



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Uitgangspuntendocument Verschil- en effectanalyses hydraulische belastingen BOI2023

RWS INFORMATIE

Datum	15 juli 2026
Versie	1.0
Status	Definitief

Colofon

Project	Uitgangspuntendocument Verschil- en effectanalyses hydraulische belastingen BOI2023
Uitgegeven door	Rijkswaterstaat WVL
Datum	15 juli 2026
Versie	1.0
Status	Definitief
Zaaknummers RWS	31197353
Projectnummer HKV	PR5542.10
Projectnummer W+B	149287

Auteurs

J.W. Stijnen	HKV
G.J.W. van Lente	HKV
V. Vuik	HKV
P. van Tol	Witteveen+Bos
M. Bénit	HKV
C. van Bemmelen	Witteveen+Bos
W. Ridderinkhof	Witteveen+Bos
T. Botterhuis	HKV
G. Pleijter	HKV



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doel	6
1.3	Leeswijzer en toelichting	6
2	Generieke wijzigingen	7
2.1	Andere zichtjaren	8
2.2	(Generieke) beleidsuitgangspunten fysica	8
2.3	Klimaatscenario's waterveiligheid	8
2.4	Statistiek en zeespiegelstijging	9
2.5	Correlaties	12
2.6	Fysica	13
2.7	Probabilistische software en rekeninstellingen	15
3	Beoordelen: wijzigingen per watersysteem	16
3.1	Toelichting	16
3.2	Rijntakken	16
3.3	Maas	18
3.4	Rijn-Maasmonding	20
3.5	Hollandse IJssel	20
3.6	IJssel-Vechtdelta	20
3.7	Meren	23
3.8	Kust (harde keringen)	31
3.9	Oosterschelde	38
3.10	Kust (duinen)	41
4	Ontwerpen: wijzigingen per watersysteem	45
5	Werkwijze	46
5.1	Selectie locaties	46
5.2	Overzicht berekeningen	48
5.3	Verschilanalyse	52
5.4	Effectanalyse	54
5.5	Duiding en detailniveau	55
5.6	Visualisaties verschil- en effectanalyse	55
6	Eindproducten	59
	Referenties	60
A	Begrippenlijst	68
B	Instellingen verschilberekeningen	72
C	Uitgebreidere toelichting watersysteem kust	92

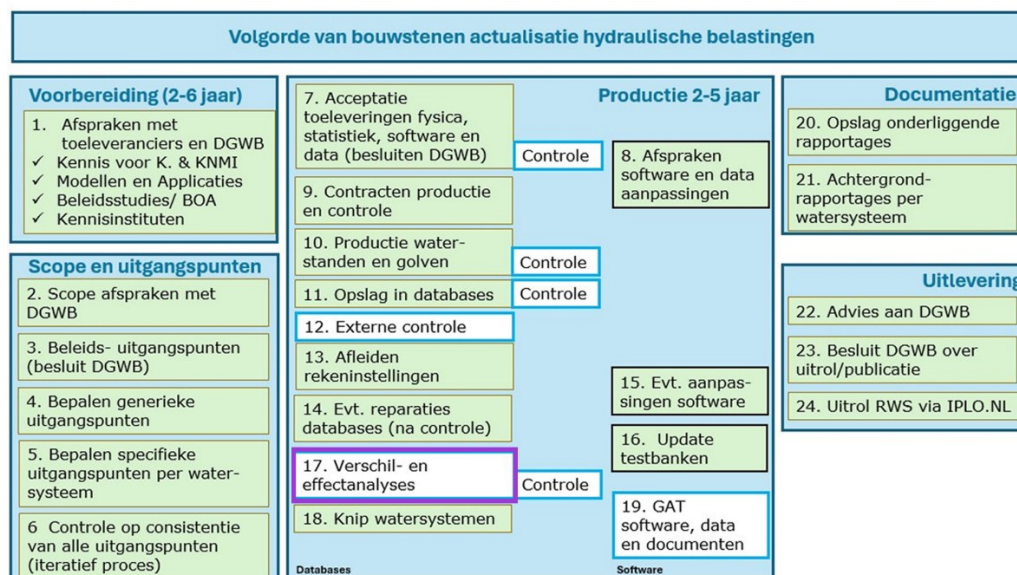
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het BOI2023 is de opvolger van het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium uit 2017 (WBI2017) in combinatie met het Ontwerp Instrumentarium uit 2014 (OI2014). Het BOI2023 bevat (net als het WBI2017 en OI2014) de regels voor zowel het bepalen van de hydraulische belasting en sterkte als voor het beoordelen en ontwerpen van de veiligheid van de primaire waterkeringen. Dit gebeurt in de vorm van documenten, software en data. De actualisatie van de hydraulische belastingen is een restopgave van het programma BOI2023, en wordt in 2026 en 2027 voltooid.

In het kader van de overstap naar BOI2023 zijn diverse veranderingen doorgevoerd aan het instrumentarium dat dient om waterkeringen te beoordelen en ontwerpen op basis van de overstromingskans. Bij veranderingen kan gedacht worden aan het meenemen van nieuwe kennis, fysieke veranderingen in het landelijke watersysteem, verbeteringen in modelleertechnieken en het herstellen van omissies en inconsistenties.

De algemene scope van de actualisatie van de hydraulische belastingen voor BOI2023 betreft het produceren en uitleveren van databases met hydraulische belastingen voor het hoofdwatersysteem, voor zowel het beoordelen als ontwerpen. De bouwstenen voor deze actualisatie zijn opgenomen in Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Samenhang en volgorde bouwstenen actualisatie hydraulische belastingen.

De paars omlijnde bouwsteen 17 uit Figuur 1-1, de 'Verschil- en effectanalyses', dient om een overzicht en duiding te geven van de verschillen tussen het vigerende WBI2017 (voor beoordelen) en het BOI2023, maar ook tussen het OI2014 (voor ontwerpen) en het BOI2023. De analyses dienen om een landelijk beeld te schetsen, met inzicht in en duiding van de verschillen ten opzichte van het verleden door veranderingen in de fysica, statistiek en rekeninstrumenten. De duiding van de verschillen draagt bij aan de kwaliteitsborging van het BOI2023. Het is niet passend en weinig zinvol om binnen de (landelijke) scope van deze verschilanalyse alle verschillen uit de

hele keten in beeld te brengen. We richten ons in de uitwerking en duiding op de belangrijkste verschillen, namelijk de verschillen die impact hebben op de hydraulische belastingen. De verschil- en effectanalyse beperkt zich tot hydraulische belastingen, verschillen aan de sterktekant zijn verder niet beschouwd.

De bouwsteen "Verschil- en effectanalyses" bestaat uit diverse producten die gekoppeld zijn aan onderstaande werkpakketten. Voorliggende rapportage betreft de *uitgangspuntenrapportage* (WP1):

- WP1: Het maken van een overzicht van de verschillen in uitgangspunten.
- WP2a: Het uitvoeren van verschilanalyses, waarbij verschillen in beeld zijn gebracht tussen de probabilistische berekeningsresultaten op basis van de WBI2017 en OI2014 uitgangspunten en op basis van die van BOI2023;
- WP2b: Het uitvoeren van effectanalyses, waarbij de verschillen uit WP2a (indicatief) zijn doorvertaald naar een effect op de overstromingskans;
- WP3: Het bepalen van de (knip in de) overgang tussen watersystemen. Denk aan daarbij aan de overgang van de Rijn-Maasmonding met de Rijntakken en de Maas, de overgang van de IJssel en de IJssel-Vechtdelta, of de overgang van de westelijke Waddenzee naar de Noordzeekust.
- WP4: Het opstellen van tussenrapportages en het maken van een eindrapportage met het landelijk, overkoepelende beeld.

1.2 Doel

Het hoofddoel van de Verschil- en effectanalyses is om gebruikers van de nieuwe hydraulische belastingen inzicht te geven in de verschillen ten opzichte van het WBI2017 en OI2014. Voor het duiden van de verschillen is onderscheid gemaakt in wijzigingen in de fysica, statistiek, software en de interactie daartussen en of die op basis van de beschikbare documentatie te verklaren zijn. Aangezien naast deze wijzigingen ook de software en rekeninstrumenten een update hebben gekregen, is het essentieel om deze wijzigingen expliciet te duiden. Aanvullend dienen de analyses om een indicatie te geven van de effecten op de overstromingskans.

Het doel van voorliggende rapportage is om de benodigde uitgangspunten voor het uitvoeren van de verschil- en effectanalyses vast te leggen.

1.3 Leeswijzer en toelichting

Dit rapport is bedoeld om inzicht te geven in de overgang van het vigerende instrumentarium (WBI2017/OI2014) naar het nieuwe BOI2023. Om de lezer wegwijs te maken in de vele wijzigingen die plaatsvinden, is het document als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 2 (Generieke wijzigingen) behandelt de (landelijke) veranderingen die voor bijna alle watersystemen gelden, zoals de verschuiving in zichtjaren (2035/2075/2125), de overstap naar de nieuwe KNMI'23-klimaatsscenario's en de aangepaste beleidskeuzes.
- Hoofdstukken 3 en 4 geven respectievelijk een gedetailleerde toelichting op de specifieke inhoudelijke veranderingen voor beoordelen en ontwerpen, verdeeld over 9 verschillende watersystemen.
- Hoofdstuk 5 (Werkwijze) beschrijft de technische opzet van de uit te voeren analyses om de verschillen en effecten inzichtelijk te maken. We gaan nader in op de selectie van locaties, een overzicht van het rekenwerk en de wijze van visualisatie.
- Hoofdstuk 6 (Eindproducten) geeft tot slot een overzicht van de resultaten en opgeleverde databases die voortvloeien uit deze uitgangspuntenrapportage.

2 Generieke wijzigingen

De overstap van WBI2017 en OI2014 naar BOI2023 leidt tot veel veranderingen. Deze variëren van overkoepelende (landelijke) beleidskeuzes tot specifieke inhoudelijk details. Het vervolg van dit hoofdstuk gaat in op de *generieke wijzigingen* die geldig zijn voor (nagenoeg) alle watersystemen, de watersysteemspecifieke wijzigingen komen aan bod in hoofdstuk 3.

In onderstaande tabel zijn op hoofdlijnen de veranderingen in de statistiek, de fysica en de belastingmodellen weergegeven.

Tabel 2-1: Aanpassing van bouwstenen qua statistiek, fysica en belastingmodel voor de verschillende watersystemen, vastgelegd in het rapport Generieke uitgangspunten hydraulische belastingen BOI (RWS, 2026).

Watersysteem	Statistiek	Fysica	Belastingmodel
Kust ¹	Zeewaterstand, wind		Alleen bij duinen aanpassingen voor de overstap naar XBeach
IJsselmeer ²	Meerpeil		
Markermeer, Grevelingen, Veluwerandmeer	Meerpeil	Waterstand, golven	
Rijntakken	Afvoer Lobith	Waterstand, golven	
Maas	Afvoer Borgharen	Waterstand, golven	
Benedenrivieren ³	Afvoer Lobith/Borgharen, zeewaterstand, meerpeil Volkerak-Zoommeer, seiches, voorspelfout	Waterstand, golven (apart: Hollandse IJssel en Volkerak-Zoommeer voor golven)	Volkerak-Zoommeer, Hollandse IJssel toevoegen
Oosterschelde	Zeewaterstand, wind		Oosterschelde aanpassen
IJssel-Vechtdelta ⁴	Afvoer Olst (impliciet via afvoer Lobith) en Dalfsen Meerpeil IJsselmeer		

In het vervolg van het hoofdstuk is specifiek ingegaan op de generieke wijzigingen, de precieze wijzigingen op het niveau van de watersystemen zelf staan beschreven in hoofdstuk 3.

¹ Dit is de verzameling van de watersystemen Hollandse Kust Noord, Midden en Zuid, Waddenzee, Westerschelde

² Inclusief Ketelmeer en Vossemeer

³ Inclusief Europoort, Volkerak-Zoommeer en Hollandse IJssel

⁴ Dit is de verzameling van de watersystemen IJsseldelta en de Vechtdelta

2.1 Andere zichtjaren

Een van de meest duidelijk aanwijsbare generieke veranderingen is de voortschrijding in de tijd. Waar het WBI2017 zich voor het beoordelen richt op zichtjaar 2023 voor het uitvoeren van de beoordeling (Landelijke Beoordelingsronde Overstromingskans van primaire waterkeringen, LBO-1) richt het BOI2023 zich voor beoordelen op zichtjaar 2035 (LBO-2). Dit uitgangspunt heeft consequenties voor bijvoorbeeld de hoeveelheid zeespiegelstijging waarmee rekening is gehouden, de ligging van de bodem van de rivier, en de uitwerking van maatregelen die tussen 2023 en 2035 zijn of nog worden uitgevoerd.

Op vergelijkbare wijze verschuiven de zichtjaren voor ontwerpen van 2050 en 2100 binnen OI2014 naar respectievelijk 2075 en 2125 in BOI2023. In de verschilanalyse is statistiek van het OI2014 lineair geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd naar de zichtjaren van het BOI2023. In hoofdstuk 4 is de werkwijze voor ontwerpen nader toegelicht.

2.2 (Generieke) beleidsuitgangspunten fysica

De belangrijkste beleidsuitgangspunten voor BOI2023 betreffen een nadere invulling van de omgevingsregeling (RWS, 2026):

- Voor de *afvoerverdeling* tussen Waal, Lek en IJssel is aangesloten bij de huidige beleidsmatige afspraken en fysieke mogelijkheden van de regelwerken bij de verschillende zichtjaren. De keuze over de toekomstige afvoerverdeling die binnen Ruimte voor de Rivier 2.0 (RvdR2.0) in 2026 wordt gemaakt, kan ertoe leiden dat de huidige beleidskeuzes moeten worden aangepast. Dit zal in een volgende actualisatie van hydraulische belastingen worden meegenomen.
- Met *systeemwerking* (gevolgen van overstromingen bovenstrooms op waterafvoer benedenstrooms) is alleen rekening gehouden bij overstromingen in Duitsland/België en voor de Brabantse/Gelderse Maas bij overstromingen in de Maasvallei.
- Voor de bepaling van de hydraulische belastingen van de Rijn is rekening gehouden met het effect van *noodmaatregelen*.
- Voor *bodemligging, winterbed en vegetatie* is gebruik gemaakt van de actuele fysieke bodemgegevens. De vegetatie in BOI2023 is bepaald op basis van het handboek vegetatiekartering en de afspraken in de vegetatielegger. Voor de bodemligging is gebruik gemaakt van de nieuwste bodemlegger (2018), aangevuld met maatregelen die voor 2023 zijn uitgevoerd en maatregelen waarvoor vóór 1 januari 2022 een MIRT-projectbesluit (fase 3) is genomen en die vóór 2035 worden gerealiseerd.

Andere beleidsuitgangspunten worden bij de inhoudelijke thema's en/of de specifieke watersystemen behandeld. Het totaal aan beleidsuitgangspunten is te vinden in bijlage A van het rapport Generieke uitgangspunten hydraulische belastingen BOI (RWS,2026).

2.3 Klimaatscenario's waterveiligheid

In 2023 heeft het KNMI nieuwe klimaatscenario's gepubliceerd. Keuzes in de totstandkoming van deze klimaatscenario's zijn geaccordeerd door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (RWS-IenW, 2025). In BOI2023 is overgestapt naar de nieuwste KNMI'23-klimaatscenario's, waar in WBI2017 en OI2014 nog gebruik werd gemaakt van het W+ KNMI'06-klimaatscenario. Het Ministerie van IenW hanteert, in

lijn met het ENW-advies om het standaard het middentempo te hanteren, het *mid-denscenario* uit de meest recente KNMI'23-scenario's. Dit houdt in dat het SSP2-4.5 scenario is gehanteerd (RWS, 2026), ook wel het klimaatscenario Mn (midden nat) genoemd.

Dit leidt tot de volgende uitgangspunten (RWS-IenW, 2025):

- voor de verificatie van ontwerpen is in BOI2023 voor de rivierafvoer het scenario Mn (midden nat) gehanteerd (het SSP2-4.5 scenario), en
- voor de zeespiegelstijging is bij dit scenario Mn (SSP2-4.5) een onzekerheidsband gehanteerd die overeenkomt met de 83%-waarde binnen de bandbreedte.

2.4 Statistiek en zeespiegelstijging

Voor BOI2023 is nieuwe statistiek afgeleid voor de basisstochasten (afvoeren, zee-waterstand, meerpeil, windrichting en windsnelheid), zowel voor beoordelen als ontwerpen. De keuzes voor de statistiek sluiten aan bij de beleidsuitgangspunten van het ministerie van IenW, conform bijlage A van het rapport met generieke uitgangspunten (RWS, 2026).

2.4.1 Afvoerstatistiek

Binnen BOI2023 is gebruik gemaakt van statistiek die afkomstig is uit GRADE (Generator of Rainfall and Discharge Extremes). Dit is een combinatie van een stochastische neerslaggenerator, een hydrologisch model en een hydrodynamisch model, en is gebruikt voor het simuleren van extreme afvoeren in de Rijn bij Lobith, de Maas bij Borgharen en de Vecht bij Dalfsen. De ontwikkelingen van GRADE zijn gestart in 1998 en sinds 2014 (versie GRADE 2.0) is GRADE officieel toegepast binnen het WBI2017 voor het genereren van de afvoerstatistiek, bijbehorende statistische onzekerheden en de golfvorm.

Beoordelen (zichtjaar 2035)

Binnen BOI2023 is voor beoordelen gebruik gemaakt van GRADE 3.0 met daarin een nieuwe versie van de neerslaggenerator en betere fysieke modellering van overstromingen in Duitsland.

De uitwerking verschilt subtiel per riviertak:

1. In de afvoerstatistiek van de Rijntakken is, net als in WBI2017, rekening gehouden met overstromingen in Duitsland. Op die manier worden hoge afvoergolven 'afgetopt' via de fysische modellering in het GRADE-instrumentarium (Hegnauer et al., 2023). Het beleidsuitgangspunt om het effect van noodmaatregelen mee te nemen is vertaald naar een keuze voor de afvoerstatistiek inclusief inzet van 0,5 m aan noodmaatregelen in Duitsland (Buitink en Sperna Weiland, 2026). In WBI2017 is de inzet van noodmaatregelen (zandzakken) in Duitsland verwerkt in de onzekerheidsband. Door de aanpassingen aan het GRADE-instrumentarium zijn ook de (model)onzekerheden ervan gewijzigd, wat een wijziging geeft aan de statistische onzekerheid in de afvoerstatistiek.
2. Voor de afvoerstatistiek van de Maas is rekening gehouden met het onderlopen van de mijnverzakkingsgebieden in België, maar niet met de inzet van noodmaatregelen. Ook hier worden hoge afvoergolven dus afgetopt via de fysische modellering in het GRADE-instrumentarium (Hegnauer et al., 2022).
3. Voor WBI2017 is destijds een nieuwe werklijn voor Dalfsen afgeleid, gebaseerd op de HR2006, waarin op een pragmatische werkwijze het effect is meegenomen

van overstromingen bovenstrooms van Dalfsen (Geerse, 2016c). Voor BOI2023 is besloten om de werklijn uit te hanteren zónder het effect van overstromingen en daarop het effect van overstromingen uit GRADE 1.0 Vecht (2026) toe te passen, zie het Beslismemo van Van der Sleen (2023) en de GRADE-rapportage over de Vecht (Buitink et al. 2026).

4. De afvoer bij Olst op de IJssel is afgeleid op basis van de statistiek bij Lobith en de afvoer-afvoerrelatie tussen Lobith en Olst (Kuijper et al., 2026).

Ontwerpen (zichtjaren 2075 en 2125)

Voor ontwerpen zijn de resultaten uit GRADE 3.0 gebruikt, met daarop een klimaat-toeslag op basis van GRADE 3.1 (Buitink et al., 2025ab), om zo de werklijnen te transformeren naar afvoerstatistiek die past bij de toekomstige zichtjaren (Buitink en Weiland Sperna, 2026). Verder is ook voor ontwerpen voor de Rijntakken rekening gehouden met de inzet van 0,5 m aan noodmaatregelen in Duitsland, net zoals daar in de afvoerstatistiek uit OI2014 rekening mee is gehouden (Buitink en Weiland Sperna, 2026). Voor de Maas en de Vecht spelen, conform de beleidsuitgangspunten, noodmaatregelen geen rol. Doordat de statistiek van de Rijntakken en de Maas verandert voor ontwerpen, verandert ook de te gebruiken 1-op-1-relatie die de correlatie tussen de Rijn- en Maasafvoer weergeeft (zie paragraaf 2.5 en bijlage E van RWS, 2026).

Met bovenstaande uitgangspunten zijn afvoerstatistieken voor de rivieren doorgerekend met het meest actuele GRADE-model. Dit leidt onder andere vanwege de gemodelleerde overstromingen in Duitsland (zie punt 1 onder het kopje Beoordelen 2035) tot lagere waterstanden dan tot nu toe (RWS, 2026).

2.4.2 *Wind- en zeewaterstandstatistiek*

In BOI2023 is een verandering doorgevoerd in de statistiek van extreme wind en zeewaterstanden. Waar deze in WBI2017 en OI2014 nog gebaseerd werd op relatief korte meetreeksen van orde 40 jaar - 100 jaar, zijn deze in BOI2023 gebaseerd op een combinatie van modelsimulaties en meetgegevens. De hiervoor toegepaste modelsimulaties beschrijven een synthetische reeks van ca. 9.000 jaar waaruit de statistiek is afgeleid. Meetgegevens zijn gebruikt om systematische fouten in modelsimulaties van de zeewaterstanden te corrigeren; een hybride aanpak dus.

De veranderingen in BOI2023 zijn gebaseerd op langjarig onderzoek van het KNMI in opdracht van Rijkswaterstaat. De oorspronkelijke aanpak is naar aanleiding van expertgroepadviezen nog herzien en de methode en de resultaten staan beschreven in het KNMI-eindrapport (De Valk & Van den Brink, 2026).

De KNMI-update omvat qua scope de volgende basisstochasten en watersystemen (Bottema en Bus, 2026), zie bijlage E van (RWS, 2026):

1. De zeewaterstandstatistiek voor de Hollandse en Zeeuwse Kust (zowel de zandige als de niet-zandige keringen), de Waddenzee, de Ooster- en Westerschelde en de Rijn-Maasmonding. De bijbehorende statistische onzekerheid krijgt een update op basis van de nieuwe synthetische reeksen van het KNMI (De Valk & Van den Brink, 2026).
2. De windstatistiek voor de Hollandse en Zeeuwse Kust (zowel de zandige als de niet-zandige keringen), de Waddenzee, de Ooster- en Westerschelde, maar nog niet voor de Rijn-Maasmonding. Voor de watersystemen waarvoor de overstap naar de nieuwe statistiek niet is gemaakt, blijft de WBI2017-statistiek op basis van meetreeksen van de twee KNMI-landstations Schiphol en Deelen gebruikt worden. Voor de overstap naar de nieuwe windstatistiek in de kustgebieden zijn

voor de estuaria aanvullende correcties doorgevoerd op de statistiek van de windsnelheid, om de beschutting in rekening te brengen (Kuijper et al., 2026). Voor de Westerschelde is de wind op zee geschaald naar het KNMI-station Vlake van Raan in de monding van de Westerschelde en voor de Oosterschelde naar het beschutte KNMI-station Vlissingen, waarvoor in de productieberekeningen op de Oosterschelde al is gecorrigeerd (Stijnen et al., 2018). De bijbehorende statistische onzekerheid krijgt een update op basis van de nieuwe synthetische reeksen van het KNMI (De Valk & Van den Brink, 2026). Voor details verwijzen we naar hoofdstuk 3.

Voor het uitintegreren van de statistische onzekerheid is grotendeels aangesloten bij de uitgangspunten van WBI2017. Alleen voor de windstatistiek langs de kust (12 sectoren) is nu óók overgestapt naar een begrensd multiplicatief model (Kuijper et al., 2026), zodat dit consistent is met de stations Schiphol, Deelen en Vlissingen (voor OS), waar sprake is van 16 sectoren.

Voor zichtjaren 2075 en 2125 geldt dat het windklimaat niet wijzigt ten opzichte van 2035. Ook de zeewaterstandstatistiek verandert niet voor toekomstige zichtjaren, alleen de zeespiegel stijgt (paragraaf 2.4.4).

2.4.3 *Meerpeilstatistiek*

Voor de statistiek van het IJssel- en Markermeer is in BOI2023 aangesloten bij het vigerende beleid conform het Nationaal Waterprogramma (RWS-IenW, 2022):

- Het meerpeil is 'vastgehouden' met gematigde meerpeilpiekbeheersing.
- Voor zichtjaar 2035 is overgestapt op meerpeilstatistiek die bepaald is met het model DEZY (Kuijper et al., 2026) en dus niet langer (zoals in WBI2017) volledig gebaseerd is op metingen.
- Voor zichtjaren 2075 en 2125 is in de basis dezelfde statistiek gehanteerd als die uit 2035, maar is het meerpeil integraal verhoogd met respectievelijk 0,25 m en 0,30 m, conform de aanpak die ook in het OI2014 (versie 4) is gehanteerd. Op die manier is recht gedaan aan de bovengrens van de vastgestelde beleidsruimte van +0,30 m in 2100 bij een stijging van +1 cm/jaar vanaf 2050 (en dus gemaximeerd op +0,30 m).
- Op het Veluwerandmeer, het Volkerak-Zoommeer en het Grevelingenmeer wordt géén meerpeilstijging toegepast, een ander uitgangspunt dan in OI2014 (versie 4). De reden hiervoor is dat wordt aangenomen dat het peilbeheer tot 2125 behouden kan blijven onder klimaatverandering en omdat geen besluiten zijn genomen over grote aanpassingen in het waterbeheer in die periode.

2.4.4 *Zeespiegelstijging*

Direct gekoppeld aan de statistiek van de zeewaterstand, is de mate van zeespiegelstijging. Ook deze verandert binnen BOI2023 op basis van de laatste inzichten voor zowel beoordelen (zichtjaar 2035) als ontwerpen (zichtjaren 2075 en 2125).

In de productieberekeningen voor de fysica voor BOI2023 is uitgegaan van 5 cm zeespiegelstijging in 2035 ten opzichte van zichtjaar 2011. In de meest recente getallen van het KNMI is in de statistiek van de zeewaterstand rekening gehouden met 7,2 cm in 2035 ten opzichte van zichtjaar 2011. Deze (kleine) inconsistentie is geaccepteerd en niet eenvoudig te verhelpen. Voor ontwerpen geldt deze inconsistentie ook, daar is in de productieberekeningen voor de fysica voor BOI2023 uitgegaan van 45 cm (2075) en 100 cm (2125) zeespiegelstijging ten opzicht van 2035.

De zeespiegelstijging voor BOI2023 is in detail gerapporteerd in (Vos, 2026), zie bijlage C van het rapport Generieke uitgangspunten hydraulische belastingen BOI2023 (RWS,2026). In onderstaande tabel is een algemeen overzicht gegeven van de gehanteerde zeespiegelstijging.

Tabel 2-2: Overzicht van gehanteerde zeespiegelstijgingen voor beoordelen en ontwerpen.

Doel	Zichtjaar	Zeespiegelstijging (in cm)	
		t.o.v. 2023 (WBI2017)	t.o.v. 2035 (BOI2023)
Beoordelen	2035	+7 tot +14 (WBI2017) (*)	+ 0,0 (BOI2023)
	2050	+27 (OI2014)	
Ontwerpen	2075		+ 41,4 (BOI2023)
	2100	+77 (OI2014)	
	2125		+ 96,2 (BOI2023)

(*) In WBI2017 zijn de volgende gemiddelde toeslagen voor zeespiegelstijging en trendcorrecties toegepast voor het peiljaar 2023 (Chbab & De Waal, 2017):

- Voor de Hollandse Kust (met uitzondering van Hoek van Holland en Petten Zuid) de Waddenzee en de Westerschelde kust tot Hansweert geldt een toeslag van 0,08 m;
- Voor Hoek van Holland en Petten Zuid geldt een toeslag van 0,10 m;
- Voor de Westerschelde kust na Hansweert is een lineaire toename van 0,08 tot 0,14 m bij Bath aangehouden;
- Voor de Eems-Dollard is een gemiddelde toeslag van 0,07 m toegepast.

Binnen BOI2023 is deze ruimtelijke variatie losgelaten en is één representatieve waarde voor de gehele Nederlandse kust gehanteerd (Vos, 2026). De Hollandse IJssel vormt binnen BOI2023 een uitzondering. Voor dit watersysteem zijn zeewaterstanden gedefinieerd t.o.v. 1995 (zie paragraaf 3.5). Dit geeft een (kleine) inconsistentie met het uitgangspunt voor de Rijn-Maasmonding.

De zeespiegelstijging zoals gehanteerd in het OI2014, was gebaseerd op de Delta-scenario's voor 2050 en 2100. In paragraaf 5.3.1 van de meest recente Werkwijzer bepaling Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden (Smale, 2018b) is opgenomen dat klimaatscenario W+ is aangehouden, wat neerkomt op een zeespiegelstijging van 0,35 m in 2050 en 0,85 m in 2100 (geredeneerd vanuit 1990). Omdat de probabilistische modellen Riskeer en Hydra-NL zijn ontwikkeld voor de zichtjaren 2015-2023 is een deel van de zeespiegelstijging daarin al meegenomen. Dit komt neer op een (conservatieve) stijging van 0,08 m die reeds is verdisconteerd. Daarom is effectief gerekend met een zeespiegelstijging van 0,27 m in 2050 en 0,77 m in 2100 ten opzichte van zichtjaar 2023 (Tabel 2-2).

2.5 Correlaties

Bekend is dat (sterke) verbanden te vinden zijn tussen sommige (basis)stochasten. In de probabilistische en productieberekeningen van zowel WBI2017, OI2014 als BOI2023 is rekening gehouden met dergelijke correlaties:

- Verhoogde meerpeilen gaan vaak samen met verhoogde afvoeren op de IJssel en de Vecht: afvoer en meerpeil zijn derhalve (positief) gecorreleerd.
- Afvoeren zijn onderling gecorreleerd: tussen de Rijntakken en de Maas, maar ook tussen de IJssel en de Vecht.
- Hoge zeewaterstanden gaan gepaard met hoge windsnelheden uit zuidwestelijke tot noordelijke windrichtingen. Voor berekeningen in de kustgebieden zijn daarom

in de probabilistische modellen zogenaamde *s*-waarden⁵ nodig, die deze correlatie per windrichting vastleggen. Het model dat deze correlaties tussen de zeewaterstand en de windsnelheid vastlegt (het model met Constante Spreiding, 'model CS' genoemd in WBI2017) is ook in BOI2023 gehanteerd wanneer met Hydra-NL wordt gerekend. In Hydra-ring wordt het PCR-model gehanteerd. Voor meer informatie wordt verwezen naar het rapport Basisstochasten. Met de update van de wind- en zeewaterstandstatistiek vindt wel een update plaats van de correlaties tussen de windsnelheid en de zeewaterstandstatistiek (Tabel 11 in bijlage D uit Caspers et al., 2026).

- In de Rijn-Maasmonding en de Hollandse IJssel is ook sprake van correlaties tussen zeewaterstand en wind (boven land) uit zuidwestelijke tot noordelijke windrichtingen. In probabilistische berekeningen specificeert het Volkermodel (Volker, 1987) de conditionele kansverdeling voor de windsnelheid – gegeven de zeewaterstand en windrichting – en legt daarmee de correlatie tussen wind en waterstand vast. Het Volkermodel is ook in BOI2023 gehanteerd. Met de update van de zeewaterstandstatistiek⁶ vindt wel een aanpassing plaats van de parameters in het Volkermodel (Tabel 4 en 5 uit Caspers et al., 2026).
- In het Europoortgebied is sprake van correlatie tussen seiches en de zeewaterstand. Voor het meenemen van het netto-seiche-effect is aangesloten bij de getallen uit WBI2017. Wat wel nieuw is in BOI2023, is dat deze getallen zowel voor een open als een gesloten Europoortkering gebruikt worden, terwijl in WBI2017 alleen een gesloten keringsituatie werd beschouwd.
- De correlatie tussen de onzekerheid in de golfparameters neemt een aparte plek in, omdat deze (per locatie) is vastgelegd in de databases fysica (zie paragraaf 2.6).

