



STRATELLIGENCE

decision support



# Adaptieve investeringsstrategie getij Grevelingen

Augustus 2019



# Adaptieve investeringsstrategie getij Grevelingen

Leiden, augustus 2019

Opgesteld in opdracht van  
Rijkswaterstaat Zee & Delta

Colofon:

Samenstelling, tekst en redactie: Stratelligence, 27 augustus 2019

Illustraties: Stratelligence

Foto voorblad: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat, fotonr 372260.

Voor meer informatie over dit document:

Gigi van Rhee  
Stratelligence  
Rijnsburgerweg 161  
Nederland  
+31 71 573 08 20  
[info@stratelligence.nl](mailto:info@stratelligence.nl)

# VOORWOORD

---

Dit document beschrijft de optimale adaptieve investeringsstrategie voor het terugbrengen van getij op de Grevelingen en geeft advies over de doorlaatmiddelvarianten voor de planuitwerking. De voorliggende strategie is gebaseerd op de laatste (concept) resultaten van de onderzoeken die op 26 augustus beschikbaar waren. De definitieve rapporten voor de verkenningsfase waren op dat moment nog niet allemaal beschikbaar. Dit betekent dat sommige verwijzingen en referenties mogelijk niet overeenkomen met de definitieve rapporten, en dat mogelijk niet alle inzichten uit de verkenning verwerkt zijn. In de planuitwerking dienen deze nieuwe inzichten in de verdere uitwerking te worden meegenomen.

In de beoordeling en optimalisatie van de adaptieve investeringsstrategie is uitgegaan van verschillen in maatschappelijke kosten en baten tussen de alternatieven en niet van individuele business cases voor private en publieke partijen. Dit is gedaan om eerst de maatschappelijke waarde voor Nederland te kunnen optimaliseren alvorens de optimale verdeling van kosten en baten tussen partijen wordt bepaald. De verdeling van kosten en baten creëert geen maatschappelijke waarde als het enkel gaat om financiële overdracht van de ene Nederlandse partij naar de andere. Voor de business case of het taakstellend budget is de verdeling wel relevant. Deze analyse betreft geen formele maatschappelijke kosten-batenanalyse van de doorlaatmiddelen.

In de planuitwerking is het zaak de resultaten van nieuwe onderzoeken zoals de nieuwe klimaatscenario's te gebruiken en de voorliggende strategie verder uit te werken, en te optimaliseren.

# INHOUDSOPGAVE

---

Voorwoord .....	v
Inhoudsopgave .....	vi
Hoofdstuk 1 Inleiding .....	1
Hoofdstuk 2 Doelbereik en randvoorwaarden adaptieve strategie .....	3
2.1 Opdracht .....	3
2.2 Aannames klimaatverandering voor klimaatrobustheid .....	5
Hoofdstuk 3 Varianten voor het doorlaatmiddel .....	7
3.1 Investeringsvarianten .....	8
3.2 Beheer en onderhoud .....	9
3.3 Totale jaarlijkse kosten .....	9
Hoofdstuk 4 Optimale inzet peilbeheer .....	12
4.1 Onderzochte combinaties middenpeil en getijslag .....	12
4.2 Effect verschillende peilbeheeralternatieven op natuur .....	14
4.3 Peilbeheerstrategie .....	14
Hoofdstuk 5 Adaptieve investeringsstrategieën .....	16
5.1 Combinatie peilbeheerstrategie met doorlaatmiddelvarianten .....	16
5.2 Kantelpunten investeringsstrategieën .....	17
Hoofdstuk 6 Waardering adaptieve strategieën .....	22
6.1 Waterkwaliteit .....	23
6.2 Natuur onder water .....	24
6.3 Intergetijdengebied .....	25
6.4 Investeringsvarianten en beheer en onderhoud infrastructuur .....	26
6.5 Natuur boven water inclusief bestaande infrastructuur .....	27
6.6 Kosten natuurbeheer .....	28
6.7 Energieopwekking turbines en elektriciteitsgebruik bij pompen .....	29
6.8 Vermeden CO <sub>2</sub> -uitstoot .....	31
6.9 Exportpotentieel door innovatie .....	33
6.10 Kwel .....	34
Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen .....	35
7.1 Totaaloverzicht resultaten .....	35
7.2 Gevoeligheidsanalyse .....	37
7.3 Conclusies .....	41
7.4 Aanbevelingen .....	42
Literatuur .....	44

Afkortingen .....	45
Bijlage 1: overzicht pakket maatregelen compensatie Natura 2000, fase 1 .....	46
Bijlage 2: checklist consistentie MIRT-producten.....	49



Na het opstellen van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (RGV) in 2013-2014 en de actualisatie van de MKBA in 2016 is er in 2018 financiering beschikbaar gekomen voor de verdere uitwerking van het terugbrengen van getij in de Grevelingen en heeft de projectorganisatie Getij Grevelingen de opdracht gekregen het MIRT-2 besluit voor te bereiden en het bestuur te adviseren alvorens kan worden besloten te starten met de planuitwerking.

In het advies moeten drie mogelijke varianten worden beschouwd. Deze alternatieven zijn een verdere uitwerking van 'variant C' in de uitgevoerde MKBA. De alternatieven variëren in de uitvoering van het doorlaatmiddel in combinatie met een mogelijke getijdencentrale:

- Variant 1: een doorlaatmiddel uitsluitend gericht op de uitwisseling en herstel van gedempt getij. Het doorlaatmiddel in de Brouwersdam wordt uitgevoerd met 12 kokers zonder de mogelijkheid pompen of pompturbines te plaatsen;
- Variant 2: een getijdencentrale met een doorlaatfunctie. Het doorlaatmiddel in de Brouwersdam wordt uitgevoerd in de vorm van een getijdencentrale met 12 kokers waarin een pompturbine is geplaatst;
- Variant 3: gefaseerde uitvoering van de aanleg van een getijdencentrale. Initieel bestaat het ontwerp uit een doorlaatmiddel met 12 kokers die geschikt zijn gemaakt voor (latere) plaatsing van pompen of pompturbines.

In de zomer van 2019 zal door de projectorganisatie Getij Grevelingen een bestuurlijk advies worden aangeboden voor de variantenkeuze ter voorbereiding van het MIRT-2 besluit over het project Getij Grevelingen. Dit voorstel zal de opties voor een klimaatadaptieve investeringsstrategie omvatten en adviseren over een optimale combinatie tussen de inzet van het doorlaatmiddel, het verbeteren van de waterkwaliteit, realisatie van robuuste natuur, en het investeringsplaatje op korte en lange termijn. Voor dit advies is het nodig om voldoende inzicht te krijgen in de korte- en langetermijnkosten en de globale baten van de te ontwikkelen varianten voor het project en in de optimale klimaatadaptieve investeringsstrategie. Voor de klimaatadaptieve strategie is externe ondersteuning gevraagd.

Dit rapport gaat in op het externe advies over de adaptieve investeringsstrategie en de onderbouwing daarvan. Bij het opstellen van het advies is intensief samengewerkt met het projectteam zodat met dezelfde resultaten, aannames en uitgangspunten is gewerkt en het externe advies al betrokken is in het advies van het projectteam.

### **Leeswijzer**

Het vervolg van dit rapport beschrijft in Hoofdstuk 2 de opgave, uitgangspunten en randvoorwaarden. In hoofdstuk 3 volgt de beschrijving van de doorlaatmiddelvarianten inclusief de investeringen en beheer- en onderhoudskosten. Hoofdstuk 4 gaat in op de mogelijkheden van de verschillende peilbeheerscenario's en de kosten voor mitigatie en compensatie. In Hoofdstuk 5 komen mogelijke combinaties van de adaptieve peilbeheerstrategie en fasering van de doorlaatmiddelvarianten aan bod. De effecten per

variant bij de optimale peilbeheerstrategie worden in Hoofdstuk 6 beschreven. Hoofdstuk 7 sluit af met een samenvatting van de resultaten per variant en de conclusies en aanbevelingen.

## HOOFDSTUK 2 DOELBEREIK EN RANDVOORWAARDEN

### ADAPTIEVE STRATEGIE

---

Door de aanleg van de Deltawerken is de Grevelingen destijds afgesloten van de Noordzee. De getijdebeweging verdween en er werden grote delen van de Grevelingen zuurstofloos. In de zuurstofloze gebieden is geen sprake van een gezond bodemleven. Hierdoor is het natuurlijke systeem kwetsbaar. Bovendien is de economisch vitaliteit van het gebied afhankelijk van het water en daarmee van de kwaliteit daarvan.

Om de waterkwaliteit te verbeteren is het terugbrengen van beperkt getij via een doorlaatmiddel in de Brouwersdam als voorkeursalternatief uit de verschillende onderzoeken in de afgelopen jaren naar voren gekomen. Het terugbrengen van getij geeft mogelijkheden voor een meer integrale natuurverbetering op termijn en een gezonde basis voor een duurzame ontwikkeling van het gehele gebied. Een doorlaatmiddel biedt bovendien de kans om duurzame getijdenenergie op te wekken.

#### 2.1 OPDRACHT

In 2018 kwam de benodigde financiering voor het doorlaatmiddel rond, maar bleek er nog onvoldoende inzicht om te kunnen starten met de planuitwerking. Dit inzicht betrof 1) de effecten op Natura 2000 (voor de bovenwaternatuur) en de daaraan gekoppelde compensatieopgave en 2) de effecten van zeespiegelstijging en de robuustheid van het doorlaatmiddel daarbij.

Het afgelopen halfjaar is daarom gewerkt aan het onderzoeken of er nog steeds een getijslag mogelijk is met substantiële verbetering van de waterkwaliteit, onderwaternatuur en ontwikkeling van het intergetijdengebied, terwijl tegelijkertijd voldaan kan worden aan de compensatie- en mitigatieverplichtingen voor de Natura-2000-instandhoudingsdoelen. Aanvullend is de behoefte geformuleerd inzicht te geven in de mate van klimaatrobustheid van de mogelijke oplossingen. Voor het zoeken van een oplossing is het eerdere investeringsbudget als taakstellend meegegeven. Tabel 1 vat de eisen, wensen en randvoorwaarden samen. Een belangrijke constatering is dat eisen, wensen en randvoorwaarden variëren in de tijd. Bij de aanleg en in de eerste periode daarna zal het taakstellend budget en de huidige Natura-2000-regelgeving van toepassing zijn maar op termijn kan in de Natura-2000-regelgeving meer ruimte komen. Pas op langere termijn gaat klimaatrobustheid een belangrijke rol spelen.

#### Kader 1: klimaatrobustheid

---

In dit project wordt de term klimaatrobustheid op twee manieren gebruikt.

1. De term klimaatrobust refereert aan de *wens* tot het realiseren van 40 cm getijslag op de Grevelingen bij een zeespiegelstijging van 40 cm ten opzichte van 1995. Een oplossing voldoet hieraan (is klimaatrobust) of doet dat niet (is niet klimaatrobust).
2. In de adaptieve strategie wordt 100 jaar vooruitgekeken en worden verschillende klimaatscenario's in de afweging betrokken. Daarvoor is het relevant of een oplossing *meer of minder klimaatrobust* is. Dat wil zeggen hoe lang kan je met een oplossing vooruit? Een oplossing die tot 50 cm zeespiegelstijging aankan, is klimaatrobuster dan een oplossing die tot 40 cm zeespiegelstijging aankan.

**Tabel 1: verschillen in randvoorwaarden, eisen en wensen over tijd**

	Fase 1: eerste aanleg 2025	Fase 2 met vervolgstappen
Waterkwaliteit	Ingrep noodzakelijk (verbeteren van max. 800 ha zuurstofloos gebied) <sup>1</sup>	Ingrep blijft nodig
Budget investeringen	Max € 139,5 miljoen (prijspeil 2018)	Geen maximum
Natuur (bovenwater)	Natura 2000 strikte naleving, dit stelt zwaardere compensatie-eisen dan eerder voorzien	Mogelijk verruiming van wet- en regelgeving
Energie	Wens duurzame elektriciteitsopwekking, SDE/DEI-subsidie beschikbaar voor marktpartij	SDE onzeker, rendement elektriciteitsopwekking neemt af bij grote zeespiegelstijging
Klimaatrobuustheid	Wens om 40 cm zeespiegelstijging aan te kunnen met een getijslag van 40 cm, wordt pas actueel als zeespiegel naar 40 cm stijgt. Dit is in 2025 nog niet het geval en geeft nog tijd voor maatregelen mits de gekozen oplossing hiervoor wel geschikt (te maken) is, tegen acceptabele kosten.	Aanpassing voor zeespiegelstijging nodig, timing bereiken grenswaarden onzeker

In de huidige omstandigheden kan niet tegelijk aan alle harde doelen en randvoorwaarden worden voldaan. De Natura-2000-compensatie loopt in de miljoenen bij het peilbeheerscenario zoals dat in de RGV was aangenomen (€ 80 mln.).<sup>2</sup> Dit is geen bedrag dat realistisch binnen het taakstellend budget opgevangen kan worden, laat staan dat er ruimte is om te investeren in (de wens voor) klimaatrobustheid. De wens om energie op te wekken kan niet publiek worden uitgevoerd. De meerkosten voor de turbines passen evenmin binnen het taakstellend budget.

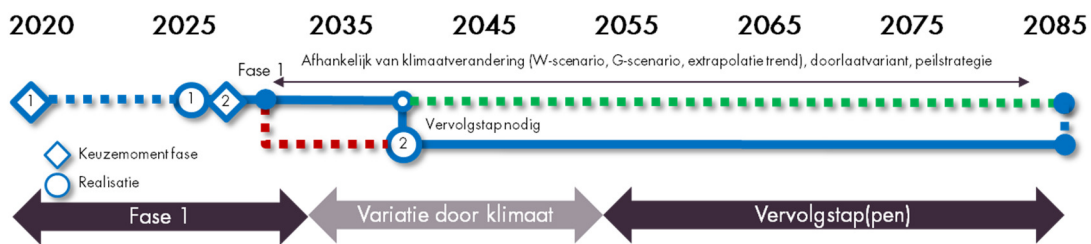
Kortom voor het vinden van een oplossing is een adaptieve (investering)strategie de enige mogelijkheid om (zie Figuur 1):

- Mogelijke kansen op kostenreductie en verruiming van het budget te kunnen benutten;
- Investeren uit te stellen wanneer dat de initiële investering verkleint en de totale projectkosten niet/nauwelijks verhoogt.

Een adaptieve investeringsstrategie helpt om bij de besluitvorming over het project over- of onderinvestering als gevolg van onzekerheden te voorkomen. In het project Getij Grevelingen spitst dit zich toe op de keuze van de varianten (doorlaatmiddel) en het peilbeheerscenario (maximum peil en getijslag). Kostenverhogende elementen op de oorspronkelijke raming (waarop het taakstellend budget is gebaseerd) zijn vooral Natura 2000 (zie Hoofdstuk 4) en daarnaast klimaatrobustheid. Beide zijn omgeven met onzekerheden, maar ook de effectiviteit van de getijslag op het verbeteren van de waterkwaliteit, de elektriciteitsopbrengsten en prijzen, de marktinteresse etc. zijn onzeker. Uitstellen van een (deel)besluit kan ervoor zorgen dat de onzekerheden bij de (vervolg)besluitvorming verminderd zijn en dat aanvullende kennis en informatie kan worden benut en het risico op over- of onderinvestering zo wordt verminderd.

<sup>1</sup> 500 ha van de 1300 ha aan zuurstofloos areaal betreft de diepe geulen die ook bij grote getijslag zuurstofloos zullen blijven.

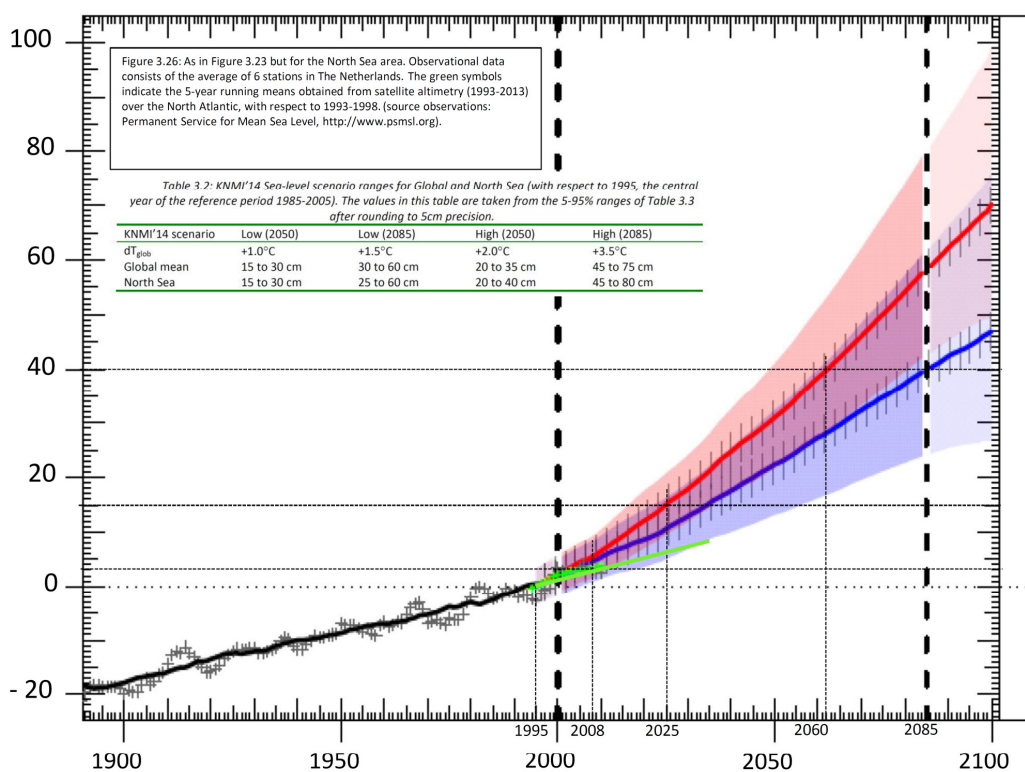
<sup>2</sup> Bron projectteam Inhoud en Onderbouwing.



**Figuur 1: Klimaatverandering in combinatie met andere onzekerheden vragen fasering**

## 2.2 AANNAMES KLIMAATVERANDERING VOOR KLIMAATROBUUSTHEID

De inschatting van de mate van klimaatrobuustheid (hoeveel jaren kan je met het doorlaatmiddel vooruit?) hangt sterk af van het aangenomen klimaatscenario. Een doorlaatmiddel dat 40 cm zeespiegelstijging aankan, voldoet in het G-scenario tot 2085 (blauwe lijn in Figuur 2), in het W-scenario tot 2062 (rode lijn in Figuur 2) en bij het doortrekken van de huidige trendlijn misschien wel tot ruim na 2100 (groene lijn Figuur 2). Om de oplossingen te kunnen beoordelen, is daarom een aanname nodig over het te hanteren scenario.



**Figuur 2: verloop zeespiegelstijging (KNMI & Deltares<sup>3,4</sup>)**

<sup>3</sup> Figuur overgenomen uit Climate Change scenarios for the 21st Century, KNMI

<sup>4</sup> Trendlijn is afgeleid van figuur 6.7 in de Zeespiegelmonitor 2018, Deltares.

