



De gevolgen van de IJsselmeerpeilstijging en een verhoogde rivierafvoer voor de IJsseldelta

Inzicht in de waterstanden en het effect van maatregelen

Datum 3 mei 2009
Status Definitief

De gevolgen van de IJsselmeerpeilstijging en een verhoogde rivierafvoer voor de IJsseldelta

Inzicht in de waterstanden en het effect van maatregelen

Datum	3 mei 2009
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door Rijkswaterstaat Waterdienst
In opdracht van Programmadirectie Ruimte voor de Rivier
Review Deltares

Contact Ralph Schielen
 ralph.schielen@rws.nl

Datum 16 april 2009
Status Definitief

Inhoud

1	Inleiding 6
1.1	Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier 6
1.2	Commissie Veerman 6
1.3	Relatie Commissie Veerman en de PKB-Ruimte voor de Rivier 7
2	Vraagstelling en uitgangspunten 8
2.1	Vraagstelling 8
2.2	Korte gebiedsbeschrijving 8
2.3	Aannames en uitgangspunten 9
2.4	Randvoorwaarden berekeningen 11
2.5	Opmerkingen randvoorwaarden 11
2.6	Randvoorwaarde IJsselmonding bij 1:2000 afvoer 12
2.7	Afvoeren IJssel Lange Termijn 1:2000 12
2.8	Afvoeren IJssel Lange Termijn jaarlijks voorkomend 12
2.9	Scenario's 13
2.10	Opmerking zeespiegelstijging 13
2.11	Maatregelen in het Korte Termijn Pakket en het Lange Termijn Pakket 13
3	Resultaten 15
3.1	Vergelijking Korte termijn pakket (incl. bypass) met HR1996 (scenario 1) 15
3.2	Opmerking randvoorwaarde en verzwaarde taakstellingen PKB-maatregelen 16
1. 16	
3.3	Vergelijking Lange termijn pakket met HR1996 (scenario 2) 16
3.4	Vergelijking Lange termijn pakket (Veerman-scenario van 1.5 meter stijging IJsselmeerpeil) met HR1996 (scenario 3) 17
3.5	Vergelijking Lange termijn pakket met Veerman-scenario van 0.5 meter en 1.0 meter stijging IJsselmeerpeil, met HR1996 (scenario 3, 4, 4a en 2a en 1) 18
3.6	Effect Bypass (scenario 5a-1, 5a-2 en 5a-3) 19
3.7	Debiet over de bypass 22
3.8	Opmerking effect versus effectiviteit 24
3.9	Effect zomerbedverdieping (scenario 5b-1, 5b-2 en 5b-3) 25
3.10	Verschuiving stormgedomineerde traject 26
4	Conclusies en aanbevelingen 28
4.1	Conclusies 28
4.2	Aanbevelingen 29
5	Appendix 30

1 Inleiding

1.1 Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier

In de Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier (PKB-RvdR) is een pakket maatregelen gedefinieerd om een maatgevende rivierafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith op te kunnen vangen (zie Vastgesteld Besluit en Nota van Toelichting Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier-deel 4, beschikbaar via www.ruimtevoorderivier.nl). Voor de IJsseldelta is in het in deel 4 gepubliceerde voorkeursalternatief gekozen voor zomerbedverdieping. De Hoogwatergeul Kampen (in dit rapport ook wel aangeduid als bypass) is tevens opgenomen als uitwissel-maatregel voor zomerbedverdieping. Indien aangetoond kan worden dat de bypass voldoet aan de hydraulische taakstelling zoals die geldt voor de zomerbedverdieping, en als aangetoond kan worden dat de bypass binnen tijd en budget gerealiseerd kan worden, dan kan de Staatssecretaris een omwisselbesluit nemen waarmee de bypass formeel tot het PKB-maatregelen pakket gaat behoren (en zomerbedverdieping niet meer, althans niet voor de korte termijn). Aan dit omwisselbesluit was een datum verbonden: 1 januari 2009.

1.2 Commissie Veerman

Op 3 september 2008 presenteerde de Deltacommissie 2008 ('de Commissie Veerman') haar bevindingen in de vorm van het rapport "Samen werken met water" (zie www.deltacommissie.com). De kern van dat rapport werd gevormd door 12 aanbevelingen die Nederland voor de middellange en lange termijn veilig en bewoonbaar moeten houden. Deze aanbevelingen hebben betrekking op de kust, het waddengebied, het rivierengebied, de zuidwestelijke delta en het IJsselmeer.

Voor het IJsselmeer werd de aanbeveling gedaan om op termijn het peil van het IJsselmeer met 1,5 meter te verhogen. Letterlijk staat er (blz. 13, Samen werken met water):

Aanbeveling 9:

Het peil van het IJsselmeer wordt met maximaal 1,5 m verhoogd. Daarmee kan tot na 2100 onder vrij verval worden gespuid op de Waddenzee. Het peil van het Markermeer wordt niet verhoogd. Het IJsselmeer behoudt zijn strategische functie als zoetwaterreservoir voor Noord-Nederland, Noord-Holland en, vanwege de dieper indringende zouttong in de Nieuwe Waterweg, voor West-Nederland.

Tot 2050: Uitvoer van de maatregelen om de peilstijging te realiseren, kan geleidelijk gebeuren. Gestreefd moet worden naar een zo groot mogelijke zoetwatervoorraad rond 2050. Onderzocht moet worden welke maatregelen nodig zijn om de inrichting van de benedenloop van de IJssel en het Zwarte Water aan te passen aan een verhoging van het IJsselmeerpeil met 1,5 m.

Na 2050: Afhankelijk van de gefaseerde aanpak zijn nog maatregelen nodig om tot een peilstijging van 1,5 m te komen.

Voor het rivierengebied staat er (blz. 13, Samen werken met water):

Aanbeveling 11:

Tot 2050: De programma's *Ruimte voor de Rivier* en *Maaswerken* moeten snel worden uitgevoerd. Daar waar dit kosteneffectief is, moeten nu al maatregelen worden genomen voor afvoeren van 18.000 m³/s voor de Rijn en 4.600 m³/s voor de Maas. In dit licht is het noodzakelijk overleg te voeren met de buurlanden in het kader van de *EU-richtlijn Overstromingsrisico's* zodat maatregelen op elkaar kunnen worden afgestemd.

Ook moet ruimte worden gereserveerd en zonodig gronden worden aangekocht zodat het riviersysteem in staat is de 18.000 m³/s Rijnwater en 4.600 m³/s Maaswater veilig te kunnen afvoeren.
2050-2100: Voltrooiing van maatregelen zodat de Rijn 18.000 m³/s en de Maas 4.600 m³/s kunnen verwerken.

1.3 Relatie Commissie Veerman en de PKB-Ruimte voor de Rivier

Toen de commissie Veerman haar rapport gepresenteerde was het programma Ruimte voor de Rivier al bijna 2 jaar onderweg. Na de Planologische Kern Beslissing (PKB) deel 4 is in januari 2007 de Programmadirectie Ruimte voor de Rivier (PDR) opgericht met als doel om de verschillende projecten richting uitvoering te brengen. Voor de IJsseldelta is voor de korte termijn zoals gezegd de maatregel 'zomerbedverdieping' in PKB deel 4 opgenomen. Voor de lange termijn is een aantal binnendijkse reserveringen opgenomen, onder andere voor een dijkverlegging bij Noorddiep en een hoogwatergeul bij Kampen.

De uitspraken van de commissie Veerman kunnen gevolgen hebben voor het maatregelpakket zoals nu voorgesteld in PKB-deel 4. Bij een peilstijging zouden de dijken langs het benedenstroomse deel van de IJssel tot aan de monding¹ waarschijnlijk verhoogd moeten worden, ondanks de zomerbedverdieping. Bovendien wordt de maatregel zomerbedverdieping minder effectief, vanwege hogere waterstanden. Als er gekozen zou worden voor de hoogwatergeul heeft dat ook consequenties, omdat het effect daarvan afneemt bij een hoger IJsselmeerpeil. Daarbij komt nog dat het traject van de IJsseldelta waar de storm de maatgevende hoogwaterstanden bepaald, groter wordt (in bovenstroomse richting) bij een hoger peil (dat is o.a ook de reden van het afnemende effect).

Om een goed gefundeerd besluit te kunnen nemen over het al dan niet omwisselen van de bypass en zomerbedverdieping is het dan ook nodig om inzicht te hebben in de gevolgen van de uitspraken van de Commissie Veerman voor de IJsseldelta als geheel, en voor de effectiviteit van de hoogwatergeul en zomerbedverdieping (voor verschillende scenario's) in het bijzonder. Deze vraag heeft de PDR dan ook gesteld aan de Waterdienst. Sinds de publicatie van het Nationale Waterplan is deze vraag alleen maar actueler geworden. De aanbevelingen van de Commissie Veerman zijn namelijk grosso modo overgenomen in het Nationale Waterplan

De resultaten uit deze rapportage zijn ook gebruikt in het rapport: 'Toekomstvastheid van de Hoogwatergeul in de IJsseldelta'². Deze studie is het gevolg geweest van een bezoek van de Staatssecretaris aan de IJsseldelta. Bij dat bezoek is afgesproken dat het eerder genoemde omwisselbesluit zou worden uitgesteld tot uiterlijk april 2009, en dat vóór die tijd een quick-scan zou worden uitgevoerd naar de toekomstvastheid van de hoogwatergeul in relatie tot het advies van de Deltacommissie. Beide onderzoeken (het onderliggende, en de Quick-scan) zijn min of meer gelijktijdig uitgevoerd en hebben geprofiteerd van elkaars momentum. De quick-scan heeft bovendien geleid tot een aantal extra berekeningen (waarvan de analyse ook in dit rapport is opgenomen) die het inzicht in de complexiteit van de IJsseldelta verder hebben verhoogd.

¹ Met 'de monding' wordt in deze notitie de IJssel bij km1002 aangeduid.

² Toekomstvastheid van de hoogwatergeul in de IJsseldelta. Quick scan naar de consequenties van het advies van de Deltacommissie voor de hoogwatergeul bij Kampen. L. Meursing, M. Borgdorff, F. Claessen, H. Gerritsen en R. Gillissen. april 2009

2 Vraagstelling en uitgangspunten

2.1 Vraagstelling

Gevraagd wordt om de gevolgen van aanbeveling 9 en 11 van de commissie Veerman voor de IJsseldelta aan te geven. Dus, breng in beeld de gevolgen van een verhoging van het IJsselmeerpeil met 1.5 meter in combinatie met een rivierafvoer van 18.000 m³/s bij Lobith. Vraag hierbij is hoeveel waterstands daling het korte termijn maatregelenpakket van de PKB (waarbij de zomerbedverdieping is vervangen door de bypass Kampen) en het lange termijn pakket bij de verhoogde afvoer en de peilstijging genereren en hoe zich dit verhoudt tot de vigerende MHW-standen van HR1996. Gevraagd wordt om met name de afname in effect van de maatregel zomerbedverdieping en de hoogwatergeul Kampen bij het Veermanscenario (1.5 meter stijging IJsselmeerpeil) in combinatie met een verhoogde rivierafvoer van 18.000 m³/s bij Lobith in beeld te brengen. Tenslotte wordt gevraagd om ook het effect bij een tweetal tussenscenario's (0.5 en 1.0 peilstijging IJsselmeer, in combinatie met een rivierafvoer van 18.000 m³/s) in beeld te brengen.