Hoe met elk van deze specifieke correlaties is omgegaan, is per correlatie besproken in het relevante watersysteem in hoofdstuk 3.

2.6 Fysica

Wind

Binnen BOI2023 is de aftopping van de winddragcoëfficiënt voor alle *brede wateren* direct meegenomen binnen de hydraulische- en golfberekeningen met D-HYDRO en SWAN. Binnen WBI2017 is de dragafkapping alleen meegenomen op het IJsselmeer en de Oosterschelde en gebeurde dat via een correctie op de statistiek van de windsnelheid. Later is voor de Vecht-IJsseldelta (Slomp, 2021b) en de Oosterschelde (Stijnen et al., 2017) voor het eerst de overstap gemaakt om de dragaftopping direct mee te nemen via de waterstands- en golfberekeningen en de vertaling van potentiële wind naar open water wind. Deze aanpak is binnen BOI2023 overgenomen in de nieuwe productieberekeningen voor de meren en de Rijn-Maasmonding.

Voor de *smalle wateren* zijn de golfgroeiformules van Bretschneider gebruikt voor het genereren van de golven. Daarbij is uitgegaan van de openwaterwind in de Bretschneiderformulering, zodat aftopping binnen de formulering zelf geen rol speelt. De windsnelheid is vertaald naar een lagere "pseudowind", om recht te doen aan de dragafkapping. Zie voor details bijvoorbeeld bijlage C uit Van Lente et al. (2023a,b). De Hollandse IJssel vormt hierop een uitzondering, zie paragraaf 3.5.

⁵ Dit is de parameter in het geparametriseerde model die de mate van correlatie/spreiding tussen de potentiële windsnelheid en de zeewaterstand weergeeft, gegeven een bepaalde windrichtingssector. Een lagere *s*-waarde betekent een kleinere spreiding en dus een hogere mate van correlatie.

⁶ In de Rijn-Maasmonding is gebruik gemaakt van de windstatistiek van station Schiphol. Deze statistiek is ongewijzigd t.o.v. WBI2017.

Waterbeweging

Naast wijzigingen in de statistiek is in het BOI2023 voor een aantal watersystemen overgestapt van de vijfde naar de zesde generatie waterbewegingsmodellen. Tussen de modellen van deze generaties zitten grote verschillen, zoals de overgang naar nieuwe rekensoftware (van WAQUA naar D-HYDRO), een nieuw rekenrooster (van gestructureerd naar ongestructureerd), andere parameters en modelconcepten (onder andere Villemonte in plaats van Tabellenboek voor de overlaatformulering), een andere geometrie en een nieuwe kalibratie en validatie. Dit betreft de modellen in het hele rivierengebied (Rijntakken en Maas), een aantal meren (Markermeer, de Veluwerandmeren en het Grevelingenmeer) en het gebied van de Rijn-Maasmonding (inclusief het Volkerak-Zoommeer). De veranderingen per watersysteem staan in hoofdstuk 3. Specifiek voor de Hollandse IJssel is gebruik gemaakt van SOBEK, vanwege het grote aantal benodigde productieberekeningen voor dat specifieke watersysteem, maar ook omdat dwarsverhang op een smalle tak als de Hollandse IJssel naar verwachting geen rol van betekenis zal spelen. Voor de duinenkust is de manier om tot een rekenwaarde voor de waterstand te komen veranderd (RWS, 2023). De watersysteemspecifieke veranderingen zijn opgenomen in hoofdstuk 3.

Golven

De gebieden waar gebruik is gemaakt van SWAN respectievelijk Bretschneider zijn overwegend gelijk aan die uit WBI2017. In BOI2023 zijn alléén voor de merensystemen (Markermeer, Grevelingen, de Veluwerandmeren en het Volkerak-Zoommeer) en de brede wateren van de RMM (Haringvliet-Biesbosch, Europoort) nieuwe productieberekeningen met het golfmodel SWAN uitgevoerd. Voor het Volkerak-Zoommeer was in WBI2017 nog geen SWAN-model beschikbaar, dat is opgezet voor BOI2023. Voor de SWAN-berekeningen is gebruik gemaakt van landelijk afgeleide (generieke) instellingen (Gautier & Groeneweg, 2020; Oosterlo, 2021). Wat betreft golfcondities, die zijn gegenereerd met de formules van Bretschneider, heeft een update plaatsgevonden voor de Rijntakken, de Maas, de smalle wateren in de Rijn-Maasmonding, de Hollandse IJssel en de Eempolder (onderdeel van het Markermeergebied).

Databases fysica (Hydraulic Region Databases)

Ondanks dat voor BOI2023 niet voor alle watersystemen nieuwe productieberekeningen voor de waterstanden en golven zijn uitgevoerd, veranderen voor alle watersystemen de databases fysica ten opzichte van WBI2017 en OI2014. Zelfs als de fysica niet is veranderd, zijn wel nieuwe inzichten in de BOI2023-databases doorgevoerd ten opzichte van de WBI2017 en OI2014-databases:

- De (gebiedsafhankelijke) waarden voor de modelonzekerheid in de golfparameters zijn voor sommige gebieden gewijzigd;
- De correlatie in de modelonzekerheid van golfhoogte en golfperiode is toegevoegd. Deze correlatie is direct gekoppeld aan de modelonzekerheid in de golfparameters, welke is onderverdeeld in 3 typen watersystemen (Groeneweg, 2025), zie ook bijlage G in het rapport Generieke uitgangspunten hydraulische belastingen BOI2023 (RWS, 2026).

Nr.	Hoofdsysteem	p
I.	Kust, IJsselmeer, Markermeer, Oosterschelde	0,4
II.	Brede wateren in rivierengebied, Europoort, randmeren, Gooi- en Eemmeer, Grevelingen, Volkerak-Zoommeer	0,4
III.	Smalle wateren in rivierengebied, Eemvallei	0,5

Kort samengevat is het onderscheid gebaseerd op golfmodellering met SWAN of met Bretschneider.

- De inconsistentie in de modelonzekerheid van de golfparameters (de 'tekenfout') is hersteld. In Duits (2018) en Groeneweg (2018) is de problematiek uitgebreid beschreven en zijn inschattingen gegeven van de verwachte veranderingen.
- Voor het IJsselmeer en de Europoort is een aanpassing gedaan om de dubbele biascorrectie van de gemiddelde golfperiode te herstellen.
- Voor het Markermeer is overgestapt van HISWA naar SWAN als golfmodel, wat een aanpassing in de modelonzekerheid van de golfparameters met zich meebrengt.
- Verder is gebleken dat de gegevens voor de golfmodellering in de WBI2017-databases voor enkele deelwatersystemen (Europoort, IJsselmeer, Ketel- en Vossemeer) nog meer onjuistheden bevatten (Duits, 2018). Deze zijn hersteld in BOI2023.
- Gekoppeld aan de veranderingen in de fysica hebben de modeluitvoerlocaties (en de naamgeving ervan) een update gehad (Bénit & Paarlberg, 2022).

2.7 Probabilistische software en rekeninstellingen

In principe veranderen de belastingmodellen van Riskeer en Hydra-NL nagenoeg niet. Uitzondering vormen de belastingmodellen in Riskeer voor de Oosterschelde, de Hollandse IJssel en het Volkerak-Zoommeer. Bij de Oosterschelde is afgestapt van de methode van triangulaire interpolatie van de waterstanden in combinatie met het 1D-waterbewegingsmodel IMPLIC naar het 2D-waterbewegingsmodel WAQUA. De Hollandse IJssel en het Volkerak-Zoommeer vielen in WBI2017 nog onder de categorie C-keringen en zijn pas laat toegevoegd aan de scope. Dat is nu met BOI2023 hersteld. Deze modellen zijn nieuw ingebouwd in Riskeer op basis van de aanwezige belastingmodellen in Hydra-NL (Duits et al., 2017).

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de generieke veranderingen van de probabilistische software en bijbehorende rekeninstellingen. Eventuele gebieds-specifieke wijzigingen of aandachtspunten zijn benoemd in hoofdstuk 3 (Beoordelen: wijzigingen per watersysteem).

Rekeninstellingen		
Model	WBI2017	BOI2023
Hydra-NL	2.8.2 (soms eerdere versie)	2.9.1
Riskeer	23.1.1.1	25.1.2.1
Hydra-Ring (rekenhart)	23.1.1	25.2.2
Riskeer (config)	Rekeninstellingen zijn per norm-traject en per type berekening vastgelegd.	Er loopt nog onderzoek naar een update van de rekeninstellingen. Deze update wordt eind 2026 uitgeleverd.
Referenties	(Chbab & De Waal, 2017)	Release Notes (Deltares, 2025b) In de Verschil- en effectanalyses rekenen we met de vigerende versie van <i>het rekenhart</i> van Hydra-NL. Voor de officiële BOI2023 release is een nieuwe software-release gedaan met versienummer 2.9.2.

In Riskeer zijn verder diverse bugfixes gedaan en verbeteringen doorgevoerd aan de rekenmethodes (Deltares, 2025b). Ook in Hydra-NL hebben kleine veranderingen plaatsgevonden, vooral in de vorm van bugfixes, maar de verwachting is dat dit hooguit in uitzonderingsgevallen tot (kleine) verschillen zal leiden.

3 Beoordelen: wijzigingen per watersysteem

3.1 Toelichting

In hoofdstuk 2 zijn de generieke wijzigingen opgenomen die relevant zijn over alle watersystemen heen. In voorliggend hoofdstuk gaan we in op de belangrijkste wijzigingen per watersysteem.

3.2 Rijntakken

Onder de Rijntakken vallen in de verschilanalyse de volgende riviertakken: Bovenrijn, Waal, Pannerdensch Kanaal, Nederrijn / Lek en IJssel. De waterstanden langs deze riviertakken worden voornamelijk bepaald door de afvoer die bij Lobith ons land binnenkomt. Daarnaast spelen windgolven een rol in de hoeveelheid golfoverslag en belasting op de bekleding.

Delen van de normtrajecten liggen langs verschillende zijtakken van de IJssel; namelijk de Oude IJssel, het Twentekanaal en de Schipbeek. Deze zijtakken zijn niet (geheel) in de modelschematisaties van WBI2017 en BOI2023 opgenomen, maar gemodelleerd met laterale toestromingen. Het Twentekanaal is tot aan de sluis bij Eefde onderdeel van de modelschematisaties in WBI2017 en BOI2023, en dekt daarmee de normtrajecten langs het Twentekanaal in geheel. Voor de normtrajecten langs de Oude IJssel en Schipbeek is een aparte procedure voor de bepaling van de Hydraulische Belastingen uitgevoerd. Voor de normtrajecten in de Oude IJssel is in beginsel dit binnen WBI2017 en BOI2023 met dezelfde procedure gedaan (Van Lente et al., 2023b). Langs de Schipbeek zijn in WBI2017 geen hydraulische belastingen bepaald. In BOI2023 is dit wel gedaan en bevatten de databases van normtrajecten 51-1 en 53-1 ook locaties in de Scheepbeek.

In Tabel 3-1 zijn de specifieke wijzigingen voor het watersysteem Rijntakken opgenomen. Onder de tabel is een toelichting op de wijzigingen gegeven. Meer inhoudelijke details zijn terug te vinden in Bijlage B.2.

Tabel 3-1 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de Rijntakken.

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Databases fysica		
Waterstanden		
Software	WAQUA, 5 ^e generatie	D-HYDRO 6 ^e generatie
Afvoerverdeling	• Instelling regelwerken, zoals fysiek aanwezig • Regelwerk Pannerden vaste instelling voor sturen bij een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith • Hondsbroeksche Pleij boven de 16.000 m³/s is ingesteld op het ontzien van de Nederrijn (zo lang mogelijk afvoer maximaliseren op 3.380 m³/s)	Een andere afvoerverdeling op de Rijntakken die beter aansluit bij de werkelijkheid. In RWS-IenW (2025) is het volgende vastgesteld voor het regelwerk (o.b.v. de realistische / fysiek verwachte werking): • Zichtjaar 2035: Lek wordt ontzien bij 16.000 m³/s • Zichtjaar 2075 en 2125: Lek wordt ontzien bij 17.000 m³/s
Q-h-relatie	• Drie Q-h-relaties voor benedenranden: Werkendam (Waal), Krimpen a/d Lek (Lek) en bij de Ketelbrug op het Ketelmeer (IJssel) • Q-h-relatie bij de Ketelbrug WBI2017 bevat een tijdelijke afwijking van de procedure (Agtersloot & Paarlberg, 2016b)	• Q-h-relaties Werkendam en Krimpen zijn afgeleid met een werkversie van het RMM-model voor BOI2023 • De Q-h-relatie bij Ketelbrug komt overeen met die van het BenO (vergunningen)model voor de Rijntakken (Van Lente et al., 2023b)
Gebiedschematisatie	• Verwachte situatie 2017 • Vegetatie: situatie 1997	• Verwachte situatie 2035 • Vegetatie: tussenversie concept vegetatielegger 2020
Omgang droogval	Verwijderen belastingcombinaties die tot droogval leiden	100% gevulde database fysica o.b.v. terugvallocaties, aslocaties en interpolatie tussen belastingcombinaties
Modelonzekerheid waterstand	Nederrijn / Lek / Waal: $f_{\text{bias,corr}} = 0$ en $\sigma = 0,15$ IJssel: $f_{\text{bias,corr}} = 0$ en $\sigma = 0,20$	Conform WBI2017
Referenties	Agtersloot & Paarlberg (2016b)	Van Lente et al. (2023b)
Golven		
Strijk lengten	Contour op basis van bandijk-ban-dijk, waarbij géén rekening is gehouden met inliggende dijktrajecten of hoge objecten	Contour op basis van bandijk-bandijk, waarbij wél rekening is gehouden met hoge objecten (haventerreinen, landhoofden, grondlichamen, e.d.) en inliggende dijktrajecten eruit zijn geknipt
Omgang droogval	WBI2017-procedure + correcties in 2017 en 2018	BOI2023-procedure. Golftrandvoorwaarden op 0 gezet wanneer locatie droogvalt.

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Modelonzekerheid golfparameters	Nederrijn / Lek / Waal / IJssel: H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma=0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,03$ en $\sigma=0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,03$ en $\sigma=0,13$ Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	Nederrijn / Lek / Waal / IJssel: H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma=0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma=0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma=0,13$ Correlatie in modelonzekerheid golfparameters toegevoegd ($\rho = 0,5$)
Referenties	Generiek: Chbab & De Waal (2017) Droogval: Morris & Smale (2016) Droogval correctie: De Waal et al. (2020)	Van Lente et al. (2023b)
Statistiek		
Systeemwerking	- Rekening gehouden met overstromingen in Duitsland - Rekening houden met eventuele inzet van noodmaatregelen - Afvoer Rijn afgetopt op 25.000 m³/s (beoordelen) - Afvoer Rijn afgetopt op 18.000 m³/s (ontwerpen)	Conform WBI2017, maar: - Actuele dijkhoogtes meegenomen in laatste deel Rijn in Duitsland - Aftopping via fysica in GRADE (meegenomen in werklijn afvoer)
Afvoerstatistiek en statistische onzekerheid	GRADE 2.0	GRADE 3.0 (beoordelen), met toeslag o.b.v. klimaatsignaal uit GRADE 3.1 (ontwerpen)
Windstatistiek	WBI2017, locatie Deelen, 16 sectoren	WBI2017, locatie Deelen, 16 sectoren
Referenties	Chbab & De Waal (2017) OI2014v4 (2017)	Van Lente et al. (2023b) Kuijper et al. (2026)

3.3 Maas

De waterstanden langs de Maas worden voornamelijk bepaald door de afvoer die bij Borgharen ons land binnenkomt. Daarnaast spelen windgolven een rol in de hoeveelheid golfoverslag en belasting op de bekleding. De Maas is onderverdeeld in de *Gelderse en Brabantse Maas* en de *Maasvallei*. Dit onderscheid is nodig, omdat de rol van overstromingen (i.e. de omgang met systeemwerking) in beide situaties fundamenteel verschilt. Voor de *Gelderse en Brabantse Maas* is het overlopen van de Limburgse primaire keringen (overstroombare Limburgse Maaskeringen) wél meegenomen in het berekenen van de hydraulische belastingen. Voor de *Maasvallei* is dit overlopen van de primaire keringen niet meegenomen (niet overstroombare Maaskeringen). Dit uitgangspunten is in BOI2023 ongewijzigd ten opzichte van WBI2017.

Delen van de normtrajecten 76-1, 76a-1 en 77-1 liggen langs de Roer. Deze zijrivier is niet (geheel) in de modelschematisaties van WBI2017 en BOI2023 opgenomen, maar gemodelleerd met laterale toestromingen. Voor de normtrajecten langs de Roer is een aparte procedure voor de bepaling van de Hydraulische Belastingen uitgevoerd. In beginsel is dit binnen WBI2017 en BOI2023 met dezelfde procedure gedaan (Van Lente et al., 2023a).

In Tabel 3-2 zijn de specifieke wijzigingen voor het watersysteem Maas opgenomen. Onder de tabel is een toelichting gegeven, meer inhoudelijke details zijn terug te vinden in Bijlage B.3.

Tabel 3-2 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de Maas.

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Databases fysica		
Waterstanden		
Software	WAQUA, 5 ^e generatie	D-HYDRO, 6 ^e generatie
Rekenrooster	Rekenrooster was achteraf bij hogere afvoerniveaus te krap was en daarmee fungeerde als 'glazen wand'	- Realistische begrenzing rivierbed en daardoor uitbreiding van rekenrooster met 200 km². - Vollopen van het rivierbed verloopt fysisch correct, ook bij extreem grote afvoeren. In de Maasvallei heeft dit pas een impact voor grotere afvoeren (> 3800 m³/s)
Golfvorm	Afvoergolf conform gestelde uitgangspunten uit Smale (2014).	Nieuwe, bredere, GRADE 3.0 golfvorm o.b.v. het 55% percentiel
Q-h-relatie	Voor de benedenrand is een Q-h-relatie bij Keizersveer opgelegd.	De Q-h-relatie bij Keizersveer is afgeleid met de geactualiseerde afvoerstatistiek en aangepaste één op één-relaties voor Rijn en Maas binnen BOI, gebaseerd op recente GRADE 3.0 inzichten.
Gebiedschematisatie	- Vegetatie: situatie 1997 - Verwachte situatie in 2023 - Lob van Gennep (met een vaste drempel hoogte)	Vegetatie: tussenversie van de concept vegetatielegger 2020 Verwachte situatie in 2035: - Contelmo, Heerenlaak en Elerweerd - Systeemmaatregelen - Lob van Gennep (analoog WBI2017 met een vaste drempelhoogte)
Omgang droogval	Verwijderen belastingcombinaties die tot droogval leiden	100% gevulde database fysica o.b.v. terugallocaties, aslocaties en interpolatie tussen belastingcombinaties
Modelonzekerheid waterstand	Voor het eerst toegevoegd voor waterstand en golfparameters: $f_{bias,corr} = 0$ en $\sigma = 0,30$	Conform WBI2017
Referenties	Agtersloot en Paarlberg (2016a) De Waal et al. (2013) Smale (2014) Droogval: Morris & Smale (2016)	Van der Deijl en Van den Hoek (2026) Van Lente et al. (2023a)
Golven		
Strijklengte	Contour op basis van bandijk-bandijk, waarbij géén rekening is gehouden met inliggende dijktrajecten of hoge objecten.	Contour op basis van bandijk-bandijk, waarbij wél rekening is gehouden met hoge objecten (haventerreinen, landhoofden, grondlichamen, e.d.) en inliggende dijktrajecten eruit zijn geknipt

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Modelonzekerheid golfparameters	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma=0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,03$ en $\sigma=0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,03$ en $\sigma=0,13$ Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma=0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma=0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma=0,13$ Correlatie in modelonzekerheid golfparameters toegevoegd ($\rho = 0,5$)
Omgang droogval	WBI2017-procedure + correcties in 2017 en 2018	Golfhoogte is op 0 m gezet wanneer punt droogvalt
Referenties	Generiek: Chbab & De Waal (2017) Droogval: Morris & Smale (2016) Droogval correctie: De Waal et al. (2020)	Van Lente et al. (2023a)
Statistiek		
Afvoerstatistiek en statistische onzekerheid	O.b.v. GRADE 2.0	GRADE 3.0 (beoordelen), met toeslag o.b.v. klimaatsignaal uit GRADE 3.1 (ontwerpen)
Windstatistiek	WBI2017, locatie Deelen, 16 sectoren	WBI2017, locatie Deelen, 16 sectoren
Referenties	Chbab & De Waal (2017)	Van Lente et al. (2023a) Kuijper et al. (2026) RWS-IenW (2025)

3.4 Rijn-Maasmonding

Deze paragraaf wordt ingevuld in de volgende versie van dit rapport, dat in het najaar van 2026 wordt uitgeleverd. In deze versie worden ook de paragrafen over ontwerpen ingevuld.

3.5 Hollandse IJssel

Deze paragraaf wordt ingevuld in de volgende versie van dit rapport, dat in het najaar van 2026 wordt uitgeleverd. In deze versie worden ook de paragrafen over ontwerpen ingevuld.

3.6 IJssel-Vechtdelta

Tot de IJssel-Vechtdelta rekenen we in deze analyse de benedenloop van de IJssel, de hele Vecht, het Zwarte Water en Zwarte Meer, Reevediep, Drontermeer en Ketelmeer. De waterstanden in het gebied zijn bepaald door het samenspel van afvoeren en meerpeilen (stormopzet). Daarnaast spelen windgolven een rol in de hoeveelheid golfoverslag en belasting op de bekleding. Tot slot speelt het functioneren van de Ramspolkering een belangrijke rol bij de waterveiligheid in het gebied.

In 2021 heeft voor de IJssel-Vechtdelta een update plaatsgevonden binnen het WBI2017 en het OI2014 Slomp et al. (2021a). De omgeving had grote behoefte aan deze informatie bij ontwerpprojecten langs de Overijsselse Vecht en IJssel. In het oorspronkelijke WBI2017 is alleen het effect van Reevediep fase I (een regelbare inlaat op de IJssel) en een doorlaatmiddel bij Roggebotsluis opgenomen. Daarnaast zijn in WBI2017 alleen de maatregelen opgenomen die vóór het najaar van 2014 het gehele vergunningentraject hadden doorlopen. De belangrijkste wijzigingen in de

genoemde update ten opzichte van het WBI2017 zijn de aanleg van fase II van het Reevediep (MIRT2 besluit), de correctie van inconsistenties in het WBI2017 en het meenemen van enkele nieuwe inzichten, zoals een andere overlaatformulering voor de voorliggende kering tussen IJsselmuiden en de Ramspolkering Slomp et al (2021a). Deze update is als referentie gekozen in de verschilanalyse (en dus niet de oorspronkelijke WBI2017 fysica!) omdat deze wordt toegepast voor de beoordeling en ontwerp.

In Tabel 3-3 zijn de specifieke wijzigingen voor het watersysteem IJssel-Vechtdelta opgenomen. De belangrijkste wijzigingen zijn de aanleg van het Reevediep, uitbreiding van het SWAN modeldomein en de update van de statistiek. Onder de tabel zijn enkele hypothesen opgenomen over het verwachte effect van de wijzigingen op de waterstand en het hydraulisch belastingniveau.

Tabel 3-3 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de IJssel-Vechtdelta voor beoordelen

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Databases fysica		
Waterstanden		
Oorsprong	Update WBI2017 o.b.v. het amoveren van de Roggebotsluis van trajecten (m.u.v. 7-2, 8-4 Ketelmeer, 52a-1 52-2, 52-3, 52-4, 53-1, 53-2, 53-3 waar oorspronkelijke WBI2017).	Gelijk aan WBI2017
Software	WAQUA, 5 ^e generatie	
Discretisatie	7 windrichtingen, 7 potentiële windsnelheden, 6 IJsselmeerpeilen, 13 afvoeren IJssel & Vecht, 2 keringtoestanden	
Modelforcering - Wind	Ruimtelijk uniform, trapeziumverloop, winddraaiing, dragafkapping in fysica	
Modelforcering - afvoer	Afvoeren Vecht en IJssel (volledige correlatie)	
Modelforcering - overig	Keringstoestand Ramspolkering, IJsselmeerpeil	
Modelrooster	Kromlijng rooster	
Modelschematisatie	WAQUA-IJVD update voor WBI2017 - Reevediep fase II toegevoegd als nieuwe riviertak - Overlaatformulering in WAQUA voor normtraject 225 en geometrie zijn veranderd Oorspronkelijke WBI2017	
Modelonzekerheid waterstand	$\mu = 0$, $\sigma = 0.15 - 0,25$	
Omgang droogval	100% gevulde database fysica op basis van aanvullende locaties en interpolatie	
Golven		

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Oorsprong	WBI2017	Gelijk aan WBI2017
Software	SWAN: meren, Bretschneider: IJssel.	
Modelforcering - Wind	7 windsnelheden, 7 westelijke richtingen, oostelijke windrichtingen niet meegenomen, open en gesloten kering	
Modelforcering - Waterstand	Uniforme waterstandsvelden IJsseldelta en Ketelmeer	
Modelforcering - Stroming	Niet meegenomen	
Modelrooster	20 x 20 m regelmatig rooster	
Modelschematisatie	SWAN modeluitbreiding voor de IJssel, Drontermeer en Reevediep. Voor traject 8-4 en traject 7-2 langs het Ketelmeer oudere SWAN berekeningen.	Gelijk aan WBI2017
Modelonzekerheid golfparameters	SWAN H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,06$ en $\sigma = 0,15$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,12$ en $\sigma = 0,04$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,07$ Bretschneider H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma = 0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma = 0,13$	
Correlatie modelonzekerheid golfhoogte en -periode	$\rho = 0$	$\rho = 0,4$ voor brede wateren, $\rho = 0,5$ voor smalle wateren
Referenties	Agtersloot & Paarlberg (2016d), Slomp et al. (2021a)	
Statistiek		
Zichtjaar	2023	2035
Meerpeil	Statistische extrapolatie IJsselmeerpeil	Aangepast voor IJsselmeer op basis van DEZY berekeningen (update pompcapaciteit Afsluitdijk).
Afvoer	- Afvoer Olst (IJssel): afgeleid op basis van afvoerstatistiek Lobith GRADE2 (doorvertaling van Rijntakken productieberekeningen); - Afvoer Dalfsen (Vecht): statistische extrapolatie afvoer Dalfsen i.c.m. neerslagafvoer;	- Afvoer Olst (IJssel): afgeleid op basis van afvoerstatistiek Lobith GRADE3 (doorvertaling van Rijntakken productieberekeningen); - Afvoer Dalfsen (Vecht): werklijn WBI2017 i.c.m. effect overstromingen GRADE3;
Correlatiemodel	PCR-model	CS-model, $S = 1.2$ (m.u.v. trajecten 8-4, 10-2, 10-3, 11-1, 11-2 en 225)
Windsnelheid	Statistische extrapolatie potentiële windsnelheden Schiphol	Gelijk aan WBI2017

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Windrichting	Momentane kansdichtheden windrichting Schiphol, vertaald naar 16 sectoren	Gelijk aan WBI2017
Referenties	Geerse (2006) Slomp et al. (2021a) Caires (2009) Chbab (2016) Klopstra et al. (2002) Geerse & Verkaik (2010) Chbab & Groeneweg (2015)	Kuijper et al. (2026)

Hypotheses over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

- De fysica is voor WBI2017 en BOI2023 gelijk en dit zal geen verschil geven;
- Voor WBI2017 is destijds een nieuwe werklijn voor Dalfsen afgeleid, gebaseerd op de HR2006, waarin op een pragmatische werkwijze het effect is meegenomen van overstromingen bovenstrooms van Dalfsen (Geerse, 2016c). Voor BOI2023 is besloten om de werklijn uit te hanteren zónder het effect van overstromingen en daarop het effect van overstromingen uit GRADE 3.0 toe te passen (Buitink et al., 2025). De werklijnen buigen nauwelijks meer af en voor grote terugkeertijden ($>T = 10.000$ jaar) zullen de belastingen daarom naar verwachting toenemen.
- Specifiek voor de benedenloop van de IJssel (gebied rondom Kampen en de inlaat naar het Reevediep) verwachten we andere uitkomsten uit Riskeer, die naar verwachting beter zullen aansluiten bij de resultaten uit Hydra-NL door de aanpassingen aan de numerieke methoden in het rekenhart van Riskeer Deltares (2025b).

3.7 Meren

Onder de Meren vallen in deze analyse het IJsselmeer, Markermeer, Veluwerandmeer en het Grevelingenmeer. De hydraulische belastingen worden bepaald door een samenspel van het meerpeil met de wind in een (vrijwel) afgesloten systeem. Voor het IJsselmeer wordt apart rekening gehouden met de afvoer van de IJssel en de Vecht, maar niet als stochasten. Vanwege de specifieke kenmerken van elk van de genoemde meren, behandelen we deze separaat in paragrafen 3.7.1 t/m 3.7.4.

3.7.1 IJsselmeer

In Tabel 3-4 zijn de specifieke wijzigingen voor het watersysteem IJsselmeer opgenomen. Onder de tabel is een toelichting gegeven. Meer inhoudelijke details zijn terug te vinden in Bijlage B.6. Onder de toelichting staan enkele hypothesen over het verwachte effect van de wijzigingen op de waterstand en het hydraulisch belastingniveau. Er zijn geen wijzigingen in de fysica, met uitzondering van de overgang van type I naar type II onzekerheden voor de golfcondities in het Ketelmeer/Vossemeer en de toevoeging van de correlatie in de modelonzekerheid van de golven. De statistiek van de basisstochasten heeft in BOI2023 een update gekregen.

Tabel 3-4 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor het IJsselmeer voor beoordelen

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Databases fysica		
Waterstanden		
Oorsprong	WTI2011	Gelijk aan WBI2017
Software	WAQUA	
Discretisatie	16 windrichtingen, 9 windsnelheden, 5 meerpeilen	
Modelforcering - Wind	Ruimtelijk uniform, trapeziumverloop, winddraaiing, dragafkapping in windstatistiek	
Modelforcering - overig	Afvoer Vecht, IJssel, lateralen	
Modelrooster	Kromlijinig rooster	
Model schematisatie	Actualisatie 2010	
Modelonzekerheid waterstand	$\mu = 0$, $\sigma = 0,15 - 0,35$	
Omgang droogval	Verwijderen belastingcombinaties die tot droogval leiden	
Golven		
Oorsprong	WTI2011	Gelijk aan WBI2017
Software	SWAN (WTI2011 instellingen)	
Modelforcering - Wind	Ruimtelijk uniform, stationair, dragafkapping in windstatistiek	
Modelforcering - Waterstand	Ruimtelijk variërend (WAQUA)	
Modelrooster	Regelmatig rooster	
Model schematisatie	Gelijk aan WAQUA	
Referenties	Klein et al. (2010) Chbab & Groeneweg (2015)	
Modelonzekerheid golfparameters	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,99$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$	Ketelmeer/Vossemeer : H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,06$ en $\sigma = 0,15$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,12$ en $\sigma = 0,04$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,07$ Elders: H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$
Correlatie modelonzekerheid golfhoogte en -periode	$\rho = 0$	$\rho = 0,4$
Statistiek		
Zichtjaar	2023	2035

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Meerpeil	Statistische extrapolatie IJsselmeer-peil	Aangepast voor IJsselmeer o.b.v. DEZY berekeningen (update pompcapaciteit Afsluitdijk)
Windsnelheid	Statistische extrapolatie potentiële windsnelheden Schiphol	Gelijk aan WBI2017
Windrichting	Momentane kansdichtheden windrichting Schiphol, vertaald naar 16 sectoren	Gelijk aan WBI2017
Referenties	Geerse (2006) Caires (2009) Geerse & Verkaik (2010) Chbab & Groeneweg (2015) Chbab (2016)	RWS-IenW (2025) Kuijper et al. (2026)

Hypotheses over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

- Omdat de onderliggende productieberekeningen in BOI2023 niet zijn gewijzigd ten opzichte van WBI2017, zal dat geen oorzaak van verschillen zijn. Het herstel van de inconsistenties in de onzekerheid van de golfparameters zal wel voor veranderingen zorgen. De verwachting is dat de impact beperkt is, zie Duits, (2018);
- De statistiek verandert alleen voor het meerpeil. De verwachting is dat het effect van deze verandering beperkt zal zijn.

