

# Ruimte voor de toekomst

Flexibel invullen van investeringsopgaven om effecten van zeespiegelstijging in de toekomst te kunnen opvangen



# Samenvatting

Door de opwarming van de aarde stijgt wereldwijd de zeespiegel. Hoeveel de zeespiegel in Nederland precies stijgt is onzeker. Het deltasce­nario gaat uit van een stijging tot 1 meter in 2100, maar op basis van nieuw onderzoek wordt een stijging van 2 à 3 meter niet uitgesloten. Juist in deze periode is Nederland ook volop bezig met andere grote opgaven: het bouwen van een miljoen nieuwe woningen, het aanleggen, vervangen en renoveren van infrastructuur, de energietransitie en de transitie van het landelijk gebied.

Sweco berekende dat aan de vijf grootste opgaven (woningbouw, infrastructuur, energietransitie, klimaatadaptatie, landbouw en natuur) een prijskaartje hangt van ongeveer € 900 miljard in de periode tot 2050. Daarnaast werkt Sweco deze investeringen voor vijf regio's in meer detail uit voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging, om gebiedsgericht beter zicht te krijgen op het effect van zeespiegelstijging op deze investeringen. Deze investeringen vragen landelijk om meer dan 100.000 ha ruimte en bepalen daarmee voor een belangrijk deel de inrichting van ons land na 2050. Bij deze investeringen wordt echter op dit moment niet of nauwelijks rekening gehouden met de toekomstige effecten van de stijgende zeespiegel, waaronder hogere waterstanden op en langs kust en rivieren, verzilting in rivieren en polders en vernatting van de laaggelegen delen van Nederland.

Gezien de levensduur van deze investeringen is dit niet terecht. Zeespiegelstijging kan tot gevolg hebben dat de miljarden investeringen die we nu doen in de toekomst alsnog op de schop moeten. Nog een groter risico is dat, zonder samenhangende sturing, de snelle ruimtelijke ontwikkelingen in de komende decennia er voor zorgen dat er helemaal geen flexibiliteit of ruimte meer is om in de toekomst de aanpassingen te kunnen doen die nodig zijn om ons land in de toekomst veilig en leefbaar te houden.

**Met dit whitepaper geven we inzicht en oplossingsrichtingen voor dit complexe vraagstuk. We pleiten voor het reserveren van ruimte en het borgen van flexibiliteit in ruimte of in aanpasbaarheid van de inrichting van ons land, zodat we in de toekomst adequaat maatregelen kunnen nemen tegen een stijgende zeespiegel.**

## Interessant voor:

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK), Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W), Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselvoorziening (LNV), Deltaprogramma, kennisinstututen, partijen die betrokken zijn bij de ruimtelijke ordening, ruimtelijke investeringen en het waterbeheer in de kustregio, waaronder waterschappen, gemeenten, provincies, ontwikkelaars, aannemers, bouwbedrijven, Land- en Tuinbouworganisatie Nederland (LTO Nederland), de Koninklijke Algemeene Vereeniging voor Bloembollencultuur (KAVB) en natuurorganisaties zoals Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten en LandschappenNL.

# Voorwoord

Sweco ontwerpt de samenlevingen en steden van de toekomst. Dat is onze missie. Maar niets is zo complex als het ontwerpen van een onzekere toekomst. De wetenschap geeft aan dat de zeespiegel na 2050 mogelijk harder stijgt dan tot nu toe wordt aangenomen. We weten alleen nog niet met welke snelheid en stijging we rekening moeten houden. Deze onzekerheid vraagt om grote flexibiliteit van onze ruimtelijke inrichting, zodat we ook in de toekomst nog de maatregelen kunnen nemen die nodig zijn om onze samenleving duurzaam te beschermen tegen het stijgende zeewater.

Tegelijkertijd staat ons land de komende decennia voor grote transities waar een grote ruimtevraag en honderden miljarden aan investeringen mee zijn gemoeid. We gaan in Nederland ongeveer 1 miljoen woningen bouwen, voornamelijk voorzien in de laaggelegen Randstad. We gaan nieuwe infrastructuur aanleggen en bestaande infrastructuur vervangen of renoveren. We investeren vele miljarden in de energietransitie en klimaatadaptatie. We gaan in het landelijk gebied investeren in duurzame landbouw en versterking van de biodiversiteit. Deze investeringen zullen in belangrijke mate bepalen hoe Nederland er in de tweede helft van deze eeuw uit komt te zien.

In het Kennisprogramma Zeespiegelstijging wordt, in opdracht van de minister van Infrastructuur en Waterstaat en de Deltacommissaris, geïnventariseerd wat de mogelijke gevolgen van een versnelde zeespiegelstijging voor onze delta kunnen zijn, hoe we daarop kunnen anticiperen en wat we de komende decennia moeten doen en laten om toekomstige oplossingsrichtingen open te houden. In dit kader heeft Sweco gebiedsgericht de investeringsagenda's verkend. Vanuit onze brede betrokkenheid bij deze investeringsopgaven zien wij dat op dit moment bij deze grote investeringen nog maar weinig rekening wordt gehouden met de grote onzekerheid van de stijgende zeespiegel. Dit kan tot gevolg hebben dat de miljarden investeringen die we nu doen alsnog op de schop moeten en dat er in de toekomst geen ruimte meer is om de aanpassingen te kunnen doen die nodig zijn om ons land veilig en leefbaar te houden.

In onze ogen moet dat anders. Met dit whitepaper onderzoeken we daarom hoe we bij de investeringsopgaven het beste rekening kunnen houden met zeespiegelstijging. We hebben hiervoor de omvang van de investeringsopgave gedetailleerder in beeld gebracht en geanalyseerd wat nodig is om deze investeringen toekomstbestendig vorm te geven. Het is voor het eerst dat de investeringsopgaven en de zeespiegelstijging op deze manier aan elkaar zijn gekoppeld.

Gezien de snelheid van de ruimtelijke ordening in de komende tien jaar willen we met dit whitepaper een belangrijke oproep doen: **borg de flexibiliteit, in ruimte of in aanpasbaarheid van de inrichting, die we in de toekomst nodig hebben om maatregelen te kunnen nemen tegen een stijgende zeespiegel.** Hiervoor is een regio-overschrijdende integrale aanpak nodig.

We hebben in de toekomst ruimte nodig langs de rivieren, langs de kust en in de polders om onze waterkeringen te verhogen en te verbreden, maar ook om water tijdelijk te kunnen bergen. Alleen dan kunnen we het stijgende zeewater het hoofd bieden. Het reserveren van ruimte is niet makkelijk, want we hebben deze ruimte ook nodig voor de andere opgaven, die nu meer prioriteit hebben. De sturing op de ruimtelijke ordening in de laatste jaren gedecentraliseerd waardoor een regio-overschrijdende samenhangende aanpak moeilijk van de grond komt. Toch moeten we voorkomen dat we de gebieden die in de toekomst te maken krijgen met zeespiegelstijging langzaam maar zeker 'dichtmetselen' en onszelf de mogelijkheid ontnemen om maatregelen te kunnen nemen. De toekomst is onzeker, niet alles kunnen we plannen, maar we kunnen er wel rekening mee houden.

**In dit whitepaper gaan we achtereenvolgens in op:**

- De inrichtingsopgave en de geplande investeringen in Nederland
- Onze kwetsbaarheid voor zeespiegelstijging
- Een verkenning van kansen voor een flexibele inrichting

We wensen je veel leesplezier!

Alex Hekman, business director Water  
Nikéh Booister, adviseur Strategisch deltamangement

# Inhoudsopgave

1. Een onzekere toekomst	5
2. De investeringsagenda voor Nederland	8
3. Gevolgen van zeespiegelstijging voor de investeringsagenda	11
4. Adaptief investeren is nodig	14
5. Conclusie en aanbevelingen: reserveer ruimte voor de toekomst	17
Colofon	18
Contact	19
Over Sweco	20
Bronvermelding	21
Bijlage 1: Toelichting en uitgangspunten berekeningen	23
Bijlage 2: Berekeningen oppervlakten	25

# 1. Een onzekere toekomst

## Scenario's zeespiegelstijging

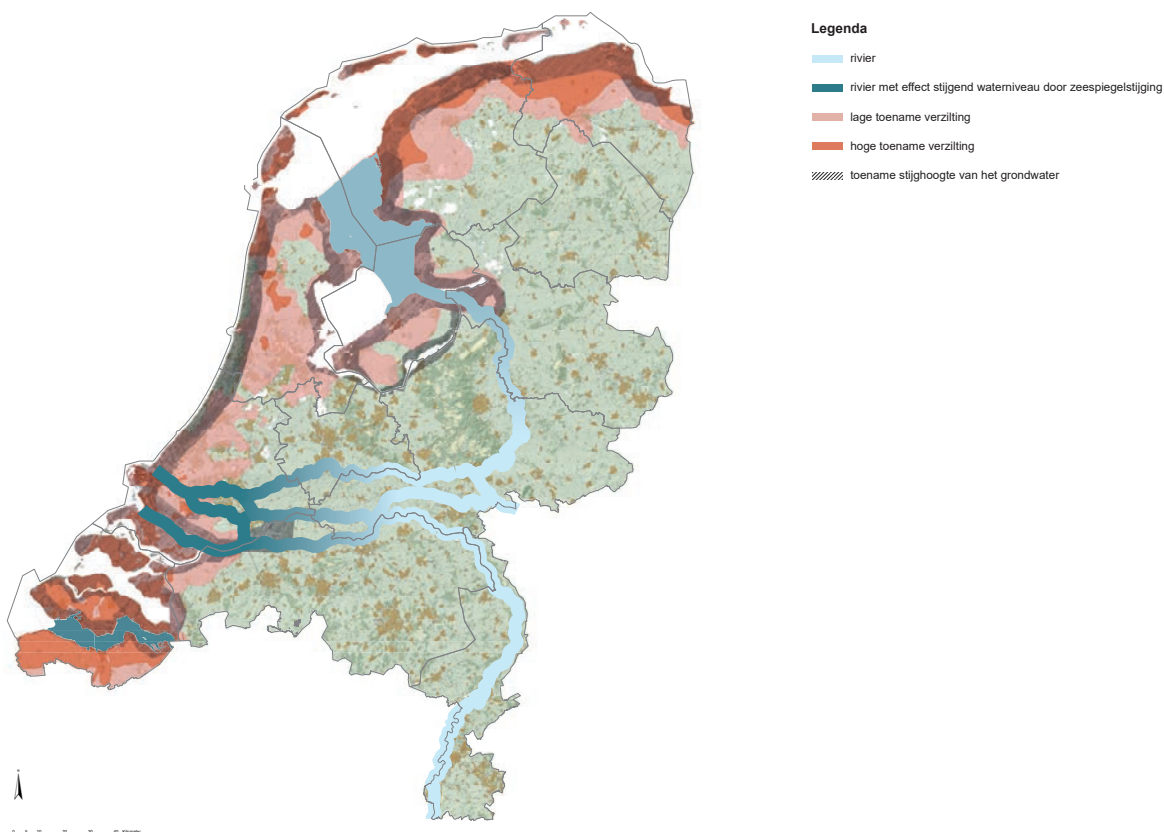
Dat de opwarming van de aarde leidt tot een stijging van de zeespiegel, is een feit. Het is echter niet met zekerheid te zeggen hoe snel en hoeveel de zeespiegel stijgt. Dit is afhankelijk van een groot aantal factoren, bijvoorbeeld de verandering van zeestromingen en de snelheid van het smelten van de ijskappen op Groenland en Antarctica. De gevolgen hiervan voor de Nederlandse kust zijn ook onzeker. Het actuele deltasceenrio is gebaseerd op de KNMI'14 scenario's en gaat uit van een zeespiegelstijging van 0,3 tot maximaal 1 meter in 2100 (KNMI, 2019). Ook wordt een zeespiegelstijging van 2 tot 3 meter in 2100 niet uitgesloten (KNMI, 2017).

