

Gevolgen peilverandering IJsselmeergebied - een eerste indicatie van benodigde kruinhoogte en maatgevende waterstand

Verbindende keringen

dr. ir. G.A.M. van Meurs
ir. N.L. Kramer

1202357-002

Titel

Gevolgen peilverandering IJsselmeergebied - een eerste indicatie van benodigde kruinhoogte en maatgevende waterstand

Opdrachtgever
DPIJ

Project
1202357-002

Kenmerk
1202357-002-VEB-0011-sr 48

Pagina's

Trefwoorden

IJsselmeergebied, Deltaprogramma, peilopzet, hydraulisch belasting niveau, maatgevend waterstand, overschrijdingsfrequentie, normfrequentie, klimaatverandering

Samenvatting

In opdracht van het Delta programma IJsselmeergebied (DPIJ) heeft Deltares (Deltares, 2010b) onderzoek gedaan naar de effecten van klimaatverandering en een eventuele een verhoging van het streefpeil op de waterveiligheid in het IJsselmeergebied. Voor een 31-tal locaties zijn overschrijdingsfrequentielijnen van kruinhoogte en maatgevende waterstand berekend. De frequentielijnen geven aan wat de gevolgen zijn in termen van de benodigde aanpassing van de kruinhoogte van de dijken, dan wel de toename van de overschrijdingsfrequentie van maatgevende waterstanden voor een gegeven kruinhoogte. Als aanvulling op deze studie (Deltares, 2010b) is in dit rapport een vergelijkbare analyse gedaan voor een 7-tal extra locaties gelegen bij de verbindende keringen in het IJsselmeergebied.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	nov. 2010	dr. ir. G.A.M. van Meurs ir. N.L. Kramer	<i>Gvo</i>	dr. J.V.L. Beckers	<i>B/a Gvo</i>	ing. A.T. Aantjes	<i>#</i>

Status
definitief

Inhoud

Lijst van Tabellen	i
Lijst van Figuren	ii
1 Inleiding	1
1.1 Nationaal Deltaprogramma	1
1.2 Deltaprogramma IJsselmeergebied	1
1.3 Hydra-VIJ	3
1.4 Zomer en winter statistiek	3
1.5 Deel 1: Benodigde kruinhoogte	3
1.5.1 Achtergrond	3
1.5.2 Doel	4
1.5.3 Varianten	4
1.6 Deel 2: Overschrijdingsfrequentie waterstand	4
1.6.1 Achtergrond	4
1.6.2 Doel	5
1.6.3 Varianten	5
1.7 Leeswijzer	5
2 Locaties	7
3 Resultaat deel 1: Benodigde kruinhoogte	9
4 Resultaat deel 2: Overschrijdingsfrequentie waterstand	11
5 Conclusies en aanbevelingen	13
5.1 Normaanscherping	13
5.2 Varianten met peilopzet	13
5.3 Maatgevend hoogwater	14
5.4 Beperkingen	14
5.5 Aanbevelingen	15
6 Literatuur	17

Bijlage(n)

A Gehanteerde profielen	A-1
A.1 Afsluitdijk 3	A-2
A.2 Afsluitdijk 8	A-3
A.3 Houtribdijk-IJM	A-4
A.4 Houtribdijk-MM	A-5
A.5 Nijkerkersluis	A-6
A.6 Roggebotsluis	A-7
A.7 Oranjesluizen	A-8
B Resultaten deel 1: benodigde kruinhoogte	B-1
B.1 Afsluitdijk 3	B-4
B.2 Afsluitdijk 8	B-5
B.3 Houtribdijk-IJM	B-6
B.4 Houtribdijk-MM	B-7
B.5 Nijkerkersluis	B-8
B.6 Roggebotsluis	B-9
B.7 Oranjesluizen	B-10
C Resultaten deel 2: overschrijdingsfrequentie waterstand	C-1
C.1 Afsluitdijk 3	C-4
C.2 Afsluitdijk 8	C-5
C.3 Houtribdijk-IJM	C-6
C.4 Houtribdijk-MM	C-7
C.5 Nijkerkersluis	C-8
C.6 Roggebotsluis	C-9
C.7 Oranjesluizen	C-10

Lijst van Tabellen

Tabel 1.1	De onderscheiden varianten in deel 1	4
Tabel 1.2	De onderscheiden varianten bij het bepalen van maatgevende waterstanden	5
Tabel 2.1	Coördinaten van de zeven gekozen locaties	7
Tabel 2.2	Eigenschappen van de gekozen locaties. (Voor de Afsluitdijk aan de IJsselmeerzijde is geen toetspeil beschikbaar).	8
Tabel 3.1	De onderscheiden varianten	9
Tabel 3.2	Benodigde hoogte om te voldoen aan de normfrequentie.	10
Tabel 4.1	De onderscheiden varianten bij het bepalen van maatgevende waterstanden	11
Tabel 4.2	Maatgevende waterstanden behorende bij de normfrequentie voor de onderscheiden varianten	12

Lijst van Figuren

Figuur 1.1	Verdeling van het IJsselmeergebied in deelgebieden	2
Figuur 2.1	Ligging van de 7 locaties nabij verbindende keringen in IJsselmeergebied	7
Figuur 2.2	Ligging van de 31 locaties in het IJsselmeergebied	8

1 Inleiding

1.1 Nationaal Deltaprogramma

Als gevolg van veranderingen in het klimaat stijgt de zeespiegel en nemen piekafvoeren van rivieren, zoals de IJssel en de Vecht, toe. Perioden van overvloedige regenval zullen vaker voorkomen, maar ook de kans op droge zomers neemt toe. Dat vraagt om een nieuw beleid in een deltagebied zoals het IJsselmeergebied.

De bevindingen en aanbevelingen van het rapport "Samen werken aan water" (Deltacommissie, 2008) zijn overgenomen door het kabinet in het Nationale Waterplan (Ministerie van Verkeer en Waterstaat e.a., 2009a) (NWP). De Beleidsnota IJsselmeergebied (Ministerie van Verkeer en Waterstaat e.a., 2009b) is onderdeel van het NWP.

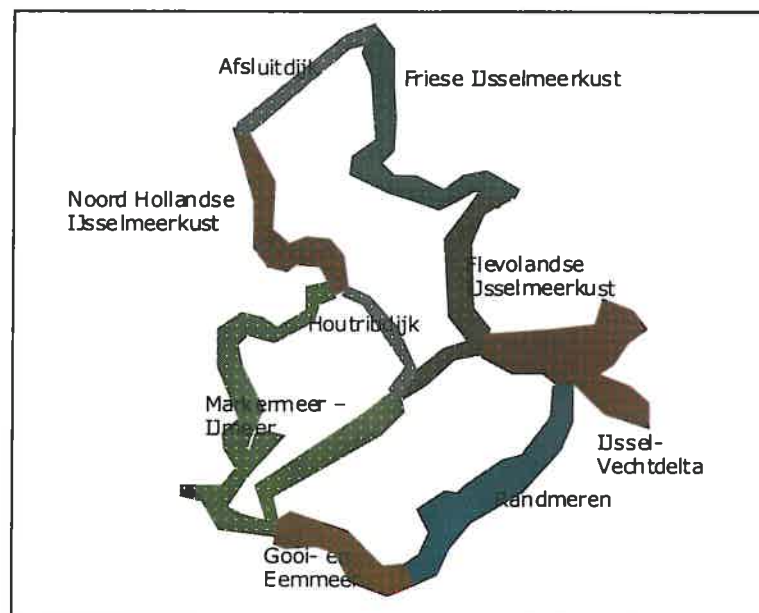
Voor de uitvoering van het NWP heeft het kabinet het nationale Deltaprogramma opgesteld. Het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) is een van de negen deelprogramma's van het nationale Deltaprogramma. In het Nationaal Waterplan benoemt het Rijk vier opgaven voor het IJsselmeergebied: waterveiligheid, zoetwatervoorziening, ecologie en ruimtelijke ontwikkeling. Het streefbeeld voor het IJsselmeergebied is verwoord als een veilig en klimaatbestendig watersysteem, een vitaal en robuust ecosysteem en een kwalitatief hoogwaardige ruimtelijke inrichting op zowel de korte als de lange termijn. Verbindend element voor deze opgaven is de ontwikkeling van het peilbeheer in het gebied.

Een verdere uitwerking van het plan van aanpak is gegeven in het Deltaprogramma 2011 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2010). Gesproken wordt over het nemen van een vijftal richtinggevende deltabeslissingen over de veiligheid en de zoetwatervoorziening in deze eeuw. Twee van deze beslissingen spelen een rol in het IJsselmeergebied. Deze twee beslissingen zijn:

- 1 De actualisering van de veiligheidsnormen voor primaire waterkeringen.
- 2 Lange termijn peilbeheer van het IJsselmeer gericht op de watervoorziening van Nederland en de veiligheidsopgave in het gebied.

1.2 Deltaprogramma IJsselmeergebied

Binnen DPIJ worden negen deelgebieden onderscheiden (Figuur 1.1). De onderverdeling in deelgebieden zal ook in deze studie gehanteerd worden.



Figuur 1.1 Verdeling van het IJsselmeergebied in deelgebieden

In het Nationaal Waterplan is voorzien dat op termijn, vermoedelijk vanaf 2035, sprake zal zijn van het ontkoppelen van de waterpeilen in het Markermeer en in het IJsselmeer (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2009a). Het peilbeheer van het Markermeer zal worden afgestemd op de ecologische functie van dit meer. Voor het IJsselmeer ligt dat anders. De functie van het IJsselmeer is het bergen van voldoende zoet water voor de zoetwatervoorziening van een groot deel van Nederland. Een middel daartoe is het doorvoeren van peilopzet in het IJsselmeer. Peilopzet is vermoedelijk ook nodig om onder vrij verval te kunnen blijven spuien via de spuisluisen in de Afsluitdijk op de Waddenzee. In het Markermeer blijft het huidige streefpeil in de winterperiode vermoedelijk gehandhaafd. In afwachting van een besluit ten aanzien van het peilbeheer van het Markermeer is de aandacht in dit project primair gericht op de effecten in het IJsselmeer.

Het Deltaprogramma IJsselmeergebied heeft een plan van aanpak opgesteld (DPIJ, 2010). Het plan van aanpak bestaat uit verschillende fases. Als onderdeel van de 1^o fase heeft Deltares (Deltares, 2010b) onderzoek gedaan naar de effecten van klimaatverandering en een verhoging van het streefpeil op de waterveiligheid in het IJsselmeergebied. Voor een 31-tal locaties zijn overschrijdingsfrequentielijnen van kruinhoogte en maatgevende waterstand berekend. De frequentielijnen geven aan wat de gevolgen zijn in termen van de benodigde aanpassing van de kruinhoogte van de dijken, dan wel de toename van de overschrijdingsfrequentie van maatgevende waterstanden voor een gegeven kruinhoogte.

Door DPIJ is de vraag gesteld om, als aanvulling op (Deltares, 2010b) een aantal extra locaties nabij verbindende keringen gelegen in het IJsselmeergebied te onderzoeken. Het gaat om zeven extra locaties. De werkzaamheden zijn vergelijkbaar met de eerdere studie. De werkzaamheden bestaan uit het uitvoeren van berekeningen. Verschillende varianten zijn onderscheiden. Twee referentievarianten en twee aanvullende varianten. Bij de eerste referentievariant hoort bij de bestaande omstandigheden binnen het watersysteem en gaat uit van de omstandigheden die horen bij het huidige klimaat. Wel is binnen deze variant rekening gehouden met extra spuicapaciteit op de Afsluitdijk zoals dat in de nabije toekomst is

voorzien. Bij de tweede referentievariant is bij de statistische beschrijving van de weersomstandigheden onderscheid gemaakt tussen een winterperiode en een zomerperiode. Ook bij de twee aanvullende varianten wordt het onderscheid in statistische beschrijving meegenomen. Vervolgens is peilopzet in het IJsselmeergebied verondersteld. De peilopzet is gevarieerd over het gebied en in de tijd. Gezien de toekomstige ontkoppeling in waterpeil tussen Markermeer en IJsselmeer is onderscheid gemaakt in peilomstandigheden.

Voor de vier verschillende situaties zijn vervolgens berekeningen uitgevoerd. De overschrijdingsfrequentie van de benodigde kruinhoogte is vastgesteld (Deel 1) en de overschrijdingsfrequentie van de waterstand is bepaald (Deel 2).

1.3 Hydra-VIJ

De hydraulische belasting onder maatgevende omstandigheden wordt bepaald met behulp van het probabilistische model Hydra-VIJ. Hydra-VIJ is het wettelijke toetsinstrument dat hydraulische belastingniveaus (HBN) bepaalt bij de gegeven normfrequentie. Hydra-VIJ is ontwikkeld voor de vijfjaarlijkse toetsing van de primaire waterkeringen in de Vecht- en IJsseldelta, maar kan ook worden toegepast in het IJsselmeergebied.

Hydra-VIJ berekent de kans op falen van waterkeringen langs de Vecht en IJssel en rond het IJsselmeer. Het model is ook gebruikt voor de keringen gelegen langs het Markermeer en IJmeer. Verschillende faalmechanismen kunnen leiden tot het bezwijken van een kering: golfploop, golfoverslag, instabiliteit van de dijkbekleding of instabiliteit van het dijklichaam (binnendijks en / of buitendijks). Voor de eerste drie faalmechanismen is in Hydra-VIJ een betrouwbaarheidsfunctie Z geïmplementeerd die de berekende hydraulische belasting vergelijkt met de eigenschappen van de kering ('sterkte'). Als de belasting groter is dan de 'sterkte' dan is $Z < 0$ en treedt falen op. De belasting en sterkte zijn vaak een functie van meerdere variabelen. Een faalkansberekening omvat een integratie over het faalgebied $Z < 0$, dus over alle combinaties van belastingvariabelen die leiden tot falen.

1.4 Zomer en winter statistiek

Een standaardberekening met Hydra-VIJ beschouwt alleen de overschrijdingsfrequenties in het winterhalfjaar (1 oktober tot 1 april). De kans op maatgevende waterstanden in de zomerperiode is verwaarloosbaar ten opzichte van die in de winter. De aandacht in de berekeningen gaat echter expliciet uit naar de (statistische) omstandigheden zoals die op kunnen treden in de zomerperiode. Hiertoe worden aparte berekeningen gemaakt voor de winter- en de zomerperiode. De statistiek voor het beschrijven van de omstandigheden in de zomerperiode wordt als onafhankelijk verondersteld van de omstandigheden die op kunnen treden in de winterperiode. Overschrijdingsfrequenties worden apart uitgerekend voor de zomer- en de winterperiode. Vervolgens zijn de berekende waarden bij elkaar opgeteld voor het vaststellen van de jaarlijkse overschrijdingsfrequentie bij een bepaalde maatgevende waterstand.

