

Opdrachtgever: **Rijkswaterstaat**

Zeespiegelmonitor

Eenduidige zeespiegelindicatoren



Opdrachtgever: **Rijkswaterstaat**

Zeespiegelmonitor

Eenduidige zeespiegelindicatoren



Auteurs:

Robin Nicolai (HKV)
Guus Rongen (HKV)
Fedor Baart (Deltares)

Inhoud

Lijst van tabellen	i
Lijst van figuren	iii
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Zeespiegelstijging: absoluut versus relatief	6
1.3 Indicatoren: scope en kenmerken	8
1.4 Groslijst indicatoren	9
2 Uitwerking indicatoren	11
2.1 Beheer en onderhoud	11
2.1.1 Trend in de actuele zeespiegelstijging	11
2.1.2 Vergunningsverlening delfstoffenwinning	13
2.1.3 Samenvatting en discussie	14
2.2 Toetsing	15
2.2.1 Getijhoogwaterstijging	15
2.2.2 Samenvatting en discussie	16
2.3 Ontwerp	17
2.3.1 Absolute zeespiegelstijging	21
2.3.2 Lange termijn waterhuishouding	24
2.3.3 Samenvatting en discussie	25
2.4 Planvorming	27
2.4.1 Indicator "percentage onder zeeniveau"	27
2.4.2 Vrije ruimte	28
2.4.3 Ruimtelijke ontwikkeling	28
2.4.4 Samenvatting en discussie	29
3 Synthese en aanbevelingen	31
3.1 Samenvatting	31
3.2 Aanbevelingen	33
4 Referenties	37
Bijlage A: Verslag expertsessie	41

Lijst van tabellen

Tabel 1-1:	Definities zeespiegel(stijging) en bodemdaling	7
Tabel 2-1:	Absolute zeespiegelstijging in de KNMI'06 scenario's.	19
Tabel 2-2:	Absolute zeespiegelstijging in de Veerman-scenario's.	20
Tabel 2-3:	Absolute zeespiegelstijging in de KNMI'14 scenario's.	21
Tabel 2-4:	Zeespiegelgetallen voor het ontwerp van zachte keringen. Bron: Leidraad Zandige Kust (2002).....	23
Tabel 2-5:	Scenario's 3 ^e Kustnota. Bron: RWS (2000).	23
Tabel 3-1:	Zeespiegelindicatoren in waterveiligheidsbeleid.....	32

Lijst van figuren

Figuur 1-1:	Absolute versus relatieve zeespiegelstijging en bodemdaling. Bron: Figuur 2.1 Baart et al. (2015).	6
Figuur 1-2:	Gereviseerd lokaal hoogteniveau zoals in gebruik voor het station IJmuiden (bron: PSMSL). Het niveau TGBM (tide gauge benchmark) slaat op het referentiepunt ten opzichte waarvan het getij wordt gemeten. Het niveau RLR (2007) is ongeveer 7000 mm onder het gemiddeld zeeniveau, een arbitrair gekozen referentieniveau waarbij jaar- en maandgemiddelden positief zijn. MSL (2007) is het gemiddeld zeeniveau voor 2007. Het NAP is het nationale hoogtesysteem. De aanpassing van het NAP (0,021 m omhoog in 2005) is verwerkt door de PSMSL via de methode beschreven door Dillingh et al. (2010). Bron: Figuur 2.2 Baart et al. (2015).....	7
Figuur 2-1:	KNMI'06-scenario's. De aangegeven banden geven het bereik tussen het 10 ^{de} en 90 ^{ste} percentiel aan.....	19
Figuur 2-2:	Veerman-scenario's.....	20
Figuur 2-3:	Zeespiegelstijging binnen de Deltascenario's.	20
Figuur 2-4:	Totstandkoming van de 48 cm klimaattoeslag zoals dit gebruikt wordt bij het ontwerp van harde keringen.	22
Figuur 2-5:	Zeespiegelstijging volgens de Veerman-scenario's met daarin de voor de zeesluizen van IJmuiden gebruikte stijging.	24
Figuur 2-6:	Variabelen voor het aangeven van zeespiegelstijging. ZJ = zichtjaar.	26
Figuur 2-7:	Profiel van de vrije ruimte. Bron. www.stowa.nl.	28
Figuur 3-1:	Zichtjaren toepassingsgebieden zeespiegelstijging.	32
Figuur 3-2:	Verschillende partijen (leiblaauw: overheid, aquamarijn: kennisinstituut, pruim: bedrijven) zijn betrokken bij zeespiegelonderzoek. De overlap met kolommen geeft de hoofdtak aan van de organisatie. Bijvoorbeeld Rijkswaterstaat houdt zich vooral bezig met onderhoud en toetsing. PBL houdt zich vooral bezig met planvorming. De organisaties boven de rij met onderhoud, toetsing, ontwerp en planvorming houden zich vooral bezig met beleidsvorming. De organisaties onder de rij houden zich vooral bezig met onderzoek en advisering.	35

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De stand van de zeespiegel ten opzichte van de bodem, nu en in de toekomst, is een belangrijke indicator voor de Nederlandse waterveiligheid. Bij veel beleidsvraagstukken op het gebied van onderhoud, toetsing, ontwerp en planvorming speelt de zeespiegel een rol. Afhankelijk van de toepassing wordt meestal een andere indicator voor de zeespiegelstijging gebruikt. Het is hierbij niet altijd voor iedereen duidelijk hoe de gekozen indicator precies is gedefinieerd, laat staan hoe deze is gekwantificeerd. De zeespiegelindicatoren zijn onderling niet consistent. De cijfers zijn gebaseerd op verschillende aannames, methoden, data, perioden en gebruikte correcties.

Zeespiegelmonitor – Zeespiegel onderzoeksagenda 2016-2018

Het periodiek rapporteren over de huidige staat van de zeespiegel langs de Nederlandse kust wordt de "Zeespiegelmonitor" genoemd. Deze monitor bestaat uit periodieke rapportages (Dillingh et al., 2010, de Ronde et al., 2014, Baart et al., 2015) en de beschikbaarheid van de methode in de vorm van software (webapplicatie). In de Zeespiegelmonitor worden de ruwe zeespiegelmetingen omgezet in meerdere zeespiegelindicatoren. Een voorbeeld van een indicator is "de huidige zeespiegelstijging".

Naast het periodiek rapporteren wordt ook gewerkt aan het uitbreiden van de kennis en kwaliteit van de zeespiegelmonitor. Voor de periode 2016 tot en met 2018 is een onderzoeksagenda opgesteld (Baart et al., 2016), waarin de aandacht ligt op de onderstaande hoofdonderwerpen:

- **Begrip**
Kunnen we de variaties in de zeespiegel goed verklaren? Weten we welke oorzaken verschillen tussen metingen veroorzaken en hebben we deze kennis goed geformaliseerd in onze methoden?
- **Integratie**
Sluiten de verschillende toepassingen van de zeespiegel op elkaar aan en worden alle toepassingen afgedekt?
- **Vertrouwen**
Kloppen de metingen en de voorspellingen, zijn ze valide en reproduceerbaar?

De resultaten van de deelonderzoeken worden gecombineerd in een update van de zeespiegelmonitor, die toegankelijk, begrijpelijk en traceerbaar is.

Op dit moment hebben slechts enkele experts het overzicht over welke zeespiegelindicator voor welke toepassing wordt gebruikt en waarom. Het doel is om deze kennis breed toegankelijk te maken. In dit rapport zijn daarom de verschillende indicatoren die in het Nederlands beleid worden toegepast op overzichtelijke wijze en in detail uitgewerkt op basis van vragen als:

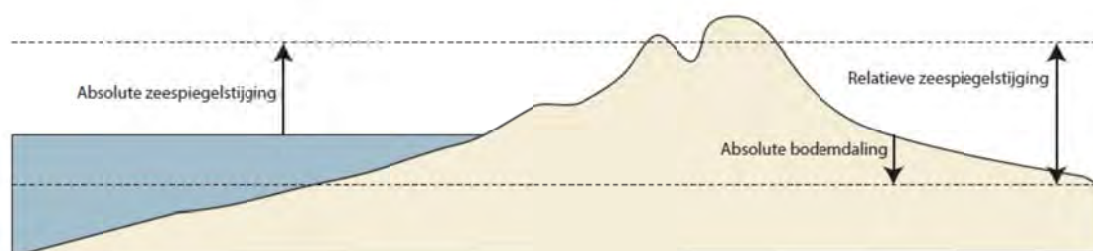
- Welke definities worden gehanteerd?
- Welke factoren worden meegenomen?
- Hoe verhouden getalswaarden zich tot elkaar?
- Wat is het toepassingsgebied van de indicator? Welk beleidsterrein betreft deze toepassing?
- Door wie wordt de indicator bepaald en toegepast?

- Sluiten de verschillende toepassingen op elkaar aan?
- Worden alle toepassingen wel voldoende afgedekt?

1.2 Zeespiegelstijging: absoluut versus relatief¹

Het begrip zeespiegelstijging behoeft enige toelichting. We maken onderscheid tussen absolute en relatieve zeespiegelstijging. Relatief ten opzichte van wat? Wat is de referentie? Met relatieve zeespiegelstijging wordt bedoeld hoeveel de zeespiegel stijgt ten opzichte van de bodem. Het is de som van hoeveel de zeespiegel stijgt ten opzichte van 'zichzelf' en hoeveel de bodem daalt ten opzichte van 'zichzelf' (zie Figuur 1-1).

De zeespiegel wordt niet ten opzichte van zichzelf gemeten maar ten opzichte van een referentievlak. Rijkswaterstaat meet de zeespiegel langs de Nederlandse kust ten opzichte van het NAP. Op zee, waar het NAP niet meer geldig is, wordt gemeten ten opzichte van European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89). Het NAP kan langs de kust worden beschouwd als een referentie voor de diepere ondergrond, zoals gekoppeld aan de ondergrondse merken. Een aantal processen (bijvoorbeeld klink en erosie) zorgt voor absolute bodemdaling ten opzichte van NAP. Een aantal andere processen zorgen voor een verandering van het NAP, bijvoorbeeld glaciële uplift en zwaartekrachtveranderingen door smelting. De term relatieve zeespiegel wordt vaak gebruikt om te verwijzen naar zeespiegel zoals gemeten met een getijstation. Met absolute zeespiegel wordt vaak verwezen naar metingen gedaan met satellieten².



Figuur 1-1: Absolute versus relatieve zeespiegelstijging en bodemdaling. Bron: Figuur 2.1 Baart et al. (2015).

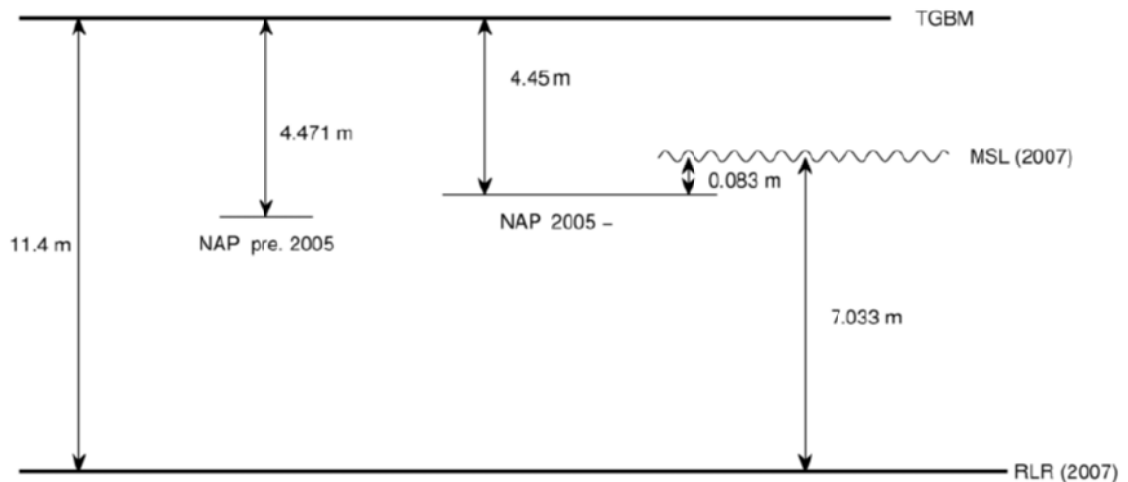
De bodemdaling wordt ten opzichte van hetzelfde referentieniveau bekeken. Omdat relatieve bodemdaling en relatieve zeespiegelstijging hetzelfde zijn, wordt bij het onderscheid tussen of iets als bodemdaling of zeespiegelstijging wordt bestempeld naar het onderliggende proces gekeken. Erosie, klink, verzakkingen door grondwater of gasonttrekkingen zijn processen die onder de noemer bodemdaling passen. Langs de kust worden deze processen gemeten door de topografie en bathymetrie te meten. Bij de bepaling van de sterkte van de kust worden de zeespiegelstand en de kusthoogte weer gecombineerd, zodat de veiligheid gebaseerd is op de volledige relatieve zeespiegelstijging.

Voor het rekenen met zeespiegelstanden wordt gebruik gemaakt van een zogenaamd lokaal gerevisieerd hoogteniveau, in Nederland gebaseerd op het NAP. De details hiervan staan beschreven in Dillingh et al. (2010). De lokaal gerevisieerde hoogtegegevens worden opgeslagen en verspreid via de internationale dataset van getijmetingen (Permanent Service for Mean

¹ Deze paragraaf is in aangepaste vorm overgenomen uit Baart et al. (2015).

² Absolute zeespiegel wordt uitgedrukt ten opzichte van een referentie-ellipsoïde. ETRS89 is net als bijvoorbeeld WGS84 een referentie-ellipsoïde.

Sea Level (PSMSL), zie bijvoorbeeld Figuur 1-2. Over het algemeen wordt momenteel de waterstand ten opzichte van het post-2005 NAP gebruikt. Dit niveau ligt 2.1 cm hoger dan het pre-2005 NAP.



*Figuur 1-2: Gereviseerd lokaal hoogteniveau zoals in gebruik voor het station IJmuiden (bron: PSMSL). Het niveau TGBM (tide gauge benchmark) slaat op het referentiepunt ten opzichte waarvan het getij wordt gemeten. Het niveau RLR (2007) is ongeveer 7000 mm onder het gemiddeld zeeniveau, een arbitrair gekozen referentieniveau waarbij jaar- en maandgemiddelden positief zijn. MSL (2007) is het gemiddeld zeeniveau voor 2007. Het NAP is het nationale hoogtesysteem. De aanpassing van het NAP (0,021 m. omhoog in 2005) is verwerkt door de PSMSL via de methode beschreven door Dillingh et al. (2010).
Bron: Figuur 2.2 Baart et al. (2015).*

De relatieve zeespiegelstijging bevat zowel een bodemdalingscomponent als een absolute zeespiegelstijgingscomponent. Meestal worden deze twee processen door aparte vakgebieden bestudeerd. Kenmerkend voor bodemdaling is dat het lastiger is om de verschillende componenten te onderscheiden. Het is lastiger om onder de grond te meten dan onder water. Verder is de kennis over hoe de bodemdaling nu precies in de relatieve zeespiegelstijging doorwerkt niet breed verspreid. Welke bodemdaling wordt er nu wel meegenomen en welke niet? Deze vragen vallen buiten de scope van dit rapport en worden elders behandeld³. Dit rapport richt zich op eenduidige zeespiegelindicatoren.

Onderstaande tabel vat de definities van de drie begrippen relatieve zeespiegel, relatieve zeespiegelstijging en relatieve bodemdaling nog eens samen.

Begrip	Definitie
Relatieve zeespiegel	Stand van de zeespiegel ten opzichte van de bodem (in m+NAP)
Relatieve zeespiegelstijging	Stijging van de zeespiegel ten opzichte van de bodem. Dit is de som van de (absolute) zeespiegelstijging t.o.v. zichzelf en van de (absolute) bodemdaling t.o.v. zichzelf.
Relatieve bodemdaling	Relatieve zeespiegelstijging

Tabel 1-1: Definities zeespiegel(stijging) en bodemdaling.

³ In paragraaf 3.1 van Baart et al. (2016) zijn acties geformuleerd om tot een betere integratie van bodem- en zeespiegelveranderingen te komen. Deze acties worden in 2016/2017 uitgevoerd in het kennisprogramma Kustgenese 2.0. Het beoogde resultaat van de acties is een beter begrip van verschillende componenten van bodemdaling en de verwerking van de bodem in zeespiegelindicatoren.

1.3 Indicatoren: scope en kenmerken

Bij de uitwerking van indicatoren voor de zeespiegel zijn alleen indicatoren beschouwd die aan de volgende voorwaarden voldoen:

1. De indicator heeft een duidelijke directe relatie met de Nederlandse zeespiegel (dus bijvoorbeeld niet het volume smeltend landijs);
2. De indicator leidt tot een actie;
3. De indicator komt terug in Nederlands beleid.