## Effecten zeespiegelstijging

De stijging van de zeespiegel heeft grote effecten op het watersysteem van ons land. Hogere waterstanden langs de kust en de rivieren leiden, zonder dijkverhogingen, tot grotere overstromingsrisico's. Er is meer zand nodig om de Nederlandse kust op sterkte te houden en het intergetijdengebied van de Waddenzee met bijbehorende kwelders dreigt te verdrinken als de snelheid van zeespiegelstijging toeneemt boven de 6 à 10 mm per jaar (Deltares, 2018). Water uit polders moet naar een steeds hoger niveau worden weggepompt en de afwatering via rivieren en boezems naar zee wordt steeds moeilijker. Doordat tegelijkertijd de bodem verder daalt en de neerslag toeneemt is er een groter risico op wateroverlast in polders.

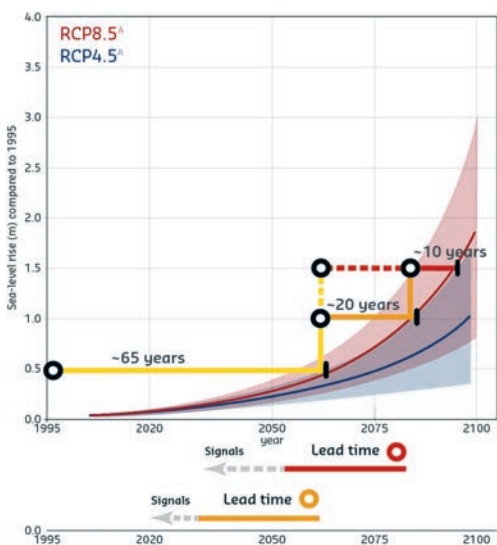
Zeespiegelstijging heeft ook effect op de zoetwaterbeschikbaarheid. Bij een stijgende zeespiegel treedt meer verzilting op in de benedenloop van de rivieren, wat onder andere gevolgen heeft voor drinkwaterinnamepunten en waterinlaten voor poldergebieden. Ook neemt de kweldruk toe waardoor zoutwaterindringing via de ondergrond (zoute kwel) meer kans krijgt. In laaggelegen gebieden met dunne veen- en kleibodems neemt door de toenemende kweldruk de kans toe op het opbarsten van sloot- en waterbodems. Als gevolg van deze ontwikkelingen neemt verzilting van de ondergrond, het grondwater en oppervlaktewater toe in een zone van grofweg 10 tot 15 kilometer langs de kust (Deltares, 2018). Dit effect wordt versterkt door toenemende droogte. Er ontstaat een grotere zoetwaterbehoefte voor landbouw, natuur en industrie, om bodemdaling tegen te gaan en voor het doorspoelen van watersystemen om de waterkwaliteit op peil te houden. In Zeeland maar ook in het Waddengebied zijn effecten op veel plekken nu al zichtbaar. In de toekomst zullen effecten in toenemende mate optreden in grotere landbouw-, glastuinbouw- en natuurgebieden in Zeeland, in de Biesbosch, in de kop van Noord-Holland en in Noord-Nederland (Oude Essink, 2007).

## Effect van zeespiegelstijging op Nederland



### Steeds sneller, steeds meer

Een belangrijk kenmerk van zeespiegelstijging is dat deze steeds sneller zal verlopen. Dat betekent dat we ons in de toekomst steeds sneller moeten aanpassen om Nederland veilig te houden en om het leefklimaat en verdienvermogen in de toekomst te waarborgen. Figuur 1 maakt dat treffend zichtbaar. In het scenario van 2 meter stijging in 2100 (de rode lijn), is er ongeveer 65 jaar de tijd om ons voor te bereiden op de eerste halve meter stijging. Voor de tweede halve meter is er vanaf dat moment ongeveer 20 jaar voorbereidingstijd en voor de volgende halve meter nog maar 10 jaar. Dit betekent een grote uitdaging voor de snelheid van besluitvorming en het beschikbaar maken van middelen om Nederland steeds sneller, en steeds ingrijpender aan te passen aan de stijgende zeespiegelstijging. Wellicht is deze uitdaging groter dan de technische uitdaging.



Figuur 1 Er is tijd nodig om te anticiperen op onzekere veranderingen (Haasnoot, et al., 2020)

### Vier oplossingsrichtingen

Om een beeld te vormen van mogelijke toekomstscenario's heeft Deltares in opdracht van de Deltacommissaris vier oplossingsrichtingen ontwikkeld om ons land op lange termijn te beschermen tegen het stijgende zeewater (zie figuur 2).

1. De eerste optie is om Nederland in de toekomst te beschermen door de riviermondingen af te sluiten van de zee en het rivierwater af te voeren door middel van grote pompstations (beschermen gesloten).
2. De volgende optie lijkt het meest op het huidige systeem. We beschermen Nederland met dijken en waterkeringen, waarbij we de vaarwegen zo veel mogelijk open houden door het bouwen van steeds hogere dijken en keringen om ons heen (beschermen open).
3. Een derde optie is om Nederland te beschermen door een grote dam met gemalen in zee te leggen (zeewaarts). Het rivierwater kan tijdelijk worden geborgen in het retentiemeer tussen de dam en de huidige kust, waarna het itgepompt wordt richting zee.
4. De vierde optie is meebewegen met de zeespiegelstijging, waarin we delen van Nederland niet langer beschermen (meebewegen).



Figuur 2 Vier oplossingsrichtingen (Deltares, 2019)

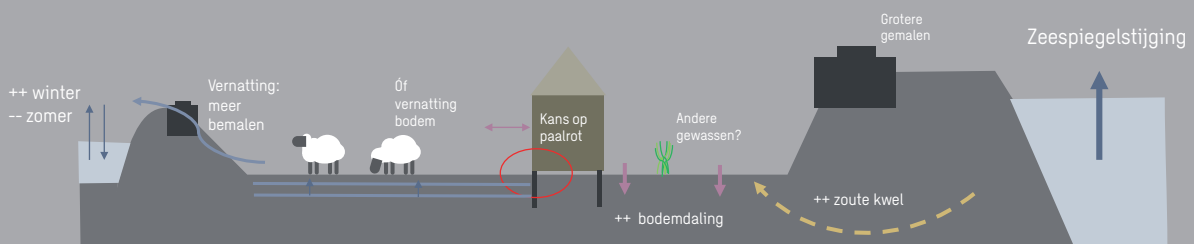
Deze vier oplossingsrichtingen geven uitersten aan voor de ontwikkeling van Nederland. Welke oplossing we in de toekomst ook kiezen, één van de oplossingen of een combinatie, ze vragen een andere inrichting van Nederland. Het is daarom belangrijk om hier bij de inrichting van ons land rekening mee te houden en te voorkomen dat we vast komen te zitten in een situatie die geen mogelijkheden biedt voor aanpassing. Er is flexibiliteit en ruimte nodig voor het toekomstig versterken van waterkeringen, voor waterwerken en voor waterberging om verzilting en overstromingen te voorkomen.

## Effect van zeespiegelstijging in poldergebieden in West-Nederland

In samenwerking met de TU Delft heeft Sweco de effecten van zeespiegelstijging in beeld gebracht voor een representatieve polder in West-Nederland. In de eerste 10 à 15 km langs de kust treedt op termijn verzilting op door een toename van zoute kwel en/of wellen en door verzilting van riviermondingen. Dit vraagt om een grotere doorspoelbehoefte om de polderwatersystemen voldoende zoet te houden. Mogelijk moet als gevolg hiervan op termijn het gebruik worden aangepast.

Bij een zeespiegelstijging groter dan 1 à 1,5 meter moeten afsluitbare riviermondingen zo vaak worden afgesloten dat de huidige keringen moeten worden vervangen door een alternatief (Deltares, 2018). Rivierafvoeren vertragen en rivierwaterstanden zullen stijgen, met name in pieksituaties. Hierdoor kunnen de boezemsystemen hun water minder goed en snel kwijt. Zonder aanvullende maatregelen neemt de kans op maalstops in de polders toe waardoor er tijdelijk geen water vanuit de polders op de boezem en rivieren kan worden uitgeslagen. Het effect van maalstops is naar verwachting echter klein in verhouding tot de bestaande wateroverlastnormen voor extreme neerslag.

Belangrijk is dat rekening wordt gehouden met een extra ruimtelijke opgave. In polders langs primaire en secundaire waterkeringen moet rekening worden gehouden met mogelijke toekomstige versterkingen om hogere waterstanden op te vangen. Dit komt bovenop de extra wateropgave voor het opvangen van piekneerslagen. In hoofdstuk 2 geven we indicatief aan om welk ruimtebeslag het gaat.



Gebaseerd op onderzoek van R. Frölke (Frölke, 2020), (OudeEssink, 2007), F.J. Oerle (Oerle, 2020) en (Rongen & Maaskant, 2019).

# 2. De investeringsagenda voor Nederland

Naast de toekomstige zeespiegelstijging staat Nederland nu al voor tal van andere uitdagingen. Dit zijn grote opgaven zoals de energietransitie, klimaatadaptatie, de woningbouwopgave, de aanleg, vervanging en renovatie van onze infrastructuur, de transitie van het landelijk gebied naar duurzame landbouw en versterking van de biodiversiteit. Deze opgaven vragen om grote investeringen. We hebben voor dit whitepaper de investeringen in beeld gebracht die samenhangen met de vijf grootste transitie en concluderen hieruit: tot 2050 bedraagt de investeringsagenda in Nederland ruim € 900 miljard (ter vergelijking: het BNP van Nederland in 2019 bedroeg € 812 miljard).

Naast euro's vragen deze investeringen om veel van onze ruimte. Er is berekend dat deze transitie zo'n drie keer de nog beschikbare (niet vastgelegde) ruimte vragen (van Klaveren, de Koeijer, Miner, & Mobron, 2020). Een groot deel van deze investeringen heeft een levensduur van tientallen jaren en wordt onderdeel van nieuwe (infrastructurele) netwerken die een nog veel langere levensduur hebben. Dat betekent dat deze investeringen zonder meer te maken krijgen met de effecten van een stijgende zeespiegel. Ook bepalen ze in belangrijke mate de inrichting van Nederland in de decennia na 2050, en daarmee de ruimte die we nog hebben om in de toekomst te kunnen reageren op een stijgende zeespiegel.

Dit betekent enerzijds dat we zorgvuldig moeten nadenken hoe we deze opgaven adaptief invullen, wat wil zeggen dat we bij de aanleg rekening houden met de effecten van een stijgende zeespiegel die tijdens de levensduur kunnen optreden. Maar nog belangrijker is dat we de nu al dichtbebouwde laaggelegen delen met deze opgaven niet volledig 'dichtmetselen', waardoor we onvoldoende flexibiliteit houden voor toekomstige maatregelen om onze samenleving duurzaam te beschermen. Hieronder is een toelichting gegeven op de investeringsopgaven en het benodigde ruimtebeslag. Een toelichting op de gemaakte berekeningen is terug te vinden in bijlage 1. In het volgende hoofdstuk gaan we in op de effecten die een stijgende zeespiegel heeft op deze investeringsopgaven.