1.5 Deel 1: Benodigde kruinhoogte

1.5.1 Achtergrond

Door de gevolgen van de klimaatverandering komen extreem hoge meerpeilen in het IJsselmeer steeds vaker voor. Om de veiligheid van de omliggende gebieden ook in de toekomst te kunnen garanderen is het besluit genomen om de spuicapaciteit op de Afsluitdijk te vergroten. De verwachting is dat deze maatregel afdoende zal zijn voor het handhaven van de veiligheid in het IJsselmeergebied tot halverwege deze eeuw. Voor de periode die daarop volgt beschrijft de tweede Deltacommissie twee opties voor handhaving van de

waterveiligheid, die vanuit economisch, cultuurhistorisch, ecologisch, en duurzaamheids opzicht haaks tegenover elkaar staan. Vanuit een economisch en cultuurhistorisch opzicht is de inzet van pompen in de Afsluitdijk de geëigende oplossing, terwijl vanuit het oogpunt van duurzaamheid het meerpeil laten meestijgen met de zee een logischer keuze lijkt.

In deel 1 van dit rapport wordt gekeken naar verschillende varianten van verhoging van het streefpeil en klimaatverandering en het effect hiervan op de waterveiligheid in de winterperiode. Deze analyse brengt de gevolgen van meestijgen van het waterpeil in het IJsselmeer met de stijging van de zeespiegel in beeld.

1.5.2 Doel

Het doel van de analyses in deel 1 is om voor zeven gekozen locaties de relatie af te leiden tussen de benodigde kruinhoogte en de overschrijdingsfrequentie van overslaggebieden voor verschillende varianten met een verhoging van het streefpeil en klimaatscenario's.

1.5.3 Varianten

Voor het W+ klimaatscenario wordt door het KNMI (KNMI, 2006) in 2100 rekening gehouden met een stijging van de zeespiegel met 0,85 m. De tweede Deltacommissie (Deltacommissie, 2008) houdt in 2100 rekening met een relatieve stijging van de zeespiegel met 1,30 m.

Berekeningen binnen het watersysteem van het IJsselmeergebied laten zien dat als de gemiddelde zeespiegel stijgt, het gemiddelde IJsselmeerpeil minder dan evenredig meestijgt. Bij de eerste meter stijging van de zeespiegel werkt de stijging voor ongeveer 70 tot 75 procent door in een stijging van het gemiddelde waterpeil in het IJsselmeer (Deltares, 2010a). Onder de betreffende stijging van de zeespiegel zal het gemiddelde waterpeil in het IJsselmeer dan met 0,6 m (Variant 1) of met 1,0 m (Variant 2) stijgen ten opzichte van het huidige streefpeil. De kenmerken van de twee varianten zijn weergegeven in Tabel 1.1.

Variant	Streefpeil IJsselmeer (m + NAP)		Streefpeil Markermeer (m + NAP)		Klimaat scenario	Stijging Zeespiegel (m)	1/1250 jaar IJsselafvoer (m ³ /s)
	Winter	Zomer	Winter	Zomer			
Referentie	- 0,4	- 0,2	- 0,4	- 0,2	huidig	0	2848
1	+ 0,2	+ 0,2	- 0,4	- 0,2	W+2100	+ 0,85	4525
2	+ 0,6	+ 0,6	- 0,4	- 0,2	W+2100	+ 1,30	4525

Tabel 1.1 De onderscheiden varianten in deel 1

Het beleidsvoornemen is om voor de lange termijn het IJsselmeer te ontkoppelen van Markermeer, IJmeer, Gooimeer en de Veluwerandmeren. In het Markermeer en de andere meren is nog veel onduidelijk over de wijze waarop de ontkoppeling fysiek zal worden gerealiseerd. Om deze reden wordt voor het Markermeer en de andere meren enkel de referentievariant doorgerekend.

1.6 Deel 2: Overschrijdingsfrequentie waterstand

1.6.1 Achtergrond

Op korte termijn zal een besluit genomen worden ten aanzien van een aangepast peilbeheer voor het IJsselmeergebied. Het doel van dit peilbesluit is om voor de periode tot 2050 voldoende water beschikbaar te krijgen voor de zoetwatervoorziening. Een onderdeel van het peilbesluit zal waarschijnlijk een peilopzet in het voorjaar inhouden. In (Ministerie van Verkeer

en Waterstaat e.a., 2009) is al kenbaar gemaakt dat rekening moet worden gehouden in het IJsselmeergebied met een peilopzet in de zomer tot NAP + 0,1 m. Dit streefpeil is 0,3 m hoger dan het bestaande streefpeil in de zomerperiode.

Het verhogen van het streefpeil in de zomer zal van invloed zijn op de overschrijdingsfrequentie van de waterstand. In deel 2 van deze studie is gekeken naar het effect van peilopzet in de zomerperiode op de maatgevende waterstand. De zomerperiode is gedefinieerd als de periode lopende van 1 april tot 1 oktober.

1.6.2 Doel

Het doel van deel 2 is om voor de zeven gekozen locaties de overschrijdingsfrequenties van waterstanden af te leiden voor verschillende varianten van het streefpeil in de zomerperiode en klimaatverandering. In de berekeningen is zowel de zomer- als winterperiode in beschouwing genomen.

1.6.3 Varianten

Bij het uitvoeren van de berekeningen naar de maatgevende waterstanden zijn vier varianten onderscheiden (zie Tabel 1.2). Het streefpeil in de winter van Variant 3 en Variant 4 is vergelijkbaar met respectievelijk Variant 1 en Variant 2 in deel 1. Het verschil betreft een verhoging van het streefpeil in de zomerperiode tot NAP + 1,1 m.

Variant	Streefpeil IJsselmeer (m + NAP)		Streefpeil Markermeer (m + NAP)		Streefpeil Veluwerandmeer (m + NAP)		Klimaat scenario	Zee-spiegelstijging (m)	1/1250 jaar IJsselafvoer (m ³ /s)
	Winter	Zomer	Winter	Zomer	Winter	Zomer			
Referentie	- 0,4	- 0,2	- 0,4	- 0,2	- 0,3	- 0,05	huidig	0	2848
Referentie + opzet zomer	- 0,4	0,1	- 0,4	0,1	- 0,3	0,25	huidig	0	2848
3	+ 0,2	+ 1,1	- 0,4	+ 0,1	- 0,3	+ 0,2	W+2100	+ 0,85	4525
4	+ 0,6	+ 1,1	- 0,4	+ 0,1	- 0,3	+ 0,2	W+2100	+ 1,30	4525

Tabel 1.2 De onderscheiden varianten bij het bepalen van maatgevende waterstanden

Het beleidsvoornemen is om voor de lange termijn het IJsselmeer te ontkoppelen van Markermeer, IJmeer, Gooimeer en de Veluwerandmeren. In het Markermeer en de andere meren is nog veel onduidelijk over de wijze waarop de ontkoppeling fysiek zal worden gerealiseerd. Om deze reden wordt voor het Markermeer en de andere meren enkel de referentie en de referentievariant met opzet in de zomer doorgerekend.

1.7 Leeswijzer

Voor een uitleg van de gebruikte methode en de instrumenten wordt verwezen naar (Deltares, 2010b). In Hoofdstuk 2 worden de gekozen locaties toegelicht. In Hoofdstuk 3 en 0 worden de resultaten van respectievelijk deel 1 en 2 gegeven. Het rapport wordt afgesloten met een samenvatting van de bevindingen en aanbevelingen.

2 Locaties

In overleg met de heer A. de Vrieze van Rijkswaterstaat IJsselmeergebied zijn een 7-tal locaties gekozen. De locaties liggen allemaal nabij een verbindende kering (Figuur 2.1). In Tabel 2.1 en Tabel 2.2 worden de coördinaten en eigenschappen locaties gegeven. Bijlage A bevat in detail de profielen die zijn gehanteerd.



Figuur 2.1 Ligging van de 7 locaties nabij verbindende keringen in IJsselmeergebied

	Locatie	Zijde	Hydra- locatie	X	Y
1	Afsluitdijk 3	IJsselmeer	AF3	139243	555497
2	Afsluitdijk 8	IJsselmeer	AF8	150558	564681
3	Houtribdijk-IJM	IJsselmeer	H-IJM086 Houtribdijk	159836	512297
4	Houtribdijk-MM	Markermeer	340 Houtribdijk	158464	508239
5	Nijkerkersluis	Markermeer	Dp4.8 Nijkerkersluis	160432	474712
6	Roggebotsluis	IJsselmeer	F002 Vosse-meerdijk	186715	506819
7	Oranjesluizen	Markermeer	ZBE1	126161	488099

Tabel 2.1 Coördinaten van de zeven gekozen locaties

	Locatie	Profiel	Bron	Kruinhoogte (m + NAP)	Norm-frequentie (1/jaar)	Toetspeil (m+NAP)
1	Afsluitdijk 3	Dijkvak 8 – dijkprofiel 12,55 km	Legger 2009	7,9	10.000	1,1 ¹
2	Afsluitdijk 8	Dijkvak 11 – dijkprofiel 24,64 km	Legger 2009	7,8	10.000	1,49*
3	Houtribdijk-IJM	Dijkvak 7 65,720 km	Legger 2009	5,9	10.000	1,6
4	Houtribdijk-MM	Dijkvak 8 71,435 km	Legger 2009	4,5	10.000	1,5
5	Nijkerkersluis	Dwarsprofiel 7	Legger 2009	8,1	4.000	1,9
6	Roggebotsluis	Dwarsprofiel 4	Dijkversteravingsplan 2010	5,5	4.000	3,4
7	Oranjesluizen	DWp-3, rechterkant	Legger 2010	3,3	4.000	0,8

Tabel 2.2 Eigenschappen van de gekozen locaties. (Voor de Afsluitdijk aan de IJsselmeerzijde is geen toetspeil beschikbaar).

Bij het bespreken van de resultaten voor de zeven locaties zal af en toe ook gebruik worden gemaakt van de resultaten van één van de 31 locaties (Figuur 2.2) uit (Deltares, 2010b).



Figuur 2.2 Ligging van de 31 locaties in het IJsselmeergebied

1. Voor deze locaties zijn in het randvoorwaardenboek geen officiële toetspeilen beschikbaar. De getallen zijn afgeleid met Hydra-M.

3 Resultaat deel 1: Benodigde kruinhoogte

Met behulp van Hydra-VIJ zijn voor zeven locaties en per variant de overschrijdingsfrequentie van een kritiek overslagdebiet van 1 l/m/s als functie van benodigde kruinhoogte bepaald. De resultaten voor alle locaties zijn opgenomen in Bijlage B. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen per deelgebied besproken.

Zoals in de inleiding staat aangegeven zijn in deel 1 verschillende varianten onderscheiden. Tabel 3.1 bevat het overzicht van de onderscheiden varianten.

Variant	Streefpeil IJsselmeer (m + NAP)		Streefpeil Markermeer (m + NAP)		Klimaat scenario	Stijging Zeespiegel (m)	1/1250 jaar IJsselafvoer (m ³ /s)
	Winter	Zomer	Winter	Zomer			
referentie	- 0,4	- 0,2	- 0,4	- 0,2	huidig	0	2848
1	+ 0,2	+ 0,2	- 0,4	- 0,2	W+2100	+ 0,85	4525
2	+ 0,6	+ 0,6	- 0,4	- 0,2	W+2100	+ 1,30	4525

Tabel 3.1 De onderscheiden varianten

Actualiseren van de veiligheidsnormen voor primaire waterkeringen is één van de vijf richtinggevende Deltabeslissingen. Onduidelijk is nog op welke wijze dat gaat plaatsvinden. Wel wordt af en toe gesproken over het aanscherpen van de norm. In deze studie is daarom ook gekeken naar de benodigde kruinhoogte als de norm wordt aangescherpt met een factor tien. De resultaten van de berekeningen voor alle locaties met uitzondering van de Houtribdijk-MM (Locatie 4) en de Roggebotsluis (Locatie 6) laten zien dat de dijken voldoende hoog zijn om te voldoen aan een normaanscherping met een factor tien. Het profiel van de locatie Houtribdijk-MM laat zien dat de huidige dijkhoogte al te laag is om aan de bestaande norm te voldoen.

Bij alle locaties rond het IJsselmeer is voldoende kruinhoogte aanwezig om een verhoging van het streefpeil als gevolg van klimaatverandering volgens Variant 1 en Variant 2 op te vangen.

Als de bestaande kruinhoogte gehandhaafd blijft, dan neemt bij peilopzet de overschrijdingsfrequentie toe. Bij peilopzet volgens Variant 1 en Variant 2 zal voor de beide locaties Afsluitdijk en Houtribdijk-IJsselmeerzijde de overschrijdingsfrequentie mogelijk toenemen met een factor 100 tot 1.000. Voor de locatie gelegen nabij de Roggebotsluizen zal de overschrijdingsfrequentie toenemen met een factor vijf.

Voor het Markermeer is in deze studie enkel gekeken naar de huidige situatie, waardoor het effect van een verhoging van het streefpeil als gevolg van klimaatverandering niet bekend is. In de huidige situatie wordt het water van het Markermeer via het IJsselmeer afgevoerd. Als in de toekomstige situatie het Markermeer losgekoppeld wordt van het IJsselmeer zal de sturing aangepast moeten worden om het meestijgen van het Markermeer met het IJsselmeer te voorkomen. In (Deltareis, 2010b) wordt dit nader toegelicht.

In Tabel 3.2 is een overzicht gegeven van de uitkomsten voor de verschillende locaties. De benodigde hoogte is gegeven om te voldoen aan de normfrequentie. In de laatste kolom staat

de bestaande hoogte van de kering vermeld. Voor alle locaties is de benodigde hoogte bij de variant 'referentie' lager dan de variant 'HR2006'. De reden is het meenemen van de verruimde spuicapaciteit op de Afsluitdijk. Het verschil tussen Variant 2 en Variant 1 varieert tussen ongeveer 0,3 m en 0,5 m. De variatie wordt veroorzaakt door de dominantie van meerpeil of golfoploop op de betreffende locatie.

