 'systeemmaatregel' wordt genomen, zoals de aanleg of juist verwijdering van een stormvloedkering of sluis, of het installeren van grote gemalen. Wanneer een systeemmaatregel leidt tot lagere hoogwaterstanden en dus minder kosten voor de primaire waterkering, dan zal deze systeemmaatregel eerst gereed moeten zijn voordat er (ten opzichte van het voortzetten van de huidige VKS) kosten kunnen worden bespaard. Andersom geldt dat wanneer een systeemmaatregel leidt tot hogere hoogwaterstanden, de primaire waterkeringen eerst versterkt moeten worden voorafgaand aan de systeemmaatregel (tenzij er voldoende overhoogte/-sterkte is). Om dit 'spel' van fasering op een consistente wijze te spelen, is een modelmatige benadering nodig.⁷⁸ Dat valt buiten de scope van deze studie.

In deze studie is daarom als volgt te werk gegaan:

- De kosten voor de waterkeringen (dijken en kunstwerken) zijn in de rapporten over de denkrichtingen gebaseerd op de kosten uit de Systemanalyse (Zethof en Stijnen, 2023). De in de Systemanalyse gerapporteerde kosten zijn de totale kosten voor de periode 2050-2200, waarin al rekening is gehouden met restwaarde na 2200. Het verloop van de kosten in de tijd is niet bekend.
- Bij investeringen in primaire keringen wordt doorgaans uitgegaan van een levensduur van 50 jaar. Dat betekent dat ervanuit gegaan mag worden dat de gemiddelde resterende levensduur van de keringen na 2200 nog 25 jaar is. De totale investeringskosten gedurende 2050-2200 zijn dan $175/150 \times$ de kosten uit de systemanalyse, en de restwaarde $25/150 \times$ de kosten uit de systemanalyse.
- We nemen aan dat er in de gehele periode 2050-2200 elk jaar een gelijk bedrag wordt geïnvesteerd.
- De kosten van de primaire keringen berekenen we dus als volgt:

$$\begin{aligned}K_{\text{ref}(2050-2200)} &= I_{\text{ref}(2050-2200)} - R_{\text{ref}(2200)} \\I_{\text{ref}(2050-2200)} &= K_{\text{ref}(2050-2200)} + R_{\text{ref}(2200)} \\R_{\text{ref}(2200)} &= 25/150 \times K_{\text{ref}(2050-2200)} \\I_{\text{ref}(2050-2200)} &= 175/150 \times K_{\text{ref}(2050-2200)} \\R_{\text{ref}(2200)} &= 25/150 \times K_{\text{ref}(2050-2200)} \\J_{\text{ref}(2050-2200)} &= 1/150 \times I_{\text{ref}(2050-2200)}\end{aligned}$$

Waarbij:

K = kosten; zoals gerapporteerd in de Systemanalyse of ingeschat in de rapporten van de denkrichtingen;

I = het investeringsbedrag;

R = restwaarde na 2200;

⁷⁸ Zoals bijvoorbeeld is uitgewerkt in Kind e.a. (2015). Achtergronddocumentatie Blokkendoos DPRD 1.0 en 2.0.

$$K = I - R$$

JI = Jaarlijks investeringsbedrag

- Deze wijze van berekenen doen we ook wanneer ingeschat is dat door een systeemmaatregel de kosten van de primaire keringen in een van de alternatieven toe- of juist afnemen.

Sluizen en stormvloedkeringen:

- De kosten van sluizen en stormvloedkeringen in de rapporten over de denkrichtingen en de systeemanalyse zijn gelijk aan $1,5 \times$ de initiële aanlegkosten, vanuit de gedachte dat de levensduur van deze objecten 100 jaar is en er in de periode 2050-2200 dus '1,5 keer' geïnvesteerd moet worden.
- Wij hebben aangenomen dat er in de periode van 150 jaar (2050-2200) twee keer geïnvesteerd wordt (in 2050 en 2150) en dat er in 2200 nog een restwaarde is van $0,5 \times$ de initiële aanlegkosten.
- Het jaarlijkse beheer en onderhoud van stormvloedkeringen en sluizen is, op advies van GPO, gelijk genomen aan 0,95% respectievelijk 1,35% van de initiële investeringskosten.

Suppleties:

- Aangenomen is dat de jaarlijkse kosten gelijk zijn aan $1/150 \times$ het totaal bedrag voor suppleties zoals dat geraamd is voor het kustbehoud en voor het behouden van natuur in het intergetijdengebied.

Kustbassin (exclusief gemalen):

- Aangenomen is dat de kosten voor het kustbassin (uit Zeewaarts) éénmalige kosten zijn voor taluds en zandlichamen die in het jaar 2050 worden gemaakt;
- De jaarlijkse onderhoudskosten zijn gelijk aan 1% van de investering.

Terugtrekken:

- Voor de kosten voor het 'terugtrekken' van kapitaalgoederen wordt uitgegaan van een 100 jaar durend proces (2050-2150) gedurende welke elk jaar 1% van de totale kosten wordt aangenomen.

Pompen/gemalen:

Het verloop in de tijd van de kosten van pompen is gebaseerd op het volgende:

- de benodigde pompcapaciteiten voor de jaren 2100 en 2200 zijn overgenomen uit de rapporten van de denkrichtingen;
- de benodigde investeringen worden in 2050 (met als zichtjaar 2100) en 2100 (met als zichtjaar 2200) gedaan;
- er is rekening gehouden met herinvesteringen en beheer onderhoud tot 2200, en met restwaarde na 2200;
- in de rapporten over de denkrichtingen is de benodigde energie voor het pompen steeds berekend voor het einde van het zichtjaar (jaar 2100 respectievelijk 2200). In de berekeningen hebben we de energiekosten geleidelijk laten oplopen in de periodes 2050-2100 en 2100-2200, waarbij aangenomen is dat het energieverbruik in 2050 gelijk is aan de helft van het energiegebruik in 2100.

Overstromingsrisico binnendijks:

- De omvang van het overstromingsrisico is overgenomen uit de kostenrapportage van Meebewegen, waarna deze gecorrigeerd is met een factor 10. Hierin is rekening gehouden dat de omvang van de schade toeneemt door hogere waterstanden en door economische groei.

Buitendijks:

- Aangenomen is dat de kosten voor het geleidelijk aanpassen van buitendijkse gebieden in de periode 2050-2200 worden gemaakt (dus jaarlijks 1/150^e van de totale kosten).

Scheepvaart:

- De aanname is dat de kosten een éénmalig bedrag zijn in 2050.

Landbouw:

- De schades zijn gebaseerd op omslagpunten. Dit is in detail uitgewerkt in Bijlage F.

Drinkwater:

- De extra kosten voor drinkwaterproductie zijn gebaseerd op een vast bedrag per jaar.

