



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu

Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

**Effecten klimaatontwikkeling op
de waterkwaliteit bij innamepunten
voor drinkwater**

Analyse van stofberekeningen

Rapport 609716004/2012

S. Wuijts | C.I. Bak-Eijsberg | E.H. van Velzen |

N.G.F.M. van der Aa



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Effecten klimaatontwikkeling op de waterkwaliteit bij innamepunten voor drinkwater

Analyse van stofberekeningen

RIVM Rapport 609716004/2012

Colofon

© RIVM 2012

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

S. Wuijts, RIVM
C.I. Bak-Eijsberg, Deltares
E.H. van Velzen, Deltares
N.G.F.M. van der Aa, RIVM

Contact:
Susanne Wuijts
M&V/IMG
susanne.wuijts@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, Directie Water en Bodem en het Deltaprogramma Zoetwater, in het kader van het project M/609716 Bescherming drinkwaterbronnen



Rapport in het kort

Effecten klimaatontwikkeling op de waterkwaliteit bij innamepunten voor drinkwater; analyse van stofberekeningen

Als gevolg van de klimaatverandering kan de kwaliteit van oppervlaktewater rond 2050 zodanig zijn verslechterd dat het zonder extra maatregelen ongeschikt is om er drinkwater van te bereiden. Deze situatie doet zich voor in droge jaren, als normen voor stoffen gedurende perioden (van dagen tot maanden) worden overschreden. Deze normoverschrijdingen doen zich nu al voor in zeer droge jaren en kunnen in de toekomst toenemen. De mate waarin dit gebeurt hangt af van de klimatologische ontwikkelingen.

Oppervlaktewater als bron voor drinkwater onder druk

Dit blijkt uit verkennende berekeningen van Deltares die het RIVM heeft geanalyseerd in opdracht van het Deltaprogramma Zoetwater. De uitkomsten gelden voor bijna alle locaties in Nederland waar oppervlaktewater wordt onttrokken voor de productie van drinkwater (innamepunten). Dit oppervlaktewater wordt gebruikt om ongeveer 40% van de Nederlandse bevolking van drinkwater te voorzien.

De kwaliteit van water verslechtert tijdens perioden waarin de hoeveelheid water die door rivieren stroomt afneemt. De invloed van lozingen door afvalwaterzuiveringen en industrie op de waterkwaliteit is dan veel groter. Dat komt doordat het water minder verdund raakt.

Specifieke maatregelen per innamepunt aanbevolen

Bijna de helft van de innamepunten liggen in delen van kanalen en rivieren waar in droge perioden bijna geen of heel weinig nieuw water als verversing wordt aangevoerd. Hier wordt de waterstand kunstmatig hoog gehouden (stagnante zones). In deze zones kan een kleine variatie in doorstroming van het water al veel effect hebben op de berekende concentraties van stoffen. Aanbevolen wordt daarom om met de betrokken partijen (waterbeheerder, rijk, provincie en drinkwaterbedrijf) specifiek naar de situatie per innamepunt te kijken. De gesignaleerde risico's kunnen dan nader worden gewogen en effectieve maatregelen worden ontwikkeld. Voorbeelden van maatregelen zijn: het toelatingsbeleid van stoffen aanscherpen, de lozingen verminderen, stagnante zones doorspoelen zodat het oppervlaktewater wordt verversed, en het drinkwaterzuiveringsproces uitbreiden met een extra stap.

Trefwoorden:

Drinkwater, conservatieve stof, klimaat, waterkwaliteit

Abstract

Effects of climate change on water quality at drinking water abstraction points; analysis of concentrations of substances

Due to climate change, the quality of surface water in the future may deteriorate to such an extent by 2050 that it will be unsuitable for drinking water production unless extra measures are taken. This situation occurs during dry years when water quality standards are exceeded during periods that last from days to months. These exceedances are already taking place during very dry years and may increase in the future. The extent of this increase will depend on the degree of climate change.

Surface water as drinking water source under pressure

That surface water as a source of drinking water is under pressure can be concluded from exploratory calculations made by Deltares. The National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) analyzed the calculations for the Delta Programme on Freshwater. The results apply to almost all locations in the Netherlands where surface water is abstracted for drinking water production (abstraction points). This surface water is used for the drinking water supply of about 40% of the Dutch population.

The water quality deteriorates during periods of low river discharge. This is because the effect of spills from sewage water treatment plants is much larger due to less dilution.

Measures for individual abstraction points recommended

Nearly half of the abstraction points are located in branches of canals and rivers with very low water discharge during dry periods. In these water sections – known as stagnant zones – the water level is maintained artificially at a fixed level. Here a small variation in discharge may seriously affect the calculated concentrations of substances. It is therefore recommended that each abstraction point is individually analyzed with all parties concerned: water authority, national authority, province and drinking water company. The risks can then be weighed up and effective measures developed. Such measures are, for example, tightening up the authorization of substances, the reduction of spills, the flushing of stagnant zones and the extension of the drinking water treatment process.

Keywords:

Drinking water, climate change, conservative substance, water quality

Inhoud

Samenvatting—7

1 Inleiding—11

- 1.1 Aanleiding—11
- 1.2 Doel rapport—11
- 1.3 Aanpak—11
- 1.4 Uitgangspunten—13

2 Huidige en toekomstige waterkwaliteit—15

- 2.1 Huidige waterkwaliteit—15
- 2.2 Nieuwe stoffen—16
- 2.3 Interpretatie berekeningsresultaten—18

3 Analyse berekeningsresultaten—19

- 3.1 Afvoerverloop bij verschillende scenario's—19
- 3.2 Resultaten innamepunten Rijn—20
 - 3.2.1 Grensoverschrijdende lozing—21
 - 3.2.2 Lozing Nederlandse rwzi's—21
 - 3.2.3 Innamepunt Nieuwegein—22
- 3.3 Resultaten innamepunten Maas—24
 - 3.3.1 Grensoverschrijdende lozing—24
 - 3.3.2 Lozing Nederlandse rwzi's—24
 - 3.3.3 Innamepunt Heel—24
 - 3.3.4 Innamepunt Gat van de Kerksloot (Biesbosch)—26
- 3.4 Samenvatting resultaten—28

4 Discussie—31

5 Conclusies en aanbevelingen—33

- 5.1 Conclusies—33
- 5.2 Aanbevelingen—34

Literatuur—35

Bijlage I Technische informatie modelberekeningen—37

Bijlage II Afvoer 1967 (gemiddeld jaar) en huidig klimaat—39

Bijlage III Afvoer 1976 (zeer droog jaar) en huidig klimaat—41

Bijlage IV Afvoer 1976 (zeer droog jaar) en klimaat 2050Wplus—43

Bijlage V Berekenende concentraties per innamepunt—45

Samenvatting

Het Deltaprogramma Zoetwater richt zich op het ontwikkelen van lange termijn strategieën voor een duurzame zoetwatervoorziening die economisch doelmatig zijn. Dit moet in 2014 leiden tot een Deltabeslissing over de nieuwe strategie voor de zoetwatervoorziening. In 2010 en 2011 is gestart met een knelpuntenanalyse. In deze analyse zijn de knelpunten voor de verschillende gebruiksfuncties van zoetwater in beeld gebracht. Voor de drinkwaterfunctie is het effect van verzilting en temperatuurstijging bij verschillende toekomstscenario's berekend. Door de drinkwatersector is aan het Programmateam Zoetwater verzocht om ook voor andere stoffen het effect van de verschillende scenario's op de waterkwaliteit te berekenen.