3.7.2

Markermeer

In

Tabel 3-5 zijn de specifieke wijzigingen voor het Markermeer opgenomen. De belangrijkste wijzigingen zijn de overgang naar de zesde generatie waterbewegingsmodellen (D-HYDRO), de afkapping van de winddrag en de update van de statistiek. Onder de tabel zijn enkele hypothesen opgenomen over het verwachte effect van de wijzigingen op de waterstand en het hydraulisch belastingniveau.

Tabel 3-5 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor het Markermeer

Onderdeel	WBI2017		BOI2023
Databases fysica			
Waterstanden			
Oorsprong	HR2001 en eerder (Markermeer)	HR2006 (IJburg, Eem)	BOI2035
Software	Delft2D	WAQUA	D-HYDRO
Discretisatie	12 windrichtingen, 6 windsnelheden, 3 meerpeilen	Idem	16 windrichtingen, 9 windsnelheden, 8 meerpeilen
Modelforcering - Wind	Sterk afwijkend ten opzichte van WBI2017 conventies voor vergelijkbare watersystemen.	Meer gelijkend op andere watersystemen, conform WBI2017 conventies	Ruimtelijk uniform (correctie Eem), trapeziumverloop, winddraaiing, dragafkapping in fysica

Onderdeel	WBI2017		BOI2023
	dragafkapping in windstatistiek		
Modelforcering - overig	Geen	Afvoer Eem	Afvoer Eem
Modelrooster	Kromlijinig rooster, ~600 - 35 m	Verfijnd rooster, ~300-100 m	Ongestructureerd, ~400 - 50 m
Modelschematisatie	Actualisatie 2001	Actualisatie 2004	Actualisatie 2021
Modelonzekerheid waterstand	$\mu = 0$, $\sigma = 0.15 - 0.35$	$\mu = 0$, $\sigma = 0.25/0,10$	Gelijk aan WBI2017
Omgang droogval	Ca. 275-125 m uit de teen	Ca. 50-15 m uit de teen	100% gevulde database fysica o.b.v. aanvullende locaties en interpolatie
Golven			
Oorsprong	HR2001	HR2006	BOI2035
Software	HISWA	SWAN (IJburg) & Bretschneider (Eem)	SWAN (Markermeer, Gooi- en Eemmeer) & Bretschneider (Eem)
Modelforcering - Wind	Ruimtelijk uniform, dragafkapping in windstatistiek	Uniform, stationair, dragafkapping in windstatistiek	Uniform, stationair, dragafkapping in fysica
Modelforcering - Waterstand	Ruimtelijk uniform, stationair	Ruimtelijk variërend, stationair	Ruimtelijk uniform, stationair
Modelforcering - Stroming	-	-	-
Modelrooster	Regelmatig rooster, 200-25 m	Regelmatig rooster, 160-20 m	Regelmatig rooster, 40 m
Modelschematisatie		Actualisatie 2004	Actualisatie 2021
Modelonzekerheid golven Markermeer (excl. IJburg)	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,98/1,02$ en $\sigma = 0,20/0,204$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,16/0,862$ en $\sigma = 0,11/0,095$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,16/0,862$ en $\sigma = 0,11/0,095$		H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$
Modelonzekerheid golven IJburg	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,95$ en $\sigma = 0,11$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,08$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,05$		Gelijk aan bovenstaand.
Modelonzekerheid golven Gooimeer, Eemmeer	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,98$ en $\sigma = 0,20$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,16$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,16$ en $\sigma = 0,11$		H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,06$ en $\sigma = 0,15$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,12$ en $\sigma = 0,04$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,13$
Modelonzekerheid golven Eemvallei	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,03$ en $\sigma = 0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,03$ en $\sigma = 0,13$		H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma = 0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma = 0,13$
Correlatie modelonzekerheid golfhoogte en -periode	$\rho = 0$		Eem: $\rho = 0,5$; elders: $\rho = 0,4$
Referenties	Lodder (2006) Botterhuis en Stijnen (2024)		Stijnen et al. (2022)
Statistiek			
Zichtjaar	2023		2035

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Meerpeil	Statistische analyse meet- en modelreeksen Markermeerpeil	Aangepast voor IJsselmeer op basis van DEZY berekeningen (update pomp-capaciteit Afsluitdijk)
Windsnelheid	Statistische extrapolatie potentiële windsnelheden Schiphol	Gelijk aan WBI2017
Windrichting	Momentane kansdichtheden windrichting Schiphol, vertaald naar 16 sectoren	Gelijk aan WBI2017
Referenties	Van Haaren & Spaan (1998) Van der Meer (2000) Lodder (2006) Caires (2009) Geerse & Verkaik (2010) Geerse (2014) Chbab & Groeneweg (2015)	Stijnen et al. (2022) RWS-IenW (2025) Slomp et al. (2026) Kuijper et al. (2026)

Hypotheses over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

De verschilanalyse tussen de eerdere en 6^e generatie modellen voor de Meren gaat in op de verschillen in de waterstanden, Botterhuis en Stijnen (2024). De belangrijkste wijzigingen zijn:

- Overgang naar de zesde-generatie software: onbekend effect. Door de (zeer) lange historie van de modelketen op het Markermeer is het niet mogelijk een vergelijking te maken met de vorige generatie software, Botterhuis en Stijnen (2024);
- Aantal en ligging van de uitvoerlocaties: onbekend effect. Het aantal en de ligging van de uitvoerlocaties is erg veranderd. De locatiedichtheid is in BOI2023 aanzienlijk omhoog gegaan (elke 100 m). Daarnaast liggen de locaties langs de teen van de waterkering en niet langer een halve kilometer uit de teen. Het is onbekend hoe groot dit verschil is en of de hydraulische belastingen hoger of lager zullen uitpakken, maar in potentie kan het gaan om verschillen in de orde van centimeters en oplopend tot decimeters.
- Winddragafkapping in fysica: verlagend effect. Dit is in WBI2017 verdisconteerd via de statistiek, waar dit in BOI2023 via de fysica (waterstands- en golfberekeningen) is meegenomen. Dit geeft naar verwachting meer reductie dan via de statistiek;
- Groter aantal meerpeilen: verlaging in het hoge bereik;
- Het herstel van de inconsistenties in de onzekerheid van de golfparameters zal wel voor veranderingen zorgen. De verwachting is dat dit voor een verlaging van de HBN's zorgt van orde 30%, Duits (2018);
- De statistiek verandert alleen voor het meerpeil. De verwachting is dat het effect van deze verandering beperkt zal zijn.

3.7.3

Veluwerandmeer

In Tabel 3-6 zijn de specifieke wijzigingen voor de Veluwerandmeren opgenomen. De belangrijkste wijzigingen zijn de overgang naar zesde generatie waterbewegingsmodellen (D-HYDRO), de afkapping van de winddrag en de update van de statistiek. Onder de tabel zijn enkele hypothesen opgenomen over het verwachte effect van de wijzigingen op de waterstand en het hydraulisch belastingniveau.

Tabel 3-6 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de Veluwerandmeren

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Databases fysica		
Waterstanden		
Oorsprong	HR2006	BOI2035
Software	WAQUA, 5 ^e generatie	D-HYDRO, 6 ^e generatie
Discretisatie	16 windrichtingen (Hydra-VIJ) , 9 windsnelheden, 4 meerpeilen	16 windrichtingen, 9 windsnelheden, 4 meerpeilen
Modelforcering - Wind	- Ruimtelijk uniform, trapezium-verloop, dragafkapping in statistiek - Windreductiefactor niet doorgevoerd	- Ruimtelijk uniform, trapezium-verloop, dragafkapping in fysica - Windreductiefactor van 3% voor gebruik station Lelystad en van 15% voor kalibratie
Modelrooster	20-40 m	Ongestructureerd, ~50 m
Modelonzekerheid waterstand	$h: \mu = 0, \sigma = 0.15 - 0.30$	Gelijk aan WBI2017
Omgang droogval	Strikte filtering en niet volledig gevulde databases, Morris & Smale (2016)	100% gevulde database fysica o.b.v. aanvullende locaties en interpolatie
Referenties	Den Bieman en Groeneweg (2017)	Bénit et al. (2026)
Golven		
Oorsprong	HR2006	BOI2035
Software	Bretschneider	SWAN
Modelforcering - Wind	Uniform, strijklengte afkomstig uit Fetch	Uniform, stationair
Modelforcering - Waterstand	Uniforme waterstanden	Uniform, stationair
Modelforcering - Strooming	-	-
Modelrooster	-	Regelmatig, 40 m
Modelonzekerheid golfparameters	$H_{m0}: f_{bias,corr} = 0,96 \text{ en } \sigma = 0,27$ $T_{m-1,0}: f_{bias,corr} = 1,03 \text{ en } \sigma = 0,13$ $T_p: f_{bias,corr} = 1,03 \text{ en } \sigma = 0,13$	$H_{m0}: f_{bias,corr} = 1,06 \text{ en } \sigma = 0,15$ $T_{m-1,0}: f_{bias,corr} = 1,12 \text{ en } \sigma = 0,04$ $T_p: f_{bias,corr} = 1,01 \text{ en } \sigma = 0,07$
Correlatie modelonzekerheid golfhoogte en -periode	Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	Correlatie in modelonzekerheid golfparameters ($\rho = 0,4$)
Referenties	Vlag & Bak (2004) Van Veen et al. (2008)	Bénit et al., (2026)
Statistiek		
Zichtjaar	2023	2035
Meerpeil	Statistische analyse meet- en modelreeksen meerpeil	Gelijk aan WBI2017
Windsnelheid	Statistische extrapolatie potentiële windsnelheden Schiphol, inclusief met windreductiefactor en kalibratiefactor	Gelijk aan WBI2017
Windrichting	Momentane kansdichtheden windrichting Schiphol, vertaald naar 16 sectoren	Gelijk aan WBI2017

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Referenties	Caires (2009) Geerse (2016) Geerse & Verkaik (2010)	Kuijper et al. (2026) RWS-IenW (2025)

Hypothesen over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

- Overstap naar zesde generatie modelschematisaties: beperkte verschillen, vooral meer detail nabij de oevers en rondom haventerreinen (Botterhuis & Stijnen, 2024);
- De overgang van Bretschneider naar SWAN zal naar verwachting een verlaging van de golfcondities geven door het effect van o.a. golfbreking en droogval.
- Eén van de belangrijkste redenen om de productieberekeningen voor het Veluwerandmeer opnieuw uit te voeren in BOI2023, is het reduceren van de windsnelheden door het gebruik van windstation Lelystad. Het waait landinwaarts (Lelystad) minder hard dan bij Schiphol, wat op het Veluwerandmeer (door de oriëntatie van het meer) naar verwachting een reductie van meerdere decimeters geeft op de hydraulische belastingen;
- De statistiek verandert alleen voor het meerpeil. De verwachting is dat het effect van deze verandering beperkt zal zijn.
- Het herstel van de inconsistenties in de onzekerheid van de golfparameters zal wel voor veranderingen zorgen. De verwachting is dat dit voor een verhoging van de HBN's zorgt van orde 30%, Duits (2018);

3.7.4 Grevelingenmeer

In Tabel 3-7 zijn de specifieke wijzigingen voor het watersysteem Grevelingenmeer opgenomen. De belangrijkste wijzigingen zijn de overgang naar zesde generatie waterbewegingsmodellen (D-HYDRO), de afkapping van de winddrag en de update van de statistiek. Onder de tabel zijn enkele hypothesen opgenomen over het verwachte effect van de wijzigingen op de waterstand en het hydraulisch belastingniveau.

Tabel 3-7 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor het Grevelingenmeer

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Databases fysica		
Waterstanden		
Oorsprong	HR2006, herstelactie WBI2017	BOI2023
Software	WAQUA, 5 ^e generatie	D-HYDRO, 6 ^e generatie
Discretisatie	16 windrichtingen, 10 windsnelheden, 5 meerpeilen	16 windrichtingen, 9 windsnelheden, 8 meerpeilen
Modelforcering - Wind	Ruimtelijk uniform	Ruimtelijk uniform, trapeziumverloop, geen winddraaiing, dragafkapping in fysica
Modelforcering – overig	-	-
Modelrooster	Kromlijng rooster, ~100-50 m	Ongestructureerd, ~100-50 m
Modelschematisatie	Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer	Grevelingen

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Modelonzekerheid waterstand	$h: \mu = 0, \sigma = 0.05 - 0.30$	Gelijk aan WBI2017
Omgang droogval	Onbetrouwbare locaties Slikken van Flakkee verwijderd	100% gevulde database fysica op basis van aanvullende locaties en interpolatie
Referenties	Van Veen en Sloodjes (2008) Den Bieman en Groeneweg (2017) Botterhuis en Stijnen (2024)	Stijnen et al. (2022)
Golven		
Oorsprong	HR2006, herstelactie WBI2017	Productieberekeningen BOI2023
Software	Bretschneider	SWAN (generieke landelijke instellingen)
Modelforcering – Wind		Ruimtelijk uniform windveld
Modelforcering - Waterstand		Vlakke initiële waterstand (basisstochast)
Modelforcering - Stroming	Niet meegenomen	Niet meegenomen
Modelrooster		Regelmatig en rechthoekig 20 m
Modelschematisatie		Grevelingen
Modelonzekerheid golfparameters	$H_{m0}: f_{bias,corr} = 0,96 \text{ en } \sigma = 0,27$ $T_{m-1,0}: f_{bias,corr} = 1,03 \text{ en } \sigma = 0,13$ $T_p: f_{bias,corr} = 1,03 \text{ en } \sigma = 0,13$	$H_{m0}: f_{bias,corr} = 1,06 \text{ en } \sigma = 0,15$ $T_{m-1,0}: f_{bias,corr} = 1,12 \text{ en } \sigma = 0,04$ $T_p: f_{bias,corr} = 1,01 \text{ en } \sigma = 0,07$
Correlatie modelonzekerheid golfhoogte en -periode	$\rho = 0$	$\rho = 0,4$
Referenties	Van Veen en Sloodjes (2008)	Deltares, (2021a) Stijnen et al. (2022)
Statistiek		
Zichtjaar	2023	2035
Meerpeil	Statistische analyse meet- en modelreeksen meerpeil	Gelijk aan WBI2017
Windsnelheid	Statistische extrapolatie potentiële windsnelheden Schiphol, inclusief met windreductiefactor en kalibratiefactor	Gelijk aan WBI2017
Windrichting	Momentane kansdichtheden windrichting Schiphol, vertaald naar 16 sectoren	Gelijk aan WBI2017
Referenties	Geerse (2016) Chbab & De Waal (2017)	Stijnen et al. (2020) RWS-IenW (2025) Kuijper et al. (2026)

Hypotheses over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

- We verwachten op basis van de andere fysica een redelijk goede overeenkomst tussen de resultaten van BOI2023 en WBI2017, alhoewel het niet mogelijk is strikt de oorzaak van de verschillen door de overstap van het oude naar het nieuwe waterbewegingsmodel te geven, Botterhuis en Stijnen (2024). De grootste verschillen worden veroorzaakt door de gewijzigde modelrandvoorwaarden (het wel/niet meenemen van de winddragafkapping) en verbetering van het aantal locaties (onderlinge afstand) in de databases. Dit kan in individuele

belastingcombinaties variëren van verlagingen van enkele decimeters, tot verhogingen van meer dan een meter.

- Ten opzichte van de relatief beperkte opwaaiing op de Grevelingen zelf, zorgen de brede voorlanden bij West-Flakkee (traject 24-5) in de resultaten van BOI2023 voor een aanzienlijke extra opzet die niet in de resultaten van WBI2017 zat.

3.8 Kust (harde keringen)

Onder de term 'kust' vallen in deze analyse in zijn algemeenheid de volgende watersystemen: Waddenzee (Oost en West), de Hollandse Kust (Noord, Midden en Zuid), en de Westerschelde⁷. Harde keringen langs de Zeeuwse kust zijn opgenomen in de watersystemen Hollandse Kust Zuid (Brouwersdam en Oosterscheldekering) en Westerschelde (traject 29-1). Er zijn geen harde keringen die deel uitmaken van deelsysteem Hollandse Kust Noord. De harde kering bij Den Helder (traject 13-4) maakt reeds in WBI2017 onderdeel uit van watersysteem Waddenzee West (Groeneweg 2019).

Hoge waterstanden langs de kustzone worden voornamelijk bepaald door een combinatie van getij en stormopzet. Daarnaast spelen windgolven een belangrijke rol bij de harde waterkeringen door golfoverslag en belasting op de bekleding.

3.8.1 Waddenzee

Het waterlichaam Waddenzee is onderverdeeld in twee watersystemen: Waddenzee Oost en West. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de kenmerken van de fysica, statistiek en rekeninstellingen, zoals gehanteerd voor de harde keringen in deze watersystemen in WBI2017 en BOI2023. Onder de tabel zijn hypothesen opgenomen over de verwachte effecten van de wijzigingen op de waterstand en het hydraulisch belastingniveau.

Tabel 3-8 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de Waddenzee

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Golven		
Oorsprong	KustDB2011 uit WTI-2011	Gelijk aan WBI2017
Software	SWAN 40.72ABCDE	
Variabelen in database (HRD)	Significante golfhoogte (H_{m0}), spectrale golfperiode ($T_{m-1,0}$) en golf-richting	
Modelforcering - Wind	5 ruimtelijk uniforme windsnelheden: 20, 25, 30, 35, 40 m/s 8 windrichtingen: 0, 90, 180, 210, 240, 270, 300, 330 ON	
Modelforcering - Waterstand	Non-uniforme waterstand uit WAQUA-Kuststrookmodel 3 waarden voor windopzet: 0, 2 en 4 m	

⁷ Zuiver beschouwd, bevatten niet al deze watersystemen 'harde keringen', maar in deze analyse rekenen we ook kunstwerken tot de harde keringen, omdat de hydraulische belastingen voor kunstwerken en harde keringen soortgelijk zijn (we maken wel onderscheid met duinen, zie paragraaf 3.10).

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Modelforcering - Strooming	Non-uniforme strooming uit WAQUA-Kuststrookmodel	
Modelforcering - faseverschil getijtop en stormpiek	3 faseverschillen: 0, 4 en 8 uur	
Relatief tijdstip t.o.v. stormpiek	5 waarden: -2, -1, 0, 1, 2 uur	
Modelforcering - golfrandvoorwaarden	Golfrandvoorwaarden o.b.v. forcing windrichting en windsnelheid	
Modelrooster	SWAN-model Waddenzee (kromlijinig rooster) beschreven in Gautier & Groeneweg (2010)	
Modelschematisatie	Bodemhoogte op basis van vaklodingen uit de periode 2003-2008, opgevuld met SBW-metingen, AHN en data uit Kuststrookmodel	
Referenties	SWAN modelbeschrijving: Gautier & Groeneweg (2010) Modelkalibratie en -validatie: Gautier (2010) Berekeningen: Klein & Kroon (2011a) Beschrijving: Chbab & De Waal (2017)	
Modelonzekerheid golfparameters	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,99$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ Correlatie tussen modelonzekerheden golfparameters ($\rho = 0,4$)
Statistiek		
Zichtjaar	2023	2035
Zeewaterstandstatistiek		
Zeewaterstandsstatistiek	Waterstanden voor verschillende terugkeertijden zijn afgeleid voor 12 kuststations. Hiervoor is gebruik gemaakt van metingen van hoogwaters tot 1985	Nieuwe statistiek KNMI'23 (Den Helder, Den Oever, Harlingen, Lauwersoog, Delfzijl, Huibertgat, Terschelling West)
Toeslagen en trendcorrecties (zss)	Waddenzee: 0,08 m (ten opzichte van 1985)	Geen toeslag of trendcorrectie. De door het KNMI afgeleide zee-waterstandsstatistiek is representatief voor 2035.
Statistische onzekerheid zeewaterstand	Geerse en Wojciechowska (2015)	Additief model met parameters uit nieuwe statistiek KNMI'23
Waterstandsverloop	Een trapeziumvormig tijdsverloop gesuperponeerd op het gemiddelde astronomische getij voor een locatie Basisduur 45 uur en topduur 2 uur Faseverschil opzet en getij 5,5 uur	Gelijk aan WBI2017
Windstatistiek		
Windstation	West-Terschelling	West-Terschelling en Den Helder

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Windsnelheid	Gebaseerd op meetreeksen van Terschelling-West uit de periode 1970-1995. Daarbij is een exponentiële kansverdeling gefit op POT series voor omnidirectionele en richtingsafhankelijke (12 sectoren van 30 graden) waarden.	Nieuwe statistiek KNMI'23, Voor de Waddenzee wordt een correctiefactor van 1 toegepast op de windsnelheid. Daarmee is de windstatistiek voor de Waddenzee gelijk aan de open water windstatistiek.
Kans op windrichting	De kans op een windrichting is voor de gehele kust gebaseerd op windstation Hoek van Holland. Voor het afleiden van de kansverdeling is data uit de periode 1970-2008 gebruikt.	Nieuwe statistiek KNMI'23, gebaseerd op Hoek van Holland
Correlatie wind-zeewaterstand	Model CS. s-waarden zijn voor hele kust bepaald uit metingen van windwaterstand voor 6 hoofdstations in de periode 1979-2008	Model CS. s-waarden o.b.v. nieuwe statistiek KNMI'23 met datafractie van 0.012 (Lauwersoog en Harlingen)
Statistische onzekerheid windsnelheid	Begrensd multiplicatief model met normaalverdeling met parameters: $\mu = 1$; $\sigma = 0,048$ (West Terschelling)	Begrensd multiplicatief model met parameters o.b.v. nieuwe statistiek KNMI'23 (West-Terschelling en Den Helder)
Referenties	• Windstatistiek: Caires (2009) en Chbab & De Waal (2017) • Zeewaterstandsstatistiek: Dillingh et. al. (1993) en Roskam et. al. (2000) • Toeslagen voor hoogwaterstijging en trendcorrecties: Eilander (2014) • Correlatie wind-zeewaterstand: Weerts & Diermanse (2004) en Chbab (2016) • Waterstandsverlopen voor de kustgebieden: Chbab (2015)	RWS-IenW (2025) Slomp et al. (2026) De Valk & Van den Brink (2025) Kuijper et al. (2026)

Hypotheses over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

Door de wijzigingen in de modelonzekerheid van de golven nemen zowel de golfhoogte als de golfperiode in BOI2023 toe ten opzichte van WBI2017. Bij gebruik van dezelfde statistiek is de golfhoogte circa 2% hoger en de spectrale golfperiode circa 8% hoger.

3.8.2 Hollandse Kust

De Hollandse Kust is onderverdeeld in drie watersystemen: Hollandse Kust Noord, Hollandse Kust Midden en Hollandse Kust Zuid⁸. De onderstaande tabel presenteert een overzicht van de kenmerken van de fysica, statistiek en rekeninstellingen zoals gehanteerd voor de harde keringen in deze systemen in WBI2017 en BOI2023. Onder de tabel zijn hypothesen opgenomen over de verwachte effecten van de wijzigingen op de waterstand en het hydraulisch belastingniveau.

⁸ Er zijn geen harde keringen die deel uitmaken van deelsysteem Hollandse Kust Noord. De harde kering bij Den Helder (traject 13-4) maakt reeds in WBI2017 onderdeel uit van watersysteem Waddenzee West.

Tabel 3-9 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de Hollandse Kust

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Golven		
Oorsprong	KustDB2006 uit HR2006	Gelijk aan WBI2017
Software	SWAN-versie 40.41 met patches A, B en a (Den Heijer et al., 2008)	
Variabelen in database (HRD)	Significante golfhoogte (H_{m0}), spectrale golfperiode ($T_{m-1,0}$) en golfrichting	
Modelforcering - Wind	6 windsnelheden met een noord-zuid verhang: 15, 20, 25, 30, 35, 40 m/s 7 windrichtingen: 0, 30, 210, 240, 270, 300, 330 ON	
Modelforcering - Waterstand	6 uniforme (horizontale) waterstanden: 1, 2, 3, 4, 5, en 6 m+NAP	
Modelforcering - Strooming	Strooming is niet beschouwd	
Modelforcering - golfbrandvoorwaarden	Bepaald uit de forcering voor windrichting en windsnelheid	
Modelrooster	Gebaseerd op WAQUA-Kuststrookmodel, met extra cellen aan de kustzijde. Resolutie bij de kust ong. 100 m in kustlangsrichting en 30 m in kustdwarsrichting	
Modelschematisatie	Gemiddelde bodemdpte over de periode 1994-2003 (Chbab & De Waal, 2017)	
Referenties	Berekeningen: Den Heijer et al.(2008) Beschrijving: Chbab & De Waal (2017)	
Modelonzekerheid golfparameters	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,99$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ Correlatie tussen modelonzekerheden golfparameters ($\rho = 0,4$)
Statistiek		
Zichtjaar	2023	2035
Zeewaterstandstatistiek		
Zeewaterstandsstatistiek	Waterstanden voor verschillende terugkeertijden zijn afgeleid voor 12 kuststations. Hiervoor is gebruik gemaakt van metingen van hoogwaters tot 1985	Nieuwe statistiek KNMI'23 (Vlissingen, Oosterschelde Buiten, Hoek van Holland, IJmuiden (virtueel), Den Helder, Terschelling West, Den Oever en Harlingen) Geen toeslag of trendcorrectie. De door het KNMI afgeleide zeewaterstandsstatistiek is representatief voor 2035

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Toeslagen en trendcorrecties	Hollandse kust: 0,08 m (ten opzichte van 1985) met uitzondering van Hoek van Holland en Petten Zuid, daar: 0,10 m (ten opzichte van 1985)	Geen trendcorrectie, omdat de statistiek is gebaseerd op 2035.
Statistische onzekerheid zeewaterstand	Additief model met een normaalverdeling op basis van zeewaterstanden en verkregen uit een synthetische reeks windgegevens (3439 jaren). Voor elk station is aangenomen dat $\mu = 0$ m. Per station is een standaardafwijking (σ) opgenomen die afhankelijk is van de terugkeertijd. Details in Geerse en Wojciechowska (2015). Merk op dat in Chbab & De Waal (2017) een <i>begrensd</i> additief model is gerapporteerd (komt niet overeen met HLCD).	Additief model met parameters uit nieuwe statistiek KNMI'23
Waterstandsverloop	Een trapezium tijdsverloop gesuperponeerd op het gemiddelde astronomische getij voor een locatie Basisduur 44 uur en topduur 2 uur Faseverschil opzet en getij 2,5 uur	Gelijk aan WBI2017
Windstatistiek		
Windstation	Hollandse Kust Midden: IJmuiden Hollandse Kust Zuid: Hoek van Holland	Nieuwe statistiek KNMI'23 (Zuid: Hoek van Holland, Midden: IJmuiden, Noord: Den Helder)
Windsnelheid	Gebaseerd op meetreeksen van windstation IJmuiden en Hoek van Holland uit de periode 1970-2008. Daarbij is een exponentiële kansverdeling gefit op POT series voor omnidirectionele en richtingsafhankelijke (12 sectoren van 30 graden) waarden	Nieuwe statistiek KNMI'23. Merk op dat voor de Hollandse Kust geen correctiefactoren worden toegepast
Kans op windrichting	De kans op een windrichting is voor de gehele kust gebaseerd op windstation Hoek van Holland	Nieuwe statistiek KNMI'23, station Hoek van Holland
Correlatie wind-zeewaterstand	Model CS. s-waarden zijn voor hele kust bepaald uit metingen van windwaterstand voor 6 hoofdstations in de periode 1979-2008	Model CS. s-waarden o.b.v. nieuwe statistiek KNMI'23 met datafractie van 0.012 (Zuid: Hoek van Holland, Midden: IJmuiden, Noord: Den Helder)
Statistische onzekerheid windsnelheid	Begrensd multiplicatief model met normaalverdeling met parameters: $\mu = 1$; $\sigma = 0,040$ (IJmuiden) $\mu = 1$; $\sigma = 0,036$ (Hoek van Holland)	Begrensd multiplicatief model met parameters o.b.v. nieuwe statistiek KNMI'23

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Referenties	• Windstatistiek: Caires (2009) en Chbab & De Waal (2017) • Zeewaterstandsstatistiek: Dillingh et. al. (1993) en Roskam et. al. (2000) • Toeslagen voor hoogwaterstijging en trendcorrecties: Eilander (2014) • Correlatie wind-zeewaterstand: Weerts & Diermanse (2004) • Waterstandsverlopen voor kustgebieden: Chbab (2015)	RWS-IenW (2025) Slomp et al. (2026) De Valk & Van den Brink (2025) Kuijper et al. (2026)

Hypotheses over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

- Bij berekeningen met modelonzekerheden nemen de golfhoogte en golfperiode in BOI2023 toe ten opzichte van WBI2017. Dat komt door de wijzigingen in de modelonzekerheid van de golven. Bij gebruik van dezelfde statistiek is de golfhoogte is circa 2% hoger en de spectrale golfperiode circa 8% hoger.
- De 1/10.000 per jaar zeewaterstandstatistiek (De Valk en Van den Brink, 2025) komt voor de Hollandse en Zeeuwse Kust circa 0,40 – 0,50 m lager uit dan WBI2017. Dat komt volgens de nieuwe KNMI-inzichten omdat de stormvloed van 1953 enkele malen zeldzamer is dan tot nu toe ingeschat. Rond de Waddenzee (inclusief Kop van Noord-Holland) komt KNMI veelal binnen 0,10 m van de WBI2017-getallen uit, soms wat hoger, soms wat lager.
- Als gevolg van de door KNMI afgeleide onzekerheden voor de zeewaterstanden langs de Hollandse en Zeeuwse kust vallen de waterstanden (bij grote terugkeertijd) veelal tot 0,10 m lager uit dan in het WBI2017, in het Waddengebied vaak tot 0,05 m hoger.
- Voor het hydraulisch belastingniveau (HBN) kunnen de verschillen ten opzichte van WBI2017 tot circa twee keer groter uitpakken dan voor de hierboven genoemde normwaterstanden. Hierin is al verdisconteerd dat de afhankelijkheid tussen zeewaterstand en wind in de KNMI-update (zie Bijlage E.5 van hun rapport) iets ongunstiger uitpakt dan in WBI2017.

3.8.3

Westerschelde

De onderstaande tabel presenteert een overzicht van de kenmerken van de fysica, statistiek en rekeninstellingen zoals gehanteerd voor de harde keringen in het watersysteem Westerschelde in WBI2017 en BOI2023. Onder de tabel zijn hypothesen opgenomen over de verwachte effecten van de wijzigingen op de waterstand en het hydraulisch belastingniveau.

