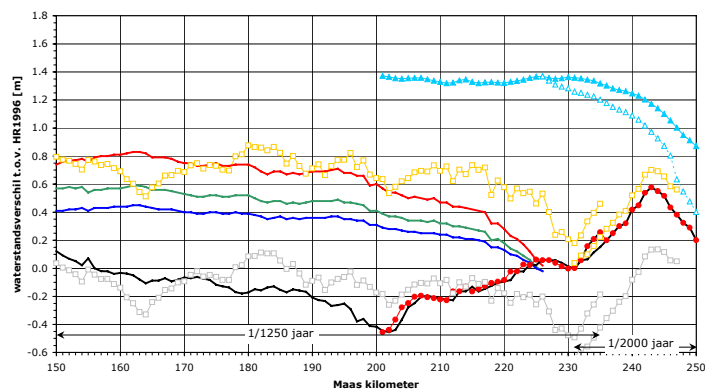


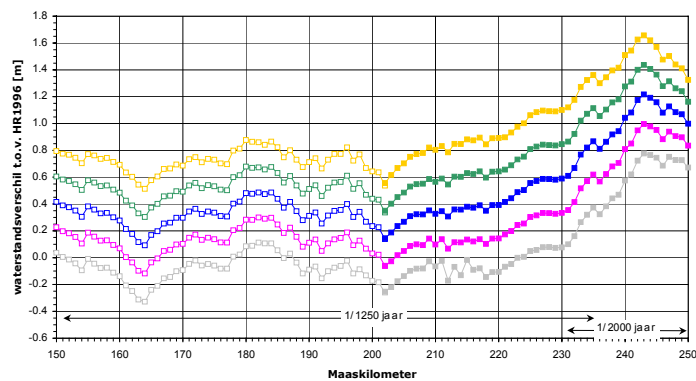
Eenduidige Lange Termijn Taakstelling Maas

Project Rampenbeheersing

Basisgegevens Maas



Taakstelling Maas Lange Termijn met klimaateffect



Auteur: A.P.P. Termes

Inhoud

Lijst van tabellen	ii
Lijst van figuren.....	iii
1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Inconsistenties	1
1.3 Aanpak	2
2 Gegevens	4
2.1 Bronnen	4
2.2 Definities en referenties	4
2.3 Methoden	6
2.4 Beschikbare resultaten	6
3 Analyse	8
3.1 Basisgegevens	8
3.2 Interpretatie gegevens	10
3.3 Taakstelling zonder klimaateffect.....	12
3.4 Taakstelling met klimaateffect.....	14
3.5 Beperkingen van de geldigheid van de hier bepaalde lange termijn taakstelling.....	15
4 Referenties	17

Lijst van tabellen

Tabel 2-1	Schema beschikbare resultaten Maastraject km 150 - km 250	7
Tabel 3-1	Waterstandsverhoging t.g.v. zeespiegelstijging tussen km 226 en km 262.....	9

Lijst van figuren

Figuur 2-1	Toetspeilen voor HR1996 en HR2001 bij normfrequenties 1/1250 en 1/2000 jaar, uit Berger [2002b].....	4
Figuur 2-2	Taakstelling HR2001 t.o.v. HR1996 bij normfrequenties 1/1250 en 1/2000 jaar.....	5
Figuur 3-1	Waterstanden langs de Maas bij verschillenden afvoerniveaus.....	8
Figuur 3-2	Waterstandsverschil t.o.v. HR1996 langs de Maas bij verschillenden afvoerniveaus.....	9
Figuur 3-3	Relatie tussen waterstandsverandering en Maasafvoer voor verschillende afvoerniveaus, alle locaties.....	10
Figuur 3-4	Ruwe taakstellingen langs de Maas voor verschillende afvoerniveaus en zonder klimaateffect.....	12
Figuur 3-5	Aangepaste taakstellingen langs de Maas voor verschillende afvoerniveaus, zonder klimaateffect.....	13
Figuur 3-6	Aangepaste taakstellingen langs de Maas voor verschillende afvoerniveaus, met klimaateffect.....	14
Figuur 3-7	Effect morfologie (tot 2000) op toetspeil.....	15
Figuur 3-8	Effect stormopzet bij stormduur 33 uur en 38 uur ten opzichte van 29 uur.....	16

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Tussen de lange termijn taakstelling van de Integrale Verkenning Maas (IVM) en die van Ruimte voor de Rivier (RvdR) is door RIZA een verschil geconstateerd van meer dan 50 cm voor hetzelfde afvoerscenario langs het traject van de Maas tussen km 200 en km 250. [Slomp, 2004a]. Voor het studieproject Rampen-Beheersingsstrategieën Overstromingsrisico's Rijn en Maas (RBSO) is in november 2004 een éénduidige lange termijn taakstelling nodig langs het Maastraject tussen Boxmeer (km 150) en Heesbeen (km 236). Deze lange termijn taakstelling moet gelden voor de situatie in 2015 nadat de projecten Maaswerken en Ruimte voor de Rivier zijn uitgevoerd.

In maart 2005 is het nieuwste WAQUA-model van de Maas gereed, daarmee wordt de overstroming van het winterbed van de Maas onder extreme afvoeren beter in beeld gebracht. Daarnaast komt in juni 2005 het herziene SOBEK-model van de Benedenrivieren uit. Daarin is een recentere bodemligging (1997) opgenomen dan in het huidige model (1993). Voor het lopende studieproject RBSO is dat te laat. Daarom is in een onderzoek van beperkte omvang een 'werktaakstelling' afgeleid die een voldoende betrouwbare en éénduidige lange termijn taakstelling oplevert in het Maastraject tussen km 150 en km 236.

In opdracht van Rijkswaterstaat RIZA is door HKV [LIJN IN WATER](#) geanalyseerd wat op basis van de beschikbare informatie de te verwachten lange termijn taakstelling langs de Maas is in 2015 over het traject tussen km 150 en km 250 na uitvoering van de projecten Maaswerken en Ruimte voor de Rivier. De lange termijn taakstelling is bepaald voor vijf afvoerniveaus van de Maas (3.800, 4.000, 4.200, 4.400 en 4.600 m³/s) en dient voor gebruik in de studie Rampenbeheersing (RBSO) die in 2004 wordt uitgevoerd. De orde van grootte van de taakstellingen langs het Maastraject km 150 - km 250 is gegeven, maar de nauwkeurigheid van de taakstelling is beperkt. Voor het studieproject RBSO zal in maart 2005 een nieuwe analyse worden uitgevoerd om te beoordelen of de 'werktaakstelling' moet worden aangepast.

Voor het onderzoek zijn geen aanvullende berekeningen uitgevoerd. Gebruik is gemaakt van beschikbare berekeningsresultaten en van de informatie over de lange termijn taakstellingen zoals die met de IVM-Blokkendoos en de RvdR-Blokkendoos zijn te bepalen.

1.2 Inconsistenties

In het memorandum van Slomp [2004a] zijn de volgende inconsistenties beschreven.

Voor de blokkendoos van Ruimte voor de Rivier zijn de belangrijkste inconsistenties:

- Een incorrecte bovenrand te Lith gebaseerd op HR1996.
- Een korte termijn taakstelling gebaseerd op de absolute verschillen van HR2001 en HR1996 uit Berger [2002b] terwijl de lange termijn taakstelling gebaseerd is op verschilberekeningen.

Verder zijn voor IVM de belangrijkste inconsistenties:

- De veronderstelling dat bij kilometerraai 236 de lange termijn taakstelling zou zijn opgelost, zonder dit te koppelen aan reële en haalbare maatregelen.

- Het niet probabilistisch rekenen op het benedenstroomse traject van de Maas tussen kilometerraai 201 t/m 250. Terwijl hier de Hydraulische Randvoorwaarden probabilistisch worden bepaald.

Daarbij zijn de fysische verschillen tussen de modellen van het Bovenrivierengebied en het Benedenrivierengebied veroorzaakt door de volgende beleidsuitgangspunten:

- Het vullen van het Haringvliet door hogere Rijn en Maasafvoeren in Ruimte voor de Rivier terwijl dit niet gebeurt in de Integrale Verkenning van de Maas.
- Het probabilistische effect van stormopzet op de Maas in Ruimte voor de Rivier terwijl dit effect niet is opgenomen in de Integrale Verkenning van de Maas.
- Het effect van morfologische ontwikkelingen op de Maas in Ruimte voor de Rivier terwijl dit niet is opgenomen in de Integrale Verkenning van de Maas.
- De zeespiegelstijging in Ruimte voor de Rivier is niet opgenomen in de Integrale Verkenning van de Maas.
- De doorwerking van de verandering van de maatgevende Maasafvoer van HR2001 is correct opgenomen in de Integrale Verkenning van de Maas maar incorrect in Ruimte voor de Rivier.

