

Memo

Aan
Alessandra Bizzarri (RWS - Waterdienst)

Datum	Kenmerk	Aantal pagina's
15 april 2010	1202341-003-ZWS-0014	16
Van	Doorkiesnummer	E-mail
Annegien Tijssen	+31 (0)88 33 57 962	annegien.tijssen@deltares.nl

Onderwerp
Stormopzetduur bij Hoek van Holland - effecten op de toetspeilen

1 Inleiding

Met het probabilistische rekenmodel Hydra-B¹ worden de maatgevende hoogwaterstanden (MHW's) bepaald voor de toetsing van dijken in het benedenrivierengebied (Rijn/Maasmond). Eén van de invloedsparementers in Hydra-B is de stormopzetduur bij Hoek van Holland. In de huidige versie van Hydra-B is deze op 29 uur gesteld, maar er bestaan twijfels over de juistheid van deze keuze. Daarom heeft Deltares in het kader van het SBW-project recent onderzoek uitgevoerd naar deze parameter [Deltares 2009a].

Deltares en de Waterdienst zullen een advies uitbrengen aan DGW over de keuze voor de stormopzetduur in WTI2011. Voordat dit advies uitgebracht wordt aan DGW, wordt de te maken keuze ter advies voorgelegd aan de ENW Klankbordgroep WTI (ENW KBW). Op verzoek van de ENW KBW leden is er door Deltares een overzichtsdokument gemaakt met achtergrondinformatie over het door Deltares uitgevoerde onderzoek naar de stormopzetduur bij Hoek van Holland [Deltares 2010]. Deze memo is in de ENW KBW bijeenkomsten van 19 januari 2010 en 18 februari besproken en nader toegelicht door Deltares.

In [Deltares 2010] wordt aanbevolen over te gaan op een nieuwe modellering van stormopzet met een vaste stormopzetduur op het 0,5 meter niveau in plaats van een vaste duur op het nulniveau. Er bestaat een grote natuurlijke variabiliteit in stormopzetduur (zowel op het 0,5 meter niveau als op het nulniveau). Het effect op de toetspeilen van deze natuurlijke variabiliteit in stormopzetduur op de toetspeilen moet in kaart gebracht worden. Tijdens de bijeenkomst van 18 februari is er door de ENW KBW een positief advies uitgebracht over de nieuwe stormopzet modellering met een stormopzetduur gedefinieerd op 0,5 meter niveau, mits door Deltares onderzocht wordt wat het effect van de aanloop van het nulniveau naar het 0,5 meter niveau is op de toetspeilen. Vervolgens moet Deltares een keuze voor deze aanloop naar het 0,5 meter niveau beargumenteren. Daarnaast dient door middel van een onzekerheidsanalyse in kaart gebracht te worden wat het effect van de natuurlijke variabiliteit van de stormopzetduur is op de toetspeilen. Onderhavig dokument tracht genoemde uitwerkingen en keuzes weer te geven en te beargumenteren.

Het is belangrijk te vermelden dat de stormopzetduur waarover in dit memo gesproken wordt, de stormopzetduur bij Hoek van Holland betreft. Deze stormopzetduur kan niet één op één

¹ Voor WTI2011 wordt Hydra-B vervangen door Hydra Zoet. Dit heeft geen consequenties voor de analyses in deze memo.

overgenomen worden voor andere locaties dan Hoek van Holland. Stormopzet(duur) is sterk locatiegebonden.

In hoofdstuk 2 wordt de definitie van de stormopzetduur in de huidige versie van Hydra-B (op het nulniveau) en de overstap naar een nieuwe modellering van stormopzetduur (op het niveau van 0,5 meter) besproken. In hoofdstuk 3 gaat in op de interpretatie van de duur op het 0,5 meter niveau ten opzichte van een duur op het nulniveau. Wanneer overgegaan wordt op een stormopzetduur op het niveau van 0,5 meter dan moet er ook een keuze gemaakt worden voor de aanloop naar dit 0,5 meter niveau toe. De modellering van deze aanloop wordt behandeld in hoofdstuk 4 en 5. In hoofdstuk 6 wordt de onzekerheidsanalyse met betrekking tot de natuurlijke variabiliteit in stormopzetduur besproken. In hoofdstuk 7 wordt het verschil in toetspeilen tussen de nieuwe modellering en de huidige modellering van stormopzetduur behandeld. In hoofdstuk 8 wordt afgesloten met de conclusies.

2 Definitie stormopzetduur

In de huidige versie van Hydra-B wordt de stormopzet geschematiseerd met behulp van een trapeziumvorm met een duur op het nulniveau van 29 uur, zie Figuur 1. Tijssen en Diermanse [Deltares 2009a] vinden een stormopzetduur op het nulniveau van 46 uur, uitgaande van dezelfde trapeziumvorm als in de huidige versie van Hydra-B. Deze 46 uur is het resultaat van een onderzoek waarin op de meetreeks een 'filter voor opzet-getij interactie' is toegepast. Als dat filter niet wordt toegepast, komt een waarde van 40 uur als eindresultaat uit de analyse. Het verschil tussen de keuze van 40 en 46 uur is het gevolg van een verschil in de geprefereerde aanpak ten aanzien van het gebruiken van een filter. Argumenten voor en tegen het gebruik van het filter zijn beschreven in [Deltares 2009a en 2010].

Op dit nulniveau is er vaak sprake van ruis in het opzetsignaal. De opzet kan dagen lang rond het nulniveau schommelen. Dit schommelen rond het nulniveau dient echter niet tot de stormopzet gerekend te worden. Daarom is er voor gekozen om de stormopzetduur op het nulniveau te bepalen door te extrapoleren vanuit de maximale opzethoogte en de duur dat de opzet boven het niveau van 0,5 m zit. [Deltares 2009a en 2010]

Het eerder genoemde filter heeft een afvlakkend effect op de pieken. Dit afvlakkende effect leidt door de extrapolatie tot een langere opzetduur op het nulniveau. Hetgeen leidt tot het eerder genoemde verschil tussen 40 en 46 uur voor de stormopzetduur op het nulniveau. De duur op het 0,5 meter niveau wordt direct uit de data afgeleid en wordt daardoor nauwelijks beïnvloed door het filter. Voor de ongefilterde opzetreeks wordt een gemiddelde opzetduur op het niveau van 0,5 meter van 29 uur en voor de gefilterde reeks van 30 uur gevonden, met voor beide reeksen een standaardafwijking van 8 uur. [Deltares 2009a en Deltares 2010].

Bovenstaande constatering leidt tot de aanbeveling om de huidige modellering van stormopzet los te laten en over te stappen naar een stormopzetduur op het niveau van 0,5 meter opzet (Figuur 2). In dat geval hoeft er niet naar het nulniveau geëxtrapoleerd te worden en kan de opzetduur op het 0,5 meter niveau direct uit de data afgeleid worden. Er wordt nog steeds uitgegaan van een trapeziumvormige opzetverloop. Alleen wordt deze nu gedefinieerd door de hoogte van de top en de duur op het 0,5 meter niveau (Figuur 2). Ook in deze aangepaste modellering wordt uitgegaan van onafhankelijkheid tussen de hoogte van de piek van de opzet en de stormopzetduur (op het 0,5 meter niveau) [Deltares 2009a].