Met de laatste twee voorwaarden is enigszins soepel omgegaan. Niet alle indicatoren leiden immers direct tot een actie of komen terug in het (huidige) beleid, maar worden wel in onderliggende analyses gebruikt.

Een onderzoeksvraag is of de genoemde koppelingen van indicatoren aan toepassingen genoeg aansluiten. Ook is de vraag hoe de genoemde koppelingen precies tot uiting komen in het beleid. We onderscheiden vier toepassingen: beheer en onderhoud, toetsing op veiligheid, ontwerp en (ruimtelijke) planvorming:

- Beheer en onderhoud: jaarlijks worden zandsuppleties uitgevoerd langs de Nederlandse kust. De suppletiebehoefte is gebaseerd op de huidige trend⁴ in de relatieve zeespiegelstijging;
- Toetsing: de huidige stand van de relatieve zeespiegel wordt gebruikt om het huidige niveau van waterveiligheid te bepalen;
- Ontwerp: de toekomstige stand van de relatieve zeespiegel is van belang bij het ontwerpen van waterkeringen of waterkerende constructies met een levensduur van enkele tientallen jaren;
- Planvorming, in de zin van ruimtelijke ordening / ontwikkelingen: de zeespiegel voor de volgende generaties is van belang voor het vestigingsklimaat. De zeespiegelstijging heeft een directe invloed op het overstromingsrisico en bepaalt dus (indirect) waar 'we' wel of beter niet kunnen gaan wonen. Diverse organisaties (ministeries, provincies, CPB, PBL, Deltacommissaris) gebruiken zeespiegelscenario's in analyses van toekomstplannen.

In een expertsessie (zie kader en Bijlage A) zijn de bovengenoemde indicatoren voor de 4 toepassingen besproken. Uit de discussies met en tussen de experts onderling blijkt dat deze indicatoren inderdaad terugkomen in het beleid. De experts hebben ook gediscussieerd over de verschillen tussen de indicatoren, trends in het beleid en andere indicatoren. De discussies hebben geleid tot een aanscherping en uitbreiding van de in het beleid gehanteerde indicatoren.

Expertsessie zeespiegelindicatoren

In een workshop op 10 november 2016 is een eerste versie van de uitwerking van de 4 indicatoren besproken met experts van RWS op het gebied van de kust en de zeespiegel. De aanwezigen vertegenwoordigden de 4 toepassingen. Doel van de workshop: feedback halen op de eerste uitwerking en het benoemen van ontbrekende zeespiegelindicatoren. De feedback en de ontbrekende indicatoren zijn verwerkt in deze rapportage. Een verslag van de expertsessie staat in Bijlage A van dit rapport.

De toepassing van een indicator is slechts één kenmerk. Andere relevante kenmerken zijn:

- definitie: de wijze waarop het is opgeschreven en de interpretatie;

⁴ Met trend in de (relatieve) zeespiegelstijging bedoelen we in het vervolg de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt (in cm/eeuw bijvoorbeeld).

- type: hoogwater, laagwater, gemiddelde waterstand;
- toepassing: (beleids)terrein waar het op van toepassing is;
- oorsprong: waar het voor het eerst voorkomt in beleidsstukken, uitgangsdokument en kaders;
- context: uitgebreide(re) beschrijving van toepassingsgebied;
- instituut: organisatie die het zeespiegelcijfer bepaalt of laat bepalen;
- programma: naam van het programma waarin het cijfer uiteindelijk wordt gebruikt;
- status: de status van het cijfer, in gebruik, ter discussie of nog niet vastgesteld;
- gebruiker: organisatie die het beleid uitvoert waarop het getal is gebaseerd;
- verantwoording getalswaarde: hoe het getal tot stand is gekomen, referentie naar het document waarin dit is beschreven.

In het vervolg van dit document zijn de indicatoren uitgewerkt aan de hand van deze kenmerken.

1.4 Groslijst indicatoren

Er zijn ook andere indicatoren dan de hierboven bij de verschillende toepassingsgebieden genoemde. Hieronder volgt een groslijst van indicatoren zonder dat daarbij is gecontroleerd of deze wel aan de drie in paragraaf 1.3 genoemde voorwaarden voldoen:

- Huidige stand relatieve zeespiegel: ruimtelijk gemiddelde zeewaterstand (in m+NAP);
- Huidige stand absolute zeespiegel: ruimtelijk gemiddelde zeewaterstand (in m+NAP);
- Huidige relatieve hoogwaterstand (in m+NAP);
- Huidige trend in de relatieve zeespiegelstijging (snelheid in m/jaar);
- Toekomstige relatieve zeespiegel (in m+NAP);
- Stijging van de relatieve zeespiegel tussen jaar x en jaar y (in m);
- Toekomstige trend in de relatieve zeespiegelstijging: trend in stijging van de gemiddelde waterstand, laagwaterstand of hoogwaterstand (snelheid in m/jaar);
- Huidige stand van de absolute zeespiegel (in m+NAP);
- Stijging van de absolute zeespiegel tussen jaar x en jaar y (in m);
- Relatieve / absolute zeespiegelstijging waarin rekening wordt gehouden met een versnelling;
- Huidig / toekomstig niveau van de bodem (in m+NAP);
- Huidige / toekomstige trend in de bodemdaling (snelheid in m/jaar);
- Percentage oppervlakte Nederland onder zeeniveau, waarbij behoefte is aan een definitie van zeeniveau;
- Percentage oppervlakte Nederland dat overstroomt zonder dijken.

Enkele van deze indicatoren komen terug in de 4 genoemde toepassingen, die in hoofdstuk 2.1 t/m 2.4 zijn uitgewerkt. Ook binnen de beleidsterreinen delfstoffenwinning en de lange termijn waterhuishouding bestaan toepassingen van zeespiegelindicatoren. Deze worden respectievelijk behandeld bij de toepassingen B&O kust en ontwerp.

2 Uitwerking indicatoren

2.1 Beheer en onderhoud

2.1.1 Trend in de actuele zeespiegelstijging

De overheid heeft zich als taak gesteld om de kustlijn en het kustfundament dynamisch te handhaven. Dit handhaven gebeurt in de vorm van zandsuppleties. Het beleidsuitgangspunt is dat geen structurele erosie van de kustlijn plaatsvindt en dat het kustfundament meegroeit met de zeespiegel. Beide doelen zijn sinds de 3^e Kustnota (RWS, 2000) herhaald in diverse stukken (Nota Ruimte, 2004; Integraal Beheerplan Noordzee, 2007; Nationaal Waterplan 2009-2015 en 2016-2021; Nationaal Kader Kust, 2011; Nationale Visie Kust, 2013; Beslissing Zand, 2014; Suppletieprogramma Kustlijnzorg; 2015). Het benodigde zandvolume om mee te groeien wordt voor een belangrijk deel bepaald als het product van 'het oppervlak van het kustfundament' en 'de actuele zeespiegelstijging'. De trend in de actuele zeespiegelstijging is dus de indicator die voor het beheer en onderhoud van de kust wordt gebruikt.

Sinds 2001 wordt jaarlijks gemiddeld 12 miljoen m³ zand gesuppleerd langs de Nederlandse kust. Dit is de richtwaarde uit de 3^e Kustnota die in de uitvoering van het beleid in het programma Kustlijnzorg is overgenomen. DG Water en Ruimte neemt op basis van de inzichten uit het programma Kustgenese 2.0 in 2020 een beslissing over het benodigde suppletievolume voor de jaren daarna.

Kustfundament, zeespiegelstijging en suppletievolume zijn direct gekoppeld aan elkaar. De basis voor het huidige suppletievolume is een rapport uit het jaar 2000. In Mulder (2000) wordt gesteld dat de totale suppletiebehoefte bij gelijkblijvende trend in de zeespiegelstijging van 20 cm/eeuw wordt geschat op gemiddeld 12 miljoen m³ per jaar (met een maximum van 16 miljoen m³ per jaar). In het geschatte volume is niet alleen rekening gehouden met zandverlies van het kustfundament, maar ook dat van de Waddenzee en de Westerschelde. Basisuitgangspunt bij de bepaling van het suppletievolume is de aanname dat de sedimentvraag van de kust op lange termijn bepaald wordt door het oppervlak van het zanddelende kuststelsel (zie kader).

Basiskustlijn	Met het handhaven van de basiskustlijn (BKL) wordt de structurele achteruitgang van de Nederlandse kust tegengegaan en blijven de functies in het zandige kuststelsel behouden. In 1990 is in de eerste Kustnota gekozen voor het dynamisch handhaven en is de BKL voor het eerst vastgelegd. In 2012 is deze voor het laatst herzien. De BKL is een benadering van de laagwaterlijn en is gebaseerd op een rekenschijf (zie Basiskustlijn 2012).
Kustfundament	Het kustfundament omvat het gehele gebied, nat én droog, dat als geheel van belang is als drager van functies in het kustgebied (Nota Ruimte, 2004). Het kustfundament wordt als volgt begrensd: <ul style="list-style-type: none"> - de zeezijde grens bestaat uit de doorgaande NAP-20 m lijn; - aan de landzijde omvat het kustfundament alle duingebieden én alle daarop gelegen harde zeeeringen. De Waddenzee en de Westerschelde maken geen onderdeel uit van het kustfundament. Deze groeien zelfstandig mee, maar het zand wordt wel onttrokken aan het kustfundament.
Kuststelsel	De combinatie van het kustfundament, de Waddenzee en de Westerschelde wordt het zanddelende kuststelsel genoemd (Nederbragt, 2005).

De 20 cm/eeuw, het “minimale scenario” in de 3^e Kustnota, is een afgeronde versie van wat toen de huidige trend in de relatieve zeespiegel was (de Ruig, 1995). De huidige zeespiegel werd tot en met 1990 bepaald in de vorm van slotgemiddelden (zie bijv. Kroos, 1982). De gehanteerde methode sluit aan bij de huidige methode van bepaling van de actuele trend in de relatieve zeespiegelstijging, in de zin dat rekening wordt gehouden met nodaal getij (Baart et al., 2015). De bepaling van slotgemiddelden heeft tussen 1990 en 2013 niet plaatsgevonden. De achterstand is ingehaald (Dillingh, 2013), maar de methode is nog niet gelijkgesteld met de methode van bepaling van de huidige zeespiegel voor de suppletiebehoefte.

We merken nog op dat Nederbragt (2005) – een actualisatie van Mulder (2000) – een conceptueel model presenteert dat de suppletiebehoefte eenduidig als functie van de zeespiegelstijging definieert. Hij beschouwt diverse zeespiegelstijgingsscenario's om zandverliezen in te schatten (20, 60 en 85 cm/eeuw). Voor het inschatten van het zandverlies door zeespiegelstijging is uitgegaan van de daadwerkelijk opgetreden zeespiegelstijging tussen 1973 en 1997 (onder verwijzing naar Dillingh, 2002). Enerzijds wordt dus met een scenario-analyse gewerkt, anderzijds met een schatting van de zeespiegelstijging. De analyse van Nederbragt (2005) heeft niet tot een aanpassing van het beleid geleid.

Enerzijds is de trend in de actuele zeespiegelstijging de indicator die wordt gebruikt voor de bepaling van het suppletievolume. Anderzijds is ook met (toekomst)scenario's gerekend. Op toekomstscenario's komen we bij andere toepassingen nog terug. Wat betreft de trend in de actuele zeespiegelstijging merken we nogmaals op dat in de afgelopen jaren een (eenduidige) standaard rekenmethode is ontwikkeld om deze te schatten (zie Dillingh et al., 2010; De Ronde et al., 2013 en Baart et al., 2015). Deze methode gebruikt als gegevens de (jaargemiddelde) relatieve zeespiegelstanden teruggerekend naar NAP post 2005, gemiddeld over de 6 hoofdstations langs de kust. Op deze gegevens wordt een lineair regressiemodel toegepast met enkele verklarende variabelen (zie paragraaf 4.8 van Baart et al., 2015).

Kenmerken zeespiegelindicator voor Beheer en Onderhoud kust	
Naam	Trend in de actuele zeespiegelstijging in cm per eeuw
Definitie	De trend in de ruimtelijk gemiddelde relatieve zeespiegelstijging in cm / eeuw
Type	Gemiddelde waterstand (ruimtelijk gemiddeld over kuststations)
Toepassing	Beheer en onderhoud Kust
Oorsprong	3 ^e Kustnota (2000)
Context	Het beleid ten aanzien van de waterveiligheid van de kust (3 ^e Kustnota, 2000; Nota Ruimte, 2004; Integraal Beheerplan Noordzee, 2007; Nationaal Waterplan, 2008; Nationaal Kader Kust, 2011; Nationale Visie Kust, 2013; Beslissing Zand DP2015, 2014; Suppletieprogramma Kustlijnzorg; 2015)
Instituut	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Programma	Kustgenese 2.0.
Status	In gebruik: in 2021 opnieuw vaststelling suppletievolume
Wie gebruikt het?	Rijkswaterstaat (beheer en onderhoud, programma Kustlijnzorg)
Verantwoording getalswaarde	Mulder (2000)

In het kennisprogramma Kustgenese 2.0 wordt de integratie van bodemdaling en zeespiegelstijging verder onderzocht. Voor de bepaling van de suppletiebehoefte is inzicht nodig in de accommodatieruimte die wordt gecreëerd door relatieve zeespiegelstijging (absolute zeespiegelstijging incl. bodemdaling). Ook zullen hierin de aannames en uitgangspunten van

eerder uitgevoerde studies opnieuw tegen het licht worden gehouden, wat mogelijk zal leiden tot een nieuwe onderbouwing van het suppletievolume.

2.1.2 Vergunningsverlening delfstoffenwinning

Het Ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft in 2015 TNO verzocht advies uit te brengen over het voor de delfstoffenwinning onder de Waddenzee met ingang van 2016 te hanteren beleidsscenario voor de zeespiegelstijging. Het gaat hier om gaswinningen die worden toegestaan voor een duur van enkele tientallen jaren, waarbij tussentijds ingrijpen mogelijk is, als dit nodig zou blijken te zijn. De ruimte voor winning wordt mede bepaald door de snelheid van de zeespiegelstijging. Het betreffende beleidsscenario wordt elke 5 jaar geactualiseerd op basis van recente inzichten. TNO (2016) adviseert om rekening te houden met zowel een trend als een versnelling in de relatieve zeespiegelstijging (zie onderstaande kader).

Advies aangaande relatieve zeespiegelstijging (TNO, 2016)

Beleidsscenario, actualisering per 1.1.2016

De snelheid van relatieve zeespiegelstijging (Z):

tot 2021: $Z(J) = Z(2007) + (J - 2007) * A_1$

met $Z(2007) = 2,181$ mm/jaar
en $A_1 = 0,0076$ mm/(jaar)²

m.i.v. 2021 $Z(J) = Z(2021) + (J - 2021) * A_2$

met $A_2 = 0,058$ mm/(jaar)²

De waarden voor Z(J) gelden aan het begin van het kalenderjaar J.

De coëfficiënten A₁ en A₂ representeren acceleratie in de zeespiegelstijging.

Het scenario-gedeelte 'm.i.v. 2021' worden tot 1.1.2021 beschouwd als een richtscenario. Per die datum zal op grond van de dan bestaande informatie en inzichten over het gedrag van de zeespiegel het scenario voor (tenminste) de dan komende 5 jaar worden vastgesteld, alsmede een nieuw richtscenario voor de periode daarna, etc.

Het TNO-advies is gebaseerd op het derde IPCC-rapport en daaropvolgende updates in 2011 en 2016. De resultaten uit de Zeespiegelmonitor 2014 (Baart et al., 2015) zijn ook meegenomen in de totstandkoming van het advies.

EZ hanteert bij haar besluitvorming een gebruiksruimte (meegroeivermogen minus het deel hiervan dat dient ter compensatie van de stijgende zeespiegel) van 5 mm per jaar. Het oorspronkelijk in het kader van de PKB (derde nota Waddenzee) geaccepteerde meegroeivermogen voor grote kombergingen zoals Vlie en Marsdiep bedroeg 3 mm/jaar. In onderstaand kader zijn de begrippen gebruiksruimte en meegroeivermogen nader toegelicht.

Meegroeivermogen en gebruiksruimte Waddenzee

In de Waddenzee vindt van nature sedimentatie plaats. Dit betekent dat er zand en slib wordt afgezet op de zeebodem. Als gevolg hiervan kan een zekere mate van zeespiegelstijging door de Waddenzee bijgehouden worden. Dit wordt het meegroeivermogen (ook wel kritische zeespiegelstijging) van de Waddenzee genoemd. Het meegroeivermogen van de Waddenzee is gedefinieerd als:

“Het natuurlijke vermogen van een kombergingsgebied, uitgedrukt in mm/jaar over het hele gebied, om de relatieve zeespiegelstijging op lange termijn bij te houden, terwijl het geomorfologisch evenwicht en de sedimentbalans in stand blijven.”