De basis voor de analyses zijn de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 en daarbij horende analyses. De belangrijkste rapporten zijn:

- De maatgevende afvoer van de Maas [Van de Langemheen en Berger, 2002].
- De golfvormgenerator voor de Maas [Klopstra en Vrisou van Eck, 1999].
- De achtergronden van de hydraulische randvoorwaarden van het Benedenrivierengebied 2001 [Slomp et al 2004].
- Onderbouwing Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor de Maas [Beyer et al., 2004].
- De Qh-relatie op de benedenrand van de Maas [Deugd, 2002].
- Het absolute verschil tussen HR1996 en HR2001 langs de Maas voor de korte termijn taakstelling [Berger, 2002b].

Ook in de Hydraulische Randvoorwaarden zijn inconsistenties geconstateerd tussen de taakstellingen voor de Bovenrivieren en de Benedenrivieren. De voornaamste zijn:

- Het zomerbed in het SOBEK-model van de Maas is vijf jaar ouder dan in WAQUA-model. Er is een verschil van 50 cm geconstateerd in de ligging van het zomerbed [Berger, 2002b]. Dit verschil is grotendeels gecorrigeerd in de afregeling van de modellen tussen het Bovenrivierengebied en Benedenrivierengebied.
- De vertaalslag van de maatgevende afvoer tussen Eijsden en Lith is uitgevoerd met twee verschillende WAQUA-modellen. Er is een verschil van 50 m³/s geconstateerd in de maatgevende afvoer bij Lith tussen beide modellen [van der Lee, 2001].
- Bij maatgevende afvoer zijn de gemalen uit in het Benedenrivierengebied en aan in het Bovenrivierengebied. Daarnaast kan de zijdelingse toestroming nauwkeuriger worden bepaald.

1.3 Aanpak

Het onderzoek bestaat uit de volgende elementen:

- Het verzamelen van de gegevens. De toetspeilen van HR1996 en HR2001 zijn overgenomen uit de spreadsheets behorend bij het rapport van Berger [2002b]. Uit de studie uitgevoerd door Udo [2003], ten behoeve van de Noodoverloopgebieden, zijn de resultaten van referentieberekeningen gebruikt voor de situatie na uitvoering van de Maaswerken in 2015

- bij twee afvoerniveaus. Verder bieden de IVM- en RvdR-Blokkendoos informatie over de lange termijn taakstellingen bij verschillende afvoerniveaus. De gegevens en de achtergronden ervan zijn in hoofdstuk 2 beschreven.
- De analyse van de gegevens is erop gericht om de resultaten van de verschillende bronnen op 'één lijn' te brengen. De referentie voor alle berekeningen is het toetspeil van HR1996. De analyse is beschreven in hoofdstuk 3 en bestaat uit de volgende onderdelen:
 - De taakstellingen zijn niet voor alle bronnen ten opzichte van het toetspeil HR1996 bepaald. Er is zo goed mogelijk getracht alle beschikbare resultaten aan dat toetspeil te relateren. Waar inconsistenties zijn geconstateerd, is dat gemeld in het rapport en is de keuze onderbouwd om de resultaten toch aan het toetspeil HR1996 te koppelen.
 - Onderscheid is gemaakt in het Bovenrivieren gedomineerde traject van km 150 tot km 201 en het Benedenrivieren gedomineerde traject benedenstrooms van km 226,5. Tussen beide trajecten ligt een overgangstraject waar voor de bepaling van de taakstelling de 'overgangsmethode' van Berger [2002a] is toegepast.
 - De wijze van het bepalen van de lange termijn taakstelling voor de vijf afvoerniveaus (3.800, 4.000, 4.200, 4.400 en 4.600 m³/s) is gedaan met behulp van de resultaten uit de IVM-Blokkendoos voor de afvoerniveaus 4.200, 4.400 en 4.600 m³/s waarin de Maaswerken niet zijn uitgevoerd. Onderzocht is of de taakstellingen bij die drie afvoerniveaus lineair te schalen zijn. Als dat het geval is, dan kunnen op basis van de taakstellingen bij 3.800 m³/s en 4.600 m³/s voor de situatie na uitvoering van de Maaswerken, de taakstellingen voor de drie tussengelegen afvoerniveaus (4.000, 4.200 en 4.400 m³/s) worden geschaald.
Daarna rest het 'met elkaar' verbinden van de taakstellingen voor het Boven- en Benedenrivierentraject. Het effect van de verwachte klimaatverandering op de lange termijn op de zeewaterstanden is tot slot in de taakstelling in het Benedenrivieren traject opgenomen en dempt via de 'overgangsmethode' van Berger [2002a] uit in bovenstroomse richting.
 - De lange termijn taakstelling voor de vijf afvoerniveaus is weergegeven voor de situatie zónder en de situatie mèt verwachte klimaatverandering. Tot slot is in een aparte paragraaf 3.5 opgesomd wat de beperkingen zijn van de geldigheid van de afgeleide taakstellingen.

2 Gegevens

2.1 Bronnen

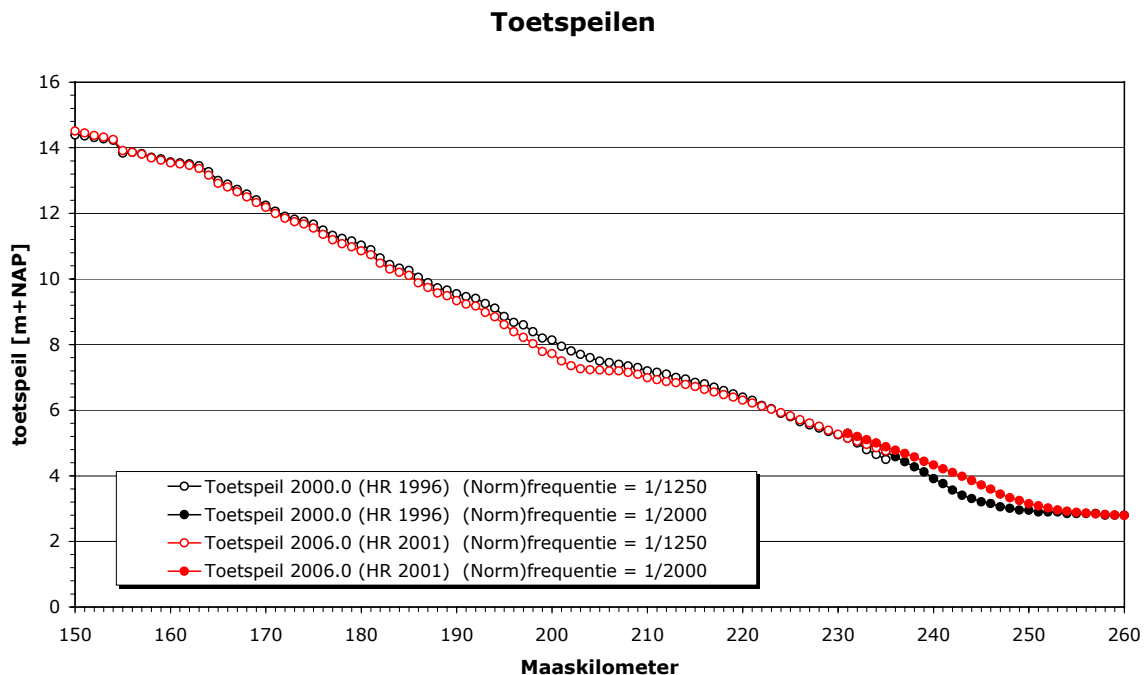
De toetspeilen langs de Maas die gelden voor HR1996 en HR2001 zijn overgenomen uit Berger [2002b]. Verder zijn beschikbaar de RvdR-Blokkendoos waarin de Maas is opgenomen van Maaskilometer 201 tot 262,5 en de IVM-Blokkendoos waarin de Maas is opgenomen van Maaskilometer 0 en 226,5. Ook beschikbaar zijn de resultaten van referentieberekeningen voor de situatie na uitvoeren van de Maaswerken in 2015 die zijn uitgevoerd ten behoeve van de studie Noodoverloopgebieden [Udo, 2003]. Tot slot is het memorandum van Slomp [2004a] beschikbaar waarin de inconsistenties tussen IVM en RvdR zijn aangegeven.