Locatie	HR2006	Referentie	Variant 1	Variant 2	Bestaande hoogte
	(m + NAP)				
1	4,4	4,2	5,2	5,7	8,2
2	5,2	5,1	5,8	6,2	8,2
3	4,5	4,4	5,5	5,8	5,8
4	5,8	5,7	-	-	4,5
5	2,7	2,7	-	-	8,2
6	4,5	4,4	5	5,4	5,5
7	1,5	1,3	-	-	3,3

Tabel 3.2 Benodigde hoogte om te voldoen aan de normfrequentie.

4 Resultaat deel 2: Overschrijdingsfrequentie waterstand

Met behulp van Hydra-VIJ zijn voor zeven locaties en per variant de overschrijdingsfrequentie als functie van de waterstand bepaald. De resultaten zijn opgenomen in Bijlage C. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen per deelgebied besproken.

Zoals in de inleiding toegelicht worden de verschillende varianten onderscheiden. Tabel 4.1 bevat het overzicht van de onderscheiden varianten.

Variant	Streefpeil IJsselmeer (m.+NAP)		Streefpeil Markermeer (m.+NAP)		Streefpeil Veluwe-randmeer (m.+NAP)		Klimaat scenario	Zee-spiegelstijging (m)	1/1250 jaar IJssel afvoer (m ³ /s)
	Winter	Zomer	Winter	Zomer	Winter	Zomer			
Referentie	- 0,4	- 0,2	- 0,4	- 0,2	- 0,3	- 0,05	huidig	0	2.848
Referentie + opzet zomer	- 0,4	0,1	- 0,4	0,1	- 0,3	0,25	huidig	0	2.848
3	+ 0,2	+ 1,1	- 0,4	+ 0,1	- 0,3	+ 0,2	W+2100	+ 0,85	4.525
4	+ 0,6	+ 1,1	- 0,4	+ 0,1	- 0,3	+ 0,2	W+2100	+ 1,30	4.525

Tabel 4.1 De onderscheiden varianten bij het bepalen van maatgevende waterstanden

De resultaten van de berekeningen voor de locaties gelegen aan de Afsluitdijk laten zien dat een geringe opzet van het waterpeil direct doorwerkt in de overschrijdingsfrequenties van waterstanden. De reden is dat de waterstand meer gedomineerd wordt door het meerpeil. De toename van de overschrijdingsfrequentie van het huidige toetspeil zal een factor 1.000 bedragen bij peilopzet volgens Variant 3 en zelfs meer dan een factor 1.000 bij peilopzet volgens Variant 4.

Voor de locatie Houtribdijk-IJM geldt dat de toename van de overschrijdingsfrequentie van het huidige toetspeil een factor 20 zal gaan bedragen bij peilopzet volgens Variant 3 en zelfs meer dan een factor 1.000 bij peilopzet volgens Variant 4.

De locatie Roggebotsluis is meer windgedomineerd. De toename van de overschrijdingsfrequentie van het huidige toetspeil zal een factor twee gaan bedragen bij peilopzet volgens Variant 3 en zelfs meer dan een factor vijf bij peilopzet volgens Variant 4.

De resultaten van de berekeningen laten zien dat voor zes van de zeven locaties een verhoging van het streefpeil in de zomer in de situatie met het huidige klimaat een marginale bijdrage heeft op de overschrijdingsfrequentie. Alleen bij de Oranjesluizen is het effect groot (factor 10).

In Tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de uitkomsten voor de verschillende locaties. De maatgevende waterstand is gegeven die hoort bij de normfrequentie. In de laatste kolom staat het huidige toetspeil vermeld. Voor alle locaties is de benodigde hoogte bij de Variant 'referentie' lager dan bij de Variant 'HR2006'. De reden is het meenemen van de verruimde spuicapaciteit op de Afsluitdijk. Op bijna alle locaties, behalve voor Locatie 7 (nabij de Oranjesluis), is de uitkomst voor de Variant 'referentie' gelijk aan de Variant 'referentie opzet

zomer'. Dat betekent dat in het geval van peilopzet tot NAP+0,1 m, bij zes van de zeven locaties de waterveiligheid blijft voldoen aan de huidige norm. Het verschil tussen Variant 2 en Variant 1 voor de locaties gelegen in het IJsselmeer varieert tussen ongeveer 0,3 m en 0,5 m. De variatie wordt veroorzaakt door de dominantie van meerpeil of golfploop op de betreffende locatie.

Locatie	HR2006	Referentie	Referentie opzet zomer	Variant 1	Variant 2	Toetspeil
(m + NAP)						
1	1,2	1,0	1,0	1,7	2,2	1,1
2	1,6	1,5	1,5	2,2	2,4	1,1
3	1,6	1,5	1,5	2,2	2,5	1,6
4	1,5	1,45	1,45	-	-	1,5
5	1,9	1,8	1,8	-	-	1,8
6	3,4	3,3	3,3	3,7	4,0	3,4
7	0,83	0,69	0,84	-	-	0,81

Tabel 4.2 *Maatgevende waterstanden behorende bij de normfrequentie voor de onderscheiden varianten*

5 Conclusies en aanbevelingen

Hydra-VIJ berekeningen zijn uitgevoerd voor totaal zeven locaties gelegen langs verbindende keringen en voor verschillende varianten van peilbeheer als gevolg van klimaatverandering. De resultaten zijn gebruikt om een eerste indicatie te krijgen van de gevolgen van normaanscherping met een factor tien en peilopzet voor de eisen gesteld aan de benodigde hoogte van de kruin van de dijken gelegen rondom het IJsselmeergebied. Ook is een inschatting gemaakt van de overschrijdingsfrequentie van de waterstand als gevolg van peilopzet in de zomerperiode. Door peilopzet in het vroege voorjaar wordt een dikkere waterschijf gerealiseerd voor de zoetwatervoorziening. Bij alle varianten is rekening gehouden met een verruimde spuicapaciteit op de Afsluitdijk in overeenstemming met ESA, waardoor het wintergemiddelde IJsselmeerpeil ongeveer tien centimeter lager uitvalt.

5.1 Normaanscherping

De tweede Deltacommissie (Deltacommissie, 2008) heeft voorgesteld om de normen voor waterveiligheid aan te scherpen. Actualiseren van de veiligheidsnormen is dan ook één van de vijf deltabeslissingen uit het Deltaprogramma 2011 (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2010). Het Deltaprogramma Veiligheid, onderdeel van het nationale Deltaprogramma, is daarom een principebesluit aan het voorbereiden over nieuwe veiligheidsnormen. Vooruitlopend op de vorm van de norm en de hoogte van de norm, is in dit project gekeken naar de gevolgen voor de kruinhoogte als de bestaande normfrequentie met een factor tien wordt aangescherpt.

De berekeningen voor de zeven gekozen locaties langs verbindende keringen geven een indicatie van de gevolgen die verbonden zijn aan normaanscherping. Voor alle locaties behalve de locatie gelegen nabij de Houtribdijk aan de kant van het Markermeer voldoet de hoogte van de kering aan de norm als normaanscherping zou plaatsvinden. De resultaten zijn voorlopig als representatief verondersteld voor de verbindende kering waarin ze gelegen zijn. Aanbevolen wordt om, zodra duidelijker wordt welke variant mogelijk in beeld zal gaan komen, meer berekeningen uit te voeren om de betrouwbaarheid van uitkomsten voor de betreffende dijksectie te vergroten.

5.2 Varianten met peilopzet

Twee varianten zijn onderscheiden ten aanzien van verhoging van het streefpeil (peilopzet) in het IJsselmeer: Variant 1 met een winterpeil van NAP + 0,20 m en Variant 2 met een winterpeil van NAP + 0,60 m. De peilverhoging bedraagt dan 0,60 m voor Variant 1 en 1,0 m voor Variant 2.

Allereerst is vastgesteld dat peilverhoging in het IJsselmeer, zonder aanvullende maatregelen, zal zorgen dat het waterpeil in het Markermeer gaat meestijgen. Dat betekent dat als ontkoppeling van het IJsselmeer en Markermeer wordt doorgevoerd en het streven is om het Markermeer een eigen streefpeil te geven, aanvullende voorzieningen nodig zullen zijn. Bij aanvullende voorzieningen dient gedacht te worden aan bijvoorbeeld het plaatsen van pompen op de Houtribdijk om water uit te slaan vanuit het Markermeer naar het IJsselmeer of voorzieningen om de waterafvoer naar de Noordzee via de Oranjesluizen, het Noordzeekanaal en de spui/ en gemaalcapaciteit bij IJmuiden te vergroten.

Als peilopzet wordt doorgevoerd in het IJsselmeer dan verandert de overschrijdingsfrequentie. Gebaseerd op de resultaten van de berekeningen valt op te maken dat de hoogte van de Afsluitdijk aan de IJsselmeerkant voldoende hoog is. De hoogte van de keringen nabij de locaties Houtribdijk-IJM (Locatie 3) en de Roggebotsluis (Locatie 6) zijn evenwel onvoldoende. Evenwel moet opgemerkt worden dat de hoogte ter plaatse van Houtribdijk/IJM nu al onvoldoende is.

5.3 Maatgevend hoogwater

De waterveiligheid in een systeem zoals het IJsselmeergebied is gebaseerd op de omstandigheden zoals die zich voordoen in de winterperiode; het stormseizoen. Bij het vergroten van de voorraad aan zoetwater wordt onder andere gedacht aan het opzetten van het waterpeil in het vroege voorjaar. Peilopzet maakt dan gebruik van de ruimte die het watersysteem biedt omdat in het zomerhalfjaar de scheefstand en golfoploop door de wind, bijvoorbeeld onder stormcondities, veel minder waarschijnlijk is dan in het winterhalfjaar. Bij de berekeningen naar het maatgevende hoogwater is peilopzet in het vroege voorjaar betrokken. De hoofdaanname bij deze studie is dat de statistiek voor het beschrijven van stormen in het winterhalfjaar onafhankelijk is van de statistiek voor het beschrijven van stormen in het zomerhalfjaar.

Een verhoging van het streefpeil tot NAP+0,10 m in het vroege voorjaar is meegenomen in de referentievariant. Daarnaast is bij Variant 3 en bij Variant 4 uitgegaan van een verhoging van het streefpeil in het IJsselmeer in het vroege voorjaar tot NAP+1,10 m. De resultaten van de berekeningen laten zien dat peilopzet in de zomerperiode vooral effect heeft binnen het hoog-frequente deel van de frequentielijn. Dat betekent dat de waterveiligheid in het watersysteem gedomineerd door de omstandigheden in de winterperiode en niet door peilopzet in de zomerperiode tot NAP+,1 m. Dat geldt voor alle locaties behalve voor de locatie gekozen nabij de Oranjesluizen. Voor deze locatie is de zomerperiode dominant. Geconcludeerd dan worden dat de waterveiligheid voor zes van de zeven locaties blijft voldoen aan de bestaande norm als gekozen wordt voor peilopzet tot NAP+0,10 m in de zomerperiode.

De resultaten van de berekeningen voor de locaties gelegen langs het IJsselmeer laten zien dat de normoverschrijding van het maatgevende waterpeil voor Variant 3 met een factor 2 tot aan 1.000 zal toenemen. Bij meerpeil gedomineerde locaties zal de factor aan de bovenkant zitten.

5.4 Beperkingen

De onderhavige studie geeft een eerste indicatie van de effecten van een verhoging van het streefpeil in het IJsselmeergebied als gevolg van klimaatverandering. Bij het gebruiken van de resultaten moet rekening worden met de onderstaande beperkingen:

- Er zijn voor de verbindende keringen slechts zeven locaties beschouwd. Dat betekent dat de resultaten met verstand moeten worden gebruikt en dat er terughoudendheid moet zijn met het trekken van algemene conclusies op basis van de thans beschikbare cijfers.
- Er is enkel gekeken naar de betekenis van peilverandering voor de benodigde hoogte van de waterkeringen; andere faalmechanismen van een kering zijn niet in beschouwing genomen.
- De statistiek voor het beschrijven van het meerpeil is op pragmatische wijze bepaald. De statistiek is afgeleid met behulp van gesimuleerde meerpeilen afkomstig uit het Sobek-Bekken model. Door enkele tekortkomingen van het Sobek-bekken model, zijn de

- statistieklijnen handmatig gecorrigeerd. De grootste correcties zijn toegepast op de lijnen bepaald voor het Markermeer en de Veluwerandmeren.
- De statistiek voor het beschrijven van de wind in het zomerseizoen is afgeleid met een pragmatische aanpak.
 - In deze studie is aftopping van de rivierafvoer door bovenstroomse overstromingen niet meegenomen.
 - In het merengebied kunnen de resultaten afwijken van de resultaten berekend met het HR2006 toetsinstrument. Dit komt doordat gebruik is gemaakt van Hydra-VIJ in plaats van Hydra-M.
 - In de IJsseldelta kunnen de resultaten afwijken van de resultaten berekend met het HR2006 toetsinstrument. Dit komt doordat gebruik is gemaakt van het probabilistische model Hydra-VIJ in plaats van de deterministische methode met de verhanglijn.
 - In de Veluwerandmeren kunnen de resultaten afwijken van de resultaten berekend met het HRC2006 toetsinstrument. Dit komt doordat gebruik is gemaakt van het model Hydra-VIJ in plaats van het model Promevera.
 - In de berekeningen met Hydra-VIJ is aangenomen dat de topduur van het afvoer- en het meerpeiltrapezium en de correlatie tussen afvoer en meerpeil gelijk blijven voor de verschillende varianten.

5.5 Aanbevelingen

In deze studie zijn de berekeningen gebaseerd op een maximale aanvoer van 21.000 m³/s bij Lobith. Binnen de studie WV21 is de aanvoer gevarieerd (21.000 en 18.000 m³/s). De WV21 resultaten laten, vanzelfsprekend, zien dat voor de rivier de IJssel verschillen te zien zijn. Het verdient aanbeveling om een verdere afstemming te zoeken tussen DPIJ en DPR over het te verwachten debiet behorende bij het klimaatscenario W+2100.

Uit de resultaten van de berekeningen komt naar voren dat de huidige voorzieningen aanwezig in het watersysteem van het Markermeer niet in staat zijn om voor het lange termijn peilbeheer het Markermeer te ontkoppelen van het IJsselmeer en het streefpeil in de winterperiode in het Markermeer te handhaven op NAP-0,4 m. Ook in andere studies is vastgesteld dat onafhankelijk peilbeheer in Markermeer en IJsselmeer niet vanzelfsprekend is. Ontkoppeling vraagt om het doorvoeren van aanpassingen in het watersysteem. Maatregelen waar aan gedacht kan worden zijn het plaatsen van een gemaal op de Houtribdijk of het vergroten van de afvoer naar het westen via het Noordzeekanaal. Het plaatsen van een gemaal op de Houtribdijk zal betekenen dat er extra water via het IJsselmeer afgevoerd zal gaan worden om vervolgens gespuid te gaan worden bij de Afsluitdijk in de Waddenzee. Het gevolg zal dan zijn dat het waterpeil in het IJsselmeer tijdelijk wat hoger zal komen te liggen. De gepresenteerde rekenresultaten voor Variant 1 en Variant 2 geven dan ook een kleine onderschatting van de verwachte toekomstige toestand. Het verdient dan ook aanbeveling om onderzoek te doen naar mogelijkheden om deze ontkoppeling te faciliteren.