De sedimentatie die in de Waddenzee plaatsvindt, kan ook de effecten van andere ontwikkelingen wegwerken, zoals de daling van de bodem door het winnen van delfstoffen. De Waddenzee heeft dus een zelfherstellend vermogen. Het zelfherstellend vermogen van de Waddenzee is afhankelijk van de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt. Naarmate de zeespiegel sneller stijgt, is er voor de aanpassingen daaraan meer sediment nodig en resteert er steeds minder sediment om de effecten van andere ingrepen teniet te doen. De afhankelijkheid van het zelfherstellend vermogen van de Waddenzee van de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt, wordt uitgedrukt in de gebruiksruimte.

De gebruiksruimte van de Waddenzee is gedefinieerd als:

“Het verschil tussen het meegroeivermogen van een kombergingsgebied en de relatieve zeespiegelstijging. Dit verschil is de ruimte die te gebruiken is (na middeling over 6 jaar) voor menselijke activiteiten zoals bodemdaling door zoutwinning, die zandhonger genereren.”

Indien de bodemdaling binnen de gebruiksruimte blijft, dan kan de sedimentatie in de Waddenzee de bodemdaling bijhouden. In eerdere studies wordt er van uitgegaan dat de natuurlijke sedimenttransportprocessen in het Vlie een zeespiegelstijging van 3 tot 5 mm/jaar kunnen bijhouden en ca. 2 tot 3 mm/jaar voor het Marsdiep. Uit geologische studies blijkt dat in eerdere fasen van het Holoceen bij zeespiegelsnelheden van 3 tot 4 mm/jaar de achterliggende getijbekkens verdrinken. Een realistisch interval voor de kritische zeespiegelstijging is 3 tot 5 mm/jaar.

2.1.3 Samenvatting en discussie

Het beleidsuitgangspunt is dat het kustfundament meegroeit met de zeespiegel. Hiertoe wordt jaarlijks zand gesuppleerd. De suppletiebehoefte is een functie van de (trend in de) actuele zeespiegelstijging. De benodigde hoeveelheid zand is bepaald op 12 miljoen m³ per jaar bij een trend in de zeespiegelstijging van 20 cm / eeuw.

De berekening van de zeespiegelindicator ‘trend in de actuele zeespiegelstijging’ is in het verleden goed gedocumenteerd. Op deze indicator is het suppletiebeleid geënt. In de nabije toekomst (2020) zal een nieuwe beslissing worden genomen over het benodigde suppletievolume. Bij het bepalen van deze indicator is het van belang om een standaard rekenmethode vast te leggen (en ook periodiek toe te passen). De methode moet eenduidig zijn in de te gebruiken gegevens en statistische technieken waarmee de huidige trend in de ruimtelijk gemiddelde relatieve zeespiegelstijging wordt bepaald (zie paragraaf 4.8 in Baart et al., 2015). Het is hierbij nog wel de vraag of regionale trends in de relatieve zeespiegelstijging bruikbaar zijn. Deltares en HKV voeren in 2017 onderzoek uit naar regionale verschillen in de zeespiegel (zie Baart et al., 2016).

In de expertsessie is ook genoemd dat het goed zou zijn om inzicht te verkrijgen in de accommodatieruimte die wordt gecreëerd door absolute zeespiegelstijging en bodemdaling separaat in beeld worden gebracht. Dit is een activiteit die in Kustgenese 2.0 wordt opgepakt.

Voor de vergunningsverlening delfstoffenwinning is de actuele zeespiegelstijging ook als indicator in gebruik. TNO (2016) adviseert om rekening te houden met zowel een trend als een versnelling in de relatieve zeespiegelstijging.

2.2 Toetsing

2.2.1 Getijhoogwaterstijging

Vanaf 1 januari 2017 is de nieuwe normering van kracht op alle primaire waterkeringen in Nederland. De normering is gebaseerd op het overstromingsrisico en de norm van de waterkeringen is uitgedrukt als een overstromingskans. In het kader van het Wettelijke BeoordelingsInstrumentarium 2017 (WBI2017) is een nieuw instrumentarium ontwikkeld om de Hydraulische Randvoorwaarden, o.a. maatgevende hoogwaters, af te leiden. Het nieuwe instrumentarium stelt ook software beschikbaar om te beoordelen of de waterkeringen aan de nieuwe normen voldoen. Het nieuwe instrumentarium is de (beoogd) vervanger van het huidige Wettelijke ToetsInstrumentarium (WTI2006, inclusief de HR2006). Beide instrumentaria houden rekening met de zeespiegelstijging. Hieronder volgt een toelichting op de in HR2006 en WBI2017 gebruikte indicator voor de zeespiegelstijging. In het onderstaande kader staat een meer technische toelichting.

In de HR2006 is gekozen voor regionaal variërende hoogwaterstanden gebaseerd op de lineaire trend uit de hoogwaters over een bepaalde periode (1985-2011) en de stand van 1985. Hierbij is wel een beperkte periode vooruitgekeken. Gezien deze keuze is het mogelijk om de actuele (hoog)waterstand als indicator te beschouwen, maar deze is dus wel gebaseerd op een trend in de hoogwaters.

In het WBI2017 zijn de toeslagen voor getijhoogwaterstijging (in de referentie omschreven als "zeespiegelrijzing en lokale effecten") bepaald voor de periode 1985-2023 op basis van een statistische analyse van tijdreeksen van hoogwaterstanden tot en met 2012 voor 23 stations. Aanname hierbij is dat de gemiddelde trend (in de stijging) tussen 1985 en 2012 zich voortzet tot 2023. De gemiddelde toeslagen langs de Nederlandse kust, Westerschelde en Waddenzee zijn voor de periode 1985-2023 gelijk aan de toeslagen voor de periode 1985-2017 (met uitzondering van Hoek van Holland en Petten Zuid).

Technische toelichting indicatoren Toetsing

De wettelijke instrumentaria maken gebruik van statistiek van hoogwaterstanden. Deze statistiek geldt voor een bepaald referentiejaar. De zeespiegelstijging tussen het referentiejaar en het einde van de toetsperiode is in de vorm van een toeslag op de hoogwaterstand meegenomen (dus niet op de gemiddelde waterstand!). In de HR2006, het vigerende randvoorwaardenboek (RWS, 2007), staat dat een toeslag is opgenomen voor de getijhoogwaterstijging van 0,6 tot 1,4 decimeter in 2011 ten opzichte van 1985. Dit behoeft wat verduidelijking.

- Getijhoogwaterstijging: het gaat om de stijging van de gemiddelde hoogwaterstand (inclusief NAP daling) op diverse locaties;
- Het jaartal 2011 is het eind van de toetsperiode (derde toetsronde);
- Het jaartal 1985 is het jaar waarvoor de zogeheten basispeilen zijn bepaald. Basispeilen zijn maatgevende hoogwaterstanden langs de kust met een overschrijdingsfrequentie van $1/10.000^{\circ}$ per jaar. Deze basispeilen zijn in 1993 vastgesteld voor negen peilmeetstations (Dillingh, 1993). Zowel statistische als fysische analyses zijn uitgevoerd. De basispeilen en bijbehorende overschrijdingsfrequentielijnen zijn uiteindelijk ruimtelijk opgeschaald voor locaties langs de gehele Nederlandse kust;
- De toeslagen zijn bepaald "uit gemeten hoogwaterstanden".

In het WBI2017 is onderzocht of de basispeilen herzien moesten worden (zie Chbab, 2015). Na een analyse op verlengde reeksen van hoogwaterpieken van 5 hoofdstations zijn de vigerende basispeilen gehandhaafd. Toeslagen voor getijhoogwaterstijging (in de referentie omschreven als "zeespiegelrijzing en lokale effecten") zijn bepaald voor de periode 1985-2023 op basis van een statistische analyse van tijdreeksen van hoogwaterstanden tot en met 2012 voor 23 stations. Aanname is dat de gemiddelde trend (in de stijging) tussen 1985 en 2012 zich voortzet tot 2023. De gemiddelde toeslagen langs de Nederlandse kust, Westerschelde en Waddenzee zijn voor de periode 1985-2023 gelijk aan de toeslagen voor de periode 1985-2017 (met uitzondering van Hoek van Holland en Petten Zuid).

De basispeilen zijn weliswaar niet herzien, maar in de loop der tijd blijkt de statistiek (kansverdeling, overschrijdingsfrequentie) van hoogwaterstanden in het wettelijke instrumentarium toch te zijn geactualiseerd. In de programmatuur voor de bepaling van de HR is de getijhoogwaterstijging via de statistiek ingevoerd. Dat is, de hoogwaterstand is geactualiseerd tot de getijhoogwaterstand in het laatste jaar van de toetsperiode. Dit is voor de HR2006 op correcte wijze geïmplementeerd. Binnen WBI2017 is de geactualiseerde toeslag voor getijhoogwaterstijging als separate toeslag opgenomen in de programmatuur. Daarnaast is de statistiek uit de eerdere programmatuur overgenomen. Dit betekent dat de "zeespiegelrijzing" (tussen 1985 en 2011) dubbel wordt meegeteld: zowel via de toeslag t.b.v. WBI2017 (1985-2023) als via een update van de statistiek t.b.v. de HR2006 (1985-2011).

Deze onjuistheid is gecorrigeerd in de betreffende programmatuur. Het voorbeeld laat zien dat de interpretatie van zeespiegelindicatoren niet eenvoudig en/of eenduidig is. Zelfs als de verantwoording prima op orde is.

2.2.2 Samenvatting en discussie

Voor de wettelijke beoordeling van primaire waterkeringen wordt een regionaal variërende toeslag op de getijhoogwaterstand gebruikt. Deze is gebaseerd op de lineaire trend in de

hoogwaters over een bepaalde periode, geëxtrapoleerd naar het einde van de toetsperiode, en de hoogwaterstand in het referentiejaar (1985).

De bepaling van de toeslag is goed gedocumenteerd. De indicator is ook wel eenduidig, al is het logischer / begrijpelijker om de maatgevende hoogwaterstanden langs de kust ('basispeilen') en de hoogwaterstandstatistiek te actualiseren voor het huidige jaar en een toeslag voor getijhoogwaterstijging te bepalen voor het eind van de beoordelingsperiode. Dit vraagt vermoedelijk een zeer grote inspanning.

Belangrijker is dat het niet is aangetoond dat de lineaire trend in de hoogwaters een goede voorspeller is voor de huidige hoogwaterstijging. Dit leidt in Baart et al. (2015) tot de aanbeveling om te overwegen de huidige zeespiegel en de huidige getijconstituenten apart te beschouwen en het huidige hoogwater *niet* te baseren op recente trends in hoogwaters.

Een aandachtspunt is tot slot de aansluiting van de voor de toetsing gebruikte zeespiegelindicator op die voor het ontwerp. Uiteindelijk worden de primaire waterkeringen ontworpen en beoordeeld op veiligheid volgens dezelfde normering. Afgezien van het verschil in type waterstand (gemiddelde waterstand vs. hoogwaterstand), blijkt ook dat in het ontwerp met absolute zeespiegelstijging wordt gewerkt (zie paragraaf 2.3).

Kenmerken zeespiegelindicator voor wettelijke toetsing / beoordeling veiligheid waterkeringen	
Naam	Toeslag getijhoogwaterstijging
Definitie	Regionaal variërende toeslag getijhoogwaterstijging in 2011 ten opzichte van 1985 (in m) N.B. Dit betreft relatieve zeespiegelstijging (relatief t.o.v. de bodem)
Type	Hoogwaterstand
Toepassing	Wettelijke toetsing (beoordeling) veiligheid primaire waterkeringen
Oorsprong	Hydraulische Randvoorwaarden (HR2006)
Context	Voor de toetsing op / beoordeling van de veiligheid van primaire waterkeringen is een wettelijk instrumentarium opgesteld. Bij het bepalen van (HR), dat zijn maatgevende hoogwaterstanden en hydraulische belastingen op de waterkering, is rekening gehouden met zeespiegelstijging ten opzichte van een bepaald jaar waarvoor de (statistiek van de) hoogwaterstanden (basispeilen) is afgeleid.
Instituut	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Programma	WTI (HR2006) en WBI2017 (Hoogwaterbeschermingsprogramma)
Status	Gebruikt, herzien voor nieuwe beoordelingsinstrumentarium (WBI2017)
Wie gebruikt het?	Rijkswaterstaat, Waterschappen
Verantwoording getalswaarde	Derde toetsronde: achtergrondrapportages HR2006, documenten Douwe Dillingh (teruggaand tot vaststelling basispeilen in 1985) WBI2017: Chbab (2015)

2.3 Ontwerp

Binnen de Nederlandse waterbouw worden ontwerpen gemaakt met een geplande levensduur van 50 tot 100 jaar. Op deze termijn zal de zeespiegel naar verwachting significant stijgen en dus wordt hier bij het ontwerp rekening mee gehouden. Een zichtperiode van 50 jaar of nog langer is te lang om statistische modellen te gebruiken voor prognoses van de zeespiegelstand (denk aan extrapolatie van de huidige trend). Deze prognoses zijn over het algemeen gebaseerd op de uitkomsten van fysische modellen voor verschillende klimaatscenario's. De

invoer voor zulke klimaatscenario's is bijvoorbeeld de CO₂-emissie, waaruit vervolgens de temperatuurstijging en de hoeveelheid smeltend landijs berekend worden. De absolute zeespiegelstijging is een uitvoerparameter.

Specifiek voor Nederland hebben verschillende partijen in de afgelopen decennia klimaatscenario's afgeleid. Onderstaand kader geeft uitleg over de voor zeespiegelstijging relevante klimaatscenario's.

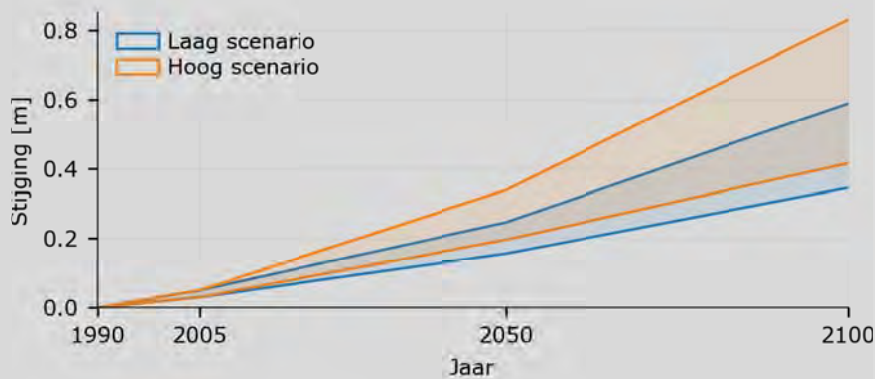
Klimaatscenario's

Binnen de toepassingen ontwerp en ruimtelijke planvorming worden verschillende klimaatscenario's gebruikt. Hieronder volgt een samenvatting van de klimaatscenario's die voor deze studie van toepassing zijn.

KNMI '06-scenario's

In 2006 heeft het KNMI een set klimaatscenario's gepresenteerd, die een update vormen van eerdere klimaatscenario's uit 2001. De reden voor de vernieuwing was een wens vanuit stakeholders en voortschrijdend wetenschappelijk inzicht op het gebied van klimaatveranderingen (KNMI, 2006).

Op het gebied van zeespiegelstijging wordt een voorspelling gedaan op basis van verschillende modellen, die fysische factoren meenemen die bijdragen aan de zeespiegelstijging (smeltend land- of zee-ijs, thermische expansie). Het resultaat is een bandbreedte van de absolute zeespiegelstijging voor 2050 en 2100, in een hoog en een laag scenario. Figuur 2-1 geeft de zeespiegelstijging volgens beide scenario's weer. De klimaatvoorspellingen zijn gedaan vanuit het jaar 2005, waarbij de gemeten zeespiegelstijging tussen 1990 en 2005 is opgeteld.



Figuur 2-1: KNMI '06-scenario's. De aangegeven banden geven het bereik tussen het 10^{de} en 90^{ste} percentiel aan.

De KNMI '06-scenario's worden ook wel vernoemd naar W, W+, G en G+, waarin de W staat voor warm, de G voor gematigd en de '+' voor verandering van de atmosferische circulatie. De in Figuur 2-1 weergegeven percentielen zijn uiteindelijk op 5 cm afgerond, wat de onderstaande zeespiegelstijgingen per zichtjaar geeft:

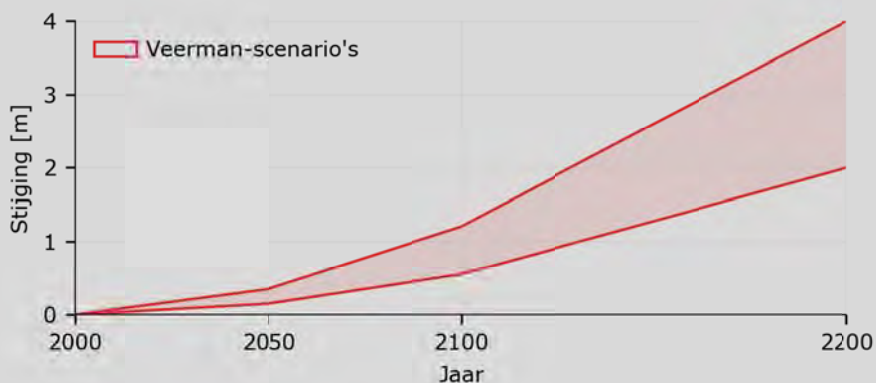
Scenario	2050 (t.o.v. 1990)	2100 (t.o.v. 1990)
G, G+	15 – 25 cm	35 – 60 cm
W, W+	20 – 35 cm	40 – 85 cm

Tabel 2-1: Absolute zeespiegelstijging in de KNMI '06 scenario's.