2.2 Definities en referenties

De definitie van de hydraulische taakstelling en toetspeilen voor riviertrajecten gedomineerd door de afvoer luidt:

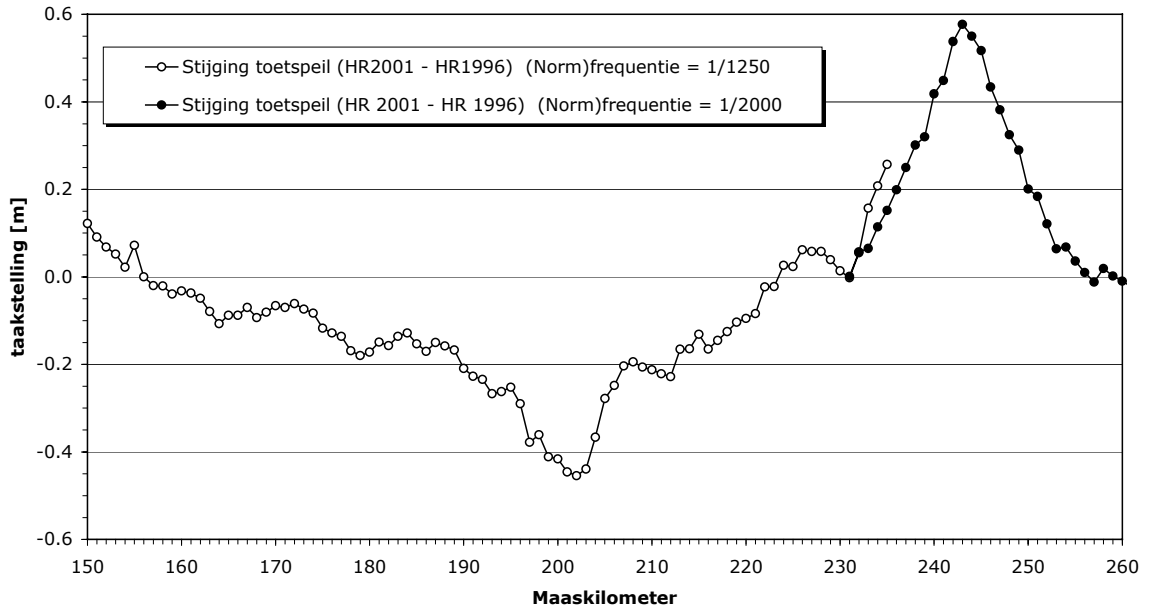
De hydraulische taakstelling is het waterstandseffect als gevolg van een grotere afvoer op een tak zonder de uitvoering van rivierverruimende maatregelen, bepaald ten opzichte van de waterstanden uit het Randvoorwaardenboek 1996 met een maatgevende afvoer van 15.000 m³/s bij Lobith en 3.650 m³/s bij Eijsden.

Een toetspeil is een absoluut waterstandsniveau langs een riviertraject dat niet mag worden overschreden bij het maatgevend afvoerniveau.



Figuur 2-1 Toetspeilen voor HR1996 en HR2001 bij normfrequenties 1/1250 en 1/2000 jaar, uit Berger [2002b]

taakstelling (referentie HR 1996)



Figuur 2-2 Taakstelling HR2001 t.o.v. HR1996 bij normfrequenties 1/1250 en 1/2000 jaar

Voor de Maas zijn de toetspeilen voor HR1996 en HR2001 in figuur 2-1 vergeleken. Onderscheid is gemaakt in de normfrequentie 1/1250 jaar die voor het riviergedomineerde traject geldt en de normfrequentie 1/2000 jaar die in het Benedenriviertraject geldt. De taakstelling voor Ruimte voor de Rivier (het verschil HR2001 en HR1996) is in figuur 2-2 weergegeven. Als een gevolg van de uitgevoerde werkzaamheden in het kader van de Maaswerken tot aan het jaar 2015 wordt de taakstelling tussen Maaskilometer 155 en 225 gehaald.

De referenties van de verschillende berekeningsresultaten zijn:

- Voor de RvdR-Blokkendoos is de schematisatie van het SOBEK-model 2000.2 gebruikt waarin de gepeilde bodem van 1993 is geschematiseerd. Voor een afvoerniveau van 15.000 m³/s bij Lobith en 3.650 m³/s bij Eijsden en zonder de inzet van maatregelen is de taakstelling nul.
- Voor de IVM-Blokkendoos is een andere schematisatie gebruikt, namelijk het SOBEK-model *refivm* [RWS, 2001]. Die modelversie is als volgt ontstaan. Ten behoeve van de vaststelling van HR1996 is de bodemligging langs de Maas uit 1993 geschematiseerd in het SOBEK-model 2000.2 maar in 2000 is de schematisatie in dat model aangepast na de uitvoering van het eerste baggerbestek, de aanleg van DGR-kades en de autonome ontwikkeling van de bodem. Dit is SOBEK-modelversie 2000.3. Voor de IVM-studie is modelversie 2000.3 verder aangepast. De schematisatie van het zomerbed uit modelversie 2000.2, het zomerbed van de Maas uit 1993, is in modelversie 2000.3 opgenomen. De schematisatie van de uiterwaarden langs de Maas van dat model is dus gebaseerd op de toestand van 2000 waarin DGR-kades zijn aangebracht en eventuele andere wijzigingen langs de uiterwaarden, terwijl de zomerbedprofielen zijn dus gebaseerd op de bodemmetingen uit 1993. Dit aangepaste SOBEK-model ten behoeve van de IVM-studie is de versie *refivm* genoemd. SOBEK-modelversie *refivm* levert in vergelijking met modelversie 2000.2 andere maatgevende waterstanden op langs de Maas. Volgens Ralph Schielen (mondelijke mededeling) is het verschil heel beperkt aangezien de wijzigingen in het profiel van de uiterwaard beperkt zijn. Dus voor de afvoerniveaus 15.000 m³/s (Rijn) en 3.650 m³/s (Maas) komen de berekende waterstanden met modelversie *refivm* ongeveer overeen met

- de toetspeilen volgens HR1996. Gekozen is voor het gebruik van HR1996 als referentie voor de resultaten uit de IVM-Blokkendoos.
- Voor de situatie na uitvoering van de Maaswerken is het SOBEK-model *refivm* gebruikt als basismodel waarin de ingrepen van de Maaswerken zijn geschematiseerd. Dit SOBEK-model is versie 2001.1 en is het model dat is gebruikt in het onderzoek van Udo [2003]. Uit dat onderzoek zijn de toetspeilen bij de afvoerniveaus 3.800 en 4.600 m³/s bij Eijsden overgenomen. Ook hier is als referentie het toetspeil van HR1996 gebruikt.

2.3 Methoden

In het Bovenrivierengebied worden de maatgevende waterstanden langs de riviertakken berekend met WAQUA-modellen van de Rijn en de Maas [Beyer et al., 2004] waarbij één maatgevende afvoergolf is gebruikt. Voor HR1996 was de maatgevende afvoer op de Rijn 15.000 m³/s bij Lobith en op de Maas 3.650 m³/s bij Eijsden. Voor HR2001 is deze bepaald met de afvoergolfgenerator [Klopstra en Duits, 1999 / Klopstra, Vrisou van Eck, 1999], bij een maatgevende afvoer op de Rijn van 16.000 m³/s bij Lobith en op de Maas 3.800 m³/s bij Eijsden.

In het Benedenrivierengebied worden de maatgevende waterstanden berekend met Hydra-B. In Hydra-B wordt een statistische analyse op de resultaten uitgevoerd van een groot aantal stationaire berekeningen (per riviertak 3384) met het SOBEK-model van het Noordelijk Deltabekken. Dit SOBEK-model, waarmee de berekeningen zijn uitgevoerd, heeft in de Bergsche Maas een zomerbed dat ongeveer 0,5 m à 1 m lager ligt dan het zomerbed in het model van de Maas (waarmee de maatgevende waterstanden zijn berekend). In de periode 1990-1995 zijn baggerwerken in het traject van de Bergsche Maas uitgevoerd ten behoeve van het vaargeulbeheer. In het overgangstraject tussen Maaskilometer 201 en 226,5 verschilt het toetspeil dus niet alleen door verschillen in de methodiek (één afvoer WAQUA - statistische analyse Hydra-B) maar tevens door de verschillen in de schematisatie van het zomerbed tussen het Maasmodel en het model van het Benedenrivierengebied.

Evenals de Rijn doorkruist de Maas het Bovenrivierengebied en het Benedenrivierengebied. Tot aan Maaskilometer 201 (stuw bij Lith) wordt de Bovenrivierenaanpak gebruikt. Benedenstreams van Maaskilometer 226,5 wordt de Benedenrivierenaanpak gebruikt. Daartussen ligt een overgangstraject van circa 25 km lengte. Berger [2002a] heeft een methode ontwikkeld om het toetspeil tussen Maaskilometer 201 en 226,5 te interpoleren vanuit de resultaten van het Bovenrivierengebied en Benedenrivierengebied zodat een 'gladde overgang' wordt verkregen.