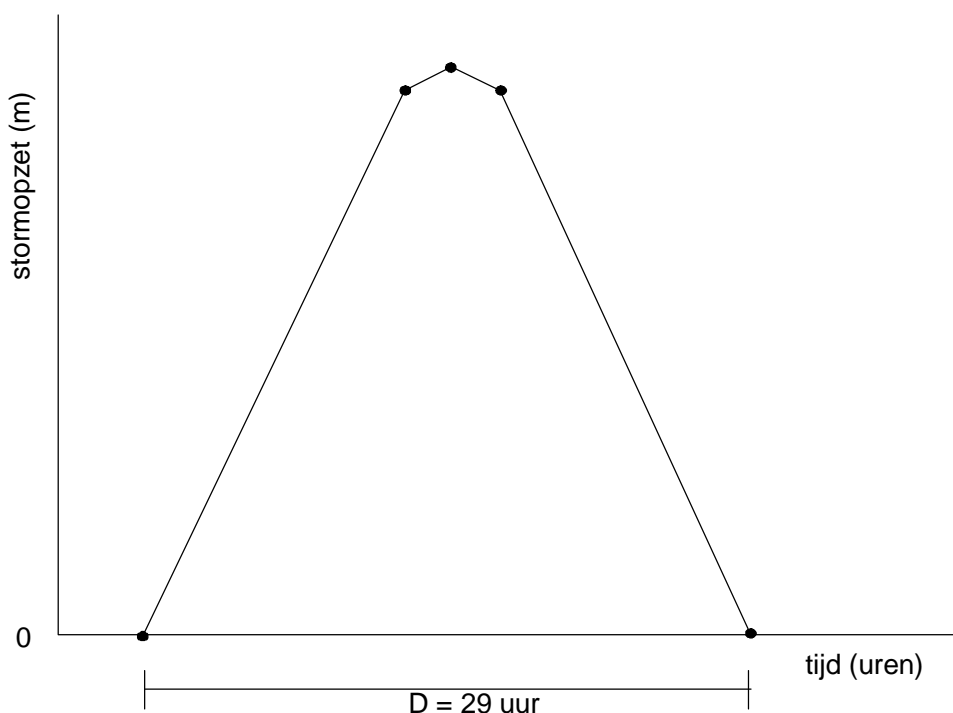
Voordelen van overgaan op een nieuwe definitie van stormopzetduur op het niveau van 0,5 meter voor WTI zijn:

- De stormopzetduur kan direct uit de data afgeleid worden en heeft fysisch meer betekenis dan de duur op het nulniveau die aan ruis onderhevig is.
- De stormopzetduur is niet meer afhankelijk van extrapolatie naar het nulniveau.
- De stormopzetduur varieert nauwelijks onder invloed van het filter voor de opzet-getij interactie-effecten.

Nadelen van overgaan op een nieuwe definitie van stormopzetduur op het niveau van 0,5 meter voor WTI zijn:

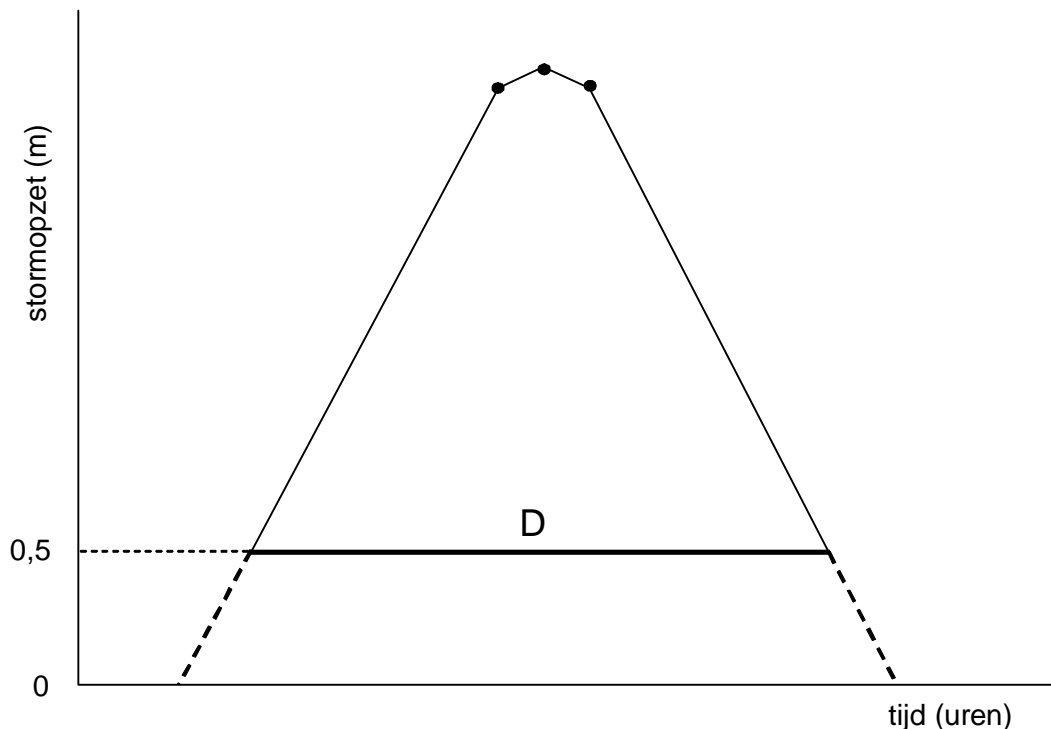
- De nieuwe modellering wijkt af van de modellering van stormopzetduur zoals die de afgelopen decennia gebruikt is in diverse toepassingen.
- Voor berekeningen met lage zeewaterstanden moet een pragmatische benadering voor het opzetverloop toegepast worden².

Voor een meer gedetailleerdere beschrijving van stormopzetduur op het nulniveau, op het 0,5 meter niveau en van het filter voor de opzet-getij interactie-effecten wordt verwezen naar [Deltares 2010].



Figuur 1 Geschematiseerd verloop van de stormopzet in de huidige Hydra-B

² Het gaat hier om zeewaterstanden die leiden tot een opzethoogte kleiner dan 0,5 meter. Deze opzethoogtes komen bij de berekeningen voor de toetspeilen niet voor.



Figuur 2 Geschematiseerd verloop van de stormopzet, waarbij D de stormopzetduur is gedefinieerd op het niveau van 0,5 m opzet.

3 Vertaling duur op het 0,5 meter niveau naar duur op het nulniveau

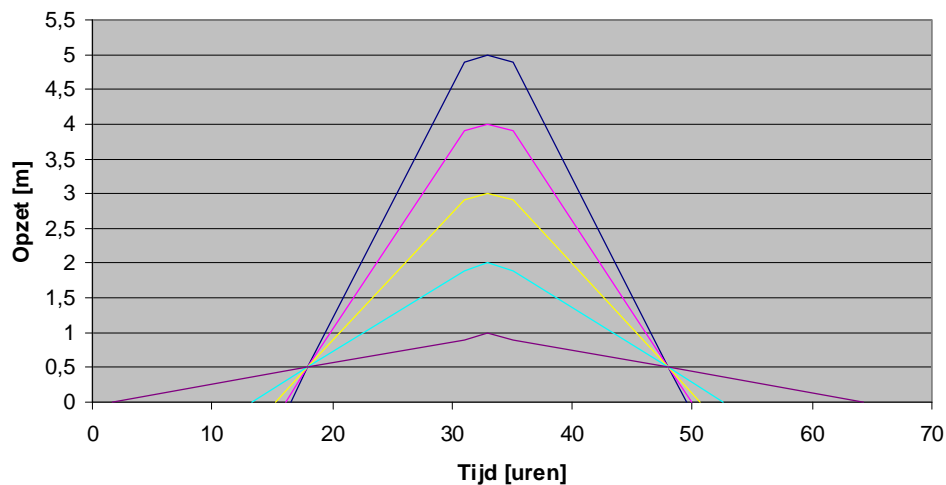
In de huidige versie van Hydra-B is de stormopzetduur van 29 uur gedefinieerd op het nulniveau. In hoofdstuk 2 wordt voorgesteld over te gaan op een nieuwe definitie van stormopzetduur op het niveau van 0,5 meter. Om met deze nieuwe stormopzetduur te kunnen rekenen, zal een vertaalslag gemaakt moeten worden naar het nulniveau. Om een gevoel te krijgen voor de verschillen tussen de huidige en de nieuwe modellering van de stormopzet, worden in dit hoofdstuk de trapeziumvormen van beide modelleringen met elkaar vergeleken. Er wordt in dit hoofdstuk nog niet ingegaan op de effecten van de nieuwe modellering op de toetspeilen. Dit zal in latere hoofdstukken gebeuren.