Veerman-scenario's

In 2008 heeft de Deltacommissie een klimaatscenario gepresenteerd op basis van het meest conservatieve temperatuurscenario voor de komende eeuwen. De gedachte hierachter is dat een klimaatbestendige strategie voor waterveiligheid en waterbeheer gebaseerd moet zijn op de mogelijkheid dat stabilisatie van het klimaat bij hoge temperaturen niet optreedt. Dit scenario gebruikt dus de meest ongunstige voorspelling van het KNMI en IPCC, waarin fossiele brandstoffen de motor van de globale economie blijven. Figuur 2-2 geeft de absolute

zeespiegelstijging binnen de Veerman-scenario's weer. Opvallend is dat de voorspelling voor 2050 gelijk is aan die van het KNMI'06. Dit is te verklaren door het feit dat de ontwikkeling van de wereldeconomie tot 2050 een stuk voorspelbaarder is dan daarna. Tot 2050 zal het feit of men al dan niet overstapt op duurzame energiebronnen een stuk minder effect hebben dan voor de periode na 2050.



Figuur 2-2: Veerman-scenario's.

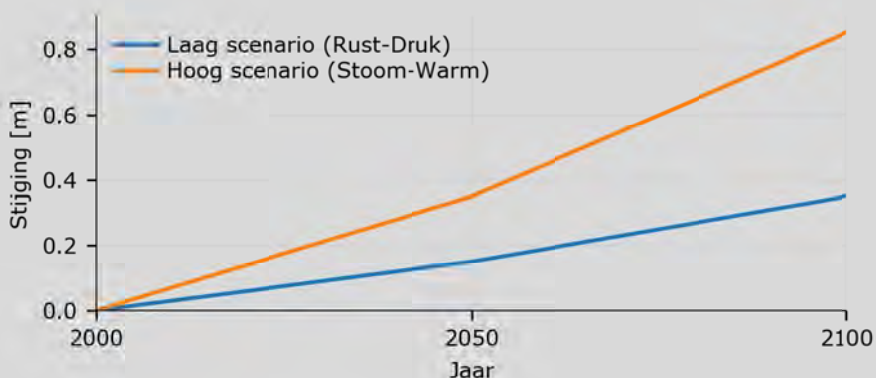
De waarden van de absolute zeespiegelstijging zijn weergegeven in onderstaande tabel:

Scenario	2050 (t.o.v. 2000)	2100 (t.o.v. 2000)	2200 (t.o.v. 2000)
Veerman	15 – 35 cm	55 – 120 cm	2 – 4 m

Tabel 2-2: Absolute zeespiegelstijging in de Veerman-scenario's.

Deltascenario's

In kader van het Deltaprogramma zijn scenario's uitgewerkt voor de ontwikkeling van de maatschappij tot 2100. Deze zogenaamde Deltascenario's komen voort uit de KNMI'06 klimaatscenario's die in 2012 en 2013 nader zijn uitgewerkt (Deltaprogramma: Bruggeman et al., 2013). Er zijn 4 scenario's uitgewerkt, waarin onder andere de absolute stijging van de zeespiegel is bepaald. De 4 scenario's komen voort uit 2 bevolkingsgroeivoorspellingen en 2 temperatuurvoorspellingen. Voor de zeespiegel is alleen de tweede van belang, waardoor er twee scenario's van zeespiegelstijging overblijven met 'getallen' voor de jaren 2050 en 2100:



Figuur 2-3: Zeespiegelstijging binnen de Deltascenario's.

De Deltascenario's komen dus grofweg overeen met de ondergrens (2050: 15 cm, 2100: 35 cm) en bovengrens (2050: 35 cm, 2100: 85 cm) van de KNMI'06 scenario's. Het referentiejaar is echter wel veranderd van 1990 naar 2000, zonder dat de reeds opgetreden

zeespiegelstijging daarin verwerkt lijkt te zijn. Gezien de grofheid van de scenario's (afgerond op 5 cm) geeft dit geen grote fout.

De twee Deltascenario's worden ook wel aangegeven met W+ (het hoge scenario) en G (het lage scenario). Deze coderingen zijn afkomstig uit de KNMI'06 scenario's.

KNMI '14-scenario's

Het KNMI heeft in 2014 opnieuw klimaatscenario's bepaald voor zichtjaren 2050 en 2085. De klimaatscenario's zelf zijn afgeleid uit het IPCC rapport (2013), waarin de wetenschappelijke inzichten met betrekking tot klimaatonderzoek zijn samengevat. Het KNMI communiceert over de klimaatscenario's in termen van temperatuurscenario's. Het rekent net als het IPCC met CO₂-emissiescenario's.

Uit het IPCC-rapport zijn door het KNMI 4 scenario's afgeleid: W_L, W_H, G_L en G_H. Hierin staat de eerste letter voor de temperatuur, warm of gematigd, en de tweede letter voor de luchtstroming, hoog en laag. Allen hebben een voorspelde temperatuurstijging waarbij een zeewaterstand is afgeleid. Het IPCC rekent met iets andere scenario's dan het KNMI waardoor er een vertaling is gemaakt van de IPCC naar de KNMI scenario's. De gematigde (G) scenario's komen voort uit de RCP 4.5 en RCP 6.0 scenario's van het IPCC, en de warme (W) scenario's zijn afgeleid van het RCP 8.5 scenario (RCP: Representative Concentration Pathways). Tabel 2-3 geeft de absolute zeespiegelstijging binnen de verschillende scenario's weer.

Scenario	2050 (t.o.v. klimaat 1981-2010)	2085 (t.o.v. klimaat 1981-2010)
G _L , G _H	15 – 30 cm	25 – 60 cm
W _L , W _H	20 – 40 cm	45 – 80 cm

Tabel 2-3: Absolute zeespiegelstijging in de KNMI'14 scenario's.

De auteurs zijn niet bekend met toepassingen van de KNMI'14-scenario's in ontwerp. Het KNMI doet wel suggesties voor het gebruik van deze scenario's in onderzoek naar adaptatie aan klimaatverandering (zie paragraaf 2.4).

2.3.1 Absolute zeespiegelstijging

Harde keringen - OI2014

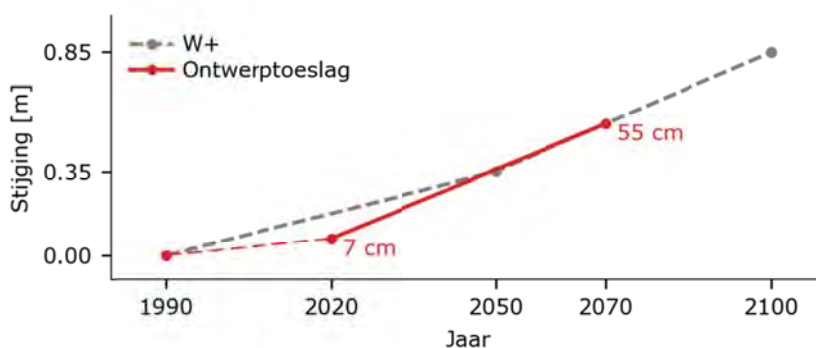
Binnen het ontwerp van harde waterkeringen wordt sinds enige tijd met een ontwerptoeslag van 48 cm gerekend om de zeespiegelstijging binnen de ontwerpduur (vaak 50 jaar) mee te nemen. Deze toeslag is afgeleid uit het OI2014 (Deltares, 2014) door lineair te interpoleren tussen de voorspelde waarden uit het W+ scenario van het KNMI (Deltascenario Stoom-Warm). De herkomst van deze maat voor de zeespiegelstijging is niet algemeen bekend, waardoor het niet bij alle ontwerpers dezelfde status heeft. Rijnen (2016) beschrijft in zijn afstudeerwerk de totstandkoming van de 48 cm, zonder hierbij het OI2014 te noemen. Vrij vertaald:

“De momenteel gebruikte toeslag is gebaseerd op het 90^{ste} percentiel van de SLR (Simple Linear Regression) van het W-scenario, zoals gepresenteerd door het KNMI. Dit scenario voorspelt een zeespiegelstijging van 35 cm in het jaar 2050 ten opzichte van de zeewaterstand in 1990. Echter, vanwege de wens om een levensduur van 50 jaar te bereiken, wordt de toeslag verhoogd met 1 cm per jaar voor de jaren na 2050. Rekening houden met de 7 cm stijging ten opzichte van 1990 resulteert dit in een toeslag van 48 cm voor een ontwerp met zichtjaar 2070.”

Uit bovenstaande is een aantal zaken af te leiden:

- Er wordt gewerkt met het W-scenario van het KNMI (2006): 35 cm (absolute) zeespiegelstijging tot 2050. Dit wordt ook wel het W+ scenario genoemd. De keuze voor dit scenario komt voort uit het OI2014.
- Onzekerheid in de klimaattoeslag is niet expliciet meegenomen in het OI2014. Aan de scenario's is geen kans toegekend.
- Het gebruikte referentiejaar is 1990, consistent met de KNMI'06 scenario's.
- Er wordt met het W+ KNMI'06 scenario gerekend bij het ontwerp, nog niet met de KNMI'14-scenario's.
- De 48 cm is de toeslag die in 2020 gebruikt zal moeten worden bij een ontwerpduur van 50 jaar. In andere jaren zou de toeslag een andere waarde hebben, omdat de stijging tot 2050 langzamer gaat dan erna.

Figuur 2-4 laat de totstandkoming van de 48 cm tussen 2020 en 2070 zien.



Figuur 2-4: Totstandkoming van de 48 cm klimaattoeslag zoals dit gebruikt wordt bij het ontwerp van harde keringen.

De gebruikte indicator is in lijn met het OI2014 en de KNMI'06-scenario's. Een aantal punten is echter niet helemaal duidelijk:

- Het OI2014 verwijst voor de klimaatscenario's naar de Deltascenario's, die op hun beurt afgeleid zijn van de KNMI'06-scenario's. In de laatste wordt duidelijk 1990 als referentiejaar gebruikt, terwijl de Deltascenario's spreken over 2000. Dit geeft een dubbelzinnigheid in het referentiejaar, die nodig is om de reeds opgetreden zeespiegelstijging te compenseren.
- De 7 cm zeespiegelstijging tussen 1990 en 2020 komt grofweg overeen met de huidige trend. Het OI2014 volgend (lineaire interpolatie) zou men echter uitkomen op $(35 \text{ cm} / 60 \text{ jaar}) \times 30 \text{ jaar} = 17.5 \text{ cm}$ stijging. De keuze om de opgetreden stijging te gebruiken is goed te onderbouwen, maar hierdoor ontstaat er wel een mix van metingen en scenario's die niet consistent zijn met elkaar.

In 2018 vindt een actualisatie van OI2014 plaats en zullen mogelijk KNMI'2014-scenario's worden gebruikt.

Zachte keringen

Voor het toepassen van zeespiegelstijging bij het ontwerp van zachte zeeweringen kan gebruikt worden gemaakt van de gebruikte gegevens bij het project Zwakke Schakels Noord-Holland. Voor de kustversterkingen bij de Hondsbossche en Pettemer zeewering is gerekend met een zeespiegelstijging van 30 cm in de komende 50 jaar. Deze waarde is afkomstig uit de Leidraad Zandige Kust uit 2002 ofwel de 3^e Kustnota. In Tabel 2-4 staan de zeespiegelgetallen voor verschillende scenario's en zichtjaren die deze leidraad aanbeveelt.

Jaar	2050	2100	2200
Minimumscenario	+ 0,10 cm	+ 0,20 cm	+ 0,40 cm
Middenscenario	+ 0,30 cm	+ 0,60 cm	+ 1,20 cm
Maximumscenario	+ 0,45 cm	+ 0,85 cm	+ 1,70 cm

Tabel 2-4: Zeespiegelgetallen voor het ontwerp van zachte keringen. Bron: Leidraad Zandige Kust (2002).

Het referentiejaar van deze klimaatscenario's lijkt gezien de lineaire trend 2000 te zijn (zie TAW, 2002ab). De getallen komen in dat geval precies overeen met de drie scenario's in de 3^e Kustnota (RWS, 2000). Deze scenario's en hun beoogde toepassingen zijn in Tabel 2-5 samengevat.

Minimale scenario: 20 cm/eeuw	Toepassen bij beslissingen met korte ontwerpduur (orde 5 jaar), geringe investering of hoge mate van flexibiliteit (zandsuppleties, zie paragraaf 2.1.1).
Midden scenario: 60 cm/eeuw	Toepassen bij beslissingen met langere ontwerpduur (orde 50-100 jaar), grote investering en weinig flexibiliteit (dijken en stormvloedkeringen). Deze paragraaf.
Maximale scenario: 85 cm/eeuw en 10% toename wind	Toepassen bij reservering van ruimte (zie paragraaf 2.4.3).

Tabel 2-5: Scenario's 3^e Kustnota. Bron: RWS (2000).

Voor het project Zwakke Schakels Noord-Holland is gekozen voor het middenscenario; een toeslag van 30 cm (voor het zichtjaar 2050, zie Tabel 2-4). De keuze voor dit scenario wijkt af van de keuze voor harde waterkeringen, waarin een conservatiever scenario wordt gekozen. In de leidraad Zandige Kust wordt een eventuele keuze voor het middenscenario als volgt beargumenteerd:

"Zolang de mogelijke gevolgen van het te ontwikkelen beleid nog niet, of nog maar ten dele, bekend zijn, wordt het vooralsnog afgeraden om consequent en systematisch van tamelijk 'pessimistische' aannamen uit te gaan".

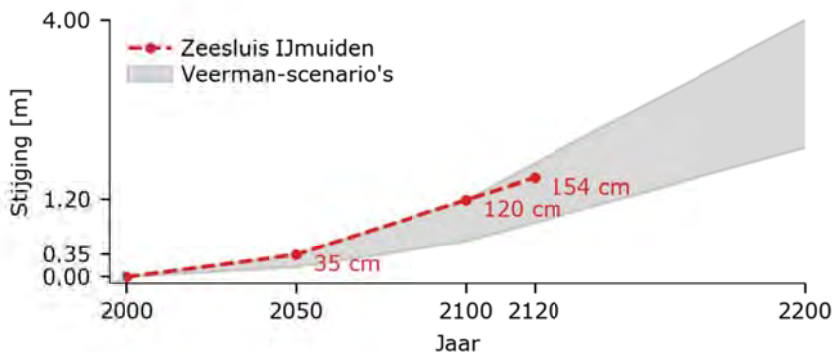
Het ontwerp van zachte keringen verschilt van het ontwerp van harde keringen, omdat zachte keringen gemakkelijker uitbreidbaar zijn (denk aan zandsuppleties). Binnen het OI2014 mag er voor het ontwerp van uitbreidbare keringen gekozen worden voor het gematigdere G-scenario. De aanbeveling uit de Leidraad Zandige Kust verschilt daarom niet zoveel van de huidige werkwijze in het ontwerpinstrumentarium.

Maasvlakte 2

Bij de aanleg van de zeewering van Maasvlakte 2 begin deze eeuw lijkt het midden scenario uit de 3^e Kustnota te zijn gebruikt. In het noordwesten van Maasvlakte 2, waar schepen via de vaargeul de haven van Rotterdam binnenlopen en de ruimte voor een zeewering dus beperkt is, beschermt een harde zeewering het nieuwe havengebied. De harde zeewering van Maasvlakte 2 heeft een kruinhoogte van circa 14 meter +NAP. De zeewering is ontworpen op omstandigheden die statistisch gezien gemiddeld eens in de 10.000 jaar voorkomen. Hierbij is rekening gehouden met een stijging van de zeespiegel voor de komende vijftig jaar van 0,30 m, wat overeenkomt met het midden scenario uit de 3^e Kustnota. Voor de opvolgende periode van 50 jaar is er ruimte gereserveerd om de kruin van de zeewering nog eens met 0,50 m te verhogen (het ontwerp is dus uitbreidbaar!).

Niet-vervangbare kunstwerken

Naast harde en zachte keringen zijn er ook nog de niet-vervangbare kunstwerken, die niet of nauwelijks aan te passen zijn. Denk hierbij aan de Maeslantkering. Voor deze kunstwerken wordt met de bovengrens van het Veerman-scenario gerekend (Deltacommissie, 2008). Bij het ontwerp van de zeesluis IJmuiden, met als zichtjaar 2120, is hier gebruik van gemaakt (RWS, 2014). Zo is uitgegaan van een zeespiegelstijging van 1,20 m in 2100 ten opzichte van 2000. Voor de jaren na 2100 wordt lineair geëxtrapoleerd, wat niet geheel conform de Veerman-scenario's is. Figuur 2-5 geeft de Veerman-scenario's en het voor de zeesluis IJmuiden gekozen scenario weer.



