



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017

Bijlage II Hydraulische belastingen

Datum	22 april 2016
Status	CONCEPT

Colofon

Uitgegeven door	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Informatie	Helpdesk Water
Telefoon	
Fax	
Uitgevoerd door	Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving
Opmaak	
Datum	22 april 2016
Status	CONCEPT
Versienummer	1

Inhoud

1	Inleiding 8
1.1	Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 8
1.2	Gehanteerde begrippen 8
1.3	Basisrapport en achtergrondrapporten 9
1.4	Leeswijzer 10
2	Van bedreiging naar hydraulische belasting 11
2.1	Inleiding 11
2.2	Watersystemen 12
2.3	De hydraulische belasting 14
3	Afleiden van hydraulische belastingen 16
3.1	Inleiding 16
3.2	Uitvoerpunten 16
3.3	Proces afleiding hydraulische belastingen met WBI-software 17
3.3.1	Algemeen 17
3.3.2	Voorlanden en dammen 18
3.4	Relatie tussen faalkanseis en norm en hydraulische belastingen 19
3.5	Belastingparameters voor de eenvoudige en gedetailleerde toets 24
3.5.1	Waterstand bij de norm 24
3.5.2	Gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand 24
3.5.3	Belastingduur, waterstandsverlopen, stormduur en stormopzetduur 24
3.5.4	Waterstandsfrequentielijn 25
3.5.5	Waterstanden en golfhoogten ten behoeve van eenvoudige toets 26
3.5.6	Waterstanden en golfcondities voor bekledingen op de kruin en het binnentalud 26
3.5.7	Waterstanden en golfcondities voor bekledingen buitentalud 26
3.6	Toeslagen 27
3.7	Mogelijkheden toets op maat 28
3.7.1	Beheerdersoordeel 28
3.7.2	Analyse lokale hydraulische effecten 28
3.7.3	Geavanceerde analyse 29
4	Schematisering 30
4.1.1	Eenvoudige toets 30
4.1.2	Gedetailleerde toets 30
5	Belastingmodellen en watersystemen 31
5.1	Inleiding 31
5.2	Bovenrivierengebied 31
5.2.1	Beschrijving 31
5.2.2	Waterlichamen 32
5.2.3	Bedreigingen 33
5.2.4	Voorliggende waterkeringen 34
5.3	Benedenrivierengebied 34
5.3.1	Beschrijving 34
5.3.2	Waterlichamen 36
5.3.3	Bedreigingen 36
5.3.4	Voorliggende waterkeringen 37

5.4	Vecht- en IJsseldelta	38
5.4.1	Beschrijving	38
5.4.2	Waterlichamen	39
5.4.3	Bedreigingen	39
5.4.4	Voorliggende waterkeringen	40
5.5	Merengebied	40
5.5.1	Beschrijving	40
5.5.2	Waterlichamen	41
5.5.3	Bedreigingen	41
5.5.4	Voorliggende waterkeringen	42
5.6	Kustgebied	42
5.6.1	Beschrijving	42
5.6.2	Waterlichamen	42
5.6.3	Bedreigingen	43
5.6.4	Voorliggende waterkeringen	43
5.7	Oosterschelde	44
5.7.1	Beschrijving	44
5.7.2	Waterlichamen	44
5.7.3	Bedreigingen	45
5.7.4	Voorliggende waterkeringen	45
5.8	Duinen	46
5.8.1	Beschrijving	46
5.8.2	Waterlichamen	47
5.8.3	Bedreigingen	47

Referenties 49

Achtergrondrapporten 49

Appendix A Waterlichamen en belastingsysteem 51

Appendix B Uitvoerpunten per type kering 53

B.1	Uitvoerpunten per type kering	53
B.2	Speciale uitvoerlocaties	56
B.3	Bovenrivierengebied	57
B.4	Benedenrivierengebied	58

Appendix C Volledig overzicht eisen toetssporen en hydraulische belastingen 60

Appendix D Overzicht waterbeweging- en golfmodellen 61

1 Inleiding

1.1 Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium

Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (hierna: WBI 2017 of WBI) bevat zowel de regels voor het bepalen van de hydraulische belastingen en de sterkte, als de procedurele regels voor de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen. Het WBI bestaat uit een ministeriële regeling (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017) met de volgende bijlagen:

- Bijlage I Procedure beoordeling veiligheid primaire waterkeringen (hierna: Bijlage I Procedure).
In deze bijlage staat de procedure die moet worden doorlopen voor de beoordeling en worden de rapportageverplichtingen beschreven. In deze bijlage is een begrippenlijst opgenomen met een uitleg van alle begrippen die in het WBI 2017 worden gebruikt.
- Bijlage II Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen (hierna: Bijlage II Hydraulische belastingen).
In deze bijlage wordt de methode beschreven om de hydraulische belastingen op de primaire waterkeringen te bepalen.
- Bijlage III Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen (hierna: Bijlage III Sterkte en veiligheid).
In deze bijlage staat op welke manier de primaire waterkering moet worden beoordeeld om te komen tot een oordeel over de veiligheid van de gehele kering.

Het voorliggende document is Bijlage II Hydraulische belastingen.

Toelichtende teksten bij de regels zijn cursief weergegeven.

1.2 Gehanteerde begrippen

Hieronder staan de definities van de meest voorkomende begrippen. Voor een uitgebreid overzicht van de begrippen wordt verwezen naar Bijlage I, Procedure, appendix B.

Tabel 1-1 Definities meest voorkomende begrippen

Dijktraject	Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk genormeerd is.
Faalkans	Kans op overschrijden van de uiterste grenstoestand. De uiterste grenstoestand wordt vastgelegd door een faaldefinitie. De definitie van faalkans wijkt af van de definitie in de waterwet ¹ .
Faalkans per vak of Faalkans per doorsnede of Faalkans per kunstwerk	Faalkans voor een vak voor een toetsspoor als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per vak. Een vak heeft betrekking op een dijkdoorsnede, duinenraai of kunstwerk.
Faalkans per traject	Faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per traject of in de toets op maat.

¹ Het begrip "faalkans" in de Waterwet is specifiek gekoppeld aan voorliggende keringen, en komt daar in de plaats van het begrip "overstromingskans" dat voor de overige primaire keringen wordt gebruikt

Faalkanseis per traject	Toelaatbare faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen voor een faalkansbegroting afgeleid uit de norm.
Faalkanseis per vak of Faalkanseis per doorsnede of Faalkanseis per kunstwerk	Toelaatbare faalkans voor een vak voor een toetsspoor voor een faalkansbegroting en lengte-effect afgeleid uit de norm. Een vak is een dijkdoorsnede, duinenraai of kunstwerk.
Norm	Toelaatbare overstromingskans van een dijktraject. De norm wordt uitgedrukt in de ondergrens en signaleringswaarde.
Toetsoordeel	Resultaat van een eenvoudige toets, gedetailleerde toets of toets op maat.
Toetsoordeel per traject	Resultaat van een toetsspoor of een combinatie van toetssporen voor een dijktraject.
Toetsoordeel per vak of Toetsoordeel per vak per toetsspoor	Resultaat van een toetsspoor voor een vak
Toetspoor	De wijze waarop een mechanisme of een onderdeel van de waterkering wordt beoordeeld.
Signaleringswaarde	Overstromingskans van het dijktraject waarvan overschrijding gemeld moet worden aan de Minister van I en M.
Ondergrens	Overstromingskans van het dijktraject die hoort bij het minimale beschermingsniveau dat de kering moet bieden.
Vak	Een deel van een waterkering met uniforme eigenschappen en belasting. Hoe te komen tot een vakindeling staat in de schematiseringshandleidingen.
Veiligheidsoordeel	Oordeel over de veiligheid tegen overstromen van het dijktraject.

1.3

Basisrapport en achtergrondrapporten

In deze bijlage wordt beschreven op welke manier de hydraulische belastingen moeten worden afgeleid voor de beoordeling. Het afleiden van deze hydraulische belastingen gebeurt met de WBI-software. In deze software zijn daarvoor databases van statistiek opgenomen. De databases met fysische gegevens moeten per traject door de beheerder worden gekoppeld. Deze databases zijn beschikbaar via de Helpdesk Water. Voor de achtergronden en uitgangspunten die zijn gehanteerd voor deze databases wordt verwezen naar de achtergrondrapportage HR2017² en Appendix A.

² PM vindplaats vermelden.

1.4 Leeswijzer

- Hoofdstuk 2* **Van bedreiging naar hydraulische belastingen** beschrijft hoe vanuit de bedreigingen wind, waterstanden en golven de hydraulische belastingen worden afgeleid.
- Hoofdstuk 3* **Afleiden hydraulische belastingen** beschrijft per toets en mechanisme welke hydraulische belastingen benodigd zijn en hoe deze bepaald moeten worden. In hoofdstuk 2 van bijlage III Sterkte en veiligheid worden daarvoor per toets de eisen gegeven.
- Hoofdstuk 4* **Schematisering** beschrijft op hoofdlijnen het proces van schematiseren voor het afleiden van de hydraulische belastingen.
- Hoofdstuk 5* **Belastingmodellen en watersystemen** beschrijft de belastingmodellen en de watersystemen.
- Appendix A* bevat de koppeling tussen waterlichamen en belastingsysteem
- Appendix B* geeft een overzicht van types uitvoerpunten en kaarten met direct beschikbare uitvoerpunten
- Appendix C* geeft een volledig overzicht van de eisen per toetsspoor en de hydraulische belastingen.
- Appendix D* geeft een overzicht van de gebruikte waterbeweging- en golfmodellen.

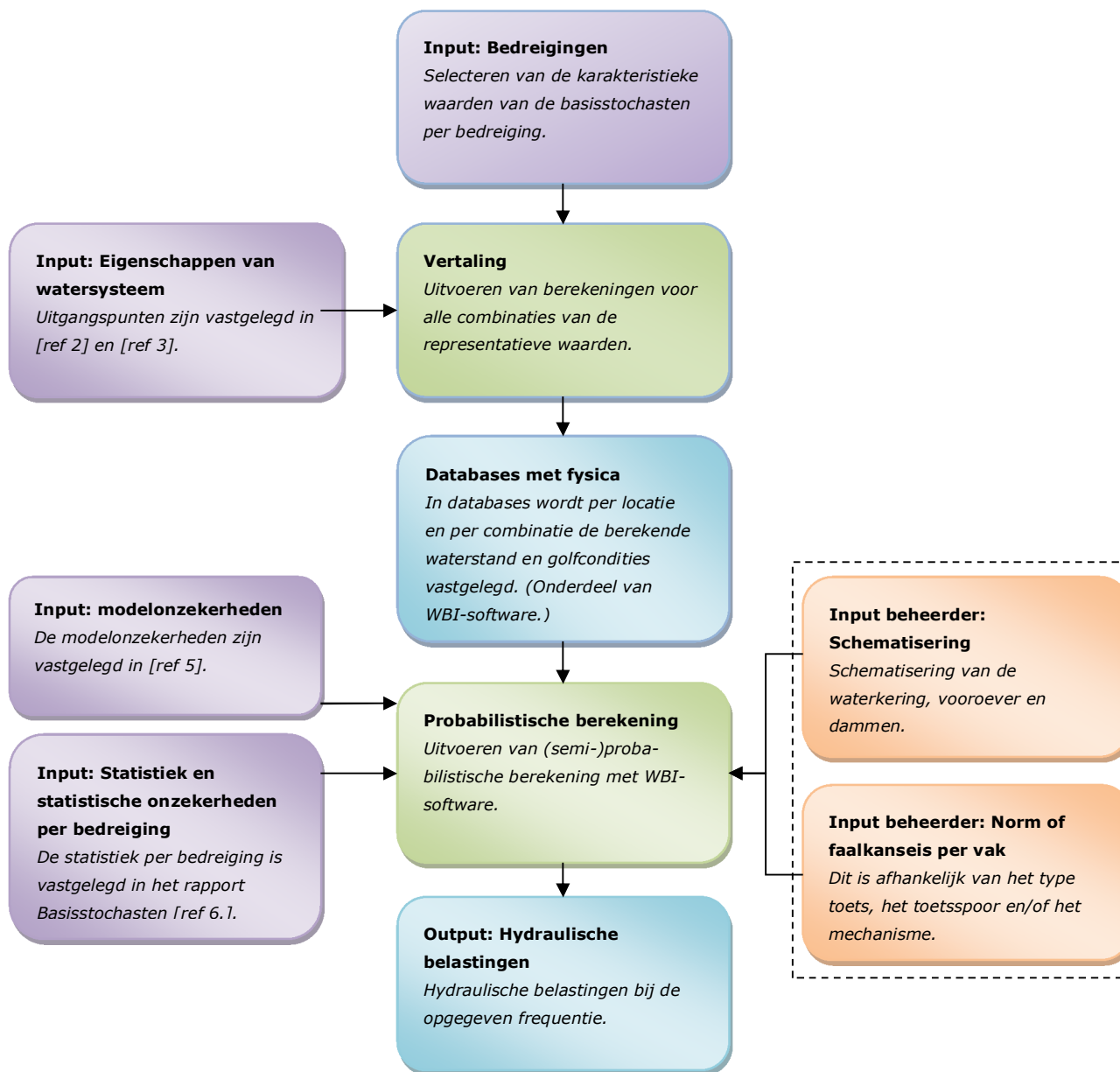
2 Van bedreiging naar hydraulische belasting

2.1 Inleiding

Om de beoordeling uit te kunnen voeren zijn hydraulische belastingen benodigd. Deze verschillen per toetsspoor en per toets en bestaan uit combinaties van waterstanden (inclusief het verloop daarvan) en golfcondities. De wijze waarop de hydraulische belastingen worden bepaald, is per toetsspoor, per toets en per mechanisme voorgeschreven (zie hoofdstuk 3). Het afleiden van de hydraulische belastingen gebeurt met behulp van de WBI-software op basis van de door de beheerder ingevoerde schematisering en, afhankelijk van het toetsspoor of toets, de norm of faalkanseis per vak. Voor het weergeven van het verloop van de waterstanden over de tijd wordt aparte software gebruikt: 'Waterstandsverloop'.

De hydraulische belastingen (combinaties van waterstand en golven) op de waterkeringen worden veroorzaakt door de bedreigingen die in een gebied voorkomen, zoals wind, getij en afvoer van de rivier. De windrichting en snelheid, de afvoer van de rivier, de zeewaterstand, de interactie van opzet met het getij, het meerpeil, de voorspelnaauwkeurigheid van de sluiting van de stormvloedkeringen en de toestand (open of gesloten zijn) van de stormvloedkeringen worden de basisstochasten genoemd (zie [ref 6]). De combinaties van basisstochasten die de hydraulische belasting bepalen, verschillen per gebied). Daarom zijn watersystemen gedefinieerd.

Figuur 2-1 geeft het proces voor het afleiden van de hydraulische belastingen schematisch weer. De gevraagde input van de beheerder (norm of faalkanseis per vak en schematisering) staat rechts.