2.2 Korte gebiedsbeschrijving

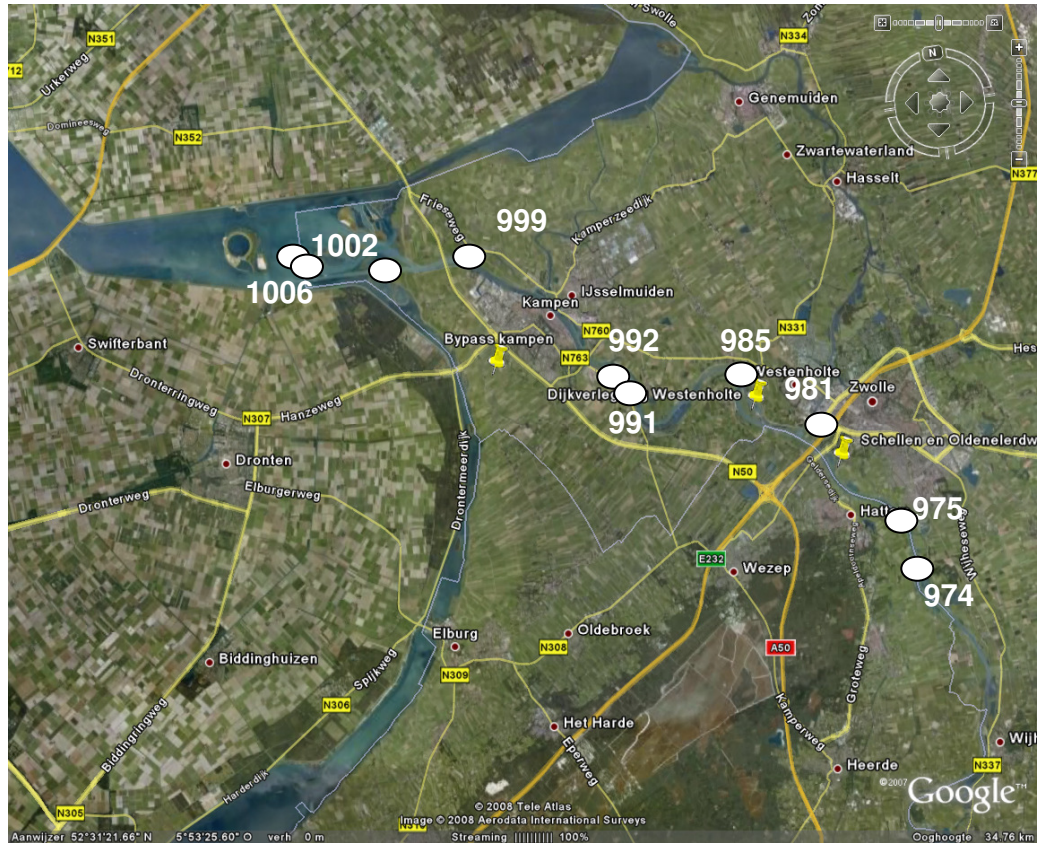
In figuur 1 staat een schematisch plaatje van de IJsseldelta, met een voorstelling van de hoogwatergeul. Voor deze notitie is met name de bypass en de zomerbedverdieping van belang. Dit zijn binnen de PKB uitwisselmaatregelen.



Figuur 1: schematische schets van de situatie rondom Kampen met bypass en Hanzelijn.

De bypass is in het figuur aangegeven, evenals de Hanzelijn (bruin gestippeld). De zomerbedverdieping vindt plaats op de benedenloop van de IJssel, over een traject van ongeveer 20 km, startend vanaf de monding van de IJssel in het Keteldiep en dan verder

bovenstrooms. In figuur 2 staat een aantal karakteristieke plaatsten en een aantal rivierkilometers op de IJssel.

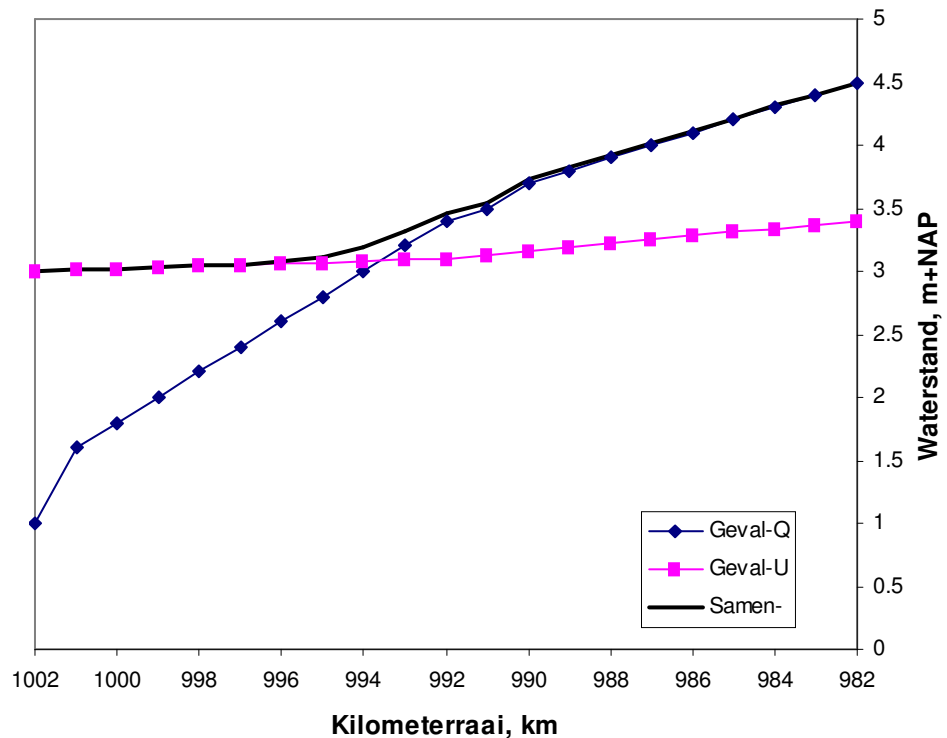


Figuur 2: Enkele karakteristieke elementen in de IJsseldelta. Het rekenmodel eindigt bij km(rivierkilometer)1006. Bij km1002 stroomt de IJssel in het Keteldiep. Rondom km 993-999 ligt de stad Kampen, rond km 975-978 ligt Zwolle. De instroom van de bypass bij Kampen ligt bij km 991. Op km974 ligt op de linkeroever tevens de overgang van een 1:1250 beschermingsgebied naar een 1:2000 beschermingsgebied. Op de rechteroever ligt deze overgang bij Spooldersluis (km 981).

2.3 Aannames en uitgangspunten

In deze notitie gaat het voornamelijk over waterstanden en effecten, bij maatgevende (nu, en op de lange termijn (zichtjaar 2050-2100) condities. Het is daarbij belangrijk te beseffen dat op de IJsseldelta de maatgevende hoogwaterstanden worden gevormd door een combinatie van hoge rivierafvoer op de IJssel, en stormcondities op het IJsselmeer. Vanaf km 974 (linkeroever) en km 981 (rechteroever) hebben de dijkkringen op de IJsseldelta een beschermingsniveau van 1:2000. Buiten de storminvloed van het IJsselmeer worden daar de waterstanden dan ook bepaald door een 1:2000 rivierafvoer. Dicht bij de monding worden de waterstanden volledig bepaald door een 1:2000 storm op het IJsselmeer. Daartussen spelen combinaties van hoge rivierafvoer en storm (zodat de gezamenlijke kans van voorkomen 1:2000 is) een rol.

Tot aan de bepaling van de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 (HR2001) werd voor de IJsseldelta een zeer eenvoudige stochastische benadering gebruikt om de 1:2000 waterstanden te berekenen. Er



Figuur 3: Rekenmethode in de IJsseldelta.

werden afzonderlijke berekeningen voor de hele IJsseldelta gemaakt: één met een 1:2000 rivierafvoer (ook wel genoemd: ('belastinggeval Q'), en één met een 1:2000 storm ('belastinggeval U'). Daar waar beide waterstanden elkaar kruisen, gaat de rivier over van stormgedomineerd naar afvoergedomineerd. Als er in het snijpunt van de ene waterstandslijn naar de andere zou worden overgegaan leidt dat tot een raar knikpunt. Om dat te vermijden wordt geleidelijk overgegaan van de ene lijn naar de andere ((zie figuur 3). Dit is echter een pragmatische methode die verder geen goed onderbouwde grondslag heeft. Deze methode wordt verder aangeduid met 'eenvoudige probabilistische methode', alhoewel het feitelijk een deterministische manier van bepalen van waterstanden blijft.

Voor HR2006 is er voor het eerst een volledig probabilistische aanpak gevolgd, die statistisch goed onderbouwd is en leidt tot 1:2000 waterstanden voor de IJsseldelta die voortkomen uit combinaties van een rivierafvoer en stormcondities. Dit vereist echter een groot aantal berekeningen (ten tijde van HR2006 was de doorlooptijd ongeveer zes maanden) die voor de onderliggende studie niet mogelijk waren. Daarom hebben we gekozen voor de eenvoudige werkwijze conform de eenvoudige probabilistische methode die dus maar 2 berekeningen per scenario vergt. In een parallel project wordt gekeken naar de verschillen tussen deze eenvoudige werkwijze en de volledig probabilistische methode. De eerste resultaten daarvan zijn inmiddels beschikbaar. Een voorzichtige conclusie is dat deze eenvoudige methode een goede benadering is van een volledige probabilistische methode (in ieder geval voor het geanalyseerde

geval bij een maatregevende afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith). Daar moet echter wel direct de kanttekening bij gemaakt worden dat die conclusie gebaseerd is op de situatie *zonder* maatregelen. Een maatregel als de bypass kan tot andere resultaten leiden omdat enerzijds de overlaat aan de bovenstroomse zijde en anderzijds de afsluiting aan de benedenstroomse zijde een cruciale rol kunnen spelen in verschillende combinaties van storm en verhoogde afvoer.

2.4 Randvoorwaarden berekeningen

Een volgend belangrijk punt is de bepaling van de randvoorwaarden voor de diverse berekeningen. De waterstanden op het IJsselmeer bij storm worden namelijk bepaald door de opwaaiing, die bij elke windrichting en windsterkte weer anders is.

Om de randvoorwaarden bij de verschillende Veerman-scenario's (stijging IJsselmeerpeil, in combinatie met verhoogde rivierafvoer) te bepalen is gebruik gemaakt van de database die bij HR2006³ ontwikkeld is. Hierin staan voor een groot aantal waterstanden op het IJsselmeer, en windrichtingen en windsterkten, de resulterende waterstanden in de IJsselmonding. Deze zijn vervolgens opgelegd bij de berekeningen. De peilopzet is steeds bepaald ten opzichte van het winterpeil van -0.4m+NAP. De randvoorwaarde komt dan tot stand door op dat peil een 1:2000 storm in acht te nemen en de opwaaiing te berekenen. Hierbij is meegenomen dat de balgstuw bij Rampspol in werking is.

Om enigszins in lijn te blijven met de uitgangspunten van de eenvoudige probabilistische berekening uit het verleden zijn voor de windrichting en windsterkte dezelfde waarden aangenomen: een 1:2000 storm is een wind met een windkracht van 34 m/s en een windrichting uit 300-315 graden (Noordwest). Deze resultaten staan niet in de database, maar worden daaruit afgeleid door interpolatie tussen wél aanwezige waarden.

2.5 Opmerkingen randvoorwaarden

1.

In de eenvoudige probabilistische benadering is de waterstand voor de korte termijn 1:2000 stormconditie vastgesteld op 2.95m+NAP. Door gebruik te maken van de HR2006-database wordt voor hetzelfde geval een waterstand van 2.73m+NAP gevonden. Voor de eenduidigheid (alle randvoorwaarden zijn op dezelfde manier afkomstig uit de HR2006 database) is voor de korte termijn berekening 2.73m+NAP aangehouden als 1:2000 randvoorwaarde. Hiermee zijn de resultaten minder goed vergelijkbaar met voorgaande analyses, maar geldt voor deze notitie in ieder geval eenduidigheid in de afleiding.

2.

De IJsseldelta is extreem gevoelig voor windsnelheden. Een verandering in de maatgevende wind van bijvoorbeeld 5m/s (van 32m/s naar 37m/s) geeft een verhoging van het maatgevende peil van 71cm (uitgaande van een winterpeil van -0.4m+NAP). Dit geeft aan dat in de ontwerpfase van dijken in de IJsseldelta rekening gehouden moet worden met de probabilistiek. Probabilistisch ontwerpen van dijken is in de IJsseldelta noodzakelijk.