Figuur 2-5: Zeespiegelstijging volgens de Veerman-scenario's met daarin de voor de zeesluizen van IJmuiden gebruikte stijging.

2.3.2 Lange termijn waterhuishouding

Rijkswaterstaat voert verkenningen uit voor de situatie na 2050. Een voorbeeld hiervan is de inrichting van het merengebied na 2050. Hiervoor zijn schattingen van de zeespiegelstijging gemaakt voor de periode 2150-2175. Deze getallen zijn zeer onzeker en er is behoefte aan eenduidige indicatoren voor deze voorspelhorizon.

Een voorbeeld van een verkennende studie is het ISWP-project (Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied). Dit project bestudeert de effecten van het peilbeheer van het IJsselmeer en Markermeer op de waterveiligheid in de periode tot 2175. Deze periode is gekozen omdat dit 3 ontwerpcycli van 50 jaar zijn. In de integrale studie wordt ook de zoetwatervoorraad meegenomen; dit is direct gerelateerd aan het te kiezen streefpeil. Met behulp van het model DEZY is de statistiek van extreme meerpeilen bepaald, waarna voor elke peilbeheervariant de kosten van de waterveiligheid kunnen worden bepaald. Op deze manier kan een kosteneffectieve strategie voor ontwerp en waterhuishouding worden bepaald, met als randvoorwaarde de stijgende zeespiegel en de met het klimaat veranderende neerslaghoeveelheid. Binnen het ISWP-project wordt voor de zeespiegel gerekend met het W+ scenario, wat vervolgens wordt geëxtrapoleerd tot 2175. De zeespiegel zelf wordt gebruikt om te bepalen wat de pompcapaciteit moet zijn om het meerpeil te kunnen beheersen.

Tot op heden is de maximale ontwerplevensduur van infrastructuur ongeveer 100 jaar. Rekening houdend met een ontwerptraject leidt dit tot een zichtperiode van iets langer dan 100 jaar. Tot nu toe is er daarom alleen behoefte geweest aan zeespiegelgetallen voor een periode van maximaal, zeg, 110 jaar vooruit. Voor de bovengenoemde verkenningen is wel behoefte aan een eenduidige indicator voor een langere horizon.

2.3.3 Samenvatting en discussie

Binnen het ontwerp wordt voor de voorspelling van de zeespiegel gebruik gemaakt van klimaatscenario's, omdat de ontwerpduren te lang zijn om van statistische extrapolatie o.b.v. gemeten waterstanden uit te gaan. Welk scenario er gebruikt wordt hangt af van twee factoren:

- Het jaar waarin het ontwerp gemaakt is en de beschikbare klimaatscenario's in dat jaar;
- De uitbreidbaarheid en/of vervangbaarheid van een kering. Zo is het voor een duin minder erg dat deze 'te laag' is dan voor een dijk of een zeesluis, omdat de eerste gemakkelijker en sneller versterkt kan worden.

Voor harde waterkeringen wordt een ontwerp toeslag volgens het W+ scenario gedefinieerd. In het project Zwakke Schakels Noord-Holland is het middenscenario uit de Leidraad Zandige Kust toegepast. Bij de zeesluis IJmuiden is de bovengrens van het Veerman-scenario gebruikt.

De eenduidigheid van de indicatoren die in het ontwerp gebruikt worden is voor verbetering vatbaar. De huidige methode die door het OI2014 wordt aangeraden, lineaire interpolatie tussen de scenariowaarden, is duidelijk. Wel worden de KNMI'06- en Deltascenario's door elkaar gebruikt. Dat is niet correct, want de referentie jaren verschillen. Daarnaast wordt de ontwerp toeslag gecorrigeerd met de reeds waargenomen zeespiegelstijging, zodat er een mix van metingen en scenario's ontstaat.

Een ander aandachtspunt is de maat voor de zeespiegel. De klimaatscenario's gaan uit van gemiddelde zeewaterstanden. Ontwerp gaat uit van extreme condities en dus is de gemiddelde hoogwaterstand wellicht relevanter. Dit sluit ook beter aan op de beoordeling van de primaire waterkeringen.

Al met al is het oordeel gerechtvaardigd dat de in het OI2014 (Deltares, 2014) voorgeschreven methode voor het ontwerp van waterkeringen bruikbaar is voor de toepassing 'ontwerp'. Dit komt voor harde waterkeringen neer op lineair interpoleren binnen het conservatieve scenario (W+) en voor uitbreidbare keringen eventueel het G-scenario. Dit is met de huidige kennis een voldoende geraffineerde aanpak. De vermenging van scenario's en metingen is af te raden. De verwachting is dat in de nabije toekomst kansen worden gekoppeld aan klimaatscenario's. Onze aanbeveling is om de resulterende kansverdeling voor de zeespiegelstijging te gebruiken. Dit biedt meer flexibiliteit bij het bereiken van een ontwerp met minimale kosten.

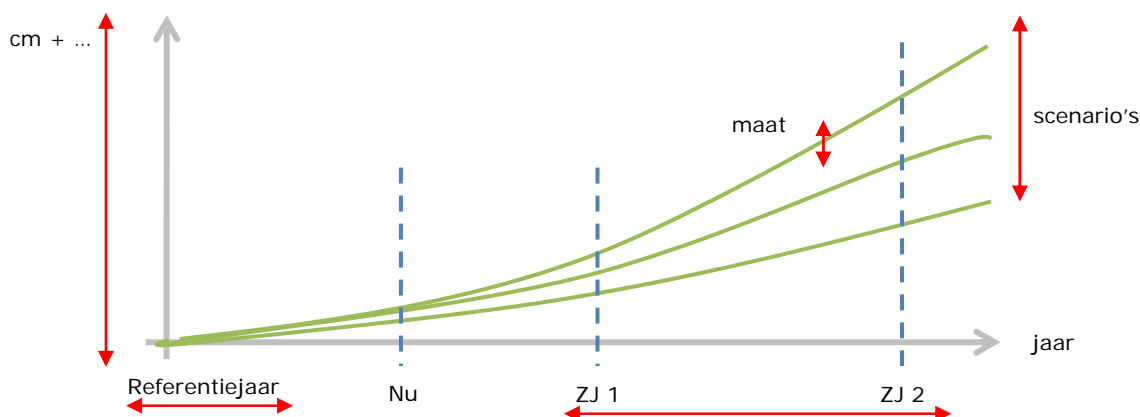
Verder blijkt uit de praktijk dat steeds meer flexibele / adaptieve ontwerpen met een korte levensduur worden gemaakt (vaak vanwege de kosten). Aan de andere kant zijn aannemers langer verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van ontwerpen (DBFM-contracten). Het is daarom noodzakelijk om een continue curve van de zeespiegelindicator te hebben. Dat is, voor iedere ontwerpduur een zeespiegelgetal.

Over het algemeen is voor ontwerp van waterkeringen (incl. kunstwerken) behoefte aan een zeespiegelgetal voor maximaal 100-110 jaar vooruit. In verkenningen is soms behoefte aan zeespiegelgetallen voor meer dan 100 jaar vooruit.

Kenmerken zeespiegelindicator voor ontwerp	
Naam	Absolute stijging zeespiegel (in cm)
Definitie	Deltascenario's / Klimaatscenario's
Type	Gemiddelde waterstand
Toepassing	Ontwerp (ontwerpinstrumentarium)
Oorsprong	KNMI
Context	OI2014
Instituut	KNMI, IPCC
Programma	Deltaprogramma
Status	Wordt toegepast bij ontwerp. Er is geen consensus.
Wie gebruikt het?	Ontwerpers
Verantwoording getalswaarde	Scenariowaarde (fysische analyses) via IPCC scenario's

Klimaatscenario's

Uit de lijst met beschikbare klimaatscenario's blijkt dat het niet altijd duidelijk is wat het referentiejaar is. Om tot een herleidbaar ontwerp te komen is het van groot belang dat bij het gebruik van klimaatscenario's duidelijk is hoe de indicator tot stand is gekomen. Referentiejaar, zichtjaar, klimaatscenario, maat, etc. moeten daarom duidelijk zijn vastgelegd. Figuur 2-6 geeft een overzicht van de variabelen waarbinnen een zeespiegelindicator in de context van klimaatvoorspellingen dient te worden geformuleerd.



Figuur 2-6: Variabelen voor het aangeven van zeespiegelstijging. ZJ = zichtjaar.

Zeespiegelstijging wordt gewoonlijk gegeven als X tot Y cm in 2050. Hierin zijn de variabelen zichtjaar en scenario aanwezig. Het zichtjaar is 2050 en de scenario's komen voort uit de gegeven bandbreedte. Een belangrijk gegeven hierbij is het referentiejaar: X centimeter verschil ten opzichte van de stand in welk jaar? Daarnaast zal er bij klimaatscenario's over het algemeen over een absolute stijging gesproken worden, omdat de gegevens afgeleid zijn van wereldwijde scenario's. Het KNMI vertaalt dit naar lokale scenario's waarbij de bodemdaling ook meegenomen zou kunnen worden. Als laatste variabele is er nog de maat waarmee gemeten wordt: gaat het om de gemiddelde zee­water­stand of bijvoorbeeld het gemiddelde hoogwaterpeil? Ten slotte is bij het gebruik van een scenario ook de kans op dit scenario van belang (indien gedefinieerd).

2.4 Planvorming

Als laatste categorie wordt planvorming in de zin van ruimtelijke ordening beschouwd. Dit is een brede categorie met vele toepassingsgebieden, die van verschillende zeespiegelindicatoren gebruik kunnen maken. In deze verkenning wordt gezocht naar een overkoepelende zeespiegelindicator voor ruimtelijke ordening en ontwikkeling.

2.4.1 Indicator “percentage onder zeeniveau”

In ruimtelijke-ordeningsvraagstukken speelt de vraag waar we kunnen wonen, bouwen en verbouwen. Vaak wordt Nederland geprezen omdat we ons in staat hebben gesteld om te kunnen wonen onder de zeespiegel (bijv. OECD, 2014).

De bijbehorende indicator die in gebruik is, is het “percentage van Nederland dat onder zeeniveau ligt”. Meestal wordt gesteld dat meer dan de helft van Nederland onder zeespiegel ligt (bijv. RWS, 2016, Koenders, 2015; OECD, 2014). Dit percentage is al geruime tijd in gebruik (bijvoorbeeld Prillewitz, 1966). Het is echter niet correct.

Dat dit percentage niet correct is, bleek toen het in het IPCC (2007) rapport terecht kwam en dit rapport grondig werd gecontroleerd (Vrij Nederland, 2010). Het PBL, die de bijdrage had geleverd aan de IPCC, schreef een correctie (PBL, 2010). In de correctie staat dat het percentage van Nederland onder zeespiegel niet 55% maar 26% had moeten zijn. Eigenlijk had het PBL “het percentage van Nederland dat gevoelig is voor overstromingen” bedoeld; dit is wel 55%.

Welk percentage precies onder de zeespiegel ligt is nu nog steeds niet duidelijk. Bij de uitleg van de minister in de Tweede Kamer antwoordde ze met de constatering “Van Nederland ligt 26% beneden zeeniveau”, “Zeeniveau is het gemiddelde hoogwaterpeil” en dat (als men uit gaat van) “genormaliseerd Amsterdams peil (NAP) dan geldt dat 22% van Nederland ligt onder dit NAP.” (Cramer, 2010). Ongeacht of de 26% nou relatief is ten opzichte van NAP of gemiddeld hoogwater, de vraag blijft nog steeds welk deel van Nederland onder de zeespiegel (gemiddelde huidig zeeniveau) ligt.

Wat misschien wel de belangrijkste conclusie van deze indicator is, is dat afgezien van het gebruik in internationale profilering de indicator niet tot daadwerkelijke actie leidt. Nadat is vastgesteld dat we het deel van Nederland onder water jarenlang systematisch een factor 2 te hoog hebben ingeschat heeft niemand moeten verhuizen naar hoger gelegen gebied. De indicator heeft dus vooral een symbolische en representatieve waarde.

Kenmerken zeespiegelindicator voor planvorming	
Naam	Percentage Nederland onder zeespiegel
Definitie	Onduidelijk
Type	Gemiddelde waterstand
Toepassing	Representatie, Profilering
Oorsprong	Onduidelijk
Context	IPCC 2007
Instituut	IPCC, PBL
Programma	Geen
Status	Wordt gebruikt in diverse toespraken, publicaties en rapportages
Wie gebruikt het?	Watermanagers, representanten
Verantwoording getalswaarde	Deel van AHN onder een referentiewaarde (referentiewaarde is inconsistent geformuleerd).

2.4.2 Vrije ruimte

In de 3^e Kustnota staat dat extra ruimte moet worden gereserveerd voor uitbreiding van de kustbescherming. Het gaat hier om het opnemen van een reservestrook (een planologische reservering) voor 200 jaar zeespiegelstijging in de leggers van waterschappen. Hierbij wordt uitgegaan van een pessimistisch scenario: 85 cm/eeuw zeespiegelstijging en 10% toename wind. De waterschappen houden op die manier rekening met ruimte om de gevolgen van zeespiegelstijging op te vangen. Dit kan bijvoorbeeld door de waterkering te verbreden. De 3^e Kustnota stelt verder strenge voorwaarden aan bebouwing langs de kust. Zo moet rekening worden gehouden met de planologische reservering, zijn harde elementen in de afslagzone en reserveringsstrook die het wezen van de flexibele kust aantasten niet toegestaan en mag nieuwe bebouwing geen belemmering vormen voor het proces van afslag. Dit is onlangs nog eens bekrachtigd in het voorlopige Kustpact.

De waterschappen hebben het begrip reserveringszone (ook wel vrijwaringszone genoemd) hernoemd naar "profiel van vrije ruimte" en gesteld dat dit het deel van de zone is dat "naar het oordeel van de beheerder nodig is voor toekomstige verbeteringen". Hierbij is expliciet de definitie van de zeespiegelstijging losgelaten (Unie van Waterschappen, 2013).



Figuur 2-7: Profiel van de vrije ruimte. Bron. www.stowa.nl.

2.4.3 Ruimtelijke ontwikkeling

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) verkent ruimtelijke ontwikkelingen in het heden en de toekomst. Een belangrijk onderdeel hiervan is het maken van scenario's om deze ontwikkelingen te kunnen beschrijven. Het PBL maakt niet alleen scenario's, het biedt ook een handreiking voor het maken van scenario's. In deze handreiking (Scenario's maken voor milieu natuur en ruimte een handreiking, PBL 2013) wordt ook gesproken over het verwerken van klimaatverandering in scenario's. De Deltascenario's worden genoemd als de Nederlandse klimaatscenario's voor de komende eeuw.

De Deltascenario's uit het Deltaprogramma komen voort uit de klimaatscenario's van het KNMI (2006). Het KNMI geeft een redelijk concrete handleiding over het gebruik van de scenario's. Hun advies over welk scenario te gebruiken binnen de context van een onderzoek (tijdshorizon, gebied en doel) staat op de KNMI-website (<http://www.klimaatscenarios.nl/gebruik/index.html>).

Uit de website volgt dat voor ruimtelijke ontwikkelingen binnen Nederland voor de periode 2030-2100 één of meerdere KNMI'14 klimaatscenario kunnen worden gebruikt. De specifieke keuze voor scenario's is afhankelijk van het precieze doel (oriëntatie, impact en adaptatie, beleid). Voor ieder scenario is een bepaalde stijging van de zeespiegel gedefinieerd. Net als bij 'Ontwerp' is het van belang om het referentiejaar, de zichtjaren en de maat van de zeespiegelstijging goed te definiëren.

Voorbeeldtoepassing zeespiegelstijging in ruimtelijke ontwikkelingen

Specifieke toepassingen van bovenstaande scenario's in ruimtelijke ordening zijn nog niet talrijk. Het is niet zo dat mensen gestimuleerd worden om in hoger gelegen gebieden te gaan wonen. Wel houden lokale en regionale overheden bij nieuwbouw in zekere zin rekening met de zeespiegelstijging.

Als voorbeeld noemen we het Zuid-Hollands beleidskader voor buitendijks bouwen. De provincie Zuid-Holland vindt het belangrijk om in te spelen op het toenemende gebruik van buitendijks gebied en de waterveiligheidsaspecten die daarbij komen kijken. Daarom heeft de provincie een beleidskader ontwikkeld voor buitendijks bouwen. Het beleid voorziet in een verplichting aan gemeenten om in bestemmingsplannen voor buitendijkse gebieden een inschatting te maken van het slachtofferrisico van een eventuele overstroming en duidelijk te maken hoe met dat risico wordt omgegaan. Bij het maken van die inschatting kunnen gemeenten gebruikmaken van een speciaal voor dit doel ontwikkelde risicomethodiek, waarmee zij waterveiligheidsrisico's kunnen bepalen en maatregelen kunnen afwegen. Via de online Risico Applicatie Buitendijks (RAB) is de methodiek voor alle Zuid-Hollandse gemeenten goed toegankelijk.