Tabel 3-10 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de Westerschelde

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Golven		
Oorsprong	KustDB2011 uit WTI-2011	Gelijk aan WBI2017
Software	SWAN - versie en instellingen identiek aan Waddenzee	
Variabelen in database (HRD)	Significante golfhoogte (H_{m0}), spectrale golfperiode ($T_{m-1,0}$) en golfrichting	

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Modelforcering - Wind	6 windsnelheden met een noord-zuid verhang: 15, 20, 25, 30, 35, 40 m/s 7 windrichtingen: 0, 30, 210, 240, 270, 300, 330 ON	
Modelforcering - Waterstand	6 uniforme (horizontale) waterstanden: 1, 2, 3, 4, 5, en 6 m + NAP.	
Modelforcering - Stroming	Stroming is niet beschouwd	
Modelforcering - golftrandvoorwaarden	Bepaald uit de forcering voor windrichting en windsnelheid, op basis van de meest waarschijnlijke $T_{m-1,0}$	
Modelrooster	Kromlijinig rekenrooster gemaakt door Witteveen+Bos (2010)	
Modelschematisatie	Bodemschematisatie voor de Westerschelde is gebaseerd op metingen van 2007 en 2008	
Referenties	- Model kalibratie en validatie: Gautier (2010) - Berekeningen: Klein en Kroon (2011b) - Beschrijving: Chbab en De Waal (2017)	
Modelonzekerheid golfparameters	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,99$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ Correlatie in modelonzekerheid golfparameters toegevoegd ($\rho = 0,4$)
Statistiek		
Zichtjaar	2023	2035
Zeewaterstandstatistiek		
Zeewaterstandsstatistiek	Waterstanden voor verschillende terugkeertijden zijn afgeleid voor 12 kuststations. Hiervoor is gebruik gemaakt van metingen van hoogwaters tot 1985	Nieuwe statistiek KNMI'23 (Vlissingen (virtueel) en Hansweert)
Toeslagen en trendcorrecties	Vanaf Noordzee tot Hansweert: 0,08 m (ten opzichte van 1985) Vanaf Hansweert tot Bath: lineaire toename van 0,08 m tot 0,14 m (ten opzichte van 1985)	Geen toeslag of trendcorrectie. De door het KNMI afgeleide zeewaterstandsstatistiek is representatief voor 2035
Statistische onzekerheid zeewaterstand	Geerse & Wojciechowska (2015)	Additief model met parameters uit nieuwe statistiek KNMI'23
Waterstandsverloop	Een trapezium tijdsverloop gesuperponeerd op het gemiddelde astronomische getij voor een locatie Basisduur 44 uur en topduur 2 uur Faseverschil opzet en getij 2,5 uur	Gelijk aan WBI2017
Windstatistiek		
Windstation	Vlissingen	Meetstation Vlake van Raan (monding Westerschelde)

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Windsnelheid	Gebaseerd op meetreeksen van windstation Vlissingen uit de periode 1970-2008. Daarbij is een exponentiële kansverdeling gefit op POT series voor omnidirectionele en richtingsafhankelijke (12 sectoren van 30 graden) waarden	Nieuwe statistiek KNMI'23, met aangepaste correctiefactoren voor de windsnelheid. Daarmee is de windstatistiek voor de Westerschelde een afgeleide van de windstatistiek op open zee.
Kans op windrichting	De kans op een windrichting is voor de gehele kust gebaseerd op windstation. Hoek van Holland	Nieuwe statistiek KNMI'23, windstation Hoek van Holland
Correlatie wind-zee-waterstand	Model CS. s-waarden zijn voor hele kust bepaald uit metingen van wind-waterstand voor 6 hoofdstations in de periode 1979-2008	Model CS. s-waarden o.b.v. nieuwe statistiek KNMI'23 met datafractie van 0.012 (Vlissingen)
Statistische onzekerheid windsnelheid	Begrensd multiplicatief model met normaalverdeling met parameters: $\mu = 1$; $\sigma = 0,042$ (Vlissingen)	Begrensd multiplicatief model met parameters o.b.v. nieuwe statistiek KNMI'23
Referenties	- Windstatistiek: Caires (2009) en Chbab & De Waal (2017) - Zeewaterstandsstatistiek: Dillingh et al. (1993) en Roskam et al. (2000) - Toeslagen voor hoogwaterstijging en trendcorrecties: Eilander (2014) - Correlatie wind-zeewaterstand: Weerts & Diermanse (2004) - Waterstandsverlopen voor de kustgebieden: Chbab (2015)	RWS-IenW (2025) Slomp et al. (2026) De Valk & Van den Brink (2025) Kuijper et al. (2026)

Nadere toelichting op bovenstaande tabel

Het vigerende windstation voor de Westerschelde is gewijzigd van KNMI-meetstation Vlissingen (WBI2017) naar KNMI-meetstation Vlake van Raan (BOI2023) in verband met een betere representatie van noordwestelijke winden, welke juist relevant zijn voor de Westerschelde (Kuijper et al., 2026).

Hypotheses over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

- Door de wijzigingen in de modelonzekerheid van de golven nemen de golfhoogte en golfperiode in BOI2023 toe ten opzichte van WBI2017. Bij gebruik van dezelfde statistiek is de golfhoogte circa 2% hoger en de spectrale golfperiode circa 8% groter.
- De wijziging van het windstation naar Vlake van Raan leidt naar verwachting tot hogere hydraulische belastingniveaus, met name voor trajecten 29-1 en 32-1 t/m 32-4.

3.9

Oosterschelde

Het bekken van de Oosterschelde zien we in deze analyse als een apart watersysteem en niet als onderdeel van de Kust of de Meren. Dit komt omdat de hydraulische belastingen op de Oosterschelde sterk beïnvloed worden door het functioneren van de Stormvloedkering Oosterschelde. Hoge waterstanden volgen daarnaast uit een combinatie van getij en stormopzet, veroorzaakt door de wind. De windrichting en

windsnelheid spelen tevens een belangrijke rol bij de hoeveelheid golfoverslag en de belasting op de bekledingen.

In het watersysteem Oosterschelde is veel veranderd bij de overstap van WBI2017 naar BOI2023, zowel in de fysica (waterstanden/golven), de statistiek als in de probabilistische modellen.

In WBI2017 werd gebruik gemaakt van een database met resultaten van IMPLIC. Dit is een 1D-model voor de berekening van waterstanden in de Oosterschelde, gegeven de zeewaterstand bij OS11, wind en sluitgedrag van de Oosterscheldekering. De golven waren afkomstig van SWAN-berekeningen uit de HR2006, uitgevoerd in 1997/1998. Om van IMPLIC-locaties naar oeverlocaties te gaan, werd gebruik gemaakt van triangulaire interpolatie en extrapolatie (Den Bieman & Groeneweg, 2017).

In 2016 is de Pilot BOI2023 uitgevoerd waarin de overstap is gemaakt naar WAQUA (Van der Kaaij, 2017 met aanpassingen zoals beschreven in Paarlberg et al., 2016) en een nieuwe set SWAN-berekeningen (Gautier, 2018) zijn uitgevoerd. Deze overstap maakte het nodig om met veel minder stochastcombinaties te werken, waardoor flink is uitgedund in bijvoorbeeld het aantal zeewaterstanden en keringtoestanden (Geerse en Stijnen, 2016). In 2016 is alleen Hydra-NL geschikt gemaakt voor het nieuwe belastingmodel. In 2024 volgde ook Riskeer vanaf versie 24.1 (Deltares, 2025), waarbij rekeninstellingen zijn vastgelegd in Teng en Groeneweg (2025). De berekeningen uit de pilot BOI2023 krijgen een plek in het formele BOI2023.

Andere relevante aanpassingen zijn:

- Overstap naar nieuwe zeewaterstandstatistiek (zie paragraaf 2.4);
- Corrigeren voor beschuttingseffecten in de windstatistiek van Vlissingen;
- Overstap van 12 naar 16 windrichtingen;
- Aanpassing biascorrectie voor de golfhoogte en golfperiode (correctie voor de zogenaamde 'tekenfout'), zie Duits (2018) en Kuijper en Oomen (2023);
- Aanpassing modelonzekerheid waterstanden, zie Kuijper en Oomen (2023).
- Toevoegen van correlatie tussen modelonzekerheden voor de golfhoogte en golfperiode met een correlatiecoëfficiënt van $p=0,40$, aansluitend bij andere brede wateren. N.B. Dit wijkt af van de in Kuijper en Oomen genoemde $p=0,50$.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillen.

Tabel 3-11: Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de Oosterschelde

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Databases fysica (HRD)		
Waterstanden		
Oorsprong	Database Prespeil (Van Manen, 2008)	Pilot WBI2023
Software	IMPLIC (herkomst niet zeker: Van Manen, 2008 of versie uit 2011)	WAQUA (Van der Kaaij, 2015 en Paarlberg et al., 2016)
Wind	12 windrichtingen, 5 windsnelheden	16 windrichtingen, 10 windsnelheden
Windvelden	Geen beschuttingseffecten	Ruimtelijk variabel incl. beschuttingseffecten bij station Vlissingen
Zeewaterstand	51 zeewaterstanden bij OS11	50 zeewaterstanden
Stormduren	20, 40, 60, 80, 100 uur	40, 60, 80 uur

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Faseverschillen	-260, 0, 260 minuten	-320 minuten
Kering	2x9 faalscenario's	2x4 faalscenario's
Modelonzekerheid waterstanden	$\mu = -15$ cm, $\sigma = 15$ en 20 cm (afhankelijk van de locatie)	$\mu = 0$ cm, $\sigma = 15$ cm (Kuijper en Oomen, 2023)
Beheerruimte	Niet toepassen	Gelijk aan WBI2017
Referenties	Den Bieman & Groeneweg (2017)	Geerse & Stijnen (2016)
Golven		
Oorsprong	HR2006 (1997-1998)	Pilot WBI2023 (2016)
Software	SWAN, onbekende oude versie met geneste roosters	SWAN-versie 41.10.2 (zonder geneste roosters)
Wind	12 windrichtingen + aantal windsnelheden	Als WAQUA
Windvelden	Uniforme wind	Als WAQUA
Waterstanden	Vlakke waterstanden: 0, 2, 3 en 4 m+NAP	29 vlakke waterstanden tussen -2 en 6,5 m+NAP
Stroming	Geen stroming in SWAN	Geen stroming in SWAN
Modelonzekerheid golfparameters	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,99$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ Correlatie modelonzekerheid golfparameters ($\rho = 0,4$)
Referenties	Den Bieman & Groeneweg (2017) Van Vledder & Hartsuiker (1998)	Gautier (2018)
Statistiek (HLCD)		
Zichtjaar	2023	2035
Zeewaterstand	OS11 WBI2017, 12 richtingen	Nieuwe statistiek KNMI'23 (OS11, 16 richtingen)
Zeespiegelstijging	Verwerkt in WBI2017 zeewaterstandstatistiek	Geen toeslag of trendcorrectie. De door het KNMI afgeleide zeewaterstandsstatistiek is representatief voor 2035
Windsnelheid	Vlissingen WBI2017, 12 richtingen (Chbab, 2016)	Nieuwe statistiek KNMI'23 meetstation Vlissingen (16 richtingen), met aangepaste correctiefactoren voor de windsnelheid i.v.m. windvelden. Daarmee is de windstatistiek voor de Oosterschelde een afgeleide van de openwaterwindstatistiek.
Windrichting	Vlissingen WBI2017, 12 richtingen (Chbab, 2016)	Nieuwe statistiek KNMI'23 (locatie Vlissingen, 16 richtingen)
Correlatiemodel wind/waterstand	PC-Ring (Vlissingen/OS11)	Model CS. s-waarden o.b.v. nieuwe statistiek KNMI'23 (OS11) met datafractie van 0.012 (Caspers et al., 2026)
Referenties	Den Bieman & Groeneweg (2017)	Deltares (2025) RWS-IenW (2025) Slomp et al. (2026) De Valk & Van den Brink (2025) Kuijper et al. (2026)

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Rekeninstellingen (config)		
Hydra-Ring	Preprocessor Oosterschelde	Preprocessor Oosterschelde
Referenties	Den Bieman & Groeneweg (2017)	Teng & Groeneweg (2025)

Nadere toelichting op de bovenstaande tabel

Er zijn alleen Riskeerdbases beschikbaar met IMPLIC-resultaten voor alle oeverlocaties. Hierin zit het resultaat van een zogenaamde preprocessor, die het aantal stochasten fors reduceert tot alleen wind en waterstand. Hydra-NL kan niet omgaan met het resultaat van deze preprocessor, maar vraagt om de originele HRD's. Hydra-NL-databases met IMPLIC-resultaten zijn alleen beschikbaar voor een selectie aan steunpunten, bijvoorbeeld uit het Kennisprogramma Zeespiegelstijging of onderzoeksdoeleinden in de Pilot BOI2023 voor de Oosterschelde (Geerse en Stijnen, 2016). Er zijn dus geen officiële WBI2017-databases voor Hydra-NL beschikbaar. De verschilanalyse wordt daarom in principe volledig gebaseerd op Riskeer. Alleen voor het uitsplitsen van invloeden wordt gebruik gemaakt van Hydra-NL, waarbij in de BOI2023-database bijvoorbeeld een invoerbestand met BOI2023-statistiek wordt vervangen door een bestand met WBI2017-statistiek.

De locatie van het gebruikte windstation voor de Oosterschelde is ongewijzigd gebleven (KNMI-meetstation Vlissingen), maar de windstatistiek zelf is gebaseerd op een open Noordzee windlocatie ten noordwesten van Vlissingen en vertaald met een set factoren naar het meer beschut gelegen KNMI-meetstation Vlissingen. Dit is gedaan in verband met een betere representatie van de lokale beschuttingseffecten rondom Vlissingen (Kuijper et al., 2026). Op die manier is de windstatistiek compatibel met de productieberekeningen (Caspers et al., 2026 en Kuijper et al., 2026).

Hypothesen over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

- Vergelijking WAQUA met IMPLIC (Stijnen et al., 2018). De verwachte verschillen in de waterstanden zijn over het algemeen klein, meestal minder dan 0,1 m. De verschillen in de hydraulische belastingniveaus kunnen iets groter zijn, maar ook deze blijven naar verwachting beperkt (op specifieke locaties orde 0,2 m).
- Triangulaire interpolatie en extrapolatie uit WBI2017 kan mogelijk tot relatief grote verschillen leiden in uithoeken van de Oosterschelde, zoals bij Sint Philipsland.
- De verandering in de zeewaterstandstatistiek leidt tot orde 40 cm - 50 cm lagere zeewaterstanden (Hoek van Holland – Vlissingen). Dit heeft ook significante invloed op de Oosterschelde, hoewel enigszins gedempt door de aanwezigheid van de Oosterscheldedekering.
- In BOI2023 is overgestapt naar nieuwe SWAN-berekeningen, inclusief talrijke updates in fysische formuleringen in SWAN tussen 1997 en 2016. Deze overstap heeft onbekende en naar verwachting aanzienlijke effecten, maar een vergelijking is niet voorhanden.

3.10 Kust (duinen)

De zandige keringen langs de hele kust (Westerschelde, buitenzijde Oosterschelde, Zeeuwse- en Hollandse Kust en Waddenzee) worden net als de harde keringen langs de kust belast door een combinatie van getij en stormopzet, aangedreven door de wind. Ze wijken in methode echter af van de harde keringen. Voor dit type waterkering is slechts één faalmechanisme van toepassing: duinafslag. De statistiek van de golven en de zeewaterstand wordt gebruikt als basisstochast. Anders dan voor

watersystemen met harde keringen, worden voor dit watersysteem de golfcondities via een deterministische relatie afgeleid van de waterstand en volgen deze niet uit productieberekeningen waarin windsnelheid, windrichting, waterstand als stochasten worden beschouwd.

De lokale waterstand volgt uit een lineaire interpolatie langs zeven steunpunten op diepwater, waar zeewaterstandstatistiek beschikbaar is (zie par. 2.5.3.2 in (Deltares, 2025a)). Welke steunpunten worden gebruikt voor interpolatie is afhankelijk van de ligging en oriëntatie van de duinlocatie (JARKUS-raai). De methode verschilt dus van de triangulaire interpolatie voor dijken.

Nieuw instrumentarium als uitgangspunt

Binnen het BOI2023 is een nieuw instrumentarium ontwikkeld om de veiligheidsbeoordeling van de zandige kust van Nederland mee uit te voeren. In het nieuwe instrumentarium wordt gebruik gemaakt van het procesgebaseerde numerieke model XBeach. Voorheen werd gebruik gemaakt van het empirisch duinafslagmodel Duros+. Een uitgebreide analyse van de verschillen en consequenties van het implementeren van het nieuwe instrumentarium is te vinden in RWS (2023). Dit nieuwe instrumentarium is reeds ingevoerd in de huidige beoordelings- en ontwerppraktijk en beschouwen we daarom binnen de Verschil- en Effectanalyses als onderdeel van het WBI2017. Dit instrumentarium is voor BOI2023 dus verder niet veranderd.

Tabel 3-12 Belangrijkste wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 voor de Kust

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
Statistiek		
<i>Zeewaterstandstatistiek</i>		
Zeewaterstandsstatistiek	Waterstanden voor verschillende terugkeertijden zijn afgeleid voor 7 steunpunten. Hiervoor is gebruik gemaakt van metingen van hoogwaters tot 1985.	Nieuwe statistiek KNMI'23 (Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden, Den Helder, Eierlandse Gat (Texel Noord) en Borkum)
Toeslagen en trendcorrecties	Dillingh & De Lima Rego (2010)	Geen toeslag of trendcorrectie. De door het KNMI afgeleide zee-waterstandsstatistiek is representatief voor 2035.
Methode Rekenpeil	Wordt afgeleid uit de waterstand om met een semi-probabilistische methode een faalkansinschatting te maken met het nieuwe instrumentarium. Meer details in (Van der Baan, Lenstra, Steetzel en Velhorst, 2023).	Gelijk aan WBI2017
Statistische onzekerheid zee-waterstand	Geerse & Wojciechowska (2015)	Additief model met parameters uit nieuwe statistiek KNMI'23
Waterstandsverloop	Een trapeziumvormig tijdsverloop gesuperponeerd op het gemiddelde astronomische getij voor een locatie	Gelijk aan WBI2017

Onderdeel	WBI2017	BOI2023
	Basisduur 44 uur en topduur 2 uur. Faseverschil opzet en getij 3,5 uur	
Referenties		RWS-IenW (2025) Slomp et al. (2026) De Valk & Van den Brink (2025) Kuijper et al. (2026)
Modelnauwkeurigheid (bias en scatter)	Onzekerheid en bias van sterktemodel is in rekening gebracht door toepassen van relatief iets hogere rekenwaarde waterstand en komt niet meer expliciet terug in door gebruiker in te voeren waarden	
Referenties	Steetzel et al. (2023a), Steetzel et al. (2023b), RWS (2023)	
Statistiek van Golfcondities		
Golfhoogte (H_s)	Afgeleid uit deterministische relatie met waterstand	Gelijk aan WBI2017
Tijdsverloop golfhoogte	Coumou, McCall, van Santen en Steetzel (2023)	
Piekperiode (T_p)	Deterministische relatie met golfhoogte op steunpunt	
Tijdsverloop piekperiode	Coumou, McCall, van Santen en Steetzel (2023)	
Statistische onzekerheid golfcondities	Niet toegepast in nieuw instrumentarium. Direct met verwachtingswaarden gerekend (volgend uit waterstand)	
Referenties	Coumou, McCall, van Santen en Steetzel (2023)	
Overige Stochasten		
Sedimentkorreldiameter (D_{50})	Gemiddelde waarde van D_{50} van het duinzand	Gelijk aan WBI2017
Modelnauwkeurigheid (bias en scatter)	Onzekerheid en bias van sterktemodel is in rekening gebracht door toepassen van relatief iets hogere rekenwaarde waterstand en komt niet meer expliciet terug in door gebruiker in te voeren waarden	
Referenties	Steetzel et al. (2023a), Steetzel et al. (2023b), RWS (2023)	

Hypotheses over verschillen tussen WBI2017 en BOI2023

Aangezien het nieuwe instrumentarium reeds als referentie (WBI2017) wordt gehanteerd, verwachten we alleen verschillen door de implementatie van de nieuwe zeewaterstandsstatistiek. Aangezien modelonzekerheid van de golven niet expliciet meegenomen wordt voor dit watersysteem, verwachten we geen wijzigingen door aanpassingen in deze modelonzekerheden. De gewijzigde relatie tussen zeewaterstand en wind (en daarmee golven) in BOI2023 heeft geen effect op het watersysteem kust (Duinen), doordat de wind niet als stochast beschouwd wordt in dit watersysteem en de deterministische relatie tussen waterstand en golven niet gewijzigd is.

4 Ontwerpen: wijzigingen per watersysteem

Dit hoofdstuk wordt ingevuld in een volgende versie van dit rapport, dat in het najaar van 2026 wordt uitgeleverd.

5 Werkwijze

Paragrafen 5.1 (Selectie locaties) en 5.2 (Overzicht berekeningen) zijn onderdelen van de werkwijze die belangrijk zijn om te benoemen voor de uitgangspunten (onderdeel van WP1). Paragraaf 5.3 en 5.4 gaan nader in op de uitgangspunten voor respectievelijk WP2a en WP2b. Paragraaf 5.5 geeft een toelichting op de scope van de analyses door in te gaan op de duiding en het detailniveau. In paragraaf 5.6 lichten we toe welke visualisaties zijn gehanteerd.

5.1 Selectie locaties

De selectie van locaties voor het uitvoeren van de Verschil- en effectanalyse is ingegeven op basis van de volgende uitgangspunten:

- Ze moeten zoveel mogelijk aansluiten bij de reeds beschikbare gegevens in de landelijke testbanken van Riskeer en Hydra-NL.
- De locaties zijn zoveel mogelijk representatief voor een normtraject. Daarmee is bedoeld dat locaties die vanuit het perspectief van testen (zoals interessante locaties of uitzonderingslocaties) aanwezig zijn in de testbanken, soms juist zijn verwijderd, omdat ze niet representatief zijn voor een normtraject.
- Ze moeten een landelijk beeld kunnen geven van de verschillen en effecten, wat betekent dat de locaties min of meer met een gelijke dichtheid verspreid zijn over heel Nederland. Gekozen is om in (bijna) elk normtraject in Nederland tenminste één locatie te kiezen en per watersysteem tenminste (grootweg) 20 locaties. Aanvullend op de testbanklocaties zijn daarom extra locaties toegevoegd. Langs een aantal Maaskaden zijn juist locaties verwijderd, omdat de dichtheid hier veel hoger is.
- De locaties moeten redelijkerwijs kunnen worden gekoppeld tussen WBI2017 en BOI2023, anders is een verschilanalyse niet mogelijk of niet zinvol. Daarom is gecontroleerd dat de afstand tussen locaties die met elkaar zijn vergeleken zo klein mogelijk is.

We onderscheiden twee categorieën locaties

1. *Aslocaties* (Figuur 5-2):

Deze zijn alleen gebruikt voor verschillen in waterstanden. De waterstand is de meest stabiele belastingparameter, die weinig varieert van locatie tot locatie. De aslocaties liggen typisch in de as van de rivier, grootweg elke km. Ook langs de meren en de kust hanteren we een verzameling 'aslocaties' (voor harde en zachte keringen), ook al is geen sprake van een as, om zo wel een landelijk beeld te kunnen geven. Door het grote aantal aslocaties kan ook een landelijk beeld van de decimeringshoogten worden gegeven.



Figuur 5-1: Geselecteerde aslocaties voor verschillende watersystemen

2. *Oeverlocaties (dijken, duinen, kunstwerken)* (Figuur 5-2):

Naast de verschillen in waterstanden zijn voor de oeverlocaties (315 in totaal) ook de verschillen van andere belastingparameters in beeld gebracht, zoals het hydraulisch belastingniveau en de golfparameters. De resultaten zijn erg afhankelijk van lokale omstandigheden (dijknormaal, strijklengten, bodemhoogte, etc.) en kunnen daarom sterk variëren tussen locaties. Daarom is voor de oeverlocaties belangrijk dat het representatieve locaties zijn en dat de basisgegevens voor de locatie in de vergelijking tussen WBI2017 en BOI2023 hetzelfde is (dwarsprofielen, dijknormaal, strijklengten en ondergrondgegevens). Er is onderscheid gemaakt tussen locaties gelegen voor dijken (273), duinen (25) en kunstwerken (17).



Figuur 5-2: Geselecteerde oeverlocaties met verschillende locatietypes

5.2 Overzicht berekeningen

De berekeningen hebben als doel om de verschillen tussen BOI2023 en WBI2017 in beeld te kunnen brengen en te kwantificeren waar deze verschillen vandaan komen (fysica, statistiek, rekeninstellingen en modelonzekerheden). Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van Hydra-NL, omdat de benodigde rekeninstellingen voor Riskeer (Hydra-Ring) nog niet beschikbaar zijn. *De duinen en de Oosterschelde kunnen niet met Hydra-NL worden doorgerekend. Daarom zijn specifiek voor deze twee watersystemen wel rekeninstellingen voor Hydra-Ring afgeleid en de berekeningen ook uitgevoerd met Hydra-Ring.*

Op basis van grote hoeveelheden probabilistische berekeningen, met verschillende instellingen aangaande software en data, creëren we inzicht in de verschillen tussen:

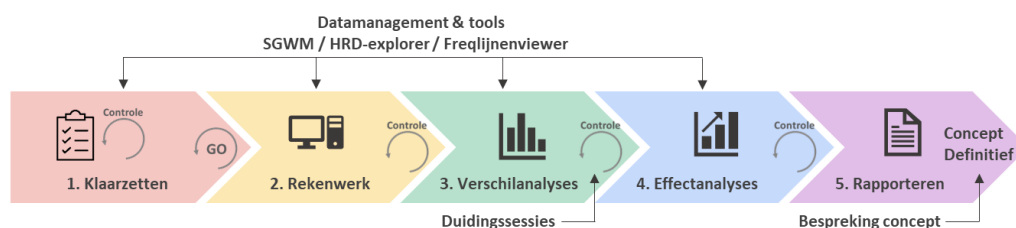
- Fysica: WBI2017 (beoordelen), OI2014 (ontwerpen) en BOI2023 (beoordelen en ontwerpen). Dit gebeurt voor 3 zichtjaren, waterstanden, golven, modelonzekerheden en correlaties;
- Statistiek: statistiek per basisstochast en correlaties tussen (basis)stochasten uit WBI2017 en de nieuwe BOI2023-versie;
- Software: Hydra-NL uit WBI2017 en de nieuwe BOI2023-versie.

De ontwikkeling van de hydraulische belastingen is volgens 2 verschillende "lijnen" vergeleken: de lijn volgens de vorige ronde (samengesteld uit WBI2017 en OI2014) en de lijn van BOI2023. In de analyses zijn daarvoor berekeningen gemaakt die gekoppeld zijn aan een bepaald zichtjaar. Een overzicht is gegeven in onderstaande tabel. In het blauw de "lijn" volgens WBI2017/OI2014 en in het geel die voor BOI2023.

Tabel 5-1 Overzicht van gehanteerde zichtjaren voor WBI2017, OI2014 en BOI2023

Doel	Naam	Huidig zichtjaar	Toekomstige zichtjaren	
Beoordelen	WBI2017	2023	–	–
	BOI2023	2035	–	–
Ontwerpen	OI2014	–	2050	2100
	BOI2023	–	2075	2125

Per watersysteem zijn de stappen uit het volgende processchema doorlopen (voor zowel beoordelen als ontwerpen):



Figuur 5-3: Processchema met de te doorlopen stappen.

Het uitvoeren van de berekeningen begint met het klaarzetten van de invoerdata en het controleren daarvan (stap 1), waarna we het rekenwerk uitvoeren (stap 2). De resultaten van de berekeningen controleren we voordat we van start gaan met de verschilanalyses (stap 3, paragraaf 5.3). Na acceptatie van de verschillen gaan we door met de effectanalyses (stap 4, paragraaf 5.4). Het vastleggen van de uitgangspunten in dit document is onderdeel van eerste stap.

In paragraaf 5.1 is de selectie en koppeling van locaties beschreven. Per locatie zijn verschillende berekeningen uitgevoerd. Afhankelijk van het type locatie, de software en het watersysteem kunnen de berekeningen verschillen. Details per watersysteem zijn voorafgaand aan de uitvoering van de berekeningen uitgewerkt. Er wordt geen beoordeling of ontwerp uitgevoerd, maar er wordt gezocht naar een landelijk beeld van de verschillen tussen BOI2023 en de voorgaande beoordelings- en ontwerpuitgangspunten. Daarom zijn eerst in Hydra-NL voor terugkeertijden tussen $T = 10$ jaar en $T = 10^6$ jaar voor alle aslocaties de waterstanden uitgerekend met steeds een factor 3 ertussen (11 stuks). Daarbij is zowel het relatief hoogfrequente bereik ($T = 10$ jaar) beschouwd om verschillen in modelschematisaties te onderzoeken, als het laagfrequente bereik ($T = 10^6$ jaar) voor inzicht in verschillen bij strenge doorsnede-eisen en kleine faalkansbijdragen.

Alle modelinvoer voor Hydra-NL is gegenereerd met de Sommengenerator Watermodellen (SGWM), wat uniformiteit, reproduceerbaarheid en controleerbaarheid oplevert en menselijke fouten reduceert. Op basis van het resultaat van de aslocaties is een landelijk consistent beeld gemaakt van de verschillen in waterstanden. Naast de berekeningen voor de aslocaties zijn bij de (kleinere) verzameling oeverlocaties ook de waterstanden, golfhoogten en golfperioden uitgerekend. Dit biedt de mogelijkheid om het verschil bij de oever te koppelen aan het landelijk beeld en eventuele verschillen tussen de oever en de as te bespreken. Aanvullend zijn het hydraulische belastingniveau voor een representatief dwarsprofiel en voor een standaard 1-op-3 dwarsprofiel met Hydra-NL uitgerekend. Keuzes voor het overslagdebiet en het type bekleding liggen per watersysteem en per locatie vast.

Opmerkingen

1. De werkwijze voor de verschillen in hydraulische belastingen (nader toegelicht in paragraaf 5.3) is gelijk voor dijken, duinen en kunstwerken. Voor elk type kering spelen in de basis immers dezelfde hydraulische belastingen een rol. In de kwalitatieve doorvertaling naar de effecten op de overstromingskans (paragraaf 5.4) speelt het onderscheid tussen dijken, duinen en kunstwerken wel een rol, omdat de faalmechanismen voor dijken, duinen en kunstwerken verschillend zijn.
2. Door het ontbreken van BOI2023 rekeninstellingen voor Riskeer zijn géén specifieke berekeningen uitgevoerd voor kunstwerken.

Typen probabilistische berekeningen (beoordelen)

In Tabel 5-2 hieronder is een overzicht gegeven van de typen probabilistische berekeningen voor zowel de as- als de oeverlocaties voor beoordelen.

Tabel 5-2: Probabilistische berekeningen voor beoordelen voor zichtjaar 2035 met Hydra-NL (waterstanden op aslocaties; oeverlocaties aanvullend met golfcondities en hydraulische belastingniveaus).