³ HR2006 is 'beleidsmatig' vastgesteld op ongeveer de waarden van HR2001. Bijstelling had betrekking op het corrigeren van fouten en heeft plaatsgevonden in 2003. De bijgestelde standen staan bekend als HR2003. Voor HR2006 zijn wel nieuwe, bijgestelde berekeningen gemaakt maar die hebben niet geleid tot nieuwe randvoorwaarden. De bijgestelde berekeningen staan bekend als TMR2006.

3.

Er is een relatie tussen de zeespiegelstijging en de stijging van het IJsselmeerpeil. In de Lange Termijn analyse zoals die gemaakt is voor de PKB is uitgegaan van een zeespiegelstijging van 0.6 m. Dat leidt tot een IJsselmeerpeilstijging van 0.2 m. Het resterende verschil kan worden opgevangen door vergroting van de spuicapaciteit.

2.6 Randvoorwaarde IJsselmonding bij 1:2000 afvoer

Bij een 1:2000 rivierafvoer hoort een randvoorwaarde (waterstand) aan de IJsselmonding die statistisch jaarlijks voorkomt. In de eenvoudige probabilistische manier is hier 1m+NAP voor gekozen. Deze waarde is te verklaren door aan te nemen dat de hoge IJsselaflow zorgt voor een verhoogd IJsselmeerpeil (ten opzichte van het winterpeil van -0.4m+NAP) en doordat in de monding enkele 'ruwe' elementen (natuurwaarden) die ook zorgen voor opstuwung. Voor de overige scenario's is steeds van deze waarde (1m+NAP) uitgegaan, en die is verhoogd met de meerpeilstijging.

2.7 Afvoeren IJssel Lange Termijn 1:2000

In Aanbeveling 11 van de Commissie Veerman wordt een afvoer van 18.000 m³/s bij Lobith genoemd als de afvoer die in 2050-2100 verwerkt moet kunnen worden. Voor de analyses in dit rapport moet vertaald worden naar een afvoer bij de IJsselkop, omdat in de berekeningen gebruik wordt gemaakt van een deelmodel dat alleen de IJssel omvat. In navolging van de informatie uit het rapport van de Commissie Veerman, en gebruik makend van het rapport 'Van Lobith en Eijsden naar Zee'⁴ is voor de Lange Termijn afvoer bij de IJsselkop een afvoer van 2876 m³/s gekozen. In dit rapport sluiten we aan bij die redeneerlijn en kiezen diezelfde afvoer. Hierbij wordt er van uitgegaan dat 500 m³/s van de 18.000 m³/s bij Lobith wordt geborgen in Rijnstrangen. De Nederrijn-Lek wordt vervolgens ontzien (en krijgt dus geen extra afvoer te verwerken boven het 16.000-deel). De rest van de extra afvoer wordt dan verdeeld over de Waal en de IJssel. Een en ander leidt dan tot een afvoer van 2876 m³/s⁵ bij de IJsselkop. In de berekeningen wordt deze afvoer nog verhoogd met stationaire laterale toevoegingen op diverse locaties langs de IJssel. Uiteindelijk bedraagt de afvoer aan de monding dan ruim 3000 m³/s. De laterale toestromen worden ten opzichte van de korte termijn-scenario's niet verhoogd. Er wordt van uit gegaan dat een eventuele verhoging wordt geborgen in het regionale systeem. Deze afvoer wordt vervolgens gecombineerd met een 'geen wind' scenario op het IJsselmeer. Het daadwerkelijke IJsselmeerpeil is dan afhankelijk van het gekozen scenario (0, 0.5, 1.0 of 1.5 meter stijging)

2.8 Afvoeren IJssel Lange Termijn jaarlijks voorkomend

Bij de berekeningen met een 1:2000 stormconditie hoort een IJsselaflow die statistisch eens per jaar voorkomt. Bij de eenvoudige probabilistische methode is daarvoor een afvoer van 900 m³/s (IJsselkop) aangenomen (korte termijn). Deze afvoer is vervolgens in alle doorgerekende scenario's gelijkgehouden. Bij een klimaatverandering zullen de frequenties van voorkomen van

⁴ Silva en Van der Linden, Van Lobith en Eijsden naar Zee, aanspraak op ruimte op de lange termijn voor de veiligheid tegen overstromingen, Mei 2008. In opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG Water

⁵ Uit berekeningen die uitgevoerd zijn voor de hydraulische randvoorwaarden 2001 (HR2001) blijkt dat de afvoer voor de IJssel gesteld wordt op 2461 m³/s voor een herhalingstijd van 1:1250, en op een afvoer van 2556 m³/s (voor een herhalingstijd van 1:2000). Dit is een toename van 3.9%. Deze lijn volgend is de 1:2000 afvoer voor de lange termijn (conform de uitgangspunten in 'Van Eijsden en Lobith naar zee') gelijk aan 2768 m³/s, verhoogd met 3.9%. Dat komt dan neer op 2876 m³/s.

de verschillende afvoeren toenemen. Zo zal een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith, die nu statistisch gezien slechts eens in de 1250 jaar optreedt, vaker voorkomen. Dat geldt feitelijk voor alle afvoeren, dus ook degene die jaarlijks optreden. Het is echter onduidelijk wat in een klimaatscenario de jaarlijks optredende afvoer zal zijn, en of deze inderdaad wezenlijk verandert. Daarom is er voor gekozen om de jaarlijks optredende afvoer in een klimaatscenario niet aan te passen.

2.9 Scenario's

Het bovenstaande in ogenschouw nemend is gekozen voor de volgende scenario's, zoals samengevat in tabel 1 (zie appendix).

De randvoorwaarden in kolom 6-9 horen bij de twee berekeningen die steeds voor 1 scenario worden gemaakt: het belastinggeval Q (code 007) is dan de berekening met een 1:2000 rivierafvoer en jaarlijks optredend meerpeil aan de monding. Het belastinggeval U is de berekening waarbij aan de monding een 1:2000 storm wordt aangenomen en een jaarlijks voorkomende IJsselafvoer.

Bij de Lange Termijn referentieberekening is uitgegaan van een zeespiegelstijging van 0.6 m, waarvan 0.2 m doorwerkt op het peil van het IJsselmeer. Dat waren de uitgangspunten voor de lange termijn ten tijde van PKB-deel 4. Een en ander is samengevat in de tabel in de appendix.

2.10 Opmerking zeespiegelstijging

De scenario's die bij Veerman gebruikt worden (voor de stijging van het IJsselmeerpeil) komen overeen met een 'plausibele bovengrens'. In die zin is de kans dat deze scenario's ook daadwerkelijk optreden in 2050 of 2100 klein. De scenario's wijken ook af van de gangbare internationale scenario's zoals gebruikt door IPCC en zoals geïnterpreteerd door het KNMI voor de Nederlandse situatie. In het rapport wordt overigens nadrukkelijk gesteld dat het hier gaat om een bovengrens. Het komt er op neer dat mondiaal een zeespiegelstijging van 110 cm plausibel wordt geacht. Vertaald naar Nederland is dat dan 120 cm, en gecombineerd met de bodemdaling komt dat neer op 130 cm in 2100.

2.11 Maatregelen in het Korte Termijn Pakket en het Lange Termijn Pakket

Het korte termijn pakket bestaat uit de maatregelen zoals beschreven in deel 4 van de PKB (blz 22, Vastgesteld Besluit), en dan die maatregelen meegenomen die relevant zijn voor de IJsseldelta. Aangezien de analyse in dit rapport het effect van de hoogwatergeul in beeld wil brengen is zomerbedverdieping vervangen door de hoogwatergeul.

Het korte termijn pakket is tot stand gekomen door berekeningen te maken ten opzichte van een zekere uitgangssituatie (grofweg de geografische situatie van 2001) met daarin opgenomen lopende ontwikkelingen die naar verwachting in 2015 afgerond zijn. Hierin zijn vervolgens ontwerpen van de PKB-maatregelen verwerkt. Voor deze situatie is een berekening gemaakt met de MHW-afvoer (16.000 m³/s bij Lobith en een vaste (beleidsmatige) afvoerverdeling. Bij een vergelijking met de waterstanden zoals beschreven in HR1996 bleek toen dat de berekende waterstanden vrijwel overal lager waren dan de HR1996 standen. Waar dat niet het geval was, is in de PKB dijkversterking opgenomen als maatregel.

Voor de Lange Termijn is anders te werk gegaan. De uitgangspunten waren bekend (een afvoer van 18.000 m³/s bij Lobith, een zekere afvoerverdeling en de wetenschap dat de Nederrijn geen

verdere verhoging van de afvoer zou krijgen), maar het maatregelenpakket (voor de Waal en de IJssel) dat daarbij zou horen is niet precies bekend. Er is in de PKB een aantal binnendijkse gebieden aangewezen waar maatregelen gepland zijn. Verder is aangegeven dat er nog een aanzienlijke hoeveelheid uiterwaarden-projecten zal moeten worden uitgevoerd om de extra afvoer veilig af te kunnen voeren. In de PKB zijn deze uiterwaarden niet met name genoemd. Het rapport 'Van Eijsden en Lobith naar Zee' laat overigens wel zien dat er voor de IJssel nog een keuze in uiterwaarden mogelijk is, waar bijvoorbeeld voor de Waal vrijwel alle uiterwaarden moeten worden ingezet. Voor een Kosten-Baten Analyse die recentelijk voor de PDR is opgesteld voor de IJsseldelta⁶ is een keuze gemaakt op basis van de Blokkendoos. In het lange termijn pakket zoals dat gebruikt is voor deze studie is daarbij aangesloten. Met nadruk geldt dan ook dat met name de ontwerpen van deze uiterwaarden nog vrij 'grof' zijn. Dat geldt ook voor de andere ontwerpen die in het maatregelenpakket zitten. Het zijn allemaal ontwerpen op het niveau van de Blokkendoos: vrij grof, en weinig details zoals die in SNIP2A en SNIP3 ontwerpen te verwachten zijn. Een uitzondering hierop zijn de ontwerpen van Zomerbedverdieping en de Hoogwatergeul. Omdat deze notitie gaat over het effect van juist die maatregelen zijn hiervoor de meest recente ontwerpen (SNIP2A) genomen. Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat voor de Lange Termijn er alleen uiterwaarden zijn gekozen voor de IJsseldelta, en niet voor de rest van de IJssel. Dat betekent dus dat niet op voorhand verwacht mag worden dat met het Lange termijn pakket op het hele studiegebied de taakstelling opgelost wordt. Met name in het bovenstroomse deel kan een restprobleem blijven bestaan dat vervolgens opgelost gaat worden met nog nader aan te geven uiterwaarden.