Figuur 2-1: Processchema van bedreiging naar hydraulische belastingen

2.2 Watersystemen

Een watersysteem is een gebied waar de waterveiligheid bedreigd wordt door een specifieke combinatie van stochasten (rivierafvoer, getijden, wind, meerpeil en toestand keringen), oftewel variabelen die de (variatie in) hydraulische belastingen bepalen.

Elk watersysteem kent een eigen wijze van vertaling van de basisstochasten naar de hydraulische belasting op de waterkering. De manier waarop deze vertaling plaatsvindt, heet het belastingmodel (zie figuur 2-1 en tabel 2-1) [ref 1]. De statistiek van de basisstochasten, de correlatiemodellen en modelonzekerheden wordt daarvoor via een probabilistisch model gecombineerd met:

- *Hydrodynamische waterbewegings- en golfmodellen inclusief een speciale dam- en voorlandmodule om de basisstochasten te vertalen in een hydraulische belasting nabij de kering.*
 - *Een schematisering van de kering en golfoploop tegen en golfoverslag over de kering, als aanvullende input voor een aantal toetsporen.*
- Zie ook [ref 37], [ref 38] en [ref 4].

Modelonzekerheden zijn door I en M per watersysteem expliciet opgegeven (zie [ref 5]).

Voor een groot aantal realisaties³ (getalswaarden en combinaties daarvan) van de basisstochasten zijn waterbewegings- en golfmodellen gedraaid om voor elk van deze realisaties een vertaling van basisstochasten (die geldig zijn voor een heel watersysteem) naar een lokale hydraulische belasting op een uitvoerpunt (zie paragraaf 3.2) bij een specifieke kering te kunnen geven. Deze grote hoeveelheid modelberekeningen wordt ook wel aangeduid met de term "productieberekeningen". Het resultaat van de productieberekeningen is dat bij elke basisstochastwaarde (en combinatie daarvan) een lokale hydraulische belasting beschikbaar is aan de teen van de waterkering, en dat de "vertaalmatrix" van basisstochastwaarden (voor een compleet watersysteem) naar lokale hydraulische belasting beschikbaar is in één of meer databases.

In onderstaande tabel 2-1 staan de verschillende watersystemen en belastingmodellen weergegeven die worden onderscheiden binnen WBI 2017. In figuur 2-2 staat de opdeling van de watersystemen (inclusief de binnen WBI 2017 gehanteerde nummering) in Nederland.

Tabel 2-1 Overzicht belastingmodellen en watersystemen

Belastingmodel	Watersysteem	Nummer
Bovenrivierengebied	Bovenrivieren (Rijn)	1
	Bovenrivieren (Maas)	2
	Limburgse Maas	18
Benedenrivierengebied	Benedenrivieren (Rijn)	3
	Benedenrivieren (Maas)	4
	Europoort	17
	Volkerak-Zoommeer	21
	Hollandse IJssel	22
Vecht en IJssel-delta	IJsseldelta	5
	Vechtdelta	6
Merengebied	IJsselmeer	7
	Markermeer	8
	Veluwerandmeer	19
	Grevelingen	20
Kustgebieden (dijken) (Kust)	Waddenzee Oost	9
	Waddenzee West	10
	Hollandse Kust Noord	11
	Hollandse Kust Midden	12
	Hollandse Kust Zuid	13
	Westerschelde	15
Oosterschelde (OS)	Oosterschelde	14

³ Trekking die hoort bij de kansverdeling van basisstochast of combinatie daarvan.

Belastingmodel	Watersysteem	Nummer
Duinen (D)	Duinen	16
Droge keringen	Diefdijk	23



Figuur 2-2: Overzichtskartaal watersystemen zoals die onderverdeeld zijn in de WBI-software

De belastingmodellen en watersystemen worden in hoofdstuk 5 nader beschreven.

2.3

De hydraulische belasting

De hydraulische belasting door golven en waterstanden wordt uitgedrukt in belastingparameters: duur, richting en hoogte van combinaties van waterstanden en golven. De te gebruiken hydraulische belastingen verschillen per toets, toetsspoor,

maar ook per mechanisme binnen een toetsspoor. In paragraaf 3.4, tabel 3-2, is een overzicht gegeven van de te gebruiken belastingparameters.

De hydraulische belastingparameters per vak om de beoordeling uit te voeren zijn:

- Waterstanden:
 - waterstand bij de norm of per faalkanseis per vak,
 - gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand,
 - laagwaterstand met overschrijding 1/10 per jaar en
 - waterstandsfrequentielijn.
- Golven voor bekledingen: waterstandsniveau, golfhoogte, golfperiode en golfrichting bij de norm óf bij een faalkanseis per vak.
- Waterstandsverloop: verloop van de waterstand gedurende de hoogwatergolf
- Golfhoogteverloop voor bekledingen: Verloop van golfhoogte en golfperiode, als functie van het windverloop of waterstandsverloop.
- Val van hoogwater: voor de stabiliteit van voorlanden zijn extreme vallen van de waterstand van belang.

Bij de toets per traject worden belastingen en sterkte geheel in samenhang probabilistisch beoordeeld.

Het afleiden van de hydraulische belasting gebeurt middels een probabilistische analyse die wordt uitgevoerd met behulp van probabilistische WBI-software, op basis van een door de beheerder ingevoerde schematisering van de waterkering, inclusief voorland en/of voorliggende dammen (zie figuur 1 en paragraaf 4.3) en norm of faalkanseis per vak.

Voor elk mechanisme is in de WBI-software een sterktefunctie opgenomen die voor de betreffende kering de kritische combinatie van hydraulische parameters definieert. Dit gebeurt middels de grenstoestandfunctie Z. Deze functie beschrijft de kans dat de belasting (S) groter is dan de sterkte van een waterkering (R) en is daarmee een maat voor de faalkans.

De grenstoestandfunctie is de koppeling tussen de belastingen en sterkte van de waterkering bij de opgegeven faalkanseis per vak of voor de norm. Per combinatie van belastingparameters is bekend hoe groot de kans van voorkomen van die combinatie is. Op basis hiervan kan voor de semi-probabilistische toets per vak ook de meest waarschijnlijke combinatie van parameters worden bepaald die leidt tot de hydraulische belastingen (gegeven de faalkanseis). Voor een uitgebreide beschrijving van de probabilistiek en de grenstoestandfunctie Z wordt verwezen naar [ref 9].

Buistoten, buioscillaties en seiches zijn kortdurende waterstandveranderingen door zware buien en grote veranderingen en/of fluctuaties in de wind. Op dit moment zijn dergelijke toeslagen alleen in rekening gebracht in de databases en daarmee de eenvoudige en gedetailleerde toets voor het Europeoortgebied. Voor de overige gebieden is minder evident dat dergelijke toeslagen noodzakelijk zijn. Indien nodig kunnen ze voor deze gebieden alsnog worden toegevoegd in de toets op maat.

3 Afleiden van hydraulische belastingen

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft hoe per toetspoot en per toets (eventueel per mechanisme) de hydraulische belastingen op de waterkering worden bepaald, en op welke wijze deze gecombineerd worden met de faalkanseis. Zo wordt duidelijk hoe, gegeven de norm, de benodigde belastingparameters moet worden bepaald.

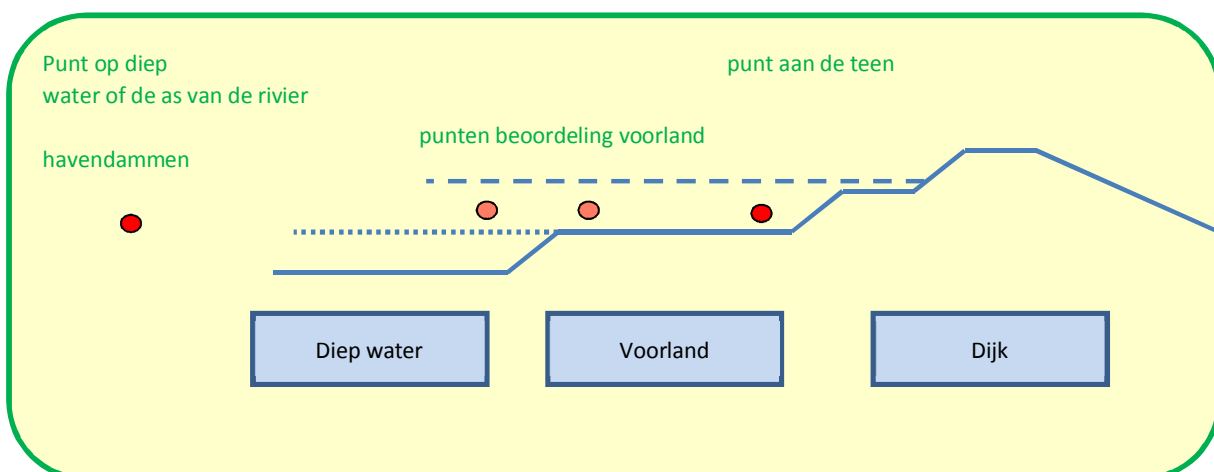
3.2 Uitvoerpunten

De databases met fysica (resultaten productieberekeningen van waterstanden en golfcondities behorende bij combinaties van basisstochastwaarden zijn afgeleid voor de uitvoerpunten zoals weergegeven in het zijaanzicht en het bovenaanzicht in figuur 3-1 en 3-2. Dit zijn ook de uitvoerpunten die in de beoordeling moeten worden gebruikt. In de WBI-software koppelt de beheerder deze zelf aan de geschematiseerde doorsneden van de kering.

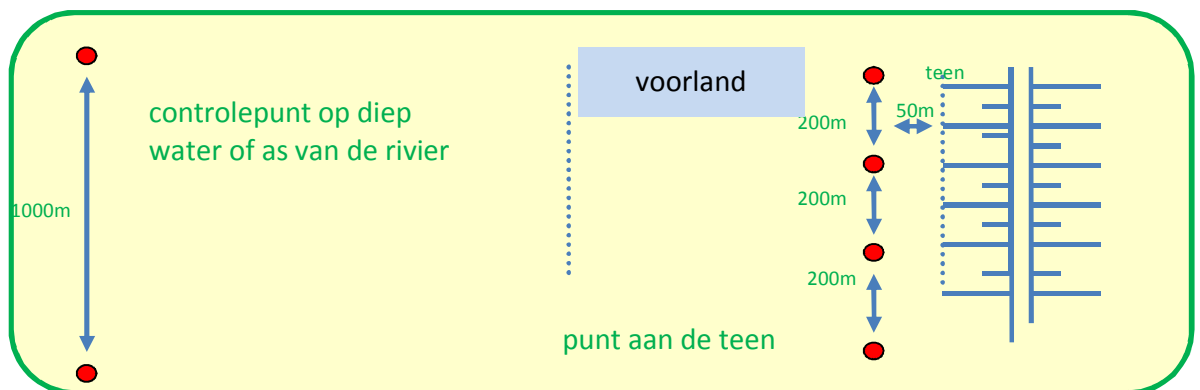
Standaard worden de uitvoerpunten om hydraulische belastingen mee te bepalen op diep water/as van de rivier en aan de teen van de waterkering uitgeleverd. De overige punten zijn opvraagbaar.

Voor het beoordelen van havendammen, strekdammen en duinen liggen de punten op diep water. Voor het beoordelen van dijken en kunstwerken liggen de punten tussen de 25 en 75 meter van de buitenkruinlijn van de dijk of voor het kunstwerk. Voor het beoordelen van voorlanden worden punten voor en na het begin van het voorland gegeven.

Appendix B geeft een volledig overzicht van de beschikbare uitvoerpunten voor de verschillende watersystemen en figuren voor hoge gronden, kunstwerken en duinen.



Figuur 3-1: Locatie van de uitvoerpunten voor het afleiden van de hydraulische belastingen bij een dijk, zijaanzicht

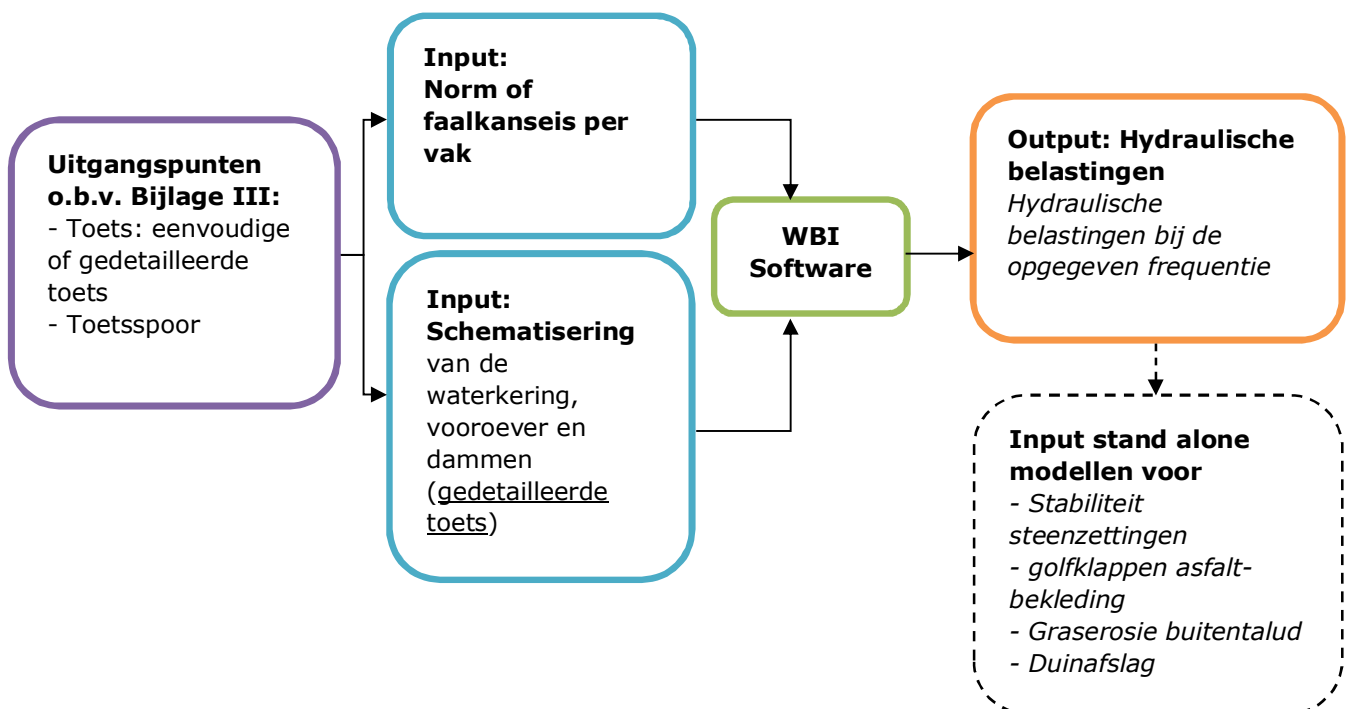


Figuur 3-2: Locatie van de uitvoerpunten voor het afleiden van de hydraulische belasting bij een dijk, bovenaanzicht

3.3 Proces afleiding hydraulische belastingen met WBI-software

3.3.1 Algemeen

Figuur 3-3 geeft schematisch het proces weer voor het bepalen van de hydraulische belastingen met behulp van de WBI-software. Dit processchema is voor de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets. Voor een toets op maat is geen vastgesteld processchema beschikbaar.