2.4 Beschikbare resultaten

De beschikbare gegevens zijn, zie ook tabel 2-1:

- De toetspeilen langs de Maas tussen km 150 en km 235 voor HR1996 en HR2001 zijn overgenomen uit de beschikbaar gestelde spreadsheet behorend bij Berger [2002b].
- Uit de IVM-Blokkendoos zijn de waterstandsveranderingen tussen km 150 en km 225 ten opzichte van (ongeveer) HR1996 gedestilleerd voor de afvoerniveaus op de Maas bij 4.200, 4.400 en 4.600 m³/s. Dit is de huidige situatie zonder Maaswerken.
- Ten behoeve van de Noodoverloopstudie [Udo, 2003] zijn referentieberekeningen gedaan voor de situatie na uitvoering van de Maaswerken (2015). Waterstanden langs de Maas van km 150 tot km 250 bij de afvoerniveaus 3.800 en 4.600 m³/s zijn beschikbaar. Dit is de lange termijn situatie en na uitvoering van de Maaswerken.

- Uit de RvdR-Blokkendoos zijn de waterstandsveranderingen tussen km 201 en km 250 ten opzichte van HR1996 gedestilleerd voor de korte termijn bij een afvoerniveau van 3.800 m³/s hetgeen in het kader van de PKB geldt. Voor de lange termijn is het afvoerniveau 4.600 m³/s zoals in het kader van de Spankrachtstudie (SPK) geldt maar zonder Maaswerken.

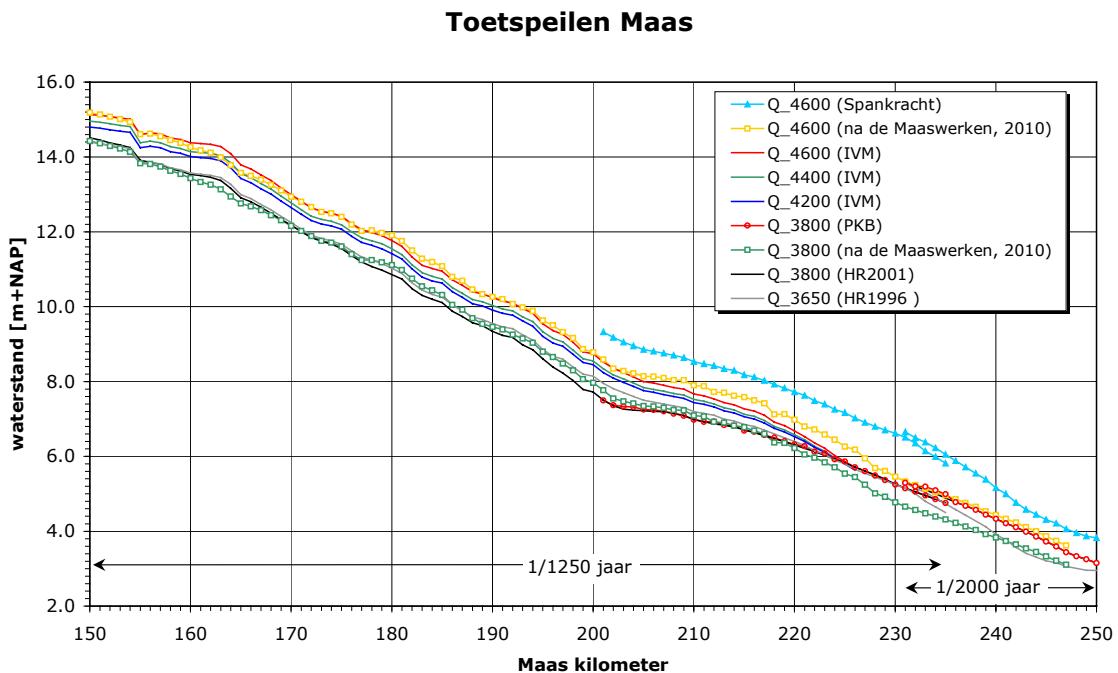
Bron	afvoerniveau Eijsden [m ³ /s]	Maastraject [km - km]	korte termijn taakstelling	lange termijn taakstelling	
				Maaswerken <u>niet</u> uitgevoerd	Maaswerken <u>wel</u> uitgevoerd
HR1996	3650	150 - 235	X ¹		
		231 - 250	X ²		
HR2001	3800	150 - 235	X ¹		
		231 - 250	X ²		
IVM- Blokkendoos	4200	150 - 225		X	
	4400	150 - 225		X	
	4600	150 - 225		X	
RvdR- Blokkendoos	3800	200 - 250	X (PKB)		
	4600	200 - 250		X (SPK)	
Udo [2003]	3800	200 - 247			X
	4600	200 - 247			X
¹ normfrequentie 1/1250 jaar ² normfrequentie 1/2000 jaar					

Tabel 2-1 Schema beschikbare resultaten Maastraject km 150 - km 250

3 Analyse

3.1 Basisgegevens

De gegevens, zoals opgenomen in het overzicht in tabel 2-1, vormen de basis voor de analyse. Aangezien de gegevens uit de IVM- en RvdR-Blokkendoos taakstellingen zijn ten opzichte van HR1996, is de taakstelling bij het toetspeil van HR1996 geteld om tot absolute waterstanden (toetspeilen) te komen. De waterstanden uit HR1996 en HR2001 zijn al toetspeilen en de berekeningsresultaten van Udo [2003] zijn ook absolute waterstanden. Daarmee zijn alle gegevens op één lijn gebracht en in waterstanden ten opzichte van NAP uitgedrukt. Alle beschikbare waterstanden langs het Maastraject tussen km 150 en km 250 zijn in figuur 3-1 opgenomen.



Figuur 3-1 Waterstanden langs de Maas bij verschillende afvoerniveaus

Opmerkingen:

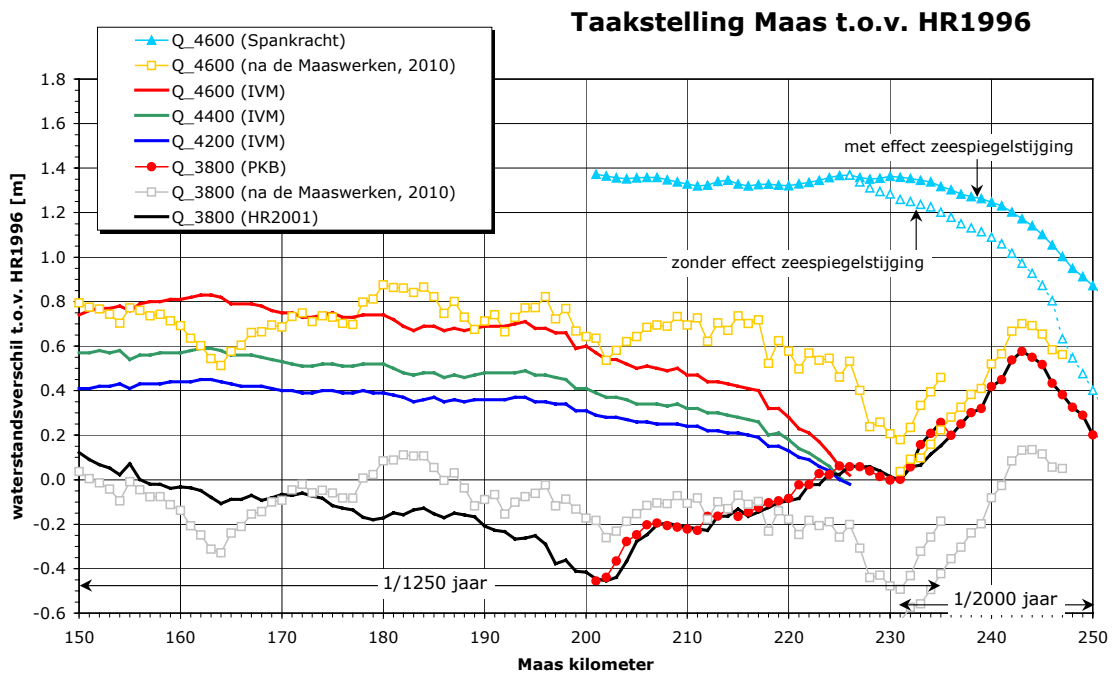
- De waterstand nabij km 250 is in de RvdR-Blokkendoos met Hydra-B gegenereerd waarin stormopzet is meegenomen. Dit geeft een extra 5 cm verhoging op de Maas [Berger, 2002b].
- Voor de berekeningen na uitvoeren van de Maaswerken [Udo, 2003] is op km 250 een Qh-relatie gebruikt, waardoor de waterstand op die locatie sterk kan variëren. De resultaten uit de berekeningen zijn overigens alleen gebruikt voor het traject km 150 tot km 235.

De waterstand op km 250 die volgt uit de lange termijn situatie (SPK) bij 4.600 m³/s op de Maas is circa 0,6 m hoger dan de waterstand die volgt uit HR2001 op die locatie. Dit is een gevolg van de hogere zeewaterstand (klimaat-effect) die tot km 250 doorwerkt. Bij Hoek van Holland is de zeespiegelrijzing 0,6 m en het effect daarvan neemt verder landinwaards af. In Slomp [2004a] is het effect van de zeespiegelstijging op de Bergsche Maas berekend met Hydra-B. Het effect in het traject km 226 tot km 262 is in tabel 3-1 opgenomen.