Het lange termijn pakket zoals gebruikt in deze notitie bestaat dan uit de volgende maatregelen:

Het korte termijn maatregelen pakket (voor zover relevant voor de IJsseldelta):

- Zomerbedverdieping (SNIP2A-ontwerp)
- Dijkverlegging Westenholte (PKB-ontwerp)
- Scheller en Oldeneler buitenwaarden (PKB-ontwerpen)

Uitgebreid met maatregelen bedoeld voor de lange termijn reserveringen

- Bypass Kampen (SNIP 2A-ontwerp)
- Dijkverlegging Noorddiep (nieuw ontwerp, op basis van situatieschets Blokkendoos)

En uitgebreid met een aantal extra uiterwaarden:

- Gelderse Waard en Bentinkwelle (code Blokkendoos y50_y52_2)
- Scherenwelle en Koppelerwaard (code Blokkendoos y55_1L)
- Onderdijkse Waard (code Blokkendoos y56_1)

Naters (code Blokkendoos y57_1)

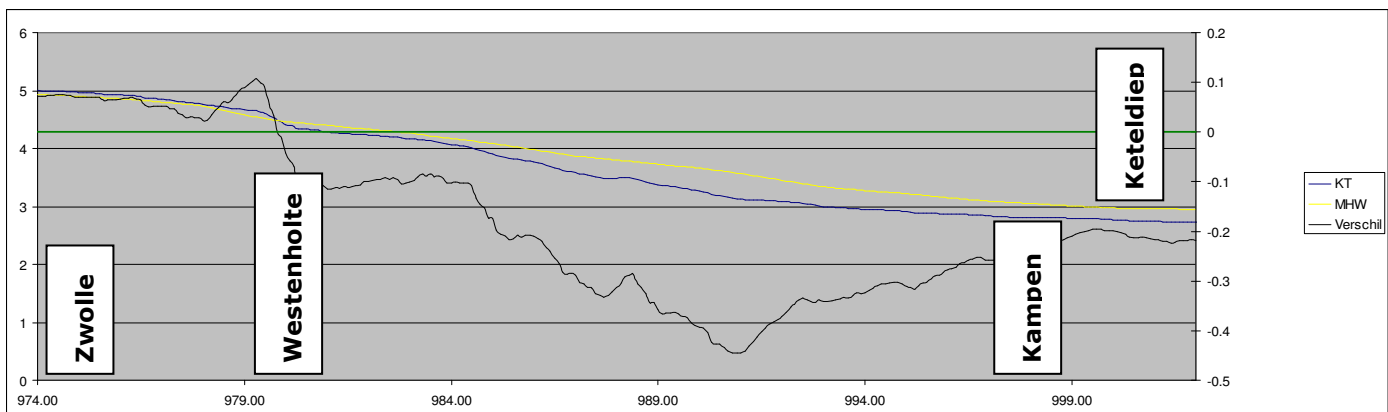
⁶ KBA IJsseldelta Zuid, Witteveen en Bos, in opdracht van het Ministerie van VROM, concept, september 2008.

3 Resultaten

Voor de resultaten geldt dat deze steeds worden vertoond vanaf km 974 (het begin van het 1:2000 beschermingsgebied) tot en met km1002 (monding IJssel in Keteldiep). De IJssel stroomt in de figuren van links naar rechts. In de sectie-heading en de bijschriften bij de figuren staan de scenario's zoals die te vinden zijn in de tabel in de appendix (kolom 2).

3.1 Vergelijking Korte termijn pakket (incl. bypass) met HR1996 (scenario 1)

In figuur 4 worden de korte termijn-gegevens (dus het Ruimte voor de Rivier pakket *inclusief de bypass* en dus zonder de zomerbedverdieping) vergeleken met de HR1996 standen. Dit geeft inzicht in hoeverre de hoogwatergeul het korte termijn probleem oplost



Figuur 4: resultaten scenario 1. Op de x-as staan de rivierkilometers op de IJssel. Op de y-as staan de absolute waterstanden (links) en de verschillen ten opzichte van HR1996 (rechts). In de tekstblokjes staan enkele karakteristieke plaatsen. Zie voor verdere uitleg de tekst.

De gele en blauwe lijn zijn absolute waterstanden (tov coördinaat-as links), de zwarte lijn is het verschil tussen beide lijnen (tov coördinaatas rechts).

Hieruit valt dus te concluderen dat tussen km 974.0 en km 979.8 de HR1996 standen worden overschreden. De maximale overschrijding is 10.7 cm bij km 979.3. Bij km 974 is de overschrijding nog 7.2 cm.

Vanaf km 979.8 zijn de waterstanden lager dan die van HR1996. Bij km 990.9 is de waterstand 44.5 cm onder HR1996. Bij de monding is de waterstand nog 21.8 cm onder HR1996. Een en ander is samengevat in tabel 2.

	Km	Maximum	Locatie
Boven HR1996	974-978.8	10.7 cm	979.3
Onder HR1996	978.8-1002	44.5 cm	990.9
Monding		21.8 cm onder HR1996	1002.0
Km 974		7.2 cm boven HR1996	974.0

Tabel 2: Samenvatting resultaten korte termijn berekening.

Uit figuur 4 kan worden opgemaakt dat de bypass niet voldoet aan het oplossen van de korte termijn opgave. Om de situatie bovenstrooms km 974 te analyseren is een extra berekening nodig met een 1:1250 rivierafvoer.

3.2 Opmerking randvoorwaarde en verzwaarde taakstellingen PKB-maatregelen

1.

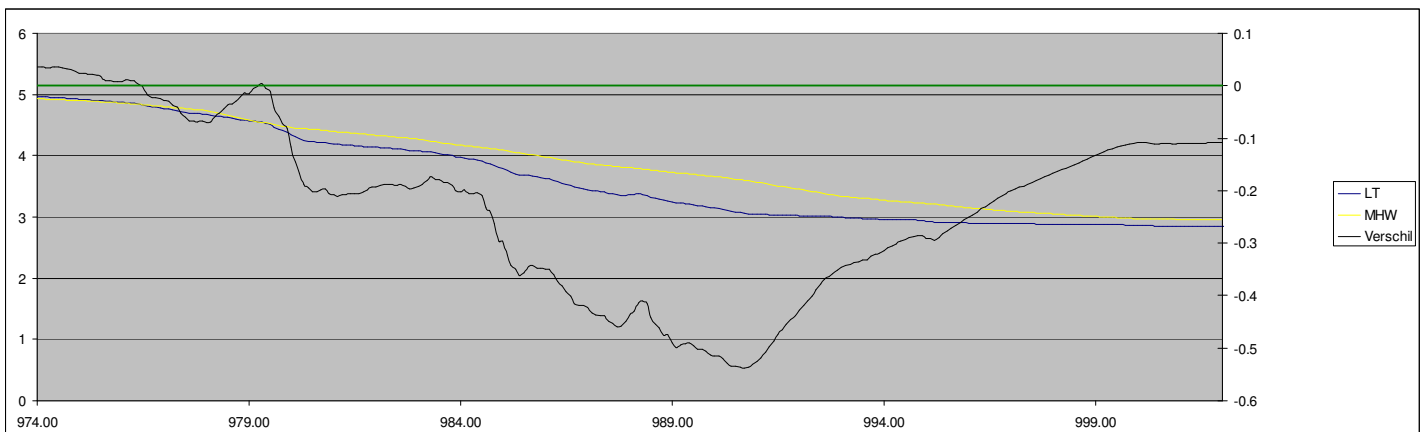
Zoals gezegd in opmerking 2.5.1 is de waterstand (randvoorwaarde) aan de monding van de IJssel 2.73 m+NAP. Dit wijkt af van de waterstand van 2.95 m +NAP die in eerdere berekeningen gebruikt is. Met die waterstand (2.95 m +NAP) zou de onderschrijding van de MHW's op km 1002 nihil zijn.

2.

In figuur 4 is bij km 979 duidelijk een piek in de overschrijding te zien. Deze piek werd ook al gezien in de pakket som zoals die ten grondslag lag aan PKB-deel 4, dus met de zomerbedverdieping als maatregel. Het is precies die constatering (het piekje bij km 979 dat boven de waterstanden van HR1996 uitkwam) die er toe geleid heeft dat zowel de zomerbedverdieping als de maatregel Westenholte een verzwaarde taakstelling hebben meegekregen.

3.3 Vergelijking Lange termijn pakket met HR1996 (scenario 2)

In figuur 5 is de lange termijn situatie weergegeven (0.6 m zeespiegelstijging, doorwerkend in 0.2 meter IJsselmeerpeilstijging, conform de uitgangspunten van de PKB, en een afvoer van 18.000 m³/s bij Lobith).



Figuur 5: resultaten scenario 2. Op de x-as staan de rivierkilometers op de IJssel. Op de y-as staan de absolute waterstanden (links) en de verschillen ten opzichte van HR1996 (rechts). Voor verdere uitleg, zie de tekst.

Tussen km 974-976.5 en op 979.3 zijn de waterstanden hoger dan die van HR1996. Op het overige traject zijn de waterstanden lager. Bij km 974 is de overschrijding nog 3.60cm. In de tabel 3 hieronder is dit samengevat.

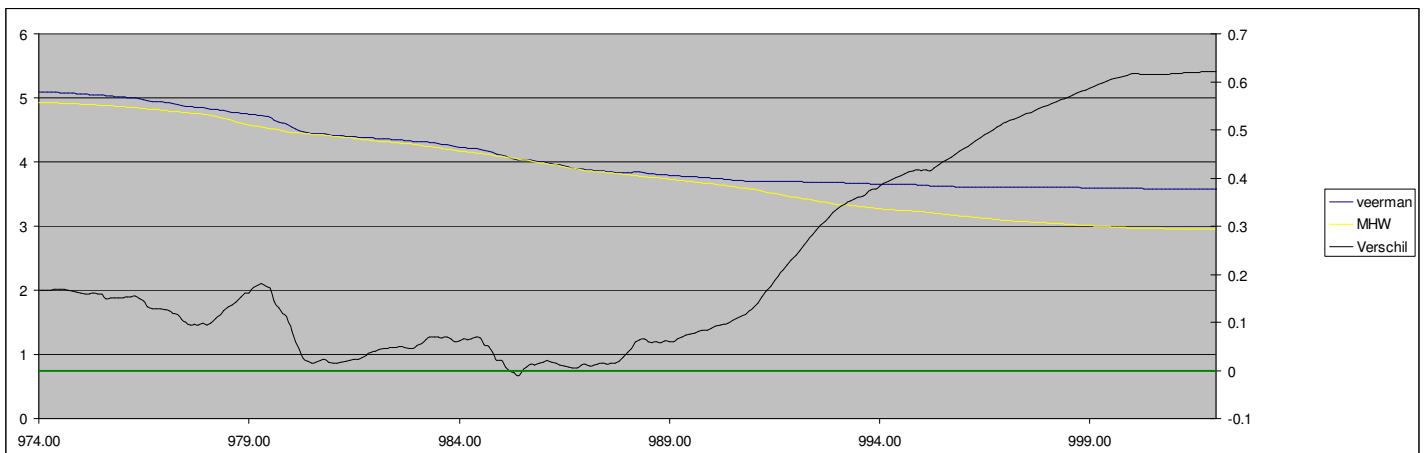
	Km	Maximum	Locatie
Boven HR1996	974-976.3 en 979.3	3.6 cm	974.5
Onder HR1996	976.3-1002 (muv 979.3)	53.7 cm	990.7
Monding		10.8 cm onder HR1996	1002
Km 974		3.6 cm boven HR1996	974

Tabel 3: Samenvatting resultaten lange termijn berekeningen

Conclusie is dan dat het lange termijn pakket op het overgrote deel van de IJsseldelta het veiligheidsprobleem oplost. Zoals al eerder opgemerkt ontbreekt in het lange termijn maatregelenpakket een aantal uiterwaard-maatregelen rondom km 974 (bij Zwolle, zie ook de eerder gemaakte opmerking in paragraaf 2.11).

3.4 Vergelijking Lange termijn pakket (Veerman-scenario van 1.5 meter stijging IJsselmeerpeil) met HR1996 (scenario 3)

In figuur 6 wordt een vergelijking gemaakt tussen de waterstanden die zouden optreden in het Veerman scenario (Lange termijn pakket, 1.5 m. stijging IJsselmeerpeil, 18.000 m³/s afvoer bij Lobith) en de HR1996 standen.



Figuur 6: resultaten scenario 3. Op de x-as staan de rivierkilometers op de IJssel. Op de y-as staan de absolute waterstanden (links) en de verschillen ten opzichte van HR1996 (rechts). Voor verdere uitleg, zie de tekst.

De HR1996 standen worden overall overschreden, behoudens op een kort traject van 300 meter (km 985.2-985.5). De overschrijding ligt op het traject km 974-090 tussen de 0 en 20 cm. Daarna loopt deze op naar ruim 60 cm bij de monding. Bij het begin van het 1:2000 beschermingsgebied (km 974) is de overschrijding nog 16.7 cm. Dit geeft aan dat ook bovenstrooms km 974 in dit scenario nog MHW-overschrijdingen te verwachten zijn. Hiervoor is een extra berekening nodig (met een 1:1250 rivierafvoer). In tabel 4 staan de resultaten weer samengevat.