Bij een stormopzetduur gedefinieerd op het nulniveau worden eerst per storm de gemeten uren op het 0,5 meter niveau geëxtrapoleerd naar het nulniveau. Middeling van deze uren op het nulniveau leidt tot een vaste stormopzetduur op het nulniveau. Bij een stormopzetduur gedefinieerd op het 0,5 meter niveau worden de gemeten uren op het 0,5 meter niveau per storm (rechtstreeks) uit de data afgeleid. Middeling van deze uren leidt tot een vaste stormopzetduur op het 0,5 meter niveau. Deze vaste duur op het 0,5 meter niveau kan vervolgens geëxtrapoleerd worden naar het nulniveau. Dit leidt tot een variabele duur op het nulniveau, de lengte van de duur op het nulniveau is dan namelijk afhankelijk van de maximale opzethoogte.

Voor het berekenen van de toetspeilen worden verschillende combinaties van belastingen doorerekend. De zeewaterstanden die gebruikt worden in Hydra-B zijn 1,21³; 2; 3; 4; 5 en 6 m+NAP. Dit komt overeen met maximale opzethoogtes van orde grootte 0; 1; 2; 3; 4 en 5 meter. Figuur 3 en Tabel 1 laten zien wat voor deze maximale opzethoogtes de bijbehorende duur op het nulniveau is, uitgaande van lineaire extrapolatie naar het nulniveau en een duur van 30 uur op het 0,5 meter niveau.

Maximale opzethoogte [m]	Duur op het 0,5 meter niveau [uren]	Duur op het nulniveau [uren]
1	30	63
2	30	40
3	30	35
4	30	34
5	30	33

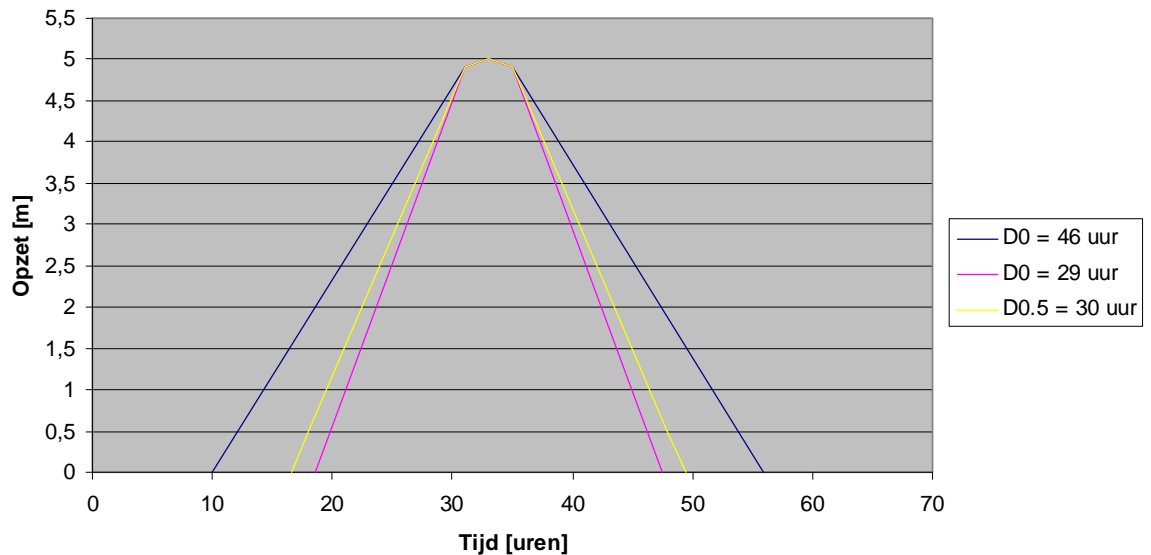
Tabel 1 Vertaalslag tussen duur op het 0,5 meter niveau en duur op het nulniveau bij gebruik van lineaire extrapolatie



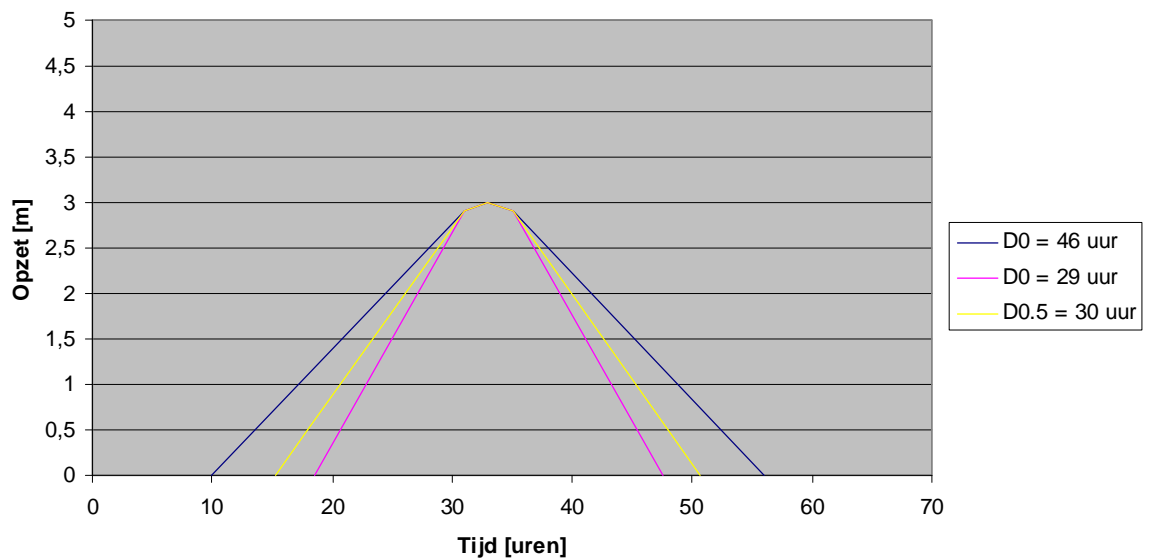
Figuur 3 Geschematiseerd opzetverloop voor vaste stormopzetduur van 30 uur op het 0,5 meter niveau voor verscheidene maximale opzethoogtes

Wanneer de opzetverlopen voor een vaste duur op het nulniveau van 29 en 46 uur vergeleken worden met het opzetverloop voor een vaste duur op het 0,5 meter niveau van 30 uur, blijkt voor alle in Hydra-B toegepaste maximale opzethoogtes de variant met een duur op het nulniveau van 29 uur leidt tot het smalste opzetverloop. Voor bijna alle varianten geldt echter dat de variant met een duur op het 0,5 meter niveau van 30 uur leidt tot een smaller opzetverloop dan de variant met een duur op het nulniveau van 46 uur. Alleen voor de maximale opzethoogte van 1 meter is de variant met een vaste duur op het 0,5 meter niveau van 30 uur breder dan beide varianten met een vaste duur op het nulniveau. (Figuur 4 - Figuur 6 en Tabel 1)