Door het programmateam is besloten om voor dit doel berekeningen uit te laten voeren met een niet nader gedefinieerde conservatieve stof 'X' bij verschillende klimaat- en rivierafvoerscenario's. Voor deze scenario's wordt berekend wat de bijdrage kan zijn van rwzi's en bovenstroomse landen aan de waterkwaliteit van Rijn en Maas ter plaatse van de innamepunten van drinkwaterbedrijven. In dit rapport zijn de uitkomsten van deze berekeningen gerapporteerd en vertaald naar mogelijke effecten voor de drinkwatervoorziening.

Aanpak berekeningen

- De berekeningen zijn uitgevoerd voor drie droogtejaren (neerslagtekort):
 - een gemiddeld jaar, dat 1x per 2 jaar voorkomt (referentie 1967),
 - een droog jaar, dat 1x per 10 jaar voorkomt (referentie 1989),
 - een zeer droog jaar, dat 1x per 100 jaar voorkomt (referentie 1976).
 De herhalingstijd refereert aan de meteorologische situatie (neerslagtekort). De afvoersituatie volgt deels de statistiek van het neerslagtekort. Deze jaren zijn in een eerdere fase geselecteerd voor het Deltaprogramma Zoetwater.
- Voor elk droogtejaar zijn 3 verschillende klimaatscenario's doorgerekend:
 - huidig klimaat (aangeduid als 'huidig'),
 - situatie 2050 bij snelle klimaatverandering (2050Wplus),
 - situatie 2050 bij matige klimaatverandering (2050G).
- Er zijn twee emissies gesimuleerd bij de berekeningen:
 1. Er wordt een conservatieve stof 'X' geloosd vlak voor de grensovergangen bij Lobith en Borgharen met een omvang van 100 kg/s voor de Rijn en 20 kg/s voor de Maas.
 2. Er wordt bij alle emissiepunten van rwzi's in Nederland een conservatieve stof geloosd met een omvang van 1 g per inwonerseivalent per seconde.

Voor de verschillende emissies is berekend wat zij betekenen voor het concentratieverloop bij de innamepunten voor drinkwater. Door naast het referentiejaar ook scenario's door te rekenen waarbij er sprake is van droogte in combinatie met klimaatverandering, kan het relatieve effect worden berekend van deze omstandigheden op de waterkwaliteit.

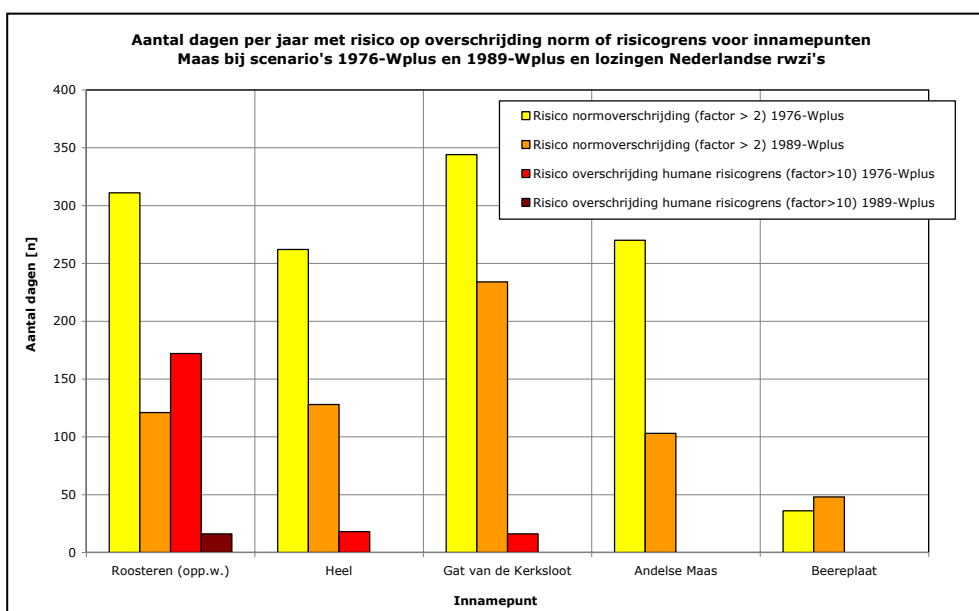
Analyse waterkwaliteit

- Als eerste stap is globaal geïnventariseerd welke stoffen op dit moment een probleem vormen voor de drinkwatervoorziening en in welke orde grootte deze stoffen voorkomen in de huidige situatie (2010).
- Vervolgens zijn deze orde grootte van gehalten vergeleken met de berekende situaties. De berekening voor 1967 (een meteorologisch gemiddeld jaar), met de afvoerverdeling 'huidig' (= huidig klimaat), ligt het dichtste bij de huidige situatie. Dit jaar is daarom gebruikt als een referentiejaar.

- De resultaten van het gemiddelde jaar (1967) zijn vergeleken met 1976, een zeer droog jaar, en 1989, een droog jaar, in combinatie met het Wplus-scenario. Bij het Wplus-scenario is er sprake van een snelle klimaatverandering. De ontwikkeling van de waterkwaliteit is zowel per rivier (vergelijking van innamepunten onderling) als per innamepunt (effect van de verschillende combinaties) geanalyseerd.

Conclusies

Uit de berekeningen blijkt dat een droog jaar in combinatie met snelle klimaatverandering (scenario 1989 – 2050Wplus) kan leiden tot frequente normoverschrijding van stoffen zoals bestrijdingsmiddelen (zie ook Tabel S.1 en Figuur S.1 en S.2). Dit afvoerverloop komt 1x per 4,6 jaar voor.

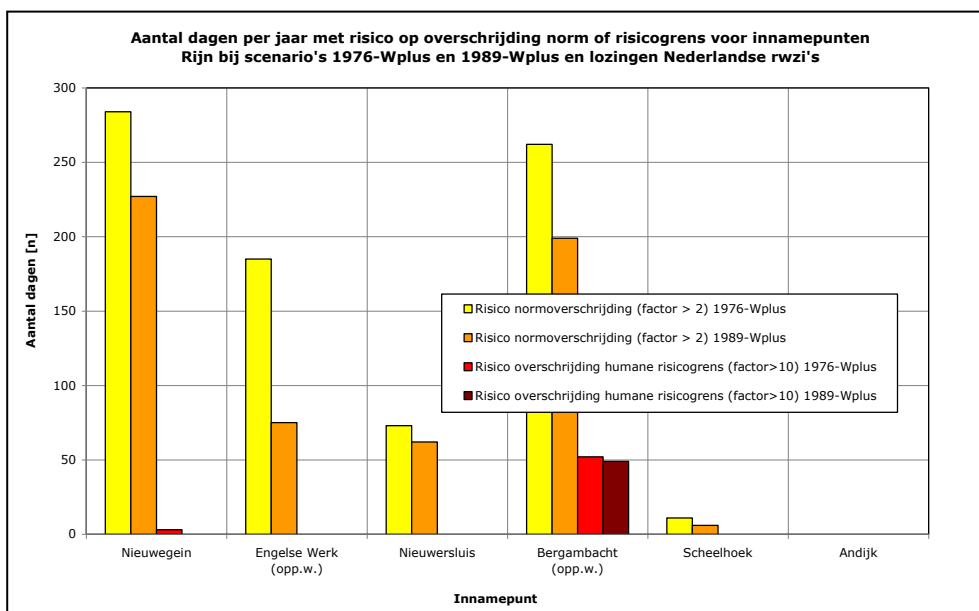


Figuur S.1 Aantal dagen per jaar met risico overschrijding norm of humane risicogrens bij innamepunten Maas voor verschillende scenario's bij lozingen door Nederlandse rwzi's.