Natuur:

- Voor natuur die verdwijnt na 2050 als gevolg van zeespiegelstijging nemen we aan dat deze lineair in 50 jaar afneemt. Dat betekent dat na 2100 deze natuur geen ecosysteemdiensten meer levert.
- We gaan ervan uit dat de maatregelen die worden voorgesteld in de denkrichtingen in 2050 worden gerealiseerd (in lijn met de kostenramingen voor de andere componenten). De effecten ervan op de waterlichamen gaan dus ook al meteen in 2050 in.
- De ontwikkeling van natuur in de denkrichting Meebewegen (TmB100) is tot 2150 eenvoudig, deze volgt de huidige VKS. Na 2150 zal de bescherming tegen overstromingen ophouden (met uitzondering van dijkringen 14 en 44) en zal laag Nederland op termijn onder water lopen. Dat levert een enorm areaal aan zoute getijdennatuur op. Hoe snel dat zal gaan kunnen we niet inschatten. Dit effect nemen we daarom niet mee. We nemen voor nu aan dat alleen in het rivierengebied areaal natuur toeneemt van 2150-2200.

Bijlage J: Monte Carlo-analyse

J.1 Inleiding

De ramingen van de kosten en effecten zoals die gemaakt zijn in deze studie voor de verschillende lange termijn denkrichtingen voor extreme zeespiegelstijging, zijn om meerdere redenen onzeker. Enerzijds doordat de inzet van het onderzoek door de consortia verkennend/ontwerpend van aard was, en niet gericht was op diepgaande analyses. Anderzijds doordat de toekomst nou eenmaal inherent onzeker is. De onzekerheid rondom de in deze studie gemaakte schattingen van de in geld uitgedrukte kosten en effecten, is daarom moeilijk te kwantificeren.

Wanneer het niet goed mogelijk is om de onzekerheid door aanvullend onderzoek te onderbouwen of te reduceren (vanwege ontbrekende kennis, budget- en/of tijdsbeperkingen), dan is een van de mogelijkheden om experts te bevragen naar hun persoonlijke (subjectieve) inschatting van de onzekerheid (de zgn. Delphi-methode). Ook dit was binnen deze opdracht niet volledig (d.m.v. het organiseren van een expertsessie o.i.d.) mogelijk. Daarom is teruggevallen op inschattingen van de leden van het projectteam zelf over de mogelijke bandbreedtes rondom de geraamde kosten en effectenposten. Op basis daarvan is vervolgens een relatief eenvoudige Monte Carlo-analyse (MCA) voor iedere denkrichting uitgevoerd.

J.2 Aanpak

De MCA is per denkrichting uitgevoerd om een bandbreedte te bepalen rondom de totale contante waarde van de kosten en effecten. Hiertoe zijn de volgende stappen doorlopen:

1. voor 9 posten (contante waarde van kosten of effecten) is op basis van een (subjectief) deskundigenoordeel (a) de minimale waarde, (b) de meest waarschijnlijke waarde (modus) en (c) de maximale waarde ingeschat, uitgaande van relatief eenvoudige driehoeksverdelingen (zie Tabel J1 hieronder);
2. vervolgens zijn per denkrichting 5.000 trekkingen gedaan uit deze 9 driehoeksverdelingen en is per trekking steeds het totaal van de contante waarde van de kosten en effecten voor de denkrichting berekend;
3. de resultaten van de Monte Carlo-analyses (zoals de gemiddelden en de kansverdeling van de totalen) van de denkrichtingen zijn verwerkt in de analyses in het hoofdrapport (zie Hoofdstekst, paragraaf 4.2) alsook in samenvattende grafieken (Figuren J1, J2 en J3), waaruit inzicht is verkregen en op basis waarvan conclusies zijn geformuleerd.

Alle berekeningen zijn uitgevoerd in Excel. De berekeningen zijn relatief eenvoudig gehouden. Dat betekent dat:

- er geen rekening is gehouden met mogelijke correlaties tussen de onzekere parameters die input zijn voor de berekeningen;⁷⁹
- de ingeschatte onzekerheid direct betrekking heeft op de contante waardes van de kosten en effecten. Deze onzekerheid is ingeschat door ‘met een schuin oog’ te kijken naar de onderliggende berekeningen;
- bij het inschatten van de onzekerheid rondom de contante waardes is geen rekening met:
 - het scenario voor zeespiegelstijging (in het hele kennisprogramma is uitgegaan van een extreem scenario);
 - de timing/fasering van de investeringen die nodig zijn in de denkrichtingen; en
 - de discontovoet.

⁷⁹ Een aantal correlaties zijn wel plausibel. Denk bijvoorbeeld aan de kosten voor grootschalige suppleties en voor pompen, die beide beïnvloed worden door toekomstige en onzekere ontwikkelingen van energieprijzen.

In een eventuele vervolgstudie wordt aanbevolen deze drie aspecten wel diepgaander in relatie tot een onzekerheidsanalyse te beschouwen.

J.3 Aangenomen kansverdelingen

In onderstaande Tabel zijn de verdelingen voor de kosten en effecten kort beschreven. Na de Tabel volgt ook een toelichting op de 'logaritmische' gemiddelden.

Tabel J1: Aangenomen driehoeks-kansverdelingen van kosten en effecten

Kosten of effect	Meest waarschijnlijk (Mod.)	Min.	Max.	Opmerking
Keringen	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	<p>Dijken: De ondergrens is gebaseerd op de bedragen zoals die geraamd zijn op basis van de Systeemanalyse (zie Bijlage A). Hierop is vervolgens 20% in mindering gebracht om rekening te houden met de bandbreedte (ondergrens) in de kostenraming van KOSWAT.</p> <p>Stormvloedkeringen, sluizen, kustmeer, regelwerk: Ondergrens is gelijk aan 50% van de getallen die geraamd zijn in Bijlage A (dus -50%).</p> <p>Grote suppleties en kustlijnzorg: Ondergrens is gelijk aan 70% van de kosten geraamd in Meegroeien (dus -30%). (bandbreedte op basis rapport Meegroeien).</p>	<p>Dijken: De bovengrens is gebaseerd op de inschatting van de hogere kosten als gekozen zou worden voor groene dijken in plaats van constructieve dijken. Het verschil in deze ramingen is bij Beschermen uitgewerkt voor verschillende deelgebieden. Op basis hiervan is in een factor afgeleid, per gebied, die aangeeft hoeveel hoger de ramingen zouden uitvallen wanneer uitgegaan wordt van groene dijken in plaats van constructies. Deze factor is:</p> <p>Oosterschelde: 1,6 Westerschelde: 1,25 RMM: 2 Wadden: 1,2</p> <p>Voor het IJsselmeer is een factor 1,5 aangenomen.</p> <p>Stormvloedkeringen, sluizen, kustmeer, regelwerk: 150% van de getallen die geraamd zijn in Bijlage A (dus +50%).</p> <p>Grote suppleties en kustlijnzorg: Op basis van Meegroeien: 130% (dus +30%).</p>	
Pompen	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	Bedragen zoals in Bijlage B uitgewerkt, maar dan op basis van kostenkentallen voor investeringen op basis van kentallen door het consortium Beschermen.	Bedragen zoals in Bijlage B uitgewerkt, op basis van kostenkentallen geadviseerd door GPO, + 50%. (NB: +40% op basis van advies GPO, maar dit is enkel voor de investeringskosten. De bovengrens is wat hoger genomen vanwege onzekerheid t.a.v. de aangenomen levensduur,	