Figuur 3-3: Proces afleiden hydraulische belastingen met WBI-software

De gegevens die moeten worden ingevoerd in de WBI-software voor het afleiden van de hydraulische belastingen voor de eenvoudige en gedetailleerde toets worden bepaald door het type toetsspoor (betreft het een probabilistisch of semi-probabilistisch toetsspoor) en het type toets (eenvoudig of gedetailleerd). In tabel 3-1 wordt aangegeven welke waarde wordt ingevoerd in de WBI-software.

In Bijlage III Sterkte en veiligheid is een overzicht opgenomen van de verschillende typen toetssporen (zie paragraaf 2.1)

Tabel 3-1: Vereiste input WBI-software voor het afleiden van de hydraulische belasting

input	afhankelijkheid	waarde WBI-software
norm of faalkanseis per vak	probabilistisch toetsspoor	faalkanseis per vak of kunstwerk
	semi-probabilistisch toetsspoor	norm of faalkanseis per vak (toetsspoor Duinen ⁴)
schematisering	eenvoudige toets	niet schematiseren
	gedetailleerde toets	schematiseren voorland, dammen en waterkering
toetsspoor	Zie tabel 3-2 en tabel in Appendix C	

3.3.2

Voorlanden en dammen

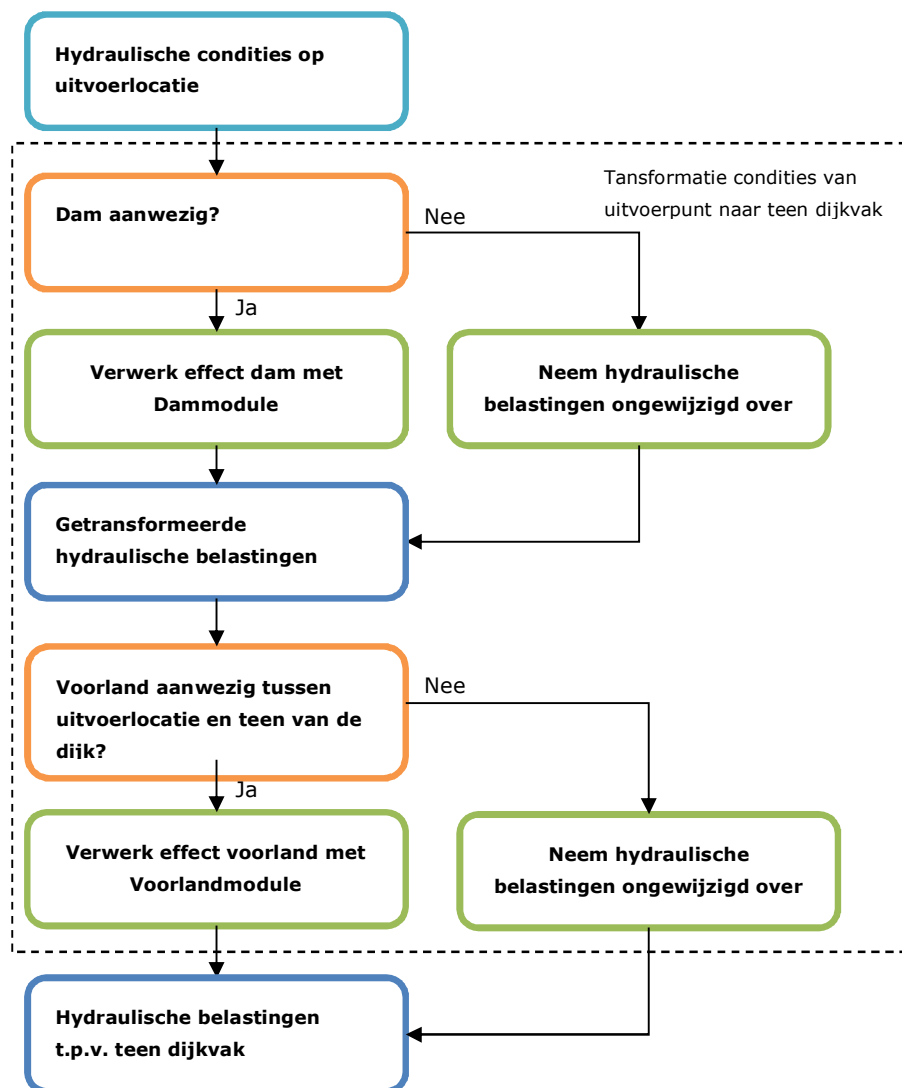
Voorlanden en/of dammen zijn van invloed op de vertaling van de hydraulische belastingen van de uitvoerlocatie naar de teen van de waterkering. De golfcondities (met name de golfhoogte en -richting) kunnen veranderingen ondergaan door de aanwezigheid van een dam en/of een ondiep voorland. Als de aanwezigheid van een dam of voorland invloed heeft op de hydraulische belastingen worden deze opgenomen in de schematisering.

De transformatie van de hydraulische belastingen van de uitvoerlocatie (over het algemeen op 25-75m van de dijk) naar de dijkteen als er sprake is van voorland of een dam wordt uitgevoerd door de beheerder door middel van de voorland- en dammodule, die zijn opgenomen in de WBI-software.

In sommige gevallen is zijn dammen en voorlanden al meegenomen in de productieberekeningen voor de uitvoerpunten. In de achtergrondrapportage HR2017 staat voor de verschillende watersystemen de uitgangspunten beschreven en welke dammen en voorlanden al zijn meegenomen in de productieberekeningen.

De werking van de module is schematisch weergegeven in figuur 3-4

⁴ PM: mogelijk ook Grasbekleding erosie buitentalud (GEBU)



Figuur 3-4: Stroomschema voor de transformatie van de hydraulische condities op uitvoerlocatie naar de dijkteen (voorland- en dammodule) [ref **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**].

3.4

Relatie tussen faalkanseis en norm en hydraulische belastingen

De hydraulische belastingen dienen te worden afgeleid voor een kans van voorkomen die getalsmatig gelijk is aan de norm of faalkanseis per vak. Dit kan per toets en toetsspoor verschillen.

Hoe de faalkanseis per vak voor de verschillende toetssporen wordt afgeleid staat beschreven in Bijlage III Sterkte en veiligheid. Tabel 3-2 legt het verband tussen het type toets en de te hanteren uitgangspunten voor het afleiden van de hydraulische belastingen per toetsspoor.

Voor havendammen geldt dat bepaalde toetssporen niet van toepassing zijn. De werkwijze voor de bepaling van de hydraulische belastingen voor havendammen is analoog aan die van dijken.

Tabel 3-2: Hydraulische belastingen per toetsspoor

<i>Toetsspoor</i>	<i>Label toetsspoor</i>	<i>Eenvoudige toets</i>		<i>Gedetailleerde toets per vak</i>	
		<i>waterstand</i>	<i>golfcondities (hoogte, periode, richting)</i>	<i>waterstand</i>	<i>golfcondities (hoogte, periode, richting)</i>
Macrostabiliiteit binnenwaarts	STBI	-waterstand bij de norm	geen golfcondities benodigd	-waterstand bij de norm -waterstandverloop	geen golfcondities benodigd
Macrostabiliiteit buitenwaarts	STBU	-waterstand bij de norm -gemiddelde waterstand	geen golfcondities benodigd	-waterstand bij de norm -waterstandverloop -gemiddelde laagwaterstand	geen golfcondities benodigd
Piping	STPH	-waterstand bij de norm	geen golfcondities benodigd	-waterstand bij de norm, -waterstandverloop	geen golfcondities benodigd
Microstabiliiteit	STMI	-waterstand bij de norm	geen golfcondities benodigd	overslagdebiet bij de norm waarden uit illustratiepunt ⁵	
Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	-waterstand bij de norm	significante golfhoogte, bepaald uit marginale golfstatistiek bij de norm	Per waterstandsniveau wordt bij de norm de significante golfhoogte en -periode bepaald met WBI-software ⁶ .	
Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO	-waterstand bij de norm -gemiddelde waterstand	geen golfcondities benodigd	geen gedetailleerde toets beschikbaar	geen gedetailleerde toets beschikbaar
<i>Toetsspoor</i>	<i>Label toetsspoor</i>	<i>Eenvoudige toets</i>		<i>Gedetailleerde toets per vak</i>	

⁵ PM: Nog discussiepunt

⁶ Waterstanden en golven zijn over het algemeen gecorreleerd.

		<i>waterstand</i>	<i>golfcondities (hoogte, periode, richting)</i>	<i>waterstand</i>	<i>golfcondities (hoogte, periode, richting)</i>
Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU	-Waterstand bij de faalkanseis per doorsnede -Gemiddelde laagwaterstand	Significante golfhoogte bepaald uit marginale golfstatistiek bij de faalkanseis per doorsnede	Per waterstandsniveau bij de norm wordt de significante golfhoogte en -periode bepaald met WBI-software.	
Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU	Geen waterstanden nodig	Significante golfhoogte uit marginale golfstatistiek bij de norm	Per waterstandsniveau bij de norm wordt de significante golfhoogte en -periode bepaald met WBI-software.	
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB	Waterstand bij de norm	Significante golfhoogte uit marginale golfstatistiek bij de norm	Bij de faalkanseis per vak wordt een overslagdebiet berekend. Deze moet vertaald worden naar een kritische snelheid. <i>In het illustratiepunt staat informatie over de waterstand-golfcombinatie waarbij dit kan optreden.</i>	
Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI	Waterstand bij de norm	Significante golfhoogte uit marginale golfstatistiek bij de norm	-Waterstand behorende bij de norm -Waterstandverloop	Waarden uit illustratiepunt ⁷
Stabiliteit steenzetting	ZST	Geen eenvoudige toets beschikbaar	geen eenvoudige toets beschikbaar	Per waterstandsniveau bij de norm wordt de significante golfhoogte en periode bepaald met WBI-software.	

⁷ PM: Discussiepunt

Toetsspoor	Label toetsspoor	Eenvoudige toets		Gedetailleerde toets per vak	
		waterstand	golfcondities (hoogte, periode, richting)	waterstand	golfcondities (hoogte, periode, richting)
Duinafslag	DA	Geen eenvoudige toets beschikbaar	Geen eenvoudige toets beschikbaar	Waterstand op diepwater met overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan van 70% van de norm of 2,15 keer de faalkanseis per doorsnede (lengte-effect =2 en w=70%)	Conditionele verwachtingswaarde golfhoogte en golfperiode bij waterstand (op diep water)
Hoogte kunstwerk	HTKW	Geen waterstand benodigd	Geen golfcondities benodigd	Gecorrigeerde waterstand- en golfrandvoorwaarden bij faalkanseis per kunstwerk. <i>In het illustratiepunt staat informatie over de waterstand-golfcombinatie waarbij dit kan optreden</i>	
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW	Geen waterstand benodigd	Geen golfcondities benodigd	Gecorrigeerde waterstand- en golfrandvoorwaarden bij faalkanseis per kunstwerk. <i>In het illustratiepunt staat informatie over de waterstand-golfcombinatie waarbij dit kan optreden</i>	
Piping bij kunstwerk	PKW	Waterstand bij de norm	Geen golfcondities benodigd	Waterstand bij de norm	Geen golfcondities benodigd
Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	Geen eenvoudige toets beschikbaar	Geen eenvoudige toets beschikbaar	Gecorrigeerde waterstand en golfrandvoorwaarden voor de faalkanseis per kunstwerk. <i>De drukkrachten op de waterkering worden middels Goda-tabellen vertaald, zie schematiseringshandleiding.</i>	
Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI	Waterstand bij de norm	Significante golfhoogte uit marginale golfstatistiek bij norm	Geen gedetailleerde toets beschikbaar	Geen gedetailleerde toets beschikbaar
Technische innovaties	INN	Geen waterstand nodig	Geen golfcondities benodigd	Geen gedetailleerde toets beschikbaar. <i>Dit is een toets op maat. De WBI-software kan benut worden voor het afleiden van de hydraulische belastingen.</i>	
Golfafslag voorland	VLGA	PM	PM	Geen gedetailleerde toets beschikbaar	Geen gedetailleerde toets beschikbaar

<i>Toetsspoor</i>	<i>Label toetsspoor</i>	<i>Eenvoudige toets</i>		<i>Gedetailleerde toets per vak</i>	
		<i>waterstand</i>	<i>golfcondities (hoogte, periode, richting)</i>	<i>waterstand</i>	<i>golfcondities (hoogte, periode, richting)</i>
Afschuiving voorland	VLAF	Geen waterstand nodig	Geen golfcondities nodig	-Waterstand bij de norm -Waterstandsverloop -Gemiddelde laagwaterstand	geen golfcondities benodigd
Zettingsvloeiing voorland	VLZV	-Waterstand bij de norm -Gemiddelde waterstand	-	-Waterstand bij de norm -Laag laag water spring (LLWS), -Overeengekomen Laag Water (OLW), -Overeengekomen Lage Rivierwaterstand (OLR) [ref 30]	geen golfcondities benodigd
Havendammen	HAV	Geen waterstand nodig	Geen golfcondities nodig	Zie relevante toetssporen	zie relevante toetssporen
Bebouwing	NWObe	Waterstand bij de norm	Significante golfhoogte uit marginale golfstatistiek bij de norm	Geen gedetailleerde toets beschikbaar	Geen gedetailleerde toets beschikbaar
Begroeiing	NWObo	Geen waterstand nodig	Geen golfcondities nodig	Geen gedetailleerde toets beschikbaar	Geen gedetailleerde toets beschikbaar
Kabels en leidingen	NWOk1	Geen waterstand nodig	Geen golfcondities nodig	Zie NEN 3653	Zie NEN 3654
Overige constructies	NWOoc	Geen waterstand nodig	Geen golfcondities nodig	Geen gedetailleerde toets beschikbaar	Geen gedetailleerde toets beschikbaar

3.5 Belastingparameters voor de eenvoudige en gedetailleerde toets

3.5.1 *Waterstand bij de norm*

Voor zowel de eenvoudige als de gedetailleerde toets wordt de waterstand afgeleid bij de norm⁸. Hierbij geldt dat als golven een rol spelen bij het toetsspoor de waterstand bij de norm alleen in de eenvoudige toets gebruikt worden.

Aangezien dit de waterstand bij de norm is, hoeft hiervoor geen rekening gehouden te worden met de faalkansbegroting en het lengte-effect. In de gedetailleerde toets wordt de waterstand bij de norm gehanteerd, behalve waar golven een rol bij de belastingen spelen.