Deze toename is zichtbaar bij bijna alle innamepunten van oppervlaktewater voor drinkwater en infiltratiepunten voor oevergrondwater in het Rijn- en Maasstroomgebied. Het oppervlaktewater is gedurende deze perioden niet geschikt voor drinkwaterbereiding.

In een zeer droog jaar, in combinatie met snelle klimaatverandering (scenario 1976 – 2050Wplus), neemt dit effect nog verder toe (zie ook Figuur 3.9 tot en met Figuur 3.12). Dit geldt zowel voor stoffen die uit bovenstroomse landen afkomstig zijn als voor emissies door Nederlandse rwzi's.

Voor nieuwe, nog niet genormeerde stoffen, kan de toename, bij een zeer droog jaar in combinatie met snelle klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) bij enkele innamepunten leiden tot mogelijke overschrijding van humane risicogrenzen, bijvoorbeeld voor carbamazepine, gedurende een periode van 1-2 maanden.



Figuur S.2 Aantal dagen per jaar met risico overschrijding norm of humane risicogrens bij innamepunten Rijn voor verschillende scenario's bij lozingen door Nederlandse rwzi's.

Tabel S.1 Berekend aantal dagen en de langste aaneengesloten periode met risico op normoverschrijding per innamepunt bij een droog jaar en snelle klimaatverandering (1989 – 2050Wplus).

Innamepunt		Risico normoverschrijding bij droog jaar (1989) [dagen]			
		Grensoverschrijdend		NL-se rwzi's	
		Totaal aantal	Duur max. periode	Totaal aantal	Duur max. periode
Maas	Roosteren (opp.w.)	115	85	121	86
	Heel	101	76	128	95
	Gat van de Kerksloot	114	47	234	179
	Andelse Maas	47	17	103	103
	Beereplaat	12	9	48	35
Rijn	Nieuwegein	30	25	227	102
	Engelse Werk (opp.w.)	111	28	75	41
	Nieuwersluis	79	72	62	27
	Bergambacht (opp.w.)	34	7	199	68
	Scheelhoek	7	5	6	4
	Andijk	0*	0	0*	0

* Bij innamepunt Andijk ligt de maximale toename net onder de in dit rapport gehanteerde grens van 2.

Tijdens droge perioden is de invloed van Nederlandse rwzi-emissies op de oppervlaktewaterkwaliteit vergelijkbaar of groter dan de invloed van grensoverschrijdende lozingen (zie ook Tabel 5.1). Dit betekent dat Nederland ook zelf maatregelen kan treffen om de waterkwaliteit substantieel te verbeteren en dat zij daarvoor niet alleen afhankelijk is van bovenstroomse landen.

Naast het aantal dagen met mogelijke normoverschrijding, is ook de lengte van deze periode van belang voor de drinkwatervoorziening. Om met frequent voorkomende normoverschrijdingen in bronnen voor drinkwater om te gaan

kunnen er door verschillende partijen maatregelen worden getroffen. Naarmate de lengte van de periode met normoverschrijdingen toeneemt, zijn sommige maatregelen effectiever dan andere. Mogelijke maatregelen (in de volgorde van de keten) zijn weergegeven in Tabel S.2.

Tabel S.2 Mogelijke maatregelen hoe om te gaan met perioden met normoverschrijding.

Mogelijke maatregel	Verantwoordelijke
Aanpak emissies via toelatingsbeleid van stoffen	Rijk
Terugdringen van emissies: <ul style="list-style-type: none"> • Vracht terugbrengen (uitbreiden zuivering bij rwzi), • Emissie relateren aan de afvoer (buffering bij rwzi of specifiek hergebruik in droge periodes) 	Waterbeheerder
(Tijdelijk) overschakelen op een andere bron	Drinkwaterbedrijf
Extra doorspoelen van stagnante zones	Waterbeheerder
Verplaatsen specifieke ongunstige emissiepunten	Waterbeheerder
Voorraadvorming gedurende natte periode en innamestop tijdens normoverschrijding	Drinkwaterbedrijf
Uitbreiden van de zuivering	Drinkwaterbedrijf

Aanbevelingen

Bij bijna alle innamepunten kunnen de concentraties toenemen met een factor twee of meer. Vooral bij innamepunten die gelegen zijn in stagnante zones (zones met weinig doorspoeling), zijn de resultaten gevoelig voor de gehanteerde invoerreeksen. Aanbevolen wordt daarom om specifiek per innamepunt wat meer gedetailleerd de praktijksituatie te bekijken en te vergelijken met het model zodat de gesignaleerde risico's nader gewogen kunnen worden.

Of, en zo ja welke maatregelen het meest effectief zijn om risico's te beheersen, zal per innamepunt moeten worden onderzocht. Aanbevolen wordt om de gesignaleerde risico's, de gevolgen daarvan en daarbij mogelijke oplossingsrichtingen te verkennen in samenwerking met de betrokken beleidsvelden en stakeholders uit het veld. Het gebiedsdossier kan daarvoor als platform dienen.

Vanuit het landelijk beleid raakt dit onderwerp niet alleen aan de thematiek van het Deltaprogramma Zoetwater en de Nota Drinkwater, maar ook aan de Kaderrichtlijn Water en de verschillende stof- of emissiegerichte dossiers. Het Deltaprogramma Zoetwater richt zich primair op de beschikbaarheid van voldoende zoet water. Kwaliteitsaspecten maken deel uit van andere beleidsdossiers zoals de Kaderrichtlijn Water, maar het Deltaprogramma Zoetwater kan de kwaliteitsrisico's wel signaleren en adresseren bij de verantwoordelijke beleidsdirecties. Daarnaast kunnen maatregelen in het kwantitatieve waterbeheer leiden tot verbetering van de waterkwaliteit. Aanbevolen wordt aan het Programmteam Zoetwater om de gesignaleerde risico's onder de aandacht te brengen bij de betreffende beleidsdirecties en mee te nemen bij de ontwikkeling van kansrijke zoetwaterstrategieën.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Deltaprogramma Zoetwater richt zich op het ontwikkelen van lange termijn strategieën voor een duurzame zoetwatervoorziening die economisch doelmatig zijn. Dit moet in 2014 leiden tot een Deltabeslissing over de nieuwe strategie voor de zoetwatervoorziening. In 2010 en 2011 is gestart met een knelpuntenanalyse. In deze analyse zijn de knelpunten voor de verschillende gebruiksfuncties van zoetwater in beeld gebracht. Voor de drinkwaterfunctie is het effect van verzilting en temperatuurstijging bij verschillende toekomstscenario's berekend. Uit de eerste analyses bleek dat de gebruikte relatie tussen de afvoer en de chloride concentratie moest worden bijgesteld met de waterkwaliteitsontwikkelingen van de afgelopen jaren (Zwolsman, 2011). Zowel voor de Rijn als voor de Maas is gedurende de afgelopen decennia de chlorideconcentratie afgenomen door het verminderen van emissies. In 2012 zijn de modellen bijgewerkt met deze informatie.

De drinkwatersector verzocht het Programmteam Zoetwater om ook voor andere stoffen het effect van de verschillende scenario's op de waterkwaliteit te berekenen. Het programmteam besloot om voor dit doel Deltares berekeningen uit te laten voeren met een niet nader gedefinieerde conservatieve stof 'X' bij verschillende klimaat- en rivierafvoerscenario's (zie ook paragraaf 1.4). Voor deze scenario's wordt berekend wat de bijdrage kan zijn van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) en van bovenstroomse landen aan de waterkwaliteit van Rijn en Maas ter plaatse van de innamepunten van drinkwaterbedrijven. Het RIVM is gevraagd om de resultaten van deze berekeningen te 'vertalen' naar mogelijke effecten voor de drinkwatervoorziening.