Nr	Omschrijving	Fysica	Statistiek	Rekeninstelling	Modelonzekerheid + correlaties
1.	WBI2017 (totaal) <i>Zonder modelonzekerheid</i>	WBI2017	WBI2017	WBI2017	-
2.	BOI2023 (WBI2017-fysica) <i>Zonder modelonzekerheid</i>	WBI2017	BI2023	BI2023	-
3.	BOI2023 (WBI2017-statistiek) <i>Zonder modelonzekerheid</i>	BI2023	WBI2017	BI2023	-
4.	BOI2023 (WBI2017-rekeninstellingen) <i>Zonder modelonzekerheid</i>	BI2023	BI2023	WBI2017	-
5.	BOI2023 (totaal) <i>Zonder modelonzekerheid</i>	BI2023	BI2023	BI2023	-
6.	WBI2017 (totaal) <i>Met modelonzekerheid</i>	WBI2017	WBI2017	WBI2017	WBI2017
7.	BOI2023 (totaal) <i>Met WBI2017-modelonzekerheid</i>	BI2023	BI2023	BI2023	WBI2017
8.	BOI2023 (totaal) <i>Met modelonzekerheid</i>	BI2023	BI2023	BI2023	BI2023

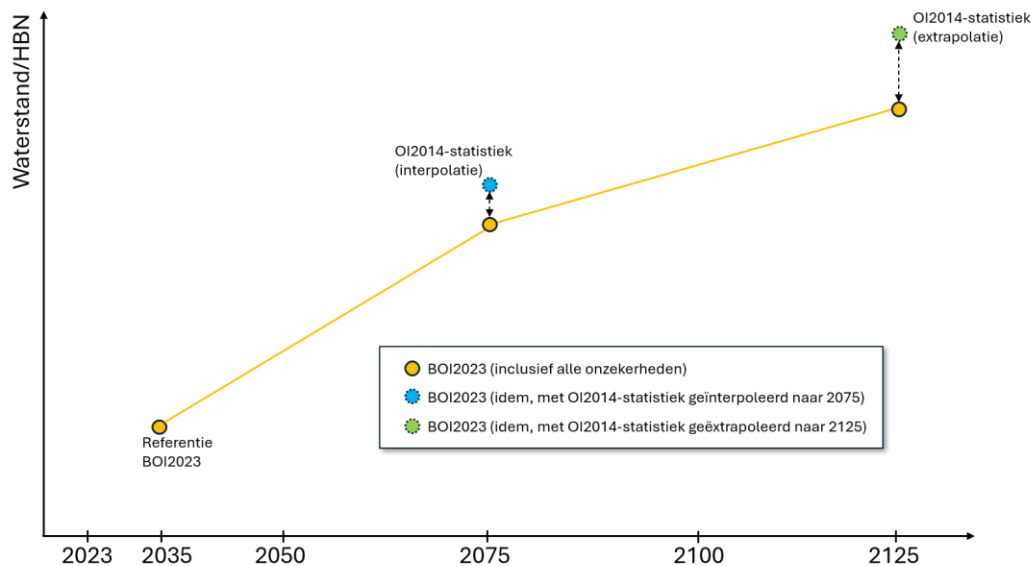
Typen probabilistische berekeningen (ontwerpen)

Voor ontwerpen geldt dat vergelijken van de twee scenario's uit Tabel 5-1 wordt bemoeilijkt door de verschillen in zichtjaren. Voor beoordelen is het verschil in zichtjaar geaccepteerd, waarbij dit expliciet als oorzaak is benoemd. De verschillen door bijvoorbeeld de zeespiegelstijging zijn voor beoordelen weliswaar aanwezig, maar niet dusdanig groot dat deze de interpretatie van de verschillen bemoeilijkt. Bij ontwerpen is dat anders, omdat tussen de zichtjaren van OI2014 en BOI2023 een tijdsverschil van 25 jaar zit, veel meer dan bij beoordelen. Daarom is voor een vergelijking van de hydraulische belastingen voor ontwerpen een andere aanpak gevolgd.

Tussen zichtjaren kunnen verschillen optreden door veranderingen in de fysica (bijvoorbeeld door andere systeemmaatregelen, een andere zeespiegelstijging, of een andere afvoerverdeling) en door veranderingen in de statistiek. De ontrafeling naar de verschillende bijdragen (fysica, statistiek, rekeninstrument) is al uitgevoerd voor beoordelen. Het wordt niet nodig geacht om deze ontrafeling nogmaals te doen voor ontwerpen, omdat niet verwacht wordt dat dit een ander beeld oplevert dan voor beoordelen. Daar komt bij dat de veranderingen in de fysica niet zomaar te interpoleren zijn naar de gewenste zichtjaren om tot een eerlijke vergelijking te komen.

Daarom richten de analyses voor ontwerpen zich op twee aspecten:

1. de ontwikkeling van de hydraulische belastingen volgens BOI2023 door een vergelijking tussen opeenvolgende zichtjaren (2035, 2075 en 2125) op basis van BOI2023 uitgangspunten, waarin alle veranderingen zijn verwerkt (gele bolletjes in Figuur 5-4);
2. de impact van de overstap van WBI2017/OI2014 naar BOI2023 door een vergelijking van hydraulische belastingen berekend met OI2014- en BOI2023-statistiek, aangezien dit veruit de grootste verwachte verandering is voor ontwerpen. De bestaande statistiek van OI2014 is daartoe geïnter- en geëxtrapoleerd naar de gewenste zichtjaren van BOI2023 in 2075 en 2125 (blauw en groen gestreepte bolletjes in Figuur 5-4).



Figuur 5-4: Schematische weergave berekeningen voor ontwerpen

Door naar het verloop van de belastingen als functie van het zichtjaar te kijken, wordt een goede inschatting gekregen of de nieuwe ontwerpbelastingen een logische toename laten zien. Door op deze manier de resultaten met elkaar te vergelijken, wordt inzicht verkregen in het verloop van de ontwerpbelastingen in de tijd en of deze een logisch verloop laten zien. Ook de impact van de statistiek wordt op deze manier zuiver in beeld gebracht, omdat alle uitgangspunten hetzelfde blijven en alleen de statistiek wordt aangepast. Alle berekeningen zijn uitgevoerd inclusief modelonzekerheid. Tabel 5-3 geeft een overzicht van de berekeningen die voor de verschil- en effectanalyse voor ontwerpen zijn uitgevoerd.

Tabel 5-3: Probabilistische berekeningen voor ontwerpen voor zichtjaren 2075 en 2125 met Hydra-NL (waterstanden op aslocaties; oeverlocaties aanvullend met golfcondities en hydraulische belastingniveaus).

Nr.	Omschrijving	Fysica	Statistiek	Rekeninstellingen	Modelonzekerheid + correlaties
1.	Zichtjaar 2075 Met modelonzekerheid	BOI2023	BOI2023	BOI2023	BOI2023
2.	Zichtjaar 2075 Met modelonzekerheid	BOI2023	Geïnterpoleerde OI2014-statistiek	BOI2023	BOI2023
3.	Zichtjaar 2125 Met modelonzekerheid	BOI2023	BOI2023	BOI2023	BOI2023
4.	Zichtjaar 2125 Met modelonzekerheid	BOI2023	Geëxtrapoleerde OI2014-statistiek	BOI2023	BOI2023

Opmerkingen

1. Niet voor alle watersystemen is het nodig om alle berekeningen te maken. Als bijvoorbeeld de databases fysica in een watersysteem niet veranderen, is het weinig zinvol om deze vergelijking te maken.
2. In de Verschil- en effectanalyse verwachten we dat een onderscheid tussen wel/geen statistische onzekerheid niet veel (meer) inzicht geeft in de verschillen tussen WBI en BOI. Om het aantal berekeningen te beperken is daarom in alle berekeningen gerekend inclusief statistische onzekerheid.
3. De WBI2017-databases die als referentie zijn gebruikt, betreffen de vigerende databases die te benaderen zijn via de website van iplo.nl. Ondanks dat in de map 'Toets op maat' op de website (Stack) soms recentere databases staan, houden we ons aan de databases uit de map 'Eenvoudige en gedetailleerde toets'. Uitzonderingen zijn:
 - a. de IJssel- en Vechtdelta heeft in 2020 een update gehad, gekoppeld aan een Waterwetvergunning.
 - b. de duinen hebben in 2023 een update gehad, door de overstap naar het nieuwe rekenhart XBeach in Morphan.
 - c. de Hollandse IJssel en het Volkerak-Zoommeer ontbraken in WBI2017.

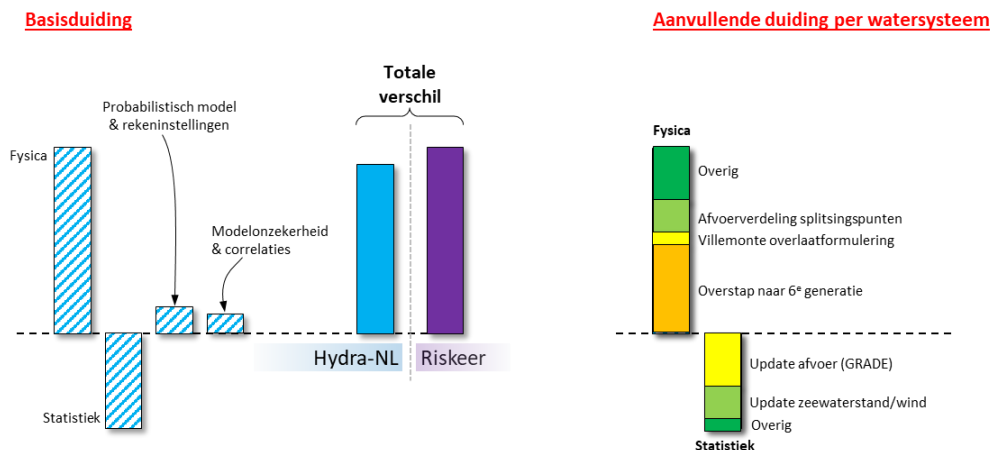
Hoe de resultaten van deze berekeningen gebruikt zijn, is toegelicht in paragraaf 5.3 als het over de verschillen gaat en in paragraaf 5.4 waar het gaat over de doorvertaling van deze verschillen naar een kwalitatief beeld bij de effecten op de overstromingskans.

5.3 Verschilanalyse

De verschilanalyse heeft als doel om de verschillen tussen de hydraulische databases in beeld te brengen en te kwantificeren waar deze verschillen op hoofdlijnen door worden veroorzaakt (statistiek, fysica, rekeninstellingen en modelonzekerheden). De verschilanalyse bestaat uit twee stappen:

- 1) een *basisduiding* gebaseerd op berekeningsresultaten;
- 2) een *aanvullende duiding* met behulp van beschikbare literatuur.

Deze stappen zijn weergegeven in Figuur 5-5 en toegelicht in de tekst eronder.



Figuur 5-5: Weergave van de basisduiding en aanvullende duiding.

Basisduiding

De basisduiding volgt uit een kwantitatieve analyse, waarin de verschillen in hydraulische belastingen zijn bepaald voor de volgende parameters: waterstand, significante golfhoogte (H_s), golfpiekperiode (T_p), de spectrale golfperiode ($T_{m-1,0}$) en het hydraulisch belastingniveau (HBN). Voor de hydraulische belastingen voor bekledingen zijn zowel waterstanden als golfcondities van belang⁹. De gecombineerde doorwerking van deze veranderingen komt tot uitdrukking in de HBN-berekeningen. De visualisatie van de resultaten van de HBN-berekeningen met een standaard 1-op-3 dwarsprofiel zijn daarom op hoofdlijnen representatief geacht voor de belastingen voor bekledingen. Ook de marginale statistiek van de waterstand en de golfparameters is beschikbaar voor nadere duiding. Afhankelijk van het watersysteem en specifieke locaties zijn alleen expliciete bekledingsberekeningen gemaakt als daartoe aanleiding is. Deze analyse is uitgevoerd voor de locaties gepresenteerd in paragraaf 5.1.

Voor het totaalbeeld van de verschillen (waarin alle veranderingen vanuit BOI2023 zijn doorgevoerd) is in de analyses het verschil inclusief de modelonzekerheid zichtbaar gemaakt. De verschillen tussen BOI2023 en WBI2017/OI2014 zijn niet alleen bepaald voor het gecombineerde effect van alle veranderingen, maar ook voor de individuele bijdragen vanuit de statistiek, fysica, rekeninstrumenten en modelonzekerheden. Een overzicht van de uitgevoerde berekeningen is te vinden in paragraaf 5.2 en in het bij dit rapport horende uitgangspuntendocument (Stijnen et al., 2026).

Aan de hand van de berekeningen uit paragraaf 5.2 zijn steeds paarsgewijs de verschillen bepaald (voor statistiek, fysica, rekeninstellingen en modelonzekerheden). Het verschil tussen "berekening 5" en "berekening 1" uit Tabel 5-2 geeft bijvoorbeeld het totale verschil van alle wijzigingen tussen WBI2017 en BOI2023 met uitzondering van de modelonzekerheid. Het verschil tussen "berekening 5" en "berekening 2" geeft het verschil van de overstap naar andere fysica (zoals de overstap naar de D-HYDRO-software, een andere modelschematisatie en/of andere productieberekeningen).

In een deel van de verschilanalyses is gerekend zonder modelonzekerheid, om de verschillen in fysica en statistiek beter te kunnen duiden. Door het rekenen inclusief modelonzekerheid worden dergelijke verschillen veelal "uitgesmeerd", waardoor de

⁹ Het is gebruikelijk om de hydraulische belastingen voor bekledingen te bepalen voor verschillende niveaus op de waterkering via de zogenaamde "S-waarde", een fictieve belasting gebaseerd op het product van de significante golfhoogte en de golfperiodemaat.

relatie met wijzigingen in de invoer van een berekening minder duidelijk kan worden vastgesteld. In berekeningen 6, 7 en 8 is wél gerekend met modelonzekerheid, zodat in de analyse ook het verschil inclusief de modelonzekerheid zichtbaar gemaakt kan worden. Een vergelijking tussen berekeningen 7 en 8 geeft het verschil dat veroorzaakt is door een wijziging van de modelonzekerheid.

Aanvullende duiding

Naast de basisduiding is voor sommige aspecten gezocht naar aanvullende duiding. Deze stap gaat in op de herkomst en betekenis van de geconstateerde verschillen, zonder dat daarvoor nieuwe (productie)berekeningen worden gemaakt. Eventueel zijn, op locatieniveau, enkele gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd om een specifiek effect inzichtelijk te maken.

De aanvullende duiding maakt gebruik van beschikbare documentatie van verschillen tussen BOI2023 en WBI2017, zoals opgenomen in Bijlage B. In hoofdstukken 3 en 4 zijn enkele hypothesen opgenomen over de te verwachten verschillen. Hiermee is expliciet gemaakt welke verschillen vooraf verklaarbaar zijn vanuit de beschikbare literatuur en welke verschillen aanleiding geven tot nadere aandacht.

Verschillen die op basis van deze analyse en beschikbare literatuur niet eenduidig verklaard kunnen worden, worden geconstateerd, maar zijn binnen de scope van deze verschilanalyse niet in detail onderzocht. Waar nodig zijn aanbevelingen opgenomen voor vervolgonderzoek.

Voor kunstwerken en duinen zijn de belastingparameters identiek aan die voor de dijken. Ook voor kunstwerken en duinen zijn het waterstanden en golfcondities die van belang zijn. We maken in de verschilanalyse dan ook geen onderscheid tussen dijken, kunstwerken en duinen.

5.4 Effectanalyse

De verschillen tussen BOI2023 en WBI2017 zijn vervolgens vertaald naar kwalitatieve inschattingen van de doorwerking op de faalkansen.

5.4.1 *Dijken en kunstwerken*

Overstromingskansen veranderen logischerwijs door de veranderingen in hydraulische belastingen. De decimeringshoogten op de aslocaties zijn gebruikt als indicator: het waterstandsverschil tussen de normfrequentie en een factor 10 kleinere overschrijdingsfrequentie (zie ook de begrippenlijst in Bijlage A).

Voor met name geotechnische faalmechanismen zoals piping en macrostabiliteit geldt deze relatie echter niet één-op-één, bijvoorbeeld door het overschrijden van bepaalde grenswaarden (zoals opbarsten), of door demping van de verschillen door de ondergrond. Op basis van expert-judgement is in combinatie met de decimeringshoogten voor de waterstanden een kwalitatief beeld gegeven van de effecten op de overstromingskansen.

5.4.2 *Duinen*

Bij duinafslag is de waterstand zeer dominant (mede omdat de golfcondities daar deterministisch aan gekoppeld zijn), waardoor decimeringshoogtes een goede

indicatie geven van faalkanseffecten. Daarnaast is specifieke aandacht besteed aan de manier waarop modelonzekerheden zijn verdisconteerd bij duinen.

5.4.3 *Verschillen tussen Hydra-NL en Hydra-Ring*

Hoewel niet het centrale onderwerp, is binnen deze verschil- en effectanalyse als onderdeel van de kwaliteitsborging wel nagegaan of de uitkomsten van Hydra-NL en Hydra-Ring vergelijkbare resultaten geven. Eventuele afwijkingen in de uitkomsten zijn immers een goede indicatie voor een mogelijk verkeerd uitgevoerde berekening of vergelijking. Dit heeft geleid tot de wens om nieuwe rekeninstellingen voor Riskeer af te leiden op basis van de nieuwste wijzigingen in het rekenhart en de invoer.

5.5 **Duiding en detailniveau**

De Verschil- en effectanalyses dienen om op landelijk niveau een representatief beeld te krijgen van de veranderingen in hydraulische belastingen door de overstap van het vigerende WBI2017 (en OI2014) naar het nieuwe BOI2023. Dit beeld schetsen we op basis van een groot aantal locaties verspreid over Nederland, maar zal bij lange na niet elk dijkvak, duin of kunstwerk omvatten, daarvoor is het aantal locaties simpelweg te groot. We combineren daarom de berekeningsresultaten van een representatieve selectie van locaties (paragraaf 5.1) met expert judgement om tot een overkoepelend, landelijk beeld te komen.

Binnen de Verschil- en effectanalyses zijn de volgende keuzes gemaakt:

- In de uitwerking en onderbouwing van de resultaten richten wij ons op de verschillen die impact hebben op de hydraulische belastingen (landelijke scope). De overige verschillen zijn vastgelegd in achtergrondrapportages (bijvoorbeeld van de verschilanalyses van de hydraulische modellen of de productieberekeningen), de eindrapportages per watersysteem, en in de instellingen van de berekeningen.
- De binnenzijde van de verbindende keringen heeft (veelal) geen norm, maar een verschilanalyse kan wenselijk zijn in het kader van de beheerplicht van de keringen. Dit valt buiten de scope van deze verschilanalyse.
- We beschouwen géén regionale keringen buitendijks.
- We geven géén beeld van de hydraulische belastingniveaus langs alle oeverlocaties (daarvoor is te veel detailinformatie nodig).
- We richten ons met name op verschillen en minder op absolute getallen.
- We gebruiken visualisaties voor informatie die we objectief kunnen kwantificeren. We zijn terughoudend met visualisaties op basis van interpretatie en expert judgement, omdat deze gemakkelijk voor een verkeerd beeld kunnen zorgen.
- We doen binnen de scope van deze opdracht géén aanpassingen aan de testbanken voor Riskeer en Hydra-NL, maar doen aanbevelingen over aanpassingen en aanvullingen.
- *Verschillen* in hydraulische belastingen (waterstanden, hydraulische belastingniveaus en golven) bepalen we *kwantitatief*.
Effecten (op de overstromingskansen) door de gewijzigde hydraulische belastingen beschrijven we in de basis *kwalitatief*.

5.6 **Visualisaties verschil- en effectanalyse**

De visualisaties hebben tot doel om de resultaten die volgen uit de grote hoeveelheden verschilberekeningen te kunnen duiden. De visualisaties zijn op hoofdlijnen in te delen in twee categorieën: (1) als communicatie van de resultaten richting de

omgeving (DGWB, waterschappen) en (2) als middel om de resultaten te controleren en duiden (het interne projectteam).

Om achter de meest geschikte vorm van presentatie met bijbehorende visualisaties te komen, hebben we gebruik gemaakt van User Stories die zijn toegeleverd door de opdrachtgever. Deze geven een eenvoudige beschrijving van een behoefte vanuit het perspectief van een eindgebruiker, en dienen als basis voor de visualisaties. Een User Story volgt altijd dezelfde, eenvoudige opzet: "Als een [type gebruiker] wil ik [doel], zodat ik [reden]". Zo komen we erachter voor wie in een organisatie de resultaten interessant zijn, maar ook krijgen we inzicht in hun rol, welk doel iemand wil bereiken en waarom.

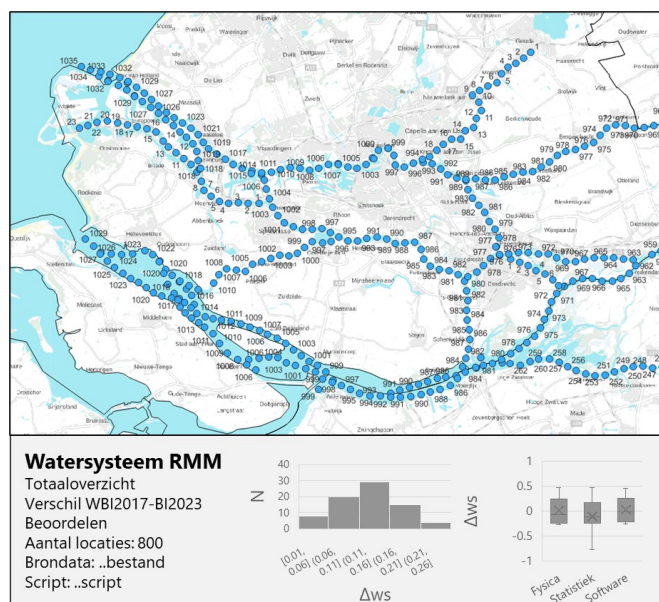
De gewenste vorm en visualisaties zijn in een gezamenlijke werksessie met het projectteam en de opdrachtgever in beeld gebracht. Afhankelijk van het product (hoofdstuk 6) is gekozen voor een *andere vorm* van presenteren van de resultaten:

1. voor de uitgangspunten, de achtergrond en duiding van de verschil- en effectanalyses en de analyse naar de overgangen tussen watersystemen is gekozen voor rapportages, ondersteund met figuren;
2. voor de communicatie richting DGWB is gekozen voor een interactieve pdf. Een lezer kan op die manier zelf het juiste detailniveau kiezen (van grof naar fijn);
3. tot slot is gekozen voor een infographic die de hoofdlijn eenvoudig weergeeft.

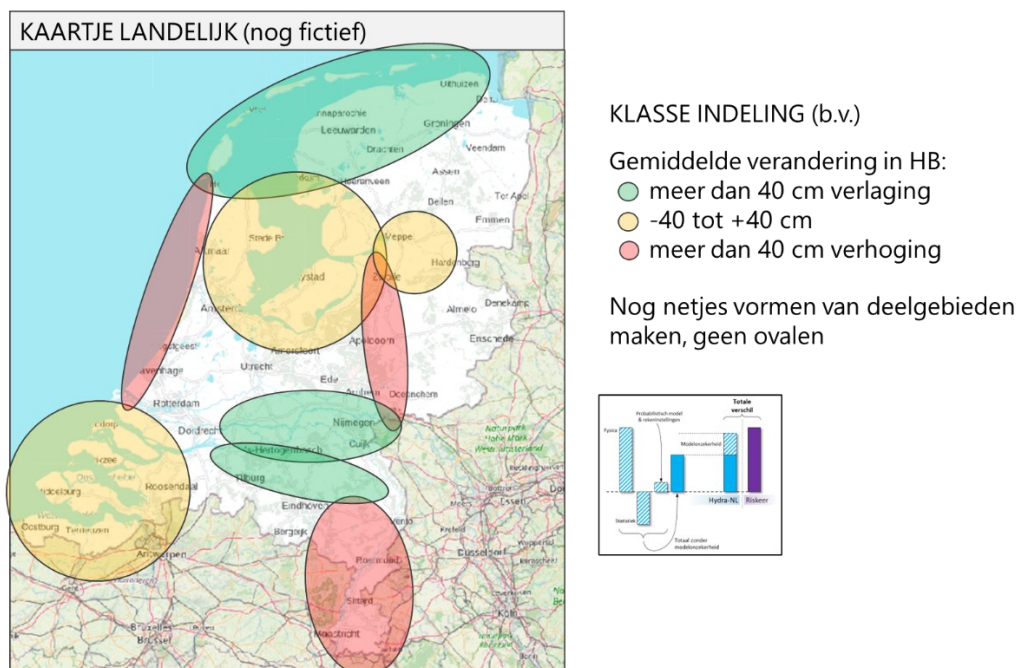
In elk van deze presentatievormen zijn de volgende typen visualisaties wenselijk:

- a) kaarten met een geografisch beeld (soms met gekleurde vlakken, soms met gekleurde bolletjes). Deze gebruiken we op landelijk niveau, maar ook op het niveau van een deelgebied van een watersysteem, zoals bijvoorbeeld de Maasvallei.
- b) verticale staafdiagrammen voor de duiding van de resultaten. Deze vorm is belangrijk, omdat de verwachte veranderingen zowel positief als negatief kunnen uitpakken en omdat veranderingen opgesplitst zijn in de belangrijkste achterliggende oorzaken (fysica, statistiek en rekeninstellingen).
- c) Figuren langs meerdere locaties, bijvoorbeeld om zicht te krijgen op de invloed van een verandering als functie van de geografische ligging van locaties. Denk aan de invloed van de zeewaterstand bij het bepalen van de overgangen tussen watersystemen.

In Figuur 5-6 tot en met Figuur 5-8 zijn enkele voorbeelden gegeven van gewenste visualisaties. Merk op dat deze nog niet in detail zijn ingevuld (kleur, labels, titel, etc.).



Figuur 5-6: Schets van de visualisatie voor het RMM-gebied met een kaartbeeld. Het figuur geeft inzicht in de spreiding van de verschillen over het gebied en inzicht in de belangrijkste oorzaken van de verschillen.



Figuur 5-7: Schets van de visualisatie voor het landelijke beeld met een kaartbeeld. Het figuur geeft een mogelijke indeling in klassen en een staafdiagram voor de duiding van de belangrijkste verschillen.



6 Eindproducten

De volgende eindproducten zijn voorzien:

1. *Uitgangspuntenrapportage*
Voorliggende rapportage met daarin een beschrijving van de uitgangspunten en de gehanteerde werkwijze voor alle watersystemen.
2. *Deelrapportages per watersysteem*
Een deelrapportage per watersysteem (Rijntakken, Maas, RMM, HIJ, IJVD, Meren, Kust (dijken), Kust (duinen), en Oosterschelde - negen stuks in totaal) met daarin de resultaten van de verschil- en effectanalyse, inclusief duiding. De deelrapportages bevatten een generiek deel dat hetzelfde is voor alle watersystemen, gevolgd door watersysteemspecifieke onderdelen. Deze rapportages zijn Word/pdf-documenten, waarbij de resultaten en duiding zijn gevisualiseerd met figuren.
3. *Memorandum m.b.t. de overgangen tussen watersystemen*
Een losse rapportage die zich richt op de overgangen tussen watersystemen. In totaal betreft dit drie overgangen tussen de Rijntakken/Maas en de Rijn-Maasmonding (op de Lek, Waal en Maas) en een overgang tussen de Rijntakken en de IJssel-Vechtdelta (op de IJssel). Het document zal ingaan op de uitgangspunten, de werkwijze en de resultaten. Mogelijk dat dit memorandum onderdeel wordt van de achtergrondrapportages van RMM en IJVD.
4. *Overkoepelende eindrapportage*
Deze geeft het landelijk beeld dat volgt uit de achtergrondrapportages en is een interactieve pdf. Een lezer wordt, afhankelijk van de interesse in meer of minder diepgang, geholpen met meer of minder informatie. De rapportage brengt drie onderdelen bij elkaar: beoordelen, ontwerpen en de overgang tussen watersystemen, zie producten 2 en 3.
5. *Infographic*
Een infographic bij product 4, die dient als sterk vereenvoudigd landelijk beeld voor beleidsmakers en bestuurders, welke gebruikt is bij een oplegnotitie richting het ministerie.
6. *Berekeningsresultaten*
Specifiek voor Rijkswaterstaat zijn ook alle berekeningsresultaten in de vorm uitvoerbestanden van Riskeer en werkmappen van Hydra-NL opgeleverd.

Referenties

- Agtersloot en Paarlberg (2016a). WAQUA Productieberekeningen Bovenrivieren Maas. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. R. Agtersloot en A.J. Paarlberg. Deltares-rapport 1220082-001-HYE-0012, november 2016.
- Agtersloot en Paarlberg (2016b). WAQUA Productieberekeningen Bovenrivieren Rijn-takken. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. R. Agtersloot en A.J. Paarlberg. Deltares-rapport 1220082-001-HYE-0013, november 2016.
- Agtersloot en Paarlberg (2016c). WAQUA Productieberekeningen Rijn-Maasmonding. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. R. Agtersloot en A.J. Paarlberg. Deltares-rapport 1220082-001-HYE-0015, november 2016.
- Agtersloot en Paarlberg (2016d). WAQUA Productieberekeningen IJssel-Vechtdelta. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. R. Agtersloot en A.J. Paarlberg. Deltares-rapport 1220082-001-HYE-0014, november 2016.
- Bénit en Paarlberg (2022). BOI2023 Uitvoerlocaties, M. Bénit en A. Paarlberg. Arcadis-rapport D10038170:43, HKV-rapport PR4477.10. In opdracht van RWS-WVL, 7 april 2022.
- Bénit et Kuijper (2026). Productieberekeningen BOI2023; update Veluwerandmeer. M. Bénit en B. Kuijper. HKV-rapport PR5514.10, Lelystad, verwacht voorjaar 2026.
- Den Bieman en Groeneweg (2017). Hydraulische Belastingen Oosterschelde. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. J. den Bieman en J. Groeneweg. Deltares-rapport 1230087-006, april 2017.
- Boers et al., (2014). Methode voor het bepalen van HR Duinen voor WTI2017. M. Boers, P. van Geer en J. Groeneweg. Deltares-rapport 1209433-004, 2014.
- Bottema en Bus (2026). Advies update wind- en zeewaterstandstatistiek voor de kust voor BOI-release 2026. M. Bottema en C. Bus, in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Utrecht, 5 december 2025.
- Botterhuis et al. (2022). Minimal Feedforward script, Keringenscript Rijn-Maasmonding, T. Botterhuis, D. Honingh, J. Stijnen. In opdracht van Rijkswaterstaat-WVL, HKV-rapport PR4538.10, Lelystad, oktober 2022.
- Botterhuis en Stijnen (2024). Verschilanalyse zesde-generatie modellen Meren Effect software, rekenrooster, parameters & modelconcepten, schematisatie en modelrandvoorwaarden Markermeer, Veluwerandmeren, Volkerak-Zoommeer en Grevelingen. T. Botterhuis en J.W. Stijnen. Versie 1.0 (definitief). Deltares-rapport 11209233-015-ZWS-0001, HKV-project PR5071, Lelystad, 6 december 2024.
- Botterhuis et al. (2026). Bepalen instellingen productieberekeningen BOI-HB-RMM; uitgangspuntennotitie. HKV-rapport PR5378.10, Ton Botterhuis, Floris de Wit en Jan Stijnen, eindrapport, maart 2026.
- Van Bree (2020). Impactanalyse nieuwe normering Roompotsluis (normtraject 218); Inschatting waterveiligheidstoestand op basis van het WBI2017. Versie 2.0. B. van Bree. September 2020.