Uitzonderingen hierop zijn ook de toetssporen die volledig probabilistisch worden uitgevoerd en de semi-probabilistische toets van duinen (de groepen 1 en 3 in het overzicht van de toetssporen in paragraaf 2.1 van Bijlage III Sterkte en veiligheid). Bij probabilistische toetsen en voor duinen (op basis van de faalkansbegroting en het lengte-effect) wordt voor het afleiden van de waterstand de faalkanseis per vak gehanteerd⁹ (zie groep 1 in paragraaf 2.1 van Bijlage III, Sterkte en veiligheid) .

3.5.2 *Gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand*

De gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand dienen te worden afgeleid op basis van meetreeksen. Meetreeksen van de formele meetstations zijn beschikbaar via de waternormalen¹⁰.

Voor het afleiden van de waterstanden voor tussengelegen stations wordt gebruik gemaakt van betrekkinglijnen voor de rivieren [ref 19 en 20] en triangulaire interpolatie of van WAQUA (analoog aan de betrekkinglijnen voor de rivieren) voor de kustgebieden en het merengebied.

3.5.3 *Belastingduur, waterstandsverlopen, stormduur en stormopzetduur*

Voor enkele toetssporen wordt in Bijlage III Sterkte en veiligheid aangegeven dat duur van de belasting nodig is. De belastingduur verschilt vaak per toetsspoor (of mechanisme). Voor de duur van de belasting worden waterstandsverlopen afgegeven. Deze waterstandsverlopen kunnen per toetsspoor en per watersysteem verschillen.

Generiek is bij het bepalen van de maximale waarden voor waterstanden en golven duur van de windbelasting verwerkt in de WAQUA en SWAN sommen. Dit bepaalt de hoogte van de waterstanden en golven. Hierbij is voor alle watersystemen dezelfde benadering toegepast: een stormduur van 48 uur.

In kustgebieden, benedenrivieren, meren worden de waterstandsverlopen voor waterstanden bij de norm grotendeels door wind bepaald en duren deze relatief kort (uren tot dagen). In de bovenrivieren worden de waterstandsverlopen voor waterstanden bij de norm grotendeels door afvoer bepaald (deze duren van dagen tot weken). In de overgangsgebieden van de rivieren worden de waterstandsverlopen voor waterstanden bij de norm zowel door de wind als door de afvoer bepaald. De duur is van dagen tot weken.

⁸ 'Bij de norm' is gedefinieerd als een kans van voorkomen die getalsmatig gelijk is aan de norm.

⁹ Ofwel met een kans van voorkomen die getalsmatig gelijk is aan de faalkanseis per vak.

¹⁰ www.waternormalen.nl

Het waterstandsverloop bij langdurig hoogwater wordt afgelezen voor de waterstand bij de norm, tenzij anders aangegeven, met behulp van de software 'Waterstandsverloop'.

Het betreft een standaard-waterstandsverloop waarin de natuurlijke variatie en andere spreidings- en onzekerheidsfactoren niet expliciet zijn meegenomen.

Met 'Waterstandsverloop' kunnen waterstandsverlopen voor de verschillende watersystemen worden afgelezen. De software biedt de mogelijkheid om een locatie en de norm of faalkans per vak te selecteren, waarna het waterstandsverloop wordt gepresenteerd. Voor een volledige beschrijving van de software Waterstandsverloop' wordt verwezen naar [ref 12].

Bovenrivierengebied: voor de toetssporen piping en macrostabiliteit worden de waterstandsverlopen benut op basis van waterstanden bij de norm.

Kustgebieden, meren en benedenrivieren: voor de toetssporen piping en macrostabiliteit worden waterstandsverlopen benut die horen bij waterstanden die niet door wind worden gedreven. Voor meren geldt dat de waterstandsverlopen gebaseerd zijn op het verloop van de meerpeilen.

Steenbekledingen

Voor de beoordeling van steenbekledingen is de belastingduur impliciet verwerkt in de software. De belastingduur is verschillend per taluddeel omdat de waterstanden over het algemeen tijdens een storm veranderen.

Grasbekleding erosie binnen- en buitentalud.

Voor de beoordeling van de erosie van de grasbekleding (binnentalud en buitentalud) wordt het effect van golfbelasting opgeteld in een bepaalde periode. De te gebruiken belastingduur voor de beoordeling is een periode van ongeveer 12 uur of preciezer een getijperiode.

Over het algemeen is dit een conservatieve benadering.

Voor het toetsspoor grasbekleding erosie buitentalud (GEBU) is de belastingduur beschreven in deel III hoofdstuk 11.2

Duinen

Voor het toetsspoor duinafslag is een stormduur relevant. Deze is verwerkt in de semi-probabilistische rekenregel via een correctfactor Cd.

Kunstwerken

Voor kunstwerken is de belastingduur voor golven gelijk aan een getijperiode of 12 uur.

3.5.4

Waterstandsfrequentielijn

De waterstandsfrequentielijn wordt samengesteld door de waterstand bij verschillende frequenties te berekenen.

Hiervoor wordt de WBI-software gebruikt, waarin de waterstandsfrequentielijn met één berekening kan worden afgeleid. De waterstandsfrequentielijn is onafhankelijk van de norm van de waterkering.

3.5.5 *Waterstanden en golfhoogten ten behoeve van eenvoudige toets*

In de eenvoudige toets wordt gebruik gemaakt van een waterstand en de significante golfhoogte, H_s of H_{m0} ¹¹. Hierbij dient uitgegaan te worden van de waterstand en significante golfhoogte bij de norm¹². De golfperiode is niet van belang in de eenvoudige toets.

Deze golfhoogte wordt niet bepaald bij een faalkanseis per vak, omdat er niet wordt geschematiseerd, en dus geen rekening gehouden wordt met de faalkansbegroting of het lengte-effect. De berekende golfhoogten zijn gebaseerd op marginale golfstatistiek en zijn de hoogst mogelijke golven bij de norm. Deze zijn niet gecorreleerd met de waterstanden. Daarnaast zijn voorland, dammen en de golfrichting niet beschouwd. Dit is een conservatieve benadering.

3.5.6 *Waterstanden en golfcondities voor bekledingen op de kruin en het binnentalud*

Voor deze toetssporen wordt het overslagdebiet (in l/s/m) vertaald in een kritische snelheid (m/s). Het overslagdebiet wordt daarvoor afgeleid bij de faalkanseis per vak.

In de faalkanseis per vak dient rekening gehouden te worden met de faalkansbegroting en het lengte-effect zoals beschreven in bijlage III Sterkte en veiligheid paragraaf 2.1. Het lengte-effect wordt gegeven in de schematiseringshandleiding Grasbekleding en Hoogte.

*Het overslagdebiet bij dijken wordt bepaald via de WBI-software met de formules uit het Technisch rapport golfloop en golfoverslag bij dijken [ref **Fout!***

Verwijzingsbron niet gevonden.]. Daarnaast is voor golfreductie de voorland- en dammodule noodzakelijk [ref 37]. Golfbreking wordt hiermee in rekening gebracht. Extra opzet over het voorland wordt verwaarloosd.

Deze condities zijn nodig voor de beoordeling van het toetsspoor gras erosie kruin en binnentalud.

Ook voor de toetssporen microstabiliteit en gras afschuiven binnentalud is het golfoverslagdebiet van belang. Het debiet wordt gebruikt als criterium om te bepalen welk van deze twee toetssporen doorlopen dient te worden. Het criterium voor deze faalmechanismen is dus volledig probabilistisch, maar de beoordeling van de faalmechanismen niet.

Het overslagdebiet dient bepaald te worden bij de norm¹³.

Bij het toetsspoor hoogte voor kunstwerken wordt formule 1.6 uit [ref 8] gebruikt. Met het overslagdebiet worden de beoordeeld of wordt voldaan aan de eisen ten aanzien van waterbezwaar/komberging in het achterland / achterliggende watersysteem en wordt erosie van de bodem van het kunstwerk bepaald (standzekerheid).

3.5.7 *Waterstanden en golfcondities voor bekledingen buitentalud*

De combinaties van waterstanden en golfcondities voor de beoordeling van bekledingen op het buitentalud in de gedetailleerde toets worden bepaald bij de norm¹⁴.

Voor de beoordeling van bekledingen zijn golfcondities nodig bij verschillende waterstandniveaus. Hierbij is de waterstand geen stochast, maar een vaste waarde. Per waterstandniveau dient een belasting te worden bepaald die gebaseerd is op de gecombineerde kans van voorkomen van de waterstand en golfcondities. De waterstand en golfcondities zijn gecorreleerd en dragen beide bij aan de faalkans.

¹¹ H_s en H_{m0} zijn verschillende maar gelijkwaardige schatters voor de significante golfhoogte.

¹² PM: nog ter discussie

¹³ PM: nog ter discussie

¹⁴ PM: nog ter discussie

Het waterstandsverloop wordt gevarieerd tussen de opgegeven minimale en maximale waarde, waarbij de laatste meestal overeenkomt met eerder genoemd waterstandniveau.

3.6

Toeslagen

Alleen voor de toetssporen Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB), Hoogte kunstwerk (HTKW) en eventueel Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW) in het Europoortgebied dient op dit moment rekening gehouden te worden met toeslagen, voor buistoten, buioscillaties en seiches.

Deze fenomenen worden gekarakteriseerd door kortdurende waterstandsveranderingen en treden op ten gevolge van zware buien of stormen. Een seiche is een resonantieverschijnsel in bekkens (zoals havens) ten gevolge van laagfrequente variaties van de buitenwaterstand door wind. Onder dit type bedreigingen worden ook de slingeringen op de meren (IJsselmeer en Markermeer) gerekend. De toeslagen voor buistoten, buioscillaties en seiches zijn verwerkt in de databases voor het Europoortgebied die onderdeel zijn van de WBI-software.

In de toets op maat kunnen toeslagen door de gebruiker worden toegevoegd voor andere gebieden in Nederland. De gebruiker moet zelf beoordelen of deze toegevoegd dienen te worden.

3.7 Mogelijkheden toets op maat

De toets op maat geeft een oordeel per vak, of per traject en per toetsspoor. Voor hydraulische belastingen omvat de toets op maat de mogelijkheid om door de beheerder veranderingen door te voeren in modellen of schematiseringen in golfmodellen zoals Bretschneider en SWAN. Dit kan leiden tot aangepaste waterstanden of golfbelastingen.

Daarnaast kan de faalkansverdeling aangepast worden met andere faalkanseisen per doorsnede tot gevolg. Dit resulteert in andere waarden voor de hydraulische belastingen.

In deze paragraaf worden de diverse mogelijkheden binnen de toets op maat beschreven. De toets op maat maakt het mogelijk om:

- *een beheerdersoordeel op te stellen;*
- *locatiespecifieke analyses uit te voeren;*
- *geavanceerde analyses uit te voeren.*

3.7.1 Beheerdersoordeel

De toets op maat kan bestaan uit het opstellen van een onderbouwde beheerdersoordeel. Bij hydraulische belastingen kan dit bestaan uit voorbeelden van metingen die aantonen dat de hydraulische belastingen frequenter of minder frequent zijn dan gemodelleerd in de formele modellen. Dit kan de mate van beschutting of juist het ontbreken hiervan aantonen. Voorbeelden zijn:

- *Veekrandmetingen¹⁵ om golfoploop te meten voor een individuele storm*
- *Lange reeksen (meer dan 30 jaar) van waterstandsmetingen van beheerders bij gemalen. Hierbij moet de beheerder naast de betrouwbaarheid van de reeks ook de betrouwbaarheid van de meetinstallatie aantonen. Dit is met name relevant op smalle wateren ver van formele meetstations.*

3.7.2 Analyse lokale hydraulische effecten

Een tweede mogelijkheid binnen de toets op maat is het uitvoeren van een analyse naar lokale effecten. Voor golfbelastingen kunnen veranderingen worden aangebracht op basis van eigen analyses ten aanzien van objecten die voor de waterkering liggen:

- *voor het kustgebied is een systematiek uitgewerkt. Voor waterkeringen gelegen in havens of achter dammen kan een analyse worden uitgevoerd conform [ref 7];*
- *voor het bovenrivierengebied en de smalle wateren van het benedenrivierengebied kan de beheerder aangepaste strijklengten of bodemhoogten zelf afleiden met software uit eerdere toetsronden [ref 10, 11 en 18 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**]. De beheerder kan in de achtergrondrapportages Hydraulische belastingen vinden welke objecten zijn meegenomen in de berekeningen. Tevens kan een bestand worden aangevraagd bij de Helpdesk Water waarin is aangegeven welke objecten zijn gehanteerd en/of welke representatieve bodemhoogte/waterdiepte en strijklengtes zijn gehanteerd bij de golfberekeningen. Voor bodemhoogten kan de effectieve strijklengte aangepast worden met behulp van Baseline-data van de rivieren. Hiervoor moet een serviceverzoek Gebiedsschematiseringen gedaan worden bij de Helpdesk Water.*

Indien voorliggende eilanden of dammen niet zijn meegenomen in de formele berekening van de hydraulische belastingen, kan de beoordeling resulteren in een conservatiever oordeel dan noodzakelijk. Of deze zijn meegenomen in de analyse, is

¹⁵ Golven laten vuil achter waar ze maximaal oplopen op een dijk. Deze rand kan ingemeten worden en is indicatie voor de storm. Door dit te koppelen aan meetstations waar wind, waterstanden en golfmetingen plaats vinden kan een beeld over de frequentie van voorkomen gegeven worden.

te vinden in de achtergrondrapportages van de golfanalyses voor de verschillende watersystemen. Om deze te kunnen beoordelen is een gedegen kennis nodig van de achterliggende modellen. De schematisering van de bodem kan aangescherpt worden door het vergelijken van de huidige bodemligging met de gehanteerde bodemligging.

Dit betekent dat de onderliggende modelberekeningen aangepast moeten worden in de bepaling van de hydraulische belastingen met SWAN of Bretschneider.

3.7.3

Geavanceerde analyse

De derde mogelijkheid is een geavanceerde analyse. Bij hydraulische belastingen is binnen de WBI-software het lengte-effect aan het model opgelegd. Bij twijfel over het lengte-effect kan met Hydra-NL een controle berekening worden uitgevoerd. Daarbij dient dezelfde schematisering van de keringen te worden gebruikt. Het lengte-effect neemt toe bij onafhankelijke bedreigingen, zoals afvoer, storm, zeewaterstand en bij stormvloedkeringen de keringssituatie (open/dicht) [ref 40].

4 Schematisering

4.1.1 Eenvoudige toets

In de eenvoudige toets wordt de waterkering niet geschematiseerd voor het afleiden van de hydraulische belastingen.

In deze toets zijn zowel de waterstand als de golfhoogte onafhankelijk van het profiel van de kering.

4.1.2 Gedetailleerde toets

Voor de volgende toetssporen is de ligging, het profiel van de kering en ruwheid van de bekleding van invloed op het afleiden van de belastingparameters:

- Golfklappen op asfaltbekleding
- Wateroverdruk bij asfaltbekleding
- Grasbekleding erosie buitentalud
- Grasbekleding afschuiven buitentalud
- Grasbekleding erosie kruin en binnentalud
- Stabiliteit steenzetting
- Grasbekleding afschuiven binnentalud
- Hoogte kunstwerk
- Havendammen
- Voorland
- Sterkte en stabiliteit punt- en langsconstructies
- Niet-waterkerende constructies - Bebouwing

De ligging, het profiel van de kering en de ruwheid van de kering is van invloed op de hydraulische belastingen voor bekledingen en bij het bepalen van de golfploop/golfoverslag.