Voor waterveiligheid is gebruik van het W-scenario verplicht, maar het terugbrengen van getij is geen waterveiligheidsvraagstuk. Als de zeespiegel onverhoopt sneller stijgt, wordt de inlaat weliswaar minder effectief, maar dat gaat niet ten koste van de veiligheid. Er kan dus van een ander scenario worden uitgegaan.

Omdat de zeespiegelstijging nu achterloopt bij de KNMI-scenario's zoals in 2014 geprojecteerd, is ervoor gekozen om de analyse standaard voor het G-scenario te laten zien. Daarnaast zal de gevoeligheid voor zeespiegelstijging bij het W-scenario en in geval van extrapolatie van de huidige trend worden beschouwd. Omdat de zeespiegelstijging verwacht wordt te gaan versnellen, gebruiken we voor de extrapolatie voor de eerste 10 jaar tot 2035 de trendlijn en daarna volgen we de jaarlijkse absolute stijging van het G-scenario.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> De blauwe lijn wordt hiervoor naar beneden geschoven tot deze in 2035 aansluit bij de groene extrapolatielij. Daarna wordt de verschoven blauwe lijn gevolgd.

Voor het doorlaatmiddel zijn er drie te onderzoeken varianten met verschillende investerings- en onderhoudskosten. In dit hoofdstuk worden deze varianten, de kosten en de doorontwikkelmogelijkheden beschreven.

### Variant 1: doorlaatmiddel uitsluitend gericht op uitwisseling en herstel van gedempt getij

Variant 1 is een doorlaatmiddel uitsluitend gericht op wateruitwisseling met de Noordzee en herstel van gedempt getij. Dit doorlaatmiddel bestaat uit 12 kokers. Als bij een stijgende zeespiegel met de 12 kokers onvoldoende getijslag mogelijk is, wordt aangenomen dat uitbreiding van het doorlaatmiddel plaatsvindt met 9 vergelijkbare kokers. Aanvullende uitbreiding (een vervolgstap binnen fase 2) bij verdere zeespiegelstijging is steeds minder effectief. Deze kokers bevatten geen opening aan de bovenzijde voor het (op termijn) plaatsen van turbines.



**Figuur 3:** variant 1 met 12 kokers, uit te breiden met 9 kokers

### Variant 2: een getijdencentrale met doorlaafunctie

Variant 2 is een doorlaatmiddel met een getijdencentrale. De getijdencentrale bevat 12 kokers met daarin pompturbines geplaatst. Bij een stijgende zeespiegel kunnen de pompturbines water naar de Noordzee pompen en zo de gewenste getijslag handhaven. Ten opzichte van variant 1 zijn de kokers iets langer en bevatten ze een opening aan de bovenzijde voor inspectie, onderhoud en op termijn ontmanteling of vervanging van de pompturbines.



**Figuur 4:** variant 2 met 12 kokers inclusief turbines

### Variant 3: doorlaatmiddel met de optie voor een getijdencentrale of pompen

Variant 3 is een doorlaatmiddel dat al voorbereid is om later turbines of pompen in te plaatsen. Hierdoor kan de variant zich ontwikkelen tot een getijdencentrale. Het doorlaatmiddel bevat 12 kokers die dezelfde afmeting en vorm hebben als bij variant 2. Bij een stijgende zeespiegel kunnen turbines of pompen worden geplaatst om de gewenste getijslag via pompen te handhaven. Als het doorlaatmiddel tevens dienst doet als getijdencentrale zal de bij vloed opgewekte elektriciteit deels weer nodig zijn om bij eb het water naar de Noordzee te pompen.



**Figuur 5: variant 3 met 12 kokers eerst zonder en op termijn met turbines**

### 3.1 INVESTERINGEN VARIANTEN

De varianten verschillen qua hoogte van de investering. De begrote investeringen per variant zijn getoond in Tabel 2. Voor de adaptieve investeringsstrategie worden de kosten inclusief btw gebruikt.<sup>6</sup> Variant 2 vraagt de grootste maatschappelijke investering en vanwege de hoogte van de investering kan variant 2 niet publiek worden uitgevoerd omdat het taakstellend budget onvoldoende is. Betrokkenheid van een marktpartij is nodig die de specifieke investeringen voor de getijdencentrale (de turbines en de aansluitkosten) voor zijn rekening neemt.

**Tabel 2: investeringen per variant en fase<sup>7</sup>**

Investeringen per variant (incl. btw)	Investering fase 1	Vervolginvestering klimaatrobustheid
Doorlaatmiddel Variant 1	€ 108 mln. (12 kokers)	€ 89 mln. (9 extra kokers)
Doorlaatmiddel Variant 2 <sup>8</sup>	€ 112 mln. (€ 108 mln. voor 12 kokers en € 4 mln. aanpassingen aan kokers om ze geschikt te maken voor turbines) € 71 mln. (12 turbines) € 6 mln. aansluitkosten elektriciteitsnet	Geen investeringen voorzien
Doorlaatmiddel Variant 3	€ 112 mln. (12 kokers geschikt voor turbines)	€ 71 mln. (12 turbines) € 6 mln. aansluitkosten elektriciteitsnet

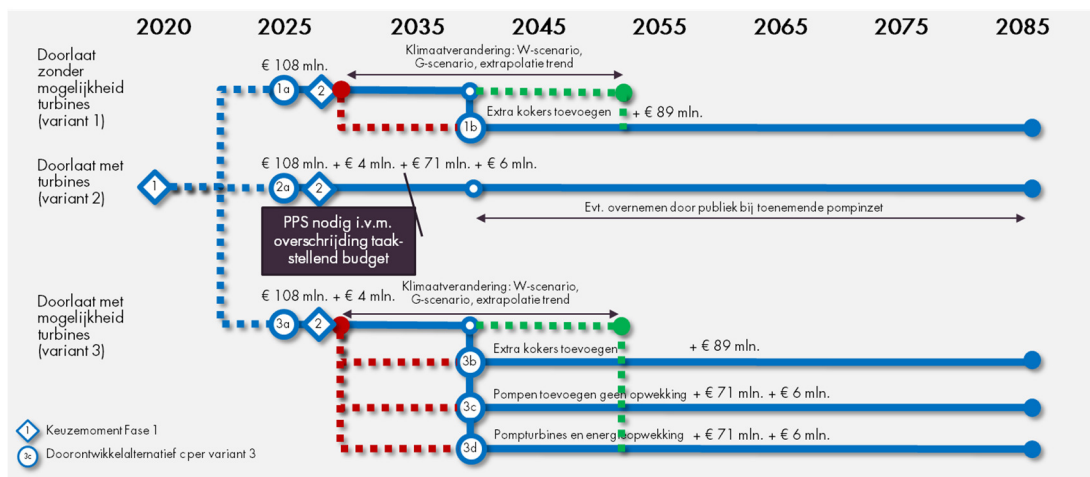
Het rendement op deze investering zal voor de marktpartij moeten komen uit de elektriciteitsopbrengsten, eventuele SDE of andere subsidies en op termijn mogelijk een pompvergoeding van de overheid. Bij verdergaande klimaatverandering zullen de turbines ingezet moeten worden om te pompen en zal het nodig zijn de marktpartij een pompvergoeding te betalen of de marktpartij uit te kopen.

Variant 3 vraagt een iets hogere (voor)investering dan variant 1. Deze voorinvestering zorgt ervoor dat op termijn de klimaatrobustheid via pompen kan worden gerealiseerd. Het naderhand plaatsen van pompen als de kokers daarvoor niet zijn voorbereid, is praktisch niet mogelijk. De keuze voor pompen in plaats van uitbreiding van het aantal kokers lijkt voordeliger omdat de aanvullende investering lager uitvalt (€ 77 mln. vs. € 89 mln.).

<sup>6</sup> In de business case worden de kosten voor investeringen vanuit private zijde zonder btw gebruikt.

<sup>7</sup> Cijfers zijn afkomstig van team varianten en kostenpool. Definitieve rapportage kostennota wordt verwacht september 2019.

<sup>8</sup> Van de investeringen in variant 2 wordt in de business case aangenomen dat een private partij de aanpassingen (€ 4 mln.), de turbines (€ 71 mln) en de aansluitkosten (€ 6 mln.) financiert.



**Figuur 6: Doorontwikkeling varianten ten behoeve van klimaatrobustheid**

### 3.2 BEHEER EN ONDERHOUD

De jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten (B&O) zijn benaderd via een vast percentage van de investering. Voor de civiele investeringen is uitgegaan van een percentage van 1,2% en voor de turbines van 2,5%. Ook moet rekening gehouden worden met een aansluitvergoeding. Voor de vergelijkbaarheid zijn alle kosten inclusief btw. De resulterende B&O-kosten staan vermeld in Tabel 2. Een pompvergoeding maakt geen onderdeel uit van de maatschappelijke beheer- en onderhoudskosten omdat de kosten voor de overheid wegvallen tegen de inkomsten voor de marktpartij.

**Tabel 3: jaarlijkse beheer en onderhoudskosten per variant en fase**

B&O kosten per variant per jaar (incl. btw)	B&O fase 1	B&O na vervolginvestering klimaatrobustheid (fase 2)
Doorlaatmiddel Variant 1	€ 1,29 mln. (12 kokers)	€ 1,29 mln. (12 kokers) € 1,07 mln. (9 extra kokers)
Doorlaatmiddel Variant 2	€ 1,34 mln. (12 kokers geschikt voor turbines) € 1,78 mln. (12 turbines) € 0,375 mln. aansluitkosten elektriciteitsnet	Idem fase 1
Doorlaatmiddel Variant 3	€ 1,34 mln. (12 kokers geschikt voor turbines)	€ 1,34 mln. (12 kokers geschikt voor turbines) € 1,78 mln. (12 turbines) € 0,375 mln. aansluitkosten elektriciteitsnet

### 3.3 TOTALE JAARLIJKSE KOSTEN

Voor het vergelijken van kosten van investeringen met een verschillende levensduur of verschillende investeringsmomenten is het praktisch om de verschillende ongelijke kasstromen en restwaarden te vertalen naar een serie van gelijke kasstromen over de looptijd of levensduur van een investering: de Equal Annual Annuity (EAA), zie Kader 2. De investeringskosten worden als het ware 'uitgesmeerd' naar een gelijkwaardig constant bedrag per jaar zoals bij een annuïteitenhypotheek en het is niet nodig om de restwaarde aan het einde van de

planningshorizon te berekenen. Voor de berekening van de netto contante waarde (NCW) maakt het dan niet uit of uitgegaan wordt van een eenmalige investering of van de over de levensduur uitgesmeerde investeringskosten uitgedrukt in annuïteiten. De netto contante waarde is gelijk en het effect bij een jaar uitstel van de investering of van de start van de annuïteitenstroom is ook gelijk.

Een bijkomend voordeel van een constant jaarbedrag is dat je het jaarlijkse kostenbedrag direct kunt vergelijken met de verwachte baten in ieder jaar. Het punt waar de kosten- en batenlijnen elkaar snijden is bij stijgende baten het punt vanaf waar de investering hogere baten heeft dan kosten. Bij een blijvende opgave, dat wil zeggen de eerste investering wordt blijvend opgevolgd met vervangingsinvesteringen, is dat moment gelijk aan het optimale investeringsmoment. Als je eerder investeert, neem je een periode mee met hogere kosten dan baten, en als je later investeert, mis je een stukje potentiële winst.

## Kader 2: Equal Annual Annuity

De equivalente jaarlijkse annuïteit wordt gebruikt om een netto contante waarde te vertalen in een serie van gelijke kasstromen over de looptijd of levensduur van een investering.

$$EAA = \frac{r * (NCW)}{1 - (1 + r)^{-n}}$$

Waarbij  $r$  de discontovoet is per periode,  $n$  het aantal perioden (levensduur),  $NCW$  de netto contante waarde van de kasstromen over de levensduur.

Het nut van deze vertaalslag is dat investeringen met verschillende looptijden/levensduur vergelijkbaar gemaakt kunnen worden. De lengte van een investering ( $n$ ) speelt geen rol bij een  $NCW$ -berekening:

- Een vergelijking tussen twee investeringen met dezelfde  $NCW$ , waarbij de een 4 jaar meegaat en de ander 8 jaar, gaat mank met alleen een netto contante waarde vergelijking. Terwijl een maatregel die 4 jaar meegaat na 4 jaar volledig afgeschreven is, heeft een maatregel die 8 jaar meegaat op dat moment nog restwaarde.
- De *equal annual annuity* formule maakt een vergelijking mogelijk, rekening houdend met de tijd van de investering. Hierdoor is het niet noodzakelijk de mogelijkheid tot herinvestering te beoordelen.
- Door de vertaling naar jaarkosten van een investering, kan ook het optimale investeringsmoment eenvoudig bepaald worden. Dat is bij stijgende baten het moment dat de jaarlijkse baten de jaarlijkse kosten overstijgen. Je stelt de investering net zo lang uit totdat de jaarlijkse baten groter zijn dan de jaarlijkse kosten. De netto contante waarde is in dit geval het hoogst. Vanaf dat moment gaat deze weer afnemen, tenminste als de baten en kosten voor alle alternatieven doorlopen tot het einde van de planningshorizon.

De meeste investeringen voor getij in de Grevelingen hebben een levensduur van 100 jaar. Voor de turbines is aangenomen dat ze na 60 jaar<sup>9</sup> vervangen worden. Bij een discontovoet van 4,5% die van toepassing is voor infrastructuurinvesteringen, kunnen dan de jaarlijkse kosten per variant in de eerste fase en na de eventuele uitbreiding worden bepaald. De resultaten staan in Tabel 4.

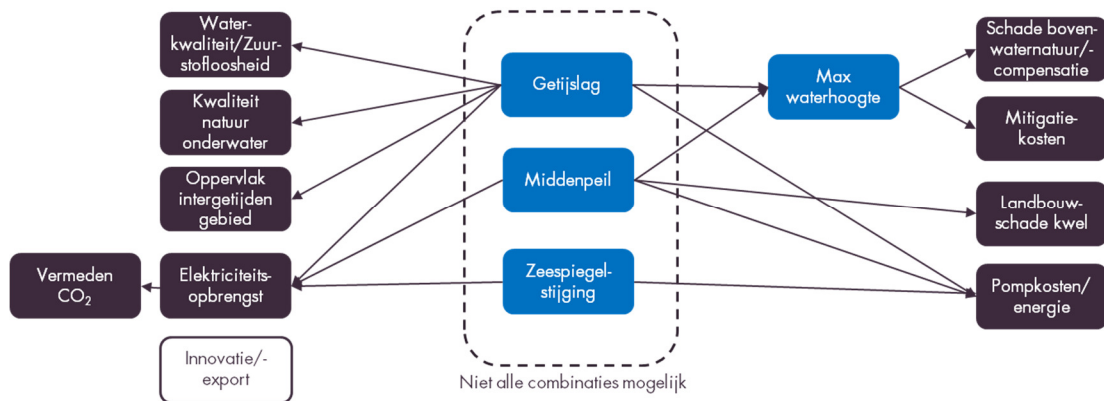
<sup>9</sup> Aanname levensduur turbines is afkomstig van getijdencentrale/turbine-expert. Op dit moment zijn er turbines in getijdencentrales die al 60 jaar in operatie zijn. Eerdere vervanging kan kosteneffectief zijn als de eerdere afschrijving opweegt tegen de te realiseren efficiëntieverbetering.

**Tabel 4: jaarlijkse annuïteit per variant en fase**

EAA per variant (incl. btw)	In fase 1	Na vervolginvestering klimaatrobustheid (fase 2)
Doorlaatmiddel Variant 1	EAA investering 12 kokers: € 4,91 mln. per jaar B&O totaal: € 1,29 mln. per jaar EAA totaal: € 6,21 mln. per jaar	EAA investering 21 kokers: € 8,96 mln. per jaar B&O totaal: € 2,36 mln. per jaar EAA totaal: € 11,32 mln. per jaar
Doorlaatmiddel Variant 2	EAA investering 12 kokers voor turbines: € 5,10 mln. per jaar 12 turbines: € 3,46 mln. per jaar Aansluitkosten: € 0,26 mln. per jaar B&O totaal: € 3,51 mln. per jaar EAA totaal: € 12,33 mln. per jaar	Idem fase 1
Doorlaatmiddel Variant 3	EAA investering 12 kokers voor turbines: € 5,10 mln. per jaar B&O totaal: € 1,34 mln. per jaar EAA totaal: € 6,45 mln. per jaar	EAA investering 12 kokers voor turbines: € 5,10 mln. per jaar 12 turbines: € 3,46 mln. per jaar Aansluitkosten: € 0,26 mln. per jaar B&O totaal: € 3,51 mln. per jaar EAA totaal: € 12,33 mln. per jaar

Voor de 3 varianten moet een optimale balans in peil en getijslag worden onderzocht die een verbetering voor de waterkwaliteit koppelt aan een zo gering mogelijk verlies van bovenwaternatuur en die 'voldoende lang meekan' (klimaatrobuust). De waarde van de energieopbrengst is hieraan ondergeschikt.

Inzicht in de samenhang tussen getijslag en het middenpeil met de effecten voor natuur is daarvoor essentieel, net als inzicht in de houdbaarheid van verschillende combinaties van getijslag en middenpeil met de zeespiegelstijging. In tweede instantie worden de relaties tussen de potentiële energieopbrengst en het energiegebruik, en de gemiddelde getijslag, het middenpeil en zeespiegelstijging relevant.



**Figuur 7:** samenhang effecten als gevolg van peilbeheer en klimaatverandering

#### 4.1 ONDERZOCHE COMBINATIES MIDDENPEIL EN GETIJSLAG

Door Deltares en Wageningen Marine Research (WMR) zijn diverse peilbeheerscenario's onderzocht op de effecten voor de onderwater- en bovenwaternatuur. Alleen de drie meest relevante scenario's worden hier kort beschreven.

Dat zijn:

1. 50/-20 (het voormalige Basisscenario), waarbij gestuurd wordt op een getijslag van 50 cm en een maximum waterstand. Het middenpeil van NAP -20 cm mag meestijgen met de zeespiegelstijging en is als zodanig een streefwaarde. Het maximum waterniveau dat bereikt mag worden, is NAP +5 cm ( $\text{NAP} - 20 \text{ cm} + 50 \text{ cm}/2$ );
2. 50/-30 (het voormalige Basisscenario met verlaagd peil), waarbij eveneens gestuurd wordt op een getijslag van 50 cm en een maximum waterstand. Het middenpeil van NAP -30 cm mag meestijgen met de zeespiegelstijging en is een streefwaarde. Het maximum waterniveau dat bereikt mag worden is NAP -5 cm ( $\text{NAP} - 30 \text{ cm} + 50 \text{ cm}/2$ );

3. 40/-30 (het voormalige Tussenscenario<sup>10</sup>), waarbij de getijslag is beperkt tot 40 cm en gestuurd wordt op een maximale waterstand. Het middenpeil van NAP -30 cm is een streefwaarde. Het maximum waterniveau dat bereikt mag worden, is NAP -10 cm (NAP – 30 cm + 40 cm/2).