Kosten of effect	Meest waarschijnlijk (Mod.)	Min.	Max.	Opmerking
			energiebehoefte en -prijs, en kosten voor beheer en onderhoud.	
Suppleties intergetijde	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	Bandbreedte op basis van rapport Meegroeien (-30%)	Bandbreedte op basis van rapport Meegroeien (+30%)	In het rapport van Meegroeien is ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de hoeveelheid ('gratis') ingevangen slib, maar de kosten blijken daarvoor maar beperkt gevoelig te zijn
Buitendijks	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	Bedragen zoals in Bijlage D uitgewerkt, maar dan zonder de extra kosten voor woningen, bedrijven en infrastructuur.	Bedragen zoals in Bijlage D uitgewerkt.	
Overstromingsrisico binnendijks	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	-67% van het overstromingsrisico zoals uitgewerkt in Bijlage E (dus $\times 1/3$).	+200 % van het overstromingsrisico zoals uitgewerkt in Bijlage E (dus $\times 3$).	Het gaat hier uitsluitend om de bandbreedte in de gevolgen van een overstroming, aangezien alle primaire keringen aan de norm dienen te voldoen. Uitgaande van de gecorrigeerde inschattingen van het overstromingsrisico met een factor 10 (zie Bijlage E), is de bijdrage van het overstromingsrisico aan de totale kosten bescheiden. De onzekerheid in de gevolgen (schade) is doorgaans groter dan de onzekerheid van de kosten. Daarom is een wat grotere bandbreedte gekozen.
Verziltingschade landbouw	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	Zoals in Bijlage F uitgewerkt, op basis van een globale analyse m.b.t. zouttolerantie. Voor Meebewegen: getallen uit Bijlage F vermenigvuldigd met 0,5.	Zoals in Bijlage F uitgewerkt, op basis van getallen DPZW, vermenigvuldigd met een factor 0,5. Voor Meebewegen: conform Bijlage F	De max. inschatting op basis van DPZW is een extrapolatie naar een extreem toepassingsbereik en is gebaseerd op opbrengstverliezen (hetgeen een overschatting is). De min. inschatting is wellicht weer optimistisch omdat er geen frictiekosten zijn meegenomen (uit de landbouw vrijkomende arbeid en kapitaal kunnen direct elders in de economie worden ingezet).

Kosten of effect	Meest waarschijnlijk (Mod.)	Min.	Max.	Opmerking
				Voor Meebewegen, uitgegaan is van het totale verlies van 1,1 mln ha landbouwgrond. Dit is een hoge inschatting.
Drinkwater	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	- 67% van de bedragen zoals in Bijlage F uitgewerkt.	+ 200% van de bedragen zoals in Bijlage F uitgewerkt.	Extra kosten van drinkwaterbereiding zijn zeer globaal ingeschat in Meebewegen. Onzekerheid over zowel de aanpak, de eenheidskosten (€1 per m ³), de verziltte bronnen en de vertaling naar de verschillende denkrichtingen geeft aanleiding tot een ruime en asymmetrische bandbreedte.
Scheepvaart/havens	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	Alle varianten: - 67% van de bedragen zoals in Bijlage G uitgewerkt.	B1: + 100% van de kosten zoals in Bijlage G uitgewerkt. Overige varianten: + 200% van de bedragen zoals in Bijlage F uitgewerkt.	De effecten voor de havens en scheepvaart zijn voor een belangrijk gebaseerd op een stelpost, omdat het niet duidelijk is wat er met de scheepvaart/havens in de denkrichtingen gebeurt. De omvang van deze stelpost is ingegeven door het aantal passages van zee- en binnenvaartschepen van de Nieuwe Waterweg en een eerdere studie naar de kosten van het sluiten van de Maeslantkering en op een inschatting van de kosten van het buitengaats brengen van de haven. De kosten voor Antwerpen zijn gelijk genomen aan die voor Rotterdam. De kosten voor de variant B1 zoals geschat in Bijlage G is waarschijnlijk een overschatting. Het globale karakter van de analyse geeft aanleiding voor het aannemen van een relatief grote bandbreedte.
Verlies natuurwaarden	Logaritmisch gemiddelde van Min. en Max.	-50%	+100%	Zie Appendix J.1 De bandbreedte is ingegeven door (i) de snelheid waarmee natuur verdrinkt als gevolg van zeespiegelstijging; (ii) de onzekerheid in de mate van koolstofvastlegging, en (iii) de CO ₂ prijs.

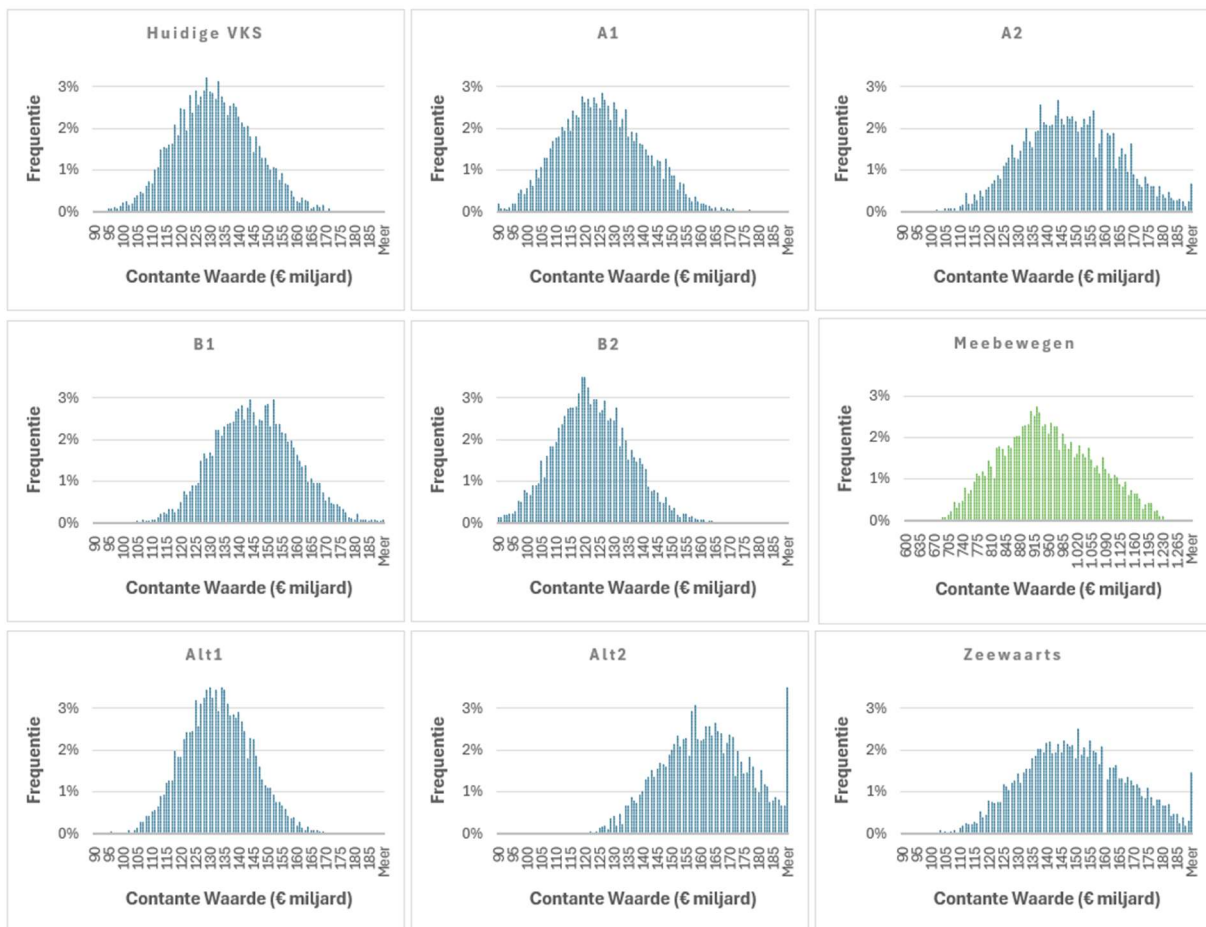
Kosten of effect	Meest waarschijnlijk (Mod.)	Min.	Max.	Opmerking
Terugtrekken	Logaritmisches gemiddelde van Min. en Max.	-50%	Zoals uitgewerkt in Meebewegen Bijlage C.	Deze post is enkel relevant voor Meebewegen. De kosten zoals geraamd in Bijlage C worden veelal gezien als een bovenschatting.