Een uitgebreide discussie heeft plaatsgevonden over de juiste profielen die gebruikt moesten worden voor de verschillende gekozen locaties. Terecht verwezen de waterschappen naar de studie WV21 om profielen die daar gebruikt zijn over te nemen om op deze wijze consistentie te krijgen. Daarmee wordt immers voorkomen dat bij twee studies verschillende profielen voor dezelfde locatie zouden worden gebruikt. Om te toetsen of de profielen correct waren zijn tot twee keer toe de profielen overhandigd aan de waterschappen. Het blijkt lastig te zijn om een correcte en consistente set profielen samen te stellen. Daarom wordt aanbevolen om de profielen, eenmaal geschematiseerd op te slaan in een centrale database. Deze profielen kunnen dan gebruikt gaan worden voor verschillende uiteenlopende werkzaamheden te

weten beleidsstudies, toetsen van keringen en het ontwerpen van aanpassingen in bestaande keringen.

De statistiek voor de beschrijving van het meerpeil is bepaald aan de hand een extreme waarden analyse door gesimuleerde metingen in te voeren in het Sobek-Bekken model. Het IJsselmeerpeil wordt kunstmatig geregeld. Een extreme waarden analyse is dan eigenlijk niet geschikt. Aanbevolen wordt om te zoeken naar een alternatieve methode.

Het gebruikte Sobek-Bekken model onderschat de waterstanden voor het Markermeer en Veluwerandmeren. Aanbevolen wordt om dit instrument opnieuw af te regelen.

In de onderhavige studie is aangenomen dat de zeespiegelstijging over de gehele periode stijgt, waardoor de amplitude tussen hoog- en laagwater gelijk blijft. Het is aan te bevelen om deze aanname te verifiëren. Volgens Robert Slomp (mondelinge communicatie, 2010) is het laagwater van Den Oever zeer gevoelig voor kunstmatige ingrepen zoals baggeren. Daarnaast is op basis van de waarden van de afgelopen 60 jaar, de verwachting voor de nabije toekomst dat:

- Het laagwater enigszins achter blijft bij de zeespiegelstijging.
- De gemiddelde waterstand de zeespiegelstijging volgt.
- Hoogwater enigszins sneller stijgt dan de zeespiegelstijging.
- De amplitude groter wordt, het getij rekt uit in verticale zin.

6 Literatuur

Deltacommissie (2008)

Samen werken met water; een land dat leeft, bouwt aan haar toekomst,
Den Haag, Rapport, 134 bladzijden.

Deltares (2010a)

IJsselmeerpeil bij zeespiegelstijging: Waterveiligheid IJsselmeergebied
Delft, Rapport 1200163-003-VEB-0007, 27 mei 2010, 83 bladzijden.

Deltares (2010b)

Uitwerking gevolgen peilverandering IJsselmeergebied, een eerste indicatie,
Delft, Rapport 1202357-002, 22 oktober 2010, 116 bladzijden.

DPIJ (2010)

Deltaprogramma IJsselmeergebied: Plan van aanpak
Concept, 1 juni 2010, versie 3, 50 bladzijden.

KNMI (2006)

Klimaat in de 21^e eeuw, 4 scenario's voor Nederland
De Bilt, rapport, 2006,

Ministerie van Verkeer en Waterstaat e.a. (2009)

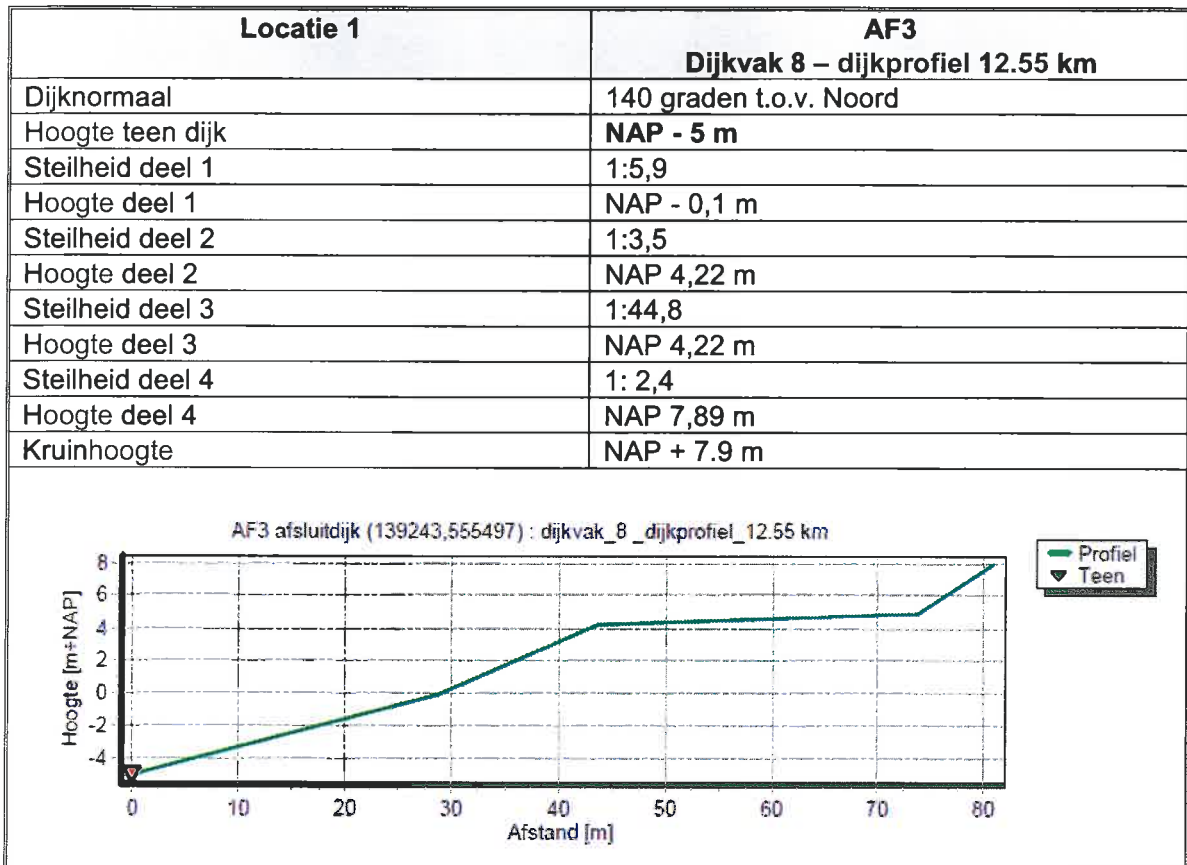
Nationaal Waterplan: 2009-2015
Den Haag, Rapport, 22 december 2009, 280 bladzijden.

A Gehanteerde profielen

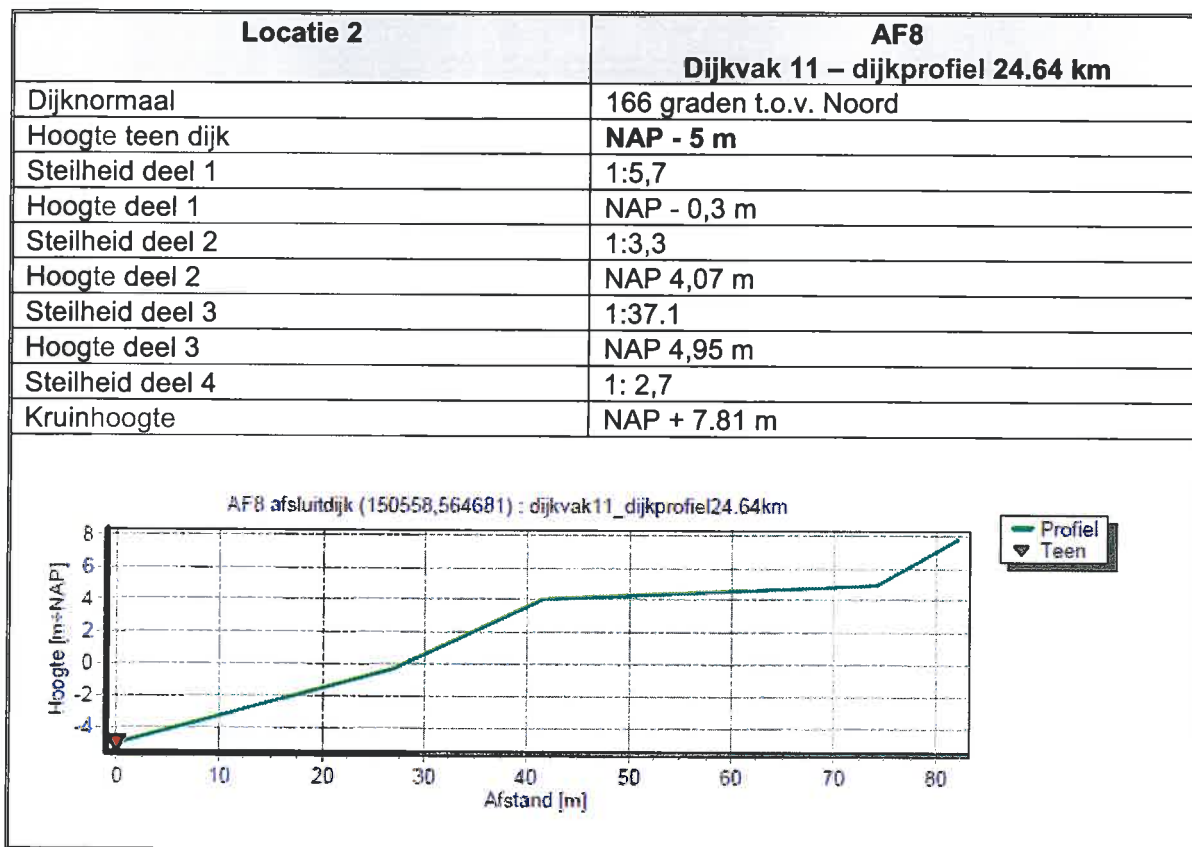
Opmerkingen vooraf:

1. Voor de Nijkerker- Roggebot- en Oranjesluizen is gekozen voor een dijklichaam dat tegen het kunstwerk aanligt, en niet voor het kunstwerk zelf. Dit komt doordat de toetsing kunstwerken niet uitgevoerd kan worden met behulp van Hydra-VIJ. Het toetsen van kunstwerken worden in de toetsing apart behandeld.
2. Bij het invoeren van de profielen in de profieeditor van Hydra-VIJ wordt onderscheid gemaakt tussen voorland en talud. In Hydra-VIJ wordt voor het voorland gerekend met de voorlandmodule. Voor het taluddeel wordt PC-overslag gebruikt.