1.2 Doel rapport

Het doel van dit rapport is om inzichtelijk te maken wat het effect is van droge perioden in combinatie met klimaatverandering op de waterkwaliteit bij innamepunten van oppervlaktewater voor drinkwaterbereiding. Hiertoe wordt een overzicht gegeven van de berekeningsresultaten en worden deze vergeleken met de huidige waterkwaliteit.

1.3 Aanpak

Aanpak berekeningen

- De berekeningen zijn uitgevoerd voor drie droogtejaren die karakteristiek zijn voor de meteorologie:
 - een gemiddeld jaar, dat 1x per 2 jaar voorkomt (referentie 1967),
 - een droog jaar, dat 1x per 10 jaar voorkomt (referentie 1989),
 - een zeer droog jaar, dat 1x per 100 jaar voorkomt (referentie 1976).De herhalingstijd refereert aan de meteorologische situatie (neerslagtekort). De afvoersituatie volgt deels de statistiek van het neerslagtekort (zie ook hoofdstuk 4). Deze jaren zijn in een eerdere fase geselecteerd voor het Deltaprogramma Zoetwater (Kielen et al., 2011).

- Voor elk droogtejaar zijn 3 verschillende klimaatscenario's doorgerekend:
 - huidig klimaat (aangeduid als 'huidig'),
 - 2050 W+ (situatie 2050 bij snelle klimaatverandering),
 - 2050G (situatie 2050 bij matige klimaatverandering).
- Er zijn twee emissies gesimuleerd bij de berekeningen:
 3. Er wordt een conservatieve stof 'X' geloosd vlak voor de grensovergangen bij Lobith en Borgharen met een omvang van 100 kg/s voor de Rijn en 20 kg/s voor de Maas.
 4. Er wordt bij alle emissiepunten van rwzi's in Nederland een conservatieve stof geloosd met een omvang van 1 g per inwonersequivalent per seconde.

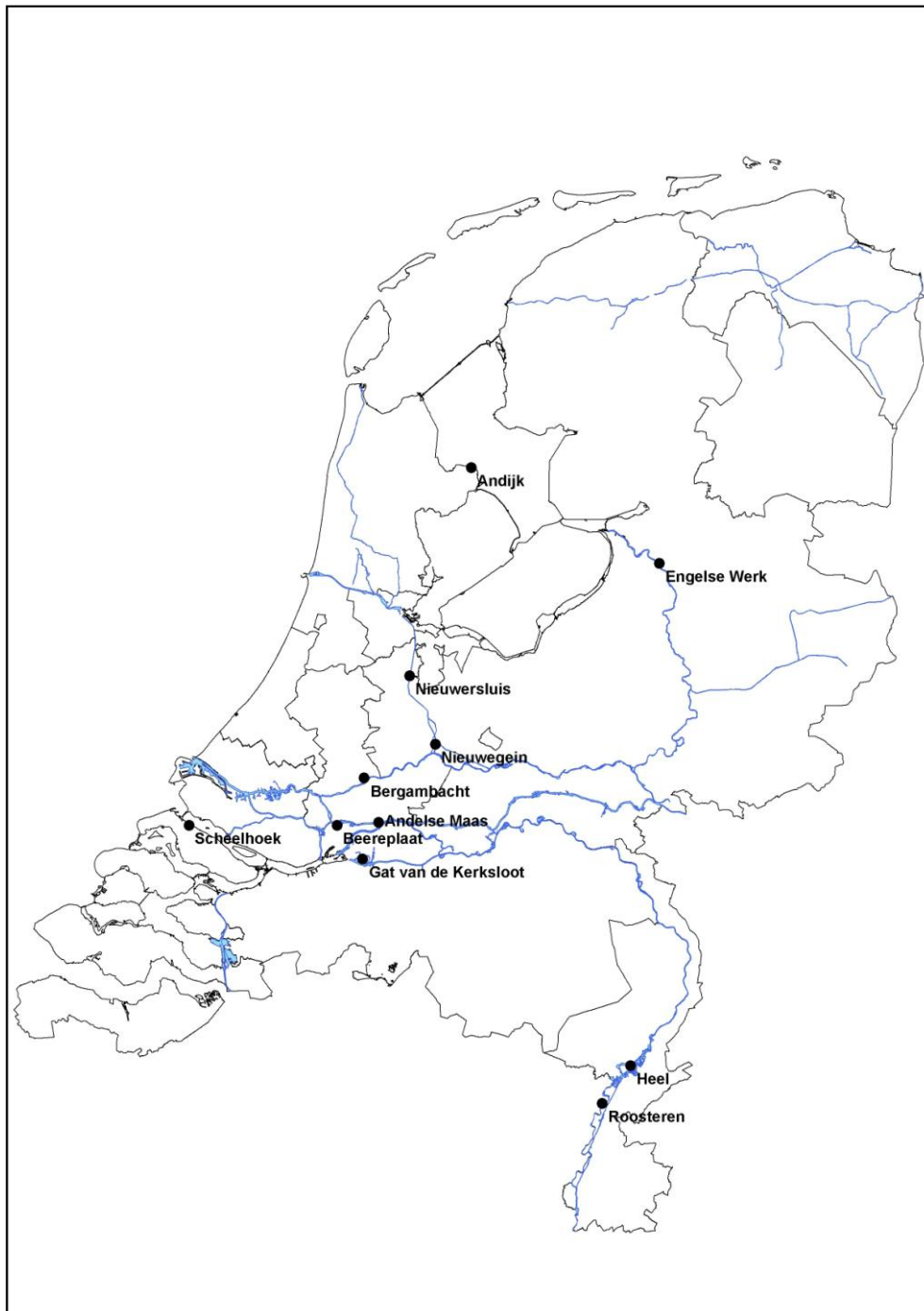
Deze emissies zijn zodanig hoog gekozen dat effecten op het concentratieverloop bij innamepunten voor drinkwater duidelijk zichtbaar zouden zijn. Door middel van relatieve schaling ten opzichte van een gemiddeld jaar (1967) zijn de resultaten vergeleken met de huidige concentraties op de Rijn en de Maas. De integriteit van de resultaten voor het toepassen van schaling is onderzocht en bevestigd. Dit betekent dat wanneer de lozing met een factor X wordt vermenigvuldigd, de berekende concentratie met dezelfde factor X mee verandert.

Voor de verschillende emissies is berekend wat zij betekenen voor het concentratieverloop bij de innamepunten voor drinkwater. Door naast het referentiejaar ook scenario's door te rekenen waarbij er sprake is van droogte in combinatie met klimaatverandering, kan het relatieve effect worden berekend van deze omstandigheden op de waterkwaliteit.

In totaal zijn er dus negen berekeningen (3 verschillende hydrologische jaren in combinatie met 3 verschillende klimaatscenario's) uitgevoerd voor het Rijn- en het Maasstroomgebied voor een grensoverschrijdende lozing en lozingen van rwzi's in Nederland. Het berekende concentratieverloop is per innamepunt in grafieken weergegeven (zie hoofdstuk 3 en Bijlagen II t/m V). De beschouwde innamepunten zijn weergegeven in Figuur 1.1.