De meest waarschijnlijke waarde (de modus) is in een aantal gevallen gebaseerd op een logaritmisches gemiddelde van de ingeschatte minimale en maximale waarde (de modus is dan gelijk aan $e^{(\ln(\text{Min}) + \ln(\text{Max}))/2}$). Dit leidt tot een asymmetrische verdeling met (bijvoorbeeld) $\text{Min} = 0,5 \times \text{Mod}$ en $\text{Max} = 2 \times \text{Mod}$. Dit is equivalent met een meest waarschijnlijk schatting (Mod) van bijvoorbeeld € 2, waarbij dan de minimale waarde (Min) gelijk is aan € 1 en de maximale waarde (Max) gelijk is aan € 4. Of wel een asymmetrische bandbreedte van -50% en +100%.

J4. Resultaten

De belangrijkste resultaten zijn verwerkt in Figuur 4-2 in de hoofdstekst, waar op basis van de MCA de verwachte kosten, effecten en totale van de denkrichtingen zijn gepresenteerd. In deze paragraaf presenteren we enkele aanvullende resultaten van de MCA.

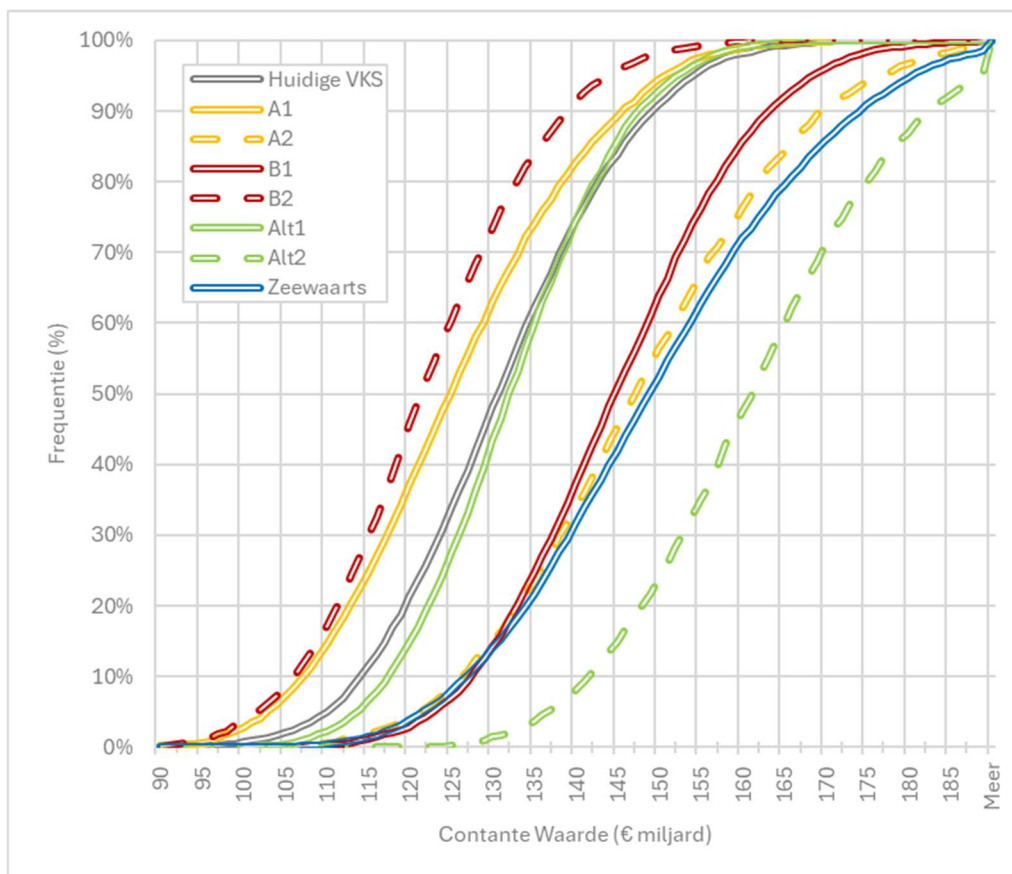
Figuur J1 geeft de verdeling van de berekende contante waardes per denkrichting weer (histogrammen). Merk op dat het bereik op de x- en y-as hier steeds gelijk gehouden zijn, met uitzondering van de x-as van het histogram voor de denkrichting Meebewegen dat om deze reden ook in een andere kleur is getoond. De x-as begint ook niet op nul. Hoe spitzer het histogram, hoe kleiner de bandbreedte is. Hoe meer het zwaartepunt van het histogram naar rechts verschuift, hoe hoger de gemiddelde (verwachte) waarde.



Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur J1: Verdeling van de contante waarde van de denkrichtingen

Figuur J2 geeft voor de contante waardes van de denkrichtingen ook de cumulatieve kansverdelingen. In feite is dit dezelfde informatie als die in Figuur J1, maar op een gestileerde en praktischere wijze weergegeven. De denkrichting Meebewegen is in dit figuur niet getoond.



Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur J2: Cumulatieve kansverdelingen van de contante waarde van de denkrichtingen

Uit deze figuur kan, op basis van de mediane waarde (af te lezen bij een cumulatieve frequentie van 50%), bijvoorbeeld geconcludeerd worden dat de contante waarde van de denkrichting B2 het laagste is (€ 122 miljard) en van Alt2 het hoogst (€ 162 miljard). Ook kan bijvoorbeeld afgelezen worden dat het 80% betrouwbaarheidsinterval van de contante waarde van de kosten van de huidige VKS ligt tussen € 115 en € 150 miljard (mediane waarde € 132 miljard).

De relatief beperkte bandbreedtes in de contante waardes zijn opmerkelijk. Doordat er geen (positieve) correlatie tussen de verschillende posten is verondersteld, kunnen onzekerheden in individuele kosten en effecten posten elkaar opheffen, waardoor de totale onzekerheid kleiner wordt dan de onzekerheid van de individuele posten.