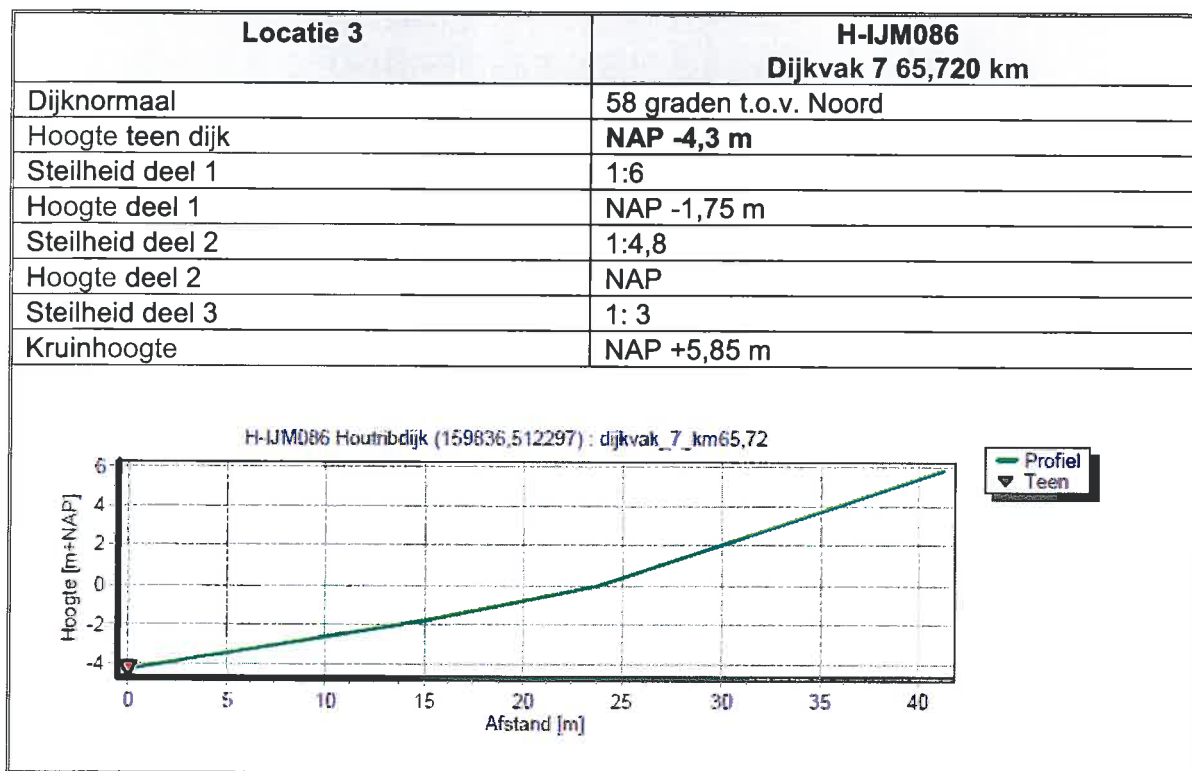
A.1 Afsluitdijk 3



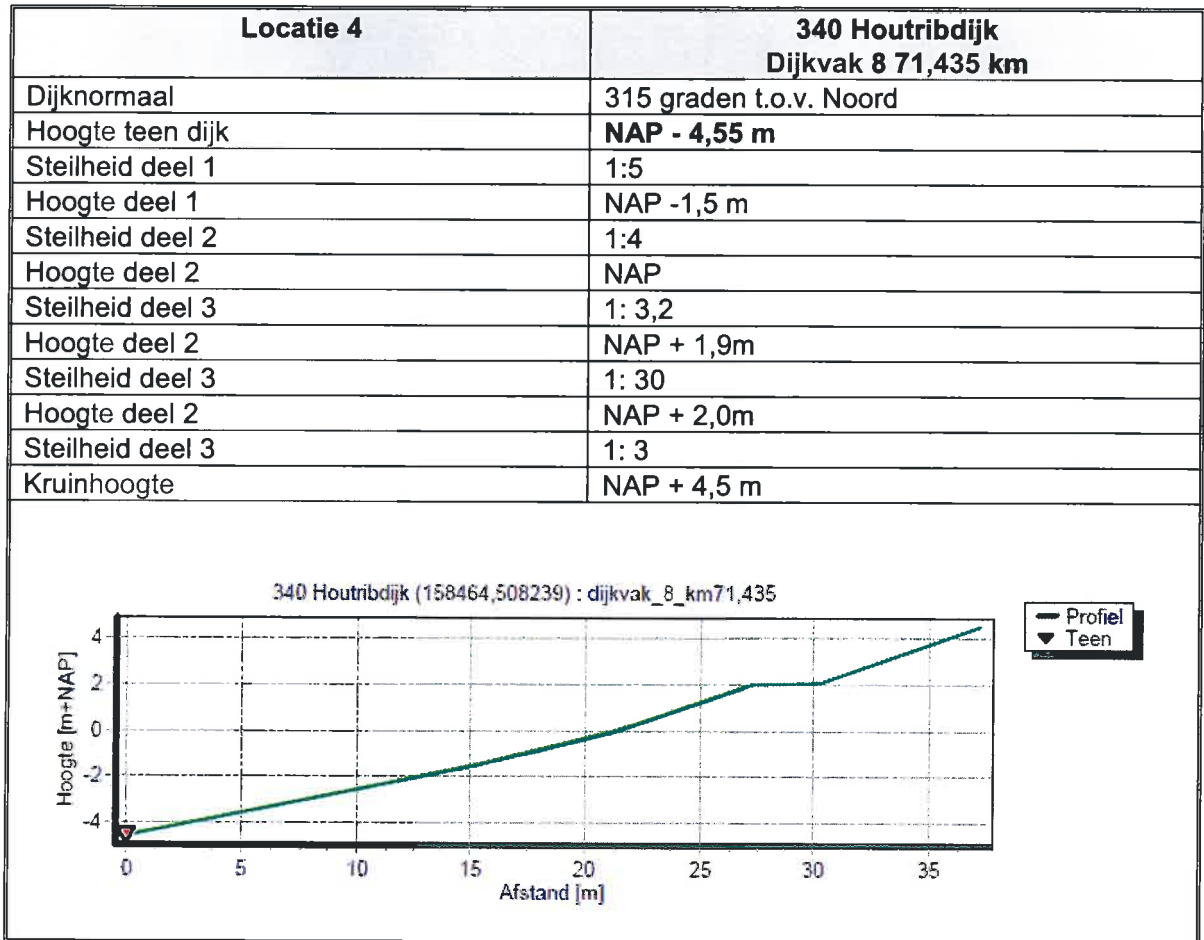
A.2 Afsluitdijk 8



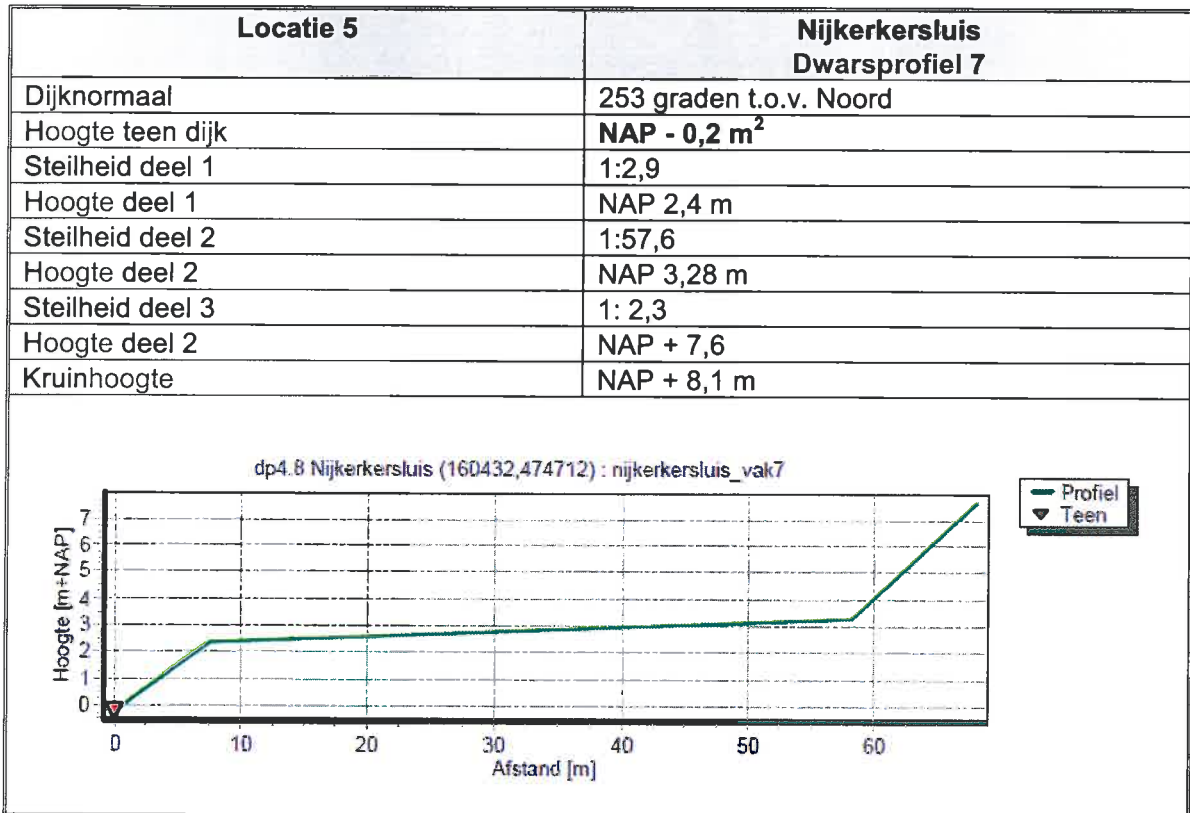
A.3 Houtribdijk-IJM



A.4 Houtribdijk-MM

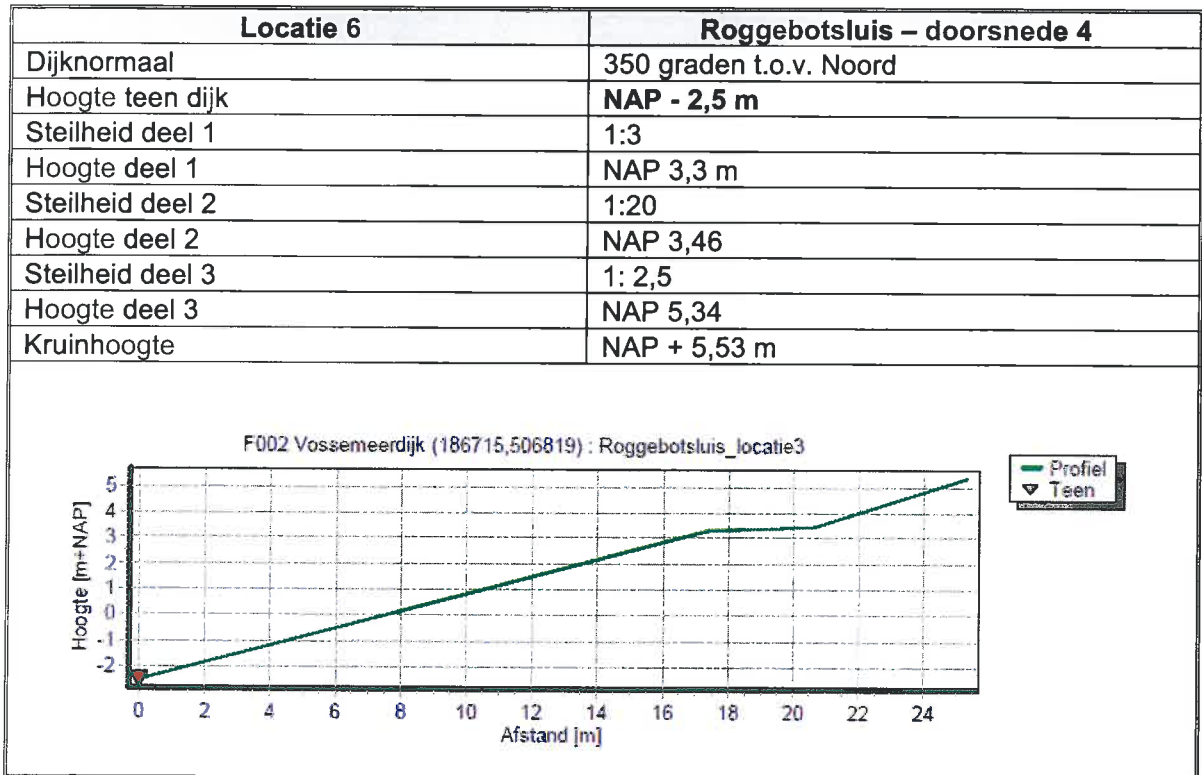


A.5 Nijkerkersluis

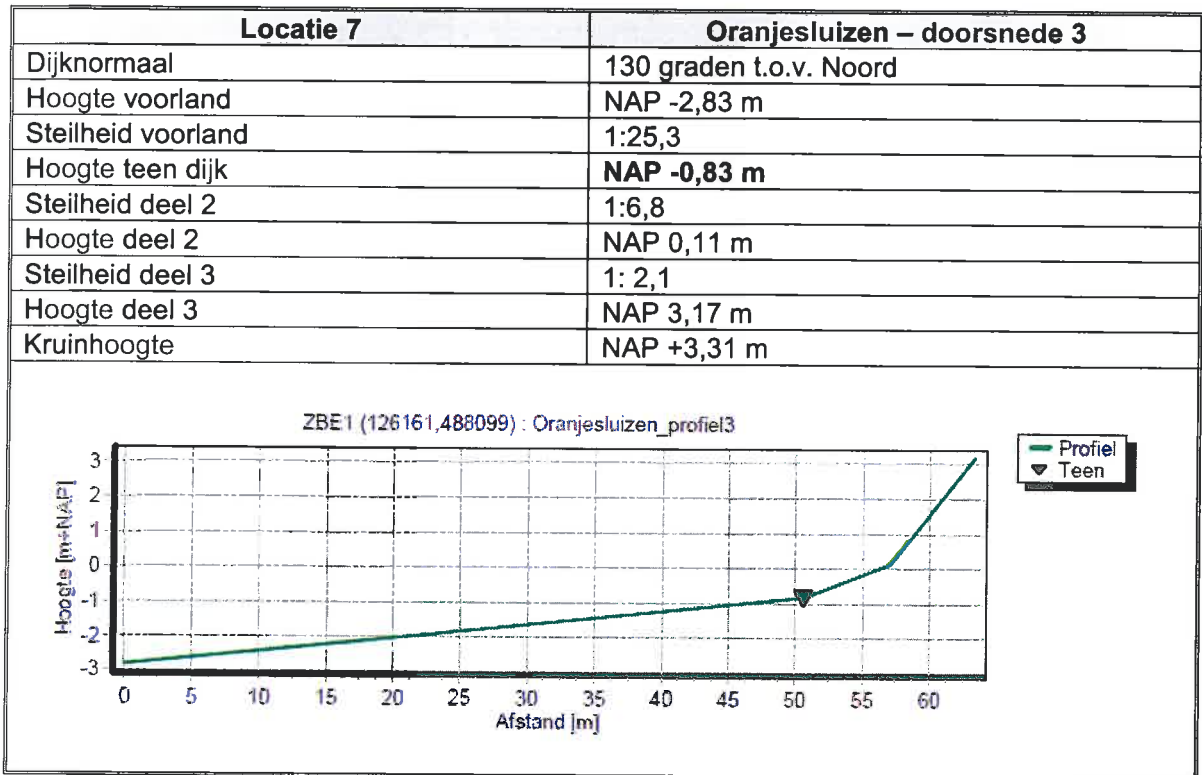


- Harmen Faber heeft aangegeven dat de teen van de dijk op NAP-2,5 m ligt in plaats van NAP-0,2 m. Dit is niet meegenomen in de berekeningen.

A.6 Roggebotsluis



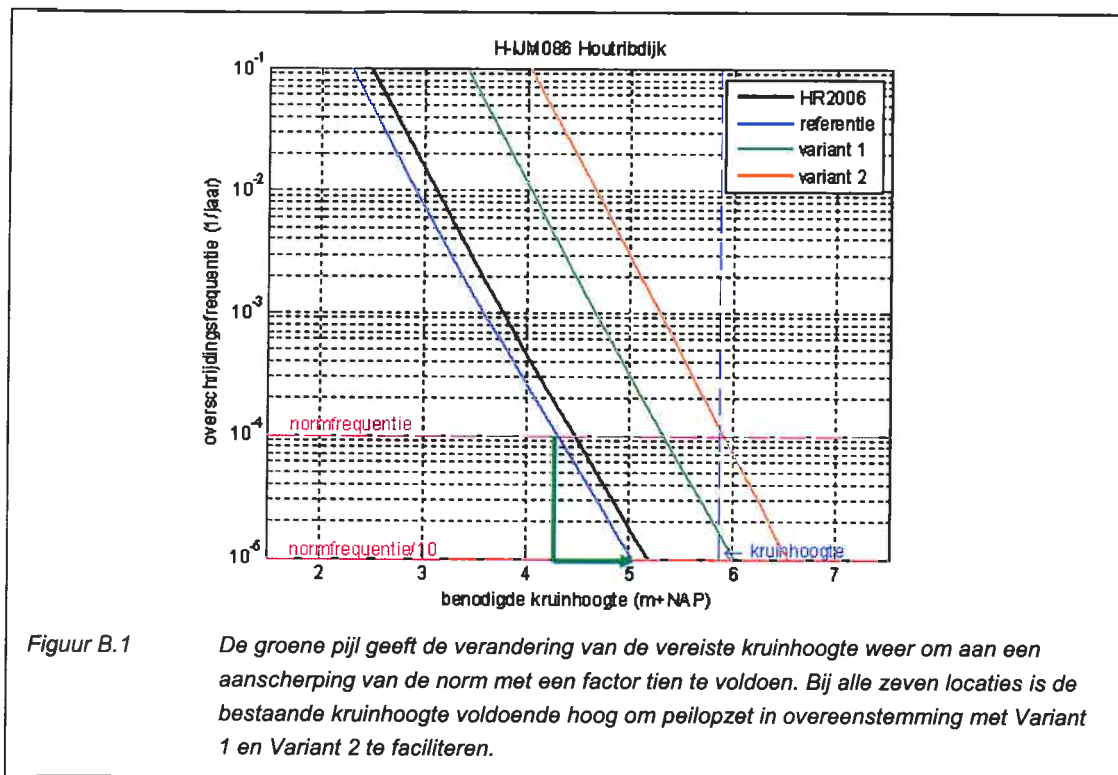
A.7 Oranjesluizen



B Resultaten deel 1: benodigde kruinhoogte

Resultaten

Als voorbeeld is in Figuur B.1 voor de locatie 'H-IJM 086 Houtribdijk' de overschrijdingsfrequentie als functie van de benodigde kruinhoogte weergegeven voor de verschillende varianten. De lijnen zijn bepaald met behulp van Hydra-VIJ versie 3.11, waarbij de statistiek voor de verschillende varianten is aangepast.