Aanpak analyse berekeningsresultaten

- Als eerste stap is globaal geïnventariseerd welke stoffen op dit moment een probleem vormen voor de drinkwatervoorziening en in welke ordegraote deze stoffen voorkomen in de huidige situatie (2010).
- Vervolgens zijn deze ordegraote van gehalten vergeleken met de berekende situaties. De berekening voor 1967 (een meteorologisch gemiddeld jaar), met de afvoerverdeling 'huidig' (=huidig klimaat), ligt het dichtste bij de huidige situatie. Dit jaar is daarom gebruikt als een referentiejaar.
- De resultaten van het gemiddelde jaar (1967) zijn in eerste instantie vergeleken met 1976, een zeer droog jaar, en 1976 in combinatie met het Wplus-scenario. Bij het Wplus-scenario is er sprake van een snelle klimaatverandering. Deze combinatie (1976 en Wplus) kan worden beschouwd als de meest ongunstige situatie voor de ontwikkeling van de waterkwaliteit. Dit scenario komt echter ook relatief weinig voor; de herhalingsstijd van een zeer droog jaar is 100 jaar. In tweede instantie zijn daarom ook de resultaten van 1989 Wplus in grafieken uitgewerkt. Dit scenario heeft een meteorologische herhalingsstijd van 10 jaar. De hydrologische herhalingsstijd is zelfs nog lager, namelijk 4,6 jaar (zie ook hoofdstuk 4).
- De ontwikkeling van de waterkwaliteit is zowel per rivier (vergelijking van innamepunten onderling) als per innamepunt (effect van de verschillende combinaties) geanalyseerd.



Figuur 1.1 Beschouwde innamepunten in Rijn- en Maasstroomgebied.

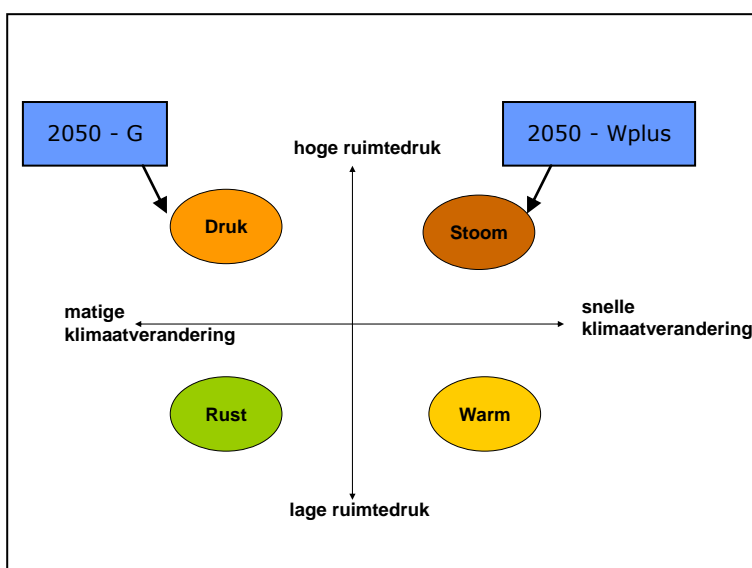
1.4 Uitgangspunten

Uitgangspunten bij berekeningen

- In het Deltaprogramma Zoetwater wordt gebruikgemaakt van toekomstscenario's en simulatiemodellen die voor het gehele Deltaprogramma gebruikt worden, respectievelijk de Deltascenario's en het Deltamodel. Deze scenario's zijn ontleend aan de scenario's over socio-economische ontwikkeling (WLO-scenario's) (CPB en PBL, 2006a en 2006b) en klimaatverandering (KNMI-scenario's) (Van den Hurk et al., 2006; Klein Tank en Lenderink, 2009). Er zijn twee uitersten van klimaatontwikkeling

beschouwd en twee uitersten voor socio-economische ontwikkeling. Deze uitersten zijn gecombineerd tot vier Deltascenario's G/RC (RUST), G/GE (VOL), W+/RC (WARM) en W+/GE (STOOM) (zie Figuur 1.2). In de berekening is de huidige situatie vergeleken met de Deltascenario's VOL en STOOM.

- In de berekeningen is het effect op de oppervlaktewaterkwaliteit bij innamepunten voor drinkwater bepaald. Als dit een oevergrondwaterwinning is, betreft het de oppervlaktewaterkwaliteit ter plaatse voordat infiltratie plaatsvindt.
- Er is gerekend met een conservatieve stof. Het effect van afbraak is niet meegenomen.
- De gebruikte modellen zijn beschreven in Bijlage I.



Figuur 1.2 Scenario's Deltaprogramma (Kielen et al., 2011).

Uitgangspunten bij analyse berekeningsresultaten

- In droge periodes kan de oppervlaktewaterkwaliteit door de relatief grotere bijdrage van lozings verslechteren. Met de berekening wordt dit relatieve effect inzichtelijk gemaakt. Aangezien er veel factoren zijn die meespelen in het bepalen van de concentratie per stof, worden er geen conclusies verbonden aan de absolute berekende getallen, maar wel aan de relatieve veranderingen, de periodes waarover deze aan de orde zijn en of dit zou kunnen leiden tot normoverschrijdingen en of aanpassingen in het zuiveringssysteem.
- Stoffen die door Nederlandse rwzi's worden geloosd, worden veelal ook vanuit bovenstroomse landen aangevoerd. Er kan dus sprake zijn van een gecombineerd effect. In deze analyse zijn deze emissies (Nederlandse rwzi's en grensoverschrijdend) apart behandeld.
- Er zijn in Nederland geen andere emissiebronnen meegenomen, zoals scheepvaart, landbouw, stedelijk gebied en industriële emissies. De emissie bij de grens kan worden beschouwd als een totaal van deze emissies in het bovenstrooms gelegen deel van het stroomgebied.
- Het effect van calamiteiten, zoals lozings, op de waterkwaliteit tijdens een (zeer) droge periode is niet berekend.

2 Huidige en toekomstige waterkwaliteit

2.1 Huidige waterkwaliteit

Eind 2009 is de eerste serie Stroomgebiedbeheerplannen (SGBP'en) van kracht geworden. Deze plannen zijn opgesteld op grond van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW, 2000/60/EG) en beschrijven de toestand van het watersysteem en de maatregelen die nodig zijn om 'de goede toestand' van het watersysteem te bereiken. De KRW bevat specifieke doelstellingen voor water bestemd voor menselijke consumptie (artikel 7). Deze doelstellingen betreffen zowel de huidige als de toekomstige situatie.

Het drinkwater in Nederland is van goede kwaliteit (Versteegh en Dik, 2011). Dit betekent dat de kwaliteit van het ingenomen grond- of oppervlaktewater in combinatie met het aanwezige zuiveringssysteem ruimschoots voldoende is om gezond en veilig drinkwater te kunnen produceren dat voldoet aan de normen van het Drinkwaterbesluit (2011).

De normen voor oppervlaktewater bestemd voor drinkwater zijn in Nederland opgenomen in het Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water 2009 (BKMW). De parameters in het BKMW zijn overgenomen uit de richtlijn 'betreffende de vereiste kwaliteit van het oppervlaktewater bestemd voor drinkwater' (75/440/EEG), daterend uit 1975. Parameters uit het BKMW die anno 2012 in oppervlaktewater in kritische concentraties kunnen voorkomen, zijn gewasbeschermingsmiddelen, PAK's en chloride. Het BKMW bevat daarmee maar beperkt de huidige parameters die een probleem vormen voor de drinkwatervoorziening in Nederland. In Tabel 2.1 is weergegeven welke huidige en mogelijk toekomstige probleemstoffen voor drinkwater relevant zijn. Tabel 2.2 bevat voor verschillende stofgroepen de orde-grootte concentraties waarin dezen voorkomen.