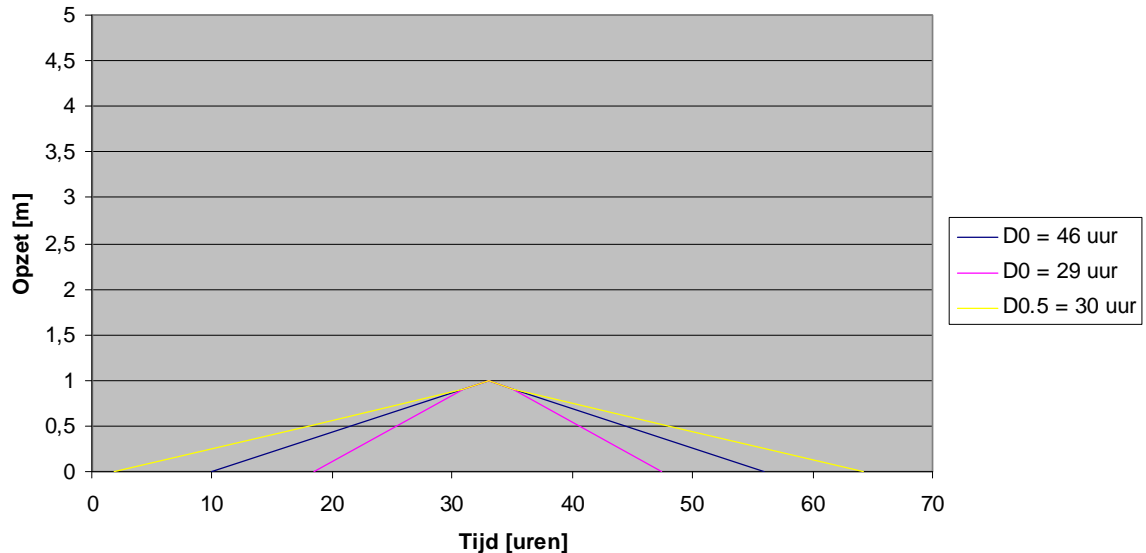
³ Dit is gemiddelde getij. Hierbij is er geen sprake van windopzet. Hierbij hoort dan ook een corresponderende opzethoogte van 0 meter. In praktijk betekent dit dat er in dat geval niet gerekend wordt met een opzet, maar alleen met het getij als zeerandvoorwaarde.



Figuur 4 Verschil in opzetverloop tussen een vaste duur op het nulniveau van 29 en 46 uur en een vaste duur op het 0,5 meter niveau van 30 uur, bij een maximale opzethoogte van 5 m



Figuur 5 Verschil in opzetverloop tussen een vaste duur op het nulniveau van 29 en 46 uur en een vaste duur op het 0,5 meter niveau van 30 uur, bij een maximale opzethoogte van 3 m



Figuur 6 **Verskil in opzetverloop tussen een vaste duur op het nulniveau van 29 en 46 uur en een vaste duur op het 0,5 meter niveau van 30 uur, bij een maximale opzethoogte van 1 m**

Tot nu toe is er alleen gekeken naar het lineair extrapoleren van de duur op het 0,5 meter niveau naar een duur op het nulniveau. Dit leidt tot een variërende duur op het nulniveau. Met name voor communicatiedoeleinden kan het wenselijk zijn om in plaats van een variërende duur op het nulniveau te kiezen voor een vaste duur op het nulniveau. Deze vaste duur op het nulniveau zal niet gebaseerd zijn op fysische argumenten. Immers, onder het 0,5 meter niveau wordt het opzetsignaal gedomineerd door ruis. Hierdoor is er niets te zeggen over het werkelijke verloop van het nulniveau naar het 0,5 meter niveau. Hier zal een pragmatische keuze voor gemaakt moeten worden. In het volgende hoofdstuk worden voor zowel een variërende duur op het nulniveau als voor een vaste duur op het nulniveau, gecombineerd met een vaste duur op het 0,5 meter niveau, de effecten op de toetspeilen in beeld gebracht.

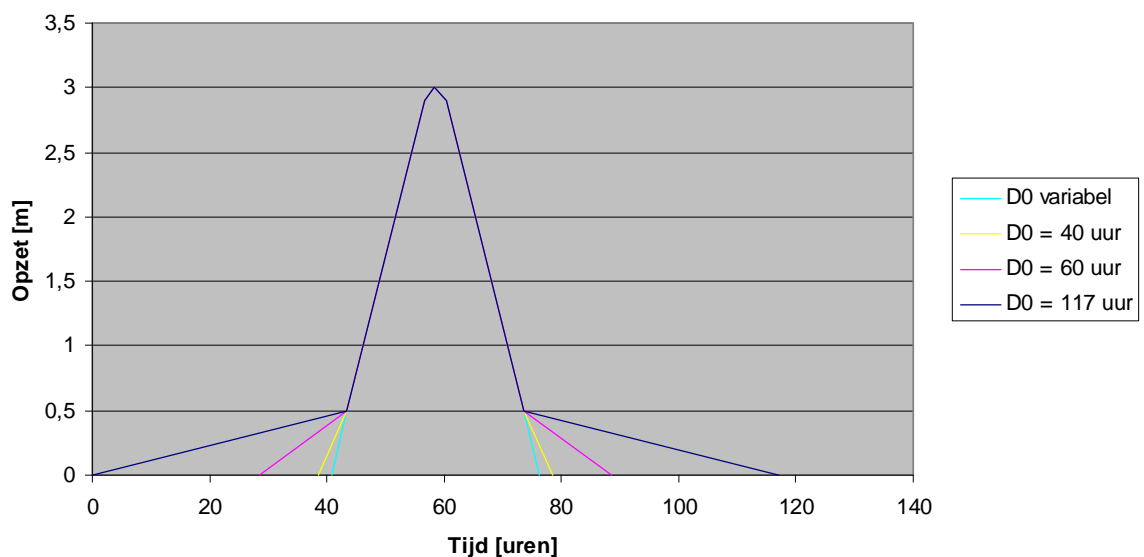
4 Effect van aanloop naar het 0,5 meter niveau op de toetspeilen

De verwachting is dat de modellering van de aanloop van het nulniveau naar het 0,5 meter niveau geen al te grote impact zal hebben op de toetspeilen. Om deze verwachting te staven zijn de toetspeilen met behulp van Special Hydra-B⁴ uitgerekend voor vier verschillende varianten van de aanloop naar het 0,5 meter niveau, zie Tabel 2 en Figuur 7. Alle vier de varianten hebben hetzelfde verloop boven het niveau van 0,5 meter. Ze verschillen slechts in de aanloop naar het 0,5 meter niveau toe.

⁴ Hiervoor is gebruik gemaakt van de MHW-processor v3.2. Voor de analyses die in dit memo besproken worden, zijn echter wel de nodige aanpassingen gemaakt aan de code van de MHW-processor v3.2.

Variant	Duur op het 0,5 meter niveau [m]	Duur op het nulniveau [uren]
1	30	variabel ⁵
2	30	40
3	30	60
4	30	117 ⁶

Tabel 2 **Overzicht van de vier verschillende varianten voor de aanloop van het nulniveau naar het 0,5 meter niveau**



Figuur 7 **Overzicht van vier verschillende varianten van de aanloop van het nulniveau naar de het 0,5 meter niveau**

Special Hydra-B is een 'light' versie van Hydra-B waarmee ter inschatting van Maatgevende Hoogwaterstanden (MHW's) orde 100 Sobek-berekeningen uitgevoerd worden. Dit model is ontworpen voor beleidsstudies als pragmatisch alternatief voor Hydra-B. Voor Hydra-B moeten namelijk orde 7000 sommen uitgevoerd worden en dat maakt het veel minder praktisch hanteerbaar in beleidsstudies waar veel scenario's en varianten doorgerekend moeten worden. De MHW's die met Special Hydra-B worden bepaald zijn *benaderingen* van de MHW's van Hydra-B. Het gebruik van Special Hydra-B beperkt zich daarom tot *verschilberekeningen* van MHW's; aan de absolute waarden van de met Special Hydra-B berekende MHW's mag geen formele status toegekend worden.