Elk van de scenario's bevat tevens seizoensvariaties: verlaging van de waterpeilen met 10 cm in het broedseizoen en tijdens de wintermaanden enkele periodes met 5 cm hogere maximale waterstand.

### Kader 3: vermindering getijslag door klimaatverandering

Gemiddeld ligt het peil van de Grevelingen 20 cm lager dan de Noordzee (NAP – 20 cm). Water heeft daarom minder tijd om uit te stromen onder vrij verval dan om binnen te stromen onder vrij verval.

Bij zeespiegelstijging door klimaatverandering wordt de tijd voor uitstroom steeds korter, tenzij het middenpeil in de Grevelingen meestijgt. Als gevolg daarvan neemt de gemiddelde getijslag af. Het water dat moet binnenstromen bij vloed voor een grote getijslag kan bij eb immers niet meer de Grevelingen uitstromen.

Op een bepaald moment is de tijdsduur voor uitstroom onder vrij verval onvoldoende om de minimale getijslag (35 cm) op de Grevelingen te handhaven. Mogelijkheden zijn dan het middenpeil laten meestijgen, meer kokers open bij eb en knijpen/sluiten bij vloed, of pompen installeren/gebruiken die water de Grevelingen uitpompen. Varianten met een hoger middenpeil, meer kokers of pompen zijn dus meer klimaatrobuust.

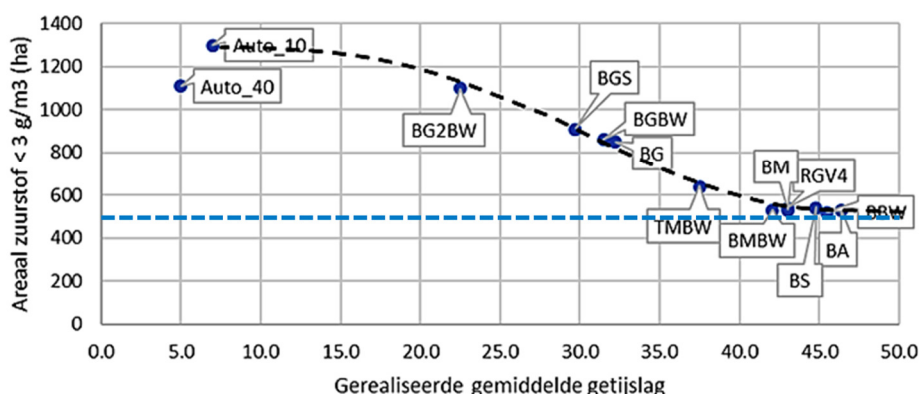
De getijslag die genoemd is bij de alternatieve peilbeheersscenario's komt niet overeen met de *gemiddelde* getijslag over het jaar en over de levensduur. Bij verdere zeespiegelstijging neemt de gemiddelde getijslag die lager ligt dan de maximum getijslag af (zie Kader). Op een gegeven moment is de getijslag minder dan 35 cm. Afgesproken is om voorlopig aan te nemen dat vanaf het moment dat 35 cm gemiddelde getijslag wordt onderschreden een oplossing niet meer voldoet. Het effect op het areaal zuurstofloos is dan te beperkt (zie Figuur 8). De labels bij de punten in de grafiek verwijzen naar de onderzochte peilbeheersscenario's.

Hoeveel verbetering de gemiddelde getijslag in werkelijkheid voor de natuur oplevert, kan alleen in de praktijk blijken, en kan tegenvallen maar zeker ook meevallen. Vandaar dat voor een adaptieve strategie is gekozen, waarbij de gemiddelde getijslag tot 35 cm mag zakken. Een voorbeeld waar introductie van getij sneller dan verwacht tot een verbetering van doorzicht en waterkwaliteit heeft geleid, is de omslag van het Veerse Meer in 2004 van een nutriëntrijk brak, stagnant meer naar een zout systeem met dagelijkse verversing.<sup>11</sup> Omdat de Grevelingen ruim drie keer zo groot is als het Veerse Meer is er een grotere getijslag nodig dan in het Veerse Meer ( $\pm 6$  tot 10 cm getij).

<sup>10</sup> De term *Tussenscenario* verwijst naar een getijslag tussen de 50 cm en 30 cm. Een getijslag van 30 cm hoort bij het Peilbeheerscenario *Basis met verminderd getij*. De effecten op de waterkwaliteit zijn daarvan echter te beperkt om hier verder beschouwd te worden.

<sup>11</sup> Deltares, Bekkenrapport Veerse Meer 2000-2014 ten behoeve van de Evaluatie Peilbesluit, 2015.

Relatie getijslag en zuurstof



**Figuur 8:** relatie areaal zuurstofloos en getijslag (overgenomen uit Rapport *Optimalisatie peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, Deltares, augustus 2019*)

#### 4.2 EFFECT VERSCHILLENDE PEILBEHEERALTERNATIEVEN OP NATUUR

In Figuur 7 is te zien dat de maximum waterhoogte verantwoordelijk is voor de effecten op de bovenwaternatuur en de kosten voor mitigatie. De waterkwaliteit (areaal zuurstofloos, en onderwaternatuur) en de omvang van het intergetijdengebied zijn afhankelijk van de getijslag en niet van het middenpeil.

Verlaging van het maximum peil is dus gunstig voor de bovenwaternatuur en mogelijk zolang de gemiddelde getijslag voldoende blijft voor het significant verbeteren van de waterkwaliteit. Vermindering van de getijslag is ongunstig voor de waterkwaliteit. Hiervoor moet een goede balans gevonden worden.

#### 4.3 PEILBEHEERSTRATEGIE

Vanwege de omvang van het taakstellend budget is het nodig om de kosten voor mitigatie en compensatie zoveel mogelijk te beperken. Dit maakt het *Peilbeheerscenario 40/-30* (zie Tabel 5) het enige peilbeheerscenario dat zicht geeft op een oplossing, mits de gemiddelde getijslag voldoende is om de waterkwaliteit te verbeteren. De andere scenario's zijn minimaal € 36 mln. duurder vanwege de investeringen in Maatregelen Infrastructuur en Natuur en passen bij lange na niet binnen het taakstellend budget.

**Tabel 5:** Kosten Maatregelen Infrastructuur en Maatregelen Natuur per peilbeheerscenario (bron kosten projectteam Inhoud en Onderbouwing, zie ook bijlage 1)

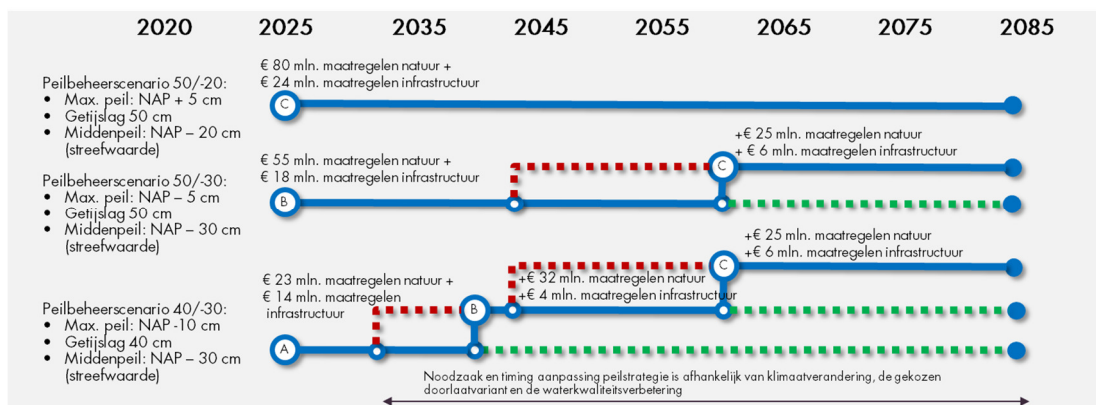
Peilbeheerscenario	Max. getijslag	Middenpeil	Max. waterhoogte	Maatregelen Infrastructuur	Maatregelen Natuur
50/-20	50 cm	NAP -20 cm	NAP +5 cm	€ 24 mln.	€ 80 mln.
50/-30	50 cm	NAP -30 cm	NAP -5 cm	€ 18 mln.	€ 55 mln.
40/-30	40 cm	NAP -30 cm	NAP -10 cm	€ 14 mln.	€ 23 mln.

Wanneer op termijn de gemiddelde getijslag van het *Peilbeheerscenario 40/-30* onvoldoende wordt door de zeespiegelstijging, kan het peilbeheer worden aangepast. De extra investeringen voor natuurcompensatie vallen dan niet meer onder het taakstellend budget en

zijn wellicht niet meer nodig als de Natura-2000-doelensystematiek aangepast is. Overinvestering in natuurcompensatie is daarmee voorkomen.

Met de fasering van de peilbeheerstrategie wordt een deel van de kosten voor compensatie uitgesteld. Dit is ook gunstig voor de netto contante waarde van een alternatief. Door een *adaptieve* peilbeheerstrategie, worden de kosten afhankelijk van het verloop van klimaatverandering en de gerealiseerde waterkwaliteitsverbetering. Ook dit voorkomt overinvestering.

De timing varieert bovendien per doorlaatmiddelvariant. Bij de inzet van pompen (variant 2 en 3) is aanpassing van het peilbeheerscenario later nodig dan zonder pompen (variant 1). Figuur 9 laat indicatief zien op welke momenten een volgende peilbeheerstep nodig is om de gemiddelde getijslag te handhaven. Het *Peilbeheerscenario 50/-20* kan lange tijd mee maar vraagt direct hoge compensatie- en mitigatiekosten. Bij het *Peilbeheerscenario 50/-30* kan een deel van de investering in het G-scenario worden uitgesteld tot na 2050. Het *Peilbeheerscenario 40/-30* moet tegen 2040 worden bijgesteld in het G-scenario (doorgetrokken lijn), eerder in het W-scenario (rode stippellijnen) en pas na 2085 als wordt uitgegaan van het doortrekken van de trendlijn zeespiegelstijging (groene stippellijnen).



**Figuur 9: Fasering peilbeheerscenario's ten behoeve van klimaatrobustheid en minimale impact bovenwaternatuur**








In de vorige twee hoofdstukken is de fasering van de investeringen in het doorlaatmiddel en de logische volgorde van peilbeheerscenario's in de peilbeheerstrategie beschreven. Dit hoofdstuk combineert de twee faseringen.

### 5.1 COMBINATIE PEILBEHEERSTRATEGIE MET DOORLAATMIDDELVARIANTEN

Combinatie met de peilbeheerstrategie geeft voor de (doorlaatmiddel)variant 3 verschillende mogelijke uitvoeringsvolgorden, terwijl voor variant 1 en 2 de volgorde min of meer vastligt.

#### Variant 1

De uitbreiding in infrastructuur voor variant 1 is relatief veel duurder (€ 89 mln.) dan de meerkosten voor maatregelen natuur en infrastructuur van een vervolgstap in peilbeheer. Bovendien zouden de kosten kunnen meevallen als de doelensystematiek aangepast wordt voordat een vervolgstap nodig is. Daarom is het kosteneffectiever om eerst de peilbeheerstappen te volgen voordat het aantal kokers wordt uitgebreid. Na uitbreiding van het aantal kokers, zijn er nog geen logische vervolgstappen, tenzij het maximum waterpeil verder mag stijgen dan in het *Peilbeheerscenario 50/-20* of tenzij de kokers worden aangelegd met de optie om pompen te plaatsen (Figuur 10).

	Fase 1	Fase 2 – stap 1	Fase 2 – stap 2	Fase 2 – stap 3	Fase 2 – stap 4
Doorlaatmiddel variant 1	 40 cm ↑ 40/-30 NAP - 30 cm ↓	ongewijzigd	ongewijzigd	 ongewijzigd	Na 50 cm zeespiegelstijging: ?  Na 50 cm zeespiegelstijging: ?
Doorlaatmiddel variant 2	 40 cm ↑ 40/-30 NAP - 30 cm ↓	ongewijzigd, inzet pompen nodig bij eb	ongewijzigd	ongewijzigd	uitbreiding kokers bij 58 cm zeespiegelstijging  ongewijzigd
Doorlaatmiddel variant 3A	 40 cm ↑ 40/-30 NAP - 30 cm ↓	 ongewijzigd	ongewijzigd	ongewijzigd	uitbreiding kokers bij 58 cm zeespiegelstijging  ongewijzigd
Doorlaatmiddel variant 3B	 40 cm ↑ 40/-30 NAP - 30 cm ↓	ongewijzigd	ongewijzigd	 ongewijzigd	uitbreiding kokers bij 58 cm zeespiegelstijging  ongewijzigd

**Figuur 10: mogelijke combinaties fasering doorlaatmiddelvarianten en peilbeheerstrategie**

## Variant 2

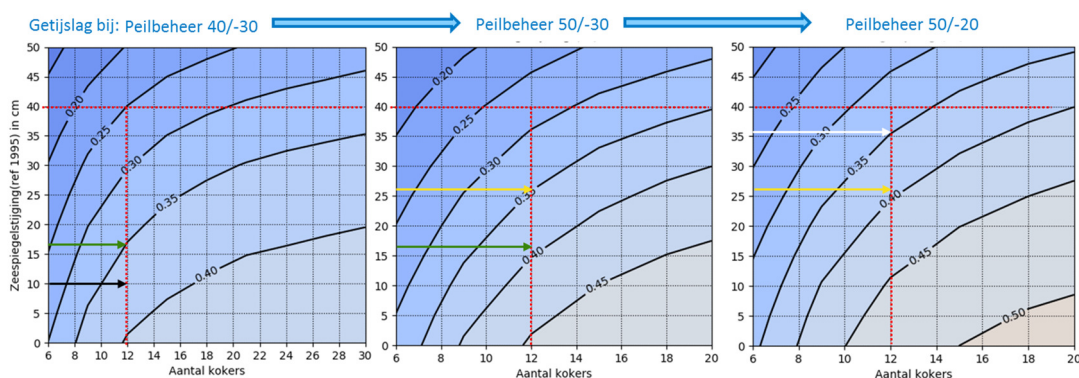
In de getijdencentrale (variant 2) is bij aanvang al meer geïnvesteerd zodat een dure vervolgstap qua infrastructuur (duurder dan compensatiekosten bij aanpassing peilbeheer) pas op lange termijn in beeld komt. De eerste vervolgstap bestaat uit het inzetten van de pompturbines om de gemiddelde getijslag op niveau te houden. Dit lijkt op het eerste gezicht kosteneffectiever dan het peilbeheerscenario aanpassen, maar inzet van pompen vraagt energie en dat komt jaarlijks terug terwijl de investeringen voor maatregelen natuur en infrastructuur eenmalig zijn en de maatregelen natuur mee kunnen vallen bij verandering in de doelensystematiek. Dit vraagt nadere analyse in de planuitwerking.

## Variant 3

Voor variant 3 is de optimale volgorde lastig zonder verdere analyse vast te stellen. Dit komt omdat de kosten voor de pompen en de elektriciteitsaansluiting voor fase 2 nog niet gemaakt zijn en men dus kiest tussen een extra eenmalige investering van € 36 mln. voor maatregelen natuur en infrastructuur, of het plaatsen van pompen à € 77 mln. (€ 71 mln. + € 6 mln. voor de elektriciteitsaansluiting) met de mogelijkheid om netto energie op te wekken. Daarom hebben we in de verdere analyse zowel het als eerste kiezen voor het plaatsen van pompen (variant 3A) als het als eerste kiezen voor aanpassing van het peilbeheerscenario voor het plaatsen van pompen uitgewerkt (variant 3B). Naast deze twee mogelijkheden zijn er nog meer opties, nl. het plaatsen van pompen in een deel van de kokers en het plaatsen van de pompen voor de overgang naar het *Peilbeheerscenario 50/-20* maar na de stap naar het *Peilbeheerscenario 50/-30*.

## 5.2 KANTELPUNTEN INVESTERINGSSTRATEGIEËN

De eerste investering en keuze voor het peilbeheerscenario is afdoende zolang de gemiddelde getijslag boven de 35 cm ligt. Of dat het geval is en wanneer het kantelpunt ligt (uitgedrukt in cm's zeespiegelstijging) is bepaald met de resultaten uit de 'regenboog'-grafieken van Deltares.<sup>12</sup> Kantelpunten zijn momenten waarop een aanvullende stap of een andere strategie gevolgd moet gaan worden.



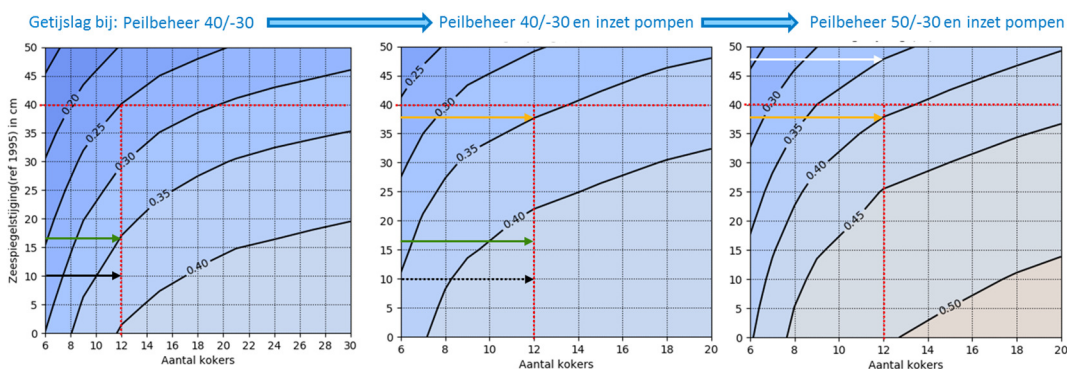
**Figuur 11: kantelpunten wanneer geen pompen worden ingezet**

In Figuur 11 zijn de kantelpunten af te lezen voor de situatie dat geen pompen worden ingezet of pas in het *peilbeheerscenario 50/-20* (doorlaatmiddel variant 1 en 3B). Bij aanleg in 2025

<sup>12</sup> Afkomstig uit Deltares, Optimalisatie peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, augustus 2019.

is aangenomen dat er in G-scenario al 10 cm zeespiegelstijging t.o.v. 1995 is. De zwarte pijl geeft dan aan dat bij 12 kokers de gemiddelde getijslag 37 cm is. Bij een zeespiegelstijging van 17 cm (groene pijl linker grafiek) daalt de gemiddelde getijslag tot 35 cm en is een vervolgstap nodig. In Figuur 11 is dat aanpassing van het peilbeheerscenario. Dat levert een gemiddelde getijslag op van 39 cm (groene pijl middelste grafiek), die bij 26 cm zeespiegelstijging is gedaald naar 35 cm (gele pijl). Overstap naar het volgende peilbeheerscenario zorgt voor een gemiddelde getijslag van 38 cm die bij een zeespiegelstijging van 36 cm is gedaald naar 35 cm (witte pijl).