Maaskilometer	verhoging [m] uit Slomp [2004a]
226	0.000
231	0.099
235	0.116
240	0.157
245	0.228
246	0.251
247	0.369
251	0.504
262	0.398

Tabel 3-1 Waterstandsverhoging t.g.v. zeespiegelstijging tussen km 226 en km 262

Voor de situatie zonder zeespiegelstijging is de lange termijn taakstelling volgens de Spankrachtstudie bij 4.600 m³/s gecorrigeerd met tabel 3-1, zie figuur 3-2. De resterende 0,1 m waterstandsverhoging, van de 0,6 m verhoging, is een gevolg van de Special Hydra-B (een versimpeling) die hier is toegepast [Duits, 2002].



Figuur 3-2 Waterstandsverschil t.o.v. HR1996 langs de Maas bij verschillende afvoerniveaus

Opvallend is de positieve taakstelling (maximaal 0,11 m) tussen km 178 en km 188 na uitvoering van de Maaswerken (grijze lijn). Dit wordt veroorzaakt door de keuze van het moment van inzet van het retentiegebied nabij Gennep. De wijze van inzetten van deze maatregel is een beleidskeuze en heeft kennelijk in dat traject een onvoldoende sterk effect om het gewenste toetspeil te realiseren.

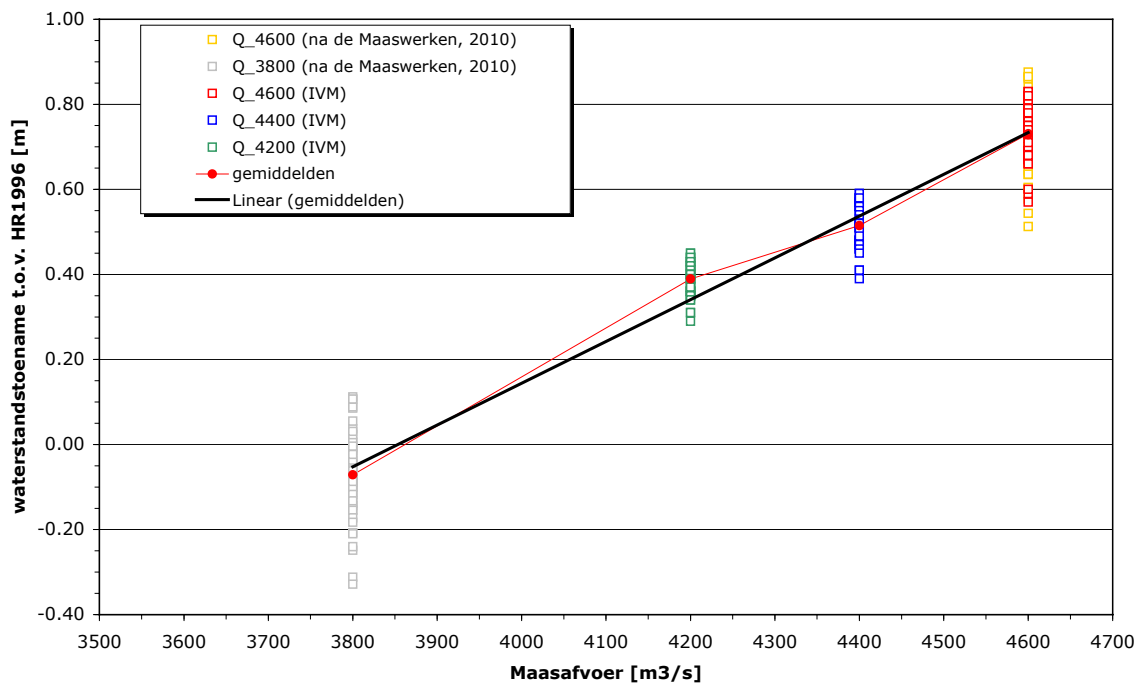
Verder is nabij Lith de taakstelling circa 0,05 m te hoog. De oorzaak daarvan is de beperkte profielbreedte in het SOBEK-model bovenstrooms van km 150. In het traject van Eijsden tot Boxmeer (km 150) is het profiel afgestemd op het afvoerniveau behorend bij een normfrequentie van 1/250 jaar. Benedenstrooms daarvan is de normfrequentie 1/1250 jaar. De daarbij horende hogere afvoeren zorgen bovenstrooms van km 150 voor waterstanden die buiten de profielgrenzen komen en door de 'glazen wand' in SOBEK (profielbreedte neemt niet meer toe) alleen nog maar verticaal kunnen stijgen. Dit heeft te hoge waterstanden tot gevolg.

3.2 Interpretatie gegevens

Er zijn twee Maastrajecten onderscheiden, twee gebieden met verschillende normfrequentie en een overgangsgebied tussen het riviergedomineerde en zeerandgedomineerde gebied.

Traject km 150 - km 201

In dit traject is onderzocht of de waterstandsverhoging lineair afhangt van de verhoging van de Maasafvoer. Daartoe zijn de resultaten van de IVM-berekeningen gebruikt (42.00, 4.400 en 4.600 m³/s) en de resultaten van de berekeningen na uitvoeren van de Maaswerken (3.800 en 4.600 m³/s). De waterstandsverschillen op alle locaties zijn per afvoerniveau gesorteerd in figuur 3-3. Per afvoerniveau is de gemiddelde waterstandsverandering bepaald en deze gemiddelde waarden zijn verbonden door rechte (rode) lijnen. Uit figuur 3-3 blijkt dat de gemiddelden min of meer op een rechte (zwarte lijn) liggen van 3.800 m³/s tot 4.600 m³/s. Keuze: De taakstellingen voor de tussengelegen afvoerniveaus van 4.000, 4.200 en 4.400 m³/s zijn daarom in het onderzoek lineair geïnterpoleerd tussen de taakstellingen voor 3.800 en 4.600 m³/s op dit traject.



Figuur 3-3 Relatie tussen waterstandsverandering en Maasafvoer voor verschillende afvoerniveaus, alle locaties

Traject km 201 - km 250

Voor het traject tussen km 201 en km 250 zijn de waterstandsveranderingen voor de afvoerniveaus 3.800 m³/s (PKB en RvdR) en 4.600 m³/s (Spankracht) gebruikt. De waterstandsverandering ten opzichte van HR1996 is als taakstelling aangenomen. In de waterstandsverhoging voor het afvoerniveau van 4.600 m³/s is de zeespiegelstijging door klimaatverandering (2050) ook opgenomen. Deze waterstandstoename tussen km 226 en km 250, zie figuur 3-2, is van de taakstelling bij 4.600 m³/s (Spankracht) afgetrokken. Dit resulteert in de geschatte taakstelling voor een afvoerniveau van 4.600 m³/s zonder zeespiegelstijging (zonder klimaateffect).

De taakstellingen voor de vijf afvoerniveaus zijn eerst zonder het effect van de klimaatverandering bepaald. Daarna is het effect van de zeespiegelstijging bij alle vijf de taakstellingen geteld.

Overlap tussen gebieden met normfrequentie 1/1250 jaar en 1/2000 jaar

De toetspeilen uit HR1996 en HR2001 en de berekeningsresultaten in de situatie na uitvoering van de Maaswerken [Udo, 2003] maken onderscheid tussen het gebied met een normfrequentie van 1/1250 jaar (van km 0 tot km 235) en 1/2000 jaar (vanaf km 231 en verder benedenstrooms). In een traject van 4 km lengte is de taakstelling voor beide normfrequenties gegeven. De resultaten uit de Blokkendozen maken daarin géén onderscheid. Uit die resultaten is alleen de taakstelling te destilleren zonder onderscheid in trajecten met verschillende normfrequenties. Daarom is in paragraaf 3.3 en 3.4 een 'eenduidige' taakstelling weergegeven in de figuren zonder onderbreking in de taakstelling tussen km 231 en km 235.

Overgang gebied Bovenrivier naar Benedenrivier

De overgang in het traject tussen km 201 en km 226,5 tussen de taakstelling in het Bovenrivierengebied (km 150 - km 201) en de taakstelling in het Benedenrivierengebied (km 226,5 - km 250) is apart behandeld. Om de taakstelling in dat traject te bepalen is de methodiek van Berger [2002a] gebruikt, zie paragraaf 3.3.