Voor enkele locaties in het benedenrivierengebied is de vergelijking gemaakt tussen MHW's op basis van de stormopzet horende bij de vier varianten onderling en met de stormopzet zoals in

⁵ Hierbij wordt voor elke maximale opzethoogte door middel van lineaire extrapolatie de bijbehorende duur op het nulniveau berekend, zie Tabel 1.

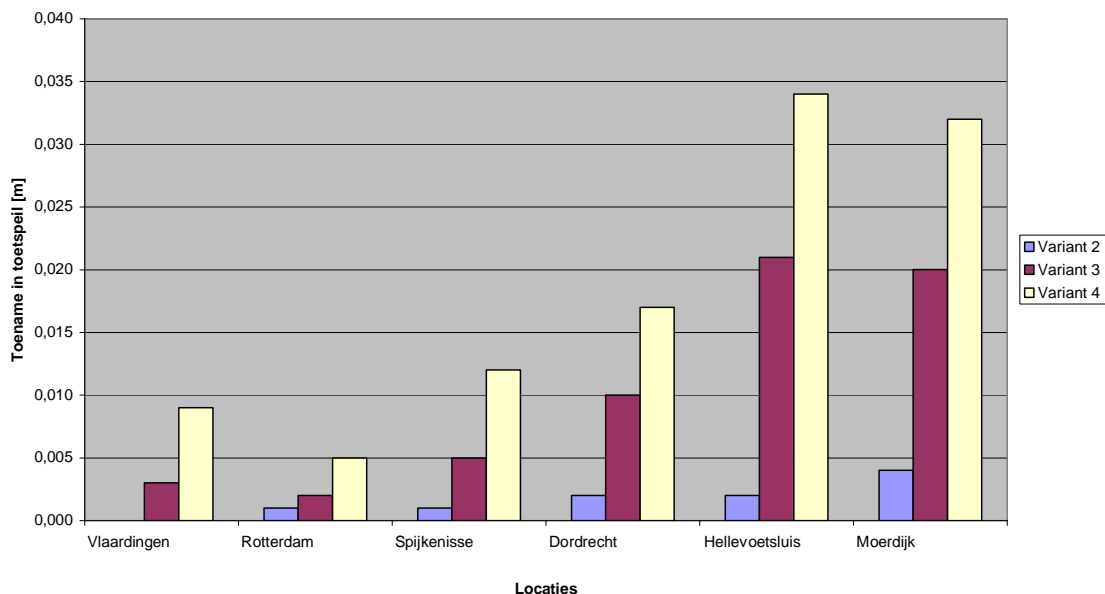
⁶ De duur op het nulniveau van 117 uur volgt uit lineaire extrapolatie bij een maximale opzethoogte van 0,75 meter en is aanzienlijk langer dan de duur op het nulniveau van 63 uur horende bij een maximale opzethoogte van 1 meter. Voor de analyse was het belangrijk ook een aanzienlijk langere duur op het nulniveau mee te nemen. Extrapolatie bij een opzethoogte van 0,75 meter leverde die (extreem) lange duur op het nulniveau.

de huidige versie van Hydra-B, met een stormopzetduur van 29 uur op het nulniveau⁷, zie Figuur 8 en Figuur 9. Voor de locaties Vlaardingen, Rotterdam en Spijkenisse is het effect van de vier verschillende varianten, zowel onderling als ten opzichte van de huidige variant, klein. Ook voor de Dordrecht is het effect niet al te groot. Voor de vier varianten onderling verschillen de toetspeilen bij Dordrecht nog geen 2 cm. Ten opzichte van de huidige variant leiden de vier varianten tot een toename in toetspeil van orde een halve decimeter tot een decimeter. Ook bij locaties Moerdijk en Hellevoetsluis zijn de onderlinge verschillen in toetspeilen voor de vier varianten klein, maximaal 3,5 cm. Voor deze locaties leiden alle vier de locaties echter wel tot hogere toetspeilen dan de huidige variant. Voor Moerdijk gaat het, voor alle vier de varianten, om een toename van orde 1 tot 1,5 dm ten opzichte van de huidige variant. Voor Hellevoetsluis gaat het, wederom voor alle vier de varianten, om een toename van 1,5 tot 2 dm ten opzichte van de huidige variant.

Zoals gezegd zijn de onderlinge verschillen tussen de vier varianten klein, maximaal orde 4 cm. Verder blijkt uit Figuur 8 en Figuur 9 dat hoe langer de aanloop naar het 0,5 meter niveau, des te hoger het toetspeil. Dit is te verklaren door het feit dat er bij een langere aanloop naar het 0,5 meter niveau minder water vanuit de rivier in zee kan stromen dan bij een kortere aanloop. Dit leidt tot de, zij het marginaal, hogere toetspeilen.

Kortom, met een onderling verschil van maximaal orde 4 cm op de toetspeilen voor het hele benedenrivierengebied⁸ kan gesteld worden dat de keuze voor de aanloop naar het 0,5 meter niveau geen groot effect heeft op de toetspeilen.

Toename toetspeilen ten opzichte van variant 1

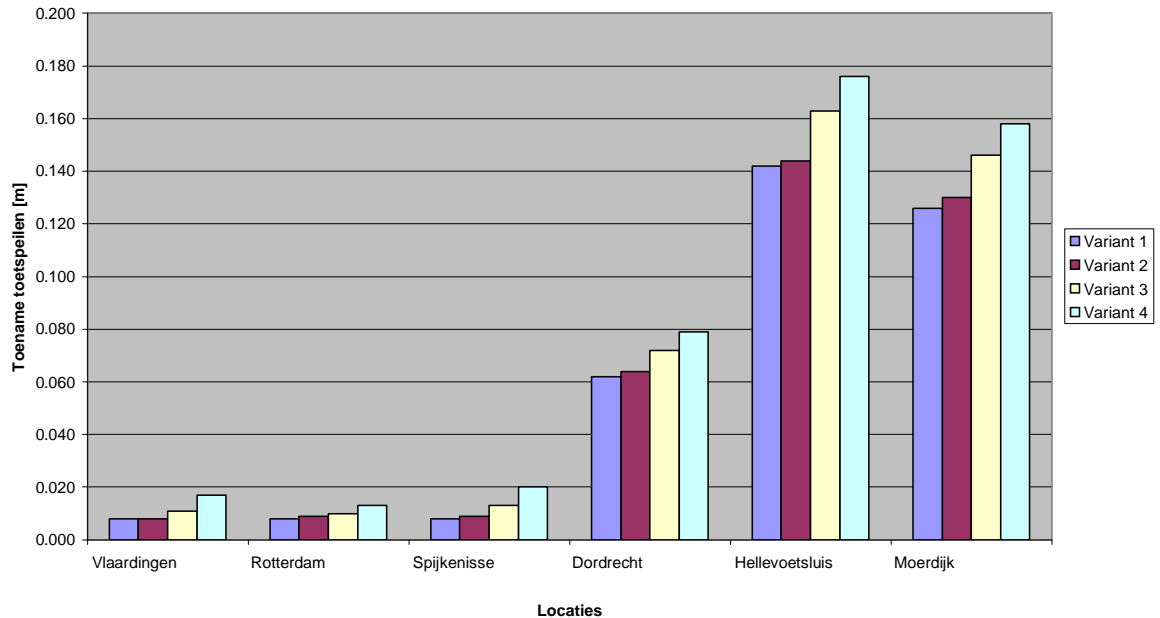


Figuur 8 Toename in toetspeil ten opzichte van toetspeilen voor variant 1

⁷ De stormduur (windsnelheid) is in deze berekeningen niet aangepast ten opzichte van het huidige Hydra-B.