Bij de keuze voor variant 2, de getijdencentrale, of variant 3A waarbij de eerste vervolgstap bestaat uit het inzetten van de pompen in *Peilbeheerscenario 40/-30*, liggen de kantelpunten op een ander moment. Bovendien leidt de inzet van pompen tot een hogere gemiddelde getijslag. In Figuur 12 is te zien dat het eerste kantelpunt voor variant 3A (bij aanleg zonder pompinzet) ook bij 17 cm zeespiegelstijging optreedt (groene pijl). Wanneer dan pompen worden ingezet kan de oplossing mee tot 38 cm zeespiegelstijging (gele pijl). Een extra stap qua peilbeheer is nodig bij 48 cm zeespiegelstijging (witte pijl). Als de pompen al eerder ingezet worden dan nodig dan kan een grotere gemiddelde getijslag worden behaald. De middelste grafiek laat zien dat in 2025 bij 10 cm zeespiegelstijging de gemiddelde getijslag ruim boven de 40 cm ligt (zwarte stippellijn).



**Figuur 12: kantelpunten wanneer bij start fase 2 pompen worden ingezet**

Voor de verschillende investeringsstrategieën zijn de kantelpunten in Tabel 6 samengevat. Duidelijk is dat variant 1 minder klimaatrobust is. Bij 50 cm zeespiegelstijging volstaat ook de uitbreiding met 9 extra kokers niet meer, tenzij het waterpeil mag uitstijgen boven het maximumniveau in het *Peilbeheerscenario 50/-20*.

**Tabel 6: samenvatting kantelpunten**

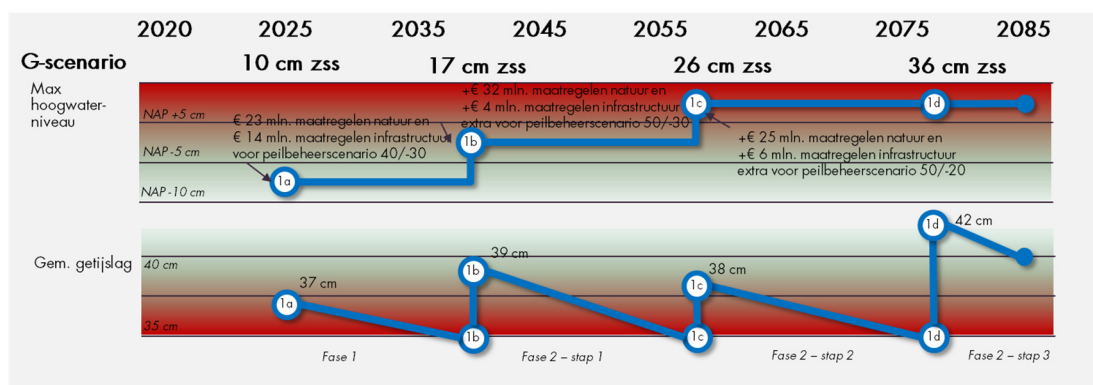
	Peilbeheer 40/-30 zonder pompen	Peilbeheer 50/-30 zonder pompen	Peilbeheer 50/-20 zonder pompen	Pompen plus peilbeheer 40/-30	Pompen plus peilbeheer 50/-30	Pompen plus peilbeheer 50/-20	Einde bij 21 kokers
Variant 1	17 cm	26 cm	36 cm	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	≈50 cm
Variant 2	(17 cm)	n.v.t.	n.v.t.	38 cm	48 cm	58 cm	Te bepalen
Variant 3A	17 cm	n.v.t.	n.v.t.	38 cm	48 cm	58 cm	Te bepalen
Variant 3B	17 cm	26 cm	36 cm	n.v.t.	n.v.t.	58 cm	Te bepalen

Vervolgens is het aantal cm's zeespiegelstijging vertaald naar het jaar waarin bij het gekozen klimaatscenario (zie Figuur 2) een volgende stap moet worden gezet.

### Variant 1

Voor het G-scenario is het resulterende verloop voor variant 1 getoond in Figuur 13. Vanaf fase 2 – stap 2 mag het maximum hoogwaterniveau niet verder stijgen en daarna is een aanpassing aan het doorlaatmiddel noodzakelijk via de aanleg van extra kokers (+ € 89 mln.).

Bij klimaatscenario G biedt de peilbeheerstrategie met fase 2 – stap 2 tot even na 2075 soelaas. Bij het W-scenario wordt 36 cm zeespiegelstijging al in 2055 bereikt. Bij extrapolatie van de huidige trend wordt dit punt bereikt na 2090. Met uitbreiding van 9 kokers kan in het G-scenario en bij extrapolatie van de trend tot na 2100 de gemiddelde getijslag boven de 35 cm worden vastgehouden. In het W-scenario wordt dit minimum rond 2075 bereikt.



**Figuur 13: verloop gemiddeld getij en maximum hoogwaterniveau voor variant 1**

### Variant 2

Voor het G-scenario is het resulterende verloop voor variant 2 getoond in Figuur 14.

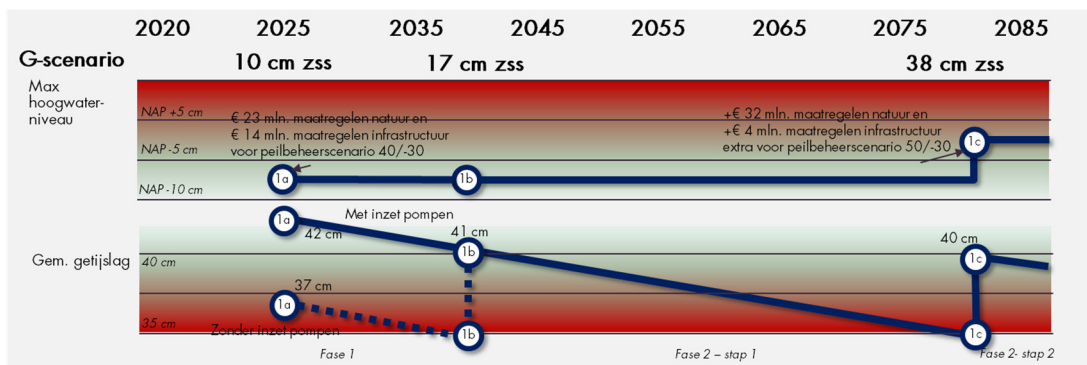
Variante 2 heeft een hogere aanvangsinvestering<sup>13</sup> van € 71 mln. voor pompturbines plus € 4 mln. voor aanpassingen aan kokers en € 6 mln. voor aansluiting op het net. Als de turbines initieel niet worden ingezet om te pompen, verloopt de gemiddelde getijslag volgens de stippellijn.<sup>14</sup> Een getijslag van meer dan 40 cm is niet vereist. Een gemiddelde getijslag van 40 cm kan worden gehandhaafd totdat de getijslag onder de 40 cm zakt in de periode 2045-2050 in het G-scenario.

Bij klimaatscenario G is een vervolgstap pas in 2080 nodig (fase 2 – stap 2). Bij het W-scenario wordt 38 cm zeespiegelstijging tegen 2060 bereikt. Na de eerste vervolgstap is het mogelijk over te gaan op peilbeheerscenario 50/-30 met een hoger hoogwaterpeil van NAP+0,05 meter en uiteindelijk naar peilbeheerscenario 50/-20 met een hoogwaterpeil van NAP+0,05 meter. Ten slotte kunnen ook nog extra kokers worden aangelegd zoals in variant 1. Daarmee is deze variant meer klimaatrobuust. Ook zonder deze laatste mogelijkheid zijn de initiële investeringen

<sup>13</sup> Het gaat hier om publieke en private investeringen samen.

<sup>14</sup> In de verdere uitwerking wordt aangenomen dat de pompen niet eerder dan nodig worden gebruikt.

in infrastructuur voldoende tot ver na 2100 voor het G-scenario en bij het extrapolatiescenario mits het peilbeheer wordt aangepast. In het W-scenario voldoet de oplossing tot 2085.

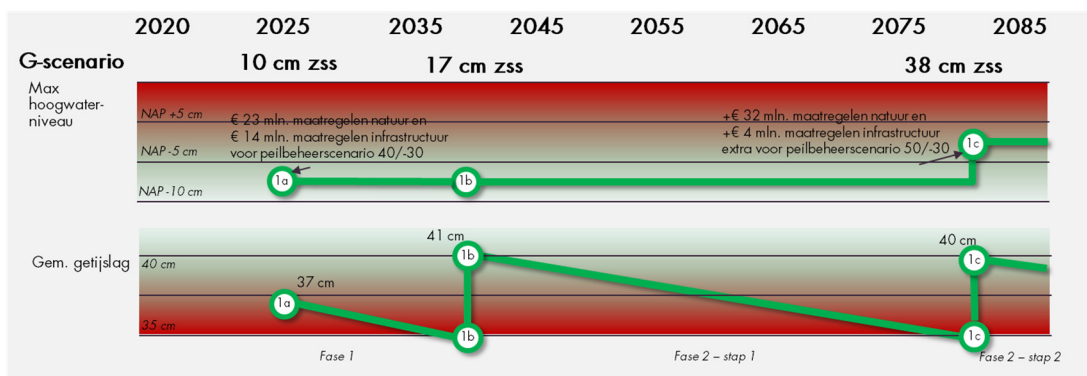


**Figuur 14: verloop gemiddeld getij en maximum hoogwaterniveau voor variant 2**

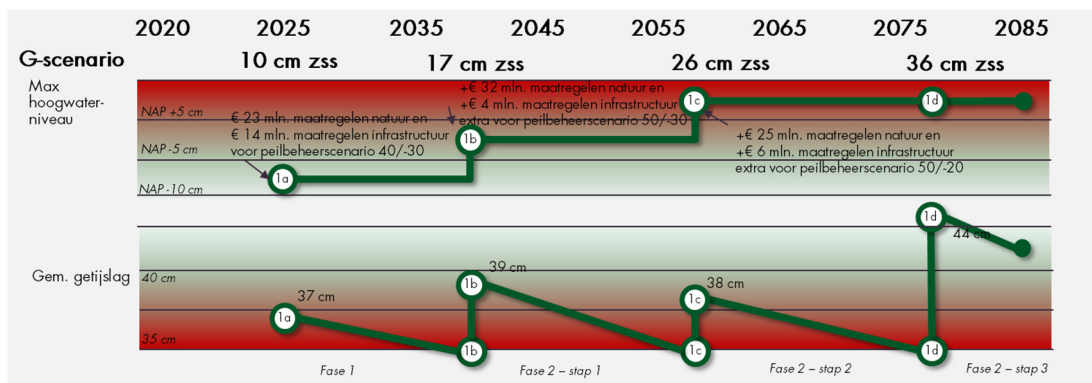
### Variant 3

Voor het G-scenario is het verloop voor variant 3A en 3B getoond in Figuur 15 en Figuur 16.

Variant 3 is hier op 2 manieren uitgewerkt maar biedt nog veel meer mogelijkheden, wanneer de pompen niet tegelijk worden geplaatst of de pompen ingezet worden tussen de verschillende peilbeheerstappen in. De eerste stap is in het G-scenario tegen 2040 nodig. Dit is het plaatsen en gebruiken van de pompen (3A) of het aanpassen van het peilbeheerscenario (3B). Afhankelijk van de variant is de volgende vervolgstap in het G-scenario in 2080 (3A) nodig of even na 2055 (3B). Bij het W-scenario vallen deze momenten eerder en bij extrapolatie later. Uiteindelijk eindigen variant 2, 3A en 3B allemaal op hetzelfde moment met het *Peilbeheerscenario 50/-20* en de inzet van pompen. Dat is in het G-scenario en bij extrapolatie ver na 2100 en in W-scenario in 2085. Dan bestaat alsnog de mogelijkheid extra kokers aan te leggen.



**Figuur 15: verloop gemiddeld getij en hoogwaterniveau voor variant 3A (pompen vanaf fase 2 – stap 1)**



**Figuur 16: verloop gemiddeld getij en hoogwater-niveau voor variant 3B (pompen vanaf fase 2 – stap 3)**

Voor de beoordeling van de adaptieve investeringsstrategieën bepalen en kwantificeren we per variant waar mogelijk de kosten en effecten. Wanneer ze uitgedrukt kunnen worden in euro's verdisconteren we de kasstromen tegen een discontovoet van 4,5% naar de netto contante waarde in 2020.<sup>15</sup> Dit jaar is als basisjaar gekozen omdat vanaf 2021 de eerste effecten geprognosticeerd zijn: nl. vermeden kosten voor natuurbeheer.

**Tabel 7: Berekening kosten en effecten adaptieve investeringsstrategie**

	Variant 1, enkel kokers	Variant 2 en 3 getijdencentrale en optie pompen
Investeringskosten en B&O	Netto contante waarde wordt berekend voor investeringskosten en B&O-kosten afhankelijk van timing investeringen voor verschillende scenario's zeespiegelstijging	
Waterkwaliteit/-zuurstofloosheid	Indicatie areaal zuurstofloosheid in hectares, berekend o.b.v. gemiddelde getijslag en adaptieve strategie voor verschillende scenario's zeespiegelstijging	
Natuur onderwater	Indicatie toename areaal ecologisch waardevolle bodemzones dat niet meer zuurstofloos is, uitgedrukt in hectares en berekend o.b.v. gemiddelde getijslag en adaptieve strategie voor verschillende scenario's zeespiegelstijging	
Omvang intergetijdengebied	Indicatie areaal berekend o.b.v. gemiddelde getijslag en adaptieve strategie voor verschillende scenario's zeespiegelstijging	
Natuur boven water en bestaande infrastructuur	Netto contante waarde wordt berekend uit hoogte en timing investeringen voor maatregelen natuur en infrastructuur bij verschillende scenario's zeespiegelstijging. De eventuele vermindering van de reguliere natuurbeheerkosten ten opzichte van de situatie zonder doorlaatmiddel is ook bepaald (autonome ontwikkeling)	
Risico op schade landbouw door verandering kweldruk	Kwalitatief is een inschatting gegeven van de verandering in de te verwachten kweldruk ten opzichte van de huidige situatie. Het gemiddelde waterpeil en de zeespiegelstijging beïnvloeden het risico op zoute kwel.	
Elektriciteitsgebruik pompen	n.v.t.	Netto contante waarde wordt berekend voor verloop energieverbruik bij verschillende scenario's zeespiegelstijging en adaptatiepaden
Elektriciteitsopbrengst en waarde vermeden CO <sub>2</sub>	n.v.t.	Netto contante waarde wordt berekend voor verloop energieopbrengst bij verschillende scenario's zeespiegelstijging en adaptatiepaden. Waarde voor netto CO <sub>2</sub> -besparing wordt apart bepaald.
Innovatie/Export	Ruwe potentie-inschatting van ingeschatte waarde export voor Nederland aan de hand van het aantal delta's wereldwijd, marktaandeel en innovatiegraad variant	

Tabel 7 vat de wijze van beoordeling van de verschillende kosten en effecten die een rol spelen samen. Dat is kwalitatief voor het risico op zoute kwel. Investeringskosten in infrastructuur, de ingeschatte maatregelen natuur en infrastructuur, de verandering in beheerkosten en de energiekosten en -opbrengsten worden uitgedrukt in netto contante waarde door per

<sup>15</sup> De netto contante waarde is bepaald in 2020 met prijspeil 2018.

klimaatscenario de kasstromen per jaar te verdisconteren naar 2020. Voor het exportpotentieel wordt een ruwe inschatting gemaakt en de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt gemonetariseerd en contant gemaakt. De waterkwaliteit, de natuur onderwater en de omvang van het intergetijdengebied zijn inzichtelijk gemaakt via het verloop van het areaal in hectares en de gemiddelde omvang over 100 jaar. Eventuele verschillen in faalkans van de getijdencentrale en de doorlaatmiddelen voor waterveiligheid zijn niet beschouwd.

## 6.1 WATERKWALITEIT

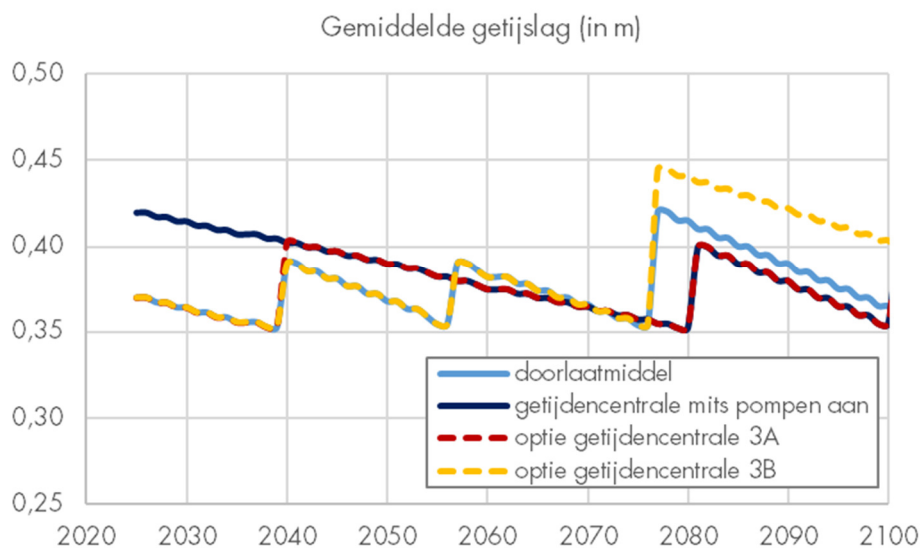
Het terugbrengen van getij heeft als hoofddoel het verminderen van het areaal waarin het water zuurstofloos is (< 3 g zuurstof per m<sup>3</sup>). In de autonome situatie is het oppervlak 1300 ha. Bij 40 tot 50 cm getijslag kan dit verminderen naar 500 ha (zie Figuur 8). De diepe geulen zullen ook bij een hogere getijslag zuurstofloos blijven. Het verloop van het areaal als functie van de gemiddelde getijslag is bepaald door voor elk jaar de gemiddelde getijslag te bepalen<sup>16</sup> en vervolgens het daarbij behorende areaal.<sup>17</sup> De gemiddelde getijslag en het gemiddelde areaal over 100 jaar in het G-scenario zijn bepaald net als het verloop over de jaren en weergegeven in Figuur 17 en Figuur 18.

Tussen de varianten treden verschillen op. Variant 1 en variant 3B hebben lange tijd een vergelijkbaar niveau totdat voor het doorlaatmiddel met enkel kokers de aanleg van extra kokers noodzakelijk wordt en voor variant 3B het plaatsen van pompen. De figuren laten zien dat op dat moment pompen meer effect hebben dan het toevoegen van kokers; de getijslag is hoger en het gemiddeld getij neemt minder snel af. De getijdencentrale en variant 3A hebben ook een vergelijkbaar verloop tenzij al direct de turbines in de getijdencentrale als pomp worden ingezet. Zonder de inzet van pompen verloopt voor variant 2 de gemiddelde getijslag en de omvang van het zuurstofloze areaal gelijk aan variant 3A. Hierbij is uitgegaan van een vrijwel directe verbetering van de condities bij elke faseovergang/stap, zoals weergegeven in de figuren. Het herstel van de daarvan afhankelijke natuur zal echter waarschijnlijk meer tijd kosten.