- Buitink et al. (2025a). Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the extreme discharge statistics of the Rhine. J. Buitink, A. Tsiokanos, T. Geertsema, L. Bouaziz, H. van den Brink (KNMI), L. van Voorst (KNMI), J. Beersma (KNMI), en F. Sperna Weiland. Deltares-rapport 11211569-000-ZWS-0001, 23 juni 2025.
- Buitink et al. (2025b). Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the extreme discharge statistics of the Meuse. J. Buitink, A. Tsiokanos, T. Geertsema, L. Bouaziz, H. van den Brink (KNMI), L. van Voorst (KNMI), J. Beersma (KNMI) en F. Sperna Weiland. Deltares-rapport 11210368-006-ZWS-0002, 8 juli 2025.
- Buitink et al. (2026). Implications of the KNMI'23 scenarios for the discharge extremes of the Overijsselse Vecht. J. Buitink, C. ten Velden, H. van den Brink (KNMI), J. Beersma (KNMI) en F. Sperna Weiland. Deltares-rapport 11211569-000-ZWS-0001, 3 maart 2026.
- Buitink en Sperna Weiland (2026). Actualisatie werklijnen Rijn en Maas opgesteld voor BOI2023. Werklijnen voor het huidige en toekomstige klimaat, gebaseerd op GRADE3.0 en KNMI'23 op basis van nadere BOI-beleidskeuzes. Deltares-rapport 11212816-000-ZWS-0002, 26 juni 2026.
- Caires (2009). Extreme wind statistics for the Hydraulic Boundary Conditions for the Dutch primary water defences. SBW-Belastingen: Phase 2 of subproject "Wind Modelling". S. Caires. Deltares. 1200264-005.
- Caspers et al. (2026). Wind-zeewaterstand statistiek. Correlaties Kust en Rijn-Maasmonding. J. Caspers, B. Kuijper en R. Nicolai. HKV-rapport PR5547.10, Lelystad, januari 2026.
- Chbab (2015). Waterstandsverlopen WTI-2017 voor de kustgebieden. E.H. Chbab. Deltares-rapport 1220082-0002-HYE-0003, 18 december 2015
- Chbab (2016). Basisstochasten WTI-2017 – Statistiek en statistische onzekerheid. E.H. Chbab. Deltares-rapport 1209433-012-HYE-0007, januari 2016.
- Chbab en Groeneweg (2015). Modelonzekerheden belastingen. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. E.H. Chbab en J. Groeneweg. Deltares-rapport 1209433-008-HYE-0007, 18 juni 2015.
- Chbab en De Waal (2017). Achtergrondrapport Hydraulische Belastingen. Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. E.H. Chbab en H. de Waal. Deltares-rapport 1230087-008-HYE-0001, september 2017.
- Coumou et al. (2023). Technische Leidraad Katern Zandige Waterkeringen; BOI Zandige Waterkeringen. L. Coumou, R. McCall, R. van Santen en H. Steetzel. Gepubliceerd door Rijkswaterstaat-WVL. Definitief versie 1.0, 7 februari 2023.
- Van der Deijl en Van den Hoek (2026). Ontwikkeling modellen BOI2023 Maas. Schematisaties dflowfm2d-maas-hr2023_6-v2b en dflowfm2d-maas-hr2023_mkno_v_6-v2b, Deltares rapport 11211534-002-ZWS-0010, E. van der Deijl en A. van den Hoek, 19 april 2026.
- Deltares (2025a). Hydra-Ring Software for the safety assessment of primary flood defences. Technical design. Hydra-Ring 25.2.1. Deltares-rapport 11211573-102-GEO-0003.
- Deltares (2025b). Release notes Hydra-Ring 25. Deltares memorandum 11211573-002-GEO-0007, Delft, 13 november 2025.

- De Valk en Van den Brink (2026), Een nieuwe statistische analyse van extreme zee-waterstand en wind op zee op basis van meetgegevens en modeldata – geconsolideerde documentatie. C.F. de Valk en H.W. van den Brink. Versie 17 februari 2026, KNMI, De Bilt.
- Dillingh et al. (1993). De basispeilen langs de Nederlandse kust; statistisch onderzoek. Dillingh, D., de Haan, L., Helmers, R., Können, G.P., en van Malde J., (1993) Rijkswaterstaat, Dienst Getijdenwateren /RIKZ, Rapport DGW-93,023, april 1993.
- Dillingh en De Lima Rego (2010). Toets- en Rekenpeilen Kust en Estuaria ten behoeve van de HR 2011; WTI - HR Zout. D. Dillingh en J. de Lima Rego. Deltares-rapport 1202341-002-HYE-0060, Delft, november 2010.
- Duits (2018). Invloed correctie onjuistheden golfparameters in WBI2017-databases. M.T. Duits. HKV-rapport PR3919.10, Lelystad, november 2018.
- Duits (2019). Verwachte windsnelheden gegeven de zeewaterstand. M.T. Duits. HKV-memo PR3925, Lelystad, 23 januari 2019.
- Eilander (2014) Herberekening basispeilen in het kader van WTI-2017. Eilander, D. Deltares memo 1209431-003-ZWS-0002
- Gautier en Groeneweg (2010), Aansturingsdocument SWAN voor HR2011, C. Gautier en J. Groeneweg. Deltares-rapport 1200103-021-HYE-0014, februari 2010
- Gautier (2010). SWAN Calibration and Validation for HBC2011. Deltares-rapport 1200103-020-HYE-0002, C. Gautier, 27 mei 2010.
- Gautier (2018). Golfberekeningen Pilot Oosterschelde WBI2023, rapport C6. Deltares-rapport 11200556-000, C. Gautier, 31 januari 2018.
- Gautier en Groeneweg (2020). Generieke methode SWAN modellering voor BOI en andere RWS toepassingen. C. Gautier en J. Groeneweg, Deltares-rapport 11205758-041-GEO-0001. In opdracht van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, oktober 2020.
- Geerse (2006). Hydraulische randvoorwaarden 2006 Vecht- en IJsseldelta - Statistiek IJsselmeerpeil, afvoeren en stormverlopen voor Hydra-VIJ. RIZA – werkdokument 2006.036x. RIZA, afdeling WRV Lelystad, maart 2006
- Geerse en Verkaik (2010). Effect nieuwe windstatistiek op toetspeilen en benodigde kruinhoogten. HKV rapport PR1601.10. Lelystad
- Geerse en Stijnen (2016). Belastingmodel Oosterschelde WTI2023. C.P.M. Geerse en J.W. Stijnen. HKV-rapport PR3262.10, Lelystad, juni 2016.
- Geerse (2016). Statistiek kleine meren inclusief onzekerheid. Veluwerandmeren, Volkerak-zoommeer en de Grevelingen. HKV lijn in water. PR3280.20 september 2016
- Geerse en Wojciechowska (2015). Betrouwbaarheidsintervallen voor kwantielen van de overschrijdingsfrequentie. Toepassing op kuststations en IJsselmeergebied. HKV lijn in water. PR2829.20. Geerse, C.P.M., Wojciechowska, K., juli 2024.
- Geerse et al. (2017). Hydra-NL; Statistiek en modelonzekerheden HIJ en VZM. HKV-rapport PR3598.10, Chris Geerse, Matthijs Duits en Bastiaan Kuijper, augustus 2017.
- Groeneweg (2018). Inconsistentie in modelonzekerheden golfcondities. J. Groeneweg. Deltares-rapport 11202225-004-0001 , 11 september 2018.

- Groeneweg (2019). Advies t.a.v. hydraulische databases traject 13-4. J. Groeneweg. Deltares-rapport 11203720-023-GEO-0001_v1.1, 20 augustus 2019
- Groeneweg (2025). Memo keuze correlatie modelonzekerheden golfhoogte en golfperiode BOI. J. Groeneweg. Rijkswaterstaat-memo, augustus 2025. [Bijlage G in (RWS,2026)]
- Groeneweg et al. (2025). Relevantie van seiches in een overstromingskansbenadering. Deltares rapport 11211573-001-GEO-0001, Jacco Groeneweg, Pieter van Geer, Martijn de Jong en Karolina Wojciechowska, 18-12-2025.
- Van Haaren en Spaan (1998). Onafhankelijk onderzoek Markermeer. Technisch inhoudelijke en integrerende studie. Verslag fase 1b-4: productieberekeningen en controle. H3211. Document nr 0480-1b4. Januari 1998.
- Hegnauer et al. (2022). Generator of Rainfall and Discharge Extremes for the Meuse. Final report of GRADE-Meuse version 3.0. M. Hegnauer, J. Beersma en H. van den Brink. Deltares-rapport 11205237-003-ZWS-0016, 21 januari 2022.
- Hegnauer et al. (2023). Generator of Rainfall and Discharge Extremes for the Rhine Final report of GRADE-Rhine version 3.0. M. Hegnauer, J. Beersma, H. van den Brink, R. Leander. Deltares/KNMI rapport 11205237-003-ZWS-0016, Delft, 26 mei 2023.
- Den Heijer et al. (2008). Achtergrondrapport HR2006 voor de Zee en Estuaria. F. den Heijer, R.J. Vos, F.L.M. Diermanse, J. Groeneweg en R.Tönis. RWS-RIKZ rapport 2006.029. Den Haag, november 2008.
- Honingh et al. (2022). Hydraulische belastingen Hollandsche IJssel voor KP-ZSS en BOI2023. D. Honingh, J.W. Stijnen, T. Botterhuis, C. Oerlemans en G. Rongen. HKV-rapport PR4611.10, Lelystad, juni 2022.
- De Jong en Van Dam (2024). Actualisatie seichestatistiek Rotterdam. Verkenning invloed inzet nieuwe meetdata 2007-2023. M.P.C. de Jong en M.A.J.P. van Dam. Deltares-rapport 11210372-001-GEO-0002, Delft, 16 december 2024.
- Kieftenburg en Zijlema (2006). SWAN berekeningen voor de Hollandse Kust. Aansturing en controle ten behoeve van de Hydraulische Randvoorwaarden 2006. A.T.M.M. Kieftenburg en M. Zijlema. RWS-RIKZ rapport 2006.027, Den Haag, 2006.
- Van der Kaaij (2015). Oosterschelde WAQUA model 5e generatie. Modelopzet, kalibratie en validatie. Th. Van der Kaaij. Deltares rapportage 1220073-006. December 2015.
- Klein et al. (2010). SWAN model van het IJsselmeer. M.D. Klein, A. Kroon en B. van Leeuwen. Svašek rapport 1575/U010184/mkl, juli 2010.
- Klein en Kroon (2011a). Productieberekeningen Waddenzee voor WTI-2011: rapportage Fase 1. M.D. Klein en J. Kroon. HKV Lijn in Water / Svašek Hydraulics rapport PR1872.20, mei 2011.
- Klein en Kroon (2011b). Productieberekeningen Westerschelde voor WTI-2011: rapportage Fase 1. M.D. Klein en J. Kroon. HKV Lijn in Water / Svašek Hydraulics rapport PR1874.10, februari 2011.
- Klein en Westra (2016). SWAN productieberekeningen IJssel-Vechtdelta. SWAN productieberekeningen IJssel-Vechtdelta. M.D. Klein en M. Westra. Deltares-rapport 1220082-001-HYE-0017, 5 juli 2016.

- Klopstra et al (2002). Maatgevende afvoer en afvoerstatistiek Overijsselse Vecht bij Dalfsen RVW2006, Deelrapport 8, HKVlijnin water in opdracht van RWS RIZA, Lelystad, december 2002
- Kramer et al. (2017). Hydraulische Belastingen Benedenrivieren; Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. N. Kramer, A. Smale, J. den Bieman en H. Chbab. Deltares-rapport 1230087-004, augustus 2017.
- Kuijper en Caspers (2026). Uitgangspunten statistiek voor BOI2023. Bastiaan Kuijper en Jochem Caspers, HKV-rapport PR5612.10, concept versie 1.0, 3 april 2026.
- Van Lente et al. (2023a). Productieberekeningen BOI2023. Deelrapport perceel 2: Maas. G.J.W. van Lente, B. Kuijper, A.J. Paarlberg, L. Straatsma en E.E. Sirks. HKV-rapport PR4537.10, Lelystad, 9 oktober 2023.
- Van Lente et al. (2023b). Productieberekeningen BOI2023. Deelrapport perceel 1: Rijntakken. Zaaknummer RWS 31169752, G.J.W. van Lente, B. Kuijper, A.J. Paarlberg, L. Straatsma en E.E. Sirks. HKV-rapport PR4536.10, Lelystad, 20 september 2023.
- Van Manen (2008). Prestatiepeilen Oosterschelde. S. Van Manen. Rijkswaterstaat Bouwdienst rapport, 24 april 2008.
- Morris (2015). Tests SWAN model for tidal river area. Preparation for SWAN production runs WTI2017. J.C. Morris. Deltares-rapport 1209433-001-HYE-0035, 16 februari 2015.
- Morris en Smale (2016). Combining the Results from the Production Runs into Databases (SWAN, WAQUA, Bretschneider). J. Morris en A. Smale. Deltares-rapport 1220082-000-HYE-0001, in opdracht van RWS-WVL, Delft, juli 2016.
- OI2014v4 (2017). Handreiking ontwerpen met overstromingskansen; Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen. Versie 4 (definitief). Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, februari 2017.
- Lodder (2006). Voorstel voor het Achtergrondrapport HR2006 voor de Meren. RWS RIZA, versie 0.1, 15 december 2006
- Oosterlo (2021). Instellingen voor de driegolfwisselwerkingen (triads) in SWAN t.b.v. de productieberekeningen meren en benedenrivieren BOI2023. P. Oosterlo. Rijkswaterstaat-WVL rapport (versie 1.1), 9 augustus 2021.
- Oosterlo (2023). Overstap hydrodynamisch model WBI2017 – BOI2023 Rijn-Maasmonding; Invloed op waterstanden in de Rijn-Maasmonding volgens Hydra-NL-berekeningen met databases op basis van een beperkte sommenset. P. Oosterlo. Rijkswaterstaat rapport, 15 augustus 2023.
- Oosterlo (2025). Voorspelfout Europoortkering t.b.v. BOI. P. Oosterlo. RWS-WVL besluit, 7 juli 2025.
- Oosterlo (2026). Afvoerstatistiek Rijn en Maas en 1-op-1-relaties ten behoeve van de hydraulische belastingen voor het beoordelen en ontwerpen binnen BOI. P. Oosterlo, Rijkswaterstaat-WVL memorandum, 17 april 2026. [Bijlage E, bij (RWS,2026)]
- Paarlberg et al. (2016). Oosterschelde WTI2023. Modelkwaliteit hydrodynamica (WAQUA), VERSIE 0.5 (Concept) – product D5." Andries Paarlberg, Theo van der Kaaij, Jan Stijnen, Caroline Gautier, in opdracht van RWS-WVL, HKV- en Deltares rapport PR3280.20, 2016.

- Rongen en Maaskant (2019). Systeemanalyse Hollandsche IJssel; Uitwerking conform BOI uitgangspunten. G. Rongen en B. Maaskant. HKV-rapport PR3925.10, Leystad, april 2019.
- Roskam et al. (2000). Richtingsafhankelijke extreme-waarden voor HW-standen, golfhoogten en golfperioden. A.P. Roskam, J. Hoekema en J.J. Seiffert. Rapport RIKZ/2000.040. RIKZ Den Haag, december 2000
- RWS (2021b). Uitgangspunten Hydraulische Belastingen BOI voor 2023. Versie 0.9h (concept), d.d. 13 september 2021.
- RWS (2023). Verschil- en consequentieanalyse nieuw beoordelings- en ontwerpinstrumentarium voor zandige waterkeringen, BOI Zandige Waterkeringen, Gepubliceerd door Rijkswaterstaat-WVL. Versie 1.0 definitief, 15 maart 2023.
- RWS-IenM (2015). Kamerstuk 31 710 nr. 44 Brief van de minister van Infrastructuur en Milieu aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal d.d. 25 november 2015.
- RWS-IenW (2022). Nationaal Waterprogramma; Het nationale waterbeleid en de uitvoering in de Rijkswateren. 2022–2027. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, maart 2022.
- RWS-IenM (2024). Waterakkoord Hollandsche IJssel en Lek 2024. Hoogheemraadschap Rijnland, Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid, 6 mei 2024.
- RWS-IenW (2025). Beleidsmatige randvoorwaarden t.b.v. de actualisatie van hydraulische belastingen voor het beoordelen en ontwerpen van primaire waterkeringen. Beslisnota DGWB, Kenmerk IENW/BSK-2025/315422, 10 december 2025.
- RWS (2026). Generieke uitgangspunten hydraulische belastingen BOI2023. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, 3 juli 2026.
- Van der Sleen (2023). GRADE Vecht – Advies implementatie werklijn GRADE, Vecht voor huidig klimaat. N. van der Sleen. Rijkswaterstaat-WVL Beslismemo in opdracht van DGWB, 11 december 2023
- Saman (2017). Prestatiepeilenmodel Oosterscheldekering 2017. Versie 3.0, K. Saman Rijkswaterstaat Zee en Delta, 1 oktober 2017.
- Slomp et al. (2021a). Achtergronden Hydraulische Belastingen Vecht en IJsseldelta, BOI 2020. Update WBI2017 in BOI naar aanleiding van de geplande aanleg en openstelling van het Reevediep. R. Slomp, M. Bottema, J.W. Stijnen, M.T. Duits, A. Kors en W. Rozier. Uitgegeven door Rijkswaterstaat-WVL. Versie 1.0 definitief, 8 Juli 2021.
- Slomp (2021b). Uitgangspunten Hydraulische Belastingen BOI voor 2023. Beoordelings- en Ontwerp Instrumentarium (BOI). R. Slomp. Uitgegeven door Rijkswaterstaat-WVL. Versie 0.9h (concept), 13 september 2021.
- Slomp et al. (2023) Uitgangspunten, (nog te nemen) besluiten en openstaande vragen in het productieproces van Hydraulische Belastingen Beoordelingsinstrumentarium. Opstellers: J. Groeneweg (Deltares), J. Stijnen (HKV), R. Slomp (RWS). Uitgegeven door Rijkswaterstaat-WVL, 6 juni 2023.
- Smale (2014). Uitgangspunten productieberekeningen WT2017. Aanvulling op uitgangspunten vastgesteld in 2013. A. Smale. Deltares-rapport 1209433-001-HYE-0005, juli 2014.

- Smale (2018). Correlation between model uncertainties wave height and wave period. A. Smale. Deltares-rapport 11202225-003-GEO-0001. Deltares, 20 november 2018.
- Smale (2018b). Werkwijzer bepaling Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden; Aanvulling OI2014, versie 5 (Hydra-NL 2.4.1). A. Smale. In opdracht van Rijkswaterstaat-WVL, Deltares rapport 11202226-009-GEO-0002, mei 2018.
- Steetzel et al. (2023a). Semi-probabilistic model for Xbeach: Definition of a semi-probabilistic method for 'BOI sandy flood defences', H. Steetzel, K. Lenstra, R. Velhorst en J. van der Baan. Gepubliceerd door Rijkswaterstaat-WVL. Versie 3.1 definitief, 3 januari 2023.
- Steetzel et al. (2023b). Achtergrond Sterktemodel Duinafslaginstrumentarium. BOI Zandige Waterkeringen. H. Steetzel, R. van Santen, L. Coumou, R. McCall, R. de Goede en A. de Bakker. Gepubliceerd door Rijkswaterstaat-WVL. Versie 2.1 definitief, 26 januari 2023.
- Stijnen et al. (2018). Productieberekeningen hydraulica; Controles waterbeweging & vullen HR-databases Oosterschelde. J.W. Stijnen, R.J. Daggenvoorde, C.P.M. Geerse en C. Gautier, HKV-rapport PR3556, Lelystad, januari 2018.
- Stijnen et al. (2022). Productieberekeningen BOI2023; Deelrapport perceel 4: Meren. Lelystad, J.W. Stijnen, C. Oerlemans, M.P. Bénit, J. Adema, HKV-rapport PR4539.10 / Arcadis-rapport 30097754, Lelystad, 21 december 2022.
- Spruyt et al. (2024a). Verschilanalyse overstap zesde-generatie modellering Rijntakken. Effect software, rekenrooster, parameters & modelconcepten, schematisatie en modelrandvoorwaarden. A. Spruyt, B. Domhof en J. de Jong. Deltares-rapport 11209233-003-ZWS-0028-HYE-0006, maart 2024.
- Spruyt et al. (2024b). Verschilanalyse overstap zesde-generatie modellering Maas. Effect software, rekenrooster, parameters & modelconcepten, schematisatie en modelrandvoorwaarden. A. Spruyt, B. Domhof en J. de Jong. Deltares-rapport 11209233-003-ZWS-0028-HYE-0006, maart 2024.
- Teng en Groeneweg (2025). Vaststelling rekeninstellingen Riskeer. Watersystemen Hollandsche IJssel en Oosterschelde. D. Teng en J. Groeneweg. Deltares-rapport 11210372-001-GEO-0003, 31 januari 2025.
- Van Veen en Slootjes, (2008). Hydraulische randvoorwaarden voor categorie c-keringen. Achtergrondrapport keringen langs het Grevelingenmeer (dijkkring 25 en 26). HKV-rapport PR1322 HKV Lijn in Water, november 2008.
- Van Veen et al. (2008). Hydraulische belastingniveaus Veluwerandmeren; Een vergelijking tussen Promovera en Hydra-VIJ (CONCEPT), C.J. van Veen, N. Slootjes en C.P.M Geerse, HKV-rapport PR1322.40, Lelystad, 2008
- Van Vledder en Hartsuiker (1998). Golfberekeningen Oosterschelde. G. van Vledder, en G. Hartsuiker. Alkyon rapport A246, A246R0r0, juli 1998.
- Vlag en Bak (2004) ProMoVera: Probabilistisch Model voor de Veluwerandmeren. RIZA werkdocument 2004.089X. D.P. Vlag, C.I. Bak, in opdracht van Directie IJsselmeergebied, Lelystad, 23 april 2004.
- Vos (2026). Uitwerking toepassing KNMI'23 klimaatscenario Gematigd(M) voor Zeespiegelstijging in BOI2023 R. Vos, RWS-WVL memorandum, 18 juni 2026. [Bijlage D bij (RWS, 2026)]

- De Waal (2008). Windgolven in HR2011 voor rivieren; Voorstudie naar noodzaak modelverbetering. H. de Waal. Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Waterdienst. WL-rapport Q4571.21, Delft, december 2008.
- De Waal et al. (2013). Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017. Aansturing, schematisaties en uitvoerlocaties. H. de Waal, A. Spruyt en A. Smale. Deltares-rapport 1207807 -009-HYE-0006, oktober 2013.
- De Waal et al. (2020). PBO HB data stappenplan. Hydraulische belastingen data voor waterkeringen in Nederland. J.P de Waal, J.W. Stijnen en P. van den Bosch. Deltares-rapport 11205758-014-GEO-0001, augustus 2020.
- Van der Wijk et al. (2022). Actualisatie 2D D-Flow FM model van de Rijn-Maasmonding: Opzet van de gebieds- en modelschematisaties: j19, beno19 en hr2023. Deltares rapport 11208053-004-ZWS-0007, R. van der Wijk, T. van der Kaaij, J. Veenstra, en T. Visser.
- Weerts en Diermanse (2004). Golfstatistiek op diep water 2002, Fase 2: Samenstellen bestanden simultane waarnemingen, Weerts, A. en Diermanse, F., Rapport WL | Delft Hydraulics report Q3770, oktober 2004.
- Witteveen+Bos (2010): Hindcast verification of SWAN in the Western Scheldt. ref DT311-1, March 24, 2010.
- Zijlker (2025). Bovenstroomse uitbreiding 2D RMM D-HYDRO voor BOI2023, ontwikkeling dflowfm2d-rmm_vzm-hr2023_6-v2a. Deltares rapport 11211534-004-ZWS-0004, T. Zijlker, 28 augustus 2025.

A Begrippenlijst

Zie ook: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0048074/2023-07-01>

1-op-1-relatie	Verband tussen de afvoeren van de Rijn en de Maas. Deze correlatie is bepaald op basis van gelijke overschrijdingskansen.
Afvoergolf	Tijdelijk verhoogde waterstanden in een rivier (met een golfvorm) door een verhoogde rivierafvoer. Het kan meerdere uren tot meerdere dagen duren voordat een hoogwatergolf een bepaald punt langs de rivieren is gepasseerd.
Beoordeling	Het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans van een dijktraject in relatie tot de ondergrens en signaleringswaarde.
Beoordelingsinstrumentarium	Alle informatie, regelgeving en instrumenten op basis waarvan de hoogte en sterkte van een waterkering wordt beoordeeld.
Betrouwbaarheid sluiting	De betrouwbaarheid van de sluitingsprocedure van een stormvloedkering (de elektrotechnische en werktuigbouwkundige onderdelen), uitgedrukt in een kans op niet-sluiten per sluitvraag.
Bretschneider	Golfgroeiformulering op basis van empirische relaties op basis van windsnelheid, strijklengte en windduur.
Conditionele kans	Kans op een bepaalde gebeurtenis, gegeven dat een andere gebeurtenis plaatsvindt.
Decimeringshoogte	Het absolute verschil in hoogte tussen een waterstand (of HBN) bij een terugkeertijd van $T = 10.000$ jaar en het niveau met een overschrijdingsfrequentie die 10 keer kleiner is ($T = 100.000$ jaar) aangehouden. De decimeringshoogte is bepaald inclusief modelonzekerheden.
D-HYDRO	Zesde-generatie waterbewegingsmodel.
Dijkbekleding	De afdekking van de kern van de dijk ter bescherming tegen golfaanvallen en langsstromend water. Denk hierbij aan een kleilaag met gras, asfalt of steenzettingen.
Dijktraject	Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk is genormeerd.
Dijkvak	Een deel van een waterkering met uniforme eigenschappen en belasting.
DLL	Een dynamic link library (DLL) is een bibliotheek met functies, die door meerdere applicaties gebruikt kunnen worden.
Duurlijn	Het verband tussen een afvoer- of meerpeilniveau en de corresponderende gemiddelde overschrijdingsduur waarmee dat niveau wordt overschreden binnen golven waarvan de piekwaarde groter of gelijk is aan het betreffende niveau
Faalkans	Kans op een ongewenste gebeurtenis (falen). In de Omgevingswet is de eis voor de voorliggende waterkeringen uitgedrukt in een 'faalkans per jaar'. Dit is de kans op de ongewenste gebeurtenis dat de kering faalt waardoor de hydraulische belasting op een achterliggend dijktraject substantieel is verhoogd.

Faalmechanisme	De verzameling faalpaden met een gemeenschappelijk initieel mechanisme
Gesloten toestand	De situatie waarbij een stormvloedkering correct sluit volgens een scenariosluiting, of een noodsluiting.
Golfoverslag	Water dat als gevolg van (wind)golven over een waterkering heen slaat.
HWBP	Hoogwaterbeschermingsprogramma, waarbinnen de waterschappen en Rijkswaterstaat samenwerken aan de realisatie (prioritering en financiering) van de versterking van primaire waterkeringen waarvoor de noodzaak van versterking uit de beoordeling van deze waterkeringen is gebleken. Met de term wordt zowel de alliantie, de programmadirectie, als het jaarlijks vastgestelde programma van versterkingswerken aangeduid.
Hydraulische belasting	Invloeden van buiten op waterkeringen, vaak in termen van waterstanden of golven. Door grotere belastingen dan sterkte faalt de waterkering.
HBN	Hydraulische belastingniveau: een maat voor de minimaal benodigde kruinhoogte, gegeven een herhalingsstijd en een toegestaan kritiek golfoverslagdebiet.
IMPLIC	1D-waterbewegingsmodel voor de Oosterschelde.
Keringtoestand	Combinatie van sluitscenario en partiële faalvorm.
Lengte-effect	Het effect dat de overstromingskans van een dijktraject groter is naarmate het traject langer is.
(Macro)instabiliteit	Instabiliteit is het afschuiven van de binnen- of buitenzijde van de dijk.
Kunstwerk	Een constructie of installatie die in het waterbeheer één of meer functies vervult. Voorbeelden zijn sluizen en gemalen, die als functie water keren, water beheren en scheepvaart begeleiden.
Modelonzekerheid	Onzekerheid voortvloeiende uit het gebruik van modellen om belasting en sterkte te voorspellen; geen model is immers perfect.
Omgevingswaarde	Volgens de Omgevingswet is de omgevingswaarde voor primaire waterkeringen een meetbare norm voor de jaarlijkse overstromingskans per dijktraject, uitgedrukt in een percentage, dat het gevolg van een overstroming (dodelijk of substantiële economische schade) afweegt tegen de kans daarop (risico = kans x gevolg). Specifiek voor waterkeringen gaat het om de overstromingskans.
Ondergrens	De maximaal toelaatbare faalkans volgens de Omgevingswet.
Ontwerpinstrumentarium	Alle informatie, regelgeving en instrumenten op basis waarvan de versterking van een waterkering wordt ontworpen.
Ontwerpopgave	Gaat over hoe een versterking wordt vormgegeven, technisch én ruimtelijk. Hoe wordt een oplossing ontworpen, die werkt en past in de omgeving? Zoekt naar oplossingen binnen randvoorwaarden (ruimte, kosten en omgeving) en is vaak creatief en integraal.
Overstromingskans	De kans op verlies van waterkerend vermogen, waardoor het door het dijktraject beschermde gebied overstroomt op een manier waarop en in een mate waarin dat leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade.

Piping	Piping is het fenomeen waarbij tijdens hoogwater zand onder de dijk wegspoelt en de dijk uiteindelijk ondermijnd raakt.
Prespeil	Prestatiepeilenmodel.
Prespeil-OSK	Een versie van Prespeil die is uitgebreid met functionaliteit voor de beoordeling van de buitenzijde van de Oosterscheldekering.
Prestatiepeilen	Waterstanden op de Oosterschelde bij de normfrequentie (signaleringswaarde of ondergrens), berekend met Prespeil.
Probabilistiek	Rekenmethode voor het bepalen van, bijvoorbeeld, de ontwerpsterkte van een waterkering waarbij de kansverdelingen van alle variabelen die de sterkte mede bepalen, worden gespecificeerd en gecombineerd, en waarbij ook rekening wordt gehouden met correlaties tussen deze variabelen. Bij probabilistisch ontwerpen worden waterkeringen zodanig ontworpen dat de kans dat de (onzekere) belasting groter is dan de (onzekere) sterkte, kleiner is dan een bepaalde faalkanseis.
Seiche	Een staande golf, of een periodieke waterstandsschommeling in een halfgesloten watermassa, zoals een meer, baai, reservoir, veroorzaakt door externe krachten zoals sterke wind, snelle drukveranderingen, of aardbevingen.
Signaleringswaarde	Overstromingskans van het dijktraject, waarvan overschrijding gemeld moet worden aan de minister. Het bepalen van de overstromingskans van het dijktraject in relatie tot de signaleringswaarde zorgt ervoor dat tijdig maatregelen kunnen worden getroffen om de veiligheid van primaire waterkeringen te borgen.
Statistische onzekerheid	Onzekerheid die gerelateerd is aan de statistische betrouwbaarheid van de schatting/keuze van de kansverdelingen die de bedreigingen moeten beschrijven, inclusief de verdelingsparameters. Dit type onzekerheid is het gevolg van een beperkt aantal gegevens of metingen.
Stormvloed	Zeer hoge waterstand op zee. Er is sprake van stormvloed als in één van de zes hoofdmeetstations voor de kust een bepaalde waterstandnorm overschrijdt. Deze worden per locatie bepaald.
SWAN	Simulating WAVes Nearshore, numeriek golvenmodel.
Veiligheidsnorm	Het wettelijk vastgelegde niveau van bescherming van een dijktraject tegen overstromen (een signaleringswaarde en een ondergrens).
Veiligheidsopgave	De veiligheidsopgave beschrijft hoe groot het veiligheidsprobleem is en waarom er iets moet gebeuren (Voldoet de kering aan de wettelijke normen?). Volgt uit een beoordeling.
Versterkingsopgave	Richt zich op het fysiek verbeteren of aanpassen van een bestaande waterkering (Wat moet aan de dijk gedaan worden?). Vaak onderdeel van een HBWP-project en concreet en technisch van aard.
Voorliggende kering	Keringen die een rivier- of zeearm geheel of onder speciale omstandigheden afsluit en daarmee de kansen op extreme belastingen op achterliggende keringen reduceert.

Watersysteem	Het watersysteem is een samenhangend geheel van een of meer oppervlaktewaterlichamen en grondwaterlichamen, met bijbehorende bergingsgebieden, waterkeringen en ondersteunende kunstwerken.
Werklijn	De relatie tussen de rivierafvoer en de rekenkundig bepaalde overschrijdingsfrequentie van deze afvoer.
Zeespiegelstijging (absoluut)	De stijging van de zeestand door smeltende ijskappen en gletsjers, en door uitzetting van warmer wordend zeewater.
Zeespiegelstijging (relatief)	De stijging van de zeestand ten opzichte van de hoogteligging van het land.