## 2.1 De vijf grootste investeringsopgaven in euro's en hectares

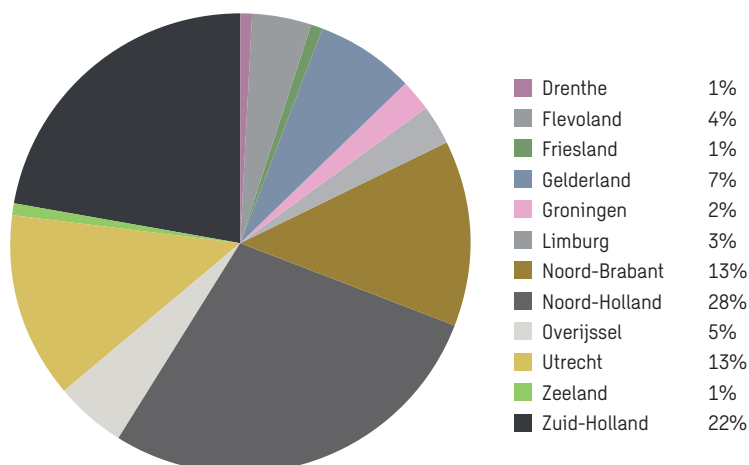
### Infrastructuur

Jaarlijks investeert Nederland zo'n € 9 miljard in grootschalige infrastructuur. Hieronder vallen wegen, spoorwegen, kabels en leidingen, riolering en ook de aanleg en uitbreiding van havens en vaarwegen (waterkeringen hebben we meegenomen onder het thema klimaatadaptatie). Bestaande functies worden uitgebreid, maar er komen ook nieuwe functies bij. Een recente ontwikkeling is de snelle uitbreiding van datacentra en de vereiste data- en energie infrastructuur die hiermee gepaard gaat. Daarnaast staat Nederland voor een grote vervangings- en renovatieopgave van bruggen, sluisen, viaducten en tunnels. Veel van deze kunstwerken zijn net voor of na de oorlog gebouwd en nu dringend toe aan een opknapbeurt. De totale investeringsopgave voor infrastructuur in Nederland tot 2050 bedraagt ca. € 272 miljard.

### Woningbouw

Nederland telt in 2050 ca. 17,1 tot 21,6 miljoen inwoners (CBS, 2020). Vanwege de toename van het aantal eenpersoonshuishoudens, de immigratie en doordat in de crisisperiode weinig huizen zijn gebouwd is er sprake van een groot woningtekort. Tot 2040 moeten ca. 1 miljoen woningen worden gebouwd. De helft van deze woningen wordt voorzien in de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland, waar ruimte schaars is en die ook het meest kwetsbaar zijn voor zeespiegelstijging. In Utrecht en Noord-Brabant samen wordt nog eens een kwart van de opgave voorzien (zie figuur 3). Met een berekende investeringsopgave van ca. € 321 miljard is de woningbouwopgave de grootste investeringsopgave.

Voor 1 miljoen woningen tot 2040 is ingeschat dat een oppervlak van ca. 26.000 hectare nodig is (dat is ca. 0,6% van het landoppervlak van Nederland). Hiervan zal een deel binnenstedelijk gerealiseerd worden en een deel op nieuwbouwlocaties. In de Randstadprovincies zal het grootste deel binnenstedelijk worden gerealiseerd. De extra ruimte voor de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland is ingeschat op respectievelijk 4.800 en 3.900 ha (ter vergelijking: 4.800 ha komt overeen met het oppervlak van Utrecht binnen de ringweg).



Figuur 3 Verdeling plancapaciteit woningbouwopgave (ABF, 2020)

### **Energietransitie**

In het Klimaatakkoord van Parijs (2015) zijn afspraken gemaakt om verdere opwarming van de aarde zo veel mogelijk te voorkomen door het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen. Het doel voor Nederland is een reductie van 49% in 2030 en van 95 tot 100% in 2050. Inmiddels zijn de Europese doelstellingen in december 2020 aangescherpt tot een reductie van 55% in 2030. Dit betekent een transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame energiebronnen, het reduceren van de energiebehoefte en een transitie naar een klimaatneutraal landbouw en natuursysteem. De investeringsopgave voor de energietransitie is berekend op basis van de doelstellingen in het Klimaatakkoord voor duurzame energieopwekking met behulp van wind en zon, de verduurzaming van industrie en verduurzaming van de bebouwde omgeving door aardgasvrij maken en isolatie. De kosten voor transport zijn al meegenomen bij het thema infrastructuur. Samen komt dit uit op ca. €189 miljard voor heel Nederland tot 2050.

Voor de huidige energievraag is ingeschat dat er zo'n 22.000 hectare fysiek grondoppervlak nodig is om energie op een duurzame manier op te wekken. We gaan dan uit van een derde zonne-energie (21.900 ha waarbij uitgegaan wordt van 50% meervoudig ruimtegebruik), een derde wind op land (250 ha fysiek ruimtebeslag, wat overeen komt met 16.000 ha windpark) en een derde wind op zee.

### **Klimaatadaptatie**

Het klimaat verandert nu al. De intensiteit van regenbuien is de afgelopen decennia flink toegenomen wat leidt tot schade in de landbouw en bebouwd gebied. De afgelopen drie zomers zijn uitzonderlijk droog geweest, wat heeft geleid tot landbouwschade, schade door stremming van de scheep- en recreatievaart, verzakking van woningen, schade voor water- en energievoorziening en afname van waterkwaliteit en natuur (Ecorys, 2019). In de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie (Deltacommissaris, 2013) hebben het Rijk, provincies, gemeenten en waterschappen daarom afgesproken dat in 2050 onze steden klimaatbestendig en waterrobuust zijn ingericht. In ons whitepaper 'Naar een kosteneffectieve aanpak van klimaatadaptatie' berekenden we hiervoor de schade bij niets doen, en de kosten voor maatregelen (Sweco, 2018). Daarnaast is het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) gericht op de versterking van 1.300 kilometer dijken en 500 kunstwerken in de komende dertig jaar. De totale investeringsopgave tot 2050 om Nederland klimaatbestendig in te richten is berekend op ca. € 118 miljard.

De toename van neerslag leidt bij de huidige wateroverlastnormen tot een ruimtevraag in poldergebieden (onder NAP) tussen de 11.000 (GL) en 13.000 (WH) hectare waterberging (zie bijlage 2 voor toelichting op berekening).

### **Landbouw**

Ca. 54% van het oppervlak van Nederland bestaat uit landbouw (CBS, 2016). Het totale aandeel agrarisch terrein in Nederland neemt gemiddeld gezien af, maar dit zorgt nog niet voor grote veranderingen in het oppervlak. Een aantal belangrijke transitieën waar de afgelopen en komende jaren in geïnvesteerd wordt zijn het energie-efficiënt maken van de landbouw, smart farming of precisie landbouw en kringlooptlandbouw. Het Rijk werkt samen met waterschappen en andere partijen aan het tegengaan van verzilting, verminderen van bodemdaling en het klimaatbestendig maken van landbouw. Regionale overheden en het Deltafonds hebben gezamenlijk € 800 miljoen beschikbaar gesteld voor de aanpak van droogte. De sector betaalt investeringen in de bedrijfsvoering grotendeels zelf; het Rijk levert een bijdrage in de vorm van subsidies. Nationale cijfers over investeringen binnen de sector ontbreken, zodat er geen zicht is op de investeringsopgave.

### **Natuur**

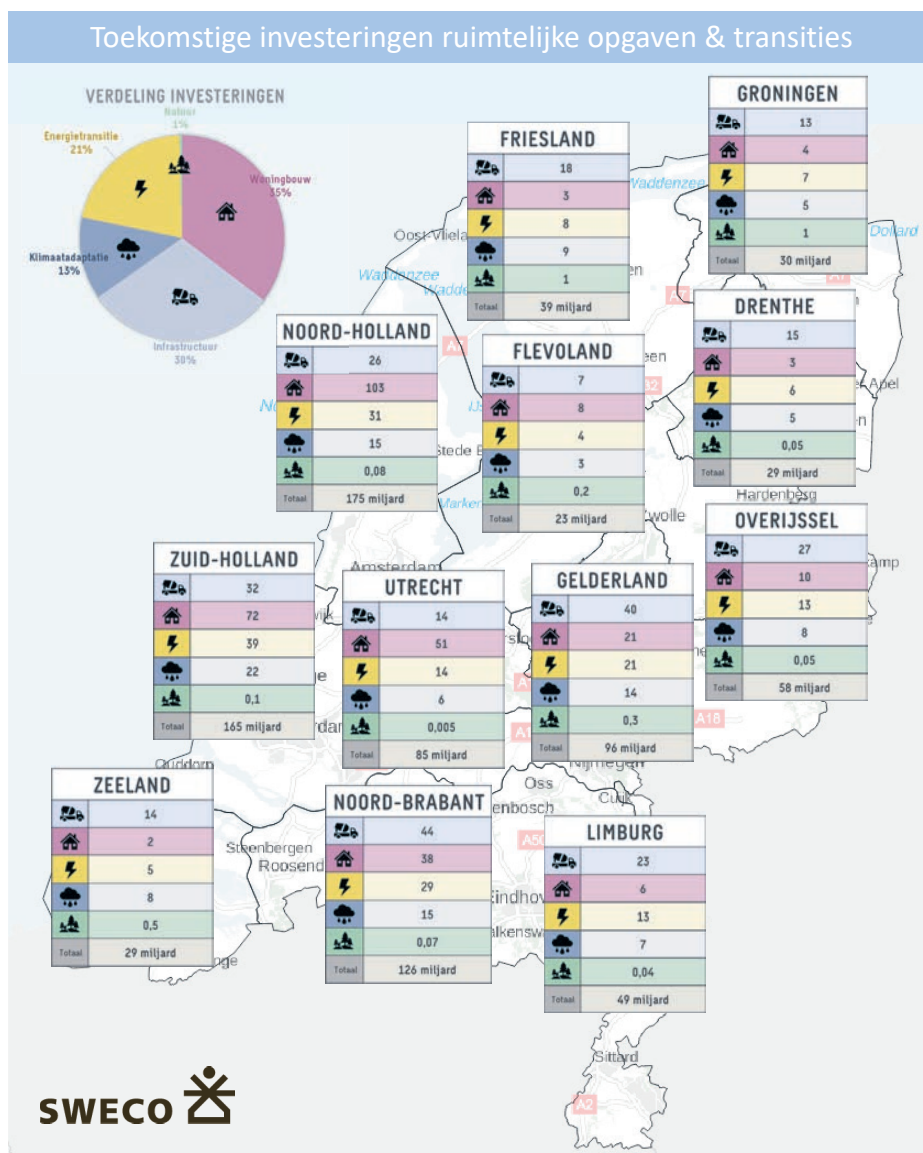
Nederland bestaat voor ca. 13 tot 15% uit natuur. Ca. 8% betreft natuur op land. Het overig deel van deze natuur betreft de grote oppervlaktewateren. Om de natuur op water en land te beschermen heeft de Europese Unie Natura 2000 in het leven geroepen. Het natuurbeleid is gericht op bescherming van soorten en leefgebieden, ecologisch herstel en het beheer van de Natura 2000 gebieden. Via de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) en Natura 2000-beheerplannen wordt er tot 2050 ca. € 3,8 miljard geïnvesteerd in natuur. Naast deze budgetten investeren natuurorganisaties, landbouwbedrijven, waterschappen en gemeenten ook in de natuur. Daarnaast wil Nederland tussen nu en 2030 haar areaal bos uitbreiden met 37.000 hectare. Dit is 10% van het huidige bosareaal (IPO, 2020).