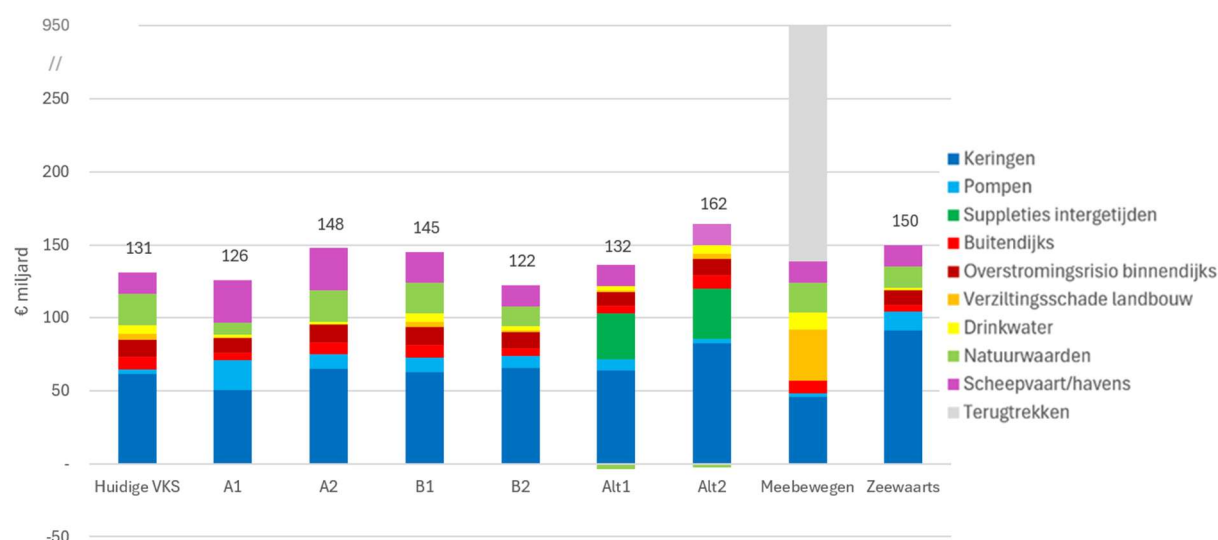
J5. Correlatiecoëfficiënten

Om een indruk te krijgen van de bijdrage van de onzekerheid zijn de correlatiecoëfficiënten bepaald die het verband leggen tussen de hoogte van de betreffende kosten of effectenpost, en de totale contante waarde, zie Tabel J2. Deze coëfficiënten dienen gezien te worden in relatie tot de totale contante waardes, zoals weergegeven in Figuur J3.

Tabel J2: Correlatiecoëfficiënten (onzekerheid in kosten of effect ten opzichte van totaal)

	Huidige VKS	A1	A2	B1	B2	Alt1	Alt2	Meebewegen	Zee-waarts
Keringen	0,7	0,5	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,1	0,9
Pompen	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
Suppleties Intergetijden	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
Buitendijks	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Overstromingsrisico binnendijks	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,2
Verziltingsschade	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Drinkwater	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Scheepvaart	0,4	0,8	0,7	0,5	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3
Natuur	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2
Terugtrekken								1,0	

Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.



Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur J3: Gemiddelde contante waarde van de denkrichtingen (op basis van de MCA)

Uit bovenstaande analyse kan voorzichtig geconcludeerd worden dat voor Alt2 en Zeewaarts de onzekerheid in de kosten van de keringen de belangrijkste onzekere variabelen zijn, voor A1 en A2 de effecten voor de scheepvaart/havens en voor Meebewegen de kosten voor terugtrekken.

Appendix J.1

De waardering van de natuureffecten gaat via een inschatting van arealen natuur die verdrinken als gevolg van zeespiegelstijging, verdrinken als gevolg van de ingrepen (weghalen van dammen bijvoorbeeld) of die andere kenmerken krijgen als gevolg van de ingrepen (zoals het afsluiten zeearmen in combinatie met pompen waardoor getij verdwijnt en de natuur zoet wordt). De veranderingen worden vervolgens vertaald in effecten voor koolstofvastlegging, toerisme en visserij. De uitkomsten laten zien dat koolstofvastlegging ongeveer voor 85-95 % bijdraagt aan het totale gemonetariseerde effect; daarom analyseren we hier alleen de onzekerheden die met koolstofvastlegging zijn gemoeid. De belangrijkste zijn:

- *Snelheid waarmee natuur verdrinkt* als gevolg van zeespiegelstijging. Wij nemen nu een lineair verlies van dat areaal aan van 2% per jaar. Hoewel al sneller dan bij de effectanalyse voor meegroeien lijkt dit nog een optimistische schatting. Bij een jaarlijkse afname van het areaal als gevolg van zeespiegelstijging van 3% wordt het monetaire effect 7% (niet verdisconteerd) tot 18% (verdisconteerd) groter.
- *Mate van koolstofvastlegging*: hoewel de literatuur vrij eenduidig is over het principe dat getijdennatuur meer koolstof vastlegt dan niet-getijdennatuur, is het dat veel minder over de precieze hoeveelheden koolstof die worden vastgelegd per biotoop. Er is nog veel onduidelijk over de exacte mechanismes ervan, waaronder over effecten op de lange termijn (vindt er ook weer teruglevering plaats bijvoorbeeld). Getallen die wij in de literatuur vonden kennen al forse bandbreedtes, zie Tabel H6; deze geven een spreiding aan van +/- 30% tot +/- 60% rond het gemiddelde; de waarde die wij hebben gebruikt in de basisberekeningen.
- *CO₂ prijs*: de door ons gehanteerde Social Cost of Carbon van € 270/ton CO₂ is afgeleid van Barrage en Nordhaus (2024), die in hun paper een brede waaier aan waarden voor de SCC berekenen (afhankelijk van de verwachte ontwikkeling van CO₂-emissies, die weer afhankelijk zijn van het gekozen beleidsscenario) met het DICE-2023 model (Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy). De belangrijkste factor die de hoogte van de SCC bepaalt is de discontovoet. Omdat wij deze als een exogene beleidskeuze beschouwen nemen we hiervoor geen onzekerheid mee. De metastudie van Tol et al (2025) naar de SCC laat zien dat de door ons gehanteerde SCC aan de hoge kant lijkt, gezien de spreiding van uitkomsten in wetenschappelijke papers (zie figuur), maar wanneer wordt gekeken naar publicatiejaar lijkt de door ons gehanteerde SCC juist aan de lage kant. Een hogere SCC leidt ook tot een groter welvaarteffect. De spreiding in de tweede figuur suggereert dat de waarden ruwweg 20% rond het gemiddelde liggen.
- Alles overziend lijkt de kans groter dat het welvaarteffect van koolstofvastlegging eerder hoger dan lager is dan wat we hebben berekend, vooral vanwege de gemaakte keuzes voor de snelheid van de zeespiegelstijging en SCC. Voor de MCA stellen we een driehoeksverdeling voor van -50% tot +100% rond het berekend effect.

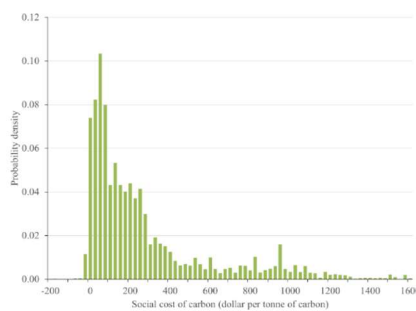
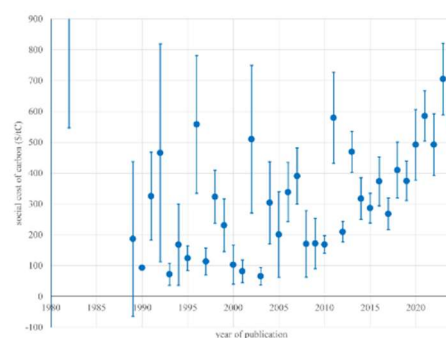


Figure 2: The histogram of published estimates of the social cost of carbon. Estimates are author- and quality-weighted and censored.