Het RAB is in eerste instantie bedoeld voor het meewegen van hoogwaterrisico's in het ruimtelijk ontwerp bij nieuwe ontwikkelingen en herstructureringen. Daarom vraagt de provincie dat een bestemmingsplan dat nieuwe bebouwing mogelijk maakt, een inschatting bevat van het slachtofferrisico en hoe daarmee wordt omgegaan. Het slachtofferrisico bij een overstroming van het buitendijkse gebied wordt bij woonfuncties ingeschat op basis van te verwachten waterstanden voor het jaar 2100. Hierbij is uitgegaan van een absolute zeespiegelstijging van 85 cm (t.o.v. het jaar 2000, Deltascenario!).

De provincie Flevoland heeft een soortgelijk beleid voor buitendijkse ontwikkelingen gemaakt. Daarnaast nemen steeds meer provincies overstromingsrisico's (binnen- en buitendijks) in hun ruimtelijke structuurvisies op.

2.4.4 Samenvatting en discussie

We concluderen dat de zeespiegelindicator "percentage van Nederland onder zeespiegel" losjes gebruikt wordt, zonder daadwerkelijke gevolgen. De reserveringszone aan de kust was aanvankelijk direct gerelateerd aan een scenario van de zeespiegel, maar deze koppeling is later losgelaten. De zeespiegelstijging komt expliciet voor in de beoordeling van ontwikkelingen in buitendijks gelegen gebied op waterveiligheid. We concluderen dat in ieder geval in deze voorbeelden de huidige en toekomstige stand van de zeespiegel wel invloed hebben op hoe we

met onze ruimte omgaan. De indicatoren worden gebruikt ter verantwoording en initiatie van beleid.

Er is geen sprake van een zogenaamde "evidence based" praktijk. De genoemde indicatoren worden nog niet gebruikt om een kostenefficiënte afweging te maken van de optimale inrichting van de ruimte.

We adviseren om de indicator "percentage van Nederland onder zeeniveau" eenduidig en gekoppeld aan de stand van de gemiddelde zeespiegel te definiëren en uit te rekenen. Werk toe naar een consistent gebruik van indicatoren en de bijbehorende reservering van ruimte in ruimtelijke-orderingsvraagstukken.

3 Synthese en aanbevelingen

3.1 Samenvatting

Op dit moment hebben slechts enkele experts het overzicht over welke zeespiegelindicator voor welke toepassing wordt gebruikt en waarom. Om de kennis breed toegankelijk te maken is in dit rapport een overzicht opgesteld van de verschillende zeespiegelgetallen die op dit moment in gebruik zijn in het kader van de toepassingen beheer en onderhoud kust, toetsing, ontwerp, en planvorming, voornamelijk binnen het beleidsterrein waterveiligheid. Er is nagegaan welke factoren er wel en niet inzitten, welke definities gehanteerd worden en hoe de cijfers zich tot elkaar verhouden.

Het suppletievolume in het suppletieprogramma Kustlijnzorg is tot op heden gebaseerd op de actuele trend in de relatieve jaargemiddelde zeewaterstand langs de kust. Dit is een eenduidige indicator waarvoor de berekeningswijze in de Zeespiegelmonitor is opgenomen. Dit biedt de mogelijkheid om de actuele trend regelmatig opnieuw te bepalen. In 2017 voeren RWS, Deltares en HKV onderzoek uit naar de regionale verschillen in de zeespiegel en bodemdaling. In 2020 neemt DGRW opnieuw een beslissing over het suppletievolume. Ter ondersteuning van deze beslissing voert het Kustgenese 2.0 programma een studie uit naar de accommodatieruimte die wordt gecreëerd door 'absolute zeespiegelstijging minus bodemdaling'.

Voor de vergunningsverlening delfstoffenwinning is een vergelijkbare zeespiegelindicator in gebruik. Deze veronderstelt naast een lineaire trend ook een versnelling in de relatieve zeespiegelstijging.

De indicator voor de beoordeling van primaire waterkeringen is een toeslag op de getijhoogwaterstijging. Deze toeslag is gebaseerd op een mix van gemeten en trendmatige (relatieve) regionale hoogwaterstijging, waarbij 1985 het referentiejaar is. De indicator is eenduidig en de methode is goed gedocumenteerd. De vraag is of het verstandig is om de toeslag te baseren op de lineaire trend in de hoogwaters. De trend is immers mogelijk geen goede voorspeller voor de huidige hoogwaterstijging (en de trend in de gemiddelde waterstand wel).

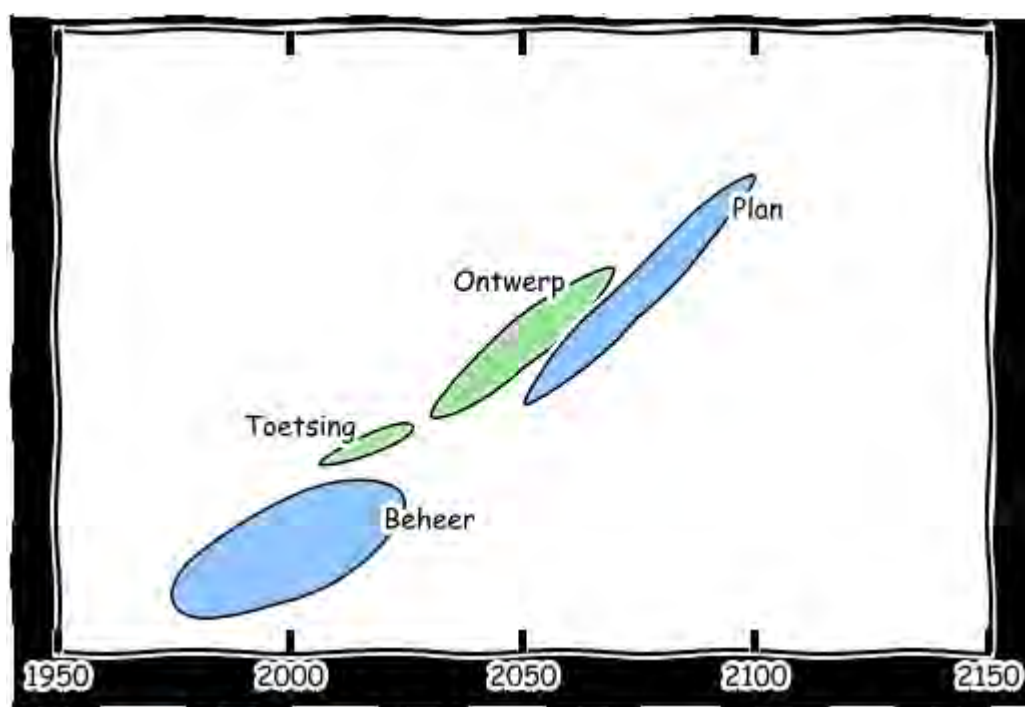
Voor het ontwerp van waterkeringen is een breed scala aan scenario's in gebruik; voor harde waterkeringen, zachte waterkeringen, niet-uitbreidbare ontwerpen en voor niet-vervangbare constructies. De scenario's gaan uit van absolute stijging van de gemiddelde zeespiegel. Dit wijkt in twee opzichten af van de gebruikte indicator voor de toetsing (absoluut vs. relatief en gemiddelde waterstand vs. hoogwaterstand). De referentiejaar van de scenario's zijn hierbij niet altijd even duidelijk en soms is ook de gemeten zeespiegelstijging verwerkt in de scenario's.

Op hoofdlijnen zijn twee zeespiegelindicatoren in 'omloop' op het gebied van (ruimtelijke) planvorming. De zeespiegelindicator "percentage van Nederland onder zeespiegel wordt veelal als communicatiemiddel gebruikt, maar heeft geen gevolgen voor het beleid. Een eenduidige methode om de indicator te bepalen is nog niet opgesteld. Verschillende onjuiste waarden zijn in de publiciteit gekomen.

Net als bij ontwerp worden klimaatscenario's met een absolute zeespiegelstijging gebruikt in analyses en verkenningen. De reserveringszone aan de kust was aanvankelijk direct gerelateerd aan een scenario van de zeespiegel, maar deze koppeling is later losgelaten. Een concreet voorbeeld van een toepassing is het Zuid-Hollands beleidskader voor buitendijks bouwen, waarin slachtofferrisico's in 2100 op basis van 85 cm zeespiegelstijging worden bepaald.

	Beheer	Toetsing	Ontwerp	Planvorming
Indicator	Huidige trend	Huidig	Stand bij einde levensduur	Percentage Nederland onder zeeniveau
Maat	Gemiddeld	Hoogwater	Gemiddeld	Gemiddeld
Absoluut/relatief	Relatief	Relatief	Absoluut	n.v.t.

Tabel 3-1: Zeespiegelindicatoren in waterveiligheidsbeleid.



Figuur 3-1: Zichtjaren toepassingsgebieden zeespiegelstijging.

Trends (ontwikkeling van indicatoren in de tijd)

Binnen de in dit rapport beschouwde indicatoren zijn duidelijke trends zichtbaar. Zo wordt er meer adaptief ontworpen en is degene die de waterkering / kunstwerk aanlegt ook voor langere tijd verantwoordelijk voor het onderhoud. Onderstaande tabel geeft de geobserveerde trends weer.

Voorheen	Nu
Statische ontwerpen	Adaptieve en/of uitbreidbare ontwerpen
Langere ontwerpduur	Kortere ontwerpduur
B&O gescheiden van ontwerp	DBFM-contracten (Design Build Finance and Maintain): aannemers zijn niet alleen verantwoordelijk voor ontwerp, maar ook voor onderhoud over een bepaalde duur.
Robuust ontwerp	Kosteneffectief ontwerp (voorzorgsbeginsel)

Behoeftte aan eenduidige indicatoren voor de middellange termijn

Het is wenselijk om een continue verband tussen indicatoren voor de korte en lange termijn te hebben. Op deze manier wordt er aan de behoefte van zowel B&O als ontwerp voldaan.

Op basis van de expertsessie en de uitwerking van de indicatoren blijkt dat indicatoren voor de middellange termijn ontbreken. Tot op het heden wordt binnen de onderzochte toepassingsgebieden met voorspellingen voor de korte termijn gerekend (5-10 jaar vooruit) en voor andere met veel langere termijnen (50-100 jaar vooruit). In het beheer en onderhoud gaat men momenteel toe naar ontwerpen waarbij men een beeld wilt hebben van de ontwikkelingen op middellange termijn. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de Zandmotor waarbij men wil weten hoe die zich langs de Nederlandse kust gaat verplaatsen. In het ontwerp is echter een trend zichtbaar naar ontwerpen met zichtjaren van bijvoorbeeld 25 jaar, omdat de onzekerheden op lange termijn zo groot zijn dat een ontwerp voor een periode van 50 jaar hoogstwaarschijnlijk niet kosteneffectief is. Deze twee toepassingen groeien dus naar elkaar toe en dus ontstaat de behoefte aan eenduidige indicatoren op de middellange termijn.

Dit vraagt dus om een betere aansluiting van zeespiegelindicatoren voor de korte en lange termijn.

3.2 Aanbevelingen

Beheer en onderhoud kust

Het zou goed zijn als DGRW/RWS de actuele trend in de zeespiegelstijging iedere 5 jaar laat bepalen via de Zeespiegelmonitor.

Een tweede aanbeveling aan DGRW/RWS is het laten onderzoeken of de accommodatieruimte gecreëerd door de relatieve zeespiegelstijging een goede indicator is voor de suppletiebehoefte.

Toetsing

Voor de toetsing is het relevant om te onderzoeken of de trend in de hoogwaterstijging een goede voorspeller is voor de huidige hoogwaterstand. Deltares en HKV kunnen dit gezien hun kennis op dit onderwerp in de aanloop naar WBI2023 het beste samen oppakken.

Ontwerp

Om tot een herleidbaar ontwerp te komen wordt aanbevolen om bij het gebruik van klimaatscenario's duidelijk aan te geven hoe de indicator kan worden gereproduceerd. Aan KNMI en Deltaprogramma is het advies dus om het klimaatscenario, het referentiejaar, het zichtjaar, de maat, etc. duidelijk vast te leggen en de totstandkoming van de getallen te documenteren.

Degenen die een klimaatscenario toepassen moeten de indicator duidelijk (kunnen) formuleren. Bijvoorbeeld als volgt: "De zeespiegelstijging is [aantal] centimeter in [zichtjaar], ten opzichte van [referentiejaar]. Het gaat hierbij om de [absolute / relatieve] stijging van het [maat] ten opzichte van [verticaal referentieniveau].".

Onze aanbeveling aan RWS is om de in het OI2014 (Deltares, 2014) voorgeschreven methode voor het ontwerp van waterkeringen te blijven volgen bij de aanleg van nieuwe constructies. Dit komt neer op lineair interpoleren binnen het conservatieve scenario (W+) voor harde waterkeringen en eventueel het G-scenario voor uitbreidbare keringen. Dit is met de huidige

kennis een voldoende geraffineerde aanpak, maar het vermengen van metingen (waargenomen stijging) en scenario's is af te raden. Neem dit mee in de actualisatie van het OI2014 met KNMI'14 scenario's.

De tweede aanbeveling aan KNMI en RWS is het toekennen van een kansverdeling aan klimaat-scenario's en voor het ontwerp van de kansverdeling gebruik te maken. Dit biedt meer flexibiliteit bij het bereiken van een kostentechnisch optimaal ontwerp.

Door langer vooruitziend beheer en meer adaptieve ontwerpen met een kortere levensduur is behoefte aan een temporeel dekkend kader van indicatoren:

- Gebruik voortschrijdende termijnen, ga niet naar het volgende mooie getal;
- Ontwikkel een continue curve;
- Er is behoefte aan voorspellingen langer dan 100 jaar vooruit (verkenningen).

Voor verkenningen met vragen in de vorm van "wat zijn de grenzen en keerpunten van het beleid" wordt vaak met extremere zeespiegelstijging gerekend (voorbeelden: 1.3 m in ISPW, 6 m in Kwadijk et al. 2007). Een manier om op een hoge waarde uit te komen is om de voorspellingen verder door te trekken, tot ver voorbij 2100. Waar het doen van verkenningen van de grenzen van beleid nuttig en noodzakelijk is, heeft het oprekken van de zichtperiode naar een tijdperk waar de ontwikkelingen van de bevolking en technologie niet meer kunnen inschatten weinig waarde. Ons advies is daarom om met scenario's tot 100 jaar vooruit te rekenen en voor verkenningen in de vorm van grenzen en keerpunten met niet-gedateerde waarden te rekenen.

Planvorming

Het is belangrijk om uit te zoeken wat het percentage van Nederland is dat onder de zeespiegel ligt. Dit getal kan vervolgens eenduidig worden uitgedragen door verschillende instanties, zodat er geen foutieve uitspraken worden gedaan. Dit percentage zou elke 5 jaar opnieuw berekend moeten worden, zodat de trend in kaart wordt gebracht. Het is aan te bevelen deze opgave aan de zeespiegelmonitor toe te voegen.