De waterkering wordt geschematiseerd (ligging (dijknormaal), profiel van de kering en de ruwheid van de bekleding) inclusief het voorland en/of dammen, zoals beschreven in Bijlage I Procedure. De werkwijze staat beschreven in de schematiseringshandleidingen voor bovengenoemde toetssporen.

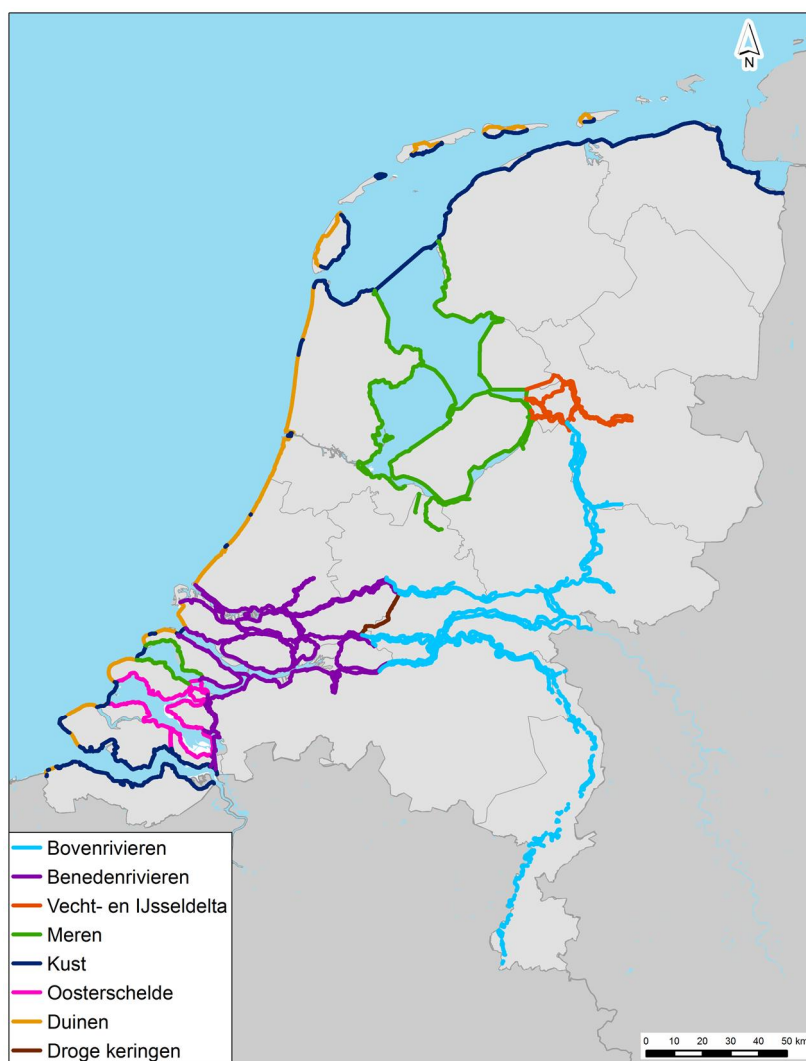
De verwijzing naar de juiste schematiseringshandleiding is te vinden in tabel 2.1 van Bijlage III Sterkte en veiligheid.

5 Belastingmodellen en watersystemen

5.1 Inleiding

De belastingmodellen en watersystemen (zie voor meer toelichting appendix A) zijn in de volgende paragrafen nader toegelicht. Hierbij is aandacht voor de waterlichamen, de bedreigingen, de basisstochasten, de achterliggende statistiek en de gebruikte modellen.

Voor meer details en uitgangspunten wordt verwezen naar de achtergrondrapportage HR2017.



Figuur 5-1: Overzichtskartaal belastingmodellen

5.2 Bovenrivierengebied

5.2.1 Beschrijving

Het Bovenrivierengebied is het deel van de Maas, de Rijn en haar takken, waarbij de waterstanden tijdens hoge afvoergolven niet meer beïnvloed worden door de waterstand op de Noordzee en het IJsselmeer. De getijhoogwaterstijging op zee

speelt in dit gebied geen directe rol. Deze is opgenomen in de benedenranden van de WAQUA modellen.

In het Bovenrivierengebied is onderscheid gemaakt tussen de volgende drie watersystemen (zie tabel 5-1 en figuur 5-2 figuur 5-2:):

- Bovenrivieren-Rijn (1)
- Bovenrivieren (Maas) (2)
- Limburgse Maas (18)

5.2.2

Waterlichamen

Binnen de drie watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| • Afgedamde Maas (Waal zijde) | • Maas |
| • Boven-Rijn | • Oude IJssel |
| • IJssel | • Pannerdensch Kanaal |
| • Nederrijn-Lek | • Waal |



Figuur 5-2: Overzichtskaart watersystemen in het Bovenrivierengebied

5.2.3

Bedreigingen

De waterkeringen in het Bovenrivierengebied worden voornamelijk belast door waterstanden. Hoge waterstanden komen voort uit een hoge afvoer. De bijdrage van de wind aan de belasting van de waterkering is relatief gering, maar niet verwaarloosbaar.

Bovenrivieren (Rijn) (1)

Het belastingmodel voor het watersysteem Bovenrivieren (Rijn) (1) gaat uit van de Rijnafvoer bij Lobith. Voor deze basisstochast zijn twee situaties beschouwd; de situatie met overstromingen in Duitsland in combinatie met maatregelen om de

overstromingen te beperken en de situatie zonder overstromingen in Duitsland. De eerste situatie is gebruikt voor de WAQUA productieberekeningen [ref 6].

Bovenrivieren (Maas)(2) en Limburgse Maas (18)

De basisstochasten voor de watersystemen Bovenrivieren¹⁶ (Maas) en Limburgse Maas zijn identiek. Dit gaat uit van de Maasafvoer bij Borgharen/Lith. De indeling van de Maas in twee watersystemen heeft te maken met de aanwezigheid van de dijken in Limburg die overstromen bij extreem hoge afvoeren [ref 6]:

- voor de bepaling van de hydraulische belastingen op de Maasdijken in het watersysteem Bovenrivieren (Maas) in Brabant en Gelderland wordt uitgegaan van de werkelijke dijkhoogten in Limburg. De Limburgse dijken zijn daarmee als overstroombaar gemodelleerd bij hoge afvoeren.
- voor de bepaling van de hydraulische belastingen van de Maasdijken in het watersysteem Limburgse Maas (18), zijn de dijken als oneindig hoog verondersteld, consistent met de rest van Nederland.

5.2.4

Voorliggende waterkeringen

Binnen het Bovenrivierengebied zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-1: Voorliggende waterkeringen in het Bovenrivierengebied

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
224	Heerewaardense Afsluitdijk, incl. Schutsluis Sint Andries	Waal (Bovenrivieren (Rijn) (1))

5.3

Benedenrivierengebied

5.3.1

Beschrijving

Onder het Benedenrivierengebied wordt dat deel van de benedenstroomse takken van de Rijn en de Maas verstaan waarvoor, tijdens grote afvoergolven, de waterstanden een significante invloed ondervinden van de waterstanden op de Noordzee.

¹⁶ in Gelderland en Noord-Brabant



Figuur 5-3 Overzichtskaart watersystemen in het Benedenrivierengebied

In het Benedenrivierengebied worden de volgende vijf watersystemen onderscheiden (zie tabel 5-1 en figuur 5-3):

- Benedenrivieren (Rijn) (3);
- Benedenrivieren (Maas) (4);
- Europoort (17);
- Volkerak-Zoommeer (21);
- Hollandse IJssel (22).

Het Volkerak-Zoommeer en de Hollandse IJssel zijn gebieden met twee voorliggende keringen en zijn daarom als specifiek watersysteem aangemerkt.

5.3.2

Waterlichamen

Binnen deze vijf watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

- | | | | |
|------------------------------|------|---------------------|------|
| • Amer | (4) | • Hollandsch Diep | (3) |
| • Amertak | (4) | • Lek | (3) |
| • Beneden Merwede | (3) | • Nieuwe Maas | (3) |
| • Bergsche Maas | (4) | • Nieuwe Merwede | (3) |
| • (ontpolderde) Biesbosch | (3) | • Nieuwe Waterweg | (17) |
| • Boven Merwede | (3) | • Noord | (3) |
| • Calandkanaal | (17) | • Oude Maas | (3) |
| • Donge | (4) | • Spui | (3) |
| • Dordtsche Kil | (3) | • Steurgat | (4) |
| • Getijde Hollandsche IJssel | (22) | • Volkerak-Zoommeer | (21) |
| • Haringvliet | (3) | • Wantij | (3) |
| • Hartelkanaal | (17) | • Wilhelminakanaal | (4) |

5.3.3

Bedreigingen

In het Benedenrivierengebied worden hoge waterstanden veroorzaakt door een combinatie van hoge afvoeren van de rivieren Rijn en Maas en hoge waterstanden op zee, meer specifiek bij Hoek van Holland, als gevolg van stormopzet en (spring)tij. Ook de opwaaiing door wind boven het Benedenrivierengebied én de aanwezigheid in combinatie met het beheer van de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg (de Maeslantkering) en in het Hartelkanaal (de Hartelkering) spelen een belangrijke rol bij het optreden van hoge waterstanden. Naast deze stormvloedkeringen zijn er verschillende andere stormvloedkeringen in het Benedenrivierengebied (Hollandse IJssel, Kromme Nol) en inlaten (Volkeraksluizen). De belasting op de waterkering wordt daarnaast beïnvloed door windgolven en voor het Europoortgebied door seiches.

In principe kan een hoge waterstand worden veroorzaakt door een oneindig aantal combinaties van de volgende bedreigingen: het stormvloedpeil te Hoek van Holland, de windrichting, de windsnelheid, de afvoer van de Rijn te Lobith en de afvoer van de Maas te Lith. Hierbij heeft elke combinatie van deze bedreigingen een eigen kans van voorkomen die kan worden bepaald met behulp van de statistieken van voornoemde bedreigingen.

Afhankelijk van de locatie in het benedenrivierengebied spelen de aspecten afvoer, zeewaterstanden/getij, wind en de Europoortkering een belangrijke rol.

Om het systeem te doorgronden, is het van belang om de werking van het systeem te begrijpen:

- *Afvoergebied: dit is het gebied waar de maatgevende situatie nagenoeg volledig wordt bepaald door hoge rivierafvoeren, verdeeld in:*
 - *Rijndominant gebied (watersysteem 3): Dit watersysteem ligt aan de binnenzijde van de Europoortkering. In dit gebied is de invloed van de Rijn groter dan van de Maas. Bij maatgevende omstandigheden zouden de stormvloedkeringen (Maeslantkering en Hartelkering) in de Europoortkering gesloten moeten zijn. Een falende kering heeft een groot effect op de waterstanden in dit watersysteem;*
 - *Maasdominant gebied (watersysteem 4). In dit gebied is de invloed van de Maas groter dan dat van de Rijn. Het betreft de waterkeringen langs de Bergsche Maas en de Maas bovenstrooms van km 246. Dit is afvoergedomineerde deel van de Maas;*
- *Zeegebied: dit is het gebied buiten de Europoortkering, waarbij de maatgevende situatie volledig wordt bepaald door stormvloed langs de Hollandse kust (watersysteem 17);*
- *Faalkansgebied (watersysteem 3): dit is het gebied waarbij de maatgevende situatie wordt gevormd door een niet-extreme storm in combinatie met een waterstand van ca 3,5 m+NAP te Maasmond in combinatie met het falen van de*

sluiting van de Europoortkering. Dit gebied ligt aan de binnenzijde van de Europoortkering en strekt zich uit tot km 998 op de Nieuwe Maas;

- *Bergingsgebied (watersysteem 3): de maatgevende situatie is een niet-extreme afvoer die samenvalt met een niet-extreme storm die de afvoer vanuit de Rijn- en Maasmonding naar zee enige tijd stremt;*
- *Overgangsgebieden: in de overgangsgebieden is sprake van een combinatie van bovenstaande bedreigingen in wisselende samenstelling. Drie overgangen zijn gedefinieerd (watersysteem 3 en 4):*
 - *de overgang van het faalkansgebied naar het rivierengebied: de rol van de afvoer wordt steeds belangrijker en de rol van de stormopzet minder;*
 - *de overgang van het faalkansgebied naar het bergingsgebied: van open naar dichte stormvloedkeringen;*
 - *overgang van het bergingsgebied naar het afvoergebied: van dichte naar open stormvloedkering waarbij de rol van de afvoer steeds hoger wordt en die van stormopzet terugloopt.*

Bovenstaande is relevant voor zowel het watersysteem Benedenrivieren (Rijn) (3) als voor Benedenrivieren (Maas) (4).

De watersystemen Europoort (17), Volkerak -Zoommeer (21) en Hollandse IJssel (22) zijn bijzondere gebieden en zijn daarom hieronder nader toegelicht.

Europoort (17)

Watersysteem Europoort (17) betreft het gebied aan de buitenzijde van de Europoortkering. Feitelijk maakt de Europoort onderdeel uit van watersysteem Hollandse Kust Midden (12), maar vanwege de rol van deining en seiches is dit gebied als een afzonderlijke watersysteem gedefinieerd. Het watersysteem is uitgewerkt als een variant van het watersysteem Benedenrivieren (Rijn) (3). Het belastingmodel is voor deze watersystemen gelijk.

De keringen sluiten tijdens maatgevende omstandigheden. Het effect van eventuele geopende keringen op de waterstanden aan de zeezijde is minimaal. De keringen zijn daarom niet als stochast meegenomen [ref 66].

Volkerak-Zoommeer (21)

Het belastingmodel voor het watersysteem Volkerak-Zoommeer (21) komt overeen met het belastingmodel voor het Merengebied tot een peil van 2,60 m+NAP bij Rak Noord. Boven deze waterstand heeft het watersysteem de functie van waterbergingsgebied voor de rivieren en maakt daarmee formeel deel uit van het watersysteem Benedenrivieren (Rijn) (3).

Voor het Volkerak-Zoommeer gelden aanvullende hydraulische belastingen in het geval het wordt ingezet als bergingsgebied¹⁷.

Hollandse IJssel (22)

Het watersysteem Hollandse IJssel (22) wordt beschermd door twee opeenvolgende stormvloedkeringen; de Maeslantkering en de Algerakering (stormvloedkering Hollandse IJssel). De toestand van de keringen (open /dicht) dienen meegenomen te worden als stochast in het belastingmodel¹⁸.

5.3.4

Voorliggende waterkeringen

Binnen het Benedenrivierengebied zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in onderstaande tabel.

¹⁷ PM

¹⁸ Op dit moment dient Hydra-NL te worden toegepast.

