



memo

Fout! Onbekende naam voor documenteigenschap.

Op dit moment geldt in Nederland een wettelijk vastgelegde maatgevende afvoer van 16.000 m³/s. U hebt Rijkswaterstaat verzocht een onderbouwing te geven voor het uitgangspunt voor het Deltaprogramma van een maximale afvoer van 18.000 m³/s bij Lobith in 2100.

Na onderstaand advies licht ik dit toe door het eerst in de historische context te plaatsen. Vervolgens ga ik in op de methoden om deze afvoer te bepalen en de daarbij behorende onzekerheden. Dit vormt de basis om voorspellingen te doen van maximale hoogwaterafvoeren bij verschillende scenario's. Tenslotte geef ik u een onderbouwing van de keuze voor de te hanteren maximale afvoer.

Samengevat luidt mijn advies:

- We weten zeker dat klimaatverandering ervoor zorgt dat de rivierafvoer van de Rijn in de winter toeneemt. Dat zien we in alle klimaatscenario's. Het gaat dus niet om de vraag óf de afvoer toeneemt, maar het tempo waarmee die verandering plaatsvindt.
- Waterveiligheid is voor het voortbestaan van Nederland letterlijk van levensbelang. In NWP is er daarom voor gekozen uit te gaan van de bovenkant van de KNMI'06-klimaatscenario's. Dan weten we zeker dat we goed zitten. Voor de afvoer van de Rijn bij Lobith betekende dat, dat in NWP is gekozen voor een afvoer van 18.000 m³/s in 2100. Uit de analyse van de nieuwste onderzoeken blijkt, dat dit niet de bovenkant van de bandbreedte weergeeft, maar eerder het midden. Uitgaande van de principes van NWP ('zeker weten dat we goed zitten', 'waterveiligheid is van levensbelang voor het voortbestaan van Nederland') zou daarom gekozen moeten worden voor een hogere waarde dan 18.000.
- We adviseren echter niet uit te gaan van een hogere waarde, omdat op dit moment de hoogwatergolf afgetopt wordt in Duitsland. Wel adviseren we de situatie in Duitsland nauwlettend in de gaten te houden. Op het moment dat Duitsland overgaat tot dijkverhogingen, zullen zeer waarschijnlijk ook in Nederland extra maatregelen genomen moeten worden.

Historische context, de onderbouwing van de huidige maatgevende afvoer van 16.000 m³/s

Datum
3 september 2013

De afvoer van de Rijn bij Lobith wordt sinds 1901 bijgehouden en beslaat dus een reeks van 110 jaar. In de historisch gemeten afvoeren is een daadwerkelijke hoogste afvoer gemeten van 12.600 m³/s. Maar er zijn aanwijzingen dat zich in het verleden mogelijk ook veel hogere afvoeren hebben voorgedaan. Op basis van merktekens gemaakt in het jaar 1374 aan de Dom in Keulen hebben Herget en Meurs¹ berekend dat die gebeurtenis overeen kwam met een afvoer (bij Keulen) van 23.800 m³/s (met een onzekerheidsmarge tussen 18.880 m³/s en 29.000 m³/s). Het is niet bekend wat dit voor afvoer zou hebben gegeven bij Lobith. Het is echter wel de bedoeling om op korte termijn hier een onderzoek naar te starten.

Op basis van deze gemeten reeks wordt door middel van extrapolatie uitspraken gedaan over de maatgevende afvoer die een kans van voorkomen heeft van 1:1250. Hierbij zijn correcties ingevoerd voor de tot 1977 uitgevoerde aanpassingen aan het stroomgebied. In 2001 is op basis hiervan voor de huidige situatie de maatgevende afvoer bepaald op 16.000 m³/s.

Methoden om maatgevende afvoer te bepalen kennen onzekerheidsbanden

Het extrapoleren van gemeten afvoeren is een methode die gepaard gaat met onzekerheidsbanden. De maatgevende afvoer van 16.000 m³/s is bepaald bij een 95 % betrouwbaarheidsinterval van 13.580 -18.220 m³/s. Er is dus een kleine kans (minder dan 2,5 %) dat de echte afvoer lager dan 13.580 of hoger dan 18.220 m³/s kan zijn. De beperking van deze methode is dat het niet mogelijk is om toekomstige ontwikkelingen te modelleren.