### Totale investeringsopgave

Samenvattend bedraagt de totale investeringsopgave tot 2050 € 904 miljard. Dit bedrag is als volgt opgedeeld over de verschillende transities. Een verdeling per provincie is opgenomen in Figuur 4.

Vijf grootste NL opgaven	Investeringsopgave in miljarden	Ruimtevrage indicatief
Infrastructuur	€ 272	Niet bepaald
Woningbouw	€ 321	26.000 ha
Energietransitie	€ 189	22.000 ha
Klimaatadaptatie	€ 118	13.000 ha waterberging
Natuur	€ 4	o.a. 37.000 ha bos
<b>Totaal</b>	<b>€ 904</b>	<b>Ca. 100.000 ha</b>

Tabel 1: overzicht investeringen en ruimtevrage



Figuur 4 Investeringsopgave per provincie in de periode 2020 tot 2050 in miljard (in bijlage 1 is een onderbouwing van de berekeningen opgenomen)

# 3. Gevolgen van zeespiegelstijging voor de investeringsagenda

Om de in hoofdstuk 2 genoemde investeringen te beschermen tegen toekomstige zeespiegelstijging is het in de eerste plaats belangrijk om deze zo te plannen en uit te voeren dat ze geen negatieve effecten ondervinden van zeespiegelstijging.

Hiervoor hebben we een inventarisatie gemaakt van mogelijke negatieve effecten in relatie tot de levensduur van de verschillende investeringen. Een mogelijke versnelling van de zeespiegelstijging kan zich vooral vanaf 2050 voordoen. De investeringen met een levensduur langer dan 30 jaar zijn daarom het meest relevant. Daarbij moeten we er echter wel rekening mee houden dat veel investeringen onderdeel zijn van een netwerk, waarvan de levensduur vele malen groter kan zijn. Ook trekken investeringen nieuwe investeringen aan. Zo ontstaat het risico dat de (fysieke) ruimte, die in de toekomst nodig is voor maatregelen tegen zeespiegelstijging, al wordt ingenomen. Om die reden is het belangrijk niet alleen te kijken naar risico's op objectniveau, maar ook op netwerk- of regionaal niveau. De effecten zijn samengevat in tabel 2.

## Infrastructuur

- *Waterbouwkundige kunstwerken, havens en vaarwegen gelegen aan rivieren en zee of infrastructuur* in buitendijks gebied ondervinden directe invloed van de stijging van de zeespiegel. Kunstwerken worden aangelegd voor een periode van 60 tot 80 jaar. Zeespiegelstijging leidt tot verandering van waterstanden of golfbelastingen op basis waarvan deze infrastructuur wordt gedimensioneerd.
- *Bruggen, wegen en spoorwegen* in binnendijks gebied ondervinden naar verwachting indirecte effecten van een stijgende zeespiegel als gevolg van veranderingen van grondwaterstanden en een toename van wateroverlast. Een stijgende waterstand leidt bij bruggen tot afname van de doorvaarthoogte en dus toenemende frequentie van openen. Hoger aanleggen van bruggen betekent dat ook de bruggenhoofden en toeleidende wegen hoger moeten worden aangelegd.
- *Innamepunten van drinkwater* uit oppervlaktewater zijn kwetsbaar voor verzilting.
- *Ondergrondse netwerken* kunnen gevoelig zijn voor verzilting van grondwater, waardoor bijvoorbeeld drinkwaterleidingen kunnen corroderen (Drinkwaterplatform, 2020), hierover is echter nog weinig bekend (Stowa, 2017 (herziening)). In de ondergrond heeft zeespiegelstijging in de diepere grondlagen direct effect op de stijghoogten, waardoor ook zoutwaarden in de ondergrond toenemen. Door de trage doorwerking van zeespiegelstijging in het grondwatersysteem zullen de effecten in het freatisch pakket naar verwachting pas ruim na 2100 plaats vinden.

## Woningbouw

De levensduur van *woningen* is gemiddeld 50 jaar, maar deze loopt in de praktijk op tot wel 150 jaar of nog langer. Woningen in buitendijks gebied in de kustregio ondervinden directe invloed van zeespiegelstijging door een hogere overstromingskans. Op plaatsen waar woningen en gebouwen binnendijks dicht tegen de waterkeringen zijn gebouwd worden toekomstige dijkversterkingen vaak complex of duur, of moeten woningen worden verwijderd. Overige woningen in binnendijks gebied ondervinden naar verwachting alleen indirecte effecten van een stijgende zeespiegel door hogere grondwaterstanden, grotere overstromingsrisico's (zonder dijkverhoging) en wateroverlast door extreme neerslag. Hogere grondwaterstanden kunnen leiden tot vernatting van kelders en tuinen. Verzilting en langere perioden van droogte leiden tot een grotere doorspoelbehoefte in polders om de waterkwaliteit op peil te houden en daarmee tot een afname van de waterbeschikbaarheid. Wanneer waterpeilen hierdoor onvoldoende op niveau kunnen worden gehouden ontstaan grotere risico's op funderingsschade en bodemdaling, met name bij woningen die op staal of op houten palen zijn gefundeerd.

## Energietransitie

De *energietransitie* is te verdelen in investeringen in duurzame energie opwekking, energie opslag en energie distributie. Onderdelen van de energie infrastructuur, zoals zonneparken, kabels en leidingen of energieopslag kunnen gevoelig zijn voor vernatting wanneer er bij aanleg geen rekening mee gehouden wordt. Warmte-koude opslag in de ondergrond is gevoelig voor de verandering van kweldruk en zoet-zout verhouding in de ondergrond. Zetting in de ondergrond door drogere periodes kan gevolgen hebben voor het functioneren van het distributienetwerk.

### **Klimaatverandering**

Zeespiegelstijging heeft een direct effect op de *waterkeringen* langs de kust en de rivieren tot ver landinwaarts. Hoe verder landinwaarts, hoe kleiner het effect van de zeespiegelstijging is. Voor waterkeringen is indicatief berekend dat per meter waterstandsstijging gemiddeld een dijkverbreding nodig is van ca. 20 meter, afhankelijk van de ondergrond. Bij een waterstandsstijging van 0,30 m is dat ruim 6 meter (zie bijlage 2). Ter illustratie, als we er vanuit gaan dat een meter zeespiegelstijging leidt tot gemiddeld 0,30 meter waterstandsstijging langs 2.200 km primaire waterkering binnen het invloedgebied van deze zeespiegelstijging, leidt dit tot ongeveer 1.300 hectare dijkverbreding. In de Nota Ruimte wordt aangeraden een vaste zone van 100 meter binnenwaarts vrij te houden van nieuwe bebouwing (Stowa, n.d.). Waterschappen kunnen dit vastleggen in de legger, maar dit is nog niet consequent in alle leggers vastgelegd. Daarnaast blijkt in de praktijk dat vaak wordt afgeweken van deze 100 meter.

Langs de kust is extra zandsuppletie nodig om het *kustfundament* op sterkte te houden. Daarnaast vraagt de toename van vernatting en wateroverlast om een grotere buffercapaciteit van de *stedelijke en regionale watersystemen*. Het is belangrijk om met deze mogelijke ruimtebehoefte rekening te houden bij investeringen op en langs waterkeringen, en in het stedelijk en landelijk watersysteem.

Mocht in de toekomst de voorkeursstrategie voor de rivieren wijzigen naar een gesloten systeem, dan is extra waterberging in het riviersysteem nodig om rivierafvoeren tijdelijk te kunnen bergen. Indicatief is berekend dat voor een waterstandsverlaging van 0,50 meter in een 1/1.000 jaar situatie een toename van de berging nodig is van 30.000 ha (Deltares, 2019).

### **Landbouw**

De toename van zoute kwel in delen van West- en Noord-Nederland heeft directe impact op de huidige vorm van *landbouw*. Voor akkerbouw, veeteelt en glastuinbouw is het gebrek aan zoet water snel kritisch. Vee kan niet meer uit de sloot drinken. Akkerbouw gewassen zijn afhankelijk van zoet water. Toenemende droogte en toename van zoute kwel zal het effect van verzilting vergroten, afhankelijk van het type ondergrond. Ook door hogere grondwaterstanden en toename van wateroverlast in polders zal de productie van landbouw afnemen.

### **Natuur**

Afhankelijk van het gebied zal de stijging van de zeespiegel effect hebben op de ontwikkeling van *natuur*. Met name in de kustzone en in buitendijkse gebieden zullen sedimentatie, verslibbing, verdrinking van kwelders en zandhonger voor grote veranderingen zorgen in het leefgebied voor vogels, leefgebieden voor soorten en trekroutes voor vis. In de binnenduinrand zal afname van de invloed van zoet water zorgen voor het veranderen van de soortensamenstelling. Veranderingen in waterkwaliteit, versterkt door effecten van droogte en hitte, zullen negatieve effecten hebben op bestaande soorten maar kunnen ook leiden tot nieuwe natuurontwikkeling. Een toename van de benodigde zandsuppletie om de kustverdediging op sterkte te houden kan zorgen voor het 'verstarren' van duinen, wat een negatief effect heeft op het behoud van de Natura 2000 waarden.

### **Belangrijkste risico: beperkte flexibiliteit en aanpasbaarheid**

Bij de huidige manier van plannen en inrichten zal het belangrijkste risico van zeespiegelstijging uiteindelijk de beperkte flexibiliteit en aanpasbaarheid van het systeem zijn. In een quick scan naar de toepassing van adaptief deltamanagement in projecten (Sweco, 2020) hebben we geconstateerd dat bij investeringen in de watersector, zoals waterkeringen en waterbouwkundige constructies, in min of meerdere mate rekening wordt gehouden met zeespiegelstijging en het veranderende klimaat. Buiten de watersector is dit niet of weinig het geval, terwijl de investeringen hier vaak veel groter zijn. Een groot risico van de enorme omvang van de investeringsagenda voor de komende decennia is daarom dat de nog beschikbare flexibiliteit en ruimte voor aanpasbaarheid steeds minder wordt.

Thema	Levensduur	Primaire effecten		Secundaire effecten		
		Toename overstromingsrisico/ hogere waterstanden zee en rivieren	Verziltting (via grond- of oppervlaktewater)	Toename vernatting en wateroverlast door maalstops	Toename grondwaterstanden door maalstops	Toename verdroging door afname waterbeschikbaarheid
Infrastructuur - Wegen - Riolering - Kabels en leidingen - Drinkwatervoorziening - Natte infra en waterbouw	10-20 jaar 60-80 jaar 20-60 jaar Ca. 50 jaar 60-80 jaar	x	x	x		
Energie(transitie) - Windmolens - Zonneparken - Warmte-koude opslag / geothermie / Aquathermie - Distributienetwerk	Ca. 30 jaar Ca. 25 jaar 25-30 jaar 30-60 jaar		x	x	x	
Klimaatadaptatie - Duinen - Dijken, dammen, kerin- gen - Stedelijke en regionale klimaatadaptatie	Continue suppletie 20-60 jaar 60-80 jaar	x	x	x		
Landbouw	30 jaar		x	x	x	x
Natuur	Natuur ontwikkelt zich langzaam, na ca. 30 jaar komt natuur pas echt tot zijn recht.		x	x	x	x

Tabel 2 Effecten zeespiegelstijging in poldergebieden

# 4. Adaptief investeren is nodig

Rekening houden met toekomstige onzekerheid bij het ontwerp van plannen en projecten is niet eenvoudig. De onzekerheid van zeespiegelstijging brengt zowel een risico met zich mee van onderinvestering (er is onvoldoende rekening gehouden met zeespiegelstijging waardoor in de toekomst grote extra investeringen nodig zijn) als van overinvestering (er wordt rekening gehouden met een te zwaar klimaatscenario). In het Deltaprogramma is daarom de methodiek *adaptief deltamangement* ontwikkeld om rekening te houden met toekomstige onzekerheden van de mate en snelheid van klimaatverandering (Deltacommissaris, 2011). Het plan of ontwerp wordt zo ingericht dat er ruimte is voor aanpassingen en/of uitbreidingen in de toekomst. Waar mogelijk worden grote investeringen uitgesteld tot het moment dat de onzekerheid is afgenomen. Flexibiliteit en aanpasbaarheid van het ontwerp zijn daarin sleutelwoorden.