Tabel 5-2 Voorliggende waterkeringen in het Benedenrivierengebied

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
208	Stormvloedkering Nieuwe Waterweg	Europoort (17)
209	Hartelkering	Europoort (17)
210	Stormvloedkering Hollandsche IJssel	Benedenrivieren (Rijn) (3) / Nieuwe Maas
211	Haringvlietdam	Noordzee, zie paragraaf 5.65.6
212	Biesboschsluis	Benedenrivieren (Rijn) (3) / Nieuwe Merwede
213	Afsluitdijk Andel en Wilhelminasluis	Benedenrivieren (Rijn) (3) / Waal
215	Hellegatsdam en Volkeraksluizen	Benedenrivieren (Rijn) (3) / Hollandsch Diep
216	Grevelingendam	Oosterschelde, zie paragraaf 5.7 Volkerak-Zoommeer (22)

5.4 Vecht- en IJsseldelta

5.4.1

Beschrijving

In de Vecht- en IJsseldelta worden de volgende twee watersystemen onderscheiden: (zie figuur 5-4)

- IJsseldelta (5);
- Vechtdelta (6).

De grens tussen de IJssel- en Vechtdelta wordt gevormd door de Spooldersluis en de Ramspolkering (tabel 5-3)).

Tabel 5-3 Grenzen van de Vecht- en IJsseldelta

Waterlichaam	Locatie	Trajecten
IJssel	Rechteroever : km 981(Spooldersluis)	53-2 en 206
	Linkeroever : km 972 (Wapenveld)	52-4 en 11-1
Vecht	Bovenstrooms : km 36 (Ommen)	Overgang naar hoge gronden

Het watersysteem IJsseldelta (5) is het benedenstroomse gedeelte van de IJssel en vormt de schakel tussen het Bovenrivierengebied en het IJsselmeer. De waterlichamen binnen het watersysteem staan onder invloed van de afvoer van de IJssel, de afvoer van de Overijsselse Vecht, het peil op het IJsselmeer en de toestand van de Ramspolkering.

Het watersysteem Vechtdelta (6) bestaat uit het deel van de Overijsselse Vecht benedenstrooms van Ommen, het Zwarte Water (inclusief het Zwolle-IJsselkanaal), het Zwarte Meer (inclusief het Ganzendiep, de Goot en de Veneriete) en de wateren van Kampereiland.



Figuur 5-4 Overzichtskartaal watersystemen in Vecht- en IJsseldelta

5.4.2

Waterlichamen

Binnen deze watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

- IJssel (km 974 tot km 1002) (5)
- Vecht (6)
- Zwarte Meer (6)
- Zwarte Water (6)
- Bypass Kampen (fase 1)¹⁹ (5)

5.4.3

Bedreigingen

De Vecht- en IJsseldelta vormen beide een overgang van een riviersituatie naar een meersituatie. De waterstanden van beide systemen zijn gecorreleerd via het

¹⁹ Voor de Bypass Kampen fase 1 worden geen hydraulische belastingen afgeleid, deze worden pas afgeleid bij fase 2, wanneer een openverbinding met het Vossemeer/IJsselmeer is gecreëerd.

Ketelmeer. Als de IJsseldelta hoge waterstanden kent, dan geldt dat ook voor de Vechtdelta.

De Vecht- en IJsseldelta is in complexiteit vergelijkbaar met het Benedenrivierengebied (zie paragraaf 5.3.3). Binnen deze watersystemen kunnen dezelfde deelsystemen worden geïdentificeerd. Variërend over de verschillende watersystemen is de invloed van het meerpeil of de invloed van de rivierafvoer dominantier.

IJsseldelta (5)

In het watersysteem IJsseldelta (5) worden de extreme waterstanden bepaald door een combinatie van een hoge afvoer op de IJssel en stormopzet op het IJsselmeer. De invloed van stormopzet op de waterstanden neemt in stroomopwaartse richting af en heeft invloed tot Olst.

Vechtdelta (6)

De waterstand op de Overijsselse Vecht is voornamelijk gedomineerd door afvoer. In benedenstroomse richting gaat de wind een steeds grotere rol spelen. Het Zwarte Water en het Zwarte Meer zijn windgedomineerde systemen met een bergende functie als de Ramspolkering is gesloten.

Het buitendijkse gebied Kampereiland kan zowel bedreigd worden door het vollopen van het gebied achter de Ramspolkering (door berging) als door het overlopen van de waterkering tussen IJsselmuiden en Ramspol.

Wanneer de Ramspolkering is gesloten, zijn de bedreigingen voor de Vechtdelta niet gelijk aan die van de IJsseldelta.

Binnen het watersysteem Vechtdelta (6) ligt een overgang tussen het deel wat gedomineerd wordt door afvoer (vergelijkbaar met het Bovenrivierengebied) en het deel dat gedomineerd wordt door waterstand en wind. Deze overgang ligt ter hoogte van Dalfsen (km 45).

5.4.4

Voorliggende waterkeringen

Binnen de Vecht- en IJsseldelta zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-4 Voorliggende waterkeringen in de Vecht- en IJsseldelta

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
225	Ramspolkering	IJsseldelta IJsselmeer, zie paragraaf 5.4
206	Spooldersluis	IJsseldelta

5.5

Merengebied

5.5.1

Beschrijving

Tot het Merengebied behoren het IJsselmeer (7), het Markermeer (8), het Veluwerandmeer (19) en de Grevelingen (20) en de waterlichamen die in directe open verbinding staan met deze meren.

De volgende watersystemen maken onderdeel uit van het Merengebied (zie tabel 5-11 en figuur 4-5):

- IJsselmeer (7);
- Markermeer (8);
- Veluwerandmeer (19);
- Grevelingen (20).

5.5.2

Waterlichamen

Binnen deze watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

- | | | | |
|--------------|-----|------------------|------|
| • IJsselmeer | (7) | • Nijkerkernauw | (8) |
| • Ketelmeer | (7) | • IJmeer | (8) |
| • Vossemeer | (7) | • Eem | (8) |
| • Markermeer | (8) | • Veluwerandmeer | (19) |
| • Gooimeer | (8) | • Grevelingen | (20) |
| • Eemmeer | (8) | | |



Figuur 5-5 Overzichtskaarten watersystemen in het Merengebied

5.5.3

Bedreigingen

De hydraulische belasting op de waterkeringen langs de meren wordt veroorzaakt door hoge meerpeilen (door hoge watertoevoer in combinatie met spuibeperkingen),

harde wind (opwaaiing en golven) of een combinatie daarvan. In principe kan een belasting op een waterkering worden veroorzaakt door een oneindig aantal combinaties van de bedreigingen meerpeil en wind (bestaande uit windrichting en windsnelheid). Hierbij heeft elke combinatie van deze bedreigingen een eigen kans van voorkomen, die bepaald kan worden met behulp van de statistiek van voornoemde bedreigingen.

5.5.4 Voorliggende waterkeringen

Binnen het Merengebied zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 5-5 Voorliggende waterkeringen in het Merengebied

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
201	Afsluitdijk	Waddenzee, zie paragraaf 5.6
204	Houtribdijk	tweezijdig
205	Nijkerkersluis	Markermeer
225	Ramspolkering	IJsselmeer
234 / 227	Roggebotsluis ^a / Reevesluis	IJsselmeer
214	Brouwersdam	Noordzee, zie paragraaf 5.6
216	Grevelingendam	Oosterschelde (zuidelijk deel); Volkerak-Zoommeer (noordelijk deel) ^b , zie paragraaf 5.7

- a. De Roggebotsluis komt in fase II van het project IJsseldelta Zuid te vervallen. De voorliggende waterkering wordt in dat geval de nog te realiseren Reevesluis naar verwachting op 31-12-2022;
- b. De grens ligt bij de aansluiting van de Philipsdam op de Grevelingendam.

5.6 Kustgebied

5.6.1 Beschrijving

Het Kustgebied wordt gevormd door de Noordzee, Waddenzee en Westerschelde. De maatgevende situatie wordt in het Kustgebied volledig bepaald door hoge stormvloed en langs de Hollandse kust in combinatie met het getij en golfcondities.

Het Kustgebied is opgedeeld in de volgende zes watersystemen (zie tabel 5-1 en figuur 5-6):

- Waddenzee Oost (9)
- Waddenzee West (10)
- Hollandse Kust Noord (11)
- Hollandse Kust Midden (12)
- Hollandse Kust Zuid (13)
- Westerschelde (15)

De Oosterschelde valt vanwege de Oosterscheldekering niet binnen het belastingmodel Kustgebied en is apart toegelicht in paragraaf 5.7.

5.6.2 Waterlichamen

Binnen deze watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

- Eems-Dollard
- Waddenzee
- Noordzee (Hollandse kust)
- Zuidwestelijke Delta: zee en Westerschelde



Figuur 5-6 Overzichtskaart watersystemen in het Kustgebied

5.6.3

Bedreigingen

De waterkeringen langs de Noordzee, de Westerschelde en de Waddenzee worden belast door waterstanden en windgolven. De waterstanden en windgolven worden veroorzaakt door stormvloedpeilen (op de Noordzee) en extreme windsnelheden. Het belastingmodel is identiek voor al deze locaties.

5.6.4

Voorliggende waterkeringen

Binnen het Kustgebied zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in tabel 5-6

tabel .

Tabel 5-6 Voorliggende waterkeringen in het Kustgebied

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
201	Afsluitdijk	Waddenzee
211	Haringvlietdam	Noordzee
214	Brouwersdam	Noordzee
217	Sluizen kanaal door Zuid-Beveland te Hansweert	Westerschelde
218	Oosterscheldekering	Noordzee
223	Zeedijk Paviljoenpolder	Westerschelde

5.7 Oosterschelde

5.7.1 *Beschrijving*

De Oosterschelde is als apart belastingmodel aangeduid vanwege de grote invloed van de Oosterscheldekering. De Oosterschelde bestaat uit één watersysteem, de Oosterschelde (14), zoals weergegeven in tabel 5-1 en figuur 5-7.

In tegenstelling tot de andere watersystemen in het Kustgebied wordt de waterstand in de Oosterschelde beperkt door de Oosterscheldekering. Dit heeft gevolgen voor de maximale waterstanden en de bijbehorende golfbelastingen. Het watersysteem Oosterschelde wordt zeewaarts begrensd door de Oosterscheldekering en landwaarts door Noord- en Zuid-Beveland, Schouwen-Duiveland, Tholen, St. Philipsland, de Oesterdam, de Philipsdam en de Grevelingendam.

5.7.2 *Waterlichamen*

Het watersysteem Oosterschelde bevat als waterlichaam alleen de Oosterschelde.



Figuur 5-7 Overzichtskartaal watersysteem in de Oosterschelde

5.7.3

Bedreigingen

Waterkeringen langs de Oosterschelde worden belast door waterstanden en windgolven. Deze worden veroorzaakt door stormvloedpeilen op de Noordzee en extreme windsnelheden.

5.7.4

Voorliggende waterkeringen

Binnen de Oosterschelde zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in tabel 5-7.

Tabel 5-7 Voorliggende waterkeringen de Oosterschelde

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
174	Zandkreekdam	Oosterschelde
199	Philipsdam	Oosterschelde
216	Grevelingendam	Oosterschelde Volkerak-Zoommeer ^a , zie paragraaf 5.3
217	Sluizen kanaal door Zuid-Beveland te Hansweert	Westerschelde, zie paragraaf 5.6
218	Oosterscheldekering	Noordzee, zie paragraaf 5.6
219	Oesterdam	Oosterschelde

a. De grens ligt bij de aansluiting van de Philipsdam op de Grevelingendam.

5.8 Duinen

5.8.1

Beschrijving

Duinen zijn feitelijk geen watersysteem, maar zijn in het WBI 2017 wel als zodanig aangemerkt (in tabel 1). Dit watersysteem omvat de duinen langs het hele kustgebied. De maatgevende situatie wordt, evenals voor het kustgebied, volledig bepaald door stormvloed en in combinatie met het getij en golfcondities.

Het watersysteem bevat duinen langs de Zeeuwse kust, de Hollandse kust en de Waddeneilanden, zoals weergegeven op onderstaande kaart in tabel 5-1 en figuur 5-8.



Figuur 5-8 Overzichtskartaal watersysteem in Duinen en hybride duin keringen

5.8.2

Waterlichamen

Het watersysteem Duinen bevat als waterlichaam de Noordzee en de monding van de Westerschelde.

5.8.3

Bedreigingen

De duinen langs Zeeuwse kust, Hollandse kust en Waddeneilanden worden belast door waterstanden en windgolven, veroorzaakt door stormvloedpeilen (op de Noordzee) en extreme windsnelheden.

Zeewaterstanden en golfcondities zijn invoerparameters voor duinafslagmodellen.

De zeewaterstandsstatistiek voor duinen is identiek aan die voor het Kustgebied. De golfcondities (golfhoogte H_s en golfperiode T_p) worden zonder modellen bepaald ten behoeve van de duinafslagmodellen op diepwater op de doorgaande 20 m-NAP dieptelijn. In de zuidwestelijke delta worden correcties toegepast voor ondiepe voorlanden en geulen. Soortelijke getallen zijn gegeven voor de Waddeneilanden. Echter daar is het alleen beschikbaar voor de toets op maat.

Referenties

Achtergrondrapporten

1. Deltares, Basisrapport WTI 2017, Waal, JP de, (redactie) (31 januari 2016)
2. Deltares, Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017, Aansturing, schematisaties en uitvoerlocaties, 1207807 -009-HYE-0006, definitief, okt-13
3. Deltares, Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017, Aanvulling op uitgangspunten vastgesteld in 2013, 1209433-001-HYE-0005, concept, mei-14
4. TAW, Meer, van der J.W. Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken, 2002
5. Deltares, Chbab H Modelonzekerheid belastingen, Wettelijk Toetsinstrumentarium WTI-2017, (2016)
6. Deltares, Chbab H. Basisstochasten WTI-2017, Statistiek en statistische onzekerheid, 1209433-012-HYE-0007, voorlopig, 2-dec-15
7. RWS-WVL, van Vledder, G (2014) Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied, een eenvoudige methode voor het bepalen van golfbelastingen voor het toetsen van waterkeringen, RWS.2014.001, -,
8. Deltares, WTI2017 – CTK van Bree, B. (2015) Functional design failure mechanism height of structures, 1209438-000-GEO-0024-gbh,
9. Deltares, WTI – Diermanse F (2016) Onzekerheden, Overzicht van belasting- en sterkteonzekerheden in het wettelijk toetsinstrumentarium,
10. HKV, Geerse, C.P.M. (2010) Overzichtsdocument probabilistische modellen zoete wateren, Hydra-VIJ, Hydra-B en Hydra-Zoet,
11. HKV, Geerse C.P.M. (2011) Hydra-Zoet for the fresh water systems in the Netherlands Probabilistic model for assessment of dike heights,
12. HKV, J. Ansink, J, Kamp R, Geerse C.P.M. (2014) HKV, Gebruikershandleiding Waterstandsverloop
13. Deltares, Cairas, S. (2009) Extreme wind statistics for the inference of the hydraulic boundary conditions for the Dutch primary water defences. SBW-Belastingen: Phase 2 of subproject 'Wind modelling'
14. KNMI, Rijkoort P.J. 1983 A compound Weibull model for the description of surface wind velocity distributions, WR 83-13,
15. Deltares, Hegnauer M., Beersma, J.J, Boogaard, H.F.P. van den Buishand, T.A., Passchier, R.H., Lammersen R. and Buiteveld, H. (2016) Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins - Final report of GRADE 2.0
16. Deltares, Hegnauer, M. 2015 Onzekerheidsanalyse hydraulica in GRADE. 1220082-010-ZWS-0001. 2015
17. Deltares, Roscoe C. et al. en Diermanse, F, Balen, W..... Hydra-Ring Scientific Documentation. Deltares & TNO-Bouw. Deltares rapport 1206006-004. 2016
18. HKV, Hydra-NL Duits, M Gebruikershandleiding,(2016)
19. Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Rolf van der Veen Betrekkingslijnen Rijn, versie 2010, 14-7-201.
20. Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, Rolf van der Veen Bijsluiter betrekkingslijnen 2013_2014, geldigheidsbereik 1 november 2013-31 oktober 2014.
21. Rijkswaterstaat Bouwdienst. Sipke van Manen Prestatiepeilen Oosterschelde. Kenmerk: PPEILSVKO-T-2. 24 april 2008. Definitief versie 2.0.
22. Fokkink, R.J. Onafhankelijk Onderzoek Markermeer, Fase-rapport 1A, deelonderzoek meerpeilstatistiek.