⁸ Het effect op de toetspeilen is voor het hele benedenrivierengebied gecontroleerd. Het blijkt dat de onderlinge verschillen overal maximaal orde 4 cm zijn.

Toename toetspeilen ten opzichte van huidige modellering

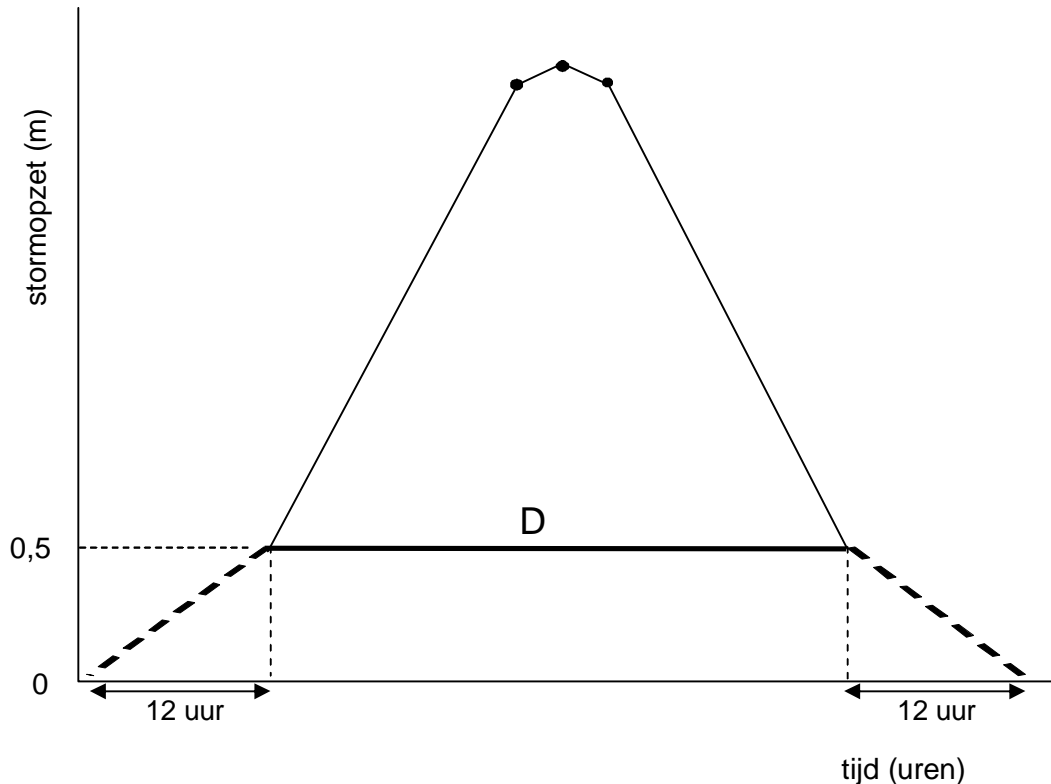


Figuur 9 Toename in toetspeil ten opzichte van toetspeilen voor de stormopzetduur van 29 uur op het nulniveau (huidige versie Hydra-B)

5 Keuze voor aanloop naar nulniveau

Aangezien het effect van de aanloop naar het 0,5 meter niveau op de toetspeilen in het hele benedenrivierengebied klein is, is er enige vrijheid mogelijk binnen de pragmatische keuze voor deze aanloop. Zoals eerder beschreven wordt het opzetsignaal onder het 0,5 meter niveau gedomineerd door ruis. Hierdoor is het niet mogelijk om iets te zeggen over het werkelijke verloop van het nulniveau naar het 0,5 meter niveau. De keuze voor een dergelijke aanloop in de modellering is dan ook niet te onderbouwen met fysische argumenten. Daarom wordt voorgesteld een pragmatische keuze te maken.

Het voorstel is om te kiezen voor een modellering van de stormopzet met een vaste stormopzetduur op het 0,5 meter niveau en een aanloop van het nulniveau naar het 0,5 meter niveau met een 12 uur durende flank, zie Figuur 10. Het is enigszins arbitrair, maar een flank van 12 uur ligt ongeveer tussen de beschouwde varianten in, en komt ook overeen met de duur van de flank in de huidige windmodellering in Hydra-B.



Figuur 10 Geschematiseerd verloop van de stormopzet, waarbij D de stormopzetduur is gedefinieerd op het niveau van 0,5 m opzet. Met flanken van het nulniveau naar het 0,5 meter niveau van elk 12 uur.

6 Onzekerheidsanalyse

Uit de fysica volgt dat er een grote natuurlijke variabiliteit bestaat in opzetgebeurtenissen. Door de grote natuurlijke variabiliteit in depressie- en stormvelden, zal de parameter stormopzetduur ook een grote natuurlijke variabiliteit vertonen [Deltares 2010]. In de vorige hoofdstukken is de stormopzetduur (op het 0,5 meter niveau) gelijk gekozen aan de gemiddelde duur van de opzet op het 0,5 meter niveau. De vraag is of het gerechtvaardigd is om te kiezen voor de gemiddelde waarde, gezien de aanzienlijke spreiding in de gevonden opzetduren. Bij de gemiddelde waarde van 30 uur hoort een standaardafwijking van 8 uur.

In [Deltares 2009b] is het effect van deze natuurlijke variabiliteit in de stormopzetduur op de MHW's voor verscheidene stations in het benedenrivierengebied onderzocht. Voor een reeks van stormopzetduren zijn de MHW's berekend met Special Hydra-B. Vervolgens is het gemiddelde MHW door uitintegreren bepaald, gebruik makend van de normale verdeling horende bij een gemiddelde van 30 uur en een standaardafwijking van 8 uur. Uit Tabel 3 blijkt dat voor alle bekeken locaties geldt dat de verschillen tussen het uitgeïntegreerde MHW en het MHW horende bij 30 uur klein is. Echter bij Hellevoetsluis is het MHW horende bij 30 uur 5 cm lager dan het uitgeïntegreerde MHW. Tabel 4 laat zien dat de MHW's horende bij 31 uur beter overeenkomen met het uitgeïntegreerde MHW. Al blijven ook hier kleine verschillen bestaan tussen het MHW horende bij 31 uur en het uitgeïntegreerde MHW, maximaal 3 cm, waarbij de MHW's horende bij 31 uur net iets hoger zijn dan de uitgeïntegreerde MHW's.

De verschillen tussen de MHW's horende bij de gemiddelde opzetduur van 30 uur wijken minder af van de uitgeïntegreerde MHW's dan men wellicht zou verwachten. Echter uit het onderzoek is gebleken dat er geen sprake is van lineaire stijging van de toetspeilen bij toenemende stormopzetduur. Er is sprake van een afnemende stijging in de toetspeilen bij toenemende stormopzetduur. Dit zorgt ervoor dat de verschillen tussen de toetspeilen horende bij de gemiddelde duur maar weinig afwijken van de uitgeïntegreerde toetspeilen.

Ook al zijn de verschillen klein, de stormopzetduur van 31 uur lijkt een betere representant voor de natuurlijke variabiliteit dan de gemiddelde opzetduur van 30 uur. Echter, binnen de interpretatie van de huidige veiligheidsfilosofie is het de afgelopen decennia altijd een beleidsuitgangspunt geweest om onzekerheden aan de belastingkant niet mee te nemen. Aan de belastingkant wordt altijd de verwachtingwaarde aangehouden. Aangezien de verschillen tussen de uitgeïntegreerde MHW's en de MHW's horende bij een gemiddelde duur van 30 uur klein zijn, maximaal 5 cm, wordt aanbevolen om, consistent met het gebruik van de verwachtingswaarde voor alle andere belastingvariabelen, te kiezen voor een stormopzetduur op het 0,5 meter niveau van 30 uur.