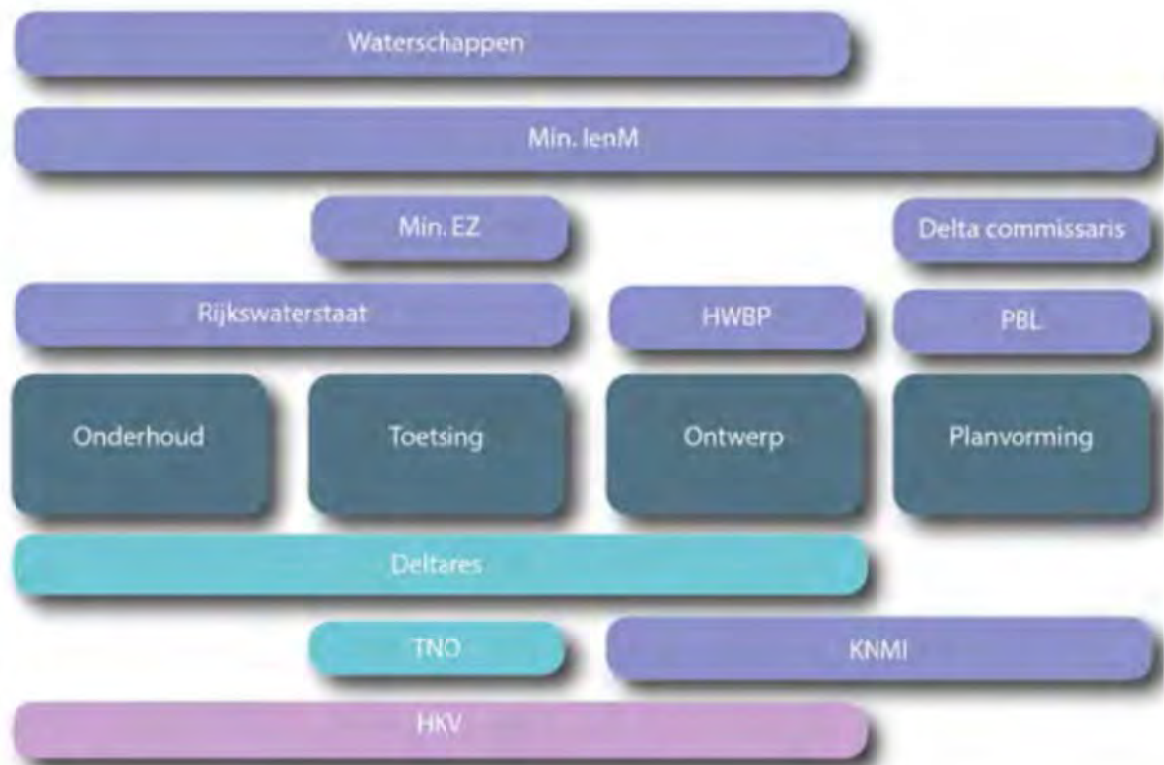
Waddenzee

Er is een rijke diversiteit aan ministeries en instanties bezig met de verschillende indicatoren die belangrijk zijn voor de Waddenzee, en specifiek het winnen van delfstoffen. Het is logisch als er één ministerie is dat zich hier mee bezig houdt en niet meerdere. Het zou logisch kunnen zijn dat één van de Toegepast Onderzoek Organisaties de indicator afleidt.

Algemeen

Een schematisch overzicht van de bij zeespiegelonderzoek betrokken organisaties (commissies en universiteiten buiten beschouwing gelaten) is te vinden in Figuur 3-2.

We zien dat het er verschillende indicatoren ontwikkeld worden door verschillende instituten. Het advies is om de indicatoren gezamenlijk te ontwikkelen en de methode en resultaten in de zeespiegelmonitor op te nemen.



Figuur 3-2: Verschillende partijen (leiblaauw: overheid, aquamarijn: kennisinstituut, pruim: bedrijven) zijn betrokken bij zeespiegelonderzoek. De overlap met kolommen geeft de hoofdtaak aan van de organisatie. Bijvoorbeeld Rijkswaterstaat houdt zich vooral bezig met onderhoud en toetsing. PBL houdt zich vooral bezig met planvorming. De organisaties boven de rij met onderhoud, toetsing, ontwerp en planvorming houden zich vooral bezig met beleidsvorming. De organisaties onder de rij houden zich vooral bezig met onderzoek en advisering.

4 Referenties

Baart et al. (2015)

Zeespiegelmonitor 2014. Fedor Baart, Robert Leander, John de Ronde, Hylke de Vries, Vincent Vuik en Robin Nicolai. Deltares rapport 1209426.202. Deltares, HKV en KNMI, 2015.

Baart et al. (2016)

Zeespiegel onderzoeksagenda. Fedor Baart, Henk Kooi en Vincent Vuik. Deltares rapport 1230046-000-ZKS-0001, Versie 0.2, 23 mei 2016, definitief.

Bruggeman et al. (2013)

Deltascenario's voor 2050 en 2100; *Nadere uitwerking 2012-2013*. Bruggeman, W. Dammers, E., Van de Born, G. J., Rijken, B. C. Van Bommel, B., Nabielek, K. Veersma, J. Van den Hurk, B., Polman, N. Lindenhof, V., Folmer, C., Huizinga, F., Hommes, S., & Te Linde, A. H. Deltares/PBL/LEI/CPB. Delft, 2013.

Chbab (2015).

Basisstochasten WTI-2017: Statistiek en statistische onzekerheid. H. Chbab. Deltares. December 2015.

Deltacommissie (2008)

Samen werken met water: een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst; bevindingen van de Deltacommissie 2008. URL <http://www.deltacommissie.com/doc/2008-09-03%20Advies%20Deltacommissie.pdf>. Deltacommissie, 2008.

Deltares (2014)

Werkwijze bepaling hydraulische randvoorwaarden ten behoeve van nHWBP 2014 projecten. Tech Rep. 1208992-000, Deltares.

Dillingh et al. (1993)

De basispeilen langs de Nederlandse kust; statistisch onderzoek. D. Dillingh, L. de Haan, R. Helmers, G.P. Können en J. van Malde. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdenwateren /RIKZ, Report DGW-93,023, 1993.

Dillingh et al. (2010)

Definitie zeespiegelstijging voor bepaling suppletiebehoefte. Dillingh, D., Baart, F. en J. de Ronde. Rapport 1201993-002, Deltares, 2010.

Dillingh (2013)

Kenmerkende waarden Kustwateren en Grote Rivieren. D. Dillingh. Rapport 1207509-000, Deltares, 2013.

ENW (2015)

Advies rapporten zeespiegelmonitor. Expertisenetwerk Waterveiligheid (ENW). Advies aan het ministerie van Infrastructuur en Milieu dd. 4-12-2015. Kenmerk ENW-15-23

IPCC (2007)

Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104.

IPCC (2013)

Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Stocker, T.F.,

D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Koenders (2016)

Toespraak van minister Koenders bij de GLACIER conferentie (in English), September 2015.

KNMI (2006)

Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. Scientific Report WR2006-01, KNMI, De Bilt, The Netherlands.

KNMI (2014)

Climate Change scenarios for the 21st Century—A Netherlands perspective. Scientific Report WR2014-01, KNMI, De Bilt, The Netherlands.

Kwadijk et al. (2007)

Gevolgen van grote zeespiegelstijging op de Nederlandse zoetwaterhuishouding. Verwachtingen, schattingen en berekeningen voor het MNP-project "Nederland later". J. Kwadijk, S. van Vuren, G. Verhoeven (WL | Delft Hydraulics), G. Oude Essink, J. Snepvangers (TNO) en E. Calle (GeoDelft). Oktober 2007.

Kroos (1982)

Berekening slotgemiddelden 1981.0. Ing. J. Kroos. Ministerie van verkeer en waterstaat. Rijkswaterstaat. Directie waterhuishouding en waterbeweging. Nota nr. JK 82.14.

MinIenM (2014)

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ministerie van Economische Zaken, 2013. Deltaprogramma 2014: Werk aan de delta. Tech. rep., Deltaprogramma Kust.

MinIenM (2015)

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ministerie van Economische Zaken. Deltaprogramma 2015: Werk aan de delta. Tech. rep., Deltaprogramma Kust, 2014.

Mulder (2000)

Zandverlies in het Nederlandse kuststelsel, advies voor dynamisch handhaven in de 21e eeuw. Mulder, J.P.M. Rapport RIKZ/2000.36, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, 2000.

OECD (2014)

Water Governance in the Netherlands: Fit for the Future?, OECD Studies on Water, OECD Publishing. 2014

Nederbragt (2005)

Zandvoorraden van het Kuststelsel: onderbouwing van een conceptueel model met behulp van trends van de winst- en verliesposten over de periode 1973-1997. G. Nederbragt. Rapport RIKZ/2005.033, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, 2005.

PBL (2010)

Assessing an IPCC assessment. An analysis of statements on projected regional impacts in the 2007 report

PBL (2015)

Planbureau voor de Leefomgeving. Wetenschap en beleid verbinden. PBL, Den Haag, 2015.

Prillewitz (1966)

The interaction of social change and physical planning. Sociologia Ruralis December 1966.

- Rijnen, K. (2016)
The Influence of Sea Level Rise Uncertainties on Flood Defence Design Considerations. MSc. Thesis, TU Delft, 2016.
- De Ronde (2008)
Toekomstige langjarige suppletiebehoefte. J. de Ronde. Deltares rapport Z4582.24. Deltares, 2008.
- De Ronde et al. (2013).
Zeespiegelmonitor. De Ronde, J., F. Baart, C. Katsman and V. Vuik. Deltares rapport 1208712-000, Deltares, HKV en KNMI, 2013.
- De Ruig (1995)
De kust in breder perspectief. Basisrapport kustnota 1995. Joost de Ruig. Rapport RIKZ/95-005. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat. Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ). Februari 1995.
- RWS (2000)
3^e Kustnota: Traditie, trends en toekomst. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, 2000.
- RWS (2007)
Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR 2006). Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, 2007.
- RWS (2014)
Nota: Waterkering Zeetoegang IJmond. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat, 2014.
- RWS (2016)
Rijkswaterstaat klaar voor het stormseizoen 2016-2017. Nieuwsbericht, Oktober 2016.
- Stocker et al. (2013)
Climate change 2013: The physical science basis. Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley. Tech. rep., Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013.
- TAW (2002a)
Achtergronddocument inzake zeespiegelstijging en klimaatverandering met betrekking tot kustbeheer en kustbeleid. TAW werkgroep Kust, Augustus 2002.
- TAW (2002b)
Leidraad Zandige Kust. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW). DWW-2003-046. December 2002.
- TNO (2016)
Advies "actualisering beleidsscenario zeespiegelstijging voor delfstofwinning onder de Waddenzee". Brief, TNO, 27 juni 2016.
- Unie van Waterschappen (2012)
Modelkeur 2012, Unie van waterschappen 2013.
- V&W (2008)
Nationaal Waterplan 2009-2015. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Verkeer en Waterstaat, 2008.

Vrij Nederland (2010)

Nieuwe fout klimaatpanel ontdekt, Vrij Nederland, 3 Februari 2010.

De Vries et al. (2014)

Constructing scenarios of regional sea level change using global temperature pathways.

Vries, H. de, C. Katsman and S. Drijfhout. Environmental Research Letters 9 (11): 115007.

URL <http://stacks.iop.org/1748-9326/9/i=11/a=115007>, 2014.

VROM (2004).

Nota Ruimte – Ruimte voor Ontwikkeling. Tech. rep., Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ. PKB Nationaal Ruimtelijk Beleid, 2004.

Telefonisch contact met Ad van der Spek. Oktober 2016.

<http://www.rws.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/kustonderhoud/index.aspx>

<http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/programma'-projecten/beheer-onderhoud/>

Bijlage A: Verslag expertsessie

bespreekverslag

PR2695.30

Project : Zeespiegelstijging indicatoren
Datum : 10-11-2016
Onderwerp : Overleg voorlopige analyse zeespiegelindicatoren
Opgesteld : Guus Rongen en Robin Nicolai (concept 17-11-2016; definitief 29-11-2016)
Aanwezig : Carola van Gelder-Maas, Robert Vos, Jean-Marie Stam, Fedor Baart, Robin Nicolai,
Deon Slagter, Guus Rongen, Ernst Lofvers, Marcel Bottema, Rena Hoogland
Circuleren : aanwezigen

Agenda

1. Voorstelronde en context
2. Inleiding verkenning zeespiegelindicatoren
3. Reacties B&O Kust en 'Toetsing'
4. Reacties Ontwerp en Planvorming
5. Synthese

1. Voorstelronde en context

Jean-Marie opent de vergadering en de aanwezigen stellen zich voor (zie onderstaande tabel). Vervolgens schetst ze de context, het project Zeespiegelmonitor, waarin de studie naar eenduidige indicatoren en deze expertsessie plaats vinden.

Naam	Organisatie	Rol / expertise / activiteiten
Carola van Gelder-Maas	RWS	Kustgenese en Zandmotor
Rena Hoogland	RWS	Kustgenese: bodemdaling
Deon Slagter	RWS	PL HR2017, ISTORM, ...
Marcel Bottema	RWS	Kwaliteitsborging o.a. onzekerheden WBI, ...
Robert Vos	RWS	OI2014, Ontwerprandvoorwaarden
Ernst Lofvers	RWS NN	Beheer Noord-Nederland, gas- en zoutwinning
Jean-Marie Stam	RWS	PL Zeespiegelmonitor RWS
Fedor Baart	Deltares	PL Zeespiegelmonitor Deltares
Robin Nicolai	HKV	PL Eenduidige zeespiegelindicatoren
Guus Rongen	HKV	Projectteam eenduidige zeespiegelindicatoren

Aanleiding

De aanleiding van de studie Zeespiegelmonitor is het beheer en onderhoud van de kust door middel van zandsuppleties. ENW ziet de methode voor de bepaling van zeespiegelindicatoren (actuele stand en trend) uit de Zeespiegelmonitor 2014 (Baart et al., 2015) als goed geschikt voor kortetermijnbeslissingen m.b.t. zandsuppleties. Voor langere zichtjaren (ontwerp gebruik 50 tot 100 jaar) is dit statistische model wellicht niet representatief.

Een onderdeel van de Zeespiegelmonitor is Integratie met leidende vragen "Sluiten de verschillende toepassingen van de zeespiegel op elkaar aan en worden alle toepassingen afgedekt?". Binnen dit onderdeel wordt gewerkt aan de integratie van bodem- en zeespiegelindicatoren alsmede aan een aanbeveling voor het gebruik van eenduidige indicatoren. Het laatste gebeurt vanwege het feit dat de zeespiegelindicatoren die in het Nederlandse beleid worden gebruikt onderling niet consistent zijn, waardoor onduidelijkheden ontstaan.

Doel

Deon vraagt door wat nu precies het doel van het project is, "Wat wil Den Haag met deze studie?"
Rena: in de derde kustnota werd de zeespiegelstijging mooi in een tabel bij elkaar genoemd.
Vervolgens zijn de verschillende toepassingen weer uit elkaar gegroeid. Het zou goed zijn als er een integraal kustbeleid komt waarin de voor verschillende toepassingen gebruikte indicatoren op eenduidige wijze worden vastgesteld.

Het hoofddoel van het project "Eenduidige zeespiegelindicatoren" is dus het onderbouwen en vastleggen van eenduidige indicatoren en een bewuste keuze waarvoor deze te gebruiken. Momenteel lopen de zichttermijnen nog redelijk uiteen en het lukt (nog) niet om de methoden aan elkaar te knopen. Verschillende indicatoren zijn geschikt en worden gebruikt. Door de veranderende focus in het programma Kustgenese (meer gericht op de lange termijn, 50-100 jaar vooruit, denk hierbij aan de Zandmotor) en het feit dat ontwerpen wellicht efficiënter zijn voor kortere durven vanwege de grotere onzekerheden, zou er meer behoefte aan eenzelfde indicator kunnen ontstaan.

Marcel geeft aan dat voor een relatieve zeespiegelstijging ook kennis nodig is over de bodemdaling, naast de klimaatscenario's. Ook stelt hij "Eenduidig waar het kan" in plaats van "Eenduidig ten koste van alles".

2. Inleiding verkenning zeespiegelindicatoren

Robin presenteert de 70%-versie van het rapport over eenduidige zeespiegelindicatoren. Hij maakt onderscheid tussen toepassingen binnen 4 beleidsterreinen: Beheer en onderhoud Kust, wettelijke beoordeling, ontwerp en ruimtelijke planvorming. De tijdens de presentatie gemaakte opmerkingen zijn hieronder samengevat per beleidstoepassing:

Beheer en onderhoud Kust

-

Beoordeling waterkeringen

Robert Vos over het referentiejaar 1985. Alle (hoog)waterstanden worden eerst naar 1985 vertaald. Vervolgens wordt van deze homogene reeks statistiek afgeleid. De gebruikte toeslag is die voor de getijhoogwaterstijging.

Om aan te tonen dat zeespiegelindicatoren niet altijd eenduidig zijn, vertelt Robin dat in het (nieuwe) toetsinstrumentarium (WBI) een dubbel telling in de zeespiegelstijging is geconstateerd. Deon: de dubbel telling was aanwezig in beide softwarepakketten (Hydra-NL en Hydra-Ring) en is er in beide pakketten uitgehaald. Dit probleem is dus opgelost.

Essentie. Bij de beoordeling van de waterkeringen wordt geen klimaatscenario gehanteerd, maar wordt alleen gekeken of het toevoegen van extra meetjaren leidt tot andere belastingen aan de kust. Als dit het geval is, wordt de gemeten trend voortgezet tot aan het einde van de beoordelingsperiode.

Robert Vos zegt dat verandering van het NAP-vlak een extra moeilijkheid is in de bepaling van absolute en relatieve zeespiegelstijging.

Ontwerp (harde keringen)

De afleiding van de 48 cm zoals gepresenteerd lijkt te kloppen in de ogen van Robert Vos. Hij zegt dat tegenwoordig ook met andere scenario's wordt ontworpen: voor kortere zichtjaren mag ook met een G-scenario ontworpen worden, zoals vermeld in het OI (ontwerpinstrumentarium).

Tot slot merk Robert op: normaal zou je bij het gebruik van een scenario met onzekerheden rekenen, omdat dit niet kan bij ontwerp wordt hier met de bovengrens gerekend.

Ontwerp (zachte keringen)

Getallen Leidraad zandige Kust zijn gebaseerd op oude KNMI scenario's (HR2001). Deze getallen (o.a. 60 cm) zijn gebruikt voor de zwakke schakels. Tegenwoordig zou men waarschijnlijk net zoals bij het ontwerp van harde keringen de W+ scenario's van het KNMI gebruiken.