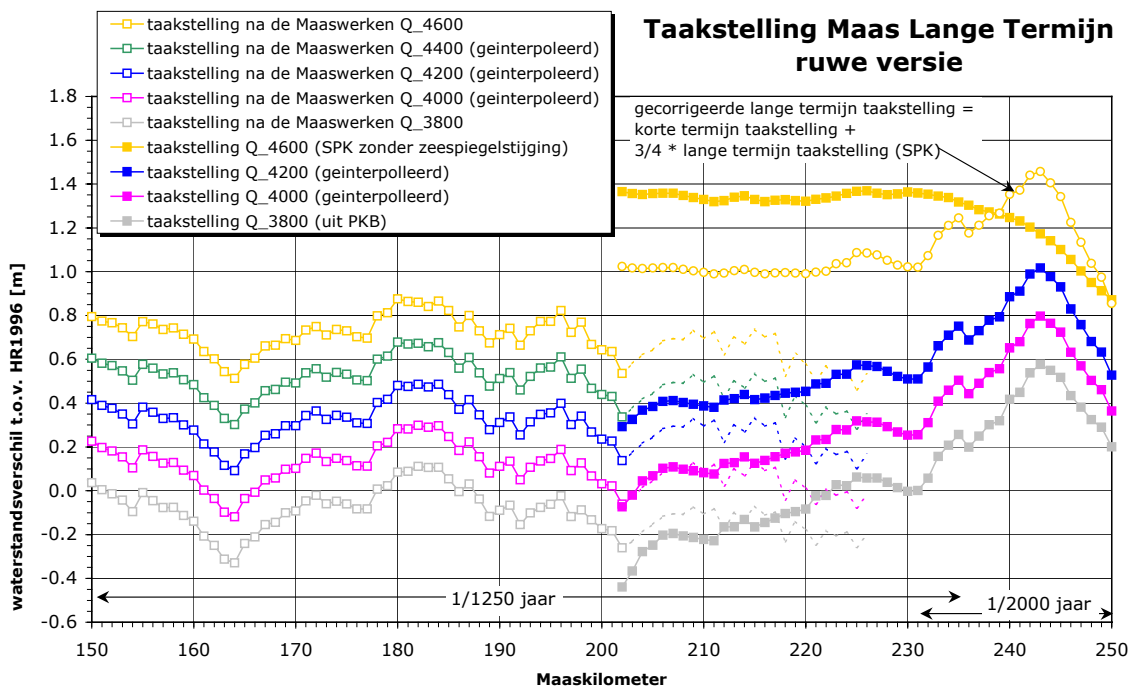
3.3 Taakstelling zonder klimaateffect

In figuur 3-4 is de taakstelling langs de Maas tussen km 150 en km 250 weergegeven voor de afvoerniveaus 3.800, 4.000, 4.200, 4.400 en 4.600 m³/s ten opzichte van de referentiesituatie HR1996. De taakstelling voor de afvoerniveaus 4.000, 4.2000 en 4.400 m³/s zijn lineair geïnterpoleerd tussen de taakstellingen van 3.800 en 4.600 m³/s. In de taakstellingen in het traject km 150 tot km 201 zijn de Maaswerken opgenomen. Het klimaateffect is niet in deze taakstellingen opgenomen.

Langs het traject km 201 tot km 250 moet bij de lange termijn taakstelling (4.600 m³/s) de korte termijn taakstelling worden geteld (mededeling R. Slomp en W. Silva). Alleen het 'ongunstige' effect van de korte termijn taakstelling wordt erbij geteld, dus de positieve waarden boven de nullijn. De gehanteerde methode is als volgt:

- Uitgegaan is van de lange termijn taakstelling Spankracht (4.600 m³/s) zonder klimaateffect.
- Om daarbij de korte termijn taakstelling van de PKB (3.800 m³/s) te tellen moet eerst worden gecorrigeerd. De lange termijn taakstelling is bepaald ten opzichte van de verschillen bij verschillende afvoerniveaus namelijk het verschil 3.800 m³/s → 4.600 m³/s in plaats van 3.650 m³/s → 4.600 m³/s. Aangenomen is (in overleg met opdrachtgever) dat maar 3/4 deel van de lange termijn taakstelling (Spankracht) bij 4.600 m³/s mag worden opgeteld bij de (gehele) korte termijn taakstelling (bij 3.800 m³/s) om de (gecorrigeerde) uiteindelijke lange termijn taakstelling te verkrijgen ten opzichte van HR1996 langs het traject km 201 - km 250.

In figuur 3-4 is het resultaat weergegeven. Duidelijk is dat de gecorrigeerde lange termijn taakstelling lager is dan de ongecorrigeerde Spankrachttakstelling. Alleen in het traject van km 240 tot km 250 is de gecorrigeerde lange termijn taakstelling hoger.



Figuur 3-4 Ruwe taakstellingen langs de Maas voor verschillende afvoerniveaus en zonder klimaateffect

De taakstellingen nabij km 201 vanuit het bovenstroomse en benedenstroomse gebied sluiten niet op elkaar aan. Het verschil is voor het hoogste afvoerniveau circa 0,5 m en voor het laagste niveau circa 0,25 m. De taakstelling berekend met het Maasmodel door Udo [2003] is over het traject van km 202 tot km 226 in de figuur gestippeld aangegeven.

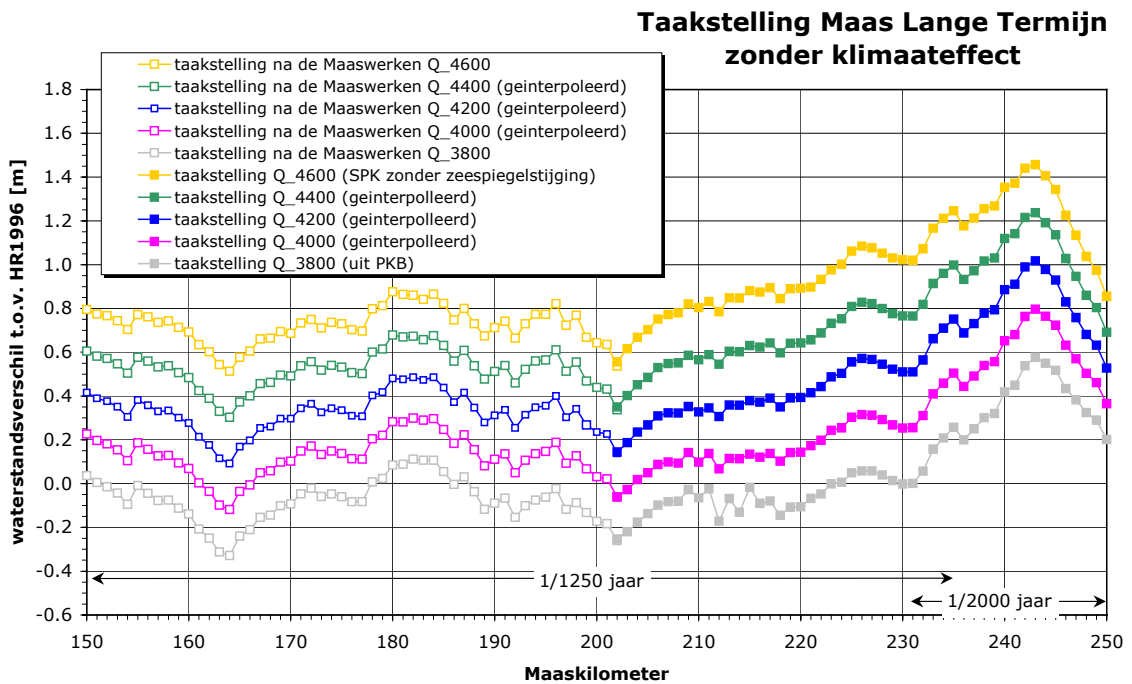
Om een werkbare taakstelling te verkrijgen is de middelingsmethode van Berger [2002a] toegepast:

- In het traject van km 150 tot km 201 blijft de taakstelling zoals in figuur 3-4 weergegeven.
- Het traject km 201 tot 226,5 is een overgangsgebied waarin de dominante invloed van de 'Maas' overgaat in die van de 'Amer', of te wel het Bovenrivierenresultaten overgaat in de Hydra-B resultaten. Het verschil tussen beide taakstellingen ($T_{\text{Bovenrivier}} - T_{\text{Benedenrivier}}$) is evenredig met de locatie (x gelegen tussen km 201 en km 226) en wordt opgeteld bij de taakstelling ($T_{\text{Bovenrivier}}$) tussen km 201 en km 226,5. In formulevorm:

$$T_{\text{overgangsgebied}} = T_{\text{Bovenrivier}} + \frac{x-201}{226,5-201} |T_{\text{Bovenrivier}} - T_{\text{Benedenrivier}}| \cdot$$

- In het traject van km 226,5 tot km 250 blijft de taakstelling zoals in figuur 3-4 weergegeven. Dit gebied is overigens voor de bedoelde toepassing in de studie Rampenbeheersing (RBSO) van minder belang.