	Km	Maximum	Locatie
Boven HR1996	974-982.2 en 985.5-1002	62.1 cm	1001.9
Onder HR1996	985.2-985.5	0.3 cm	985.5
Monding		62.1 cm boven HR1996	1002
Km 974		16.7 cm boven HR1996	974

Tabel 4. Samenvatting resultaten lange termijn berekening met meerpeilstijging.

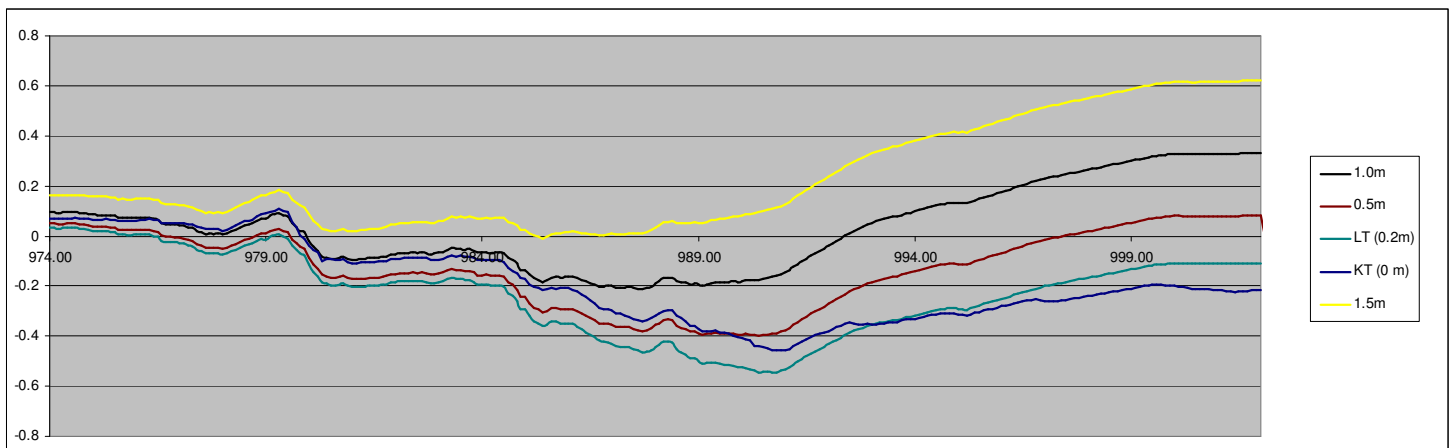
3.5 Vergelijking Lange termijn pakket met Veerman-scenario van 0.5 meter en 1.0 meter stijging IJsselmeerpeil, met HR1996 (scenario 3, 4, 4a en 2a en 1)

In figuur 7 wordt eenzelfde vergelijking gemaakt als in figuur 6, maar nu met een stijging van het IJsselmeerpeil van 0.5 m en 1.0 m, bij een afvoer van 18.000 m³/s bij Lobith. Verder is ook het 'normale' lange termijn scenario vanuit de PKB toegevoegd (0.2 m IJsselmeerpeilstijging) alsmede het korte termijn scenario.

Te zien valt dat bij een stijging van 1.0m (ipv 1.5 m) het beeld iets anders wordt: Tussen km 974-980 en tussen km 992.4-1002 is er nog steeds een overschrijding van de HR1996 waarden, maar in het tussengebied (km 980-992.4) zijn de waterstanden lager dan HR1996. De maximale overschrijding is 33.1 cm bij de monding.

Bij een stijging van slechts 0,5 m worden alleen nog op de trajecten km 974-977, 978.7-979.6 en 998.1-1002 de HR1996 standen overschreden. De maximale waarde van de overschrijding is 5.7 cm bij de monding.

Conclusie is dan dat bij een verhoging met 0.5 meter van het IJsselmeer de overschrijding van HR1996 beperkt blijft, zowel in trajecten als in cm's. Bij een stijging van 1.0 meter is de overschrijding groter, en het traject aanzienlijk langer.

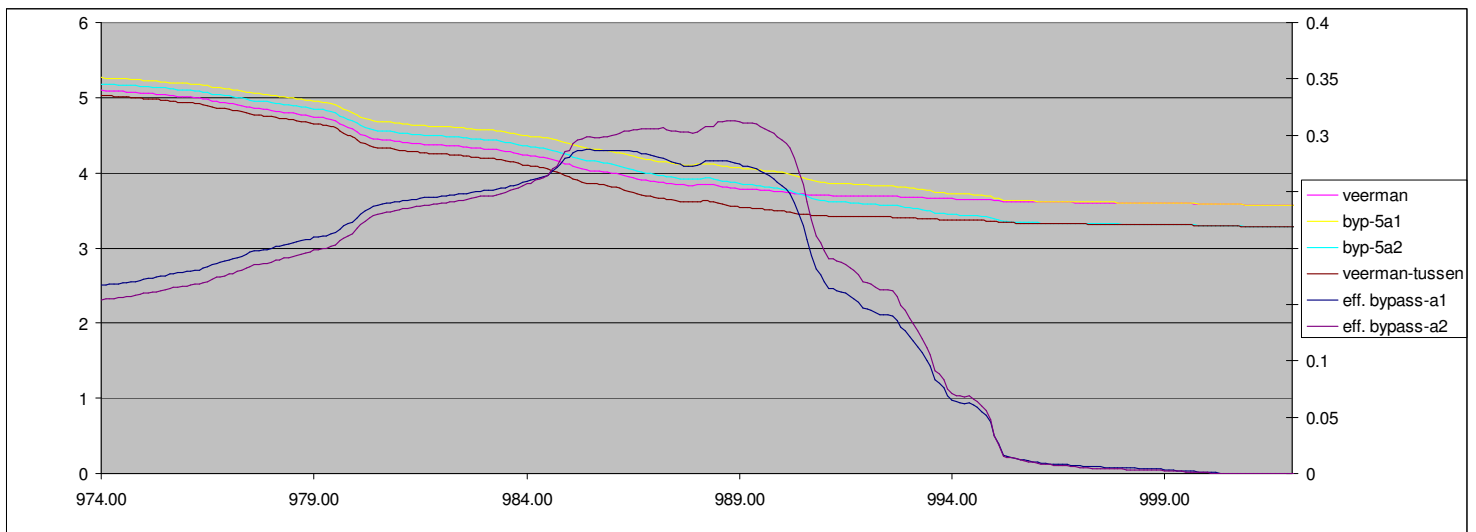


Figuur 7: resultaten scenario 3, 4, 4a, 2 en 1. Op de x-as staan de rivierkilometers op de IJssel. Op de y-as staan de verschillen ten opzichte van HR1996 (rechts). De lijnen

corresponderen met een afvoer van 18.000 m³/s en 0.5, 1.0 en 1.5 meter meerpeilstijging, en het lange termijn en korte termijn scenario. Voor verdere uitleg, zie de tekst.

3.6 Effect Bypass (scenario 5a-1, 5a-2 en 5a-3)

In figuur 8 wordt het effect van de bypass onder verschillende scenario's geanalyseerd.



Figuur 8: resultaten scenario 5a-1 en 5a2. Op de x-as staan de rivierkilometers op de IJssel. Op de y-as staan de absolute waterstanden (links) en de verschillen ten opzichte van HR1996 (rechts). Voor verdere uitleg, zie de tekst

De gele en de paarse lijn zijn de waterstanden van het lange termijn pakket onder de Veerman scenario's (1.5 m. stijging IJsselmeerpeil, 18.000 m³/s afvoer Lobith), met en zonder de bypass Kampen. Deze waarden zijn ten opzichte van de linker coördinaat-as. In donkerpaars is het verschil aangegeven, ten opzichte van de rechter coördinaat-as.

De bruine en blauwe lijn zijn de waterstanden bij 1.0m stijging, en de donkerblauwe lijn is het verschil.

Het is bekend dat de bypass (in het korte termijn scenario, dus geen stijging IJsselmeer, en 16.000 m³/s afvoer bij Lobith) een maximaal effect van 62 cm. heeft bij km. 989-990 (zie audit Deltares). In het Veerman-1.5 scenario is de maximale waterstandsdaling 28.8 cm op km 988.8. In het Veerman-1.0 scenario is de maximale waterstandsdaling 31.26cm op km 985.4. Verder is de taakstelling van de bypass gerelateerd aan de locatie km 979-980. In het korte termijn scenario is het effect van de bypass daar 38-32 cm (zie tabel 5, en dat is overigens te weinig om de taakstelling van 41 cm bij km 980 te halen). Bij Veerman-1.5 is het effect van de bypass bij km 979 gelijk aan 21.0 cm en bij km 980 gelijk aan 22.7cm. Bij Veerman-1.0 zijn de getallen respectievelijk 19.8cm (km 979) en 21.7 cm (km 980).

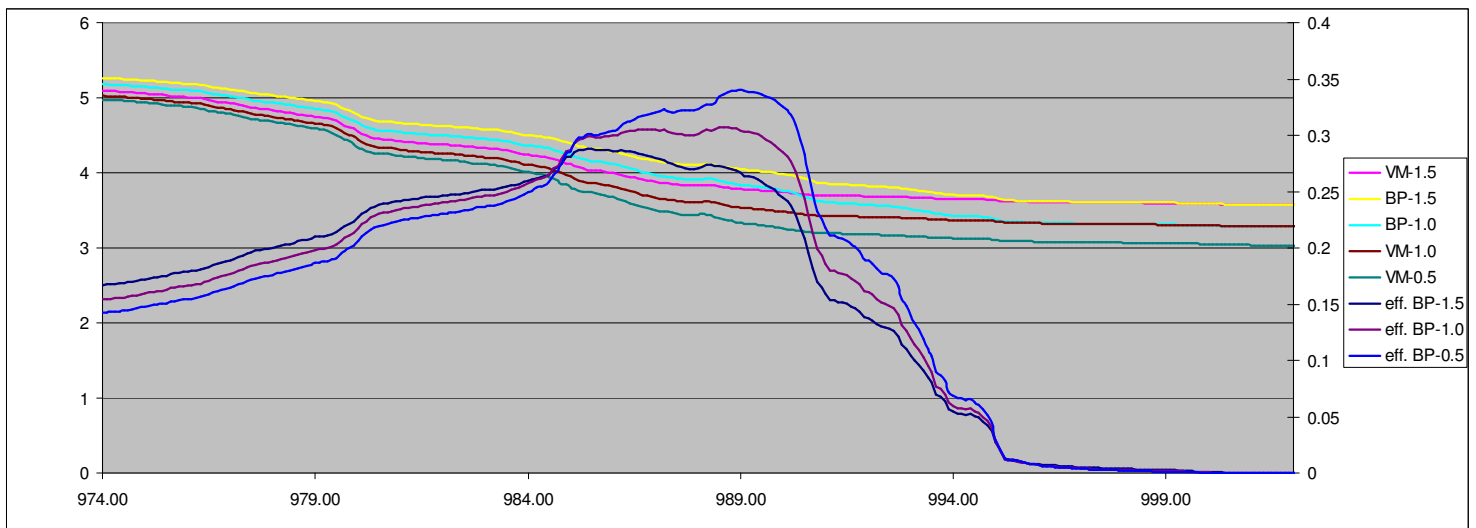
Conclusie is dan (zie ook tabel 5) dat het (maximale) effect van de bypass bij Veerman-1.5 reduceert met 56% ten opzichte van het effect van de bypass in het korte termijn scenario. Bij

Veerman-1.0 is dat 50% (zie overigens ook opmerking 3.5.1. voor een interpretatie van de aanduiding 'effect', in relatie tot 'effectiviteit').