## Voorbeeld toepassing adaptief deltamangement bij een waterkering

Met de huidige berekeningen is, gezien de onzekere verandering in de zeespiegel en beperkt beschikbare data, onzeker of voor een kering in de oostelijke Waddenzee 30 centimeter of 100 centimeter ophoging nodig is. We hogen de kering nu met 30 centimeter op en in het ontwerp houden we rekening met een set aanvullende en flexibele maatregelen zoals ophogen of verbreden van de kering of het verbreden van het buitentalud. Op basis van nieuwe data van de zeespiegelstijging kunnen we over 20 tot 30 jaar veel preciezer bepalen hoe we de kering moeten bouwen. Op deze manier hoeven we nu geen hoge overinvesteringen te doen, maar biedt het aanpassen van het ontwerp wel ruimte voor de toekomst en hoeven we een object niet volledig te vervangen.

### Adaptief investeren

Het Deltaprogramma 2019 (Min.I&W, 2018) concludeert dat de huidige voorkeursstrategieën in elk geval tot 2050 een goede basis bieden om onze delta leefbaar en bewoonbaar te houden. Daarnaast is geconstateerd dat een voortvarende start nodig is om met nader onderzoek meer zekerheid te krijgen over het effect van zeespiegelstijging. In het Deltaprogramma lijkt echter onvoldoende rekening te zijn gehouden met de snelle ontwikkeling van de ruimtelijke inrichting als gevolg van de grote transities die in Nederland plaatsvinden. We hebben in hoofdstuk 2 gezien dat er voor miljarden aan investeringen zijn gepland waarvoor, gezien de levensduur, de ontwikkeling van de zeespiegel na 2050 zeer relevant is.

*Op basis van onze analyse concluderen wij dat we nog een stap verder moeten gaan en dat we naast de maatregelen die al worden genomen in de watersector, ook investeringen in andere sectoren adaptief moeten plannen. Hiermee houden we ruimte voor een veranderende toekomst, blijven we flexibel en kunnen we nog lang in dit land blijven wonen.*

**Drie zaken zijn van belang:**

#### 1) Maak een analyse per sector

In de eerste plaats is het belangrijk om nu al na te gaan bij welke investeringen we rekening moeten houden met versnelde zeespiegelstijging na 2050. In het vorige hoofdstuk hebben we geconstateerd dat dit nog niet of nauwelijks gebeurt en een overzicht gegeven van effecten van zeespiegelstijging op de investeringsagenda's. Een betere verbinding van het Deltaprogramma met andere sectoren is op dit punt nodig. We sommen een aantal kansen voor adaptief investeren op in tabel 3.

## 'No-regret'-maatregelen zeespiegelstijging in Rijnmond Drechtsteden

In de regio Rijnmond Drechtsteden realiseren gemeenten en waterschappen zich dat zeespiegelstijging na 2050 relevant is voor investeringen die vandaag de dag worden gepland. Recent is Sweco daarom in opdracht van het programmteam DP Rijnmond-Drechtsteden een onderzoek gestart welke 'no-regret'-maatregelen nodig zijn om grote geplande investeringen op en langs de waterkeringen (denk onder andere aan Feyenoord City, Rijnhaven) op de lange termijn te beschermen tegen zeespiegelstijging.

Thema	Oplossingsrichtingen voor adaptief investeren
Infrastructuur - Wegen - Riolering - Kabels en leidingen - Drinkwatervoorziening - Natte infra en waterbouw	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In het ontwerp rekening houden met risico's van verzilting en corrosie (bijvoorbeeld bij de keuze voor drinkwater inname punten, aanleg van kabels en leidingen, etc.)</li> <li>- Modulaire of aanpasbare ontwerpen voor infrastructuur langs kust of rivieren, dan wel in het ontwerp alvast rekening houden met een zwaar klimaatscenario als dat kosten-effectiever is.</li> <li>- Wet-proof bouwen of objecten zo aanleggen waardoor het mogelijk is beschermende maatregelen te implementeren.</li> <li>- Verkleinen van de investeringsopgave, bijvoorbeeld door in te zetten op het verminderen van woon-werk verkeer door meer thuis en digitaal werken.</li> </ul>
Woningbouw / bedrijvenlocaties	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Met name bij bouwlocaties op en langs waterkeringen, in polders die kwetsbaar zijn voor toekomstige vernatting of in buitendijks gebied anticiperen met een hoger vloerpeil of een overstroombaar ontwerp van de buitenruimte.</li> <li>- Verplaatsbare, modulaire of afbreekbare woningen / utiliteitsbouw.</li> </ul>
Energie(transitie) - Windmolens - Zonneparken - Warmte-koude opslag / geothermie / Aquathermie - Distributienetwerk	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De vervangingstermijn van de meeste investeringen is kleiner dan 30 jaar, waardoor er nog maar beperkt aandacht hoeft te zijn voor zeespiegelstijging.</li> <li>- Duurzame energie opwekking (wind, zon) overstromingsrobuust aanleggen (multifunctioneel ruimtegebruik)</li> <li>- Alternatieve energiesystemen voor warmte-koude installatie in verziltingsgevoelige gebieden</li> </ul>
Klimaatadaptatie - Duinen - Dijken, dammen, keringen - Stedelijke en regionale klimaatadaptatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kort-cyclische versterking van waterkeringen</li> <li>- Partieel versterken</li> <li>- Slim suppleren van duinen (zoals Zandmotor)</li> <li>- Ruimte reserveren rondom waterkeringen zodat niet meer gebouwd wordt in versterkingszones</li> </ul>
Landbouw	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zout tolerante gewassen</li> <li>- Anti-verziltingsdrainage, telen op zoet-waterlenzen</li> <li>- Gebiedsgerichte aanpak, verkaveling 2.0 waarbij klimaateffecten worden meegewogen in de functietoekenning.</li> </ul>
Natuur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dijkversterkingen en andere klimaatadaptatie maatregelen bedreigen lokaal N2000 waarden. Nature based solutions en Building with Nature kunnen natuur juist versterken. Hier laat N2000 echter weinig ruimte voor. De belangrijkste maatregel op gebied van natuur is in te zetten op beleidskaders die duurzame aanpassing mogelijk maken.</li> <li>- Verbinden opgaven kustbescherming, verslibbing en opspuiten met natuur-opgaven met bijvoorbeeld dynamisch kustbeheer of geulenmanagement.</li> <li>- Inzetten op verzilting, verandering van bos zorgt voor ruimte voor andere soorten en daarmee toename aan de biodiversiteit.</li> </ul>

Tabel 3 Oplossingsrichtingen voor adaptief investeren

## 2) Reserveer ruimte voor toekomstige maatregelen

Daarnaast is het belangrijk om ruimte te reserveren voor toekomstige maatregelen. In de komende tien jaar bouwen we honderd duizenden woningen, vervangen we of leggen we infrastructuur aan en werken we hard aan de landelijke transitie. Deze omvangrijke investeringen van de komende decennia bepalen daarmee in belangrijke mate de ruimte die we na 2050 nog hebben om zeespiegelstijging op te vangen. Een belangrijke bedreiging hiervoor is de gedecentraliseerde sturing op de ruimtelijke ordening. Alleen met een centrale, gedragen visie en aanpak kunnen we de komende decennia op de juiste plekken ruimte reserveren en voorkomen we dat lokale ruimtelijke initiatieven toekomstige maatregelen nodeloos ingewikkeld maken.

## 3) Koppel de investeringsagenda's

Tot slot bieden deze investeringen ook een kans. Door deze investeringen op de juiste manier in te zetten kunnen ze bijdragen aan een eerste stap richting een klimaatbestendige inrichting. Het afstemmen en koppelen van investeringsagenda's kan leiden tot meer synergie. Dit is belangrijk om de noodzakelijke hoge investeringen voor klimaatbestendigheid maatschappelijk en bestuurlijk haalbaar en betaalbaar te maken. Een goed voorbeeld hiervan is de kuststrategie die afgelopen jaren is ontwikkeld voor Jakarta en die vergelijkbaar is met de uitdaging waar we in Nederland voor staan.

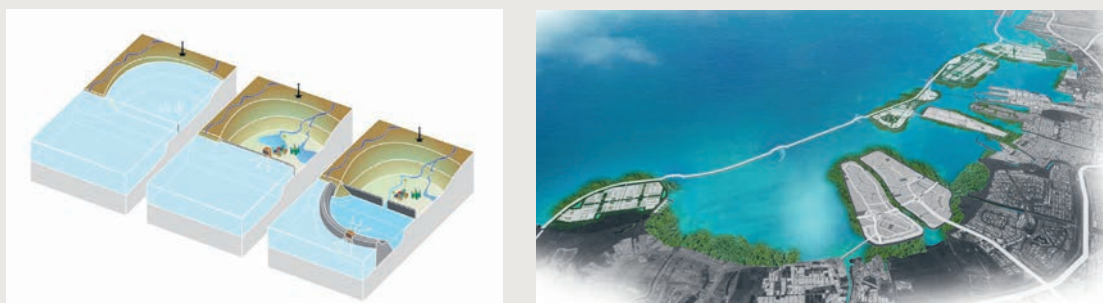
## Alleen zeewaarts nog een optie in Jakarta

In de stad Jakarta wonen zo'n 10 miljoen inwoners, waarvan ongeveer 4,5 miljoen in het overstromingsgevoelige noordelijk kustgebied. Met een bodemdaling van gemiddeld 7,5 centimeter per jaar in combinatie met de mondiale zeespiegelstijging is de situatie ernstiger dan het 'worst case'-scenario voor zeespiegelstijging voor Nederland in 2100 (gemiddelde zeespiegelstijging ca. 5 cm per jaar).

De afgelopen 12 jaar is in het kader van het door Nederland gefinancierde programma National Capital Integrated Coastal Development gewerkt aan integrale lange termijn strategieën om de stad duurzaam te beschermen tegen overstromingen vanuit zee en rivieren. Vergelijkbare oplossingsrichtingen die ook voor Nederland zijn ontwikkeld zijn daarbij uitputtend verkend en met elkaar vergeleken: verbreding van rivieren en aanleg van retentiemeeren in combinatie met hoge dijken en pompstations (beschermen open of gesloten), verplaatsen van de hoofdstad (meebewegen, of beter gezegd, terugtrekken) of aanleg van een 'giant seawall' (zeewaarts). Verplaatsing van de hele stad is geen reële optie gezien de economische waarde van het kustgebied van ca. \$ 200 mld\*. Ook het verbreden en verhogen van dijken in de dichtbevolkte stad zou op grote bezwaren stuiten; in de komende decennia leidt deze strategie tot de noodzakelijke verplaatsing van 40.000 inwoners en ingrijpende herstructurering langs de rivieren, nog los van de grondwaarde die daarmee verloren gaat.