Een andere methode om de extreme en maatgevende afvoeren te berekenen is door middel van rekenmodellen (neerslag-afvoer-afvoerrouting). Het voordeel van deze modellen is dat we veel meer parameters kunnen meenemen en daarmee de werkelijke situatie beter kunnen modelleren. Maar net als bij elk model zijn er bandbreedtes in de ingevoerde parameters. Daarmee worden modelonzekerheden geïntroduceerd. Door validatie met daadwerkelijk opgetreden afvoeren en bijbehorende waterstanden kan de betrouwbaarheid van een model worden vergroot. Het model GRADE zit nu in dit validatietraject, Uitkomsten van GRADE kunnen daarom nu nog niet gebruikt worden. Waarschijnlijk is de validatie van GRADE eind 2012 af.

Het grote voordeel van deze modellen is ook dat we de effecten van toekomstige maatregelen aan het rivierbed of waterkeringen (in Nederland maar ook in Duitsland) kunnen modelleren en we daarmee ook het effect van die maatregelen op de toekomstige maatgevende afvoer kunnen bepalen. Dit kan niet via de huidige statistische methode. Met een dergelijke modellentrein kunnen namelijk wel langere reeksen worden geproduceerd waarop ook weer statistiek kan worden toegepast. De *statistische* onzekerheid wordt door de langere reeksen substantieel verkleind².

¹ Reconstructing peak discharges for historic flood levels of Cologne, Global and Planetary Change, vol. 70, pp 108-116, 2010

² Aline te Linde :proefschrift Rhine at Risk

Beschouwing toekomst scenario's

In de huidige situatie zullen vanaf bepaalde hoogwaterstanden in Duitsland gebieden gaan overstromen. Hierdoor wordt de mogelijke afvoer fysiek begrensd. Dit wordt aftoppen genoemd. Bij het aftoppen speelt de golfvorm en de geografische situatie in Duitsland een grote rol.

Datum
3 september 2013

De situatie waarbij geen overstromingen meer in Duitsland plaats vinden (bijvoorbeeld na dijkverhogingen in Duitsland in Oberrhein en Niederhein gebied) noemen we niet-aftoppen.

Een tweede variabele is het klimaatscenario waarvan uitgegaan wordt. De afgelopen jaren zijn verschillende studies naar de effecten van klimaatverandering op het afvoerregime van de Rijn uitgevoerd. In het achtergrondrapport (Vellinga) voor de Deltacommissie zijn de resultaten daarvan samengevat.

De belangrijkste redenen voor een toekomstige hogere Rijnafvoer zijn meer neerslag (en dan de toename van de 10-daagse neerslagsom) en een hogere temperatuur. Hogere temperaturen zorgen voor minder buffering door sneeuw. Het dempende effect van sneeuw zal kleiner worden en de gevallen neerslag zal direct naar de Rijn worden afgevoerd. De Rijn zal van een gecombineerd neerslag-sneeuw regime veranderen in een regenrivier, zoals met de Maas. In Nederland zijn de KNMI klimaatscenario's het uitgangspunt.

Bij niet-aftoppen en klimaatwijzigingen conform KNMI-scenario's is in 2100 bij Lobith een maatgevende afvoer tussen 17.000 en 22.000 m³/s te verwachten.

In het onderzoek naar bovengrensscenario's voor klimaatverandering voor overstromingsbescherming van Nederland, uitgevoerd op verzoek van de Deltacommissie³ staat onderstaande tabel opgenomen. Dit zijn resultaten bij niet-aftoppen en met een kans van voorkomen van 1:1250.

	Referentie-waarde	2050	2100	2200
Piekafvoer (m ³ /s)	16.000	16.500 -19.000 [†]	17.000 – 22.000 [†]	n.v.t.
Verandering in %		3 - 19	6 - 38	n.v.t.

[†]Deze bereiken zijn ruwe schattingen gebaseerd op beperkte kennis. Behalve door de onzekerheid over de gemiddelde meteorologische condities, wordt de range voor 2100 ook veroorzaakt door de grote gevoeligheid van piekafvoeren voor veranderingen in meerdaagse neerslagvariabiliteit, een neerslageigenschap die nog niet meegenomen is in de KNMI'06 scenario's. de onzekerheid met betrekking tot de hydrologische modellering en hydraulische effecten is niet meegenomen.

Deze gegevens zijn ook gebruikt in het rapport Deltascenario's, Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012, (Deltares 2011).