Bij het afleiden van de zwarte lijn is gebruik gemaakt van de HR2006-statistiek bestanden. Daarbij is uitgegaan van het huidige klimaat. Opgemerkt moet worden dat de resultaten af kunnen wijken van het officieel vastgestelde HR2006, doordat gebruik is gemaakt van Hydra-VIJ in plaats van Hydra-M. In het Markermeer kunnen daardoor verschillen optreden. Afhankelijk van de locatie zijn deze lopen deze verschillen uiteen tussen de 0 en 1 decimeter.

Bij de blauwe lijn is de statistiek bepaald met behulp van berekeningen met het model genaamd Sobek-Bekken. Daarbij is uitgegaan van het huidige klimaat en is de uitbreiding van de spuicapaciteit op de Afsluitdijk meegenomen.

De blauwe verticaal gestippelde lijn geeft de aanwezige kruinhoogte van de dijk aan. De roze gestippelde lijn geeft de huidige normfrequentie aan. In Figuur B.1 is de normfrequentie 10^{-4} 1/jaar, ofwel 1/10.000 jaar. De oranje gestippelde lijn geeft de aanscherping weer van de normfrequentie met een factor 10 (normfrequentie / 10). Om aan de normaanscherping te voldoen moet de kering ongeveer 0,7 m hoger zijn, zie groene pijl, dan onder de huidige norm. De bestaande hoogte is echter al voldoende om normaanscherping te ondervangen (decimeringshoogte).

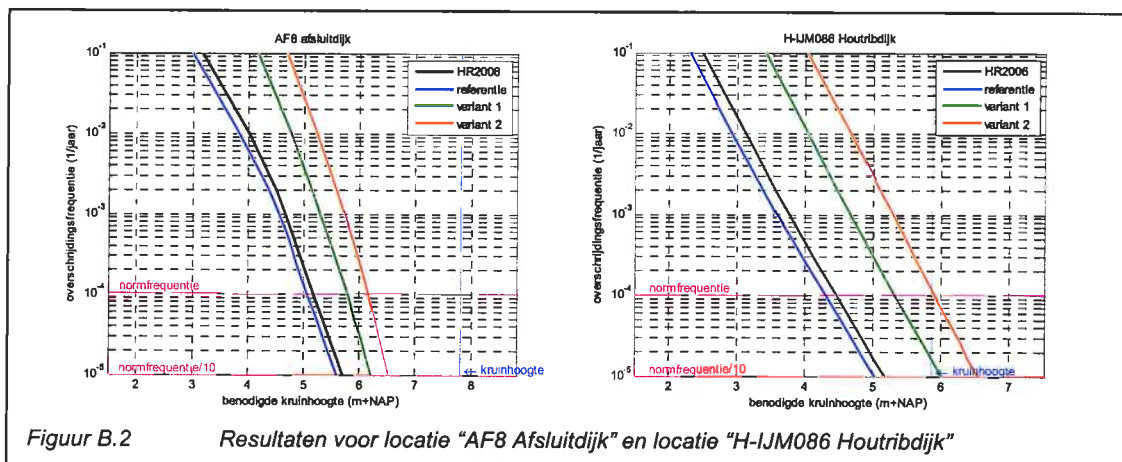
Bij de groene lijn (Variant 1) is de statistiek bepaald met behulp van berekeningen uitgevoerd met het Sobek-Bekken model. Daarbij is uitgegaan van het klimaatscenario W+2100 en een streefpeil in het IJsselmeer van NAP+0,2 m. Bij de oranje lijn (Variant 2) is de statistiek bepaald met behulp van berekeningen uitgevoerd met het Sobek-Bekken model. Daarbij is

uitgegaan van het klimaatscenario W+2100, een stijging van de zeespiegel met 1,3 m en een streefpeil in het IJsselmeer van NAP+0,6 m.

Verschil HR2006 en referentie

In deze studie wordt onderzoek gedaan naar de gevolgen van klimaatverandering voor lange termijn peilbeheer in het IJsselmeergebied. De verwachting is dat in 2016 op de Afsluitdijk extra spuicapaciteit geïnstalleerd zal zijn. De aanwezigheid van de extra spuicapaciteit op de Afsluitdijk (ESA) is dan ook meegenomen in de berekeningen. De aanwezigheid van ESA was nog niet meegenomen bij het opstellen van de hydraulische randvoorwaarden in 2006 (HR2006). Voor de volledigheid is ook de HR2006-lijn steeds opgenomen in de figuur. De invloed van extra spuicapaciteit is het grootst voor locaties die dicht bij de Afsluitdijk liggen. De invloed bedraagt ongeveer 0,15 m.

De rekenresultaten van de berekeningen laten dan ook zien dat de uitkomsten onder de 'referentie variant' zijn opgeschoven naar een lagere waarde voor de overschrijdingsfrequentie in vergelijking met de uitkomsten die horen bij HR2006. In Figuur B.2 is dat geïllustreerd voor twee locaties. Het gaat om de locatie "AF8 Afsluitdijk" en om de locatie "H-IJM086 Houtribdijk" (Figuur B.2). Uit de figuur blijkt dat het verschil tussen de 'referentievariant' en HR2006 afhankelijk is van de locatie.

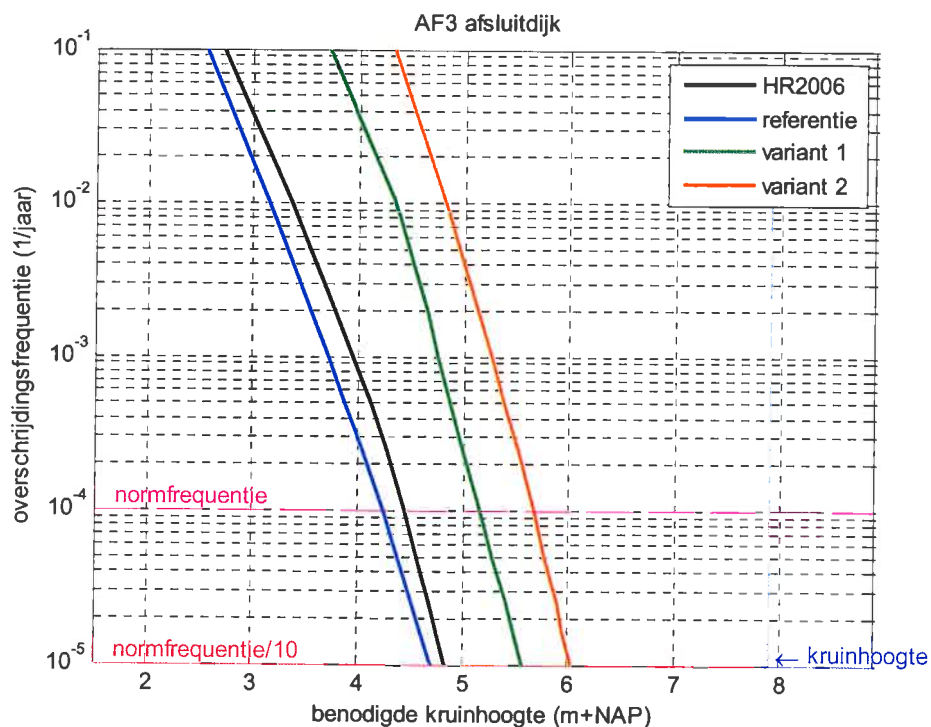


De verschillen tussen de HR2006 en de referentielijn zijn ook voor een deel veroorzaakt door de onderschatting van de pieken in het meerpeil in het Sobek-bekken model. Echter, de uitbreiding van de spuicapaciteit is verantwoordelijk voor het leeuwendeel van de verschillen.

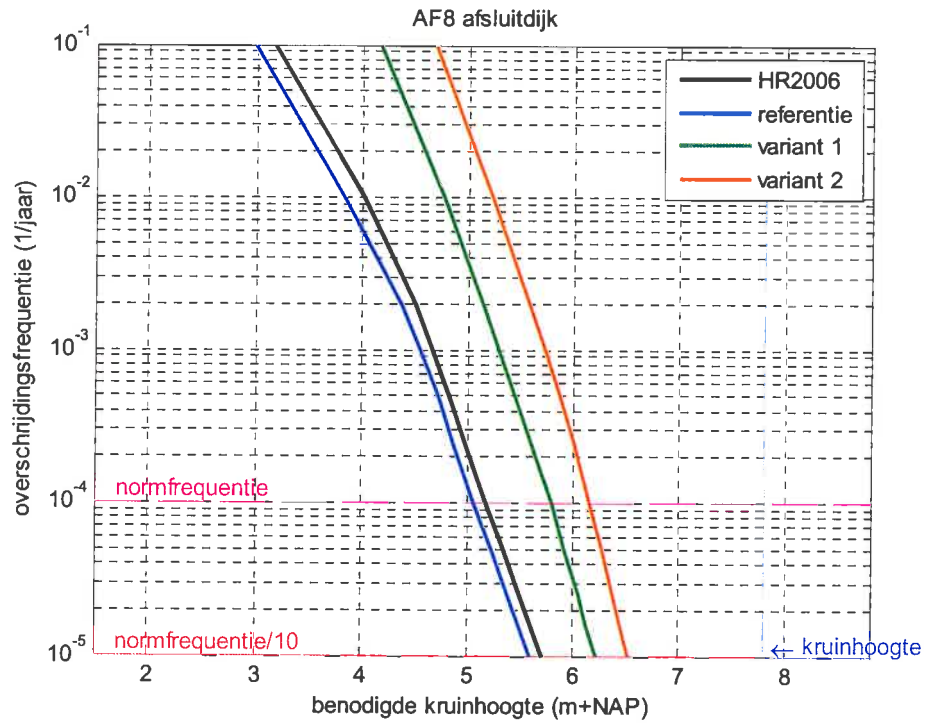
De interesse in het Markermeer gaat enkel uit naar de gevolgen van peilopzet in de zomerperiode gezien het besluit uit het Nationaal Waterplan om voor de lange termijn over te gaan tot ontkoppeling tussen Markermeer en IJsselmeer (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2009). Voor het Markermeer is daarom enkel naar het huidige klimaat gekeken. Variant 3 en Variant 4 zijn daarom niet doorgerekend voor het Markermeer. In de figuren paragraaf B3, paragraaf B4 en paragraaf B5 ontbreken dan ook resultaten voor Variant 3 en Variant 4.

B.1 Afsluitdijk 3

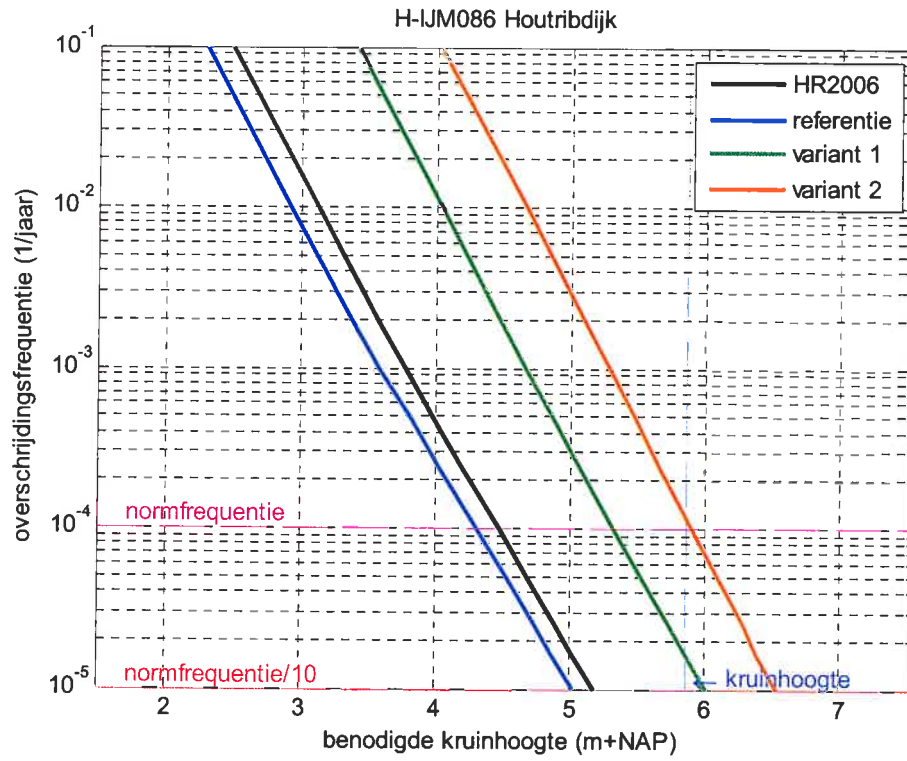
Voor de Afsluitdijk is aan de zijde van het IJsselmeer geen norm aanwezig. Als norm is 1/10.000 aangehouden zijnde vergelijkbaar met de primaire keringen van de naburige waterschappen. De kruinhoogte is de hoogte van de dijk aan de zijde van de Waddenzee.