Tabel 2.1 (Potentiële) probleemstoffen drinkwaterbereiding en emissieroutes (Wuijts et al., 2011).

Drinkwaterrelevante stoffen bij emissies	
Industrie en landbouw	Communaal afvalwater
<ul style="list-style-type: none"> • MTBE/ETBE (benzine-additief); • NDMA; • brandvertragers; • weekmakers, oplosmiddelen, coatings, smeermiddelen; • gewasbeschermingsmiddelen. 	<ul style="list-style-type: none"> • hormonen; • (emerging) pathogenen; • antibiotica en andere geneesmiddelen, röntgencontrastmiddelen; • gewasbeschermingsmiddelen; • geur-, kleur- en smaakstoffen (voedseladditieven, reinigingsmiddelen, ...); • nanodeeltjes (onder andere TiO₂ uit witmakers); • zoetstoffen (aspartaam); • anticorrosiemiddelen (benzotriazolen); • cosmetica; • insectwerende middelen (DEET); • brandvertragers (kleding, stoffering).

Voor bestrijdingsmiddelen en biociden, is wel een norm opgenomen in het BKMW. Deze bedraagt 0,1 µg/l. In de huidige situatie zijn er een aantal van deze stoffen die regelmatig voorkomen in concentraties net onder of boven de norm. Een beperkte toename van de concentraties aan deze stoffen kan al leiden tot frequentere normoverschrijding. Voorbeelden hiervan zijn glyfosaat, chloortoluron, diuron en isoproturon (RIWA, 2011a en 2011b). In relatie tot emissies van rwzi's zijn vooral de middelen relevant die veel worden toegepast bij onkruidbestrijding op verhardingen.

Tabel 2.2 Stofgroepen, herkomst, ordegrootte van voorkomen in oppervlaktewater (Rijn en Maas) (RIWA, 2011a en 2011b).

Stofgroep	Herkomst*	Ordegrootte concentraties individuele stoffen
Geneesmiddelen	Rwzi	0,01 – 1 µg/l
Röntgencontrastmiddelen	Rwzi	0,01 – 1 µg/l
Hormoonverstoorders	Rwzi	0,01 – 1 µg/l
Gewasbeschermingsmiddelen	Landbouw	0,01 – 1 µg/l
MTBE/ETBE	Industrie, verkeer	0,1 – 10 µg/l
PAK's	Industrie, verkeer	0,002 – 0,05 µg/l

* Stoffen die door rwzi's worden geloosd, worden veelal ook vanuit bovenstroomse landen aangevoerd. Er kan dus sprake zijn van een gecombineerd effect. Hetzelfde geldt voor emissies door de industrie en de diffuse emissies door landbouw en verkeer.

2.2 Nieuwe stoffen

De in de vorige paragraaf beschreven lacune in de normstelling is in de eerste serie SGBP'en onderkend en heeft geresulteerd in een voorstel voor een zogenoemde NL-watchlist (deels overgenomen in Tabel 2.3). Dit voorstel is ingebracht in de bestuurlijke besluitvormingskolom. De stoffen die hierop voorkomen zullen in de komende planperiode worden gemonitord zodat op basis hiervan een besluit kan worden genomen of verdere maatregelen noodzakelijk zijn (Project Nieuwe en Vergeten Stoffen, ministerie van Infrastructuur en Milieu/Directie Duurzaamheid).

Stoffen komen in aanmerking voor de Nederlandse watchlist vanwege de risico's voor de drinkwaterfunctie en/of de ecologie. De watchlist is bedoeld als 'opstap' naar de stoffenlijsten van BKMW en/of Regeling monitoring KRW. Plaatsing op de watchlist dient als stimulans voor waterbeheerders om meetgegevens te verzamelen om te beoordelen of een stof in het desbetreffende gebied relevant is, zonder de bijbehorende verplichtingen van de KRW ten aanzien van frequentie en rapportage. Voor de overheid dient de watchlist als stimulans om een zo goed mogelijk inzicht te krijgen in risicostoffen en de daarbij behorende risicogrenzen, zonder dat er direct gedegen normafleiding volgens de KRW-systematiek nodig is.

Op deze manier wordt zoveel mogelijk informatie verkregen over de aanwezigheid en eventuele effecten van een stof, om er zo voor te zorgen dat stoffen alleen in een wettelijke regeling worden opgenomen als duidelijk is dat ze daadwerkelijk een probleem vormen voor de waterkwaliteit. Zo wordt voorkomen dat er (meet)inspanningen worden gevraagd voor stoffen die niet (overal) relevant zijn (Smit en Wuijts, 2012).

Tabel 2.3 is in dit rapport opgenomen om een indruk te geven van de betekenis van de concentratieverandering bij innamepunten voor drinkwater als gevolg van een droog jaar al dan niet in combinatie met klimaatverandering. In de

derde kolom zijn meetgegevens en risicogrenzen opgenomen. De opgenomen risicogrenzen zijn gebaseerd op informatie uit de literatuur. Normafleiding conform de KRW-methodiek moet nog plaatsvinden. Uit de tabel kan bijvoorbeeld worden afgeleid dat voor carbamazepine de huidige concentratie met een factor 10 zou moeten toenemen om de humane risicogrens te overschrijden. Hierbij is uitgegaan van de laagste gerapporteerde risicogrens.

De normstelling in het Drinkwaterbesluit is gebaseerd op een combinatie van de risicobenadering en het voorzorgsprincipe. Dit betekent dat zowel wordt gekeken naar de humane risicogrenzen zoals hierboven en in Tabel 2.3 beschreven en het beleidsuitgangspunt dat de aanwezigheid van bepaalde stoffen in het drinkwater als onwenselijk wordt beschouwd. De normstelling is daarom vaak lager dan de humane risicogrens.

Tabel 2.3 Stoffen uit NL-Wachtlist die in aanmerking komen voor BKMW en/of Regeling monitoring KRW (Smit en Wuijts, 2012).

Stof	Bronnen/emissies	Risicogrenzen en meetgegevens (90 ‰)
Amidotrizoïnezuur (contrastvloeistof)	<ul style="list-style-type: none"> • RWZI (ziekenhuizen) • gebruik buitenland: 61000 kg in 2001 in D/CH • gebruiks-/emissiecijfers NL niet bekend 	<ul style="list-style-type: none"> • ERLeco = ? • ERLdw = ? • ERL DMR = 0,1 µg/l • 90 ‰ = 0,21 µg/l
Carbamazepine (anti-epilepticum; anti-depressivum)	<ul style="list-style-type: none"> • RWZI • gebruikers: 56000 in 2006, 47000 in 2010 • kg: 8400 in 2007, 8990 in 2020 • emissie 1100 kg/j (2005-2008) 	<ul style="list-style-type: none"> • ERLeco = 0,5 µg/l • ERLdw = 1-56 µg/l • ERL DMR = 0,1 µg/l • 90 ‰ = 0,1 µg/l
Di-isopropylether (oplosmiddel)	<ul style="list-style-type: none"> • chemische industrie • component was/olie/hars • gebruiks-/emissiecijfers NL niet bekend 	<ul style="list-style-type: none"> • ERLeco = 92 µg/l • ERLdw = 700 µg/l • ERL DMR = 1 µg/l • geurdrempel = 10 µg/l • 90 ‰ = 1.1 µg/l
Metformine (diabeticum)	<ul style="list-style-type: none"> • RWZI • gebruikers: 430000 in 2007, > 500000 in 2010 • kg: 207190 in 2007, 256103 in 2020 • emissiecijfers NL niet bekend 	<ul style="list-style-type: none"> • ERLeco = 64 µg/l • ERLdw = ? • ERL DMR = 0,1 µg/l • 90 ‰ = 0,43 µg/l
Metoprolol (hart- en vaatziekten)	<ul style="list-style-type: none"> • RWZI • gebruikers: 800000 in 2006, 975000 in 2010 • kg: 22681 in 2007 28061 in 2020 • emissiecijfers NL niet bekend 	<ul style="list-style-type: none"> • ERLeco = 0,5 µg/l • ERLdw = ? • ERL DMR = 0,1 µg/l • 90 ‰ = 0,12 µg/l