B Instellingen verschilberekeningen

B.1 Generiek

Profielbestanden

De profielbestanden (.prlf) worden overgenomen uit de testbank. Voor nieuwe locaties, die geen onderdeel zijn van de testbank, is nog geen profielbestand beschikbaar. Deze zijn afgeleid met de HKV-profielengenerator, die - gebaseerd op dwarsdoorsneden van het AHN5 - goed geschematiseerde dwarsprofielen genereert, inclusief dijknormaal.

Dijknormaal

De dijknormaal is bepaald door de kortste lijn te trekken van de keringlijn (Nationaal bestand Primaire Waterkeringen) naar de geselecteerde uitvoerlocatie. De dijknormaal is de hoek van deze lijn ten opzichte van Noord en heeft een waarde van 0 tot en met 360 graden. De dijknormalen zijn nagelopen op correctheid; dit is met name noodzakelijk voor uitvoerlocaties ter plaatse van scherpe hoeken in de keringlijn en in smalle wateren.

Kruinhoogte

De kruinhoogte is ingeschat door het hoogste punt (AHN5) te nemen van het profiel over het bereik van 5 m rondom het snijpunt tussen dijknormaal en de keringlijn.

Dijkteen

De dijkteen is gelijk genomen aan het bodemniveau (kolom *BedLevel* in tabel *HRDLocations*) indien deze beschikbaar is. Indien deze niet beschikbaar is, dan wordt deze gelijk gesteld aan:

- het gemiddelde maaiveld (AHN5) over het bereik van 5 rondom de uitvoerlocatie;
- de gemiddelde waterstand van het buitenwater (terugvaloptie).

Dwarsprofiel

Het dwarsprofiel is gebaseerd op een dwarsdoorsnede van het AHN5. De schematisatie bestaat hierbij uit punten van het talud met eventuele bermen. Het profiel is zodanig geschematiseerd dat het voldoet aan de geometrische randvoorwaarden binnen de probabilistische rekenmodellen, zoals oplopende afstandskoördinaten, beperkte hellingen en minimale puntafstanden.

Golvenfout

Herstel inconsistentie in modelonzekerheid golfparameters ('golvenfout')

Inconsistenties in modelonzekerheden (de zogeheten 'tekenfout' in WBI2017) zijn opgelost bij de het samenstellen van de nieuwe databases fysica.

$$f_{bias,corr} = 1/(1 + \mu) \text{ met } \mu = \text{bias (en dus niet de mean)}$$

Voorbeeld: De bias μ voor H_{m0} voor de Rijntakken bedraagt: -0,04

$$f_{bias,corr} = 1/(1 + \mu) = 1/(1 - 0,04) = 1,04$$

De parameter $f_{bias,corr}$ is de waarde die in de databases fysica is opgenomen. Deze waarde wordt in Riskeer en Hydra-NL gebruikt door het rekenhart.

Droogvalprocedure WBI2017

De algemene procedure voor het omgaan met droogval uit WBI2017 bestaat uit het uitvoeren van een postprocessingalgoritme op de destijds door WAQUA berekende waterstanden. Postprocessing van de waterstandsresultaten is gedaan met een "low-pass filter" om zo niet-fysische oscillaties in de tijdseries te elimineren en een representatieve maximale waterstand te vinden voor alle locaties en voor alle belastingcombinaties. Het algoritme combineert vervolgens de resultaten met berekende golfcondities. De procedure diende ook als hulpmiddel om gefilterde waterstanden te identificeren die nog steeds niet vertrouwd werden. Als de resulterende informatie niet werd vertrouwd, zijn de resultaten óf vervangen, óf volledig verwijderd uit de databases fysica. Dit resulteerde uiteindelijk in databases die niet voor 100% gevuld waren met waterstands- en golfgegevens, vanwege droogval, locaties met instabiele waterstandsresultaten en locaties waar geen golfcondities beschikbaar waren. De procedure is in detail beschreven in het rapport van Morris en Smale (2016).

B.2 Rijntakken

Extra toelichting op de (tabel in de) hoofdtekst

Afvoerverdeling:

- WBI2017: Afvoerverdeling: In de berekeningen (Deltares, 2016c) is afgeweken van beoogde instellingen. De beoogde instellingen zijn: instelling regelwerken zoals fysiek aanwezig, regelwerk Pannerden vaste instelling voor sturen bij een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith en Hondsbroeksche Pleij boven de 16.000 m³/s wordt ingesteld op het ontzien van de Nederrijn (zo lang mogelijk afvoer maximaliseren op 3.380 m³/s). Bedoeld was om de bovenstaande instelling te hanteleren voor een afvoer van 16.000 m³/s en vervolgens het regelwerk bij Pannerden vast te zetten op de daaruit volgende instelling (hoogte gelijk aan 13,83 m+NAP). Feitelijk is er dan, ten opzichte van Deltares (2014a) een andere instelling gehanteerd voor Pannerden, waardoor het model bij alle berekeningen vast probeert te houden aan een afvoer van 10.165 m³/s door de Waal
- BOI2023: Een andere afvoerverdeling op de Rijntakken die beter aansluit bij de werkelijkheid. In de praktijk worden kunstwerken (Hondsbroeksche Pleij en Pannerdensche Kop) eenmalig ingesteld aan begin van het hoogwaterseizoen. Deze instellingen worden in werkelijkheid (en dus in de hydraulische berekeningen) niet meer aangepast. Deze instellingen zijn dusdanig dat rekening is gehouden met het beleidsuitgangspunt 'Lek-ontzien'. In RWS (2025) is het volgende vastgesteld voor het regelwerk (op basis van de realistisch/fysiek verwachte werking): zichtjaar 2035: Lek wordt ontzien bij 16.000 m³/s en zichtjaar 2075 en 2125: Lek wordt ontzien bij 17.000 m³/s. Ontwikkelingen binnen RvdR 2.0 kunnen op termijn leiden tot herijking van de huidige beleidslijn. 'Lek-ontzien' moet niet in absolute termen worden geïnterpreteerd, maar moet in procentuele termen worden begrepen.

Q-h-relatie

- WBI2017 heeft drie Q-h-relaties voor de benedenranden: Werkendam (Waal), Krimpen a/d Lek (Lek) en bij de Ketelbrug op het Ketelmeer (IJssel). De Q-h-relatie bij de Ketelbrug WBI2017 bevat een tijdelijke afwijking van de procedure (Deltares, 2016c)
- BOI2023: Werkendam en Krimpen zijn afgeleid met een werkversie van het RMM-model voor BOI2023. De Q-h-relatie bij de Ketelbrug komt overeen met die van het BenO (vergunningen)model dat wordt gebruikt door Rijkswaterstaat voor de Rijntakken. (RWS, 2023)

Vegetatielegger

Bij het maken van de randvoorwaarden voor WBI2017 was nog geen vegetatielegger beschikbaar waarin de maximale toegestane ruwheid van de vegetatie is vastgelegd. Daarom is destijds voor de vegetatiesituatie uit 1997 gekozen (de referentiesituatie van Ruimte voor de Rivier). Bij het BOI2023 is gebruik gemaakt van (een concept van) de vegetatielegger (2020), die beter aansluit bij de daadwerkelijk in het veld aanwezige begroeiing.

Uitvoerlocaties

De gegevens van de kunstwerken zijn overgenomen uit de testbank. Voor de Rijn-takken betreft dit één kunstwerklocatie: Coupure de Worp in traject 52-1.

Instellingen voor rekenwerk

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Databases	STACK : /Bovenrivieren/01_Bovenrijn	In concept
as	WBI2017_Bovenrijn_aslocaties_v03	B2035_Bovenrijn_aslocaties_v01
Hoge gronden	-	B2035_Bovenrijn_hoge_gronden_v01
Extra	-	B2035_Bovenrijn_extra_overig_v01 B2035_Bovenrijn_extra_RWS_v01
Traject 11-1	-	B2035_Bovenrijn_11-1_v01
Traject 16-4	WBI2017_Bovenrijn_16-4_v04	B2035_Bovenrijn_16-4_v01
Traject 38-1	WBI2017_Bovenrijn_38-1_v04	B2035_Bovenrijn_38-1_v01
Traject 40-1	WBI2017_Bovenrijn_40-1_v04	B2035_Bovenrijn_40-1_v01
Traject 41-1	WBI2017_Bovenrijn_41-1_v04	B2035_Bovenrijn_41-1_v01
Traject 41-2	WBI2017_Bovenrijn_41-2_v04	B2035_Bovenrijn_41-2_v01
Traject 42-1	WBI2017_Bovenrijn_42-1_v04	B2035_Bovenrijn_42-1_v01
Traject 43-1	WBI2017_Bovenrijn_43-1_v04	B2035_Bovenrijn_43-1_v01
Traject 43-2	WBI2017_Bovenrijn_43-2_v04	B2035_Bovenrijn_43-2_v01
Traject 43-3	WBI2017_Bovenrijn_43-3_v04	B2035_Bovenrijn_43-3_v01
Traject 43-4	WBI2017_Bovenrijn_43-4_v04	B2035_Bovenrijn_43-4_v01
Traject 43-5	WBI2017_Bovenrijn_43-5_v04	B2035_Bovenrijn_43-5_v01
Traject 43-6	WBI2017_Bovenrijn_43-6_v04	B2035_Bovenrijn_43-6_v01
Traject 44-1	WBI2017_Bovenrijn_44-1_v04	B2035_Bovenrijn_44-1_v01
Traject 45-1	WBI2017_Bovenrijn_45-1_v04	B2035_Bovenrijn_45-1_v01
Traject 47-1	WBI2017_Bovenrijn_47-1_52-1_v05	B2035_Bovenrijn_47-1_v01
Traject 48-1	WBI2017_Bovenrijn_48-1_v04	B2035_Bovenrijn_48-1_v01
Traject 48-2	WBI2017_Bovenrijn_48-2_v04	B2035_Bovenrijn_48-2_v01
Traject 48-3	WBI2017_Bovenrijn_48-3_v05	B2035_Bovenrijn_48-3_v01
Traject 49-1	WBI2017_Bovenrijn_49-1_v06	B2035_Bovenrijn_49-1_v01
Traject 49-2	WBI2017_Bovenrijn_49-2_v04	B2035_Bovenrijn_49-2_v01
Traject 50-1	WBI2017_Bovenrijn_50-1_v04	B2035_Bovenrijn_50-1_v01
Traject 50-2	WBI2017_Bovenrijn_50-2_v04	B2035_Bovenrijn_50-2_v01
Traject 51-1	WBI2017_Bovenrijn_51-1_v04	B2035_Bovenrijn_51-1_v01
Traject 52-1	WBI2017_Bovenrijn_47-1_52-1_v05	B2035_Bovenrijn_52-1_v01

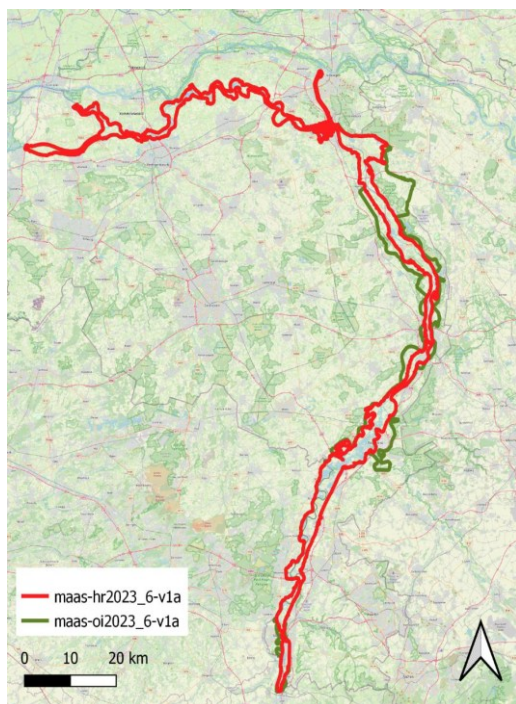
Traject 52-2	WBI2017_Bovenrijn_52-2_v04	B2035_Bovenrijn_52-2_v01
Traject 52-3	WBI2017_Bovenrijn_52-3_v04	B2035_Bovenrijn_52-3_v01
Traject 52-4	WBI2017_Bovenrijn_52-4_v04	B2035_Bovenrijn_52-4_v01
Traject 52a-1	WBI2017_Bovenrijn_52a-1_v04	B2035_Bovenrijn_52a-1_v01
Traject 53-1	WBI2017_Bovenrijn_53-1_v04	B2035_Bovenrijn_53-1_v01
Traject 53-2	WBI2017_Bovenrijn_206_53-2_v04	B2035_Bovenrijn_53-2_v01
Traject 213	WBI2017_Bovenrijn_213_v04	B2035_Bovenrijn_213_v01
Traject 224	WBI2017_Bovenrijn_224_v04	B2035_Bovenrijn_224_v01
Statistiek		
QMIN	750	750
QMAX	25.000	25.000
QSTAP	50	50
QAFTOP	25.000	25.000
OVKANSQ	Ovkans_Lobith_piekafvoer_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_Lobith_piekafvoer_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
OVKANSU	Ovkans-wind_Deelen_2017_metOnzHeid.txt	CondOvkans_Deelen_16sectoren_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
KANSRNM	Richtingskansen_Deelen_2017.txt	Windrichtingskansen_Deelen_16sectoren_BOI2023.txt
TDQNM	Topduur_Lobith_2017.txt	Topduur_Lobith_BOI2023.txt
Modelonzekerheid (uit database)		
Modelonzekerheid waterstand	Nederrijn / Lek / Waal: $f_{bias,corr} = 0$ en $\sigma = 0,15$ IJssel: $f_{bias,corr} = 0$ en $\sigma = 0,20$	Conform WBI2017
Modelonzekerheid golfparameters	Nederrijn / Lek / Waal / IJssel: H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma=0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,03$ en $\sigma=0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,03$ en $\sigma=0,13$ Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	Nederrijn / Lek / Waal / IJssel: H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma=0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma=0,13$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,97$ en $\sigma=0,13$ Correlatie in modelonzekerheid golfparameters toegevoegd ($\rho = 0,5$)

B.3 Maas

Extra toelichting op (tabel in) hoofdtekst

Rekenrooster

Bij de WBI2017 schematisatie vormen de keringen en hoger gelegen gebieden de rand van het model, er kan dus geen water over de keringen en over de grens bij de hoger gelegen gebieden stromen. In de BOI2023-schematisatie zijn een aantal keringen en hoogwatervrije lijnen in het winterbed verwijderd en zijn in totaal ongeveer 200 km² aan gebieden langs de rand van het model toegevoegd. Hiermee is in BOI2023 de overstromingsvlakte van de Maas bij zeer hoge Maas-afvoeren niet beperkt door de grenzen van het rekenmodel ("geen water tegen de modelranden").

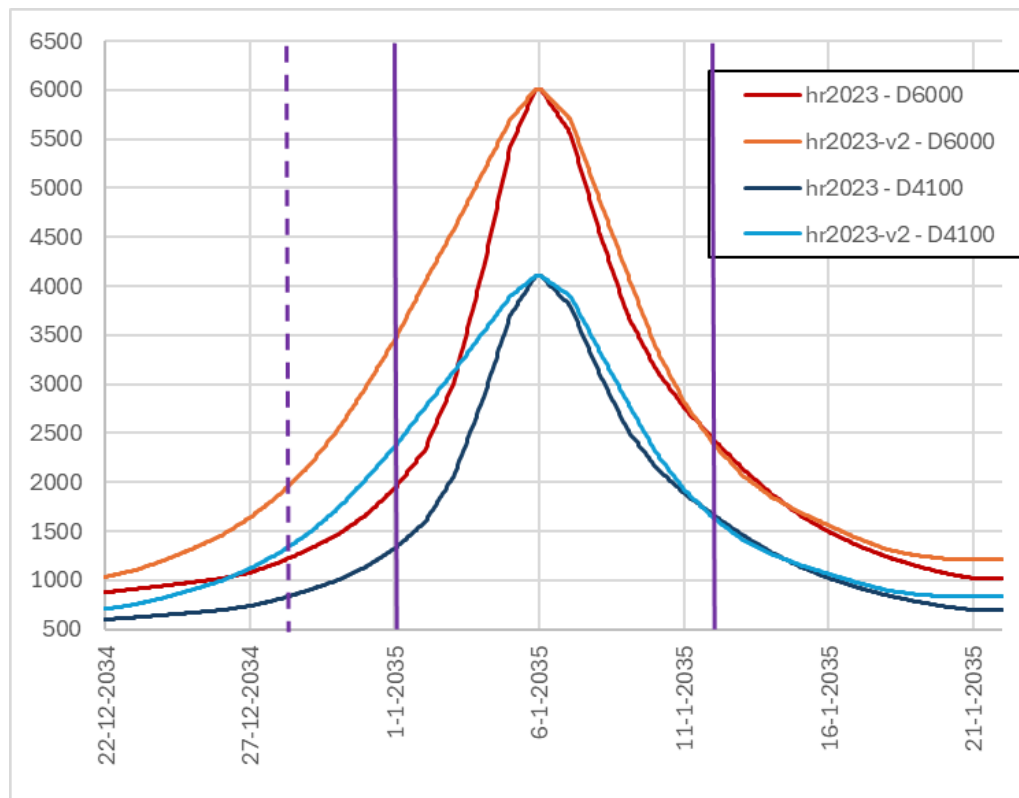


Figuur B-1: Overzicht van het bereik van het WBI2017 model (rode lijn), en de uitbreiding voor BOI2023 (groene lijn).

De waterstand ligt voor een afvoer van 6000 m³/s een stuk lager (0,10 – 0,30 m) in BOI2023 ten opzichte van WBI2017. Dit komt doordat de het BOI2023-model is uitgebreid in de breedte met gebieden die kunnen overstromen bij hoge afvoeren, terwijl het water in het WBI2017-model tegen de 'glazen' modelranden aanstond. Voor de overige hoge afvoeren kwam het water slechts op enkele locaties tot de modelrand, waardoor de waterstandsval voor deze afvoeren slechts zo'n 1-3 cm betreft.

Golfvorm

Voor alle afvoeren is een toename in waterstand zichtbaar door het toepassen van de nieuwe golfvorm. Dit komt doordat de aanloop van deze golf minder steil is en de nieuwe golf dus een grotere hoeveelheid water bevat dan de oude golf. Als gevolg daarvan zullen de uiterwaarden eerder volstromen, is er minder topvervlakking en zal de waterstand toenemen.



Figuur B-2: Overzicht van de oude en nieuwe (v2) afvoergolf met een piek van 6000 m³/s en 4100 m³/s bij Borgharen. De doorgetrokken paarse lijnen geven de momenten aan waarop de oude golfvorm werd afgeknipt en de gestreepte paarse lijn de aangepaste begintijd waar de nieuwe golfvorm wordt afgeknipt (eindtijd blijft wel hetzelfde).

Dit heeft vooral effect benedenstrooms langs de Maas. Het effect op de waterstand is het grootst bij een afvoer van 6000 m³/s. Voor een afvoerniveau van 4100 m³/s is de toename in waterstand door de golfvorm "hr2023-v2" relatief laag ten opzichte van de andere afvoeren. Dit komt doordat bij deze afvoer veel bergingsgebieden instromen, maar nog niet volledig volgestroomd zijn zoals bij 6000 m³/s het geval is.

Vegetatielegger

Bij het maken van de randvoorwaarden voor WBI2017 was nog geen vegetatielegger beschikbaar waarin de maximale toegestane ruwheid van de vegetatie is vastgelegd. Daarom is destijds voor de vegetatiesituatie uit 1997 gekozen (de referentiesituatie van Ruimte voor de Rivier). Bij het BOI2023 is gebruik gemaakt van (een concept van) de vegetatielegger (2020), die beter aansluit bij de daadwerkelijk in het veld aanwezige begroeiing.

Instellingen voor rekenwerk

Voor Maas zijn er ook v04 databases in omloop. Binnen deze studie gebruiken we de vigerende databases, ofwel de officiële databases van de STACK. Zie ook het Protocol van Overdracht voor de Maas (20210527 *Protocol van Overdracht Maas Databases.pdf*)

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Databases		
Gelderse en Brabantse Maas	STACK: /Bovenrivieren/02_Bovenmaas	<i>In concept</i>
as	WBI2017_Bovenmaas_aslocaties_v03	B2035_Bovenmaas_aslocaties_v01
Traject 36-1	WBI2017_Bovenmaas_36-1_v03	B2035_Bovenmaas_36-1_v01
Traject 36-2	WBI2017_Bovenmaas_36-2_v03	B2035_Bovenmaas_36-2_v01
Traject 36-3	WBI2017_Bovenmaas_36-3_v03	B2035_Bovenmaas_36-3_v01
Traject 36-4	WBI2017_Bovenmaas_36-4_v03	B2035_Bovenmaas_36-4_v01
Traject 36-5	WBI2017_Bovenmaas_36-5_v03	B2035_Bovenmaas_36-5_v01
Traject 36a-1	WBI2017_Bovenmaas_36a-1_v03	B2035_Bovenmaas_36a-1_v01
Traject 38-2	WBI2017_Bovenmaas_38-2_v03	B2035_Bovenmaas_38-2_v01
Traject 39-1	WBI2017_Bovenmaas_39-1_v03	B2035_Bovenmaas_39-1_v01
Traject 40-2	WBI2017_Bovenmaas_40-2_v03	B2035_Bovenmaas_40-2_v01
Traject 41-3	WBI2017_Bovenmaas_41-3_v03	B2035_Bovenmaas_41-3_v01
Traject 41-4	WBI2017_Bovenmaas_41-4_v03	B2035_Bovenmaas_41-4_v01
224	WBI2017_Bovenmaas_224_v03	B2035_Bovenmaas_224_v01
Maasvallei	STACK: /Bovenrivieren/18_Bovenmaas_hoge_keringen	<i>In concept</i>
as	WBI2017_Bovenmaas_hoge_keringen_aslocaties_v03	B2035_Bovenmaas_hk_aslocaties_v01
Hoge gronden	-	B2035_Bovenmaas_hk_hoge_gronden_v01
Traject 54-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_keringen_54-1_55-1_56-1_58-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_54-1_v01
Traject 55-1		B2035_Bovenmaas_hk_55-1_v01
Traject 56-1		B2035_Bovenmaas_hk_56-1_v01
Traject 57-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_keringen_57-1_59-1_60-1_61-1_63-1_64-1_65-1_66-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_57-1_v01
Traject 58-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_keringen_54-1_55-1_56-1_58-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_58-1_v01
Traject 59-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_keringen_57-1_59-1_60-1_61-1_63-1_64-1_65-1_66-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_59-1_v01
Traject 60-1		B2035_Bovenmaas_hk_60-1_v01
Traject 61-1		B2035_Bovenmaas_hk_61-1_v01
Traject 62-1	-	B2035_Bovenmaas_hk_62-1_v01
Traject 63-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_keringen_57-1_59-1_60-1_61-1_63-1_64-1_65-1_66-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_63-1_v01
Traject 63-2	-	B2035_Bovenmaas_hk_63-2_v01
Traject 63-9	-	B2035_Bovenmaas_hk_63-9_v01
Traject 64-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_keringen_57-1_59-1_60-1_61-1_63-1_64-1_65-1_66-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_64-1_v01
Traject 65-1		B2035_Bovenmaas_hk_65-1_v01
Traject 65-9	-	B2035_Bovenmaas_hk_65-9_v01

Traject 66-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_57-1_59-1_60-1_61-1_63-1_64-1_65-1_66-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_66-1_v01
Traject 67-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_67-1_68-1_68-2_69-1_70-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_67-1_v01
Traject 68-1		B2035_Bovenmaas_hk_68-1_v01
Traject 68-2		B2035_Bovenmaas_hk_68-2_v01
Traject 69-1		B2035_Bovenmaas_hk_69-1_v01
Traject 70-1		B2035_Bovenmaas_hk_70-1_v01
Traject 71-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_71-1_72-1_73-1_74-1_75-1_76-1_76-2_76a-1_77-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_71-1_v01
Traject 73-1		B2035_Bovenmaas_hk_73-1_v01
Traject 74-1		B2035_Bovenmaas_hk_74-1_v01
Traject 75-1		B2035_Bovenmaas_hk_75-1_v01.
Traject 76-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_76-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_76-1_v01
Traject 76-2	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_71-1_72-1_73-1_74-1_75-1_76-1_76-2_76a-1_77-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_76-2_v01
Traject 76a-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_76a1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_76a-1_v01
Traject 77-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_77-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_77-1_v01
Traject 78-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_78-1_78a-1_79-1_80-1_81-1_82-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_78-1_v01
Traject 78a-1		B2035_Bovenmaas_hk_78a-1_v01
Traject 79-1		B2035_Bovenmaas_hk_79-1_v01
Traject 80-1		B2035_Bovenmaas_hk_80-1_v01
Traject 81-1		B2035_Bovenmaas_hk_81-1_v01
Traject 82-1		B2035_Bovenmaas_hk_82-1_v01
Traject 83-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_83-1_85-1_86-1_87-1_88-1_89-1_91-1_92-1_93-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_83-1_v01
Traject 84-1	-	B2035_Bovenmaas_hk_84-1_v01
Traject 85-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_83-1_85-1_86-1_87-1_88-1_89-1_91-1_92-1_93-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_85-1_v01
Traject 86-1		B2035_Bovenmaas_hk_86-1_v01
Traject 87-1		B2035_Bovenmaas_hk_87-1_v01
Traject 88-1		B2035_Bovenmaas_hk_88-1_v01
Traject 89-1		B2035_Bovenmaas_hk_89-1_v01
Traject 90-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_90-1_94-1_95-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_90-1_v01
Traject 91-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_83-1_85-1_86-1_87-1_88-1_89-1_91-1_92-1_93-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_91-1_v01
Traject 92-1		B2035_Bovenmaas_hk_92-1_v01
Traject 93-1		B2035_Bovenmaas_hk_93-1_v01
Traject 94-1	WBI2017_Bovenmaas_hoge_kerining_90-1_94-1_95-1_v03	B2035_Bovenmaas_hk_94-1_v01
Traject 95-1		B2035_Bovenmaas_hk_95-1_v01
Statistiek		
QMIN	0	0

QMAX	6.500	6.500
QSTAP	50	50
QAFTOP	6.500	6.500
OVKANSQ	Ovkans_Borgharen_piekaf- voer_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_Borgharen_piekaf- voer_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
OVKANSU	Ovkanswind_Deelen_2017_me- tOnzHeid.txt	CondOvkans_Deelen_16secto- ren_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
KANSRNM	Richtingskansen_Deelen_2017.txt	Windrichtingskansen_Deelen_16secto- ren_BOI2023.txt
TDQNM	Topduur_Borgharen_2017.txt	Topduur_Borgharen_BOI2023.txt
Modelonzekerheid (uit database)		
Modelonzekerheid waterstand	$f_{\text{bias,corr}} = 0$ en $\sigma = 0,30$	$f_{\text{bias,corr}} = 0$ en $\sigma = 0,30$
Modelonzekerheid golfparameters	H_{m0} : $f_{\text{bias,corr}} = 0,96$ en $\sigma=0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{\text{bias,corr}} = 1,03$ en $\sigma=0,13$ T_p : $f_{\text{bias,corr}} = 1,03$ en $\sigma=0,13$ Modelonzekerheid golfparameters onaf- hankelijk ($\rho = 0$)	H_{m0} : $f_{\text{bias,corr}} = 1,04$ en $\sigma=0,27$ $T_{m-1,0}$: $f_{\text{bias,corr}} = 0,97$ en $\sigma=0,13$ T_p : $f_{\text{bias,corr}} = 0,97$ en $\sigma=0,13$ Correlatie in modelonzekerheid golfpara- meters toegevoegd ($\rho = 0,5$)

B.4 Rijn-Maasmonding

Deze paragraaf wordt ingevuld in de volgende versie van dit rapport, dat in het najaar van 2026 wordt uitgeleverd. In deze versie worden ook de paragrafen over ontwerpen ingevuld.

B.5 Hollandse IJssel

Deze paragraaf wordt ingevuld in de volgende versie van dit rapport, dat in het najaar van 2026 wordt uitgeleverd. In deze versie worden ook de paragrafen over ontwerpen ingevuld.