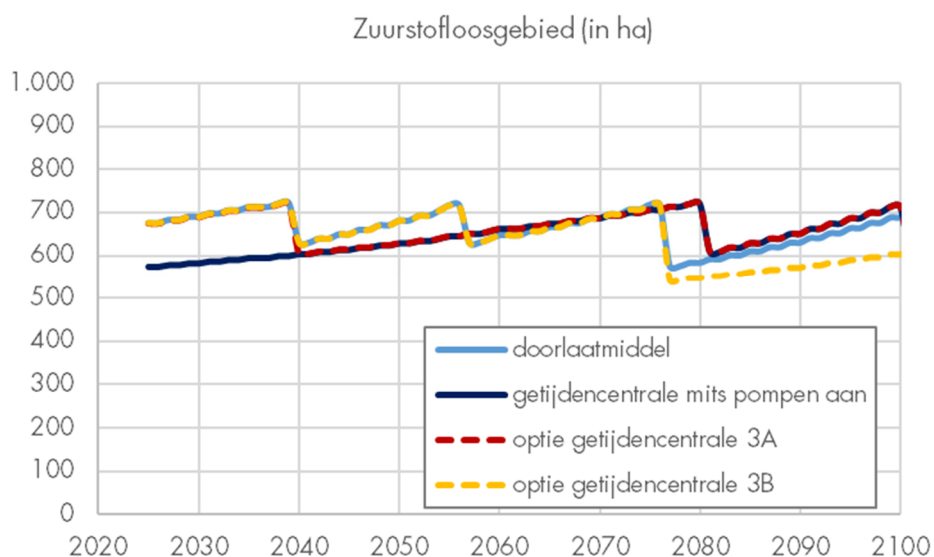
---

<sup>16</sup> Op basis van grafieken zoals Figuur 11 en Figuur 12 overgenomen van Deltares, Optimalisatie peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, augustus 2019.

<sup>17</sup> Op basis van Figuur 8, overgenomen uit studie Deltares, Optimalisatie peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, augustus 2019.



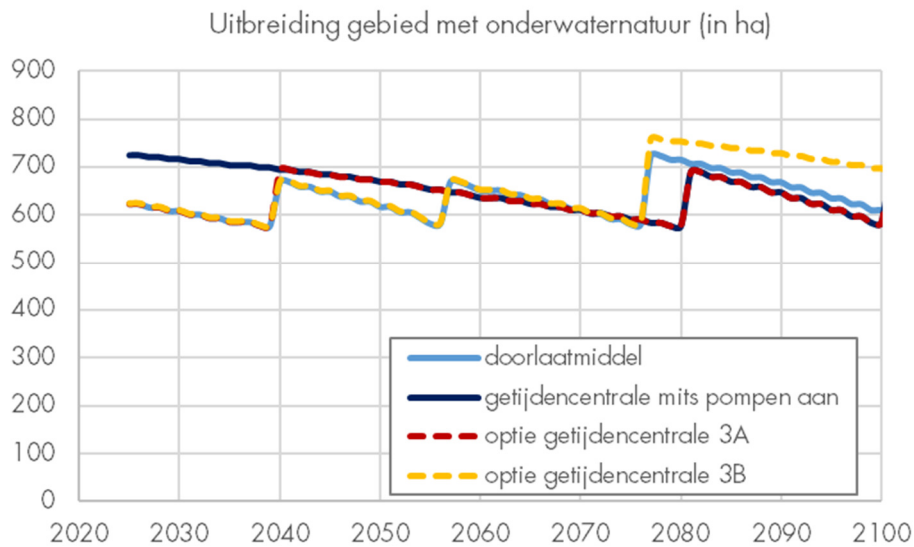
**Figuur 17: verloop gemiddelde getijslag**



**Figuur 18: verloop zuurstofloos areaal**

## 6.2 NATUUR ONDER WATER

Voor de natuur onder water is niet het hele zuurstofloze areaal relevant, maar gaat het om 800 hectare die nu zuurstofloos is maar waar met voldoende getijslag wel een gezond bodemleven kan ontstaan. De mate waarin de varianten hier naar verwachting in slagen, is weergegeven in de uitbreiding van het areaal met een gezond bodemleven in Figuur 19. Het maximum haalbare resultaat is 800 hectare. In het begin van de zichtperiode komt de getijdencentrale hier het dichtste bij als al direct pompen worden ingezet om de maximale getijslag te realiseren. Aan het eind van de zichtperiode komt variant 3B er het dichtstbij.

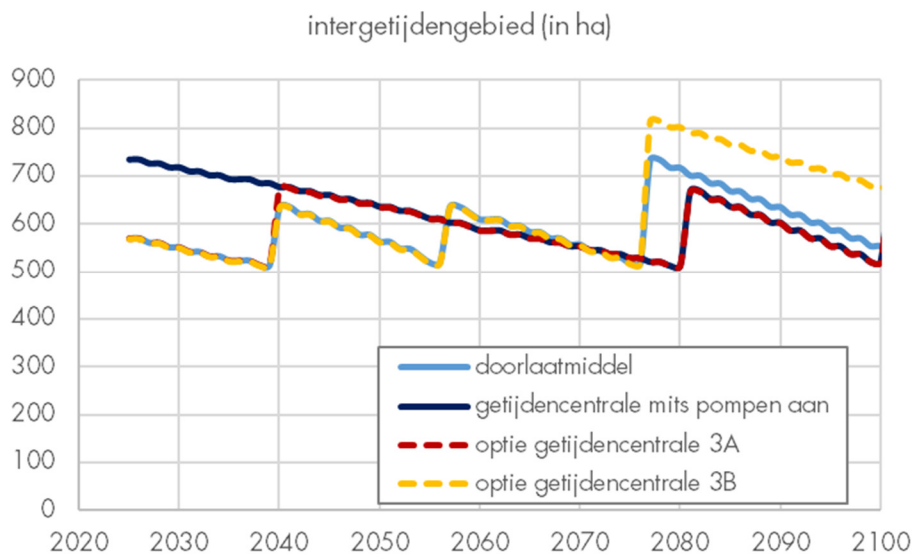


**Figuur 19: verloop toename areaal met condities voor gezonde onderwaternatuur**

### 6.3 INTERGETIJDENGEBIED

Hoe groter de getijslag hoe groter het intergetijdengebied is en hoe meer natuurwinst optreedt in de vorm van foerageergebied voor steltlopers en kustbroedvogels. De omvang van het intergetijdengebied is geschat door een lineaire relatie aan te nemen tussen de omvang van het intergetijdengebied bij maximaal 30 cm getij (scenario *Verminderd getij*) en het *Peilbeheerscenario 40/-30* met maximaal 40 cm getij. Voor de omvang van het intergetijdengebied bij minder dan 30 cm getijslag is een lineair verband aangenomen tussen de omvang van het intergetijdengebied bij maximaal 30 cm getij en bij het ontbreken van getij. Dit is een grove benadering omdat het *Peilbeheerscenario 50/-20* met maximaal 50 cm getij niet op het verlengde van de eerste lijn ligt. De intergetijdengebieden zijn overgenomen uit de natuur winst- en verliesrekening.<sup>18</sup>

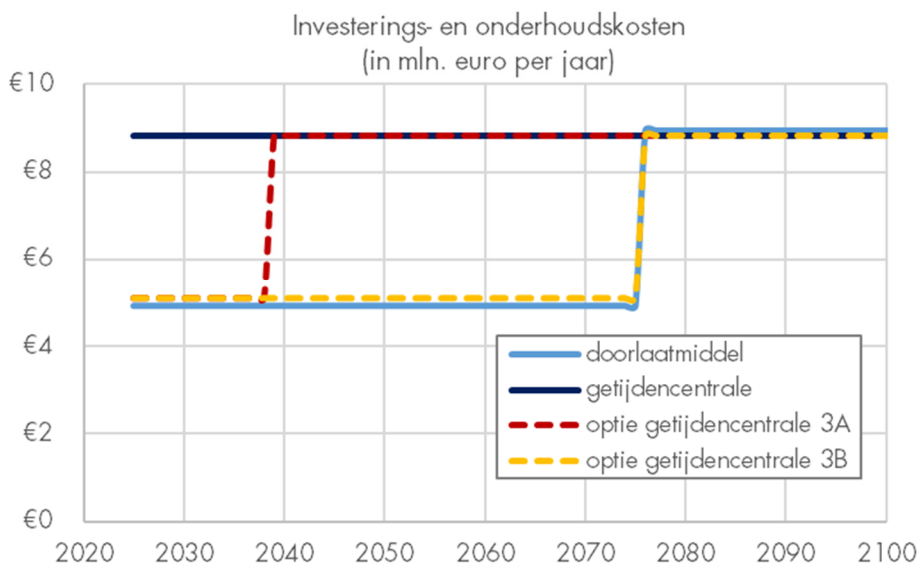
<sup>18</sup> Spreadsheet GG Winst en verlies II, 20190624, aangeleverd door projectteam Inhoud en Onderbouwing.



**Figuur 20: verloop omvang intergetijdengebied (op basis van eenvoudige grove afschatting)**

#### 6.4 INVESTERINGEN EN BEHEER EN ONDERHOUD INFRASTRUCTUUR

De investeringen en beheer- en onderhoudskosten van de verschillende doorlaatmiddelvarianten zijn in Hoofdstuk 2 berekend en uitgedrukt in de jaarlijkse annuïteit. Het verloop over tijd is dan in het G-scenario zoals aangegeven in Figuur 21. Het doorlaatmiddel heeft in het begin de laagste kosten, op korte afstand gevolgd door de varianten die kunnen worden aangepast tot getijdencentrale. De getijdencentrale zit al direct op het hogere eindniveau. Als de mogelijkheden van het aanpassen van de peilbeheerstrategie zijn uitgeput om de getijslag boven de 35 cm te houden, zijn in variant 1 extra kokers noodzakelijk (2076 in G-scenario). De gemiddelde kosten liggen dan een fractie hoger dan in de drie andere varianten. De andere drie varianten eindigen qua jaarlijks kostenniveau alle drie even hoog. Het moment waarop ze dat niveau bereiken verschilt. De getijdencentrale start op dit niveau, variant 3A heeft vanaf 2039 pompen nodig en variant 3B vanaf 2076 in het G-scenario. De hoogte van de lijnen in de grafiek laat zien dat zonder de energiekosten voor het pompen uitbreiding met extra kokers op hetzelfde niveau uitkomt als een doorlaat met pompen of pompturbines.



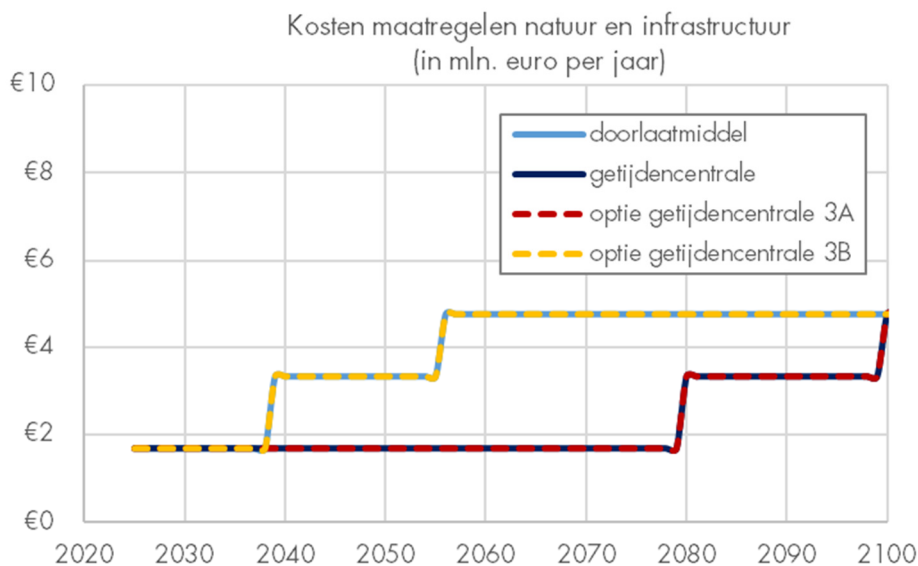
**Figuur 21: verloop investerings- en onderhoudskosten per variant**

### 6.5 NATUUR BOVEN WATER INCLUSIEF BESTAANDE INFRASTRUCTUUR

Bij elk peilbeheerscenario dat leidt tot een hogere maximale waterstand, kan meer schade optreden aan relevante Natura-2000-natuur en bestaande infrastructuur. Dit verlies aan Natura-2000-gebied moet gecompenseerd worden in eerste instantie binnen de Grevelingen. Omdat het waterpeil en de getijslag niet voor elke variant op hetzelfde moment moet worden aangepast, ontstaan er verschillen in het verloop van de kosten. In eerste instantie moet naar verwachting voor € 23 mln. aan maatregelen natuur worden aangelegd. Afhankelijk van de variant verschilt de timing voor de vervolgstappen van € 32 mln. en € 25 mln. De uiteindelijke kosten om *Peilbeheerscenario 50/-20* te realiseren bedragen dus € 80 mln.

Daarnaast zijn er door het terugbrengen van getij aanpassingen aan de bestaande infrastructuur nodig (€ 14 mln. voor *Peilbeheerscenario 40/-30*). Bij elk peilbeheerscenario met een hoger peil moeten meer oevers, steigers, kades worden aangepast. Baggerkosten zijn al gemaakt in de eerste fase met *Peilbeheerscenario 40/-30* en zijn niet meer aan de orde bij de andere peilbeheerscenario's. Voor het *Peilbeheerscenario 50/-30* komt er naar schatting € 4 mln. bij en voor het *Peilbeheerscenario 50/-20* € 6 mln. extra.

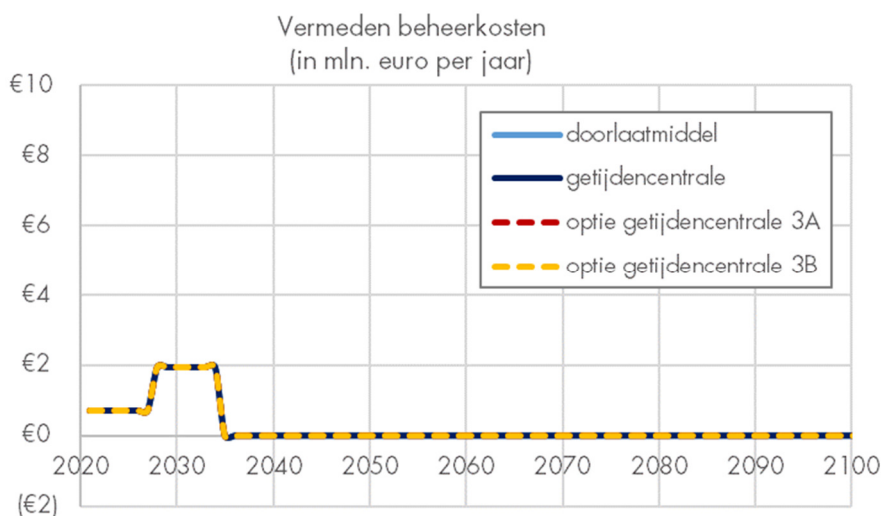
De investeringen die nodig zijn bij aanpassing van het peilbeheer zijn vertaald naar jaarlijkse kosten uitgaande van een levensduur van 100 jaar. Het resultaat staat in Figuur 22. Bij de getijdencentrale en de variant 3A kunnen de vervolginvesteringen lang worden uitgesteld omdat de minimale getijslag met pompen kan worden gehandhaafd. Zonder pompen is in het G-scenario per 2039 een vervolginvestering in maatregelen infrastructuur nodig en in maatregelen natuur, als op dat moment nog steeds dezelfde Natura-2000-regelgeving van toepassing is.



**Figuur 22: verloop kosten mitigatie en compensatie per variant**

### 6.6 KOSTEN NATUURBEHEER

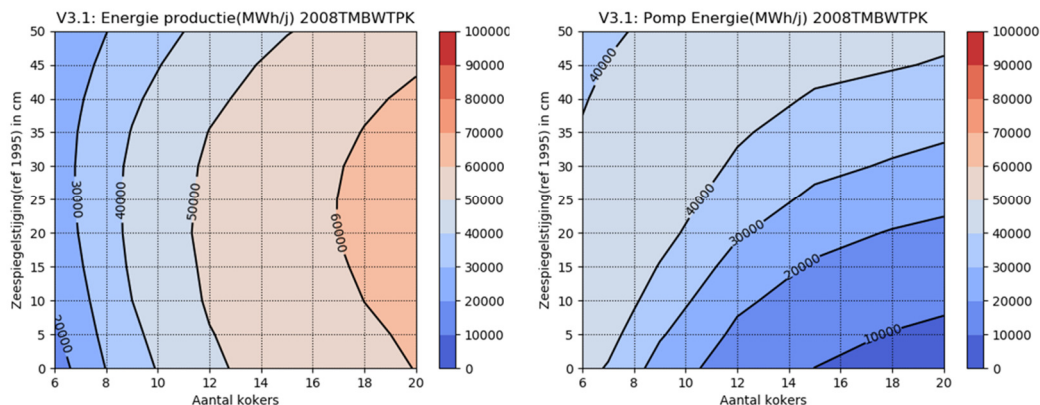
Door de aanleg van maatregelen natuur kunnen de natuurbeheerders enkele maatregelen en dus kosten op het reguliere beheer vermijden. In de autonome ontwikkeling komen de Natura-2000-instandhoudingsdoelstellingen onder druk te staan door natuurlijke successie, erosie en klimaatverandering. In de volgende beheerperiode zullen er daarom maatregelen moeten worden genomen om de instandhoudingsverplichting na te komen. Een aantal van deze maatregelen komt overeen met de begrote Maatregelen Natuur. Door het uitvoeren van deze maatregelen kan dus op de beheerkosten worden bespaard. De omvang van de te vermijden beheerkosten bedraagt € 5 mln. op de beheerkosten in de periode 2021-2027 en € 13,6 mln. in de daaropvolgende periode van 2028-2034. De opdeling is gegeven in bijlage 1. Aangenomen is dat deze kosten gelijkmatig verdeeld zijn over de beheerperiode. Het effect is voor alle varianten gelijk, zie Figuur 23.



**Figuur 23: verloop vermeden natuurbeheerkosten per variant**

## 6.7 ENERGIEOPWEKKING TURBINES EN ELEKTRICITEITSGEBRUIK BIJ POMPEN

Uit de 'regenboog'-grafieken van Deltares bij inzet van pompen is bij 12 kokers afgelezen wat het energiegebruik en de energieopbrengst is als functie van de zeespiegelstijging. Dit is gedaan voor de drie verschillende peilbeheerscenario's. Figuur 24 bevat de regenbooggrafieken voor het *Peilbeheerscenario 40/-30*.