Opvallend is dat er op km 984.6 een omslag plaatsvindt. Het effect van de bypass is op het bovenstroomse traject groter bij een stijging van 1.5 meter. Op het benedenstroomse deel is het effect van de bypass groter bij een kleinere stijging van het IJsselmeer.

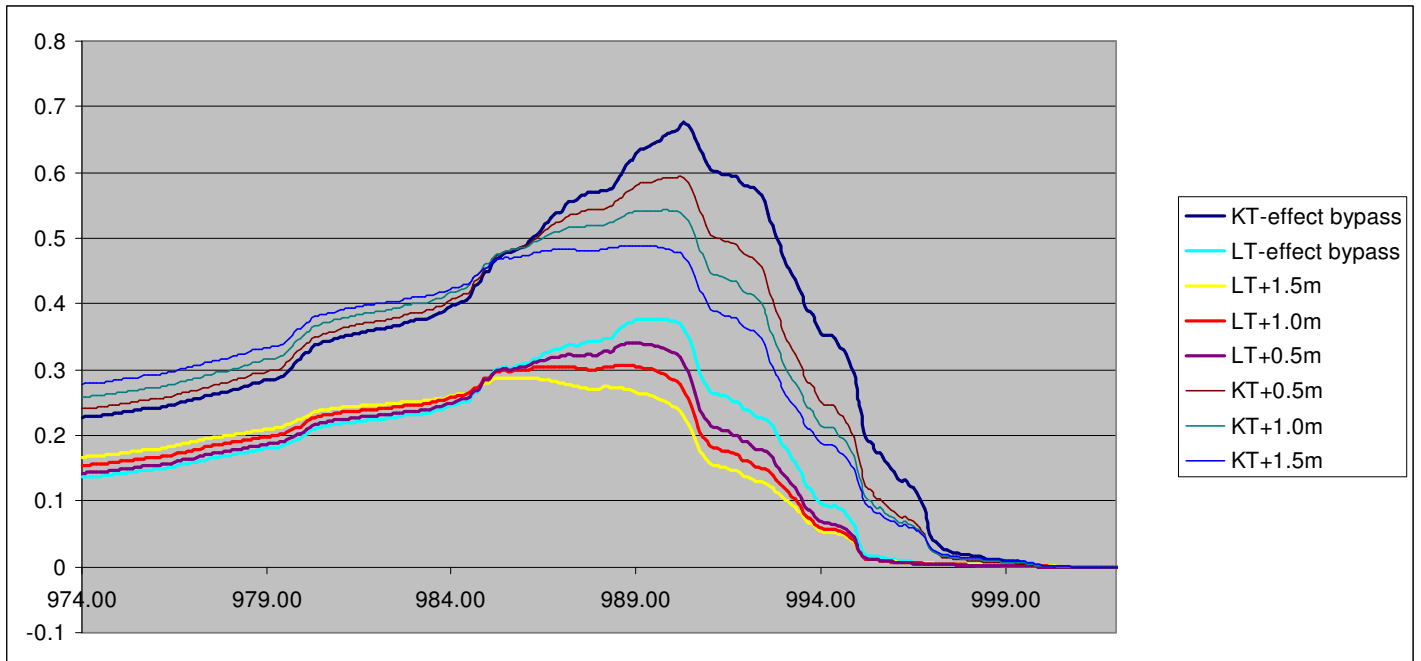
Een verklaring hiervoor kan wellicht gevonden worden in het feit dat de bypass een vaste overlaat heeft bij het inlaat punt. Daardoor is het effect bij hogere waterstanden (dus bij Veerman-1.5) groter. Bovendien wordt er meer debiet door de bypass gevoerd, waardoor er minder debiet over de IJssel zelf gaat. Deze opmerkingen gelden voor het afvoergedomineerde geval in de berekeningen. Immers, bij storm staat de bypass dicht, en is er dus geen effect waar te nemen.

Voor de volledigheid worden in figuur 9 de resultaten van alle scenario's (Veerman-1.5, Veerman-1.0 en Veerman-0.5) naast elkaar gezet. Ook bij de vergelijking van deze 3 scenario's valt het omslagpunt op.



Figuur 9: resultaten scenario 5a-1, 5a-2 en 5a-3. Op de x-as staan de rivierkilometers op de IJssel. Op de y-as staan de absolute waterstanden (links) en de verschillen ten opzichte van HR1996 (rechts). Voor verdere uitleg, zie de tekst.

Tenslotte wordt in figuur 10 het effect van de bypass voor de lange en korte termijn met elkaar vergeleken.



Figuur 10: Op de x-as staan de rivierkilometers op de IJssel. Op de y-as staan de absolute waterstanden (links) en de verschillen ten opzichte van HR1996 (rechts). De lijnen geven de effecten van de bypass in de verschillende scenario's weer: korte termijn met 0,0.5, 1.0 en 1.5 meter meerpeilstijging, en lange termijn met 0.2, 0.5, 1.0 en 1.5 meter meerpeilstijging. Voor verdere uitleg, zie de tekst.

Hierin wordt het korte en lange termijn effect van de bypass getoond (donkerblauwe en lichtblauwe lijn). Dat is dus steeds het verschil tussen een berekening mét en zónder de bypass. Bij deze vergelijking spelen echter een paar dingen door elkaar heen: de lange en korte termijn verschillen in afvoer, IJsselmeerpeil en maatregelenpakket. Dat maakt het moeilijk om de afname in effect goed te kunnen interpreteren.

Daarom zijn ook de effectlijnen KT+0.5m, KT+1.0m en KT+1.5m (de dunne lijnen in de grafiek) opgenomen. Dat zijn de verschilberekeningen met het korte termijn scenario, zonder zomerbedverdieping en mét en zónder de bypass, telkens voor een stijging van het IJsselmeerpeil. Ten opzichte van de dikke blauwe lijn (het korte termijn effect van de bypass) verandert hier dus alleen het IJsselmeerpeil.

Voor de volledigheid zijn ook de lijnen LT+0.5m, LT+1.0m en LT+1.5m (de onderste dikke lijnen). Deze geven het effect van de bypass in het lange termijn pakket weer, met als enige verandering ook weer de IJsselmeerpeilstijging.

In tabel 5 zijn de resultaten nogmaals samengevat. In de kolommen staan de effecten op drie locaties (bij km 980 (Zwolle), omdat daar in de PKB de taakstelling van 29 cm is vastgesteld) en het maximale effect, in de rijen staan de bijbehorende waarden in de verschillende scenario's.

km		979.00	979.50	980.00	max
kt		0.28	0.29	0.32	0.68
lt+0.2		0.18	0.18	0.20	0.38
lt+0.5		0.19	0.19	0.21	0.34
lt+1.0		0.20	0.20	0.22	0.31
lt+1.5		0.21	0.21	0.23	0.29
KT+0.5		0.30	0.31	0.34	0.59
KT+1.0		0.32	0.32	0.35	0.54
KT+1.5		0.33	0.34	0.37	0.49
% effect tov KT	kt	100	100	100	100
% effect tov KT	lt+0.2	63	63	62	56
% effect tov KT	lt+0.5	66	66	64	50
% effect tov KT	lt+1.0	70	70	67	45
% effect tov KT	lt+1.5	74	73	70	43
% effect tov KT	KT+0.5	105	105	104	88
% effect tov KT	KT+1.0	111	111	109	80
% effect tov KT	KT+1.5	118	117	114	72

Tabel 5. Effecten bij verschillende scenario's. Km 979-980 is ter hoogte van Zwolle.

3.7 Debiet over de bypass

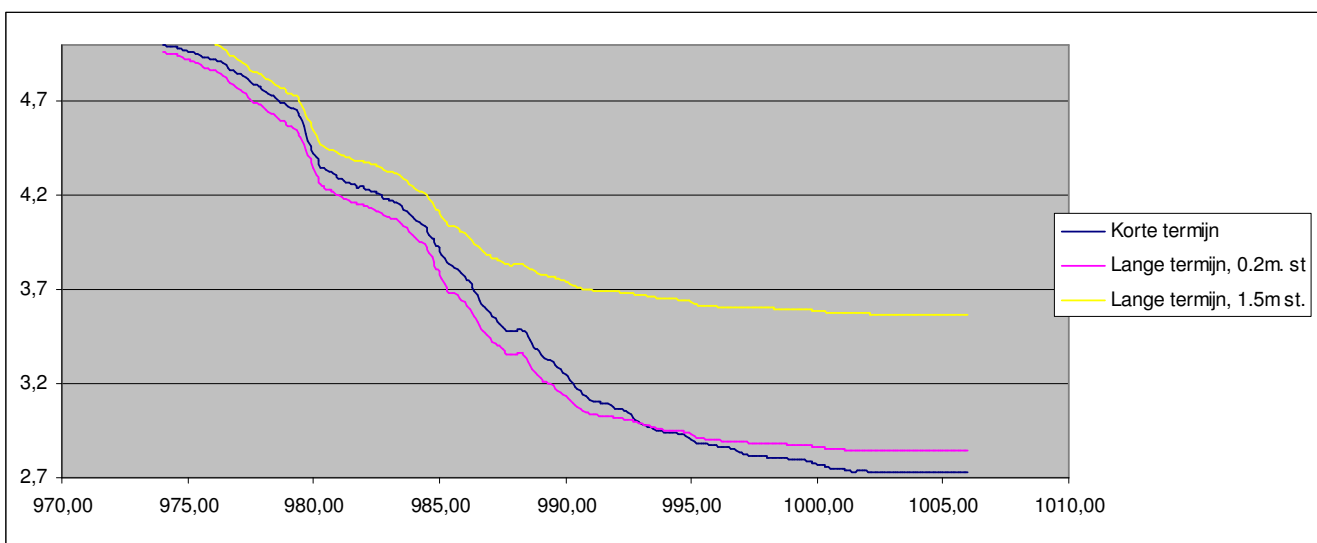
Het ontwerp van de bypass is zodanig gekozen dat er ongeveer 700 m³/s onder maatgevende condities (in de korte termijn terminologie, dus met een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith en geen IJsselmeerpeilstijging) over de overlaat gaat. Het is illustratief om te kijken naar de debieten die in de andere gevallen (IJsselmeerpeilstijging, en een afvoer van 18.000 m³/s) over de overlaat gaan. In tabel 6 staan deze samengevat:

Afvoer lobith (m ³ /s), peilstijging IJsselmeer (m)	Debiet Bypass (m ³ /s)	Waterstand Inlaat (m)	Waterstand uitlaat (m)	Verval over de bypass (m)
16.000, 0	700	3.13	1.21	1.92
16.000, 0.5	736	3.23	1.59	1.64
16.000, 1.0	786	3.38	2.04	1.34
16.000, 1.5	840	3.60	2.52	1.08
18.000, 0.2	580	2.93	1.31	1.66
18.000, 0.5	606	3.02	1.58	1.44
18.000, 1.0	662	3.20	2.03	1.17
18.000, 1.5	772	3.45	2.52	0.93

Tabel 6. Debieten en verval over de bypass bij verschillende omstandigheden.