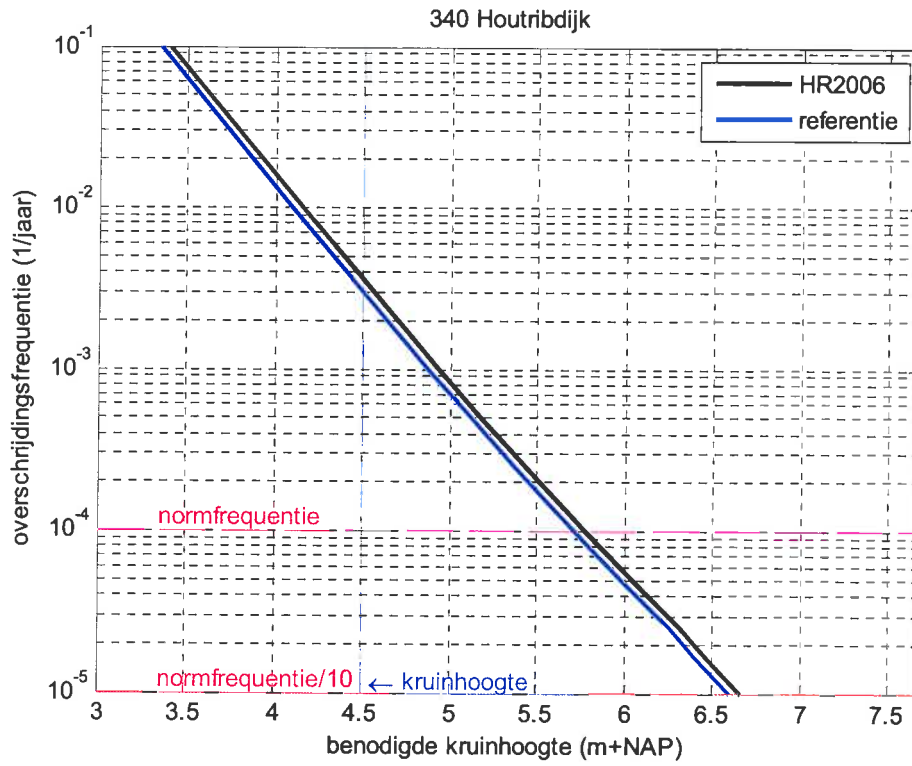
B.2 Afsluitdijk 8



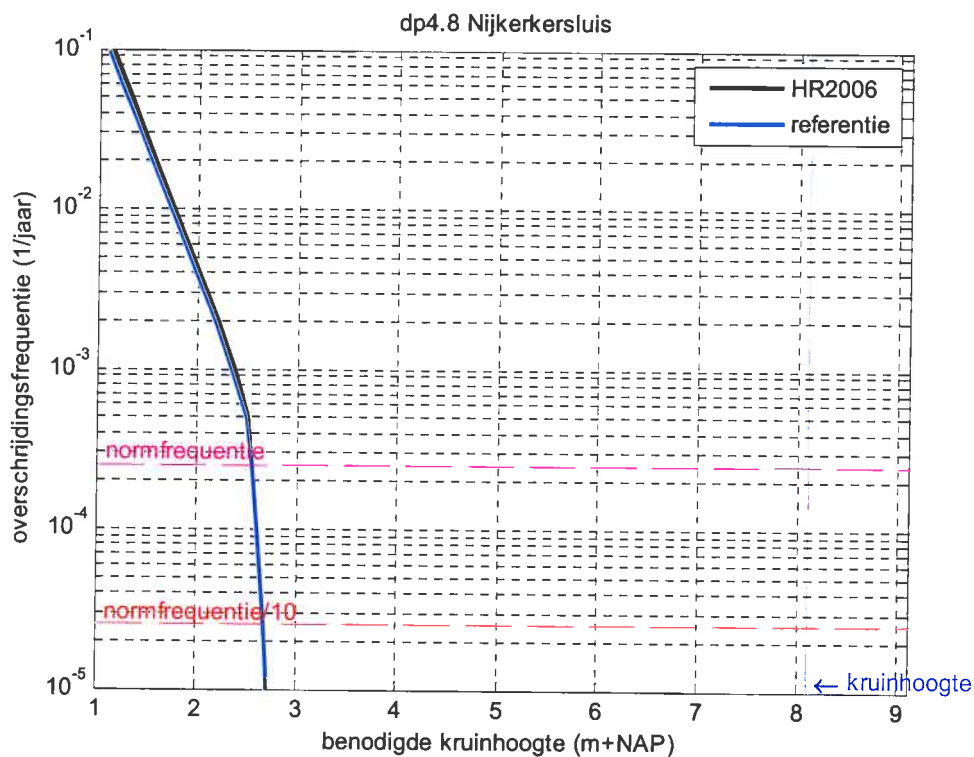
B.3 Houtribdijk-IJM



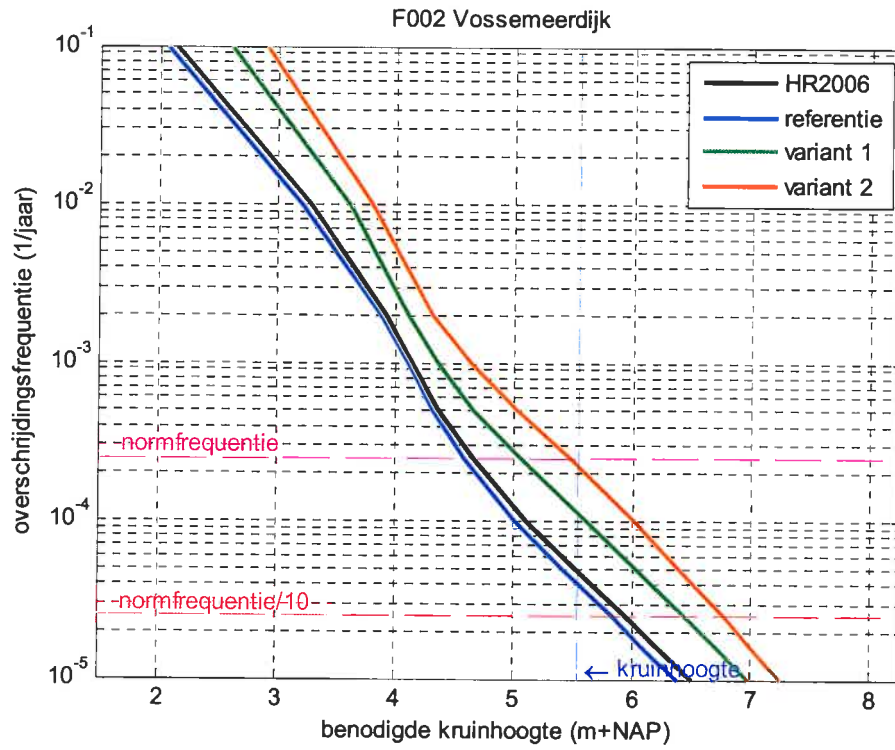
B.4 Houtribdijk-MM



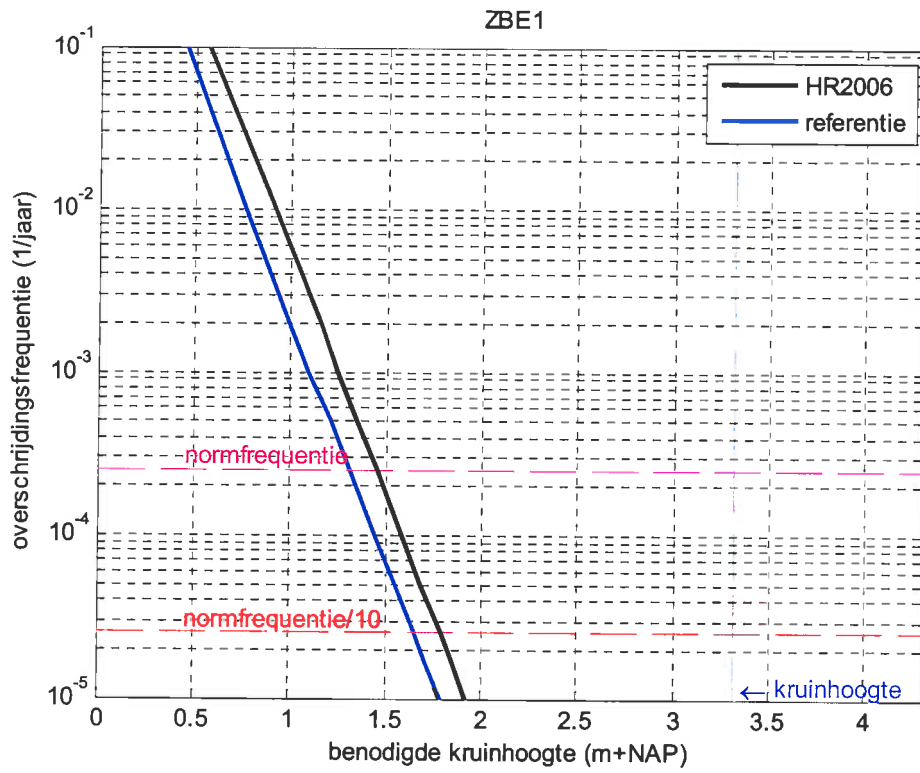
B.5 Nijkerkersluis



B.6 Roggebotsluis



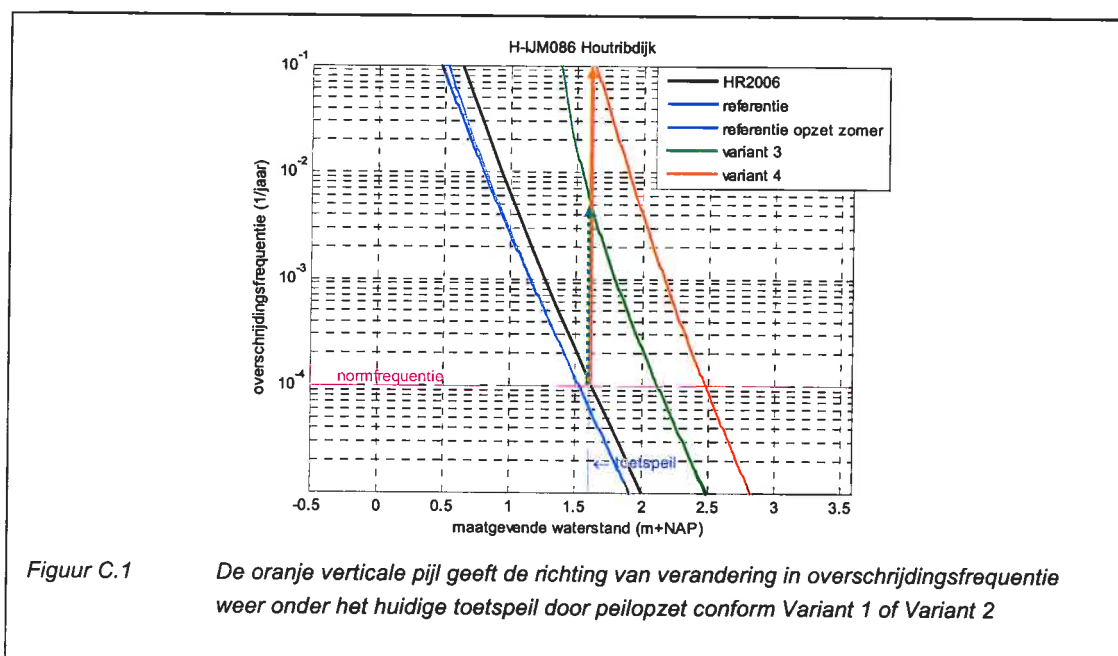
B.7 Oranjesluizen



C Resultaten deel 2: overschrijdingsfrequentie waterstand

Resultaten

Als voorbeeld wordt in Figuur C.1 voor de locatie "H-IJM086 Houtribdijk" de overschrijdingsfrequentie als functie van de maatgevende waterstand weergegeven voor de verschillende varianten. De lijnen zijn bepaald met behulp van Hydra-VIJ versie 3.11, waarbij de statistiek voor de verschillende varianten is aangepast.



Bij het afleiden van de zwarte lijn (Figuur C.1) met Hydra-VIJ is gebruik gemaakt van de HR2006-statistiek bestanden (waarin is uitgegaan van het huidige klimaat). Opgemerkt moet worden dat de resultaten af kunnen wijken van het officieel vastgestelde HR2006 doordat gebruik is gemaakt van Hydra-VIJ in plaats van Hydra-M. Vooral bij het Markermeer zullen beide modellen verschillende resultaten geven. Het toetspeil zal niet altijd overeenkomen met de HR2006 lijn bij de normfrequentie.

Bij de donker blauwe lijn (Figuur C.1) is de statistiek bepaald met behulp van Sobek-Bekken simulaties, waarbij is uitgegaan van het huidige klimaat. Daarnaast is de uitbreiding van de spuicapaciteit op de Afsluitdijk meegenomen. Deze twee verschillen bij de berekeningen zijn de reden waarom de blauwe lijn (referentie) lager ligt dan de zwarte lijn (HR2006).

Bij de licht blauwe lijn (Figuur C.1) is uitgegaan van de referentie situatie waarbij het streefpeil in de zomer 30 centimeter hoger ligt dan het huidige streefpeil. Door het streefpeil in de zomer te verhogen, valt het risico op waterveiligheid hoger uit. In het presenteren van de lijn met de overschrijdingsfrequentie is daarom ook de zomer meegenomen. Het resultaat laat zien dat voor deze locatie peilopzet in de zomerperiode tot NAP+0,1 m een verwaarloosbaar effect heeft op de waterveiligheid want de licht blauwe lijn valt nagenoeg samen met de donker blauwe lijn.