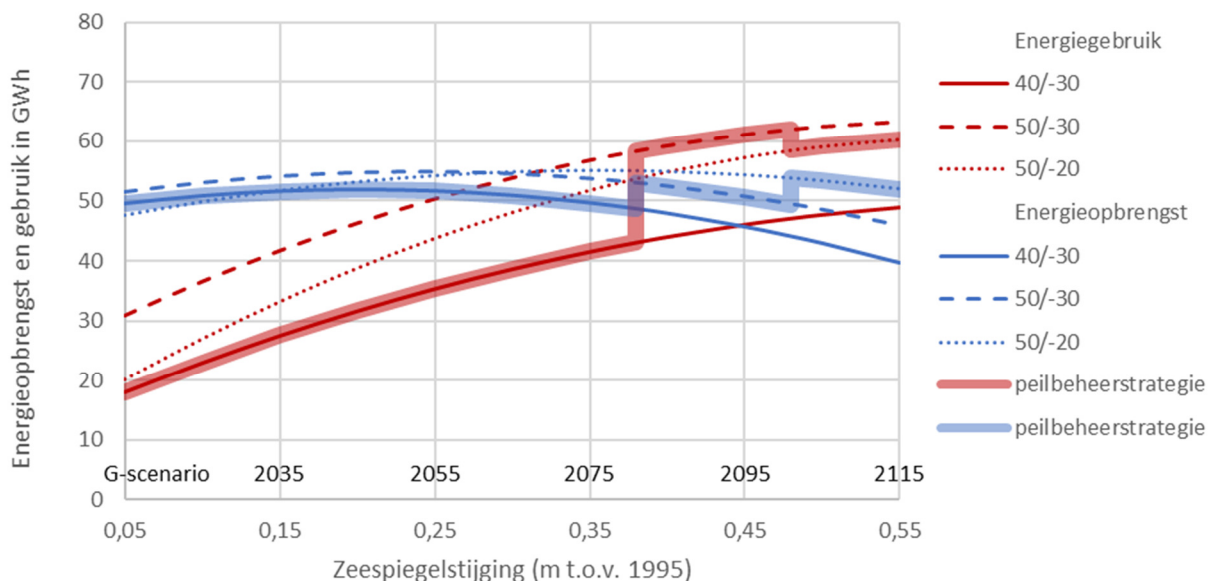


**Figuur 24:** energieproductie en energiegebruik bij *Peilbeheerscenario 40/-30* (bron Deltares, *Optimalisatie peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, augustus 2019*)

Uit de afgelezen waarden is Figuur 25 geconstrueerd. Hierin staan de energieproductie per peilbeheerscenario (blauwe lijn) en het energiegebruik per peilbeheerscenario (rode lijn). In Figuur 25 is ook de volgorde waarin het peilbeheer wordt aangepast getoond: van het *Peilbeheerscenario 40/-30* naar *50/-30* en vervolgens naar het *Peilbeheerscenario 50/-20*.

Uit de Figuur volgt dat tot 38 cm zeespiegelstijging de inzet van turbines meer energie oplevert dan dat pompen kost (rode lijn energiegebruik bij peilbeheerstrategie ligt onder de blauwe lijn energieopbrengst bij peilbeheerstrategie). Daarna is er meer pompenergie nodig om de minimale getijslag te handhaven. Tot 17 cm zeespiegelstijging is pompen niet vereist en kan een kosten-batenafweging worden gemaakt tussen 1) inzet van de pompen om getij op 40 cm of zelfs daarboven te houden met voordelen voor de waterkwaliteit of om het getij geleidelijk te laten afnemen tot 35 cm en pompkosten uit te sparen.

### Energieopbrengsten en kosten inzet turbines



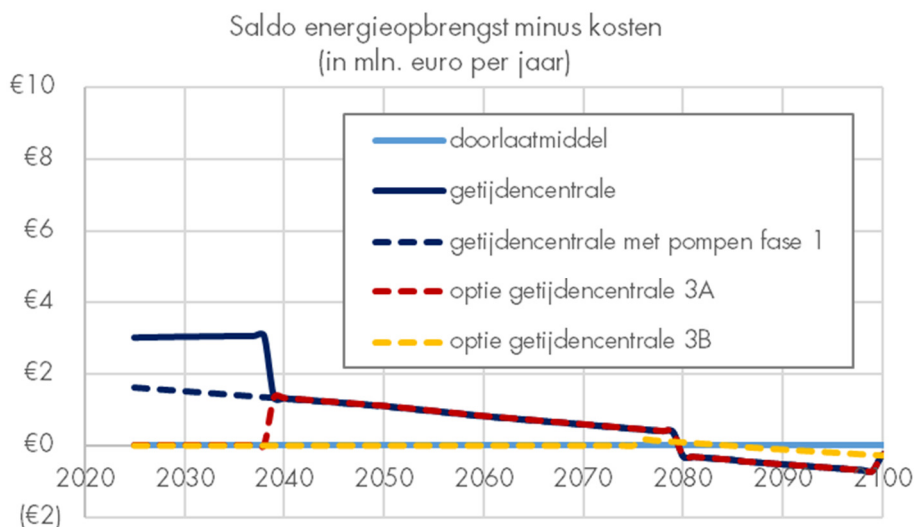
**Figuur 25: Energiegebruik en energieopwekking turbines als functie van zeespiegelstijging en peilbeheerscenario**

Zowel de energieopbrengst als het energiegebruik (in GWh per jaar) zijn gemonetariseerd door deze te vermenigvuldigen met een elektriciteitsprijs inclusief btw van € 59,3 per MWh.<sup>19</sup> Dit bedrag is de elektriciteitsprijs zoals ook in de doorrekening van het klimaatakkoord en de Nationale Energieverkenning 2017 is gebruikt en in de business case (€ 49 per MWh), maar dan verhoogd met 21% btw.<sup>20</sup> Om geen verschillen te laten ontstaan in de uitgangspunten tussen de verschillende projectdocumenten is hierbij aangesloten. De meerwaarde van groene stroom (zonder CO<sub>2</sub>) wordt in de volgende paragraaf bepaald.

Figuur 26 toont het verloop van de kosten en opbrengsten. Deze zijn alleen relevant voor variant 2 en 3A en 3B. Het elektriciteitsgebruik voor het dagelijks bedienen van de schuiven wanneer dit niet door pompturbines wordt gedaan, is niet meegenomen. Dit zou in het vervolg wel moeten worden betrokken.

<sup>19</sup> Dit is de reële elektriciteitsprijs en niet de efficiënte elektriciteitsprijs die zou moeten worden gebruikt in een MKBA. De btw is toegevoegd omdat ook de kosten voor investeringen inclusief btw zijn.

<sup>20</sup> Bron projectteam varianten. Dit zal worden opgenomen in *Beschrijving en afweging van drie varianten voor een doorlaatmiddel in de Brouwersdam*, augustus 2019 (nog niet beschikbaar).



**Figuur 26: verloop energiekosten en -opbrengsten per variant**

## 6.8 VERMEDEN CO<sub>2</sub>-UITSTOOT

In de varianten met turbines die elektriciteit opwekken tijdens vloed treden duurzame energiebatens op, in de vorm van winst door besparing op CO<sub>2</sub>-emissies, die bij de productie van elektriciteit uit fossiele brandstoffen zouden worden uitgestoten. Er is alleen sprake van baten zolang de productie hoger is dan het energiegebruik voor de pompen. Met een getijdencentrale kan een deel van de duurzame energiedoelstelling uit het Klimaatakkoord (sneller) worden ingevuld.

Volgens de Werkwijzer voor MKBA's op het gebied van milieu<sup>21</sup> en de beoordeling<sup>22</sup> van het CPB/PBL hiervan moeten de CO<sub>2</sub>-baten in MKBA's bepaald worden met efficiënte CO<sub>2</sub>-prijzen. De energieopbrengst van de productie van 100% hernieuwbare energie moet berekend worden met behulp van efficiënte energieprijzen waarin het effect van deze vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot verwerkt is. Bij de (netto) productie van hernieuwbare energie is het dan niet nodig het waterbedeffect<sup>23</sup> mee te nemen, de ETS-prijs of de vermeden uitstoot door de beperktere inzet van kolen- of gascentrales.

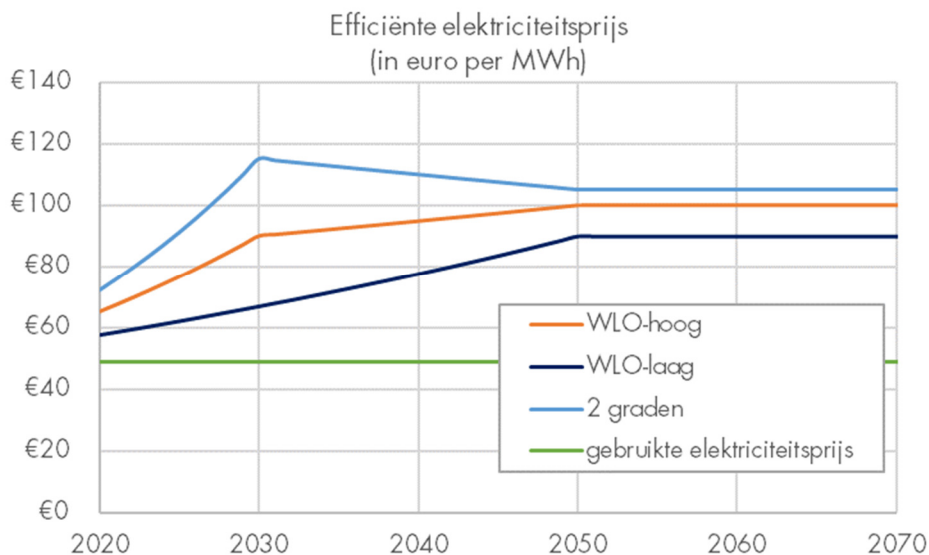
Omdat we in de vorige paragraaf de reële elektriciteitsprijs hebben overgenomen van de business case en de waarde die PBL heeft gebruikt voor de doorrekening van het klimaatakkoord, is de waarde van de vermeden CO<sub>2</sub> nog nauwelijks gemonetariseerd. Dit doen we door de efficiënte elektriciteitsprijzen inclusief opslag voor vermeden CO<sub>2</sub> te bepalen en daarvan de gebruikte elektriciteitsprijs (€ 49 per MWh excl. btw) af te trekken. De resterende waarde staat dan gelijk aan de waarde van de vermeden CO<sub>2</sub>. In Figuur 27 is dit het verschil tussen de lijnen per scenario (blauw) en de gebruikte elektriciteitsprijs (groen). Bij realisatie van

<sup>21</sup> CE Delft 2017.

<sup>22</sup> CPB/PBL 2017.

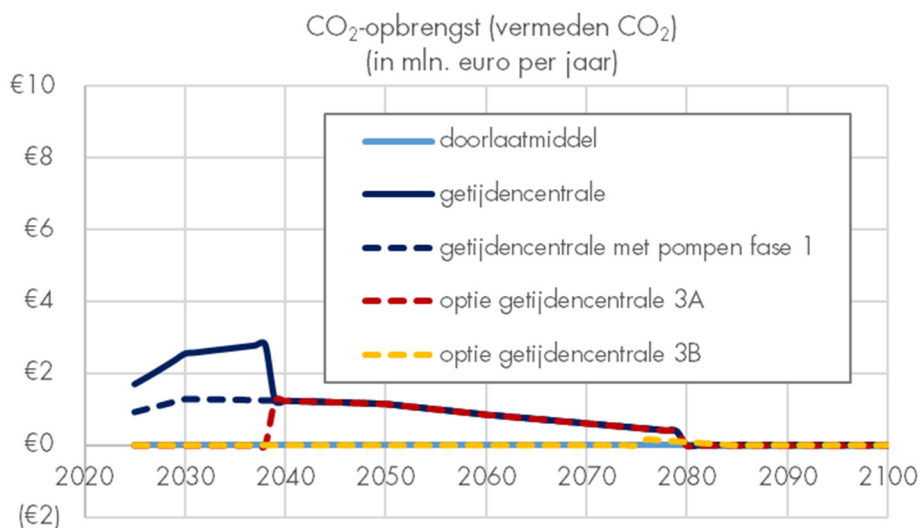
<sup>23</sup> Voor CO<sub>2</sub>-uitstoot geldt een plafondwaarde en zijn binnen Europa verhandelbare emissierechten in omloop. Hoe meer emissierechten een bedrijf bezit, hoe meer broeikasgassen het mag uitstoten. Als in het ene land minder wordt uitgestoten dan voorzien, kan in een ander land juist meer uitgestoten worden. De totale uitstoot zou daardoor niet veranderen, net als de hoeveelheid water in een waterbed. Als je op de ene plek drukt komt het bed ergens anders omhoog.

het doorlaatmiddel is het verschil nog beperkt (€ 13 - € 42 per MWh), maar dit neemt snel toe. Voor het WLO-hoog, het lage WLO-scenario en het 2°-scenario zijn de resultaten bepaald. In de totaaltabellen in hoofdstuk 7 wordt standaard het WLO-hoog scenario getoond.



**Figuur 27: Verloop efficiënte elektriciteitsprijzen (inclusief effect CO<sub>2</sub>)**

Het verloop van de CO<sub>2</sub>-opbrengst inclusief btw voor het G-scenario bij WLO-hoog staat in Figuur 28. In het G-scenario zakt de opbrengst in omdat vanaf dat moment er voor het pompen een deel van de opgewekte energie gebruikt wordt. De CO<sub>2</sub>-besparing voor de getijdencentrale geldt alleen wanneer er voor die tijd geen pompen worden ingezet. Als dat wel het geval is, dan is de getijslag hoger maar zijn er veel minder CO<sub>2</sub>-baten, en volgt de getijdencentrale de gestippelde donkerblauwe lijn.



**Figuur 28: verloop waarde vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot per variant (WLO-hoog)**

## 6.9 EXPORTPOTENTIEEL DOOR INNOVATIE

De baten van innovatie worden uitgedrukt in de extra winsten die behaald kunnen worden met vernieuwende producten of achterliggende kennis. Een klimaatrobuuste getijden- en/of pompcentrale is innovatief omdat hij werkt bij kleine vervalhoogte en kan meegroeien met de zeespiegelstijging door de inzet van turbines als pompen. Wereldwijd is er een groot aantal delta's aan te wijzen waar toepassing van een laagvervalgetijdencentrale aantrekkelijk kan zijn. Dit potentieel aan export dan wel ontwikkelingssamenwerking is niet alleen gericht op (kennis over) duurzame energieopwekking, maar verbetert ook de waterveiligheid in die gebieden. Uit onderzoek van Deltares volgt dat er ongeveer 460 locaties in de wereld zijn waar een dergelijke oplossing meerwaarde kan hebben.<sup>24</sup> In hoeverre de Nederlandse waterbouwindustrie kan profiteren is onzeker, maar om een gevoel te krijgen voor de potentiële omvang van deze baat, nemen we aan dat 50 jaar lang er elk jaar een exportproject gerealiseerd wordt. Als de waarde van een project ongeveer gelijk is aan de getijdencentrale in de Brouwersdam gaat het om een totale investering van ca. € 185 mln. (excl. aansluitkosten, inclusief btw). Dit komt dan na 50 jaar neer op een marktaandeel van 11% van het aantal potentiële locaties, en 4-6% van de omvang van de jaarlijkse deltatechnologiemarkt (€ 3-4 mld. per jaar).<sup>25</sup> Het energiepotentieel ligt voor sommige delta's veel hoger dan het beoogde geïnstalleerde vermogen van de Brouwersdam (20 MW). De waarde van de export kan daardoor ook veel hoger liggen dan berekend op basis van de investering voor variant 2.

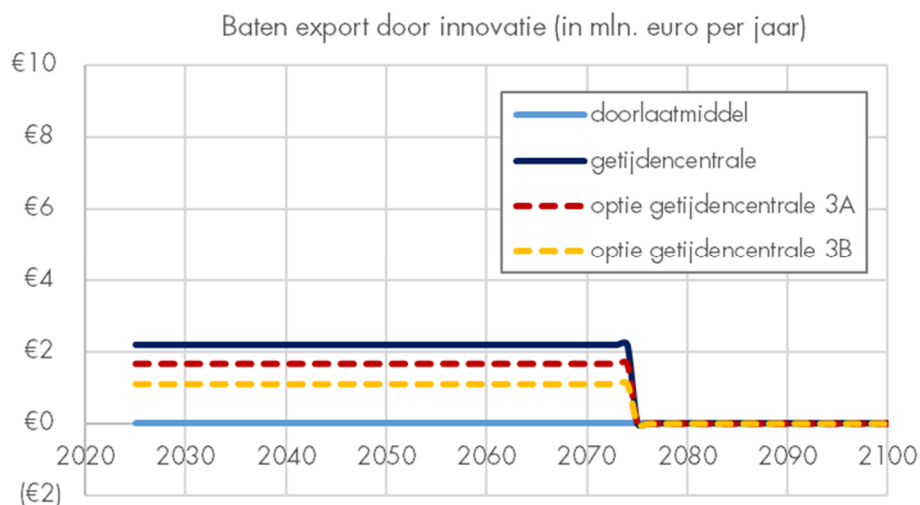
Van de totale investering in een getijdencentrale komt het engineeringwerk en de bouwbegeleiding en toezicht (een geschatte waarde van 20% van de investering) terecht bij de Nederlandse waterbouwers. Ook kan er winst gemaakt worden op 'doorvoer' en onderaanneming van de grondstoffen en inhuur van lokale partijen (80% van de investering). De te realiseren extra marge hierop schatten we in op 1%. De productiviteitswinst op de eigen werkzaamheden veronderstellen we gelijk aan 2% over 20% van de investering. Het welvaartseffect zou bij deze aannames uitkomen op ongeveer € 2,2 mln. per jaar en heeft dan een NCW van € 36 mln. in 2020.

Deze effecten starten deels op het moment dat de turbines of pompen operationeel zijn en deels op moment dat het klimaatadaptieve ontwerp is gerealiseerd. Om pragmatische redenen is ervoor gekozen uit te gaan van een vast bedrag per jaar. De maximum waarde geldt bij de aanleg van een getijdencentrale met pompfunctie (variant 2). Omdat voor variant 3A en 3B de effecten minder zullen zijn, nemen we voor variant 3A 75% van dit bedrag en 3B 50%.

---

<sup>24</sup> Deltares, Export potential Brouwersdam, juni 2019.

<sup>25</sup> CBS, omvang topsectoren



**Figuur 29: verloop exportbaten per variant (indicatief)**

Als de waarde op vergelijkbare wijze als de andere effecten wordt getoond, levert dat over de eerste 50 jaar een indicatieve baat op van respectievelijk € 2,2 mln. per jaar voor de getijdencentrale en € 1,65 mln. per jaar voor variant 3A en € 1,1 mln. per jaar voor variant 3B. Wanneer het exportpotentieel zou worden geschat op basis van het energiepotentieel van de getijdencentrale vallen de bedragen veel hoger uit.

### 6.10 KWEL

Een lager gemiddeld peil dan het huidige niveau van NAP -20 cm leidt tot een lagere kweldruk en een sterk verminderd risico op een toename van de zoute kwel naar landbouwgebieden als gevolg van getijdenwerking op de Grevelingen. De hoogte van de landbouwschade is zonder aanvullend onderzoek niet te bepalen. Vandaar dat een kwalitatieve beoordeling meegenomen wordt. Het meest gunstig ten opzichte van de autonome ontwikkeling zijn de varianten getijdencentrale en 3A. Dit is omdat hier het middenpeil het langst onder het huidige gemiddeld peil blijft. Dit beoordelen we met '++'. Het gewone doorlaatmiddel en variant 3B hebben ook decennialang een lager gemiddeld peil dan de autonome ontwikkeling, maar minder lang dan de andere twee varianten. We beoordelen deze varianten met '+' ten opzichte van de nulsituatie (zie Tabel 8).