Locatie	Vershil tussen uitgeïntegreerde MHW en MHW bij 30 uur [m]⁹
Vlaardingen	0,00
Rotterdam	0,01
Spijkenisse	0,00
Dordrecht	0,00
Hellevoetsluis	0,05
Moerdijk	0,03

Tabel 3 **Vershil tussen het uitgeïntegreerde MHW en het MHW behorende bij een stormopzetduur (op het 0,5 meter niveau) van 30 uur.**

Locatie	Vershil tussen uitgeïntegreerde MHW en MHW bij 31 uur [m]
Vlaardingen	0.00
Rotterdam	0.01
Spijkenisse	0.00
Dordrecht	-0.01
Hellevoetsluis	0.02
Moerdijk	0.00

Tabel 4 **Vershil tussen het uitgeïntegreerde MHW en het MHW behorende bij een stormopzetduur (op het 0,5 meter niveau) van 31 uur.**

7 Vergelijk nieuwe stormopzetmodellering met huidige variant

In hoofdstuk 5 en 6 is aanbevolen om over te stappen naar een nieuwe modellering voor stormopzet met een vaste stormopzetduur op het niveau van 0,5 meter van 31 uur. Uiteraard is het interessant om deze nieuwe modellering (Figuur 10) te vergelijken met de oude modellering (Figuur 1). Allereerst moet opgemerkt worden dat de nieuwe modellering een

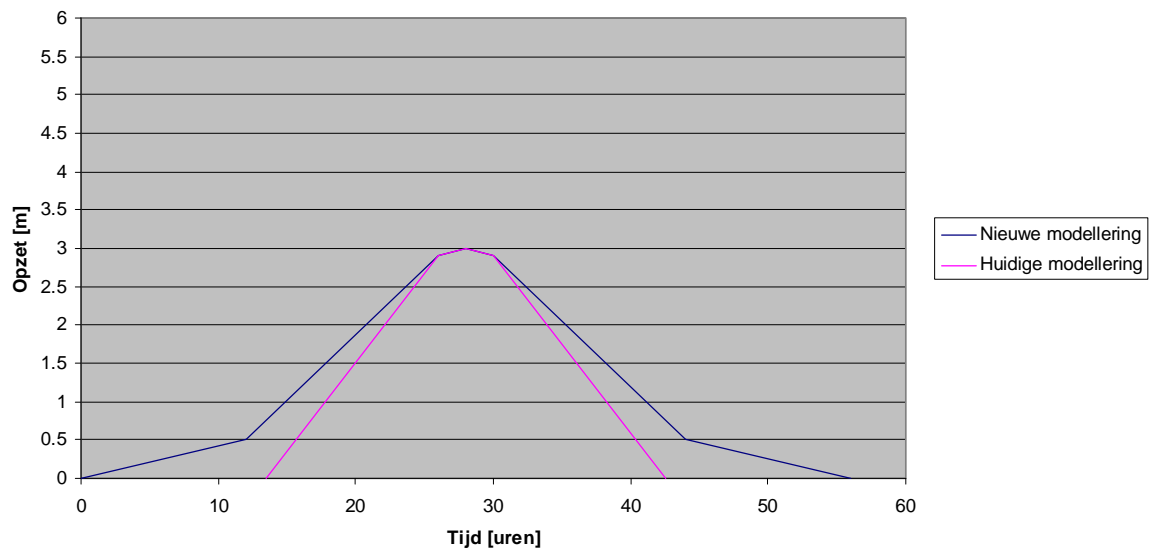
⁹ Een positieve waarde in Tabel 3 en Tabel 4 betekent een hogere waarde voor het uitgeïntegreerde MHW dan voor het MHW horende bij 30 resp. 31 uur.

nieuwe vorm voor het geschematiseerde verloop met zich mee brengt. Ondanks deze vorm kunnen beide modelleringen en het effect op de toetspeilen goed met elkaar vergeleken worden.

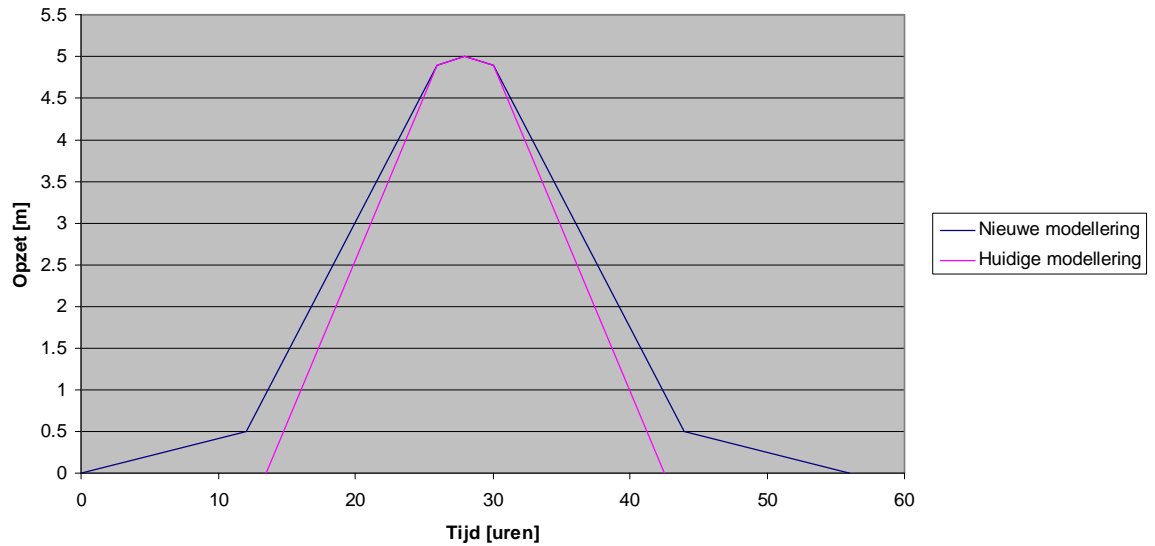
Door het verschil in vorm heeft het geen zin om de duur op het nulniveau van beide modelleringen met elkaar te vergelijken. Wel kan geconcludeerd worden dat het trapezium in de nieuwe modellering breder is dan het trapezium in de huidige modellering, voor alle opzethoogten die voor het berekenen van de toetspeilen gebruikt worden. In Figuur 11 en Figuur 12 is dit te zien voor een opzethoogte van respectievelijk 3 en 5 meter.

Daarnaast is het vooral interessant wat het verschil in toetspeilen is tussen de nieuwe en de huidige modellering. Figuur 13 laat een overzicht zien van de verschillen in toetspeilen tussen de nieuwe en de huidige modellering. Hierbij geldt dat een positieve waarde in dit figuur betekent dat de nieuwe modellering een hoger toetspeil heeft opgeleverd dan de huidige modellering. De grootste effecten op het toetspeil zijn te zien in het Haringvliet, met een toename van de toetspeilen van maximaal orde 1,5 tot 2 dm.