Planvorming

Fedor vermeldt dat met planvorming vooral ruimtelijke ordening/planning wordt bedoeld. Hierin is het echter lastig concrete indicatoren te vinden; hier en daar wordt nog wel een indicator als 'het stijgt sneller' gebruikt, maar een numerieke waarde wordt nauwelijks gebruikt. (Het idee is dat we hier nog met PBL over spreken.)

Robert: Het KNMI is nooit echt helder geweest over hoe de scenario's zijn afgeleid uit de IPCC-scenario's. Het KNMI werkt nu wel aan een herleidbare methode.

Marcel geeft aan dat de ondoorzichtigheid van de IPCC-scenario's zelf wel meevalt. Voor de eerste 50 jaar zijn fysische (model)onzekerheden dominant. Het is bijvoorbeeld onzeker hoe snel Antarctica smelt. Voor 100 jaar gaat het meer om (menselijke) ontwikkelingen op wereldschaal zoals het effect van de verkiezing van Trump op het klimaat en hoe de overstap op duurzame energiebronnen zich ontwikkelt.

Ruimtelijke ordening is een vreemde eend in de bijt door lange planningsduur en gemiddelde keuze.

3. Reacties B&O Kust en 'Toetsing'

Indicator voor gaswinning

Rena stelt dat er wellicht nog een indicator mist, de indicator die gebruikt wordt in het vergunningsbeleid met betrekking tot de gaswinning. Je zou gaswinning als negatieve interventie kunnen beschouwen. De indicator is 'de zeespiegel waar iedereen het mee eens is'. Maar de vraag blijft wat dit dan precies inhoudt? Ernst: Hij lijkt op die van B&O Kust, maar zit er eigenlijk nog een beetje voor. Het meegroeivermogen van de Waddenzee ligt hieraan ten grondslag.

N.B. Dit is een indicator die we inderdaad nog niet hebben uitgewerkt.

Regionale verschillen / ruimtelijk beeld

Marcel noemt het afwijken van Harlingen en vraagt zich af of de morfologische ingrepen wel goed verrekend zijn. Zoals het afsluiten van de Zuiderzee.

Het is bij de analyse van (hoog)waterstanden van belang om reeksen te homogeniseren en de referentiejaar te synchroniseren.

Een advies van Marcel en Robert: neem de ruimtelijke samenhang mee in de interpretatie van de statistiek (wat zijn trends en oorzaken?). Voor de gaswinning zou dit bijvoorbeeld goed zijn, omdat het hier om de Waddenzee gaat. De Waddenzee reageert nog steeds op de afsluiting van de Zuiderzee. Fedor zegt dat je dit vooral in de getijamplitudes terugziet, wat aangeeft dat het type indicator ook verschillen kan geven. Toetsing kijkt naar hoogwater, B&O kijkt naar gemiddeld water. Een schipper kijkt naar laagwater. Ernst zegt dat de afsluiting van de Zuiderzee inderdaad vooral effect heeft op de hoogwaters, maar niet op de gemiddelde zeewaterstand.

Rena: In het kennisprogramma Kustgenese-II gaan we kijken naar de accommodatieruimte die gecreëerd wordt door enerzijds zeespiegelstijging en anderzijds bodemdaling. Nu wordt een landelijk gemiddelde van de actuele relatieve zeespiegel gebruikt die wordt bepaald uit de waterstandreeksen. De ambitie binnen Kustgenese is om vlakdekkend naar de kust te kijken. Naar een vlakdekkende schatting van de zeespiegelstijging en de bodemdaling. Idealiter zou het vlakdekkende getal van de zeespiegelstijging de absolute zeespiegelstijging moeten zijn. Dit zou dan vergeleken moeten worden met de huidige methode. Door een vlakdekkende benadering kun je dus de accommodatieruimte/zandvraag bepalen voor specifieke gebieden (bijv. Wadden, Hollandse Kust en de Zeeuwse Delta). Carola geeft aan dat een regionale inschatting van de zandvraag zou helpen bij het verdelen van het zand doormiddel van suppleties.

N.B.1 Marcel. Zowel absolute zeespiegelstijging als de bodemdaling hebben effect op de (feitelijke) waterdiepte, en daarmee in potentie ook op de getijstrooming, getijvorm en getijamplitude.

N.B.2. Marcel. Van belang is ook dat er twee typen bodemdaling zijn: Bodemdaling op regionale schaal, autonoom of door ondergrondingrepen als delfstofwinning. En zeer lokale bodemdaling onder een dijk (feitelijk zetting/compactie van slappe ondergrond).

Het belang van een nauwkeurige indicator

Deon en Marcel geven aan dat je moet oppassen met millimeteren, ook op lokale schaal hoef je niet per vierkante kilometer de bodemdaling te weten. Je moet de nauwkeurigheid in het licht zien van meeton nauwkeurigheden en onzekerheden. Bijvoorbeeld m.b.t. de wind, zoals Marcel en Robert toelichten.

N.B.1 Variabiliteit en onzekerheid windklimaat zijn beide orde 5-10% en geven een soortgelijk effect in golfplooppniveaus (en mogelijk iets meer in stormvloedstanden exclusief golven). Effect kan dus zomaar een meter zijn. En bij voldoende grote onzekerheid kan het gebeuren dat je zelfs bij een gemiddeld licht dalende windtrend als ontwerpwind toch iets hoger moet gaan zitten dan de huidige wind om die onzekerheid veilig te verrekenen.

N.B.2 Weer en wind werken zelfs nog door in jaargemiddelde waterstanden, en dat effect is millimeters tot centimeters. Dat maakt het dan weer lastig om verschillende deelmeetreeksen van de zeewaterstand aan elkaar te knopen voor homogenisering en trendanalyse.

Bij gebrek aan probabilistisch denken wordt gezegd dat de wind niet verandert. Neem je de onzekerheid wel mee, dan krijg je een groot effect op de hydraulische belastingen. (N.B. Buiten Nederland en buiten de waterkeringwereld is probabilistisch denken geen standaard denkwijze. Te vaak wordt alleen gekeken of sprake is van een significante trend, en afgezien van klimaatscenario's vaak niet wordt gekeken naar de impact (op ontwerp) van een onzekerheid in een trend.)

Jean-Marie noemt dat werken in millimeters wel belangrijk is om te ontdekken hoe de zeespiegelstijging verandert. Marcel: gemiddelde zeespiegelstijging is één van de componenten die we goed kunnen meten, maar niet altijd (de) belangrijk(st)e.

Deon noemt dat niet alleen op de Nederlandse stations gelet moet worden. Daar wordt geen versnelde stijging gemeten, waar dit in het buitenland wel zo is. Fedor legt uit dat je in de satellietmetingen een hogere trend ziet dan de trend in de getijstations. De satellietmetingen zijn later begonnen. De onduidelijkheid zit hem dus in het niet aansluiten van de twee bronnen op elkaar. Robert zegt dat het ontzettend moeilijk is om het 0-vlak van de gravitatie te bepalen. De koppeling tussen klimaatmodellen en metingen is lastig, omdat in de klimaatmodellen langdurige effecten zitten die heel moeilijk in de metingen terug te vinden zijn.

Marcel geeft aan dat het interessant zou zijn om onze voorspellingen te controleren met die van onze buurlanden. Puur ter controle van de methode die we gebruiken.

Carola noemt het belang van een nauwkeurige indicator voor de uitvoerbaarheid. Hoe kan ik zodanig suppleties neerleggen dat je voor langere tijd aan de onderhoudsbehoefte kan voldoen (à la de Zandmotor). Hierbij moet je met een lange(re) levensduur ontwerpen, waardoor je de zeespiegelstijging op langere termijn wel degelijk goed wilt weten.

Marcel noemt nog dat de zeespiegelstijging ook relevant is voor specifieke langlopende DBFM-contracten (i.h.b. voor kunstwerken), waarin onderhoud (M van Maintenance) voor enkele decennia is inbegrepen.

4. Reacties ontwerp en planvorming

Het gebruik van verschillende indicatoren

Robert Vos geeft de precieze achtergrond van de 48 cm door: 35 cm tussen 1990 en 2050. + 20 cm voor 2050 – 2070 – 7 cm voor 1990 tot 2015.

Momenteel wordt voor ontwerp van niet-vervangbare onderdelen met het 'scenario Veerman' gerekend. Voor de sluis bij IJmuiden is met dit schijnbaar zeer conservatieve scenario gerekend (zie ook kopje "toekomstige ontwikkelingen"). Marcel vertelt dat voor toekomstige ontwerpen de onzekerheden zo groot zijn dat je niet zonder een kansbenadering kunt (scenario's schieten tekort).

Voor de Meren wordt vanwege de menselijke invloed niet met de standaard Deltascenario's gerekend. Tot 2050 zal het streefpeil niet stijgen, omdat er nog vrij gespuid kan worden. Tot 2080 zal dit niet meer voldoende zijn en zal er extra gepompt moeten worden om de 30 cm stijging (W+) in dit tijdvak tegen te gaan. Op het Markermeer is deze toename zonder pompen de helft van deze 30 cm stijging (dat is, 15 cm). Hiervan wordt 5 cm weggepompt (= besluit DGRW).

Marcel noemt dat er na 2100 niks bekend is over de zeespiegelstijging. Robert vertelt dat bij ontwerpen waarvoor het zichtjaar na 2100 ligt, de trend van 2050 tot 2100 lineair wordt doorgetrokken.

Er is een duidelijk verschil merkbaar tussen indicatoren voor ontwerp en ruimtelijke planvorming. Ontwerp wil een duidelijke waarde hebben (met onzekerheid), planvorming wil liever één of meerdere scenario's hebben. Bij ontwerp is het doel vaak kostenoptimalisatie.

De herkomst van scenario's

Voor ontwerp zal waarschijnlijk binnenkort overgestapt worden op de KNMI '14-scenario's. Robert vertelt dat dit momenteel wordt voorbereid: in 2018 gaan we over.

KNMI communiceert naar leken in termen van temperatuurscenario's, maar werkt achter de schermen net als de rest van de wereld met Representative Concentration Pathways (RCP's), ofwel CO2-emissiescenario's. De basis is niet meer de temperatuur, maar de CO2-uitstoot. Dit is prettiger voor het beleid (lees: sluit beter aan op het beleid).

Toekomstige ontwikkelingen

DGRW, RWS (Robert Vos), KNMI, Deltares gaan nu de kant op dat niet meer met scenario's gerekend wordt, maar met een kansverdeling over de mogelijk uitkomsten. Omdat de kleine

faalkansen die gebruikt worden bij ontwerpen dan leiden tot een zeer extreme zeespiegelstijging (in de staart van de verdeling), is het effect van de onzekerheid erg groot. Koen Rijnen (afstudeerder van Robert Vos) heeft uitgezocht dat 25 jaar ontwerpen het meest doelmatig is, omdat op deze termijn de onzekerheden nog meevallen.

Deon zegt ook dat het gebruik van scenariokansen de keuze voor vervanging/ontwerp beïnvloedt. In het beslisprobleem wil je onzekerheid meenemen. Dit kan leiden tot flexibelere (adaptieve) maatregelen voor kortere perioden (25 jaar).

Het verschil tussen statistische en fysische modellen

Over het gebruik van verschillende modellen voor verschillende termijnen. Het ENW heeft in 2015 geadviseerd om tot 30 jaar uit te gaan van statistische modellen (trends) en vanaf dan met fysische modellen (klimaatscenario's).

Het gebruik van Bayesiaanse statistiek om met metingen de klimaatscenario's bij te stellen zou een geschikte manier zijn om de statistiek bij te stellen.

Verskil tussen harde en zachte keringen

Beleid voor zandige kust (Leidraad Zandige Kust) is nog steeds actueel. Dit is ook voor Vlieland en Terschelling toegepast. Voor de harde keringen is met 48 cm gerekend. Voor de zachte keringen is met 30 cm gerekend.

Als je ingreep uitbreidbaar is mag je volgens het OI2014 het G-scenario gebruiken. Zand is uitbreidbaar dus dit zou mogen. Als het G-scenario wordt gebruikt wordt er (zelfs) met een iets lagere waarde dan 30 cm gerekend.

Rena: Voor Hondsbossche Zeewering wijkt het onderhoudsscenario af van het ontwerpscenario. Voor adaptief ontwerp is dus geen eenduidige richtlijn. Rena geeft aan dat er voor adaptieve strategieën dus wat bedacht moet worden.

5. Synthese

Fedor vat samen:

We zien dat de zichtjaren en referentiejaren variëren, dat er verschillende scenario's gebruikt worden, en dat ontwerp en beheer naar elkaar toegroeien. Hierdoor wordt een eenduidige indicator belangrijker. Of in ieder geval richtlijnen voor welke indicator wanneer te gebruiken. Zeespiegelstijging telt niet altijd evenveel mee, soms is het belangrijk, terwijl er ook gevallen zijn waarin de zeespiegelstijging geen significant effect heeft op een beslissing.

Wellicht is het goed om nog specifiek met iemand van PBL of DGRW overleggen over de indicatoren die voor planvorming gebruikt worden. Wellicht kan als indicator uitgewerkt worden: "welk deel van Nederland ligt onder zeeniveau". Dit zegt iets over het overstromingsgevaar.

N.B. Marcel vindt dit niet zo'n gewone/veelzeggende indicator. Wel de zeespiegelstijging in centimeters per eeuw. Een interessante maar lastiger te bepalen indicator is de jaarlijkse (gemonetariseerde) risicotename t.g.v. zeespiegelrijzing: hoeveel zou het actuele overstromingsrisico over heel NL toenemen als die zeespiegelrijzing vandaag ingaat?

Over de ruimtelijke schaal: ontwerpindicatoren zijn uitgesplitst naar regionaal gebied, het gaat uiteindelijk om de relatieve stijging bij bijvoorbeeld een dijk. Toetsen: hoogwater varieert ook regionaal. B&O: wordt ook toegewerkt naar regionale schaal, waar is onderhoud het meest nodig.

Carola vraagt: stel we voeren systeemsuppleties uit met een ontwerplevensduur van 20 jaar (tussen korte en lange termijn in). Hoe kunnen we dan met versnelde zeespiegel rekening houden? Is hier een indicator voor beschikbaar?

Robert stelt dat je bij ontwerpen met een kortere levensduur een LCC-analyse moet uitvoeren.

Robert merkt tot slot op dat de hockeystickvorm van de klimaatscenario's genoemd kan worden. Hoe is de sterk toenemende stijging te verklaren?

Toevoeging HKV - vervolgstappen

Wat betekent dit voor de rapportage? De volgende indicatoren zijn in het concept rapport uitgewerkt. (Tussen haakjes staan de aanvullingen op basis van de expertsessie.)

B&O Kust: actuele trend in de relatieve zeespiegelstijging (wens: uitsplitsing naar regio's)
Beoordeling: toeslag getijhoogwaterstijging (hier ook naar regionale behoefte kijken)
Ontwerp: scenario's absolute zeespiegelstijging voor harde en zachte waterkeringen (behoefte: regionale absolute zeespiegelstijging en bodemdaling, kansverdeling over scenario's)
Planvorming: scenario's absolute zeespiegelstijging (+ percentage oppervlak Nederland onder NAP, nog in overleg met PBL/DGRW)

Aanvullende uit te werken indicatoren kunnen zijn:

1. Bodemdaling (suggestie Rena). Wordt in Kustgenese-II uitgewerkt.
2. Indicator voor zeespiegelstijging die in vergunningsbeleid voor gas- en zoutwinning Waddenzee en de Noordzee wordt gebruikt.
3. Percentage oppervlak Nederland onder zeeniveau (planvorming/ruimtelijke ordening)
4. Indicator voor Lange termijn Waterhuishouding: inrichting IJsselmeer, zeespiegelstijging voor 2150-2175 (dit meenemen in ontwerp/planvorming; we ontwerpen nu objecten met levensduur van maximaal 100 jaar, rekening houdend met bouw is zeespiegelstijging tot 110 jaar vooruit interessant).

Binnen het project werken we 6 indicatoren uit. We stellen daarom voor om naast de al uitgewerkte indicatoren ook de indicatoren 2 en 3 verder uit te werken. Indicator 4 komt aan bod bij ontwerp/planvorming.

In het rapport zullen duidelijke concrete aanbevelingen staan voor vervolgacties die nodig zijn om tot eenduidige indicatoren te komen.

Referenties

Baart et al. (2015)

Zeespiegelmonitor 2014. Fedor Baart, Robert Leander, John de Ronde, Hylke de Vries, Vincent Vuik en Robin Nicolai. Deltares rapport 1209426.202. Deltares, HKV en KNMI, 2015.



HKV lijn in water BV

Postbus 2120
8203 AC Lelystad

Botter 11-29
8232 JN Lelystad

0320 29 42 42
info@hkv.nl
www.hkv.nl