Figuur J-4: Histogram van waarden van SCC in wetenschappelijke papers (Tol, 2025).



Figuur J-5: Ontwikkeling SCC (gemiddelde per jaar uit wetenschappelijke publicaties, met bandbreedte (Tol, 2025))

Bijlage K: Figuren

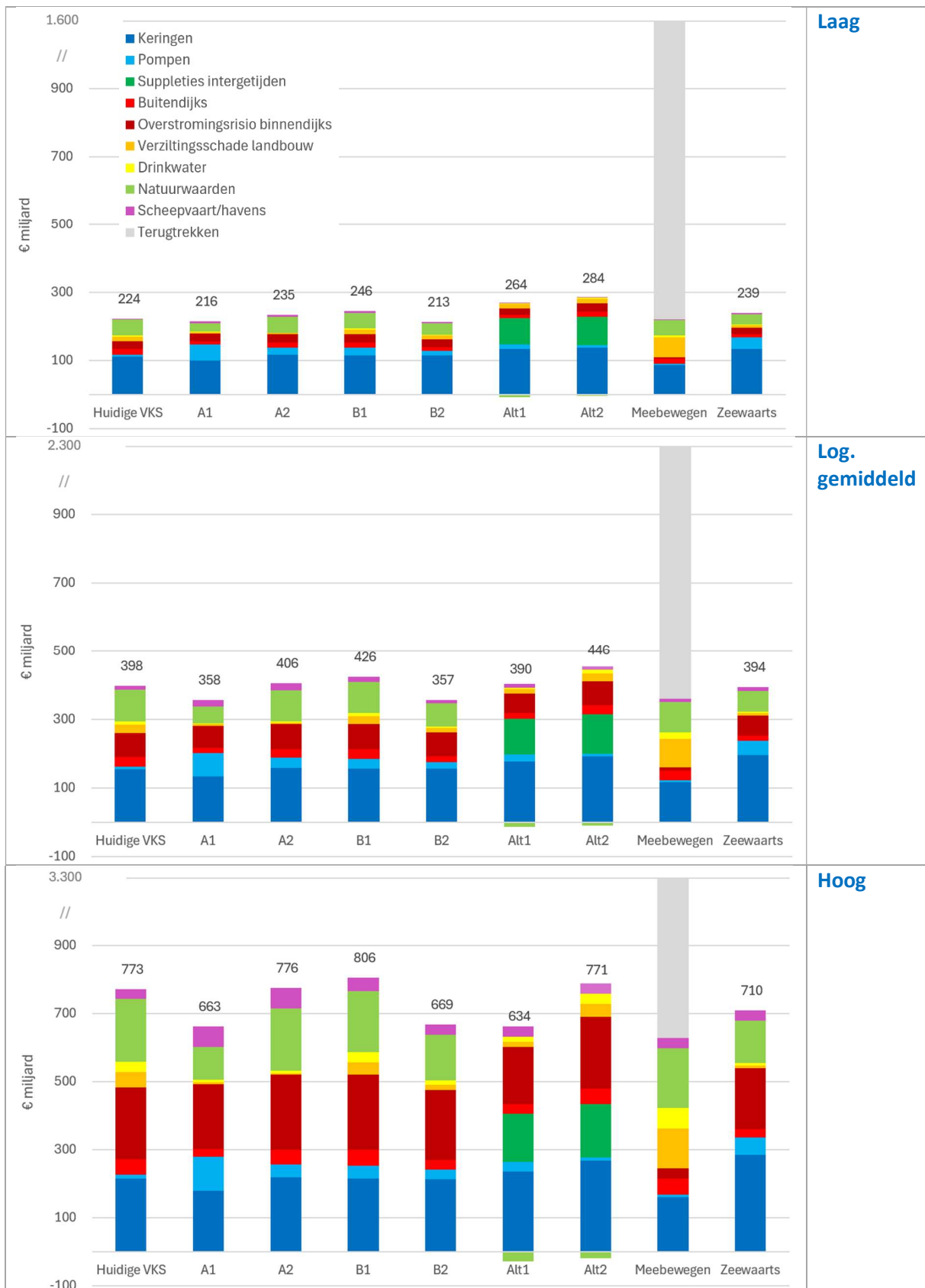
Deze bijlage bevat de volgende 4 figuren (een deel van deze figuren zijn ook opgenomen in de hoofdtekst).

Figuur K-1: Totale kosten en effecten (deze staat ook in de hoofdtekst)

Figuur K-2: Totale kosten en effecten ten opzichte van de huidige VKS

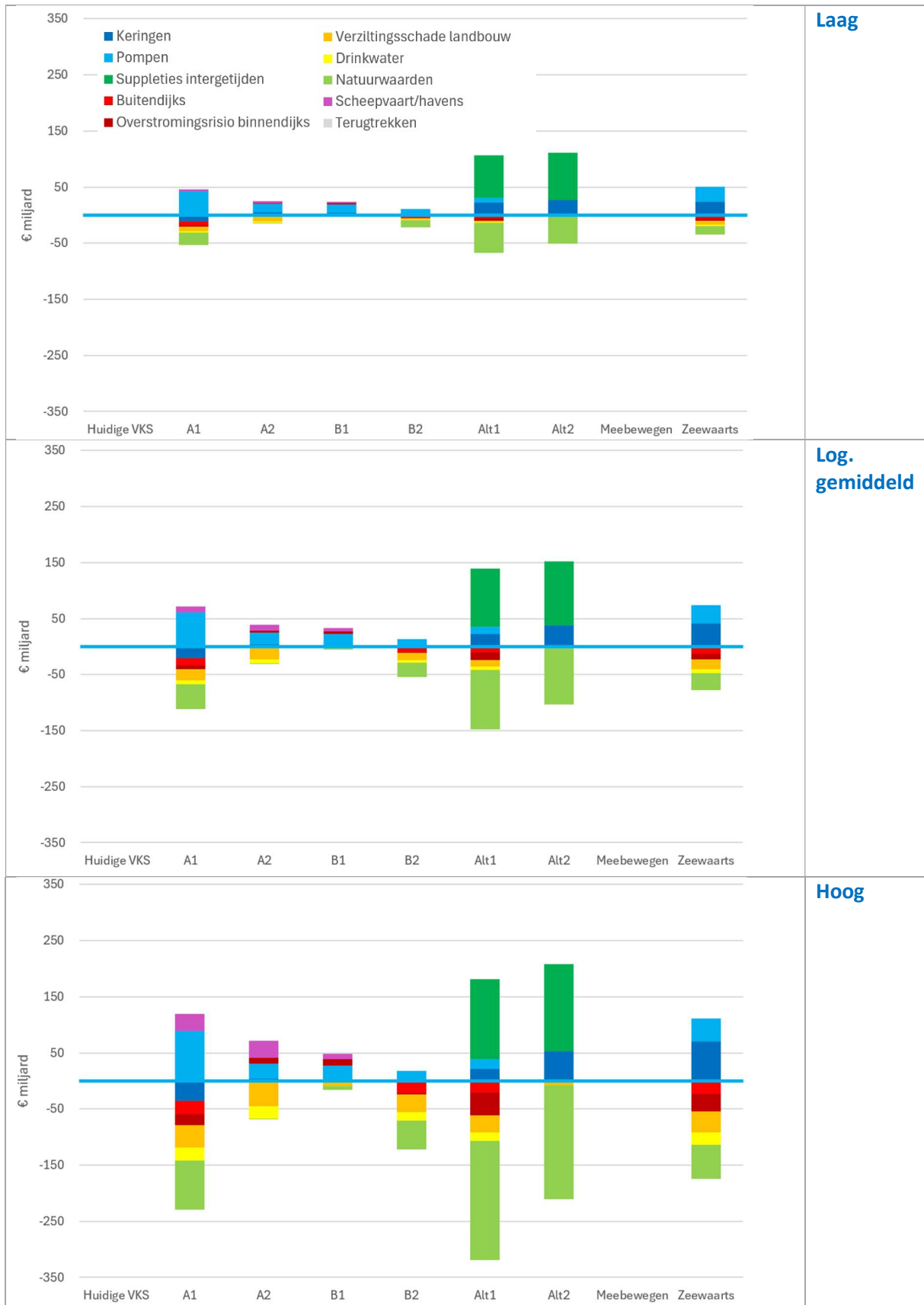
Figuur K-3: Contante waarde kosten en effecten