De aangepaste taakstelling langs de Maas tussen km 150 en km 250 is in figuur 3-5 weergegeven voor de situatie na uitvoering van de Maaswerken, maar zonder klimaateffect.

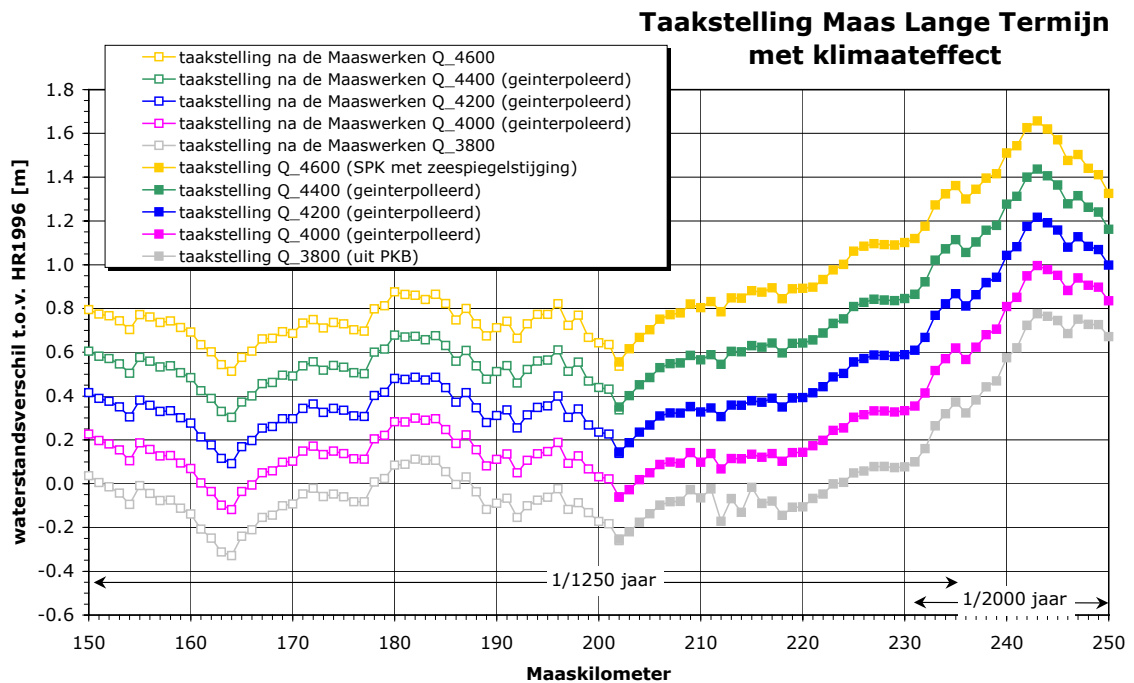


Figuur 3-5 Aangepaste taakstellingen langs de Maas voor verschillende afvoerniveaus, zonder klimaateffect

3.4 Taakstelling met klimaateffect

Het klimaateffect heeft een stijging van de gemiddelde waterstand op de Noordzee tot gevolg. Bij Hoek van Holland is dat voor het gemiddelde klimaatscenario in 2050 een verhoging van 0,6 m van het gemiddelde zeespiegelniveau. In Slomp [2004a] is het klimaateffect, berekend met Hydra-B op de Bergsche Maas aangegeven. De berekende verhoging van de waterstanden in het traject van km 226 tot km 250 is opgenomen in tabel 3-1 en in figuur 3-2. Het klimaateffect op de rivierafvoeren is al opgenomen in het lange termijn afvoerniveau van de Rijn en de Maas.

In het traject van km 226 tot km 250 zijn deze verhogingen opgeteld bij de taakstelling zonder klimaateffect uit figuur 3-5. Op de tussengelegen kilometers is lineair geïnterpoleerd. Bij alle afvoerniveaus is deze verhoging opgeteld. De aangepaste taakstelling langs de Maas tussen km 150 en km 250 is in figuur 3-6 weergegeven voor de situatie na uitvoering van de Maaswerken en met klimaateffect.



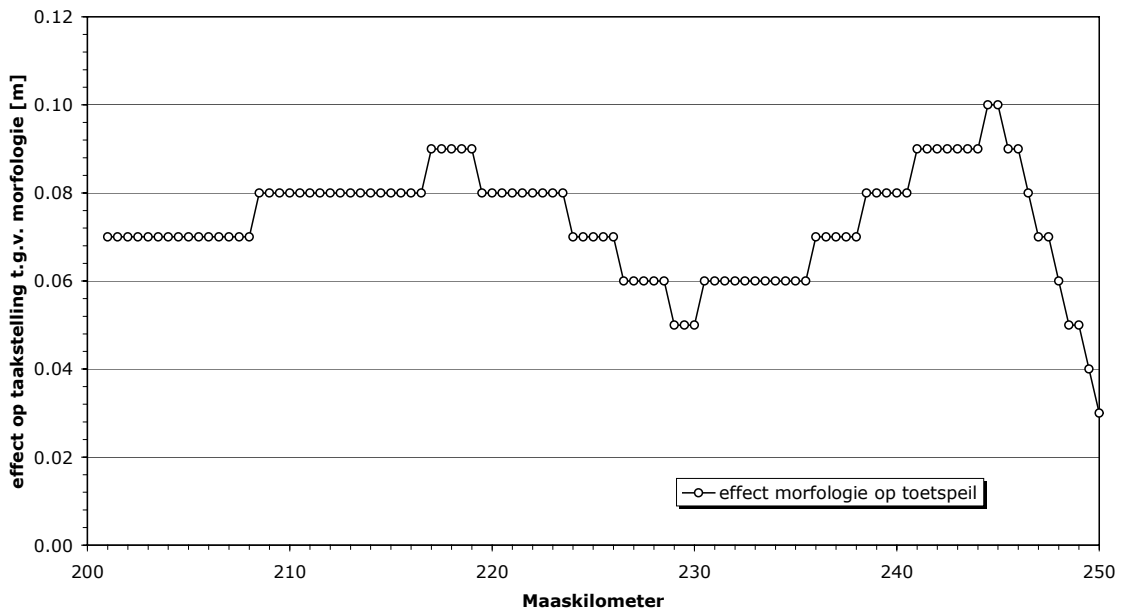
Figuur 3-6 Aangepaste taakstellingen langs de Maas voor verschillende afvoerniveaus, met klimaateffect

3.5 Beperkingen van de geldigheid van de hier bepaalde lange termijn taakstelling

Niet meegenomen in de bovenstaande eenvoudige beschouwing van de taakstelling en de toetspeilen voor de Maas zijn:

- Morfologische ontwikkelingen. Het effect van deze ontwikkelingen is relatief klein in het beschouwde gebied zoals uit de resultaten van de IVM-Blokkendoos blijkt. Uit de RvdR-Blokkendoos volgt, als de morfologische bodemontwikkelingen in het Benedenrivierengebied tot 2000 worden meegenomen, dat de toename van het toetspeil tussen de 5 cm en 10 cm ligt. Dit effect heeft relatief geringe gevolgen voor de afgeleide taakstellingen in dit onderzoek en is niet meegenomen.