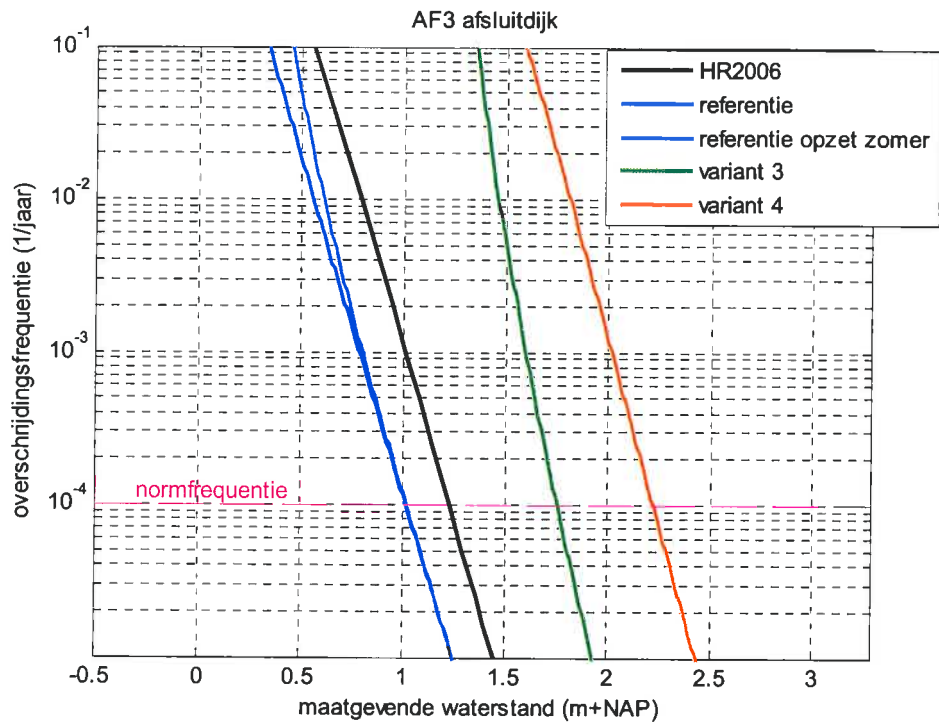
Bij de groene lijn (Figuur C.1) is uitgegaan van het W+2100 klimaatscenario, een streefpeil in het IJsselmeer in de winterperiode van NAP + 0,2 m en in de zomerperiode van NAP + 1,1 m. Ook in deze variant is de zomerperiode in de berekening meegenomen.

Bij de oranje lijn (Figuur C.1) is de statistiek bepaald met behulp van Sobek-Bekken simulaties, waarbij is uitgegaan van het W+2100 klimaatscenario inclusief een stijging van de zeespiegel met 1,3 m, een streefpeil in het IJsselmeer in de winterperiode van NAP + 0,6 m en in de zomerperiode van NAP + 1,1 m. Voor het bepalen van de waterveiligheid is de zomerperiode apart beschouwd van de winterperiode. Vervolgens zijn de uitkomsten, de overschrijdingsfrequentie, bij een bepaalde maatgevende waterstand bij elkaar opgeteld.

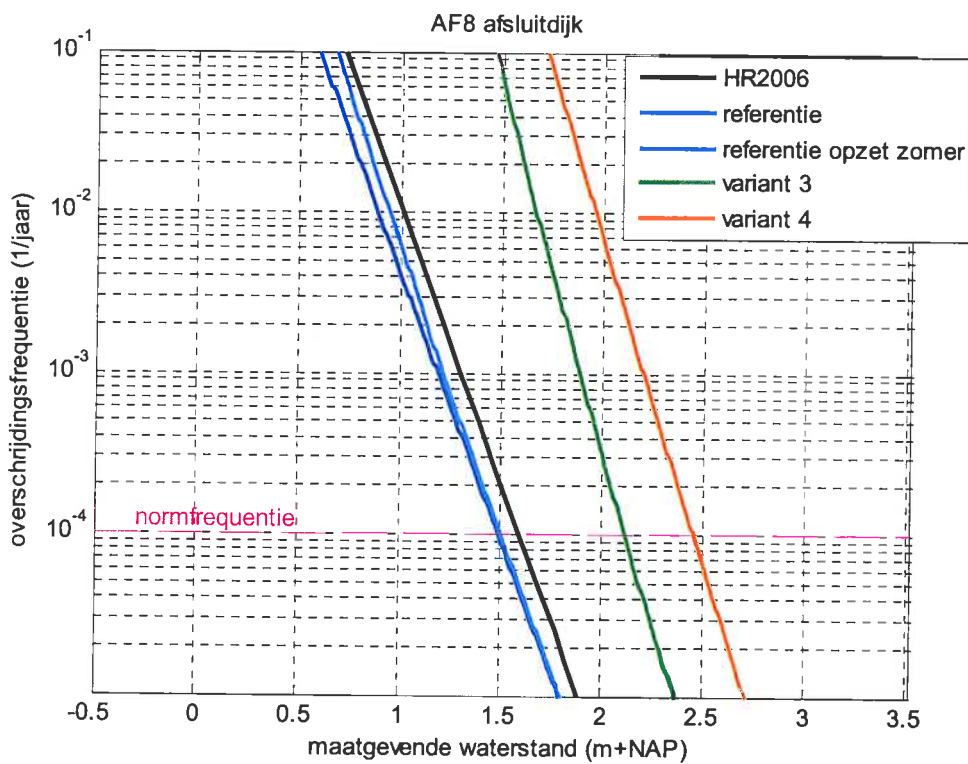
De rekenresultaten voor de locatie "H-IJM06 Houtribdijk" (Figuur C.1) laten zien dat de overschrijdingsfrequentie ongeveer, een factor 50, hoger uitkomt bij peilopzet in het IJsselmeer conform Variant 1 en een factor 1.000 bij Variant 2. Dat betekent ook dat de inundatiefrequentie van buitendijks gelegen gebieden eventueel aanwezig in de buurt van deze locatie met deze factor toeneemt.

Opgemerkt moet worden dat voor het Markermeer enkel naar het huidige klimaat is gekeken. Variant 3 en Variant 4 zijn daarom niet doorgerekend. In de figuren paragraaf C3, paragraaf C4 en paragraaf C5 ontbreken dan ook resultaten voor Variant 3 en Variant 4.

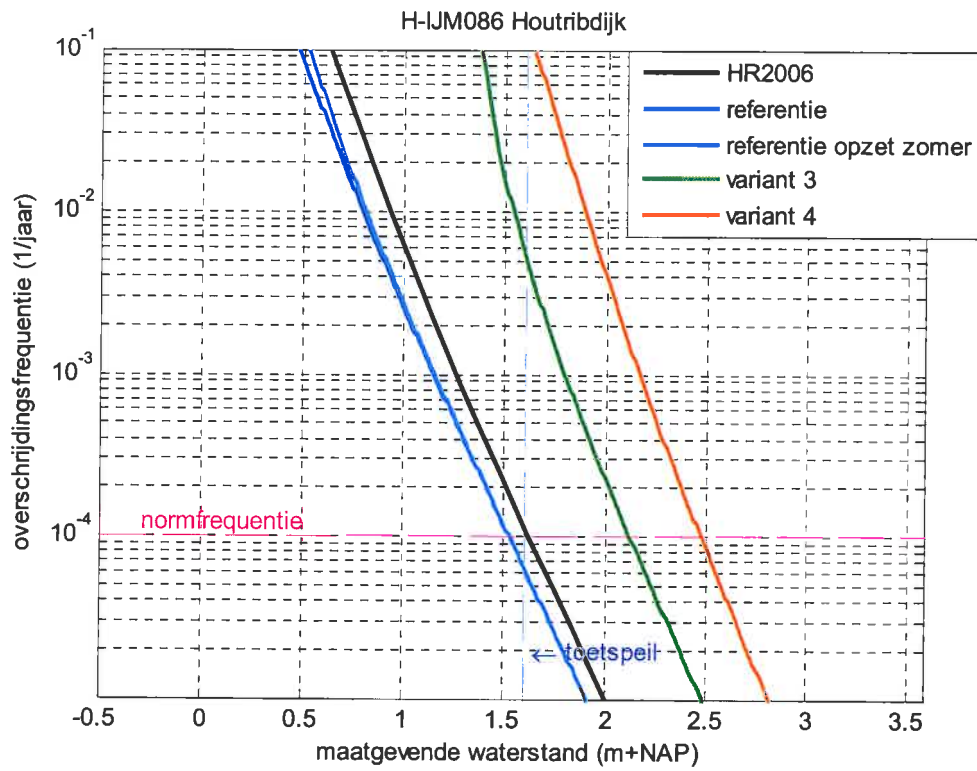
C.1 Afsluitdijk 3



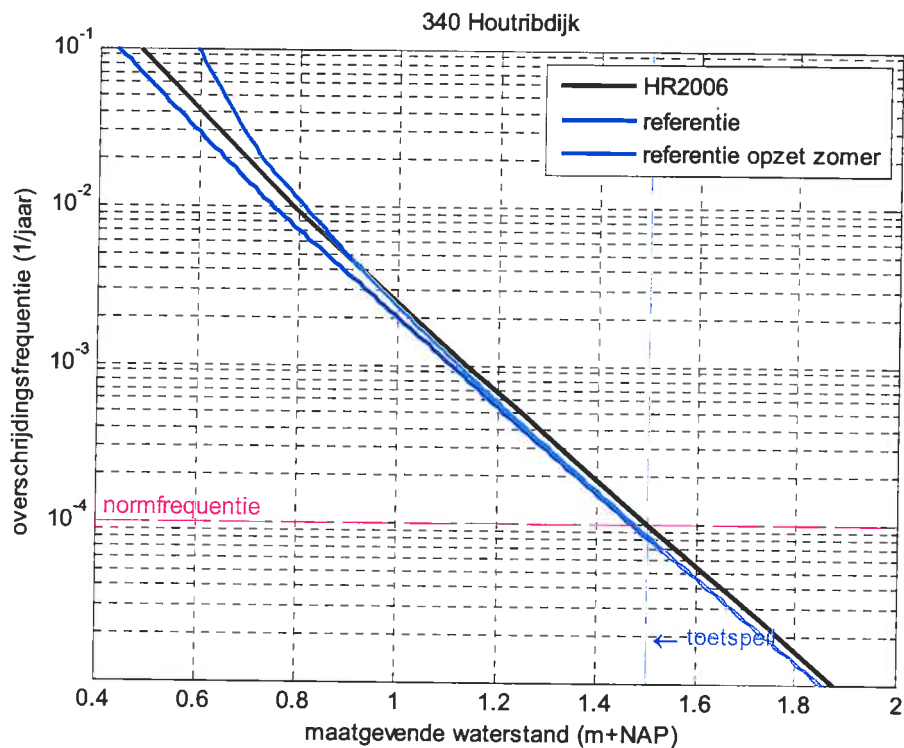
C.2 Afsluitdijk 8



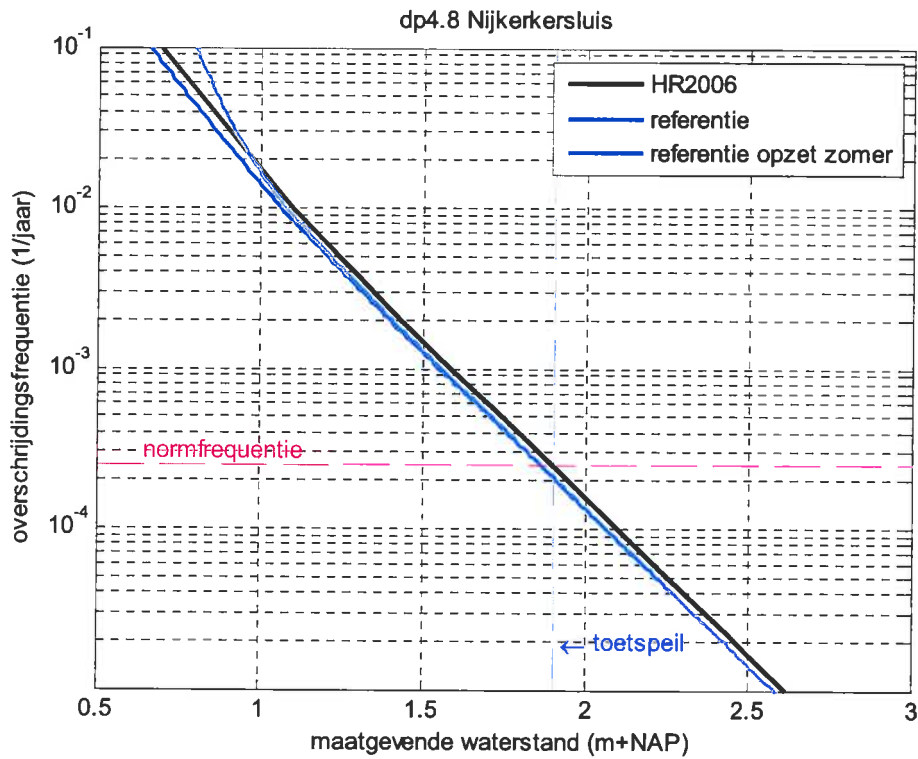
C.3 Houtribdijk-IJM



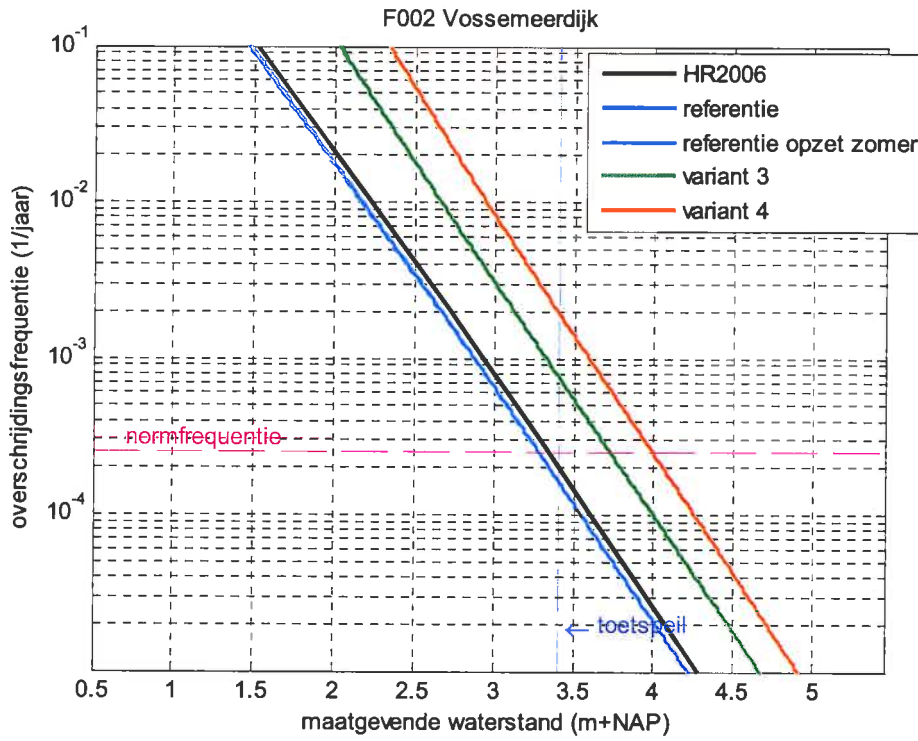
C.4 Houtribdijk-MM



C.5 Nijkerkersluis



C.6 Roggebotsluis



C.7 Oranjesluizen