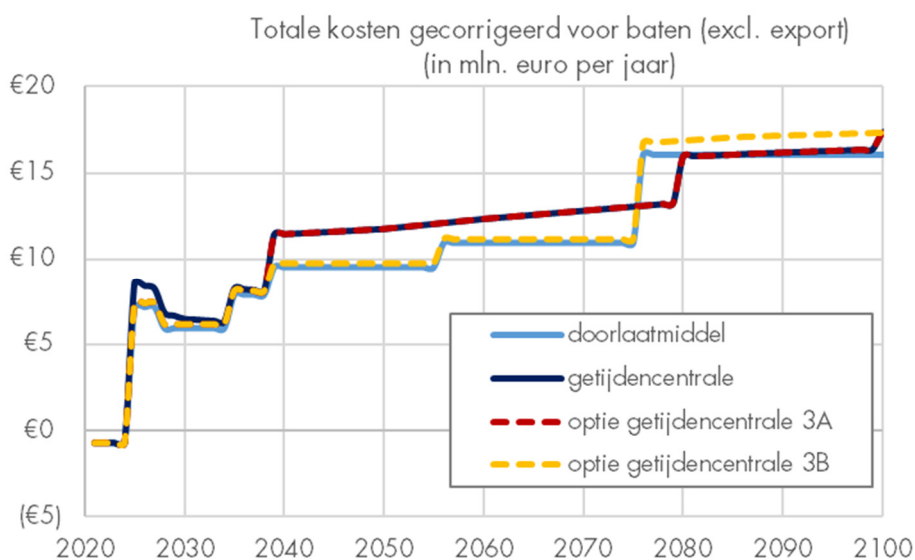
**Tabel 8: beoordeling verminderde kweldruk per variant**

Variant	Beoordeling kweldruk	Toelichting
Nulalternatief/autonoom	0 (middenpeil NAP -20 cm)	Kweldruk neemt toe met zeespiegelstijging
Doorlaatmiddel	+	Door start met <i>Peilbeheersscenario 40/-30</i> is gemiddelde waterniveau lager dan in huidige situatie/autonome ontwikkeling
Getijdencentrale	++	Lage waterniveau kan langer vastgehouden worden door te pompen
Optie getijdencentrale variant 3A	++	Zie getijdencentrale
Optie getijdencentrale variant 3B	+	Zie doorlaatmiddel

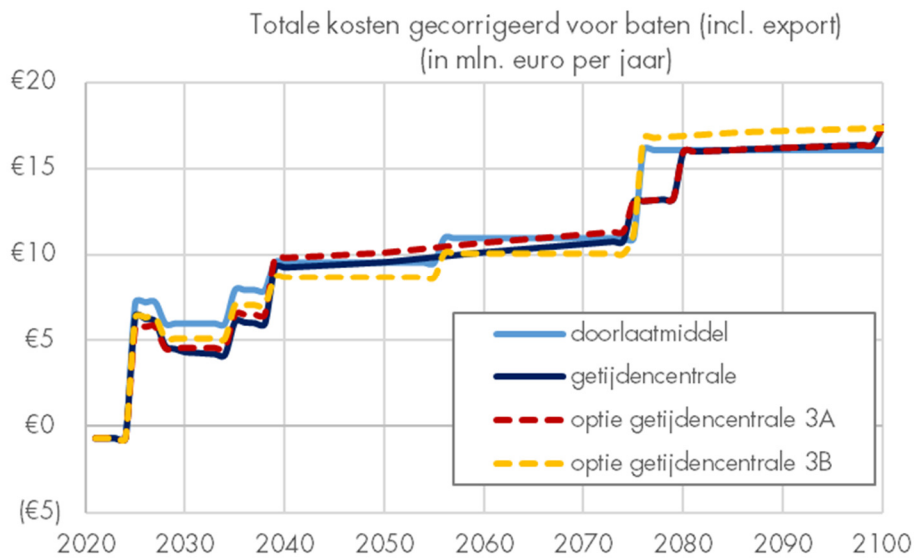
In dit hoofdstuk worden de eerder berekende resultaten gecombineerd en conclusies en aanbevelingen geformuleerd. Een beknopte gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd op de resultaten.

### 7.1 TOTAALOVERZICHT RESULTATEN

De optelsom van alle resultaten berekend in de voorgaande hoofdstukken staat in Figuur 30 en Figuur 31. Vanwege de onzekerheid van de exportbaten zijn deze in de eerste figuur niet meegenomen en in de tweede wel. Het doorlaatmiddel (variant 1) heeft lange tijd de laagste kosten (zonder exportbaten) alhoewel het verschil met variant 3B minimaal is. Als de exportbaten meegeteld worden, is variant 3B lange tijd het meest kosteneffectief. Zodra er geen mogelijkheden meer zijn de peilbeheerstrategie aan te passen en extra kokers (variant 1) of pompen (variant 3B) moeten worden aangelegd om de minimale getijslag te handhaven hebben de getijdencentrale en variant 3A even hoge (gecorrigeerde) kosten (in 2076 bij G-scenario). Idealiter zou je overstappen in 2076 van variant 3B naar 3A. Dit levert echter geen voordeel op omdat de investeringen in extra maatregelen natuur en infrastructuur dan al gemaakt zijn en niet kunnen worden teruggedraaid.



**Figuur 30: verloop kosten gecorrigeerd voor batens per variant (excl. export, incl. btw)**



**Figuur 31: verloop kosten gecorrigeerd voor baten per variant (incl. export en btw)**

Het gaat niet alleen om het totale gecorrigeerde kostenniveau, omdat niet alle effecten gemonetariseerd zijn. De winst van de varianten met de mogelijkheid om te pompen (varianten 2 en 3) zit grotendeels in de baten voor waterkwaliteit en natuur, die zijn uitgedrukt in hectares natuurverbetering. Gemiddeld is voor deze varianten de getijslag hoger dan bij variant 1, ligt het middenpeil lager, en ontstaat er zo meer intergetijdengebied, meer extra waardevolle natuur onderwater en vermindert ook het zuurstofloze areaal. Bovendien is het risico op toename van de kweldruk lager.

**Tabel 9: kosten-batenoverzicht per variant bij G-scenario en WLO-hoog voor waardering CO<sub>2</sub>-effect (door afrondingen kan optelling onderdelen afwijken van totaal)**

G-scenario	NCW in 2020	Doorlaa- middel	Getijden- centrale	Optie pompen 3A	Optie pompen 3B
Investerings infra	mln. Euro	€ -97	€ -162	€ -131	€ -100
Mitigatie & compensatie	mln. Euro	€ -54	€ -34	€ -34	€ -54
Vermeden natuurbeheer	mln. Euro	€ 13	€ 13	€ 13	€ 13
Beheer en onderhoud	mln. Euro	€ -26	€ -65	€ -46	€ -29
Energiekosten	mln. Euro	€ -	€ -22	€ -22	€ -6
		€ -164	€ -271	€ -220	€ -176
Waterkwaliteit	ha zuurstofloos	691 (575 - 877)	665 (605 - 722)	665 (605 - 722)	647 (542 - 721)
Ecologie onderwater	extra ha waardevolle natuur	609 (423 - 725)	635 (578 - 695)	635 (578 - 695)	653 (579 - 758)
Natuur intergetijdengebied	ha intergetijdengebied	558 (357 - 733)	588 (513 - 676)	588 (513 - 676)	619 (514 - 815)
Landbouw/zoute kwel	kwalitatief	+	++	++	+
(Pot.) Energieopbrengst	mln. Euro	€ -	€ 56	€ 30	€ 6
CO <sub>2</sub> -besparing	mln. Euro	€ -	€ 29	€ 8	€ 0
Export	mln. Euro	€ -	€ 36	€ 27	€ 18
		€ -	€ 121	€ 66	€ 24
Saldo		€ -164	€ -149	€ -155	€ -152
excl. export		€ -164	€ -186	€ -182	€ -170
Gem getijslag		0,37	0,38	0,38	0,39

## 7.2 GEVOELIGHEIDSANALYSE

Een onzekere aanname die invloed heeft op de vergelijking van de varianten is het verloop van de klimaatverandering. Dit is vanwege de verschillen tussen de varianten in de mate van klimaatrobustheid (zie Tabel 10).

**Tabel 10: maximale doorontwikkeling varianten**

Variant	Max zeespiegelstijging bij 50/-20 in fase 2	G-scenario	W-scenario	Klimaatscenario extrapolatie
Doorlaa- middel	~50 cm	2105	2074	2120
Getijden- centrale	~58 cm	2121	2085	2136
Optie getijden- centrale variant 3A	~58 cm	2121	2085	2136
Optie getijden- centrale variant 3B	~58 cm	2121	2085	2136

Bij een ander klimaatscenario veranderen de conclusies niet. Als de baten van export worden meegeteld dan is de getijdencentrale maatschappelijk het meest aantrekkelijk of variant 2 staat op een gedeelde 1<sup>e</sup> plek met variant 3B. Als het exportpotentieel niet mee wordt geteld dan is het gemonetariseerde nadeel van variant 3B ten opzichte van variant 1 klein terwijl er wel meer natuurbaten zijn en de oplossing meer klimaatrobust is. Variant 1 kan maximaal 50 cm zeespiegelstijging aan en de andere varianten 58 cm. Bovendien kunnen de andere varianten daarna ook met extra kokers met pompen worden uitgebreid, terwijl variant 1 al 21 kokers heeft die zonder pompen steeds minder effectief zijn.

**Tabel 11: kosten-batenoverzicht per variant bij W-scenario en WLO-hoog voor waardering CO<sub>2</sub>-effect (door afrondingen kan optelling onderdelen afwijken van totaal)**

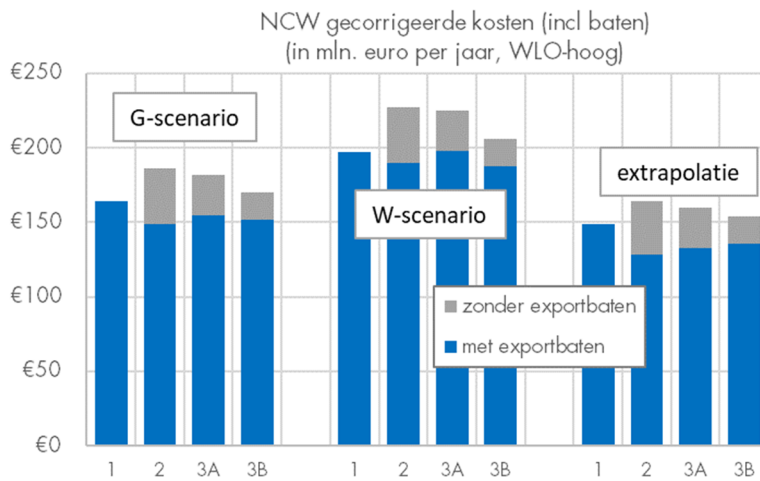
W-scenario	NCW in 2020	Doorlaat- middel	Getijden- centrale	Optie pompen 3A	Optie pompen 3B
Investeringen infra	mln. Euro	€ -110	€ -162	€ -157	€ -112
Mitigatie & compensatie	mln. Euro	€ -71	€ -41	€ -41	€ -71
Vermeden natuurbeheer	mln. Euro	€ 13	€ 13	€ 13	€ 13
Beheer en onderhoud	mln. Euro	€ -29	€ -65	€ -61	€ -35
Energiekosten	mln. Euro	€ -	€ -41	€ -41	€ -16
		€ -197	€ -296	€ -287	€ -221
Waterkwaliteit	ha zuurstofloos	864 (575 - 1200)	721 (605 - 1000)	721 (605 - 1000)	712 (542 - 1000)
Ecologie onderwater	extra ha waardevolle natuur	436 (100 - 725)	579 (300 - 695)	579 (300 - 695)	588 (300 - 758)
Natuur intergetijdengebied	ha intergetijdengebied	450 (228 - 733)	537 (330 - 676)	537 (330 - 676)	555 (330 - 815)
Landbouw/zoute kwel	kwalitatief	+	++	++	+
(Pot.) Energieopbrengst	mln. Euro	€ -	€ 56	€ 51	€ 15
CO <sub>2</sub> -besparing	mln. Euro	€ -	€ 14	€ 11	€ 0
Export	mln. Euro	€ -	€ 36	€ 27	€ 18
		€ -	€ 106	€ 90	€ 33
	Saldo	€ -197	€ -190	€ -198	€ -188
	excl. export	€ -197	€ -227	€ -225	€ -206
	Gem getijslag	0,32	0,36	0,36	0,36

**Tabel 12: kosten-batenoverzicht per variant bij scenario extrapolatie en WLO-hoog voor waardering CO<sub>2</sub>-effect (door afrondingen kan optelling onderdelen afwijken van totaal)**

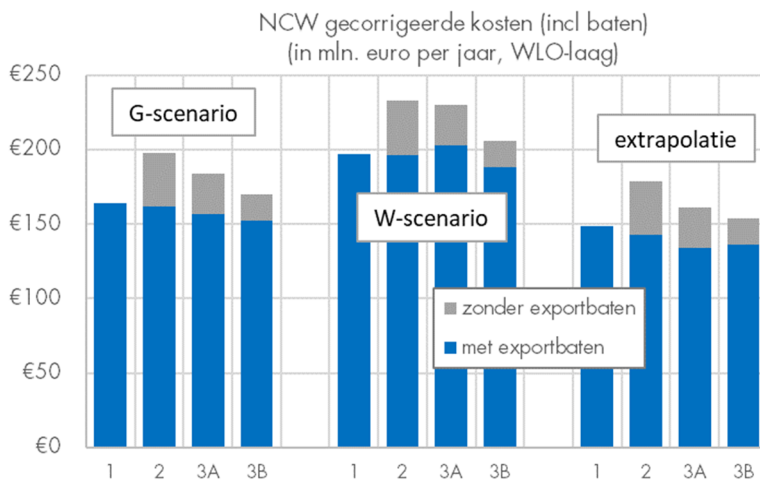
Extrapolatie	NCW in 2020	Doorlaats- middel	Getijden- centrale	Optie pompen 3A	Optie pompen 3B
Investerings infra	mln. Euro	€ -94	€ -162	€ -113	€ -97
Mitigatie & compensatie	mln. Euro	€ -43	€ -32	€ -32	€ -43
Vermeden natuurbeheer	mln. Euro	€ 13	€ 13	€ 13	€ 13
Beheer en onderhoud	mln. Euro	€ -25	€ -65	€ -36	€ -27
Energiekosten	mln. Euro	€ -	€ -12	€ -12	€ -3
		€ -149	€ -258	€ -181	€ -157
Waterkwaliteit	ha zuurstofloos	668 (575 - 759)	663 (605 - 722)	663 (605 - 722)	645 (542 - 721)
Ecologie onderwater	extra ha waardevolle natuur	632 (541 - 725)	637 (578 - 695)	637 (578 - 695)	655 (579 - 758)
Natuur intergetijdengebied	ha intergetijdengebied	584 (472 - 733)	590 (513 - 676)	590 (513 - 676)	622 (514 - 815)
Landbouw/zoute kwel	kwalitatief	+	++	++	+
(Pot.) Energieopbrengst	mln. Euro	€ -	€ 55	€ 16	€ 3
CO <sub>2</sub> -besparing	mln. Euro	€ -	€ 39	€ 5	€ 0
Export	mln. Euro	€ -	€ 36	€ 27	€ 18
		€ -	€ 130	€ 48	€ 21
Saldo		€ -149	€ -128	€ -133	€ -136
excl. export		€ -149	€ -164	€ -160	€ -154
Gem getijslag		0,37	0,38	0,38	0,39

De waarde van onzekere baten zoals de vermeden CO<sub>2</sub> en de waarde van innovatie hebben impact op de hoogte van de verschillen tussen de varianten (zie Figuur 32 tot en met Figuur 34), al zijn de verschillen relatief klein in vergelijking met de onzekerheden in aannames voor kosten en effecten.

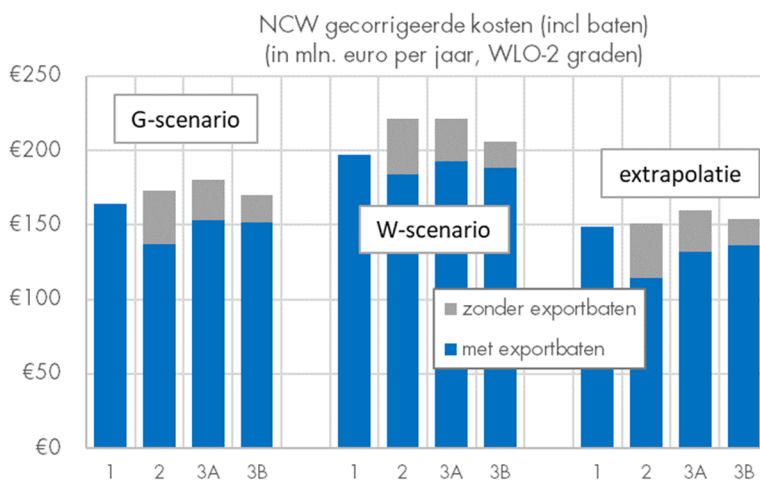
Variante 1 heeft zonder exportbaten meestal de laagste gecorrigeerde kosten (combinatie van grijze en blauwe staafje is het laagst), op korte afstand gevolgd door variant 3B. Met exportbaten zijn de meeste andere varianten aantrekkelijker (blauwe staafjes zijn lager). Variante 2 of 3B hebben dan bij de gemaakte aannames meestal de laagste gecorrigeerde kosten, behalve bij een lage waardering van de vermeden CO<sub>2</sub> (WLO-laag) en het klimaatscenario extrapolatie. Dan is 3A maatschappelijk gunstiger. Omdat de eerstkomende jaren alleen voor variant 3 en nog niet voor 3A of 3B hoeft te worden gekozen, kan nieuwe informatie en kennis gebruikt worden voor de optimale uitvoeringskeuze van variant 3.