Hieruit kan dan geconcludeerd worden dat:

- Voor de korte termijn bij een verhoogd IJsselmeerpeil het debiet over de bypass toeneemt van 700 m³/s naar 840 m³/s. Dit komt door het hogere meerpeil dat doorwerkt tot de overlaat en verder bovenstrooms. Daardoor staat er meer water boven de (vaste) overlaat.
- Voor de lange termijn en geringe (0.2m) peilstijging wordt de afvoer gereduceerd tot 580 m³/s. Dit is minder dan de 700 m³/s van de korte termijn. Dit komt omdat met het lange termijn pakket de absolute waterstand bij de inlaat (km 991) lager is dan bij de korte termijn (zie ook figuur 11)

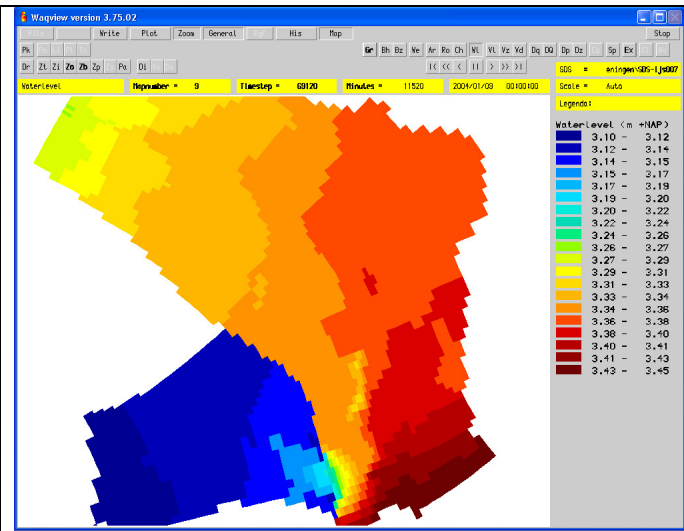
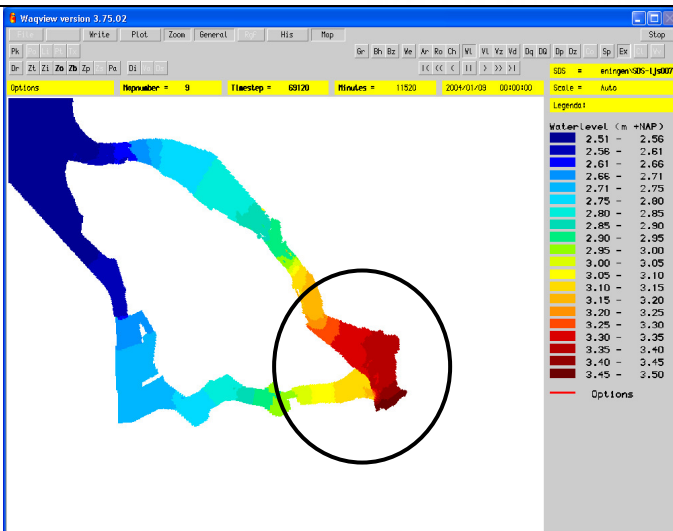


Figuur 11: resultaten scenario 1, 2 en . Absolute waterstanden voor de korte en lange termijn (de laatste met 2 verschillende meerpeilstijgingen). De inlaat van de bypass ligt ongeveer bij km 991.

- Als in de lange termijn berekeningen het meerpeil stijgt neemt de afvoer over de bypass weer toe vanwege de verhoogde waterstanden bij de inlaat. Uiteindelijk is bij een afvoer van 18.000 m³/s en een meerpeilstijging van 1.5 m de afvoer over de bypass zelfs 772 m³/s, dus meer dan in het geval van de korte termijn (met 0 en met 0.5 m meerpeilstijging). In figuur 10 is weer te zien dat in dat geval de absolute waterstand inderdaad groter is dan in het geval van de korte termijn.

De afvoeren over de bypass komen uit de berekeningen. Het is niet duidelijk of het ontwerp van de bypass dergelijke afvoeren ook in werkelijkheid aankan. Dat is geen onderwerp geweest van deze studie.

In figuur 12 staat ter illustratie nog een beeld van het waterstandsverloop in de bypass bij het scenario 'Lange termijn, 1.5m peilstijging'. Daar is duidelijk de instroom in de bypass te zien. Ook blijkt daar uit dat door de manier van modelleren de waterstand in de bypass ongeveer 20 cm lager is dan in de IJssel, ter plekke van de inlaat.



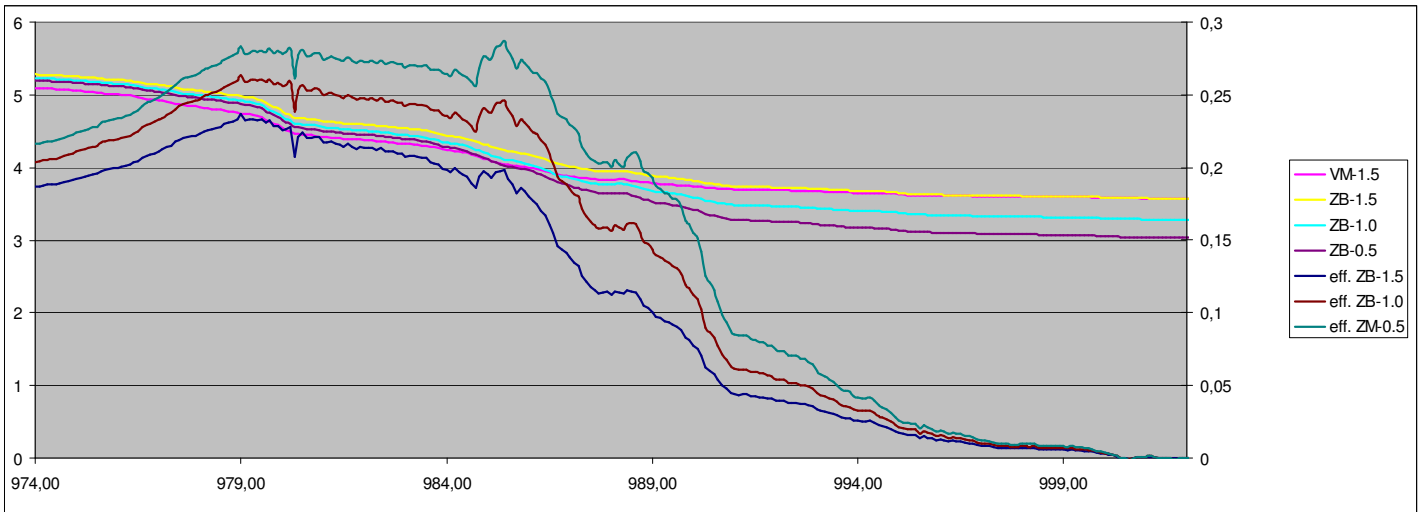
Figuur 12. Waterstanden in de bypass bij een afvoer van 18.000 m³/s en een peilstijging van 1.5m. Boven: situatieschets. Linksbeneden: waterstanden overeenkomstig de situatieschets, Rechts een detail ter plekke van de inlaat (zie cirkel).

3.8 Opmerking effect versus effectiviteit

Het is een bewuste keuze om te spreken over 'effect van de bypass' en niet over 'effectiviteit van de bypass'. Men zou kunnen spreken over een verminderde effectiviteit van een maatregel als scenario's met elkaar worden vergeleken waarbij slechts 1 element (bijvoorbeeld de IJsselmeerpeilstijging) veranderd. In figuur 7 worden lange termijn en korte termijn resultaten met elkaar vergeleken, en lopen de effecten van meerpeilstijging en de inzet van andere maatregelen (voor de lange termijn wordt immers de combinatie van zomerbedverdieping en de bypass ingezet, alsmede de dijkverlegging Noorddiep) door elkaar heen. Daarom kan niet gezegd worden dat de effectiviteit van de bypass afneemt. Voor de beeldvorming is dit een belangrijke nuance.

3.9 Effect zomerbedverdieping (scenario 5b-1, 5b-2 en 5b-3)

In figuur 13 wordt het effect van de zomerbedverdieping voor Veerman-1.5 en Veerman-1.0 geanalyseerd, op eenzelfde manier als bij de bypass.



Figuur 13: scenario 5b-1, 5b-2 en 5b-3. Effecten zomerbedverdieping bij verschillende scenario's. VM-1.5 is lange termijn scenario (18.000 m³/s), met 1.5 m peilstijging. ZB-1.5 is lange termijn scenario zonder zomerbedverdieping, met 1.5 m peilstijging, eff ZB-1.5 is het effect van dit scenario (verschilberekening met en zonder maatregel). De andere lijnen zijn scenario's met 1.0 en 0.5 meter meerpeilstijging.

Het effect van de maatregel hangt af van de waterdiepte. Bij een hogere waterstand neemt het effect af. Dat is duidelijk te zien in figuur 13. De waterstandsvaling ten gevolge van de maatregel zomerbedverdieping is kleiner bij ZB-1.5, dan bij ZB-1.0.

Bij een vergelijking van figuur 10 en figuur 13 blijkt bovendien dat de bypass meer waterstandsvaling geeft bij de verschillende scenario's dan de maatregel zomerbedverdieping. Bovendien is de locatie waar maximale waterstandsvaling wordt behaald anders. Bij de hoogwatergeul ligt dit ongeveer bij km 988, bij zomerbedverdieping ligt dat ongeveer 10 km bovenstrooms. Dit is overigens in overeenstemming met de resultaten voor de korte termijn.

Het korte termijn effect van de zomerbedverdieping is op km 980 33.5 cm. (zie Was-Wordt-rapportage⁷). Daar staat ook te lezen dat het maximale effect in de korte termijn berekeningen 39.46 cm was op km 990. Bij Veerman-1.5 is het effect van zomerbedverdieping op km 980 gelijk aan 22.6cm. Het maximale effect wordt bereikt op km 979.0 (23.7cm).

Conclusie is dan dat op km 980 voor Veerman-1.5 het maximale effect reduceert met 33%. De locatie waar het maximale effect wordt behaald verschuift van km 990 naar km 979.

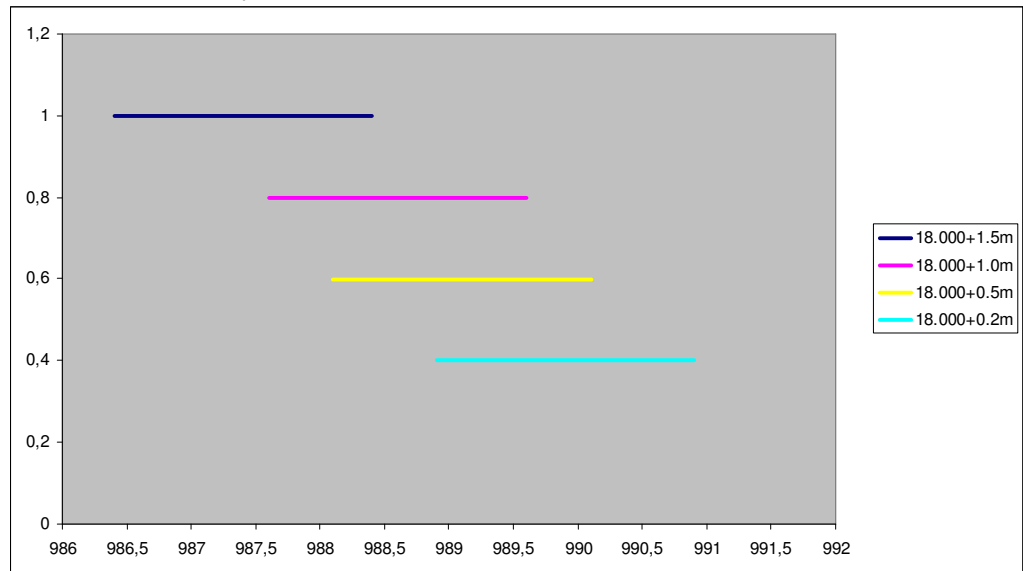
Bij Veerman-1.0 reduceert het effect bij km 980 tot 25.6 cm. De reductie is dan 24%. Het maximale effect wordt bereikt op km 979.0 en bedraagt 26.4cm.