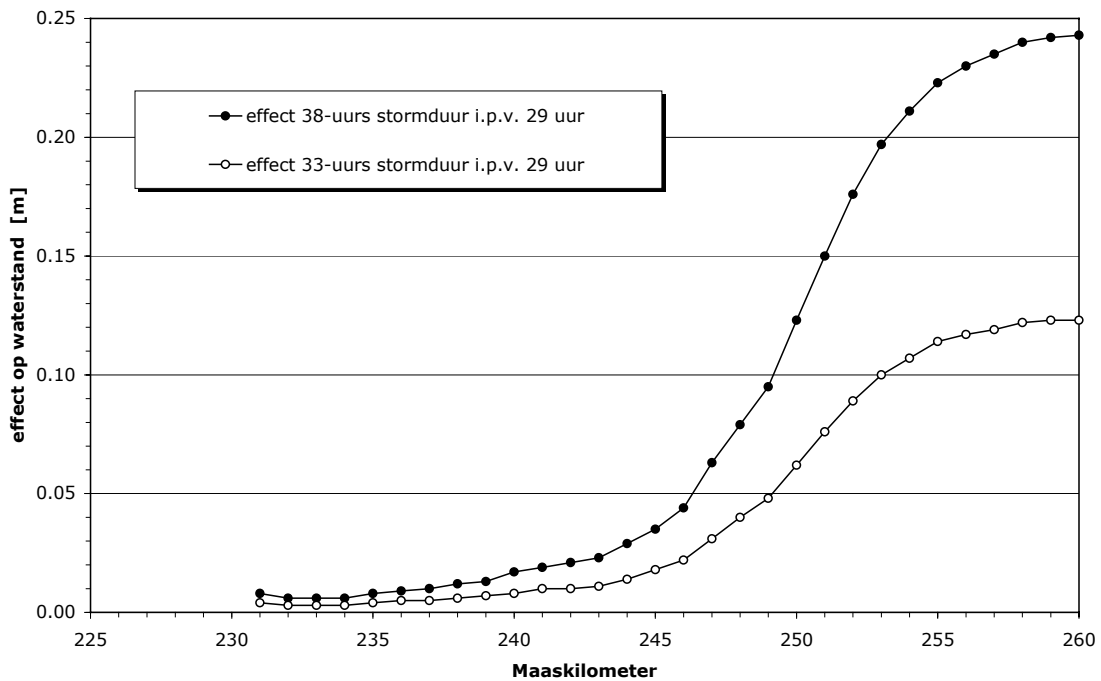
Effect morfologie tot 2000



Figuur 3-7 Effect morfologie (tot 2000) op toetspeil

De zeespiegelstijging en het gekozen model special Hydra-B verklaart de geconstateerde verschillen voornamelijk. Verder is deze beschouwing gebaseerd op de twee berekeningen (3.800 en 4.600 m³/s) voor de situatie na uitvoering van de Maaswerken (2015). In die berekeningen zijn morfologische effecten op de waterstanden niet meegenomen. De resultaten uit de IVM-Blokkendoos voor de afvoerniveaus 4.200, 4.400 en 4.600 m³/s zijn alleen gebruikt om aan te tonen dat lineaire interpolatie tussen de afvoerniveaus 3.800 en 4.600 m³/s is geoorloofd.

- Het effect van een andere stormduur [Duits en Thonus, 2002] geeft gemiddeld een verhoging van 10 tot 20 cm aan de benedenrand (km 260) tot gevolg afhankelijk van de gekozen gemiddelde stormopzetduur van 29, 33 of 38 uur. In figuur 3-8 is dit effect tussen km 230 en 260 weergegeven. Daaruit is duidelijk is dat het effect uitdempt in stroomopwaartse richting. Nabij km 250 is de extra verhoging 0,06 m tot 0,12 m terwijl bij km 230 de extra verhoging minder dan één centimeter is. In het voorliggende onderzoek is de stormduur van 29 uur gebruikt. Het effect van een langere stormduur heeft relatief geringe gevolgen voor de afgeleide taakstellingen in dit onderzoek.



Figuur 3-8 Effect stormopzet bij stormduur 33 uur en 38 uur ten opzichte van 29 uur

- Het effect van de zeespiegelstijging is op eenvoudige wijze (probabilistisch) meegenomen in de beschouwingen. Een verhoging van de taakstelling van 0,5 m bij Maaskilometer 250 die afneemt tot 0,1 m bij km 230 [Slomp, 2004a]. Het effect van de zeespiegelstijging is dus beperkt tot het traject van km 230 tot km 250 maar is wel meegenomen in dit onderzoek.
- Het vollopen van het Haringvliet is niet expliciet in de beschouwing meegenomen. Het effect zit in de resultaten voor de situatie na uitvoering van de Maaswerken [Udo, 2003]. In die berekeningen is een Qh-relatie bij km 250 opgelegd waarin dat effect is verdisconteerd. In de Hydra-B resultaten is dat effect impliciet meegenomen in de SOBEK-berekeningen. Dus in de afgeleide taakstelling is het effect wel opgenomen, maar niet afzonderlijk zichtbaar.
- Het overslagdebiet over de Haringvlietssluisen bij storm is niet in de beschouwing opgenomen. Door dit effect stijgen de toetspeilen.
- Het effect van het onderlopen van het winterbed van de onbedijkte Maas bij extreem hoge afvoeren, "de glazen wand", beschreven in [Udo, 2003] is enkele honderden m³/s. Dit fenomeen wordt pas in maart 2005 inzichtelijk als het nieuwe WAQUA-model van de Maas beschikbaar is.
- De lokaal te hoge taakstelling tussen km 178 en km 188 bij een afvoerniveau van 3.800 m³/s verdient aandacht evenals de te hoge taakstelling nabij km 200 benedenstrooms van de stuw bij Lith, zie figuur 3-2. De te hoge taakstelling tussen km 178 en km 188 is een gevolg van de keuze van het moment van inzetten van het retentiegebied bij Gennep. De oorzaak van het te hoge toetspeil bij Lith wordt veroorzaakt door 'de glazen wand' aangezien het model tot km 150 geschikt is voor een afvoerniveau met een normfrequentie van 1/250 jaar. Bij het hogere afvoerniveau met een normfrequentie van 1/1250 jaar zijn de profielen tot aan km 150 niet voldoende ver doorgetrokken waardoor het model te hoge waterstanden berekent (de waterstand kan in SOBEK alleen maar verticaal stijgen tussen twee 'glazen wanden'). Oplossingen om de taakstelling op die locaties te verlagen, zijn geen onderdeel van de opdracht voor dit onderzoek, maar aanbevolen wordt om dit bij de definitieve vaststelling van de lange termijn taakstelling wel op te lossen.

4 Referenties

- Beyer D., van den Brink N.G.M., Scholten M.J.M., van Velzen E.H. Onderbouwing hydraulische randvoorwaarden 2001 voor de Maas (concept). Rijkswaterstaat. Conceptrapport. 27 augustus 2004.
- Berger H.E.J. Omgaan met het tussengebied voor vergunningen en planstudies. Rijkswaterstaat RIZA. Memo. 29 Maart 2002(a).
- Berger H.E.J. Achtergronddocumentatie Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor de Zoete Wateren. Rijkswaterstaat RIZA. Werkdocument 2002.187x. November 2002(b).
- De Deugd H. Waterloopkundige berekeningen in het Benedenrivierengebied voor het Randvoorwaardenboek 2001. Rijkswaterstaat RIZA. Werkdocument 2002.203X. 2002.
- Duits M.T. Bijlage E: Ontwikkeling van de special Hydra-B. Uit: Spankrachtstudie deelrapport 10: Rekeninstrumenten voor het Benedenrivierengebied. WL|Delft Hydraulics. Rapportnr. Q3062. April 2002.
- Duits M.T., Thonus B.I. Hydra-B resultaten 2001, 33 uren sommen. HKV [LIJN IN WATER](#). Rapportnr. PR574. September 2002.
- Duits M.T. Testrapport. Nieuw recept uitsplitsing Hydra-B. Versie 3.1. HKV [LIJN IN WATER](#). Rapportnr. PR813. Oktober 2004.
- HR1996. Hydraulische Randvoorwaarden voor primaire waterkeringen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Delft, September 1996.
- HR2001. Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Delft, December 2001.
- Klopstra D., Duits M.T. Methodiek voor vaststelling van de vorm van de maatgevende afvoergolf van de Rijn bij Lobith. HKV [LIJN IN WATER](#). Rapportnr. PR204. December 1999.
- Klopstra D., Vrisou van Eck N. Methodiek voor vaststelling van de vorm van de maatgevende afvoergolf van de Maas bij Borgharen. HKV [LIJN IN WATER](#). Rapportnr. PR204. Maart 1999.
- RWS. Het SOBEK-model IVM-2001. Achtergronden bij de totstandkoming van de basisschematisatie. Rijkswaterstaat RIZA. IVM-rapport R-03. November 2001.
- Slomp R.M. Inconsistenties IVM, Spankracht, Noodoverloop en Randvoorwaardenboek op de Maas tot Amer: met name kilometerraaien 130 t/m 150 en 201 t/m 250. Rijkswaterstaat RIZA. Memo. 1 Februari 2004(a).
- Slomp R.M., Geerse C.P.M., De Deugd H. Onderbouwing Hydraulische randvoorwaarden 2001 voor het Benedenrivierengebied (concept). Rijkswaterstaat. RIZA-rapport 2001.017. 7 Juli 2004.
- Slomp R.M. Verbeterpunten in de bepaling van overstromingskansen in de verkennende Beleidsanalyse. Rijkswaterstaat RIZA. Werkdocument RIZA 2004.150x. 20 September 2004(b).
- Udo J. Analyse effectiviteit Noodoverloopgebieden van de Maas ten behoeve van het kabinetsstandpunt. HKV [LIJN IN WATER](#). Rapportnr. PR637. Juni 2003.
- Van de Langemheen W. Berger H.E.J. Hydraulische randvoorwaarden 2001: maatgevende afvoeren Rijn en Maas. Rijkswaterstaat. RIZA-Rapport 2002.014. 2002.

WL. Kader hydraulische analyse Bovenrivierengebied. PKB-studie deelrapport A. WL|Delft Hydraulics. Rapportnr. Q3244. September 2003(a).

WL. Algemene toelichting blokkendoos PKB. PKB-studie deelrapport D. WL|Delft Hydraulics. Rapportnr. Q3244. September 2003(b).