23. Rijkswaterstaat(2004). ProMoVera: Probabilistisch Model voor de Veluwerandmeren. RIZA werkdocument 2004.089X. 23 april 2004.
24. HKV. Hydraulische randvoorwaarden voor categorie c-keringen. Achtergrondrapport keringen langs het Volkerak-Zoommeer (dijkring 25,27,31,33, 34). PR1322. November 2008.
25. HKV. Hydraulische randvoorwaarden voor categorie c-keringen. Achtergrondrapport keringen langs het Grevelingenmeer (dijkring 25 en 26). PR1322. November 2008.
26. HKV. Hydraulische randvoorwaarden voor categorie c-keringen. Achtergrondrapport Diefdijklinie (dijkring 16). PR1322. November 2008.
27. Deltares, Hydra Design document, version 2, Draft, A. Markus, e.a, december 2011. 1204145-004-ZWS-0003.
28. Rijkswaterstaat, J.P. de Waal. 1999, Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied. Een ontwerpmethodiek, RIZA, , Deelrapport 9: Modelleren dammen, voorlanden en golfoploop. RIZA rapport 99.046.
29. Deltares. Functional Design for the implementation of load uncertainties in Hydra-Ring., February 2014.
30. Rijkswaterstaat, 1985. Referentiewaarden waterstanden. Rijkswaterstaat.
31. SWAN Benedenrivieren update 2016
32. SWAN Vecht en IJsseldelta ... update 2016
33. SWAN Westeschelde 2011
34. SWAN Waddenzee 2011
35. Bretschneider Benedenrivieren ... update 2016
36. Deltares, WTI2017 datamanagement watersystemen, Uitgangspunten notitie ontwerp hydraulische belasting database, 3-dec-13
37. Software Package: DaF module, Dam and Foreshore module, Theoretical Documentation Jan Kramer, 2016
38. beschrijving van functionaliteit q functionaliteit
39. Semi-probabilistisch toetsvoorschrift voor duinen ten behoeve van WTI2017 1220080-008 © Deltares, 2015, B Ferdinand Diermanse Pieter van Geer
40. Hydra-NL, Gebruikershandleiding versie 1.1 (2015) Duits M.

Appendix A Waterlichamen en belastingsysteem

De waterlichamen uit deze bijlage zijn weergegeven op de kaarten in **Fout!**
Verwijzingsbron niet gevonden. In de laatste kolom is weergegeven op welk
kaartblad welk kaartlichaam te vinden is²⁰.

Waterlichaam	Belastingsysteem	Kaartblad
Afgedamde Maas (Waal zijde)	Bovenrivieren	
Amer	Benedenrivieren	
Amertak	Benedenrivieren	
Beneden Merwede	Benedenrivieren	
Bergsche Maas	Benedenrivieren	
(ontpolderde) Biesbosch	Benedenrivieren	
Boven Merwede	Benedenrivieren	
Boven-Rijn	Bovenrivieren	
Bypass bij Kampen (fase 1)	Vecht- en IJsseldelta	
Calandkanaal	Benedenrivieren	
Donge	Benedenrivieren	
Dordtsche Kil	Benedenrivieren	
Eem	Meren	
Eemmeer	Meren	
Eems-Dollard	Kustgebied	
Getijde Hollandse IJssel*	Benedenrivieren	C.2-2
Gooimeer	Meren	
Grevelingen*	Meren	
Haringvliet	Benedenrivieren	
Hartelkanaal	Benedenrivieren	
Hollandsch Diep	Benedenrivieren	
IJmeer	Meren	
IJssel	Bovenrivieren	
IJsseldelta	Vecht- en IJsseldelta	
IJsselmeer	Meren	
Ketelmeer	Meren	
Limburgse Maas	Bovenrivieren	
Maas	Bovenrivieren	
Markermeer	Meren	
Nederrijn-Lek	Bovenrivieren	
Nieuwe Maas	Benedenrivieren	
Nieuwe Merwede	Benedenrivieren	
Nieuwe Waterweg	Benedenrivieren	

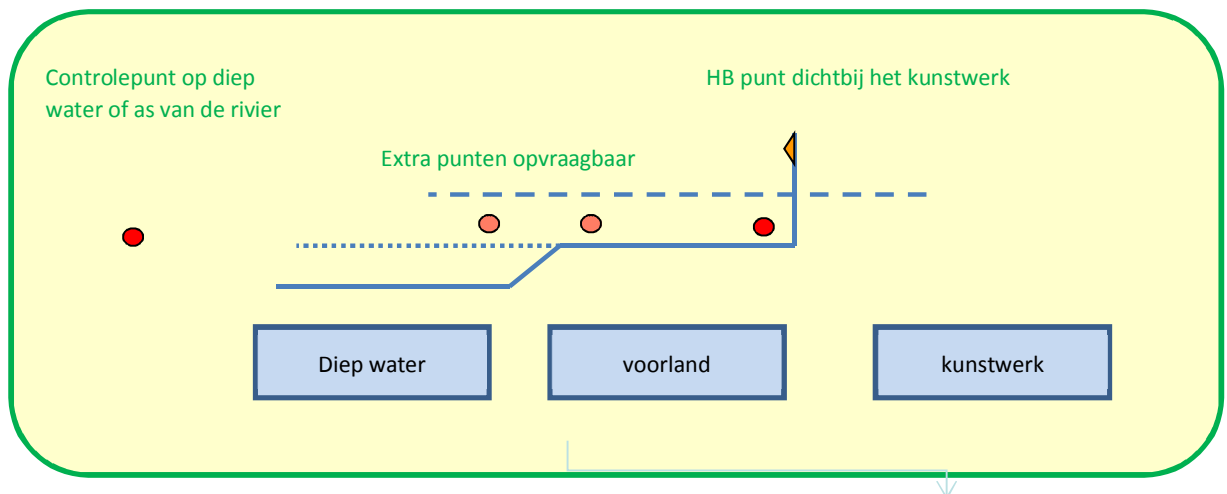
²⁰ PM

Waterlichaam	Belastingsysteem	Kaartblad
Nijkerkernauw;	Meren	
Noord	Benedenrivieren	
Noordzee (Hollandse kust)	Kustgebied	
Oosterschelde	Oosterschelde	
Oude IJssel	Bovenrivieren	
Oude Maas	Benedenrivieren	
Pannerdensch Kanaal	Bovenrivieren	
Spui	Benedenrivieren	
Steurgat	Benedenrivieren	
Vecht	Vecht- en IJsseldelta	
Veluwerandmeer	Meren	
Volkerak-Zoommeer	Benedenrivieren	
Vossemeer	Meren	
Waal	Bovenrivieren	
Waddenzee	Kustgebied	
Wantij	Benedenrivieren	
Westerschelde	Kustgebied	
Wilhelminakanaal	Benedenrivieren	
Zwarte Meer	Vecht- en IJsseldelta	
Zwarte Water	Vecht- en IJsseldelta	

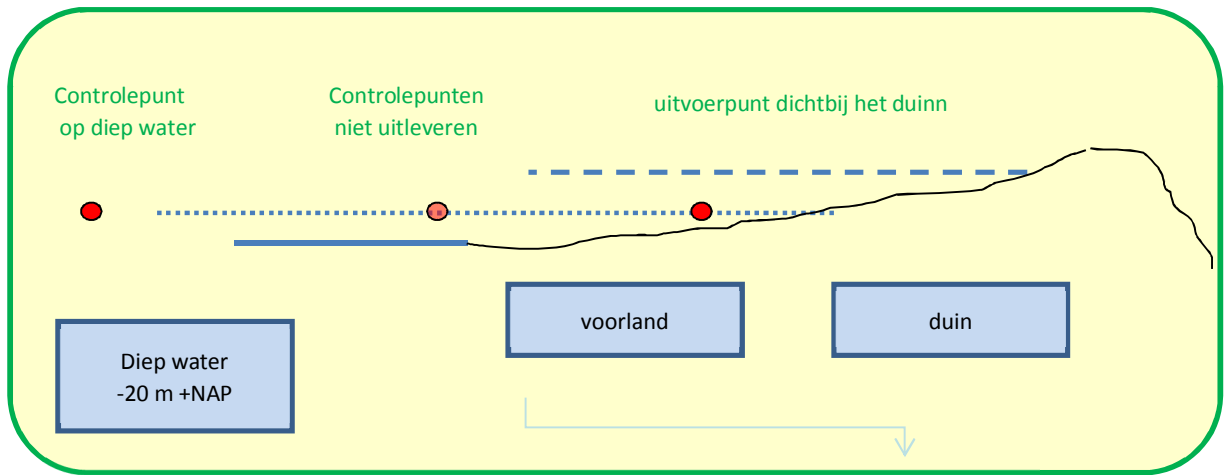
Appendix B Uitvoerpunten per type kering

B.1 Uitvoerpunten per type kering

Per type waterkering of toets zijn uitvoerlocaties op een andere afstand noodzakelijk.



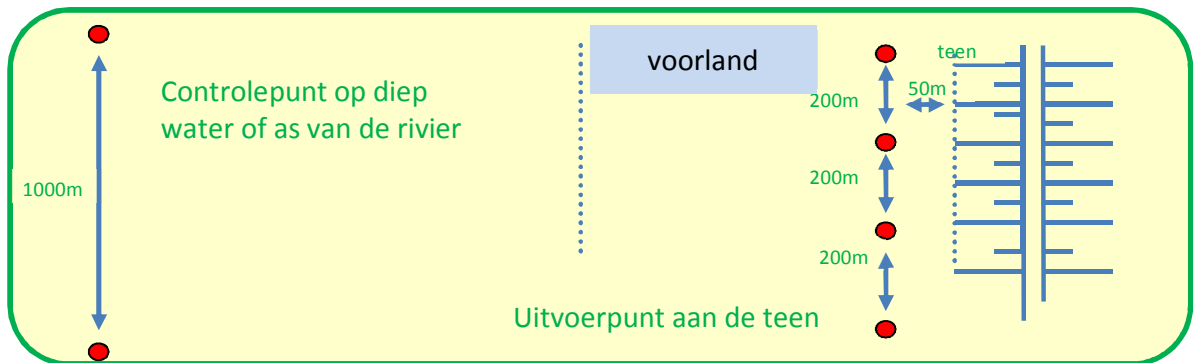
Figuur B-1 Uitvoerpunten van de hydraulische belastingen (HB) bij een kunstwerk (zijaanzicht)



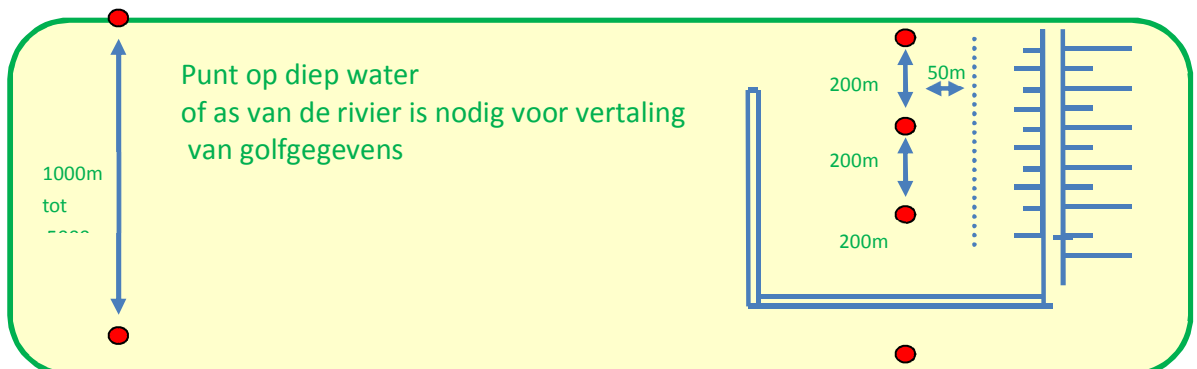
Figuur B-2 Uitvoerpunten van de HB, zijaanzicht bij duinen

Noot: bij de Hollandse en Zeeuwse kust zijn er alleen punten op diep water met een correctiefactor voor de ondiepten in Zeeland.