Op grond daarvan is geconstateerd dat een zeevaartse oplossing in combinatie met stedelijke uitbreiding de meest kansrijke variant is. De kustbescherming wordt gewaarborgd door het aanleggen van een brede dijk op enkele kilometers van de kust. Dat gebeurt in twee fasen. In de komende decennia blijft de dijk op verschillende plekken open en fungeert vooral als golfbreker. Een belangrijke reden hiervoor is dat de toegang voor vissers en andere bedrijvigheid naar de zee blijft gewaarborgd en dat het binnenmeer dat ontstaat kan worden doorgespoeld met schoon zeewater, zodat waterkwaliteitsproblemen worden voorkomen. Een belangrijk voordeel van deze strategie is dat de dijk deels kan worden gefinancierd door nieuwe landaanwinningen die met deze dijk mogelijk worden gemaakt. Mocht de bodemdaling de komende decennia niet onder controle komen, dan is het noodzakelijk om de dijk in de toekomst af te sluiten. Er ontstaat hiermee een groot binnenmeer waarvan de stad het waterpeil kan verlagen en waarop de rivieren kunnen blijven uitmonden. Op de zeedijk worden grote pompstations gebouwd met een capaciteit van 250 tot 500 m<sup>3</sup>/s om het rivierwater naar zee te pompen en de stad onder extreme omstandigheden veilig te kunnen houden.

*\*In 2019 heeft President Joko Widodo besloten de hoofdstad van Indonesië te verplaatsen naar Borneo. De belangrijkste reden hier voor is de economische spreiding van het economisch groeipotentieel over de eilanden in Indonesië en verlichting van de te drukke en vervuilde stad Jakarta (FD, 2019). Of deze verplaatsing daadwerkelijk plaats gaat vinden, is nog maar de vraag.*



Figuur 5 Verschillende opties voor de kust van Jakarta: verplaatsen (links), beschermen (midden) en zeewaarts (rechts)

Figuur 6 Integraal stedelijk ontwerp met adaptief ontwerp van de zeedijk

# 5. Conclusie en aanbevelingen: reserveer ruimte voor de toekomst

In dit whitepaper hebben wij de omvang van de investeringsopgave van vijf grote transities in Nederland in beeld gebracht in relatie tot de risico's van toekomstige zeespiegelstijging. Er wordt tot 2050 ongeveer € 900 miljard geïnvesteerd in infrastructuur, woningen, de energietransitie, klimaatbestendigheid en in natuur. Hier is meer dan 100.000 hectare ruimte voor nodig. Alleen al voor de woningbouwopgave is een gebied nodig van ongeveer vijf keer de stad Utrecht. Ongeveer de helft van de woningen is voorzien in de dichtbevolkte en laaggelegen provincies Noord- en Zuid Holland, die ook het meest kwetsbaar zijn voor zeespiegelstijging. Maar ook nieuwe infrastructuur, de energietransitie en maatregelen voor klimaatbestendigheid vragen om veel ruimte.

Wij constateren dat vrijwel alleen in de watersector, en dan ook nog maar tot op zekere hoogte, voor deze investeringen rekening wordt gehouden met de toekomstige gevolgen van zeespiegelstijging (Sweco, 2020). Dat is niet terecht. Gezien de levensduur van veel van deze investeringen, of de netwerken waartoe ze (gaan) behoren, is het noodzakelijk rekening te houden met de effecten die kunnen optreden als gevolg van hogere waterstanden, verzilting of vernatting.

Daarnaast leggen deze investeringen voor een belangrijk deel vast hoe Nederland er uit ziet na 2050 en hoeveel ruimte en flexibiliteit we overhouden om nog maatregelen te kunnen nemen om ons te beschermen tegen zeespiegelstijging. De ruimtelijke ontwikkeling gaat snel: in de komende tien jaar wordt bijvoorbeeld al in de bouw van meer dan 800.000 woningen voorzien. Zonder een centrale visie en samenhangende aanpak van deze transities, en zonder nauwe samenwerking tussen Rijk en regio op de ruimtelijke ordening lopen we daarmee een groot risico dat de beperkte resterende flexibiliteit en ruimte die we in de toekomst nodig hebben om zeespiegelstijging op te vangen wordt ingenomen door andere opgaven.

We onderkennen, in lijn met de constatering van het Deltaprogramma, dat we nog voldoende tijd hebben om oplossingsrichtingen te verkennen om Nederland op de lange termijn veilig te houden, zoals momenteel wordt onderzocht in het Kennisprogramma zeespiegelstijging. Echter, gezien de snelheid van de ruimtelijke ontwikkelingen in de komende tien jaar is het in onze ogen noodzakelijk om parallel een fast-track spoor te starten met daarin twee onderdelen:

1. Nemen van maatregelen om de investeringen van de komende jaren klimaatbestendig aan te leggen;
2. Reserveren van ruimte die in de toekomst nodig is voor maatregelen om de effecten van zeespiegelstijging op te vangen.

De aandacht dient daarbij met name uit te gaan naar de laaggelegen, kwetsbare delen van Nederland en zones langs de rivieren waar de grootste effecten van zeespiegelstijging zullen optreden. Door flexibiliteit in te bouwen en voldoende ruimte te reserveren voor toekomstige maatregelen zetten we een belangrijke stap om de huidige strategie 'beschermen open' zo lang mogelijk te kunnen volhouden, en kopen daarmee tijd om ons voor te bereiden op de vervolgstategie.

Het is daarvoor van belang dat het Deltaprogramma sterkere aansluiting vindt bij de vier andere transities. Dit biedt een belangrijke kans om investeringsopgaven te bundelen en de sterkere maatregelen voor een klimaatbestendig Nederland haalbaar en betaalbaar te houden.

# Colofon

Dit is een uitgave van Sweco Nederland

**Auteurs:**

Alex Hekman, business director Water  
Nikéh Booister, adviseur Strategisch deltamangement

**Met speciale dank aan:**

**Experts Sweco**

Anouk Donkervoort, adviseur Stedelijk water en klimaatadaptatie  
Arend van Woerden, adviseur Klimaatadaptatie  
Arjan Frens, teammanager Havens en vaarwegen  
Bas Huver, adviseur Water en hydrologie  
Berthold Berger, commercieel manager Duurzame gebouwen en aardbevingen  
Desley Sulkers, adviseur Water en duurzaamheid  
Jaap de Wit, adviseur Bodem en cultuurtechniek  
Jan Kollen, adviseur Water  
Jelmer van de Ridder, adviseur Klimaatadaptatie  
Karin Sant, adviseur Bodem  
Lilian ter Doest, adviseur Capital consultants  
Maurits Kampen, adviseur Waterkeringen  
Niels Castelij, adviseur Houtconstructies  
Piet Riemersma, adviseur Water en natuur  
René van Dijk, adviseur Ecologie  
Robin van de Sande, adviseur Energie strategie  
Stefan Vermeulen, adviseur Visualisatie en vormgeving

**Afstudeerlab Sweco:**

Douwe Huijsman (TU Delft)  
Freek Oerle (Vrije Universiteit Amsterdam)  
Jasper Goos (Universiteit Utrecht)  
Reinier Frölke (TU Delft)

**Becommentarieerd door:**

Jos van Alphen, adviseur Strategie en Kennis, Staf Deltacommissaris  
Jos Timmermans, onderzoeker Delta Management, TU Delft  
Ron Franken, beleidsonderzoeker Water, Planbureau voor de Leefomgeving

# Contact

## Hoofdauteurs



**Alex Hekman**  
Business director Water

Alex is verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de beste integrale oplossingen voor onze klanten op gebied van waterveiligheid, watermanagement, stedelijk water en klimaatadaptatie. Als branche ambassadeur voor NLingenieurs en lid van het Kernteam Deltatechnologie (Topsector Water) legt hij elke dag nieuwe verbindingen met stakeholders en partners om gezamenlijk oplossingen te creëren voor een klimaatbestendig Nederland.

T +31 6 622 792 439      E alex.hekman@sweco.nl



**Nikéh Booister**  
Adviseur Strategisch deltamanagement

Nikéh heeft een passie voor watermanagement, waterveiligheid en klimaatadaptatie. De energie die zij steekt in grootschalige en complexe projecten in binnen- en buitenland kenmerkt haar. Als strategisch adviseur begeeft zij zich dagelijks op het snijvlak van beleid en techniek. Momenteel werkt ze aan opdrachten voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging en het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden bij hun ambitieuze opgave rondom zeespiegelstijging.

T +31 6 534 394 06      E nikeh.booister@sweco.nl

# Over Sweco

Verandering van de wereld om ons heen was nog nooit zo actueel, relevant, inspirerend en uitdagend. Voor welke uitdaging dan ook: de samenleving kan rekenen op een oplossing van Sweco. Nu, morgen en in de toekomst.

Samen met klanten en de kennis van 17.500 architecten, ingenieurs en adviseurs, stuk voor stuk vakidioten, creëren we slimme oplossingen voor het stedelijk gebied. Met oog voor de versnellende kracht van digitalisering en het perspectief van een groene en duurzamere samenleving.