**Figuur 32: NCW varianten bij CO<sub>2</sub>-prijs WLO-hoog**



**Figuur 33: NCW varianten bij CO<sub>2</sub>-prijs WLO-laag**



**Figuur 34: NCW varianten bij CO<sub>2</sub>-prijs WLO-2°**

### 7.3 CONCLUSIES

#### *Peilbeheerstrategie*

- Peilbeheer conform het *Peilbeheerscenario 40/-30* is de meest kansrijke oplossing om op korte termijn te voldoen aan de projectrandvoorwaarden en het doelbereik. Een minimale uitbreiding van het budget is nodig om de Natura-2000-effecten te compenseren, terwijl de doelstellingen voor de waterkwaliteit binnen bereik komen.
- In dit peilbeheerscenario kan zonder al te grote investeringen in Natura-2000-compensatie adaptief getest worden hoeveel de minimale getijslag daadwerkelijk moet zijn om de waterkwaliteit voldoende te verbeteren. Een adaptieve aanpak houdt in dat de effecten op natuur gemonitord worden en afhankelijk van het resultaat de gewenste getijslag hoger of lager vastgesteld wordt. Hoewel de gewenste gemiddelde getijslag nu op 40 cm staat met een minimum van 35 cm, zou de benodigde gemiddelde getijslag in de praktijk zowel hoger als lager kunnen liggen.
- Het op termijn aanpassen van het peilbeheerscenario als functie van de zeespiegelstijging kan zorgen voor klimaatrobustheid. Aanpassing ten gunste van klimaatrobustheid gaat dan ten koste van additionele investeringen in maatregelen natuur en infrastructuur. Op termijn kunnen deze kosten meevallen indien de in gang gezette actualisatie van de Natura-2000-doelensystematiek en het opstellen van een Natuurwinstplan op nationale schaal leiden tot meer ruimte binnen de landelijke kaders voor natuur.

*Advies: start met Peilbeheerscenario 40/-30 in adaptieve peilbeheerstrategie inclusief aanpassingen in broed- en winterseizoen en pas getijslag en peilgrenzen aan indien nodig of gewenst.*

#### *Varianten*

- Afhankelijk van de daadwerkelijke ontwikkeling van de klimaatverandering, de CO<sub>2</sub>-prijs en de gerealiseerde exportbaten verschilt de variant die het meest kosteneffectief is. Over alle mogelijke scenario's bekeken, lijkt variant 3<sup>26</sup> een veilige en kosteneffectieve keuze. Deze variant heeft in de verschillende scenario's een beperkt kostennadeel ten opzichte van de nummer 1 of komt zelf als meest kosteneffectieve naar voren.
- Variant 3 is met het meetellen van exportbaten en hoge CO<sub>2</sub>-prijzen doorgaans iets minder kosteneffectief dan de getijdencentrale, maar sluit dit niet uit en heeft een beperkt nadeel. Wanneer deze variant later of al tijdens planuitwerking wordt omgezet in een publieke of een private getijdencentrale bij concrete interesse van een marktpartij is er geen sprake van voortijdige afschrijving of overbodige reeds gemaakte investeringen.
- De variant 3 vraagt nauwelijks meer investeringen dan variant 1 (€ 4 mln. op investering van € 108 mln.), die zonder exportbaten de oplossing met de laagste kosten is, en biedt meer kansen en doorontwikkelmogelijkheden. Variant 3 biedt meer flexibiliteit om in te spelen op veranderende omstandigheden, is meer klimaatrobust en biedt meer potentieel voor verbetering van de waterkwaliteit, onderwaternatuur en het intergetijdengebied. Voor variant 3 komen er nog voordelen bij, nl. de

---

<sup>26</sup> Variant 3 is hier de combinatie van variant 3A en 3B omdat in het G-scenario pas in 2039 een verschil tussen 3A en 3B gaat optreden.

exportkansen en mogelijkheden om duurzame elektriciteit op te wekken en zo CO<sub>2</sub>-uitstoot te vermijden.

- Binnen de keuze voor variant 3 kan afhankelijk van de ontwikkeling van de verschillende variabelen geoptimaliseerd worden in de volgorde van vervolgstappen nodig bij zeespiegelstijging. Het prioriteren van de inzet van pompen en elektriciteitsopwekking is een logische keuze indien de Natura-2000-eisen zwaarder worden, er meer getijslag nodig is, en/of de zeespiegelstijging sneller gaat. Zolang de elektriciteitsopbrengst hoger is dan het gebruik voor de pompen is het een logische keuze als de elektriciteitsopbrengst stijgt of de kosten van CO<sub>2</sub>-uitstoot toenemen. Het zo lang mogelijk uitstellen van de inzet van pompen ligt voor de hand als de Natura-2000-doelensystematiek verruimd wordt, minder getijslag volstaat, de zeespiegelstijging langzamer gaat, of de kosten om te pompen hoger liggen dan de opbrengsten van vermeden CO<sub>2</sub> en van elektriciteitsopwekking. Aanvullende opties zijn het plaatsen van pompen die tegen extra energiekosten tegen zeeniveau in kunnen pompen, waardoor het middenpeil langer laag kan worden gehouden of het gefaseerd plaatsen van de pompen om de investering te beperken.
- Variant 1 zal eerder dan varianten 2 en 3 toe zijn aan een grote infrastructurele ingreep met extra ruimtebeslag om de getijslag te handhaven bij toenemende zeespiegelstijging.
- De uitvoering van variant 2 is afhankelijk van de belangstelling van de markt. Bij beperkte interesse, kan de overheid genoodzaakt worden met een suboptimale verdeling van kosten en baten akkoord te gaan of de variantkeuze te veranderen. Bij voldoende interesse kan echter de initiële publieke investering beperkt worden en daadwerkelijk binnen het taakstellend budget gebleven worden.

Advies: ga planuitwerking in met adaptief ontwerp, een doorlaatmiddel met de optie om pompen of pompturbines te plaatsen (variant 3 en variant 2 als de optie voor turbines direct uitgevoerd wordt).

## 7.4 AANBEVELINGEN

Niet alle mogelijkheden zijn in deze adaptieve strategie onderzocht. In het vervolg zouden er nog verdere optimalisaties van de varianten met de mogelijkheid om te pompen kunnen worden geanalyseerd en verschillende uitgangspunten en aannames verder onderbouwd of aangepast:

- Nader uitwerken en bijstellen adaptieve strategie met betrekking tot het optimaliseren van het aantal pompen over tijd. Nu is aangenomen dat zodra er pompen nodig zijn er in een keer 12 turbines worden geplaatst. Voor variant 3A en 3B zou dit ook gefaseerd kunnen. Door de fasering wordt de investering deels naar achteren geschoven. Dit levert een besparing op ten opzichte van de andere twee varianten ten koste van de hoeveelheid duurzame energie die kan worden opgewekt.
- Onderzoeken hoe een mix van de logische volgorde van de peilbeheerstrategie en de fasering van de varianten uitpakt. Bijvoorbeeld als eerste stap in fase 2 aanpassing naar het *Peilbeheerscenario 50/-30* en vervolgens de pompen plaatsen, of eerst een deel van de pompen plaatsen en dan het peil aanpassen.
- Pompen die aanwezig zijn in de getijdencentrale kunnen maar hoeven niet altijd volledig te worden ingezet om de getijslag zo groot mogelijk te houden. Dit vraagt een afweging tussen de baten voor natuur bij een hogere gemiddelde getijslag en de kosten van pompen (inclusief de vervallen CO<sub>2</sub>-baten). Het is ook een mogelijkheid bij variant

2 en 3 om deels tijdens de eb fase energie op te wekken zolang dit niet ten koste gaat van de getijslag. Deze optie verdient het onderzocht te worden.

- Te onderzoeken of er voldoende belangstelling vanuit markt is om de adaptieve variant 3 om te zetten in een getijdencentrale die deels door de markt wordt gefinancierd. Ook dan is sprake van een adaptieve variant. De turbines hoeven niet ingezet te worden om te pompen en ook het peilbeheerscenario kan eerder aangepast worden dan nodig als het aantrekkelijk is om de turbines niet in te zetten om te pompen maar de op te wekken elektriciteit te verkopen. In feite verlopen het peil en de publieke kosten dan volgens variant 3B. De marktpartij investeert in de turbines en de aansluiting op het net en ontvangt de elektriciteitsopbrengsten en subsidies.
- Na te gaan in de planuitwerking of de kosten voor de pompvarianten verder binnen het taakstellend budget kunnen worden gebracht en zo nee of aanvullende financiering mogelijk is binnen de mogelijkheden van de wettelijke kaders. Dit vraagt het terugbrengen van de onzekerheidsmarges rond de kosten door optimalisaties in ontwerp, beheer en/of fasering. Op dit moment ligt de investering voor de eerste fase op € 149 mln.<sup>27</sup> Dit is bijna € 10 mln. boven het taakstellend budget. Aan de andere kant lijkt € 10 mln. een gering bedrag in vergelijking met het budget en het feit dat nu rekening gehouden is met strengere Natura-2000-compensatie en met klimaatrobustheid. Bovendien kan er naar verwachting bespaard worden op de beheerkosten van de eerstkomende 2 perioden door de maatregelen natuur. De waarde van die besparing bedraagt meer dan € 10 mln.

---

<sup>27</sup> € 112 mln voor doorlaatmiddel geschikt voor turbines, € 14 mln. maatregelen infrastructuur en € 23 mln. maatregelen natuur.

## LITERATUUR

- CBS, *Monitor topsectoren*, augustus 2018.
- CE Delft, *Werkwijzer voor MKBA's op het gebied van milieu*, juli 2017
- CPB en PBL, *Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse*, 2013.
- CPB en PBL, gezamenlijke brief aan het ministerie van Financiën, *Beoordeling Werkwijzer MKBA Milieu*, 24 juli 2017
- CPB en PBL, *WLO-Klimaatscenario's en de waardering van CO<sub>2</sub>-uitstoot in MKBA's*, 2016.
- Deltares, *Bekkenrapport Veerse Meer 2000-2014 ten behoeve van de Evaluatie Peilbesluit*, 2015.
- Deltares, *Export potential Brouwersdam*, juni 2019
- Deltares, *Optimalisatie peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam*, augustus 2019.
- Deltares, *Zeespiegelmonitor 2018*, maart 2019.
- KNMI, *Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective*, 26 mei 2014.
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, *Klimaatakkoord*, 28 juni 2019
- Projectteam Inhoud en Onderbouwing, *Bijlagen Opbouw kosten maatregelpakketten Natura2000*, 25 juli 2019.
- Projectteam Inhoud en Onderbouwing, *Hoofdrapport Inhoud en Onderbouwing, vs. 0.6*, 5 augustus 2019.
- Projectteam Inhoud en Onderbouwing, *Opbouw kosten Tussenvariant en No Regret Autonom*, 8 juli 2019.
- Projectteam Varianten, *Beschrijving technische ingrepen bij drie varianten voor een doorlaatmiddel in de Brouwersdam*, verwacht september 2019.
- Projectteam Varianten, *Businesscase Variant 2 Getijdencentrale Brouwersdam*, verwacht september 2019.
- Rijkswaterstaat, *Kostennota project Getij Grevelingen*, verwacht september 2019.
- SEO, *MKBA financieel buitenlandinstrumentarium*, 2008
- Stratelligence, *MKBA bij Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer*, juni 2014.
- Stratelligence, *MKBA bij Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer, Effecten bij actualisatie*, juni 2016.

**AFKORTINGEN**













B&O	Beheer en onderhoud
DEI	Demonstratie energie- en klimaatinnovatie
EAA	Equal Annual Annuity
ETS	Emission Trading System
MIRT	Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport
MKBA	Maatschappelijke Kosten-batenanalyse
NAP	Nieuw Amsterdams Peil
NCW	Netto Contante Waarde
RGV	Rijksstructuurvisie Grevelingen & Volkerak-Zoommeer
SDE	Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie
SSK	Standaardsystematiek voor Kostenramingen
WMR	Wageningen Marine Research

# BIJLAGE 1: OVERZICHT PAKKET MAATREGELEN COMPENSATIE NATURA 2000, FASE 1

**Tabel 13: Maatregelen die specifiek voor de opgave van het Peilbeheerscenario 40/-30 zijn geformuleerd (overgenomen uit Opbouw kosten maatregelpakketten, juli 2019)**







A. (nr 4.) Ophogen bestaande vogeleilandjes										
kosten	€ 2.350.000									
H. (nr 21.) Ophogen bestaande oeververdedig ng										
kosten	€ 870.000									
I. (nr 9.) Herprofilering oever bij Battenoord										
kosten	€ 50.000									
J. (nr 5.) Ophogen schelpenrichel bij De Punt										
kosten	€ 120.000									
K. (nr 8.) Ophogen schelpenrichel Grevelingen oost										
kosten	€ 180.000									
<b>Subtotaal kosten 3.570.000</b>										

**Tabel 14: Aanvullende maatregelen die specifiek voor de opgave van het Peilbeheerscenario 40/-30 zijn geformuleerd (overgenomen uit Opbouw kosten maatregelpakketten, juli 2019)**

C. (nr 15.) Verwijderen jong struweel (in stroken)													
Kosten (4 ha)	<b>€ 1.580.000</b>												
F. (nr 11.) Aanleg eiland (45 ha)												 BP SP	
Kosten (45 ha)	<b>14.700.000</b>												
L. Kleischerm Veermansplaat													
Kosten	<b>50.000</b>												
M. Afplaggen Dwars in de weg / Veermansplaat / Stampersplaat													
Kosten	<b>2.140.000</b>												
A. Beheermaatregel kwaliteitsverbetering vochtige duinvallei													
Kosten (100 ha)	<b>1.350.000</b>												
<b>Subtotaal kosten € 19.820.000</b>													

Totale kosten Peilbeheerscenario 40/-30 afgerond: € 23,4 mln. inclusief BTW

**Tabel 15: Maatregelen die zowel bruikbaar zijn voor het project als voor het regulier beheer gericht op de instandhoudingsverplichting N2000 doelstellingen (extra opgave in de autonome ontwikkeling) (overgenomen uit Kosten Maatregelen N2000 Tussenvariant en Autonome ontwikkeling, juli 2019)**

C. (nr 15.) Verwijderen jong struweel (in stroken)											
Kosten (4 ha)	<b>1.600.000</b>										
F. (nr 11.) Aanleg eiland (45 ha)											
Kosten (60 ha)	<b>15.000.000</b>										
M. Afplaggen Dwars in de weg / Veermansplaat / Stampersplaat											
Kosten	<b>2.000.000</b>										
<b>Subtotaal kosten 18.600.000</b>											

De totale kosten No Regret Maatregelen voor Extra opgave N2000 bij autonome ontwikkeling: bedragen € 18,6 mln. incl. BTW. Op de korte termijn (beheerperiode '21 – '27) kan hierop € 5 mln. incl. BTW worden bespaard. Dit geldt voor alle doorlaatmiddelvarianten. Op de middellange termijn (beheerperiode '28 – '34) kan € 13,6 mln. incl. BTW extra worden bespaard. Dit geldt eveneens voor alle doorlaatmiddelvarianten.

## BIJLAGE 2: CHECKLIST CONSISTENTIE MIRT-PRODUCTEN

Begrippen en definities Getij Grevelingen overgenomen van checklist versie 12-8-2019	
Kostenraming	€ 149,- miljoen inclusief BTW prijspeil 2018.
Budget	€ 139,5 mln. Dit bestaat uit €119,5 miljoen projectbudget plus €20 miljoen risicoreservering (prijspeil 2018).
Peilbeheerscenario	Staat voor de combinatie van getijslag en gemiddeld peil ('middenpeil'). Zelfde termen gebruiken per peilbeheerscenario. Gebruik als basis de termen zoals genoemd in het overwegendocument.
Peilbeheerscenario benamingen	40/-30 moet in de documenten van Getij Grevelingen gebruikt worden als aanduiding van het Tussenscenario; 50/-30 is (nieuwe) aanduiding van het Basisscenario met verlaagd middenpeil; 50/-20 is (nieuwe) aanduiding van het Basisscenario. In bovenstaande scenario's wordt gestuurd op de maximale waterstand en de getijslag, het middenpeil mag/zal meestijgen met de zeespiegel en is als zodanig een streefwaarde. Standaard in deze peilbeheerscenario's is verlaging van de peilgrenzen in het broedseizoen en verhoging in de wintermaanden. RGV is het peilbeheerscenario volgens de ontwerp-RGV.
Varianten	De drie varianten van het doorlaatmiddel zoals in de opdracht zijn genoemd: 1. een doorlaatmiddel uitsluitend gericht op uitwisseling en herstel van gedempt getij; 2. een getijdencentrale met doorlaatfunctie en dus breder doorlaatmiddel; 3. een breder doorlaatmiddel zoals in variant 2 maar nog zonder getijdencentrale (optie om getijdencentrale later in te bouwen). Nota Bene: op basis van voortschrijdend inzicht en budgetrestricties is voor alle varianten een uitvoering met 12 kokers gekozen.
KES	Klant Eisen Specificatie; document waarin <u>alle</u> eisen aan en wensen voor het doorlaatmiddel en peilbeheer zijn vastgelegd; is verplicht onderdeel van MIRT2-dossier.
Klimaatrobuustheid	Het gaat bij klimaatrobustheid in dit project om 2 aspecten. Ten eerste de WENS om 40 cm zeespiegelstijging t.o.v. 1995 op te vangen in combinatie met 40 cm getijslag. Ten tweede de INSCHATTING dat dit niet langjarig houdbaar is zonder aanvullende ingrepen of aanpassingen. Het vergelijken van die aanvullende ingrepen of aanpassingen leidt tot een conclusie over meer of minder klimaatrobustheid.
Jaartallen	Jaartallen waarin een zekere mate van zeespiegelstijging wordt aangenomen moeten altijd gekoppeld worden aan het verloop hiervan volgens de KNMI-klimaatscenario's G(ematigd) en (eventueel) W(arm) (2014).
Adaptieve (investerings)strategie	In fasen realiseren van getijdenwerking op de Grevelingen via verschillende combinaties van inzet doorlaatmiddel (met of zonder turbines; met of zonder pompen) en peilbeheerscenario, om

Begrippen en definities Getij Grevelingen overgenomen van checklist versie 12-8-2019	
	(uiteindelijk) klimaatrobustheid te realiseren. Inzetten van een volgende fase gebeurt aan de hand van monitoring (vinger aan de pols) en op basis van actuele inzichten en kennis. Fase 1 is het toepassen van peilbeheerscenario 40 cm getijslag / NAP -30 cm middenpeil met inzet van een doorlaatmiddel met 12 kokers
12 kokers	Omvang van de varianten van het doorlaatmiddel waarvoor in de Verkenningfase de klimaatrobustheid en effecten op waterkwaliteit en natuur zijn bepaald.
Investerings	Investerings vanuit publieke zijde, zijn inclusief BTW.
Financierings	Investerings vanuit private zijde, zijn exclusief BTW.
Prijspeil 2018	Te hanteren prijspeil voor alle opgevoerde kosten in de Verkenningfase.
BOK II	De voorwaarden in BOK II zijn leidend.
Maatregelen Infrastructuur	Mitigerende en compenserende maatregelen voor oevers, steigers, vaargeulen, kades
Maatregelen Natuur	Mitigerende en compenserende maatregelen voor de Natura 2000 instandhoudingsdoelen
Ijkmoment	Moment waarop door de opdrachtgevers wordt vastgesteld of er voldoende publieke middelen zijn om de planuitwerkingsfase van project Getij Grevelingen te starten dan wel voort te zetten.
Beslismoment	Moment tijdens de planuitwerkingsfase waarop met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld of marktpartijen bereid zijn om risicodragend te investeren in de bouw van een getijdencentrale als onderdeel van variant 2. Vanaf dit moment is duidelijk welke variant als enige overblijft om verder uit te werken in de planuitwerkings- en realisatiefase.