³ Onderzoek naar bovengrensscenario's voor klimaatverandering voor overstromingsbescherming van Nederland, Internationale wetenschappelijke beoordeling, Uitgevoerd op verzoek van de Deltacommissie Nederland, september 2008. Redactie: Pier Vellinga, Caroline Katsman, Andreas Sterl, Jules Beersma

De 1:1250 afvoeren die in dat rapport voor de verschillende scenario's staan zijn voor 2050 en 2100:

Datum
3 september 2013

	Referentie	G	G+	W	W+
2050	16.000	17.000	17.000	18.000	18.000
2100	16.000	18.000	18.000	21.000	20.000

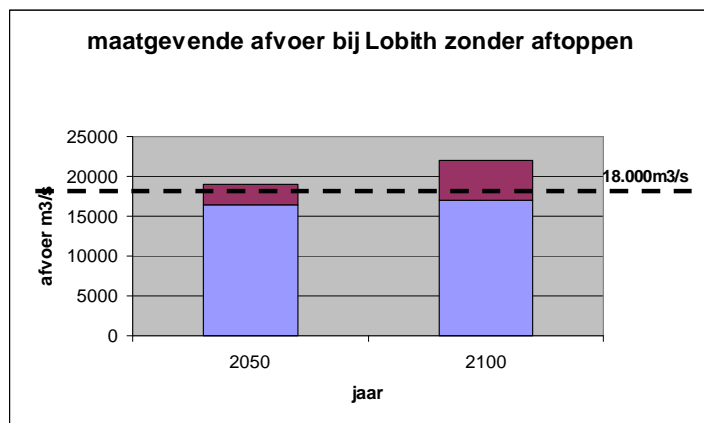
Merk op dat deze afvoeren op basis van KNMI scenario's in de range van de afvoeren uit tabel 1 liggen.

Tenslotte kan er gerefereerd worden aan de studie 'Assessment of Climate Change Impacts on Discharge in the Rhine River Basin: Results of the RheinBlick2050 Project, Report No. I-23 of the CHR (Commission for the Hydrology of the Rhine Basin, 2010). In deze studie zijn toekomstige Rijnafvoeren met verschillende klimaatmodellen berekend.

Voor 2050 geeft deze studie voor de 1:1250 afvoer bij Lobith een range van 16.220 m³/s en 19.500 m³/s. Voor 2100 is de projectie tussen 16.220 m³/s en 21.100 m³/s en in de situatie dat er niet afgetopt wordt.

Ook deze range ligt erg dicht bij de range zoals gegeven in tabel 1.

De resultaten in het achtergrondrapport dat voor de Deltacommissie is gemaakt, worden dus bevestigd door recentere studies en het rapport geeft naar mijn mening de bandbreedte van de te verwachten verandering van de extreme Rijnafvoer weer als er geen sprake is van aftopping door overstromingen in Duitsland.



Bij aftoppen en klimaatwijziging conform KNMI-scenario's is in 2100 een maximale afvoer van 16.000-17.500 m³/s mogelijk bij Lobith.

In het eerder genoemde onderzoek van de Deltacommissie is de redenering voor aftopping door overstromingen uit Duitsland beschreven. Deze zijn gebaseerd op de zogenaamde Niederrhein studie⁴, waarin de Waterdienst een belangrijke inhoudelijke en trekkende rol heeft gehad.

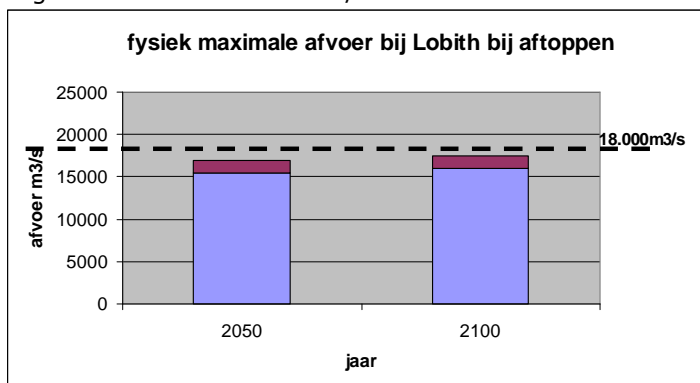
Hierbij wordt uitgegaan van de situatie die in 2020 in Duitsland bereikt is (na uitvoeren dijkverbeteringproject). Door aftopping (overstromingen) in Duitsland

⁴ R. Lammersen, 2004. Grensoverschrijdende effecten van extreem hoogwater op de Niederrhein. Eindrapport. ISBN 9036956390

zal in 2050 de afvoer van 16.500-19.000 m³/s (zie tabel 1) gereduceerd worden tot 15.500-17.000 m³/s.

Voor 2100 zullen de afvoeren van 17.000-22.000 m³/s gereduceerd worden tot ongeveer 16.000-17.500 m³/s.