Figuur K-4: Contante waarde kosten en effecten ten opzichte van huidige VKS (deze staat ook in de hoofdtekst)



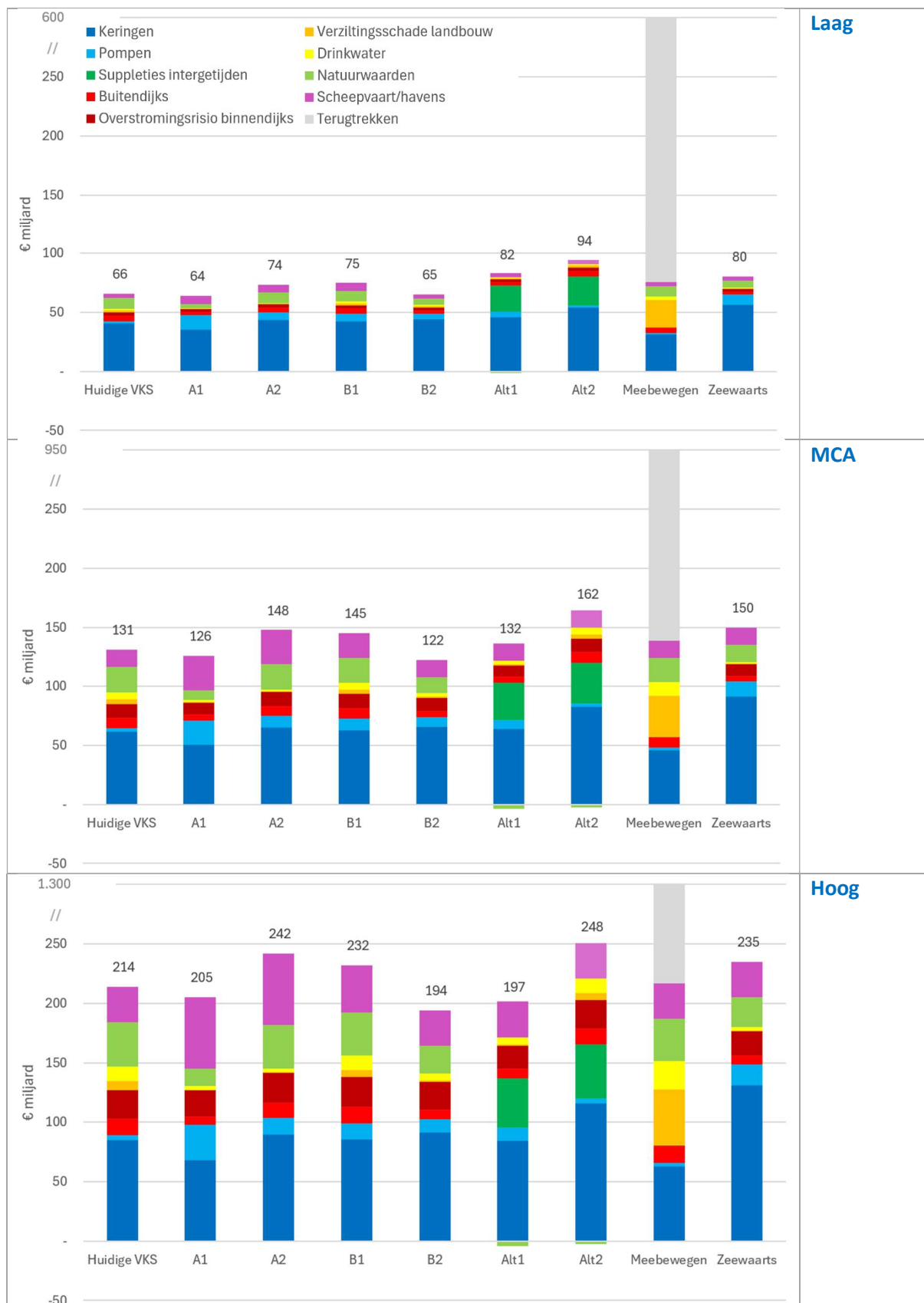
Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroei: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur K-1: Totale kosten en effecten: op basis van lage waarden (boven), log-gemiddelde waarden (midden) en hoge waarden (onder)