Bij de Waddenzee liggen voor de toets op maat met D++ de punten dicht bij de duin, op ongeveer -5 m + NAP



Figuur B-3 Uitvoerpunten van de hydraulische belastingen bij een dijk , bovenaanzicht

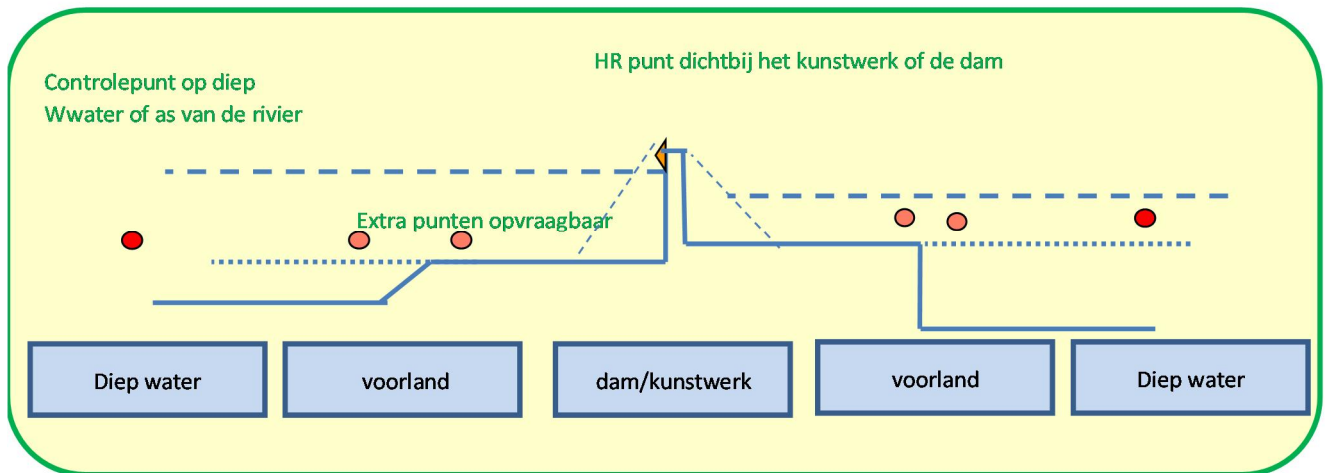


Figuur B-4 Uitvoerpunten van de Hydraulische Belastingen, bovenaanzicht bij een havendam

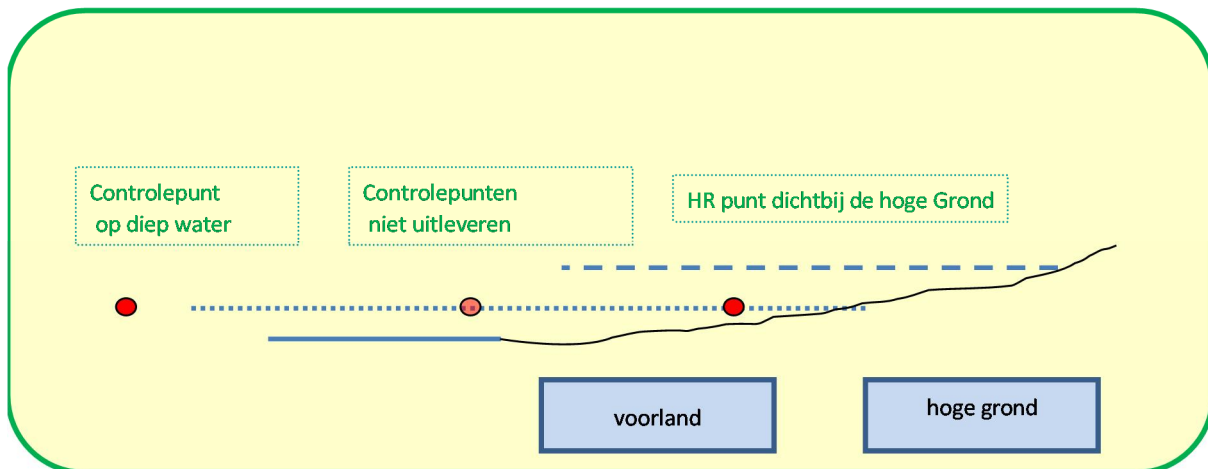
Noot: Bij havendammen die integraal een deel uitmaken van de waterkeringen zijn de diepwaterpunten essentieel. De vertaling is een onderdeel van toets op maat.

B.2 Speciale uitvoerlocaties

Dergelijke punten kunnen worden opgevraagd via de Helpdesk water.



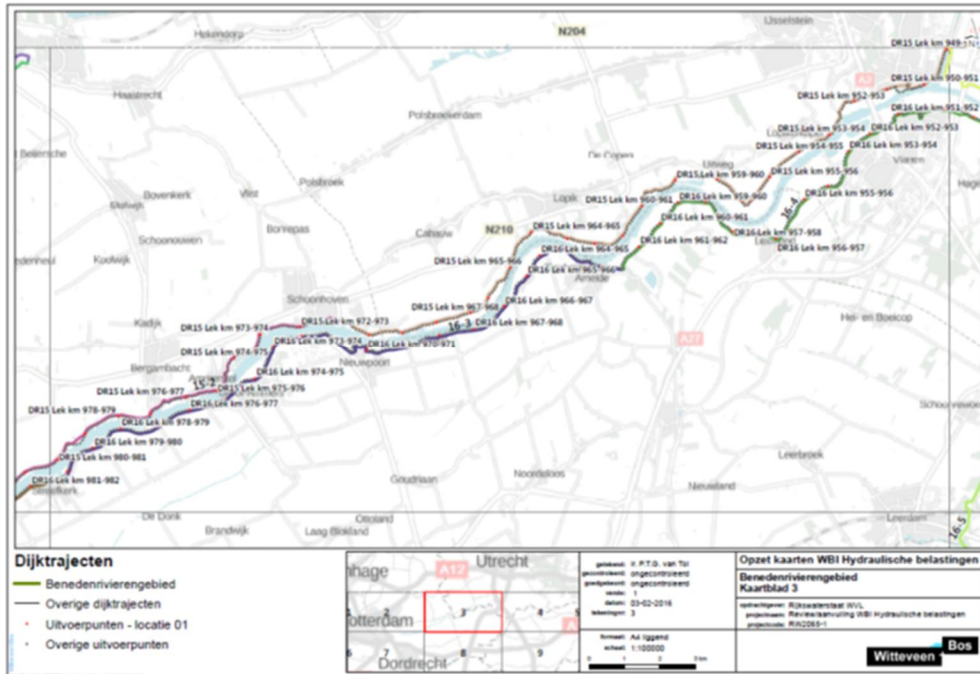
Figuur B- 4 Uitvoerpunten van de HR bij een kunstwerk (zijaanzicht)



Figuur B- 5 Uitvoerpunten van de Hydraulische Belastingen , zijaanzicht bij hoge gronden
Noot : Pak niet de uitvoerpunten niet te dicht op hoge gronden lijn. Dan heb je geen golven kies dit b.v. op 50 of 100 meter afstand.



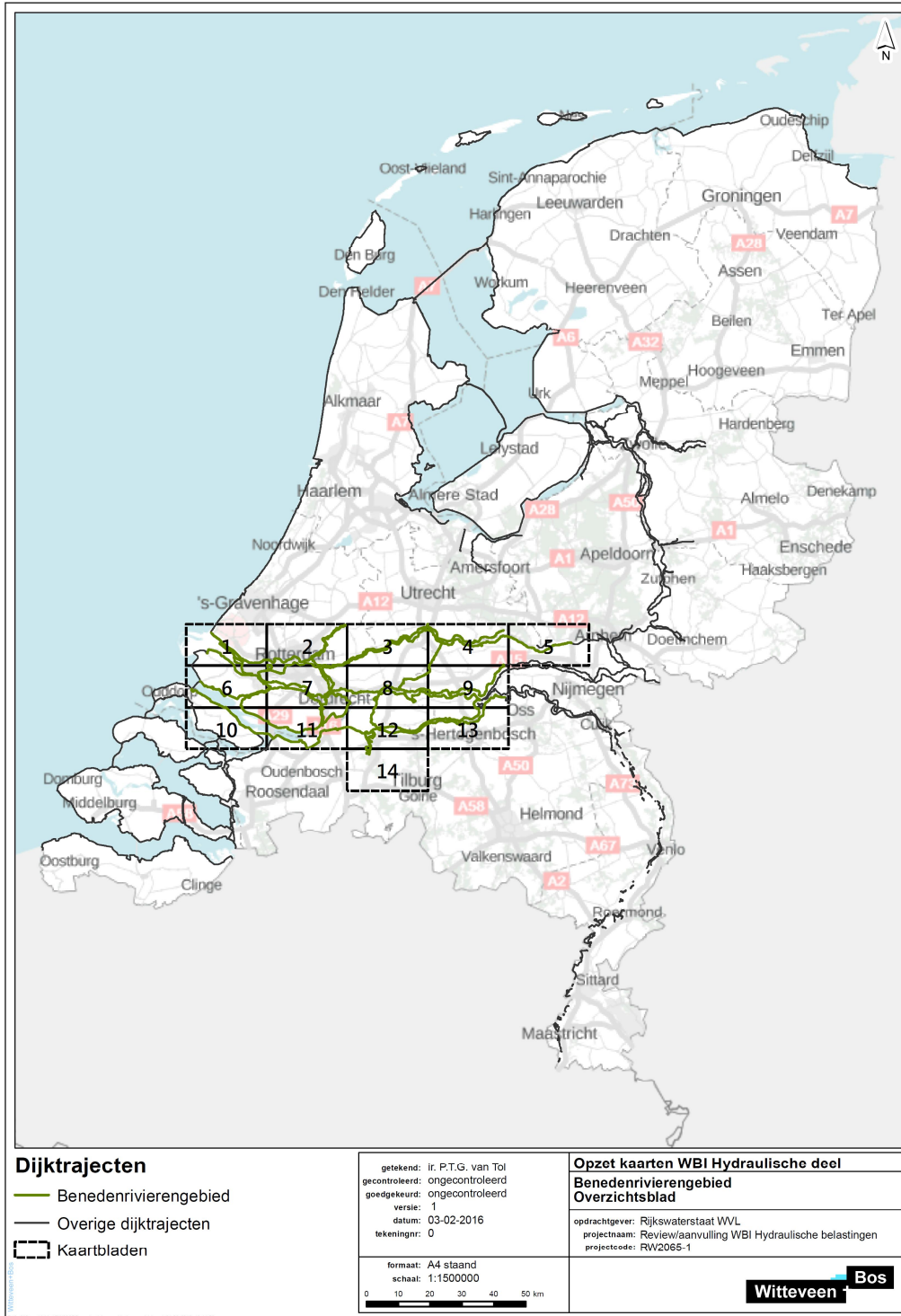
B.3 Bovenrivierengebied

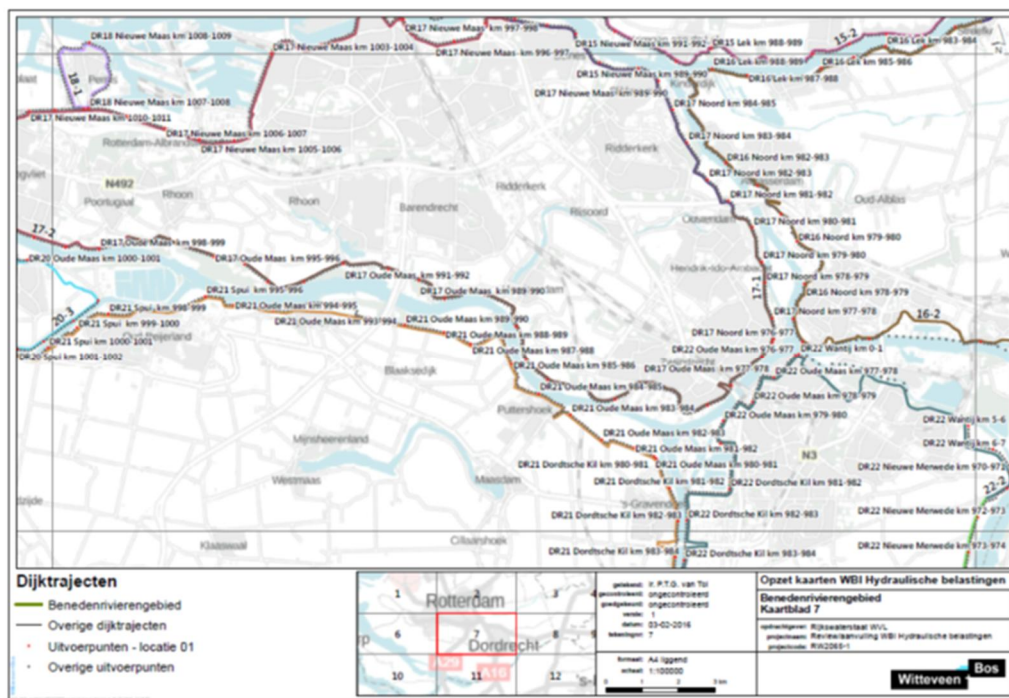


Voorbeeld voor de Lek.

PM: Via Helpdesk Water zijn alle overige kaarten op te vragen.

B.4 Benedenrivierengebied





Voorbeeld Benedenrivieren

Appendix C Volledig overzicht eisen toetsporen en hydraulische belastingen

PM

Appendix D Overzicht waterbeweging- en golfmodellen

Er zijn diverse (numerieke) waterbewegingsmodellen en golfmodellen ingezet om de bedreigingen te vertalen naar hydraulische belastingen op de teen van een waterkering. Tabel D-1 geeft een samenvatting van de toegepaste modellen.

Tabel D-1: Toegepaste modellen per watersysteem

Belastingmodel	Watersysteem	Model	
		Waterstand	Golven
Bovenrivierengebied	1. Bovenrivieren (Rijn)	WAQUA	Bretschneider
	2. Bovenrivieren (Maas)		
	18. Limburgse Maas		
Benedenrivierengebied	3. Benedenrivieren (Rijn)	WAQUA	SWAN/ Bretschneider ^a
	4. Benedenrivieren (Maas)		SWAN
	17. Europoort		
	21. Volkerak-Zoommeer	WAQUA	Bretschneider
	22. Hollandse IJssel	SOBEK	Bretschneider
Vecht en IJssel-delta	5. IJsseldelta	WAQUA	SWAN/ Bretschneider ^b
	6. Vechtdelta		
Merengebied	7. IJsselmeer	WAQUA	SWAN
	8. Markermeer		HISWA/SWAN/ Bretschneider ^c
	19. Veluwerandmeer	WAQUA	Bretschneider
	20. Grevelingen	WAQUA	Bretschneider
Kustgebieden (dijken)	9. Waddenzee Oost	triangulaire interpolatie methode	SWAN
	10. Waddenzee West		
	11. Hollandse Kust Noord		
	12. Hollandse Kust Midden		
	13. Hollandse Kust Zuid		
15. Westerschelde			
Oosterschelde (dijken)	14. Oosterschelde	IMPLIC ^d	SWAN
Duinen	16. Duinen	triangulaire interpolatie methode	marginale statistiek
Droge keringen	23. Diefdijk	n.v.t. (toets op maat)	

- Binnen het Benedenrivierengebied wordt SWAN alleen toegepast voor de brede wateren van de watersystemen Benedenrivieren (Rijn) (3), de brede wateren van Benedenrivieren (Maas) (4) en Europoort (17). Voor de overige delen wordt Bretschneider toegepast.
- Binnen de Vecht- en IJsseldelta wordt SWAN toegepast het Zwarte Meer (onderdeel van het watersysteem IJsseldelta (5)). Voor de overige delen van de watersystemen IJsseldelta (5) en voor de Vechtdelta (6) wordt Bretschneider gehanteerd.
- Binnen het Merengebied wordt SWAN toegepast voor het watersysteem IJsselmeer (7) en voor een deel van het IJmeer (onderdeel van het watersysteem Markermeer (8)). Bretschneider wordt toegepast voor de Eem (onderdeel van het watersysteem Markermeer (8)). Voor de overige delen van het Markermeer (8) wordt HISWA toegepast.
- Zie rapport Prestatiepeilen Oosterschelde [ref 21].