Datum
3 september 2013



Beschouwing van de afvoer in 2050 en 2100 bij een kans van eens in de 4000 jaar

Gezien de discussie over waterveiligheid in het Deltaprogramma is hieronder een schatting gegeven van een afvoer bij een herhalingskans van 1:4000.

Op basis van de werklijn (statistische benadering, die aanleiding geeft tot de huidige maatgevende afvoer van 16.000 m³/s) hoort bij een herhalingskans van 1:4000 een afvoer van 17.500 m³/s.

In het rapport van de deltasenario's staan op blz. A61 en A62 grafieken met daarin het verband tussen de herhalingstijd en de afvoer voor Lobith, in 2050 en 2100, voor de verschillende scenario's en de referentie. Daaruit is het volgende op te maken (afgerond op 250 m³/s). Voor de situatie met niet-aftoppen.

1:4000 afvoer zonder aftopping	G	G+	W	W+
in 2050	18.750	18.750	20.250	20.000
in 2100	20.250	19.250	23.750	22.500

Op basis van het rapport van Vellinga kan voor deze waarden ook een schatting gemaakt worden van de aftopping.

Voor 2050 is de afvoer met aftopping 16500- 17000 m³/s. In 2100 is dat 17000-18000 m³/s. Deze waarden zijn hoger dan in de huidige situatie omdat de golftop in 2100 hoger is. Hier speelt de geografische situatie (complex patroon van overstromingen en de mogelijkheid tot weer terugvloeien naar de rivier) in Duitsland een rol.

Conclusie : In 2100 is meer dan 18.000 m³/s bij Lobith mogelijk bij dijkverhogingen in Duitsland en klimaatwijzigingen.

Datum
3 september 2013

Hierbij geef ik u de volgende overwegingen mee.

Als eerste wil ik aangeven dat mijn dienst bij de diverse genoemde onderzoeken en studies een belangrijke inhoudelijke rol heeft gehad. Ik kan daardoor instaan voor de kwaliteit van de genoemde afvoerwaarden bij de diverse scenario's. Ik kom daarmee tot de volgende conclusies

Ten tweede wil ik de twee dominante factoren die de maximale afvoer in 2100 bij Lobith kunnen gaan bepalen nog eens toelichten:

- wel/niet overstroomd in Duitsland en de aanpassing van dijken bovenstrooms
- de mate van klimaatverandering

De mate van de toekomstige klimaatverandering is nog onzeker, vandaar dat daar met scenario's wordt gewerkt. Op basis daarvan houden we rekening met een stijging van de extreme afvoeren met een bepaalde bandbreedte.

Het uitgangspunt of er wel of geen overstromingen in Duitsland gaan plaatsvinden is wel afhankelijk van menselijke interventies. Vooralsnog lijkt Duitsland vooral een strategie te hanteren gericht op het reduceren van de potentiële schade. Dit betekent dat Duitsland nu geen plannen heeft tot dijkversterkingen of -verhogingen om overstromingen te voorkomen.

De onbekende factor is de reactie in Duitsland na de eerste overstromingssituaties. In de huidige situatie kan Duitsland bijvoorbeeld nu al noodmaatregelen treffen in de vorm van zandzakken, dit kan een extra afvoer van 500 m³/s geven. Verwacht kan worden dat er vanuit de wens tot bescherming van economische waarde of tegen overlast voor lokale bewoners, Duitsland besluit om in die gebieden dijkverhogingsprojecten uit te voeren of de afvoercapaciteit (RvR) te vergroten. Na deze maatregelen zal er minder aftopping plaatsvinden hierdoor kan er meer water bij Lobith komen. Nu moet bij dit scenario opgemerkt worden dat gezien de afspraken in het Actieplan Hoogwater van de ICBR en de nieuwe Richtlijn Overstromingsrisico (ROR), Duitsland niet zonder overleg met Nederland dergelijke maatregelen zou mogen uitvoeren. In principe is er dus voldoende tijd om samen met Duitsland tot een afgewogen pakket van maatregelen te komen, die hetzij leidt tot waterstandverlagingen hetzij leidt tot aanpassingen aan onze dijken. Ik adviseer dit bij uw beleidsafwegingen mee te nemen.

In het vertrouwen u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd

Fout! Onbekende naam voor documenteigenschap.

DE WAARNEMEND HOOFDINGENIEUR-DIRECTEUR RIJKSWATERSTAAT WATER-DIENST,

ir. P. Struik. **Fout! Onbekende naam voor documenteigenschap.**