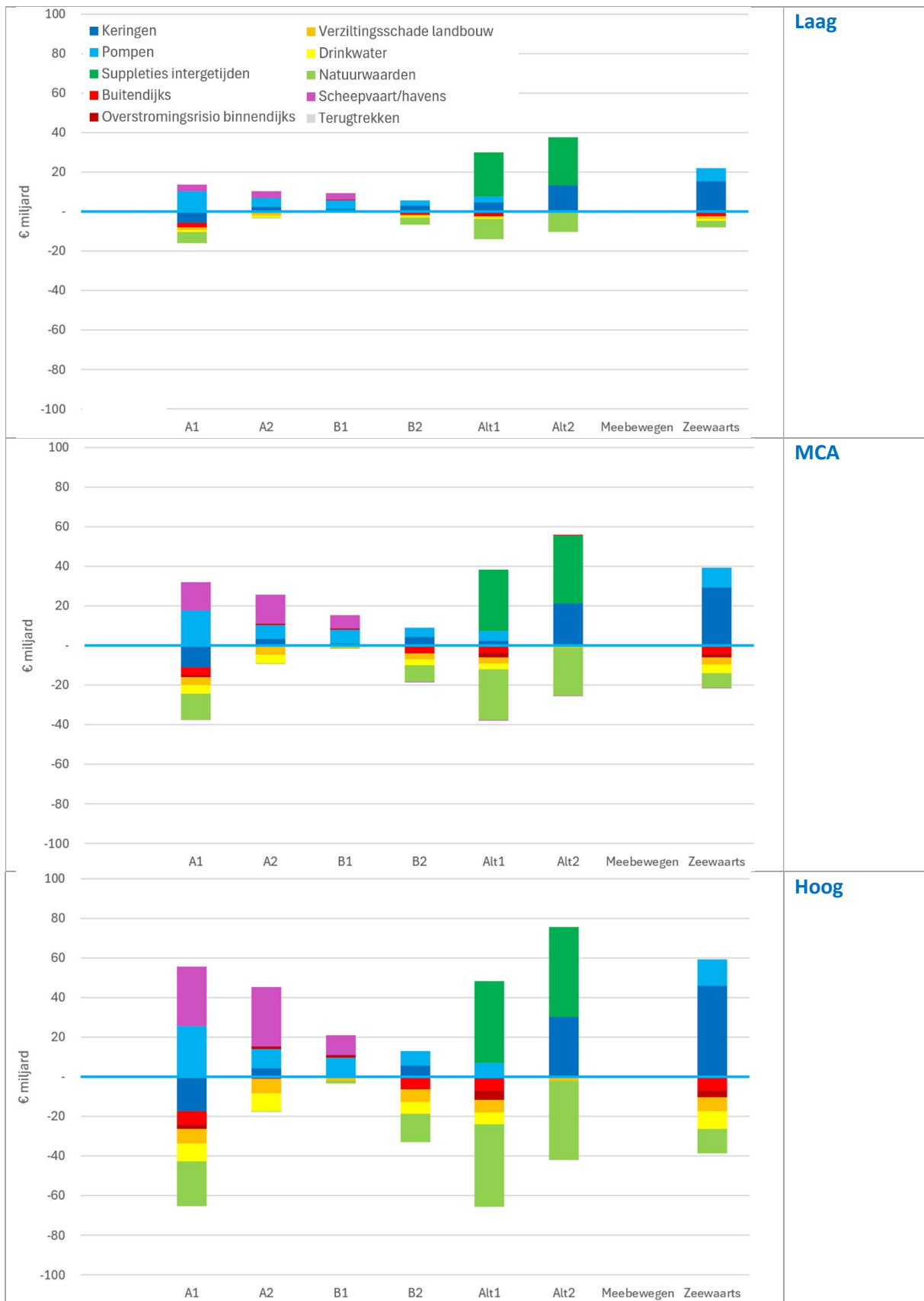
Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur K-2: Totale kosten en effecten, ten opzichte van de huidige VKS: op basis van lage waarden (boven), log-gemiddelde waarden (midden) en hoge waarden (onder)



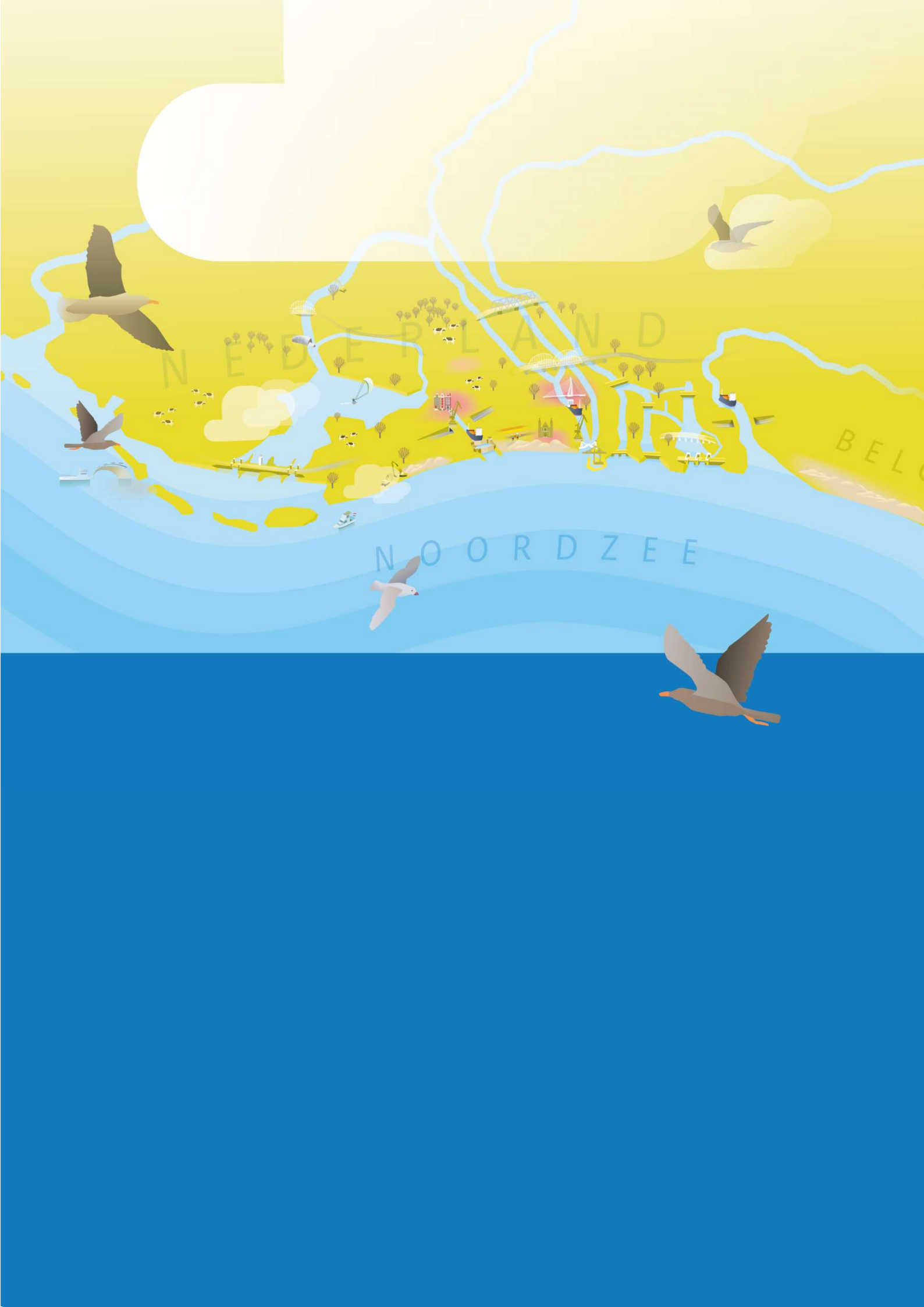
Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerverdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerverdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur K-3: Contante waarde kosten en effecten: op basis van lage waarden (boven), MCA-uitkomst (midden) en hoge waarden (onder)



Beschermen: A1 - 'gesloten, huidig binnenpeil'; A2 - 'gesloten, meestijgend binnenpeil'; B1 - 'afsluitbaar, huidige afvoerdeling'; B2 - 'afgesloten met Deltapolder, aangepaste afvoerdeling'; Meegroeien: Alt1 - 'open delta met Deltapolder'; Alt2 - 'open delta, NBS-stormvloedkeringen'.

Figuur K-4: Contante waarde kosten en effecten, ten opzichte van huidige VKS: op basis van lage waarden (boven), MCA-uitkomst (midden) en hoge waarden (onder)



NEDERLAND

BELGIË

NOORDZEE