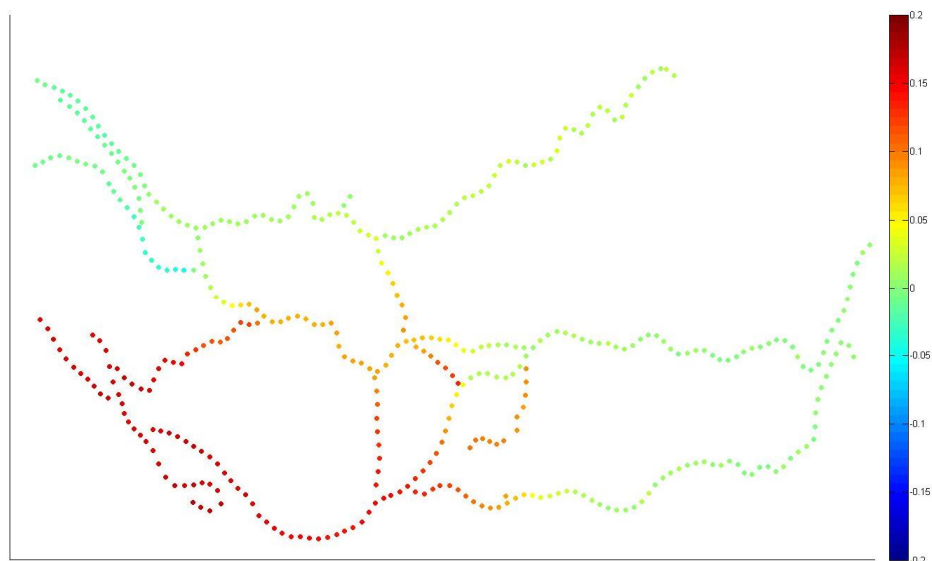
De zes locaties uit eerdere hoofdstukken zijn nog wat gedetailleerder bekeken. Voor de locaties Vlaardingen, Rotterdam en Spijkenisse is het effect van de nieuwe modellering op de toetspeilen klein. Een toename van maximaal 2 cm ten opzichte van de toetspeilen voor de huidige modellering. Voor de Dordrecht is er sprake van een toename van orde 0,5 tot 1 dm ten opzichte van de toetspeilen voor de huidige modellering. Voor de locaties Moerdijk en Hellevoetsluis gaat het om een toename van de toetspeilen van orde 1,5 dm ten opzichte van de huidige modellering. (Figuur 14).



Figuur 11 **Verskil in opzetverloop tussen de huidige en de nieuwe modellering voor stormopzetduur voor een maximale opzethoogte van 3 meter**



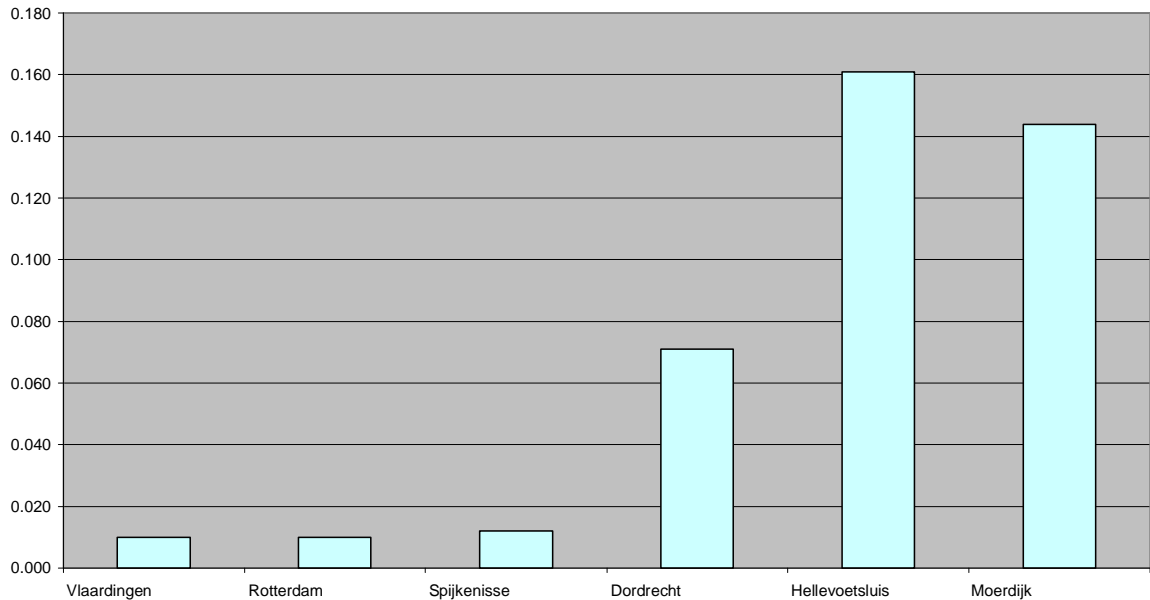
Figuur 12 Verschil in opzetverloop tussen de huidige en de nieuwe modellering voor stormopzetduur voor een maximale opzethoogte van 5 meter



Figuur 13 Overzicht van de verschillen in toetspeilen tussen de huidige modellering en de nieuwe modellering voor de uitvoerpunten in het benedenrivierengebied. De schaal loopt van -0,2 t/m 0,2 meter.¹⁰

¹⁰ Een positieve waarde betekent dat de nieuwe modellering leidt tot een hoger toetspeil dan de huidige modellering.

Toename toetspeilen ten opzichte van huidige modellering



Figuur 14 Toename in toetspeil ten opzichte van de huidige modellering

8 Conclusie

De keuze voor de aanloop van het nulniveau naar het 0,5 meter niveau heeft nauwelijks effect op de toetspeilen. Zelfs bij een zeer lange aanloop naar het 0,5 meter niveau gaat het slechts om een effect van enkele centimeters op het toetspeil.

Er wordt aanbevolen om over te stappen naar een nieuwe modellering van de stormopzet; met een vaste stormopzetduur op het 0,5 meter niveau en een aanloop naar dit niveau van 12 uur, zie Figuur 10.

De natuurlijke variabiliteit van stormopzetduren heeft effect op de toetspeilen in een deel van het gebied. Het gaat om variabiliteit en corresponderende effecten die zowel verhogend als verlagend uitwerken. Uitintegreren van de natuurlijke variabiliteit van de stormopzetduren (op het 0,5 meter niveau) laat zien dat een duur van 31 uur een (iets) betere representant voor de natuurlijke variabiliteit in de stormopzetduur is dan de gemiddelde waarde van 30 uur. Echter, binnen de interpretatie van de huidige veiligheidsfilosofie is het de afgelopen decennia altijd een beleidsuitgangspunt geweest om onzekerheden aan de belastingkant niet mee te nemen. Aan de belastingkant wordt altijd de verwachtingwaarde aangehouden. Aangezien de verschillen tussen de uitgeïntegreerde MHW's en de MHW's horende bij een gemiddelde duur van 30 uur klein zijn, maximaal 5 cm, wordt aanbevolen om, consistent met het gebruik van de verwachtingswaarde voor alle andere belastingvariabelen, te kiezen voor een stormopzetduur op het 0,5 meter niveau van 30 uur.

Datum
15 april 2010

Ons kenmerk
1202341-003-ZWS-0014

Pagina
16/16



De effecten van deze nieuwe modellering met een stormopzetduur (op het 0,5 meter niveau) van 30 uur op de toetspeilen is het grootst in het Haringvliet. Het gaat hier om een toename in toetspeil van orde 1,5 tot 2 dm in het Haringvliet ten opzichte van de huidige modellering.

9 Referenties

Deltares 2009a, Tijssen, A. en F. Diermanse, Storm surge duration and storm duration at Hoek van Holland, Deltares rapport 1200264.001, november 2009

Deltares 2009b, Roscoe, K., J. Beckers en A. Tijssen, Uncertainty of wind statistics, storm surge duration and seiches, Deltares draft concept 1200264.008, april 2010

Deltares 2010, Tijssen, A. en H. Gerritsen, Stormopzetduur bij Hoek van Holland, Deltares memo 1200103-000-ZWS-0017, januari 2010

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	apr. 2010	Annegien Tijssen		Frank den Heijer		Toon Segeren	