# Bronvermelding

- ABF. (2020). *PRIMOS Dashboard*. Opgehaald van ABF Research: <https://primos.abfresearch.nl/dashboard/dashboard/woningtekort---overschot>
- ABF. (2020). *Inventarisatie plancapaciteit*. ABF Research.
- ABF. (2020). *Woningbouwopgave DAEB en verduurzaming: omvang en kosten voor woningcorporaties*. ABF Research.
- Bedrijvenmonitor. (n.d.). *Brancheverdeling*. Opgehaald van Bedrijvenmonitor: <https://bedrijvenmonitor.info/feiten-en-cijfers/branches/provincie/>
- Berenschot. (2018). *Wat de woningbezitter betaald als we stoppen met aardgas*. Opgehaald van <https://www.berenschot.nl/actueel/2018/juli/kosten-woning-aardgasvrij/>
- Calcasa. (2019). *Waarde indicatie Calcasa*. Opgehaald van Calcasa, Member of the European AVM Alliance, The WOX Quarterly Q4 2019: <https://www.eigenhuis.nl/waarde-indicatie-calcasa/woningprijzen/>
- CBS. (2016). *Minder landouwen, meer natuur*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/08/minder-landbouw-meer-natuur>
- CBS. (2020, juli 7). *Verkenning bevolking 2050*. Opgehaald van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/28/verkenning-bevolking-2050-meer-inwoners-met-een-migratieachtergrond#:~:text=Het%20aantal%20inwoners%20met%20een,de%20levensverwachting%20zich%20zullen%20ontwikkelen.>
- CBS. (2020). *Voorraad woningen; eigendom, type verhuurder, bewoning, regio*. Opgehaald van CBS: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82900NED/table?fromstatweb> de Lange, G., & Gunnink, G. (2014). *Zettingskaart Nederland*. *Deltares en TNO*.
- Deltacommissaris. (2011). *Deltaprogramma 2012: Werk aan de delta. Maatregelen van nu, voorbereiding voor morgen*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ministerie van Economische zaken, landbouw en innovatie.
- Deltacommissaris. (2013). *Deltaprogramma 2014: Werk aan de delta. Kansrijke oplossingen voor opgaven en ambities*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken.
- Deltacommissaris. (2019). *Deltaprogramma 2020*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat.
- Deltacommissaris. (2020). *Deltaplan Ruimtelijke adaptatie*. Opgehaald van National Deltaprogramma: <https://www.deltaprogramma.nl/themas/ruimtelijke-adaptatie/deltaplan>
- Deltaprogramma Kust. (2013). *Kompas voor de Kust, Nationale Visie Kust*. Rijksoverheid: Deltaprogramma.
- Deltares. (2012, herzien in oktober 2020). *Effect van zandsuppleties op de kust en het wad*. Deltafact.
- Deltares. (2018). *Magelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma*. Delft: Deltares.
- Deltares. (2019). *Strategieën voor adaptatie aan hoge en versnelde zeespiegelstijging, een verkenning*. Delft: Deltares.
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D., & Jiguet, F. (2008). Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275 (1652), 2743-2748.
- Drinkwaterplatform. (2020, mei 7). *Verzilting: een bedreiging voor ons drinkwater?* Opgehaald van <https://www.drinkwaterplatform.nl/verzilting-drinkwater/>
- Ecofys. (2018). *Kostprijs voor Zon-PV en wind in 2030*. Ecofys.
- Ecorys. (2019). *Economische schade door droogte in 2018*. Rotterdam: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- EIB. (2016). *Investeren in de infrastructuur - trends en beleidsuitdagingen*. Amsterdam: EIB.
- FD. (2019, Augustus 26). *Indonesië bouwt nieuwe hoofdstad op Borneo*. Opgehaald van Financieel Dagblad: <https://fd.nl/economie-politiek/1314477/indonesie-bouwt-nieuwe-hoofdstad-op-borneo>
- Frölke, R. (2020). *Low polders and high waters: dealing with uncertainties of climate change in future polder management*. Delft: Technische Universiteit Delft & Sweco.
- Haasnoot, M., Diermanse, F., Kwadijk, J., de Winter, R., & Winter, G. (2019). *Strategieën voor adaptatie aan hoge en versnelde zeespiegelstijging. Een verkenning*. Delft: Deltares.
- Haasnoot, M., Kwadijk, J., Alphen, J., Le Bars, D., van den Hurk, B., Diermanse, F., . . . Mens, M. (2020). Adaptation to Uncertain Sea-Level Rise; How uncertainty in Antarctic Mass-Loss Impacts the Coastal Adaptation Strategy of the Netherlands. *Environmental Research Letters*.
- I&W, M. (2020). *MIRT Overzicht 2020*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat .
- IPO. (2020). *Uitwerking ambities en doelen landelijke Bossenstrategie en beleidsagenda 2030*. Den Haag: Interprovinciaal Overleg en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- KNMI. (2014). *KNMI klimaatscenario's voor Nederland 2014 - herziene uitgave*. De Bilt: Ministerie van Infrastructuur & Milieu.
- KNMI. (2017, april 6). *Extreme zeespiegelstijging in de 21e eeuw*. Opgehaald van KNMI Nieuws: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/extreme-zeespiegelstijging-in-de-21e-eeuw>
- KNMI. (2019). *Zeespiegelstijging nu en in de toekomst*. Opgehaald van KNMI Specials 03: <https://magazines.rijksoverheid.nl/knmi/knmispecials/2019/03/nu-en-in-de-toekomst>
- Koelenmeijer, R., Koutstaal, P., Daniëls, B., & Boot, P. (2017). *Nationale kosten energietransitie in 2030*. PBL.
- KVK. (2009). *Klimaatdijk. Een verkenning*. Wageningen: Kennis voor Klimaat.

- Min.I&W. (2018). *Deltaprogramma 2019. Doorwerken aan de delta: Nederland aanpassen aan klimaatverandering*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- MinisterieEZK. (2019). *Afspraken voor Electriciteit*. Opgehaald van klimaatakkoord: <https://www.klimaatakkoord.nl/elektriciteit>
- Nationaal Programma RES. (2020, april 30). Factsheet electriciteit, achtergrondinformatie per electriciteitsbron. Delft.
- Nibud. (2020). *Energie en water*. Opgehaald van Nibud: <https://www.nibud.nl/consumenten/energie-en-water/>
- Oerle, F. (2020). *Relative influence of coastal system characteristics on seepage in the Dutch polder*. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam & Sweco.
- Oude Essink, G. (2007). Effect zeespiegelstijging op het grondwatersysteem in het kustgebied. *Platform*.
- Rijksoverheid. (2020, 06 15). *Staat van de woningmarkt 2020*. Opgehaald van Rijksoverheid nieuws: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/06/15/staat-van-de-woningmarkt-2020>
- Rijksoverheid. (2020). *Stikstofaanpak versterkt natuur en biedt economisch perspectief*. Opgehaald van Rijksoverheid nieuws: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/04/24/stikstofaanpak-versterkt-natuur-en-biedt-economisch-perspectief>
- Rijksoverheid. (2020). *Wind op land: Feiten en cijfers*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.windenergie.nl/windenergie-op-land/feiten-en-cijfers>
- Rongen, G., & Maaskant, B. (2019). *Systeemanalyse Hollandse IJssel, uitwerking conform BOI uitgangspunten*.
- RVO. (2020). *Circulaire economie en MIA/VAMIL*. Opgehaald van Subsidie en financieringswijze: <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/miavamil/ondernemers/sectoren/circulaire-economie>
- Solar Magazine. (2018). *Hoofdpijnen klimaatakkoord: 21 tot 23 Gigawattpiek zonnepanelen in 2030*. Opgehaald van SolarMagazine: <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i16418/hoofdpijnen-klimaatakkoord-21-tot-23-gigawattpiek-zonnepanelen-in-2030>
- Stowa. (2017 (herziening)). *Deltafact: Brakke kwel*. Opgehaald van Zoetwaervoorziening: <https://aandeslagmetdeomgevingswet.nl/thema/water/beheer-watersysteem-waterketen/verzilting/>
- Stowa. (n.d.). *Reserveringszone*. Opgehaald van Deltafacts: <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/waterveiligheidsbeleid-en-regelgeving/reserveringszone>
- Sweco. (2018). *Naar een kosteneffectieve aanpak van klimaatadaptatie in Nederland*. De Bilt: Sweco.
- Sweco. (2020). *Quick scan adaptief deltamanagement*. De Bilt: -.van Klaveren, S., de Koeijer, K., Miner, E., & Mobron, N. (2020). *Claims op de bodem. Is er genoeg ruimte voor onze transitie?* Utrecht: Rijkswaterstaat, Nationaal Bodemtraineeship, Nationaal Watertraineeship.
- Vastelandbond. (2020). *Alles over windmolens in Nederland*. Opgehaald van Windenergie: <https://www.vastelastbond.nl/energie/windenergie-alles-over-windmolens-in-nederland/>
- Waterforum. (2020, mei 15). Vernatting veenweiden: kabinet kiest voor 'functie volgt peil'. *Waterforum*.
- WOt Natuur & Milieu. (2009). *Beheerkosten van Natura-2000 gebieden (werkdocument)*.
- WUR. (2006). *Grondsoortenkaart*. Opgehaald van <https://www.wur.nl/nl/show/Grondsoortenkaart.htm>

# Bijlage 1: Toelichting en uitgangspunten berekeningen investeringen

Met behulp van op dit moment beschikbare begrotingen en budgetten van lopende programma's, kengetallen en opgaven hebben we berekeningen gemaakt van wat de geschatte investeringsopgave is voor Nederland tot 2050.

## Infrastructuur

Het Economisch Instituut voor de Bouw (EIB) heeft in 2016 een onderzoek uitgevoerd naar trends en ontwikkelingen in de infrastructuur (EIB, 2016). Voor de periode 2015 tot 2030 heeft zij inschattingen gemaakt van de investeringsopgave in infrastructurele projecten zoals spoorwegen, gemeentelijke wegen en riolering, waterkeringen, ondergrondse infrastructuur, overige publieke en private investeringen. Een deel van deze investeringen is gekoppeld aan de MIRT-agenda (I&W, 2020). Om dubbeltelling te voorkomen hebben we de agenda's naast elkaar gelegd. Waterkeringen tellen voor een deel dubbel met de HWBP-opgave; deze zijn opgenomen onder het kopje klimaatadaptatie en uit de infrastructuur berekening gehaald. Daarnaast zijn we in deze investeringsopgave uitgegaan van aanleg, renovatie en vervanging van infrastructuur en hebben we onderhoud (ca. 39% van het EIB budget) niet meegenomen. Op basis van de investeringsopgave van 2015-2030 hebben we een jaarlijkse inschatting gemaakt en met deze gegevens de investeringsopgave van 2020-2050 bepaald. De verdeling per provincie maakten we op basis van het % areaal aan bestaande infrastructuur per provincie.

## Woningbouw

Op basis van de rapportage van ABF Research (april 2020) hebben we geïnventariseerd wat de plancapaciteit en de woningbehoefte is per provincie is (ABF, 2020). Op basis van bestaande prognoses van de benodigde bouwproductie van ca. 1 miljoen woningen tot 2040 hebben we de plancapaciteit verdeling per provincie als uitgangspunt genomen voor de verdeling van deze miljoen woningen tot en met 2040 (EIB, 2016) (ABF, 2020). De nieuwbouw investeringsopgave hebben we berekend op basis van de gemiddelde woningprijs per provincie en is niet gecorrigeerd met inflatie (Calcasa, 2019). Nieuwbouw, sloop en renovatie is niet meegenomen, hierover waren onvoldoende betrouwbare cijfers beschikbaar.

## Energietransitie

In de opgave voor de energietransitie hebben we gekeken naar de Nederlandse doelstellingen in het klimaatakkoord. We hebben een berekening gemaakt voor de doelstellingen van gebouwde omgeving, elektriciteit en industrie. Op basis van het gemiddeld energieverbruik (Nibud, 2020) en het aantal particuliere huishoudens per provincie (CBS, 2020) bepaalden we wat het aandeel energieverbruik per provincie is.

De kosten voor de energietransitie met betrekking tot elektriciteit berekenden we op basis van de opwek van energie (windenergie op zee, op land en zonnepanelen op land en daken). Voor windenergie op zee is 55 GW energie nodig tot 2050 (Koelenmeijer, Koutstaal, Daniëls, & Boot, 2017). Kosten voor windenergie op zee zijn 35 €/MWh (Ecofys, 2018). Op basis van deze twee uitgangspunten is de totale investeringsopgave tot 2050 berekend voor windenergie op zee en vervolgens verdeeld per provincie op basis van energieverbruik. Voor windenergie op land rekenden we met de geplande capaciteit na 2020 (Rijksoverheid, 2020). Op basis van de capaciteit van één windmolen maakten we een berekening van het aantal windmolens, vermenigvuldigd met de kostprijs van een windmolen (Vastelandbond, 2020). Ten slotte berekenden we op basis van de verwachte ontwikkeling van het aanbod van zonnepanelen en de prijs per kilowattuur in 2025 de totale investeringsopgave van zon-pv (MinisterieEZK, 2019) (Solar Magazine, 2018).

Naast de opwek van energie hebben we verduurzaming van de industrie en gebouwde omgeving meegenomen, eveneens conform het klimaatakkoord. Voor de gebouwde omgeving gingen we uit van de totale investeringsopgave van corporatiewoningen conform onderzoek van ABF Research (ABF, 2020). Op basis van het aantal corporatiewoningen per provincie is een berekening gemaakt van de investeringsopgave per provincie voor het verduurzamen van corporatiewoningen. Daarnaast zijn de investeringskosten berekend voor het verduurzamen van bestaande koopwoningen door middel van de gemiddelde investeringskosten per woning voor aardgasvrij maken (Berenschot, 2018) en het aantal bewoonde koopwoningen per provincie (CBS, 2020).