⁷ Vaststelling PKB-taakstellingsberekeningen. De was-wordt-lijst R. Schielen, december 2007. (bijlage bij brief WRR-5586),

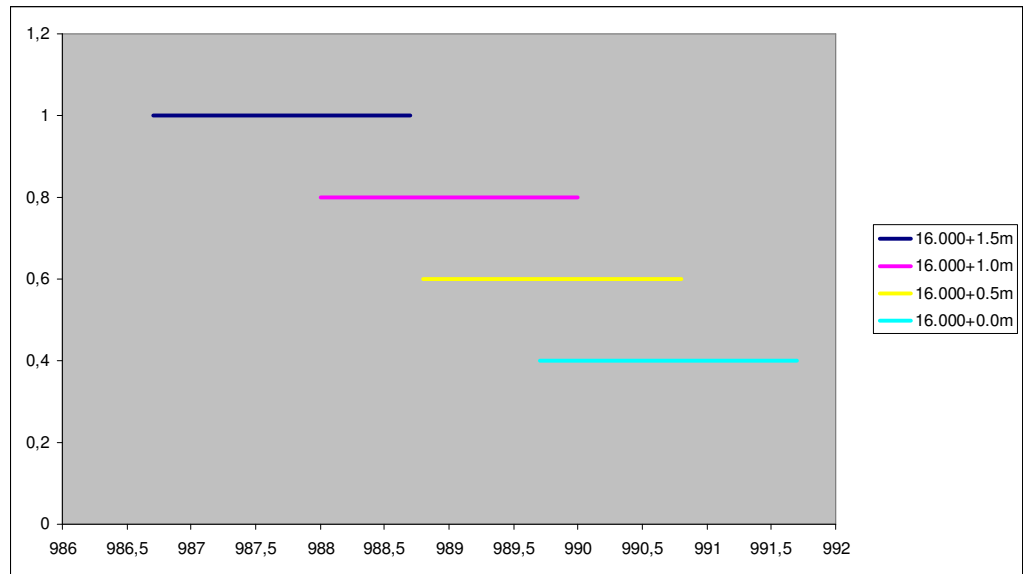
3.10 Verschuiving stormgedomineerde traject

Alle resultaten in deze notitie zijn berekend met de eenvoudige verhanglijnen-methode. Er worden twee berekeningen gemaakt die vervolgens worden gecombineerd (zie figuur 3 en de verklarende tekst in paragraaf 2.3 tot en met 2.5). In de IJsseldelta worden de waterstanden door de storm bepaald. Met de meerpeilstijging dringt de storminvloed verder benedenstrooms door. In figuur 16 is weergegeven hoeveel de storm opschuift in de verschillende scenario's. Daarbij is uitgegaan van figuur 3, en is het snijpunt van de twee lijnen gedefinieerd als het punt waar de invloed van de storm ophoudt, en waar invloed van de afvoer begint. Als er volledig probabilistisch gerekend wordt is dit overigens niet meer zo eenduidig te stellen.

De conclusie is dat dit overgangsgebied in de korte termijn rondom km 991.7 zit, en in de lange termijn rondom km 991.7. Bij de verschillende meerpeilstijgingen schuift dit gebied maximaal 3.0 km op in de korte termijn (naar km 988.7), en maximaal 2.5 km in de lange termijn (naar km 988.4). De veronderstelling dat bij een meerpeilstijging het stormgedomineerde gebied 'tientallen' kilometers opschuift is dan ook niet terecht.



Figuur 15 a



Figuur 15 b

Figuur 15: De ligging van het gebied waar de invloed van storm ophoudt en waar de invloed van de afvoer begint. In figuur 15 a staat de situatie bij 18.000 m³/s en verschillende meerpeilstijgingen, in figuur 15 b staat de situatie bij 16.000 m³/s en verschillende meerpeilstijgingen. Er is steeds een gebied van 2 km. Aangegeven rondom het snijpunt van het belastinggeval wind en het belastinggeval afvoer (zie ook figuur 3 en paragrafen 2.3-2.5).

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Hieronder volgen eerst puntsgewijs de conclusies zoals getrokken kunnen worden uit de verschillende berekeningen. Deze conclusies zijn in de voorafgaande paragrafen getrokken en worden hier herhaald met een referentie aan de desbetreffende paragraaf. Daarna volgt nog een aantal meer algemene conclusies.

Bij alle analyses is uitgegaan van een onveranderde afvoerverdeling. Andere aanbevelingen uit het rapport Veerman zouden kunnen leiden tot een aangepaste afvoerverdeling bij de beide splitsingspunten. De resultaten uit dit rapport zouden dan herzien moeten worden.

- Par. 3.1: De bypass voldoet niet aan het oplossen van de korte termijn
- Par. 3.3: Het lange termijn-pakket (zomerbedverdieping én de bypass Kampen, samen met de andere lange termijn maatregelen zoals beschreven in PKB-deel 4) lost op vrijwel de gehele IJsseldelta het veiligheidsprobleem op. De resulterende waterstanden liggen lager dan die van HR1996.
- Par. 3.4: Met een meerpeilstijging van 1.5 meter en een afvoer van 18.000 m³/s zijn de waterstanden op bijna de gehele IJsseldelta hoger dan HR1996 en blijft er dus op vrijwel het hele traject een veiligheidsprobleem.
- Par. 3.5: Bij een meerpeilstijging van 0.5 meter en een afvoer van 18.000 m³/s is het veiligheidsprobleem beperkt; bij een peilstijging van 1.0 meter is de overschrijding van HR1996 groter en het traject aanzienlijk langer.
- Par. 3.6: Het effect van de bypass neemt in de lange termijn scenario's (meerpeilstijging met verhoogde afvoer) aanzienlijk af (tot 25-40 cm, afhankelijk van de peilstijging). Ook de scenario's voor korte termijn mét peilstijging geven een lager effect van de bypass te zien (45-60 cm). De vergelijking is steeds met het effect van de bypass in de korte termijn (zonder peilstijging).
- Par. 3.6: Het effect van de de bypass vertoont onder verschillende scenario's een opmerkelijk omslagpunt. Bovenstrooms van dit omslagpunt is het effect van de bypass bij een grotere stijging van het meerpeil groter dan bij een lagere stijging, benedenstrooms van het omslagpunt is dit precies andersom.
- Par. 3.7: Het debiet over de bypass neemt in de korte en lange termijn toe met de meerpeilstijging. Het debiet over de bypass voor de lange termijn is 120 m³/s minder dan in de korte termijn.
- Par. 3.9: Het effect van zomerbedverdieping neemt af met de peilstijging. De locatie waar het maximale effect wordt bereikt verschuift in bovenstroomse richting.
- Par. 3.10: Door de peilstijging verschuift het stormgedomineerde deel in bovenstroomse richting. De mate van verschuiving blijft beperkt tot minder dan 5 km.

Algemene conclusies:

- Peilstijgingen werken bovenstrooms 974 nog aanzienlijk door en er zullen aanvullende uiterwaardmaatregelen nodig zijn om deze stijging teniet te doen. Om ook het effect op de rest van de IJssel inzichtelijk te maken zijn aanvullende berekeningen nodig met een 1:1250 afvoer en een aanvullend (lange termijn) maatregelpakket.

- Het effect van de bypass gaat procentueel meer naar beneden dan het effect van de zomerbedverdieping bij verschillende Veerman scenario's, en gemeten ten opzichte van de korte termijn. De bypass (maar ook de zomerbedverdieping) blijft wel in absolute zin een effect houden, zelfs bij een IJsselmeerpeilstijging van 1.5 meter.
- De resultaten van deze studie zijn omgeven met een aantal onzekerheden waarvan de invloed nader in kaart moeten worden gebracht
 - werkelijke winterpeilen tov beleidsmatige winterpeil
Er is steeds gewerkt met het beleidsmatige winterpeil van -0.4m+NAP. In de praktijk is echter vaak een hoger winterpeil aanwezig. De waterstanden bij MHW zouden =dan ook hoger worden.
 - Semi-probabilistisch versus volledig probabilistisch
In de huidige studie is een eenvoudige probabilistische analyse gebruikt. Omdat in extreme stormsituaties de bypass wordt afgesloten doet deze dan niet mee in de berekeningen. Het sluitregime van de kering kan echter een invloed hebben op maatgevende situaties als er volledig probabilistisch wordt gerekend. Immers, dan kunnen ook 'matige' stormen met 'matige' afvoeren aanleiding geven tot maatgevende situaties. Dit is nu niet meegenomen.
 - Lange termijn pakket
Er is nu een keuze gemaakt voor een aantal uiterwaarden die in het lange termijn pakket terecht komen. Deze maatregelen zijn verder niet uitgewerkt, en de keuze hiervoor is nog niet gemaakt.

4.2 Aanbevelingen

- Maak de 1:1250ste berekeningen om de invloed van peilstijging voor de hele IJssel inzichtelijk te maken. Daarvoor is meer informatie over het lange termijn pakket nodig.
- Voer een probabilistische analyse uit. Hieruit volgt welke combinaties van storm en afvoeren aanleiding geven tot maatgevende situaties, en kunnen daarmee de resultaten van de vereenvoudigde analyse zoals hier gebruikt, nuanceren.
- Een volledig probabilistische methode geeft ook inzicht in de nieuwe frequentieverdeling als het gaat om het sluiten van de kering van Rampspol en de keringen bij Kampen.
- In tabel 6 staan de debieten en het verval over de bypass. Het is twijfelachtig of de overlaat nog functioneert als een 'volkomen overlaat' bij dergelijke debieten en waterstanden boven de overlaat. Voor de effecten is dit wel van belang, en daarom moeten de condities bij de inlaat nader geanalyseerd worden om hier inzicht in te krijgen.

Naam	Nr.	IJsselmeer- peilstijging	Afvoer Lobith	Maatregelen	Randvoorwaarden 007: Belastinggeval Q: Rivierafvoer is dominant		Randvoorwaarden 008: Belastinggeval U: Wind op IJsselmeer is dominant	
					Km1002: (ketelmeer)	Rivierafvoer (in m ³ /s):	Km1002: (ketelmeer)	Rivierafvoer: (in m ³ /s)
Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	Kolom 5	Kolom 6	Kolom 7	Kolom 8	Kolom 9
Referentie KT	1	0	16.000	KT-pakket (bypass)	1m+NAP	2556	2.73m+NAP	900
Referentie KT	1a	0	16.000	KT-pakket (zonder bypass)	1m+NAP	2556	2.73m+NAP	900
Referentie KT	1b	0.5	16.000	KT-pakket (bypass)	1.5m+NAP	2556	2.73m+NAP	900
Referentie KT	1c	1.0	16.000	KT-pakket (bypass)	2.0m+NAP	2556	3.28m+NAP	900
Referentie KT	1d	1.5	16.000	KT-pakket (bypass)	2.5m+NAP	2556	3.57m+NAP	900
Referentie LT	2	0.2	18.000	LT-pakket	1.2m+NAP	2876	2.84m+NAP	900
Referentie LT	2a	0.2	18.000	LT-pakket minus Noorddiep	1.2m+NAP	2876	2.84m+NAP	900
Veerman	3	1.5	18.000	LT-pakket	2.5m+NAP	2876	3.57m+NAP	900
Veerman tussenscenario	4	1.0	18.000	LT-pakket	2.0m+NAP	2876	3.28m+NAP	900
Veerman tussenscenario	4a	0.5	18.000	LT-pakket	1.5m+NAP	2876	3.03m+NAP	900
Veerman: eff. Bypass	5a-1	1.5	18.000	LT-pakket minus bypass	2.5m+NAP	2876	3.57m+NAP	900
Veerman: eff. zomerbedverdieping	5b-1	1.5	18.000	LT-pakket minus zomerbedverdieping	2.5m+NAP	2876	3.57m+NAP	900
Veerman: eff. Bypass	5a-2	1.0	18.000	LT-pakket minus bypass	2.0m+NAP	2876	3.28m+NAP	900
Veerman: eff. zomerbedverdieping	5b-2	1.0	18.000	LT-pakket minus zomerbedverdieping	2.0m+NAP	2876	3.28m+NAP	900
Veerman: eff. Bypass	5a-3	0.5	18.000	LT-pakket minus bypass	1.5m+NAP	2876	3.03m+NAP	900
Veerman: eff. zomerbedverdieping	5b-3	0.5	18.000	LT-pakket minus zomerbedverdieping	1.5m+NAP	2876	3.03m+NAP	900

Tabel 1: Scenario's, meerpeilen en afvoeren.