B.6 Meren

Rekeninstellingen IJsselmeer

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica - beoordelen		
Databases	STACK /Meren/07_ijsselmeer /Toets op Maat/Meren	
traject 6-1	WBI2017_IJsselmeer_6-1_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_6-1_v01.sqlite
traject 6-2	WBI2017_IJsselmeer_6-2_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_6-2_v01.sqlite
traject 7-2	WBI2017_IJsselmeer_7-2_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_7-2_v01.sqlite
traject 8-3a	WBI2017_IJsselmeer_8-3a_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_8-3a_v01.sqlite
traject 8-4	WBI2017_IJsselmeer_8-4_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_8-4_v01.sqlite
traject 12-2	WBI2017_IJsselmeer_12-2_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_12-2_v01.sqlite
traject 13-6	WBI2017_IJsselmeer_13-6_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_13-6_v01.sqlite
traject 201	WBI2017_IJsselmeer_Afsluit- dijk_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_201_v01.sqlite

traject 204a	WBI2017_IJsselmeer_204a_v02.sqlite	B2035_IJsselmeer_204a_v01.sqlite
Fysica - ontwerpen		
	Gelijk aan beoordelen	Gelijk aan beoordelen
Statistiek - beoordelen		
MMIN	-0,4	-0,4
MMAX	2,2	2,2
MSTAP	0,05	0,05
MAFTOP	2,2	2,2
Overschrijdingskans piekmeerpeil (OVKANSM)	Ovkans_IJsselmeer_piekmeer-peil_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_IJsselmeer_piekmeer-peil_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windsnelheid (OVKANSM)	Ovkanswind_Schiphol_16sectoren_2017_metWindDrag_metOnzHeid.txt	CondOvkans_Schiphol_16sectoren_wind_BOI2023_met-WindDrag_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windrichting (KANSRNM)	Richtingskansen_Schiphol_2017.txt	Windrichtingskansen_Schiphol_16sectoren_BOI2023.txt
Topduur	Topduur_IJsselmeer_2017.txt	Topduur_IJsselmeer_BOI2023.txt
Kans stormduur (KANSDNM)	kansstormduur.txt	kansstormduur.txt
Rekeninstellingen		
Conform	Hydra-NL 2.8.2	Hydra-NL 2.9.1

Rekeninstellingen Markermeer

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica - beoordelen		
Databases:		
traject 8-2	WBI2017_Markermeer_8-2_8-3b_v02_correctie_v01.sqlite	B2035_Markermeer_8-2_v01.sqlite
traject 8-3b	WBI2017_Markermeer_8-2_8-3b_v02_correctie_v01.sqlite	B2035_Markermeer_8-3b_v01.sqlite
traject 13a-1	WBI2017_Markermeer_13-9_13a-1_44-2_v02.sqlite	B2035_Markermeer_13a-1_v01.sqlite
traject 13b-1	WBI2017_Markermeer_13b-1_v02.sqlite	B2035_Markermeer_13b-1_v01.sqlite
traject 13-7	WBI2017_Markermeer_13-7_v02.sqlite	B2035_Markermeer_13-7_v01.sqlite
traject 13-8	WBI2017_Markermeer_13-8_v02.sqlite	B2035_Markermeer_13-8_v01.sqlite
traject 13-9	WBI2017_Markermeer_13-9_13a-1_44-2_v02.sqlite	B2035_Markermeer_13-9_v01.sqlite
traject 44-2	WBI2017_Markermeer_13-9_13a-1_44-2_v02.sqlite	B2035_Markermeer_44-2_v01.sqlite
traject 204b	WBI2017_Markermeer_204b_v02.sqlite	B2035_Markermeer_204b_v01.sqlite
Fysica - ontwerpen		
	Gelijk aan beoordelen	Gelijk aan beoordelen
Statistiek - beoordelen		
MMIN	-0,4	Gelijk aan WBI2017
MMAX	1,8	Gelijk aan WBI2017
MSTAP	0,05	Gelijk aan WBI2017

MAFTOP	1,8	Gelijk aan WBI2017
Overschrijdingskans piekmeerpeil (OVKANSM)	Ovkans_Markermeer_piekmeerpeil_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_Markermeer_piekmeerpeil_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windsnelheid (OVKANSU)	Ovkanswind_Schiphol_12sectoren_2017_metWindDrag_metOnzHeid.txt	CondOvkans_Schiphol_16sectoren_wind_BOI2023_metWindDrag_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windrichting (KANSRNM)	Richtingskansen_Schiphol_12sectoren_2017.txt	Windrichtingskansen_Schiphol_16sectoren_BOI2023.txt
Topduur	Topduur_Markermeer_2017.txt	Topduur_Markermeer_BOI2023.txt
Kans stormduur (KANSDNM)	kansstormduur.txt	kansstormduur.txt
Statistiek - ontwerpen		
MMIN		
MMAx		
MSTAP		
MAFTOP		
Meerpeilstijging		
Overschrijdingskans piekmeerpeil (OVKANSM)	Ovkans_Markermeer_piekmeerpeil_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_Markermeer_piekmeerpeil_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windsnelheid (OVKANSU)	Ovkanswind_Schiphol_12sectoren_2017_metWindDrag_metOnzHeid.txt	CondOvkans_Schiphol_16sectoren_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windrichting (KANSRNM)	Richtingskansen_Schiphol_12sectoren_2017.txt	Windrichtingskansen_Schiphol_16sectoren_BOI2023.txt
Topduur	Topduur_Markermeer_2017.txt	Topduur_Markermeer_BOI2023.txt
Kans stormduur (KANSDNM)	kansstormduur.txt	kansstormduur.txt
Rekeninstellingen		
Conform	Hydra-NL 2.8.2	Hydra-NL 2.9.1

Rekeninstellingen Veluwerandmeer

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica - beoordelen		
Databases:	STACK /Meren/20_Veluwerandmeren	
<i>traject 8-4</i>	WBI2017_Veluwerandmeren_8-4_v02.sqlite	B2023_Veluwerandmeren_8-4_v01.sqlite
<i>traject 8-5</i>	WBI2017_Veluwerandmeren_8-5_v03.sqlite	B2023_Veluwerandmeren_8-5_v01.sqlite
<i>traject 8-6</i>	WBI2017_Veluwerandmeren_8-6_v02.sqlite	B2023_Veluwerandmeren_8-6_v01.sqlite
<i>traject 8-7</i>	WBI2017_Veluwerandmeren_8-7_v02.sqlite	B2023_Veluwerandmeren_8-7_v01.sqlite
<i>traject 11-3</i>	WBI2017_Veluwerandmeren_11-3_v02.sqlite	B2023_Veluwerandmeren_11-3_v01.sqlite

<i>traject 45-3</i>	WBI2017_Veluwerandmeren_45-3_v02.sqlite	B2023_Veluwerandmeren_45-3_v01.sqlite
Fysica - ontwerpen		
	Gelijk aan beoordelen	Gelijk aan beoordelen
Statistiek - beoordelen		
MMIN	-0,3	Gelijk aan WBI2017
MMAX	2	Gelijk aan WBI2017
MSTAP	0,05	Gelijk aan WBI2017
MAFTOP	2	Gelijk aan WBI2017
Overschrijdingskans piekmeerpeil (OVKANSM)	Ovkans_Veluwerandmeer_piekmeerpeil_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_Veluwerandmeren_piekmeerpeil_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windsnelheid (OVKANSM)	Ovkanswind_Schiphol_16sectoren_2017_metWindDrag_metOnzHeid.txt	CondOvkans_Schiphol_16sectoren_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windrichting (KANSRNM)	Richtingskansen_Schiphol_2017.txt	Windrichtingskansen_Schiphol_16sectoren_BOI2023.txt
Topduur	Topduur_Veluwerandmeer_2017.txt	Topduur_Veluwerandmeren_BOI2023.txt
Kans stormduur (KANSDNM)	kansstormduur.txt	kansstormduur.txt
Statistiek - ontwerpen		
MMIN		
MMAX		
MSTAP		
MAFTOP		
Meerpeilstijging		
Overschrijdingskans piekmeerpeil (OVKANSM)	Ovkans_Veluwerandmeer_piekmeerpeil_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_Veluwerandmeren_piekmeerpeil_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windsnelheid (OVKANSM)	Ovkanswind_Schiphol_16sectoren_2017_metWindDrag_metOnzHeid.txt	CondOvkans_Schiphol_16sectoren_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windrichting (KANSRNM)	Richtingskansen_Schiphol_2017.txt	Windrichtingskansen_Schiphol_16sectoren_BOI2023.txt
Topduur	Topduur_Veluwerandmeer_2017.txt	Topduur_Veluwerandmeren_BOI2023.txt
Kans stormduur (KANSDNM)	kansstormduur.txt	kansstormduur.txt
Rekeninstellingen		
Conform	Hydra-NL 2.8.2	Hydra-NL 2.9.1

Rekeninstellingen Grevelingenmeer

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica - beoordelen		
Databases:		
<i>traject 25-4</i>	WBI2017_Grevelingen_25-4_v02.sqlite	B2035_Grevelingen_25-4_v01.sqlite

traject 26-4	WBI2017_Grevelingen_26-4_v02.sqlite	B2035_Grevelingen_26-4_v01.sqlite
Fysica - ontwerpen		
	Gelijk aan beoordelen	Gelijk aan beoordelen
Statistiek - beoordelen		
MMIN	-0,23	Gelijk aan WBI2017
MMAX	0,8	Gelijk aan WBI2017
MSTAP	0,01	Gelijk aan WBI2017
MAFTOP	0,8	Gelijk aan WBI2017
Overschrijdingskans piekmeerpeil (OVKANSM)	Ovkans_Grevelingenmeer_piekmeer- peil_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_Grevelingenmeer_piekmeer- peil_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windsnelheid (OVKANSU)	Ovkanswind_Schiphol_16secto- ren_2017_metWindDrag_me- tOnzHeid.txt	CondOvkans_Schiphol_16secto- ren_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windrichting (KAN- RNM)	Richtingskansen_Schiphol_2017.txt	Windrichtingskansen_Schip- hol_16sectoren_BOI2023.txt
Topduur	Topduur_Grevelingenmeer_2017.txt	Topduur_Grevelingen- meer_BOI2023.txt
Kans stormduur (KANSDNM)	kansstormduur.txt	kansstormduur.txt
Statistiek - ontwerpen		
MMIN		
MMAX		
MSTAP		
MAFTOP		
Meerpeilstijging		
Overschrijdingskans piekmeerpeil (OVKANSM)	Ovkans_Grevelingenmeer_piekmeer- peil_2017_metOnzHeid.txt	Ovkans_Grevelingenmeer_piekmeer- peil_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windsnelheid (OVKANSU)	Ovkanswind_Schiphol_16secto- ren_2017_metWindDrag_me- tOnzHeid.txt	CondOvkans_Schiphol_16secto- ren_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
Overschrijdingskans windrichting (KAN- RNM)	Richtingskansen_Schiphol_2017.txt	Windrichtingskansen_Schip- hol_16sectoren_BOI2023.txt
Topduur	Topduur_Grevelingenmeer_2017.txt	Topduur_Grevelingen- meer_BOI2023.txt
Kans stormduur (KANSDNM)	kansstormduur.txt	kansstormduur.txt
Rekeninstellingen		
Conform	Hydra-NL 2.8.2	Hydra-NL 2.9.1

B.7 Kust (dijken)

De databases fysica voor de harde keringen langs de kust bevatten golfparameters als functie van de waterstand en windcondities (richting en snelheid). Lokale waterstanden zijn niet opgenomen in de databases fysica voor de watersystemen langs de kust. De lokale zeewaterstandstatistiek volgt uit triangulaire interpolatie tussen de

verschillende meetstations waar zeewaterstandstatistiek beschikbaar is. Welke drie steunpunten worden gebruikt voor deze triangulaire interpolatie, is afhankelijk van de ligging van de locatie. Binnen Hydra-NL wordt dit automatisch bepaald. Voor Riskeer geldt dat de informatie over de te gebruiken steunpunten per locatie is opgenomen in de database met statistische gegevens.

Rekeninstellingen Waddenzee

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Databases:		
<i>traject 1-2</i>	WBI2017_Waddenzee_Oost_1-1_1-2_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_Oost_1-2_v01.sqlite
<i>traject 2-2</i>	WBI2017_Waddenzee_Oost_2-1_2-2_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_Oost_2-2_v01.sqlite
<i>traject 6-3</i>	WBI2017_Waddenzee_Oost_6-3_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_Oost_6-3_v01.sqlite
<i>traject 6-4</i>	WBI2017_Waddenzee_Oost_6-4_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_Oost_6-4_v01.sqlite
<i>traject 6-5</i>	WBI2017_Waddenzee_Oost_6-5_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_Oost_6-5_v01.sqlite
<i>traject 6-6</i>	WBI2017_Waddenzee_Oost_6-6_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_Oost_6-6_v01.sqlite
<i>traject 6-7</i>	WBI2017_Waddenzee_Oost_6-7_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_Oost_6-7_v01.sqlite
<i>traject 3-2</i>	WBI2017_Waddenzee_West_3-1_3-2_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_West_3-2_v01.sqlite
<i>traject 4-2</i>	WBI2017_Waddenzee_West_4-1_4-2_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_West_4-2_v01.sqlite
<i>traject 5-2</i>	WBI2017_Waddenzee_West_5-1_5-2_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_West_5-2_v01.sqlite
<i>traject 6-3¹⁰</i>	WBI2017_Waddenzee_West_6-3_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_West_6-3_v01.sqlite
<i>traject 12-1</i>	WBI2017_Waddenzee_West_12-1_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_West_12-1_v01.sqlite
<i>traject 13-4</i>	WBI2017_Waddenzee_West_13-4_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_West_13-4_v01.sqlite
<i>traject 13-5</i>	WBI2017_Waddenzee_West_13-5_v03.sqlite	B2035_Waddenzee_West_13-5_v01.sqlite
<i>vbk 201: Afsluitdijk</i>	WBI2017_Wadden-zee_West_201_v03.sqlite	B2035_Wadden-zee_West_201_v01.sqlite
Statistiek (Hydra-NL)		
Overschrijdingskansen zeewaterstand (hoekpunten)	Hoekpuntennamen: WestTerschelling, Delfzijl, Lauwersoog, DenOeverBuiten, Huibertgat, DenHelder, Harlingen, Lauwersoog Bestandsnaam met onzekerheid: CondPov#HOEKPUNTNAAM#_12u_zicht-jaar2017_metOnzHeid.txt	Hoekpuntennamen: WestTerschelling, Delfzijl, Lauwersoog, DenOeverBuiten, Huibertgat, DenHelder, Harlingen, Lauwersoog Bestandsnaam met onzekerheid: CondOvkans_#HOEKPUNTNAAM#_zee-waterstand_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt

¹⁰ Traject 6-3 valt gedeeltelijk onder deelsysteem Waddenzee West en gedeeltelijk onder Waddenzee Oost

Overschrijdings- kans potentiële windsnelheid (Ovkansu)	met onzekerheid: Ovkanswind_West Terschel- ling_2017_metOnzHeid.txt	met onzekerheid: CondOvkans_WestTerschel- ling_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
Correlatiecoëffi- ciënten tussen zeewaterstand en windsnelheid per windrichting (sigmafunctie)	VS_sigmafunctie_WZ_oost_2017.txt VS_sigmafunctie_WZ_west_2017.txt	VS_sigmafunctie_Waddenzee- West_BOI2023.txt VS_sigmafunctie_Waddenzee- Oost_BOI2023.txt
kans op wind- richting	KansenWindrichting_WZ_2017.txt	Windrichtingskansen_Wadden- zee_BOI2023.txt
Rekeninstellingen		
Conform	Hydra-NL 2.8.2	Hydra-NL 2.9.1
Modelonzekerheid (uit database)		
Golven	$H_{m0}: f_{bias,corr} = 0,99 \text{ en } \sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}: f_{bias,corr} = 0,96 \text{ en } \sigma = 0,11$ $T_p: f_{bias,corr} = 0,96 \text{ en } \sigma = 0,11$	$H_{m0}: f_{bias,corr} = 1,01 \text{ en } \sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}: f_{bias,corr} = 1,04 \text{ en } \sigma = 0,11$ $T_p: f_{bias,corr} = 1,04 \text{ en } \sigma = 0,11$
Correlatie modelonzeker- heid golfhoogte en - periode	0	0,4

Rekeninstellingen Hollandse Kust

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Databases:		
traject 13-2	WBI2017_Hollandse_Kust_Midden_13-2_44-3_v04.sqlite	B2035_Hollandse_Kust_Midden_13-2_v01.sqlite
traject 44-3		B2035_Hollandse_Kust_Midden_44-3_v01.sqlite
traject 14-5	WBI2017_Hollandse_Kust_Zuid_14-5_14-6_14-8_211_214_218_25-1_v04.sqlite	B2035_Hollandse_Kust_Zuid_14-5_v01.sqlite
traject 14-6		B2035_Hollandse_Kust_Zuid_14-6_v01.sqlite
traject 14-8		B2035_Hollandse_Kust_Zuid_14-8_v01.sqlite
traject 25-1		B2035_Hollandse_Kust_Zuid_25-1_v01.sqlite
vbk 211: Haringvlietdam		B2035_Hol-landse_Kust_Zuid_211_v01.sqlite
vbk 214: Brouwersdam		B2035_Hol-landse_Kust_Zuid_214_v01.sqlite
vbk 218: Oosterscheldeke-ring		B2035_Hol-landse_Kust_Zuid_218_v01.sqlite
Statistiek (Hydra-NL)		
Overschrij-dingskans zee-waterstand (hoekpunten)	Hoekpuntennamen: DenHelder, IJmuiden, IJmuiden-Additio-nal, HoekvanHolland, OS11, Vlissingen Bestandsnaam met onzekerheid: CondPov#HOEKPUNTNAAM#_12u_zicht-jaar2017_metOnzHeid.txt	Hoekpuntennamen: DenHelder, IJmuiden, IJmuiden-vrtl, HoekvanHolland, OS11, Vlissingen, Vlissingen-vtrl Bestandsnaam met onzekerheid: CondOvkans_#HOEKPUNTNAAM#_zee-waterstand_BOI2023_2035_me-tOnzHeid.txt
Overschrij-dingskans po-tentiële wind-snelheid (Ovkansu)	Stationsnamen de Kooy, IJmuiden, Hoek van Holland Bestandsnaam met onzekerheid: Ovkanswind_#STATIONS-NAAM%_2017_metOnzHeid.txt	Stationsnamen DenHelder, IJmuiden, HoekvanHolland Bestandsnaam met onzekerheid: CondOvkans_#STATIONS-NAAM%_wind_BOI2023_me-tOnzHeid.txt
Correlatiecoëffi-ciënten tussen zeewaterstand en windsnelheid per windrichting (sigmafunctie)	VS_sigmafunctie_Kust_Noord_2017.txt VS_sigmafunctie_Kust_Midden_2017.txt VS_sigmafunctie_Kust_Zuid_2017.txt	VS_sigmafunctie_HollandseKust-Noord_BOI2023.txt VS_sigmafunctie_HollandseKust-Midden_BOI2023.txt VS_sigmafunctie_HollandseKust-Zuid_BOI2023.txt
kansen wind-richting (kan-senrichting)	KansenWindrichting_Kust_2017.txt	Windrichtingskansen_Hollandse-Kust_BOI2023.txt
Rekeninstellingen		
Conform	Hydra-NL 2.8.2	Hydra-NL 2.9.1
Modelonzekerheid (uit database)		

Golven	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,99$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$
Correlatie modelonzekerheid golfhoogte en -periode	0	0,4

Rekeninstellingen Westerschelde

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Databases:		
traject 29-1	WBI2017_Westerschelde_29-1_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_29-1_v01.sqlite
traject 29-2	WBI2017_Westerschelde_29-2_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_29-2_v01.sqlite
traject 29-3	WBI2017_Westerschelde_29-3_29-4_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_29-3_v01.sqlite
traject 29-4		B2035_Westerschelde_29-4_v01.sqlite
traject 30-3	WBI2017_Westerschelde_30-3_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_30-3_v01.sqlite
traject 30-4	WBI2017_Westerschelde_30-4_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_30-4_v01.sqlite
traject 32-1	WBI2017_Westerschelde_32-1_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_32-1_v01.sqlite
traject 32-2	WBI2017_Westerschelde_32-2_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_32-2_v01.sqlite
traject 32-3	WBI2017_Westerschelde_32-3_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_32-3_v01.sqlite
traject 32-4	WBI2017_Westerschelde_32-4_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_32-4_v01.sqlite
traject 30-2	WBI2017_Westerschelde_222_223_30-2_31-1_v03.sqlite	B2035_Westerschelde_30-2_v01.sqlite
traject 31-1		B2035_Westerschelde_31-1_v01.sqlite
vbk 222: Sluizen Hansweert		B2035_Westerschelde_222_v01.sqlite
vbk 223: Zeedijk Paviljoenpolder		B2035_Westerschelde_223_v01.sqlite
Statistiek (Hydra-NL)		
Overschrijdingskans zeewaterstand (hoekpunten)	Hoekpuntennamen: Vlissingen, Vlissingen-Additional, Hansweert Bestandsnaam met onzekerheid: CondPov#HOEKPUNT-NAAM#_12u_zichtjaar2017_me-tOnzHeid.txt	Hoekpuntennamen: Vlissingen, Vlissingen-Additional, Hansweert Bestandsnaam met onzekerheid: CondOvkans_#HOEKPUNTNAAM#_zeewaterstand_BOI2023_2035_me-tOnzHeid.txt
Overschreidingskans potentiële windsnelheid (Ovkansu)	met onzekerheid: Ovkanswind_Vlissingen_2017_me-tOnzHeid.txt	met onzekerheid: CondOvkans_VlaktevandeR-aan_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt

Correlatiecoëfficiënten tussen zeewaterstand en windsnelheid per windrichting (sigmafunctie)	VS_sigmafunctie_WS_2017.txt	VS_sigmafunctie_Wester-schelde_BOI2023.txt
kansen windrichting (kansenrichting)	KansenWindrichting_WS_2017.txt	Windrichtingskansen_Wester-schelde_BOI2023.txt
Rekeninstellingen		
Conform	Hydra-NL 2.8.2	Hydra-NL 2.9.1
Modelonzekerheid (uit database)		
Golven	$H_{m0}: f_{bias,corr} = 0,99 \text{ en } \sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}: f_{bias,corr} = 0,96 \text{ en } \sigma = 0,11$ $T_p: f_{bias,corr} = 0,96 \text{ en } \sigma = 0,11$	$H_{m0}: f_{bias,corr} = 1,01 \text{ en } \sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}: f_{bias,corr} = 1,04 \text{ en } \sigma = 0,11$ $T_p: f_{bias,corr} = 1,04 \text{ en } \sigma = 0,11$
Correlatie modelonzekerheid golfhoogte en -periode	0	0,4

B.8 Oosterschelde

Instellingen voor rekenwerk

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica		
Databases (alleen Riskeer)	STACK: /Toets (eenvoudig tm gedetailleerd)/Kust/14_oosterschelde/WBI2017_Oosterschelde_{traject}_v02.zip:	216 217 219 221 26-2 26-3 27-1 27-2 28-1 30-1 31-2
Statistiek (Hydra-NL)		
Zeewaterstand	CondPovOS11_12u_zichtjaar2017_metOnzHeid.txt	CondOvkans_OS11_zeewaterstand_BOI2023_2035_metOnzHeid.txt"
Windsnelheid	Ovkanswind_Vlissingen_2017_metOnzHeid.txt	CondOvkans_Vlissingen_16sectoren_wind_BOI2023_metOnzHeid.txt
Windrichtingen	KansenWindrichting_OS_2017.txt	Windrichtingskansen_Oosterschelde_16sectoren_BOI2023.txt

Sigmafunctie	VS_sigmafunctie_OS_2017.txt	VS_sigmafunctie_Ooster-schelde_BOI2023.txt
Stormduur	KansenStormduur_OS.txt	KansenStormduur_OS_40_60_80uur_2023.txt
Faseverschil	KansenFaseverschil_OS.txt	KansenFaseverschil_2023.txt
Scenariokansen	ScenariokansenOSKering_2017.txt	ScenariokansenOSKering_2023.txt
Besliskansen	BesliskansenOSKering.txt	BesliskansenOSKering.txt
Modelonzekerheid		
Modelonzekerheid waterstanden	$\mu = -15$ cm, $\sigma = 15$ en 20 cm	$\mu = 0$ cm, $\sigma = 15$ cm
Modelonzekerheid golfparameters	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 0,99$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 0,96$ en $\sigma = 0,11$ Modelonzekerheid golfparameters onafhankelijk ($\rho = 0$)	H_{m0} : $f_{bias,corr} = 1,01$ en $\sigma = 0,19$ $T_{m-1,0}$: $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ T_p : $f_{bias,corr} = 1,04$ en $\sigma = 0,11$ Correlatie modelonzekerheid golfparameters ($\rho = 0,4$)

B.9 Kust (duinen)

Rekeninstellingen Kust (Duinen)

Parameter	WBI2017	BOI2023
Fysica		
traject 1-1	B2035_Duinen_1-1_v01	Naamgeving zoals WBI2017 B2035_Duinen_xx-xx_v02
traject 2-1	B2035_Duinen_2-1_v01	
traject 3-1	B2035_Duinen_3-1_v01	
traject 4-1	B2035_Duinen_4-1_v01	
traject 5-1	B2035_Duinen_5-1_v01	
traject 13-1	B2035_Duinen_13-1_v01	
traject 13-2	B2035_Duinen_13-2_v01	
traject 13-3	B2035_Duinen_13-3_v01	
traject 14-5	B2035_Duinen_14-5_v01	
traject 14-6	B2035_Duinen_14-6_v01	
traject 14-7	B2035_Duinen_14-7_v01	
traject 14-8	B2035_Duinen_14-8_v01	
traject 14-9	B2035_Duinen_14-9_v01	
traject 14-10	B2035_Duinen_14-10_v01	
traject 20-1	B2035_Duinen_20-1_v01	
traject 25-1	B2035_Duinen_25-1_v01	
traject 26-1	B2035_Duinen_26-1_v01	
traject 29-1	B2035_Duinen_29-1_v01	
traject 29-2	B2035_Duinen_29-2_v01	
traject 32-1	B2035_Duinen_32-1_v01	
traject 99	B2035_Duinen_99_v01	
traject 211	B2035_Duinen_211_v01	

<i>traject 214</i>	B2035_Duinen_214_v01	
<i>traject 218</i>	B2035_Duinen_218_v01	
Statistiek (Hydra-NL)		
Niet van toepassing: er is geen Hydra-NL versie die voor de duinen hydraulische belastingen (waaronder een rekenpeil) kan berekenen		
Statistiek (Riskeer)		
Database HLCD	HLCD.sqlite	HLCD.sqlite
config	B2035_Duinen_#TRA- JECT#_v01.config.sqlite	Gelijk aan WBI2017

C Uitgebreidere toelichting watersysteem kust

C.1 Kust (harde keringen)

Het watersysteemtype kust (harde keringen) bestaat uit verschillende watersystemen: Waddenzee (met deelsystemen Oost en West), Hollandse Kust (met deelsystemen Midden en Zuid), en Westerschelde. Harde keringen langs de Zeeuwse kust zijn opgenomen in de watersystemen Hollandse kust Zuid (Brouwersdam en Oosterscheldekering) en Westerschelde (traject 29-1). Er zijn geen harde keringen die deel uitmaken van deelsysteem Hollandse Kust Noord, de harde kering bij Den Helder (traject 13-4) maakt onderdeel uit van deelsysteem Waddenzee West.

Hoge waterstanden in deze watersystemen worden voornamelijk bepaald door getij en stormopzet. Daarnaast spelen windgolven een belangrijke rol in de hydraulische belastingen. De databases fysica voor de harde keringen (dijken) langs de kust bevatten golfparameters voor verschillende combinaties van waterstanden, windrichtingen en -snelheden en in sommige gevallen stroming.

Lokale waterstanden zijn niet opgenomen in de databases fysica voor de watersystemen langs de kust. De lokale zeewaterstandstatistiek volgt uit triangulaire interpolatie tussen de verschillende meetstations waar zeewaterstandstatistiek beschikbaar is¹¹. Welke drie steunpunten worden gebruikt voor deze triangulaire interpolatie is afhankelijk van de ligging van de locatie. Binnen Hydra-NL wordt dit automatisch bepaald. Voor Riskeer geldt, dat de informatie over de te gebruiken steunpunten per locatie is opgenomen in de database met statistische gegevens.

C.2 Kust (duinen)

Voor de duinen langs de hele kust is slechts één faalmechanisme van toepassing: duinafslag. Daarom zijn ze ingedeeld in één watersysteem, waarvoor de statistiek van de golven en de zeewaterstand gebruikt wordt als basisstochast. Anders dan voor watersystemen met harde keringen langs de kust, worden voor dit watersysteem de golfcondities via een deterministische relatie afgeleid van de waterstand en volgen daarmee niet uit productieberekeningen waarin windsnelheid, windrichting, waterstand en in de Waddenzee ook stroming als stochasten worden beschouwd.

Daarmee zijn zowel de lokale waterstanden als de golfcondities niet opgenomen in de databases fysica voor het watersysteem kust (duinen). De lokale zeewaterstandstatistiek volgt uit lineaire interpolatie tussen de zeven steunpunten waar zeewaterstandstatistiek beschikbaar is. Welke steunpunten worden gebruikt voor deze interpolatie is afhankelijk van de ligging en oriëntatie van de duinlocatie (JARKUS-raai).

Nieuw instrumentarium als uitgangspunt

Binnen het BOI is een nieuw instrumentarium ontwikkeld om de veiligheidsbeoordeling van de zandige kust van Nederland mee uit te voeren. In het nieuwe

¹¹ Deze triangulaire interpolatie wijkt af van de ruimtelijke interpolatie die gebruikt wordt bij het watersysteem Duinen. Zie voor details daarover paragraaf 2.5.3.2 van (Deltares, 2023).

instrumentarium wordt gebruik gemaakt van het proces-gebaseerde numerieke model XBeach. Voorheen werd gebruik gemaakt van het empirisch duinafslagmodel Duros+. Een uitgebreide analyse van de verschillen en consequenties van het implementeren van het nieuwe instrumentarium wordt gepresenteerd in (RWS, 2023).

Dit nieuwe instrumentarium is reeds ingevoerd in de huidige beoordelings- en ontwerp praktijk en beschouwen we daarom binnen de Verschil- en Effectanalyses als onderdeel van het WBI2017. Dit instrumentarium is voor BOI2023 dus verder niet veranderd. Belangrijke wijzigingen in de uitvoer zijn:

- Er wordt een hogere waterstand gehanteerd als rekenpeil om met een semi-probabilistische methode een faalkansinschatting te maken met het nieuwe instrumentarium¹². Daarvoor zijn in het rekenpeil ook de modelonzekerheden van XBeach verdisconteerd;
- Door de directe koppeling tussen waterstand en golfcondities (zie onder) worden ook hogere en langere golven gehanteerd;
- De sedimentkorrelgrootte wordt gebaseerd op de gemiddeld waargenomen D_{50} , er wordt niet langer gecorrigeerd voor de standaarddeviatie;
- De parameters getijamplitude en faseverschil tussen stormopzet en getij zijn toegevoegd;
- Er wordt niet langer een reductie toegepast op de golfcondities voor de Delta-kust, omdat XBeach de transformatie van golfkenmerken tussen diep water en het duin expliciet meeneemt;
- De interpolatiemethode tussen kuststations waar statistiek beschikbaar is, is verbeterd ten opzicht van WBI2017. Dit betreft onder andere de weging van kuststations waartussen geïnterpoleerd wordt op basis van de raaioriëntatie.

Daarnaast zijn er twee belangrijke beleidswijzigingen die invloed hebben op de overstromingskansen van duinen:

- Doordat de overstromingskansen op trajectniveau moet worden beschouwd en er geen faalkansbegroting wordt voorgeschreven geldt op raainiveau impliciet een factor 2,37 minder strenge faalkanseis in BOI2023 t.o.v. WBI2017
- Het grensprofiel dient in BOI2023 om doorbraak door (niet beschouwde) vervolgprocessen te voorkomen en daarom zijn de geometrische eisen aan het grensprofiel dat resteert na duinafslag strenger.

In het huidige project: Verschil- en effectanalyses hydraulische belastingen BOI2023 wordt het nieuwe instrumentarium als onderdeel van WBI2017 beschouwd, omdat het nieuwe instrumentarium reeds vigerend is en de veranderingen als gevolg van implementatie al in detail zijn onderzocht. Binnen de scope van het huidige project valt wel het bepalen van verschil en effecten van het implementeren van de nieuwe statistiek voor wind- en zeewaterstanden.

Toelichting op de waterstands- en golfstatistiek voor kust (duinen)

In WBI2017 en BOI2023 is de zeewaterstandstatistiek voor duinen identiek aan die voor harde keringen en omnidirectioneel afgeleid voor zeven steunpunten. Uit deze zeewaterstandsstatistiek wordt (via Riskeer) een rekenpeil afgeleid als semi-probabilistische rekenwaarde om de veiligheid van zandige waterkeringen te beoordelen middels het daarvoor ontwikkelde instrumentarium (MorphAn).

Voor de berekening van de golfhoogten en golfperioden die gebruikt worden in de beoordeling zijn op diep water (doorgaande -20 m+NAP-dieptelijn) zes steunpunten

¹² <https://tl.iplo.nl/katernen/katern-zandige-waterkeringen/@237625/rekenwaarden-semi-probabilistische-model/>

gedefinieerd waarvoor de golfstatistiek is afgeleid. Hiervoor wordt aangenomen dat de golfhoogte ter plaatse van een steunpunt afhangt van de zeewaterstand volgens de volgende formule (Boers et al., 2014):

$$H_s = a + b h - c \max(0; d - h)^e$$

Met H_s de spectrale golfhoogte, h de hoogwaterstand in m t.o.v. NAP ter plaatse van het steunpunt. De laatste term vertraagd de toename van extreme golfhoogten door dieptelimitatie.

De waarden voor de parameters a tot en met e zijn gegeven in de onderstaande tabel (Boers et al., 2014):

Steunpunt golven	a	b	c	d	e
Vlissingen	2,40	0,35	0,0008	7,00	4,67
Hoek van Holland	4,35	0,60	0,0008	7,00	4,67
IJmuiden	5,88	0,60	0,0254	7,00	2,77
Den Helder	9,43	0,60	0,68	7,00	1,26
Eierlandse Gat	12,19	0,60	1,23	7,00	1,14
Borkum	10,13	0,60	0,57	7,00	1,58

De golfpiekperiode is gekoppeld aan de spectrale golfhoogte. Per steunpunt is een relatie gelegd in de vorm van een tabel met overschrijdingsfrequenties van H_s en T_p (Steetzel et al., 2023ab).

Om ervoor te zorgen dat de golfbelasting in het Waddengebied bij benadering de NAP - 20 m dieptelijn volgt, zijn er twee extra steunpunten gedefinieerd (bij Den Helder en tussen Eierlandse Gat en Borkum). De golfcondities op deze locaties zijn verkregen door interpolatie.

Aanvullend kent het belastingmodel voor duinen nog de volgende drie stochasten: het faseverschil tussen getij en stormopzet, de sediment korreldiameter (D_{50}), en de modelnauwkeurigheid (bias en scatter). Voor deze drie stochasten geldt:

- Faseverschil tussen getij en stormopzet: er wordt langs de hele kust een vaste waarde van 3,5 uur aangehouden;
- Sediment korreldiameter (D_{50}): de locatiespecifieke gemiddelde waarde wordt toegepast;
- Modelnauwkeurigheid (bias en scatter): dit is verdisconteert in het rekenpeil en wordt niet expliciet beschouwd.