Voor de verduurzaming van de industrie is rekening gehouden met de jaarlijkse energiebelasting voor industrie in Nederland dat is afgetrokken van de jaarlijkse subsidie voor de industrie (Bedrijvenmonitor, n.d.) (RVO, 2020). Dit eindbedrag zijn de investeringskosten die gedaan worden door de Rijksoverheid, die zijn verdeeld naar verhouding van het aandeel industriebedrijven per provincie. De eigen middelen voor verduurzaming zijn niet meegerekend.

### **Klimaatadaptatie**

De investeringsopgave voor klimaatadaptatie is onderverdeeld in drie onderdelen: stedelijke klimaatadaptatie (zoals omschreven in het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (Deltacommissaris, 2020)), de HWBP versterkingsopgave en zandsuppletie langs de kust. Op gebied van stedelijke klimaatadaptatie is uitgegaan van berekeningen van de klimaatschadeschatter (op basis van whitepaper klimaatadaptatie (Sweco, 2018)) en is men uitgegaan van het hoge klimaatscenario. Aan deze getallen is een aanvullende berekening toegevoegd op gebied van investeringen door droogte en funderingsschade op basis van % zettingsgevoelig gebied in het stedelijke gebied in Nederland (op basis van een GIS-analyse m.b.v. de zettingskaart door TNO en Deltares (de Lange & Gunnink, 2014)). De HWBP opgave is opgedeeld per provincie op basis van het aantal kilometer kering, hier is geen rekening gehouden met de geplande dijkversterkingsprojecten. De zandsuppletie opgave is gebaseerd op de gemiddelde prijs per m<sup>3</sup> zand (Deltares, 2012, herzien in oktober 2020). Uitgaande van een toename van 12 miljoen m<sup>3</sup> zandsuppletie per jaar naar 20 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (Deltaprogramma Kust, 2013), worden er tussen 2020 en 2050 tussen de 1,65 miljard en 9,6 miljard euro aan kosten verwacht. Voor dit whitepaper is er gerekend met het gemiddelde hiervan: €5,625 miljard in 30 jaar. Dit is globaal verdeeld op basis van het aantal kilometer kustlijn per provincie.

### **Natuur**

De opgave voor de natuur is berekend op basis van het aantal hectare N2000 gebied per provincie. Hierin zijn kosten voor regulier beheer en kosten herstelmaatregelen voor de komende 10 jaar gebruikt (W0t Natuur & Milieu, 2009). Deze zijn geëxtrapoleerd naar besteding tot 2050. Ook is de investeringsopgave van het herstellpakket natuur per jaar meegenomen en geëxtrapoleerd tot en met 2030, want dat loopt het pakket af (Rijksoverheid, 2020). Tot slot zijn de PAGW-investeringen t/m 2032 meegenomen, die zijn niet geëxtrapoleerd (Deltacommissaris, 2019).

# Bijlage 2:

## Berekeningen oppervlakten

### Woningbouw oppervlakten

Voor de berekening van de benodigde oppervlakten van woningbouw is uitgegaan van de woningbouwprognose van ABF Research (ABF, 2020) en de verdeling van deze plancapaciteit in percentage over provincies. Op basis van woningdichtheid per hectare is een inschatting gemaakt van het oppervlak dat nodig is voor het bouwen van woningen. Er is in deze cijfers geen rekening gehouden met renovatie en sloop.

In de Randstad (provincies Zuid-Holland, Noord-Holland en Utrecht) is uitgegaan van het bouwen van 75% van de woningen binnenstedelijk met een woningdichtheid van 100 woningen per hectare en 25% in landelijk gebied of aan de stadsgrenzen met een woningdichtheid van 25 woningen per hectare. In de andere gebieden is uitgegaan van een woningdichtheid van 25 woningen per gebied.

Provincie	Deel van totaal woningbouw opgave	Totaal geschatte ha	oppervlak van totaal
Drenthe	1%	497	2%
Flevoland	3%	1.386	5%
Friesland	1%	521	2%
Gelderland	7%	2.939	11%
Groningen	2%	836	3%
Limburg	3%	1.090	4%
Noord-Brabant	13%	5.257	20%
Noord-Holland	28%	4.842	19%
Overijssel	5%	1.826	7%
Utrecht	13%	2.266	9%
Zeeland	1%	473	2%
Zuid-Holland	22%	3.906	15%
<b>Nederland totaal</b>		<b>25.839</b>	

### Energietransitie

Het elektriciteitsverbruik in Nederland ligt in 2019 op ongeveer 113 TWh. In de NP RES is de doelstelling opgenomen om in 2030 ca. 84TWh op te wekken met hernieuwbare bronnen (Nationaal Programma RES, 2020). De elektriciteit vraag zal in de komende jaren toenemen. Hoeveel dat precies is, is onzeker en hoe dit zijn uitwerking krijgt evenmin. Voor de oppervlakte berekening zijn we uit gegaan van het totale elektriciteitsverbruik van Nederland in 2019. In deze whitepaper is alleen het opwekken van energie uit zon en windenergie genomen omdat dit grote ruimtevragers zijn.

Uitgaande van de NP RES zijn voor 1 TWh windenergie ca. 57 windmolens van 5Mw nodig. Een windmolen vraagt 0,1 ha fysieke ruimte (grondoppervlak). 57 windmolens hebben een fysiek oppervlak, dus grondoppervlak, van 5,7 hectare nodig. Echter, vanwege de onderlinge afstand tussen windmolens is de benodigde vrije ruimte van een windmolen in een windpark een oppervlak van ca. 250\*250 meter, ofwel 6,25 hectare per windmolen. Voor 1 TWh energie is ca. 1.000 ha aan zonnepark nodig (Nationaal Programma RES, 2020).

Als we er van uitgaan dat 1/3e van de energie opgewerkt wordt door windmolens op zee (dus geen ruimtevraag op land), 1/3e windmolens op land en 1/3e zonnepanelen op land wordt aangelegd (waarvan 50% van de zonnepanelen op daken of in andere vormen van meervoudig ruimtegebruik), dan komt de ruimtevraag voor de energievoorziening uit op ca. 22.000 ha aan totaal fysiek grondoppervlak en bijna 38.000 ha vrije ruime. Van deze 38.000 ha is ca. 16.000 ha de benodigde vrije ruimte tussen windmolens in, deze ruimte kan dus wel gebruikt worden maar is niet overal beschikbaar.

Provincie	Fysiek oppervlak windmolens op land (ha)	Fysiek oppervlak zonnepanelen (ha)	Totaal fysiek (grond) oppervlak per provincie (ha)
Drenthe	7	1.204	1.211
Flevoland	6	970	976
Friesland	9	1.616	1.625
Gelderland	29	5.112	5.141
Groningen	9	1.622	1.631
Limburg	17	2.922	2.939
Noord-Brabant	36	6.352	6.388
Noord-Holland	43	7.552	7.595
Overijssel	16	2.790	2.806
Utrecht	19	3.350	3.369
Zeeland	5	964	969
Zuid-Holland	54	9.438	9.492
<b>Nederland totaal</b>	<b>250</b>	<b>43.890</b>	<b>44.140</b>

Tabel 3 Fysiek benodigd oppervlak voor duurzame energieopwekking, uitgaande van 1/3e opwek uit windmolens op land en 1/3e opwek uit zonnepanelen (en 1/3e opwek uit wind op zee).

Provincie	Oppervlak windpark op land (ha)	Oppervlak zonneparken bij 50% meervoudig ruimtegebruik (ha)	Totaal benodigd oppervlak vrije ruimte (ha)
Drenthe	429	602	1.030
Flevoland	345	485	830
Friesland	576	808	1.384
Gelderland	1.821	2.556	4.377
Groningen	578	811	1.388
Limburg	1.041	1.461	2.501
Noord-Brabant	2.263	3.176	5.439
Noord-Holland	2.691	3.776	6.467
Overijssel	994	1.395	2.389
Utrecht	1.193	1.675	2.868
Zeeland	343	482	826
Zuid-Holland	3.363	4.719	8.082
<b>Nederland totaal</b>	<b>15.636</b>	<b>21.945</b>	<b>37.581</b>

Tabel 4 Benodigd oppervlak voor windparken en zonneparken (uitgaande van 50% meervoudig ruimtegebruik voor de zonneparken) uitgaande van 1/3e opwek uit windmolens op land en 1/3e opwek uit zonnepanelen (en 1/3e opwek uit wind op zee).

### Waterberging

We hebben indicatief de extra waterbergingsopgave berekend voor de klimaatscenario's GL en WH. De gemaakte berekeningen geven een indicatie van het benodigde oppervlak aan waterberging dat nodig is in laaggelegen Nederland (onder NAP). De berekeningen zijn sterk vereenvoudigd en gemaakt op basis van aannames.

- Bodemopbouw: de bodem is in Nederland ingedeeld in 10 hoofdgroepen (WUR, 2006). Op basis van typering zijn deze voor onze berekening ingedeeld in 3 hoofdgroepen: zand/lichte zavel, klei en veen. Per provincie is de bodemopbouw ingedeeld in hectaren oppervlak per type bodemopbouw.
- Huidige situatie: aangenomen % wateroppervlak per grondsoort en aangenomen drooglegging
- Op basis van diverse stochastische berekeningen voor de diverse soorten bodemopbouw zijn de volgende aannames gehanteerd.

	Veen	Klei	Zand
Peilstijging huidig	0,33 m	0,71 m	0,54 m
Overblijvende waterberging	0,17 m	0,29 m	0,46 m
Peilstijging WH situatie	0,36 m	0,74 m	0,60 m
Peilstijging GL situatie	0,35 m	0,73 m	0,58 m
Bodemdaling tot 2050	0,09 m	0,015 m	0,003 m
Percentage van de polder nodig voor water compensatie WH situatie	5,5 %	0,5 %	0,6 %
Percentage van de polder nodig voor water compensatie GL situatie	5 %	0,4%	0,4 %

Dit komt neer op de volgende waterbergingsopgave in hectares per provincie voor gebieden onder NAP.

Waterbergingsopgave in hectares per provincie	Scenario W <sub>H</sub> (ha)	Scenario G <sub>L</sub> (ha)
Flevoland	2.735	2.365
Friesland	1.302	1.002
Gelderland	237	208
Groningen	2.527	2.177
Noord-Brabant	1.087	927
Noord-Holland	1.629	1.318
Overijssel	887	778
Utrecht	672	535
Zeeland	835	673
Zuid-Holland	1.430	1.100
<b>Totaal</b>	<b>13.341</b>	<b>11.086</b>

### Waterkeringen

Voor de verbreding van keringen bij zeespiegelstijging zijn twee componenten van belang: de verbreding ten gevolge van kruinophoging en de verbreding om piping tegen te blijven gaan. Op basis van zes verschillende en indicatieve profielen is een inschatting gemaakt van de verbreding per meter zeespiegelstijging. Hierbij is rekening gehouden met de piping gevoeligheid van de bodem en het huidige dijkprofiel. De situaties zijn zeer verschillend per dijkprofiel maar geven een indicatie van de benodigde ruimte. Uit een eerdere studie voor doorbraakvrije dijken is uitgegaan van een 10 meter bredere binnenberm om piping tegen te gaan bij een peilverhoging van 50 centimeter (KVK, 2009).

Indicatieve dijkverbreding	
Waterstandsverhoging	Indicatieve gemiddelde verbreding
0,1 m	2 m
0,3 m	6 m
0,5 m	10 m
1,0 m	20 m
2,0 m	40 m



Figuur 7 Locaties indicatieve dijkprofielen primaire keringen