Legenda:

ERLeco	Ecologische risicogrens voor de aquatische ecologie (acute toxiciteit)
ERLdw	Humane risicogrens bij consumptie van 2 l water per dag bij een lichaamsgewicht van 70 kg
ERL DMR	Risicogrens zoals gehanteerd door drinkwaterbedrijven in het Donau Maas Rijn Memorandum (IAWR/IAWD/RIWA, 2008)

In het rapport Toekomstverkenning drinkwatervoorziening in Nederland (Wuijts et al., 2011) is, op basis van de scenario's van het CPB en PBL (2006a en 2006b) en het KNMI (Klein Tank en Lenderink, 2009), het effect op de waterkwaliteit beschreven voor verschillende stofgroepen (Tabel 2.4).

Uit de scenario's blijkt dat de beschikbaarheid van oppervlaktewater door verandering van klimaat, verstedelijking en demografische processen onder druk kan komen te staan. Zo wordt een toename van het geneesmiddelengebruik verwacht van circa 36% in 2050 (Van der Aa et al., 2011). Gedurende droge periodes kan door verminderde rivierafvoer (vooral van de Maas) in combinatie met zeespiegelstijging de kwaliteit van oppervlaktewater verslechteren. Dit gebeurt zowel door een relatief grotere bijdrage van emissies van verontreinigingen als door versterkte indringing van zeewater in de delta. Ook het effect van calamiteiten (zoals lozingen of scheepsongevallen) op de waterkwaliteit kan gedurende droge periodes toenemen. Anderzijds kunnen ook hevige regenbuien tot calamiteuze situaties leiden (overstorten, versterkte afspoeling van dierlijke mest).

Tabel 2.4 *Invloed maatschappelijke, economische en klimatologische ontwikkelingen op waterkwaliteit (Wuijts et al., 2011).*

Ontwikkelingen	Belastingen door	Humane geneesmiddelen	Emerging pathogenen	Ecologische veranderingen	Nanomaterialen	Biociden	Personal care products	Gewasbeschermingsmiddelen	Nitraat	Diergeneesmiddelen	Toxiciteit van mensels	Chloride
Demografie	vergrijzing											
	immigratie											
Consumptie	mobiliteit											
	producten											
	recreatie											
Economie	landbouw											
	technologie											
	openbare ruimte											
Klimaat	temperatuur											
	verzilting											

2.3 Interpretatie berekeningsresultaten

Bij de interpretatie van de berekeningsresultaten in hoofdstuk 3, is een toename van de concentratie met een factor twee aangehouden als indicator voor normoverschrijding. Deze indicator geeft aan dat normoverschrijding van bestrijdingsmiddelen verwacht kan worden en voor meerdere middelen.

Daarnaast is de in paragraaf 2.2 genoemde factor 10 gehanteerd als indicatie dat mogelijk een humane risicogrens wordt overschreden. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit is gebaseerd op één stof (carbamazepine) en dat de voor deze stof gerapporteerde risicogrenzen een behoorlijke spreiding laten zien (zie ook Tabel 2.3). Humane risicogrenzen voor andere stoffen kunnen zowel hoger als lager zijn.

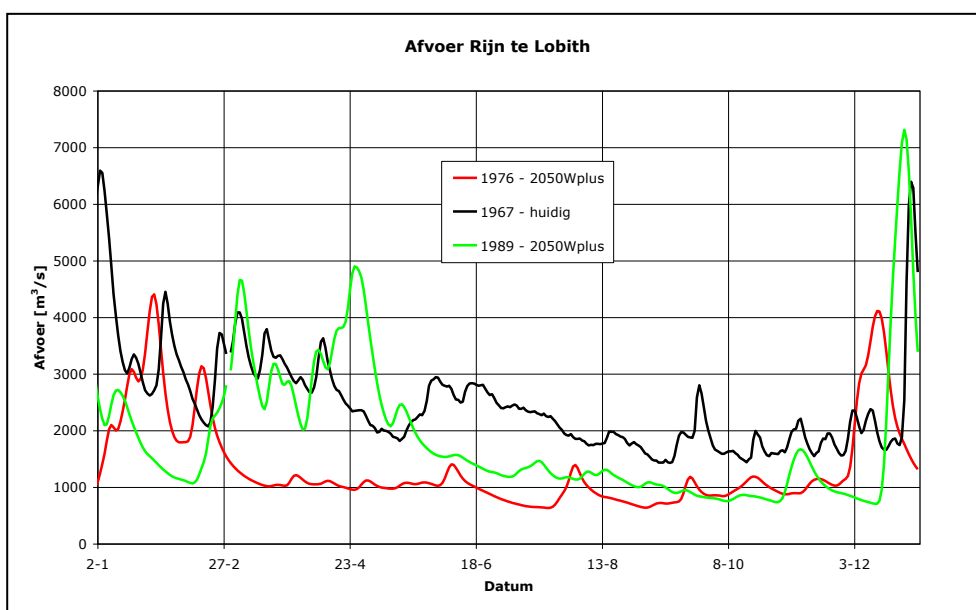
3 Analyse berekeningsresultaten

In dit hoofdstuk worden de berekeningsresultaten beschreven. De resultaten zelf zijn opgenomen in Bijlage II t/m V. In de Bijlagen II t/m IV zijn de resultaten per jaar, per rivier en per type lozing weergegeven. In Bijlage V zijn de berekeningsresultaten per innamepunt weergegeven. In het rapport zelf zijn de grafieken opgenomen die de relatieve toename door droogte en/of klimaatverandering weergegeven ten opzichte van het referentiejaar 1967 bij een huidig klimaat. Deze grafieken geven het meest direct inzicht in de relatieve verandering ten opzichte van de huidige situatie.

3.1 Afvoerverloop bij verschillende scenario's

Het afvoerverloop van de Rijn en de Maas tijdens de beschouwde jaren is weergegeven in Figuur 3.1 en Figuur 3.2. Hierbij kan zowel voor de Rijn als de Maas het volgende worden opgemerkt:

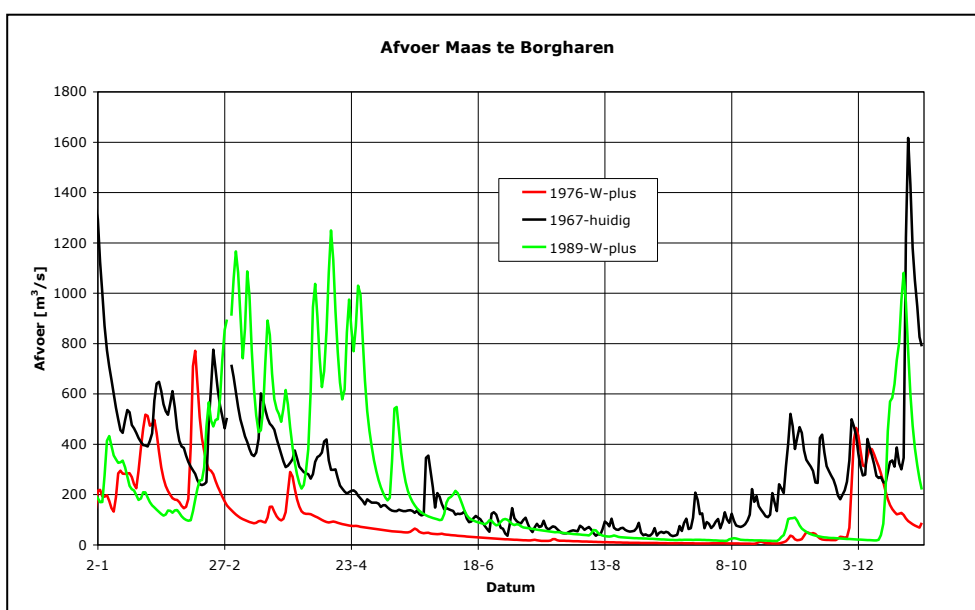
- De afvoeren in de scenario's 1989 – 2050Wplus (droog jaar en snelle klimaatverandering) en 1976 – 2050Wplus (zeer droog jaar en snelle klimaatverandering) zijn gemiddeld ruim lager dan in het referentiejaar 1967 - huidig (zie ook Tabel 3.1 en Tabel 3.2).
- De periode met een lage afvoer is voor 1989 – 2050Wplus en 1976 – 2050Wplus vergelijkbaar, maar iets korter voor 1989 – 2050Wplus.
- Deze periode begint in juli en loopt door tot november.
- Het belangrijkste onderscheid tussen 1989 – 2050Wplus en 1976 – 2050Wplus zit in de eerste helft van het jaar waarbij 1989 – 2050Wplus een langere en later optredende periode met hoge afvoeren laat zien.



Figuur 3.1 Afvoerverloop Rijn te Lobith voor de verschillende scenario's.

Tabel 3.1 Kentallen afvoeren Rijn te Lobith bij verschillende scenario's.

Scenario	Minimum		Maximum		Gemiddelde
	Q [m ³ /s]	Datum	Q [m ³ /s]	Datum	
1967 – huidig	1433	12-9	6592	3-1	2495
1967 – 2050Wplus	955	8-9	7734	3-1	2380
1989 – huidig	855	10-12	4531	26-4	1821
1989 – 2050Wplus	709	12-12	7312	25-12	1872
1976 – huidig	782	11-7	3459	27-1	1333
1976 – 2050Wplus	637	20-7	4408	27-1	1354



Figuur 3.2 Afvoerverloop Maas te Borgharen voor de verschillende scenario's.

Tabel 3.2 Kentallen afvoeren Maas te Borgharen bij verschillende scenario's.

Scenario	Minimum		Maximum		Gemiddelde
	Q [m ³ /s]	Datum	Q [m ³ /s]	Datum	
1967 – huidig	35	12-9	1617	25-12	271
1967 – 2050Wplus	18	13-9	1544	1-1	258
1989 – huidig	49	27-10	1176	23-12	246
1989 – 2050Wplus	15	28-10	1249	14-4	239
1976 – huidig	17	17-8	618	14-2	102
1976 – 2050Wplus	5	18-10	771	14-2	100

3.2 Resultaten innamepunten Rijn

In deze paragraaf wordt ingegaan op de berekeningsresultaten voor de innamepunten langs de Rijn. Eerst wordt een aantal algemene bevindingen opgesomd bij de resultaten voor een grensoverschrijdende lozing en lozingen door rwzi's in Nederland (paragraaf 3.2.1 en paragraaf 3.2.2). Vervolgens zal in paragraaf 3.2.3 specifiek worden ingegaan op de effecten bij innamepunt Nieuwegein en de verhouding van de resultaten met de huidige waterkwaliteit.

Dit innamepunt is gekozen omdat het qua berekend concentratieverloop tamelijk representatief is voor een aantal andere innamepunten en ook voldoende onderscheidend bij de verschillende doorgerekende scenario's.

3.2.1 **Grensoverschrijdende lozing**

- Het concentratieverloop voor de direct langs de rivieren gelegen innamepunten vertoont een duidelijke, omgekeerde, relatie met het afvoerverloop. Vooral Engelse Werk (berekende kwaliteit oppervlaktewater) lijkt het meest direct gerelateerd aan het afvoerverloop bij Lobith: bij een stijgende afvoer neemt de concentratie af en bij een dalende afvoer neemt de concentratie toe. Het ontbreken van stuwen in de IJssel voorkomt dempende effecten op de waterkwaliteit.
- Het berekende concentratieverloop bij Bergambacht en Engelse Werk betreft de concentratie in het oppervlaktewater. De kwaliteit van het via bodempassage onttrokken oevergrondwater zal door menging en afbraak sterk zijn afgevlakt.
- De berekende kwaliteit bij de innamepunten Nieuwegein en Nieuwersluis (Amsterdam-Rijnkanaal) komt bij een grensoverschrijdende lozing sterk overeen.
- Het innamepunt Scheelhoek wordt zowel door de Rijn (Waal: 80%) als door de Maas (20%) gevoed. De berekende concentratie wordt het meest beïnvloed door het afvoerverloop in de Rijn. De menging van beide wateren zorgt voor een demping in het verloop van de berekende concentraties.
- Ook bij de innamepunt Andijk is de invloed van de grensoverschrijdende lozing zichtbaar, echter in een nog meer gedempte vorm. Hierbij moet worden opgemerkt dat het gebruikte model vrij grof is voor het IJsselmeer. De resultaten geven alleen een indicatie.
- De waterkwaliteit bij alle innamepunten langs de Rijn (direct en indirect) wordt beïnvloed door een grensoverschrijdende lozing.
- Bij het innamepunt Andijk is de invloed van menging het grootst: pas na bijna een jaar zijn er aanzienlijke concentratieverschillen zichtbaar tussen de referentiesituatie (1967 huidig) en het zeer droge jaar in combinatie met snelle klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) (Bijlage V, Figuur V.5 en Figuur V.6).
- De effecten van klimaatverandering op de berekende concentraties zijn vooral in de tweede helft van het jaar het meest sterk zichtbaar. Dit komt omdat de meest droge perioden ook in de tweede helft van het jaar voorkomen. Het effect wordt versterkt bij klimaatverandering. Daarnaast spelen inspeleffecten van het model een rol. De duur van inspeleffecten is afhankelijk van de dynamiek van het gemodelleerde systeem: de verblijftijd van water op de Nederrijn – Lek varieert tussen 1 en 20 dagen; de verblijftijd op het IJsselmeer daarentegen, bedraagt ongeveer 9 maanden. Dit accumulerende effect is ook zichtbaar in het bij Andijk berekende concentratieverloop (Figuur V.5 en Figuur V.6).

3.2.2 **Lozing Nederlandse rwzi's**

- Bij lozingen door Nederlandse rwzi's, ontstaan er aanzienlijke concentratieverschillen tussen de innamepunten Nieuwegein en Nieuwersluis. De tussengelegen rwzi's zijn hier debet aan. Dit verschil versterkt zich bij de verschillende afvoersituaties (gemiddeld jaar (1967) versus droog (1989) en zeer droog jaar (1976)).
- In de referentiesituatie (1967 huidig) is het afvoerverloop nog zichtbaar in de berekende concentraties bij een aantal innamepunten. Bij een zeer droog

jaar en snelle klimaatverandering ontstaan er meer variaties in de concentratie die niet te herleiden zijn naar de afvoer bij Lobith.

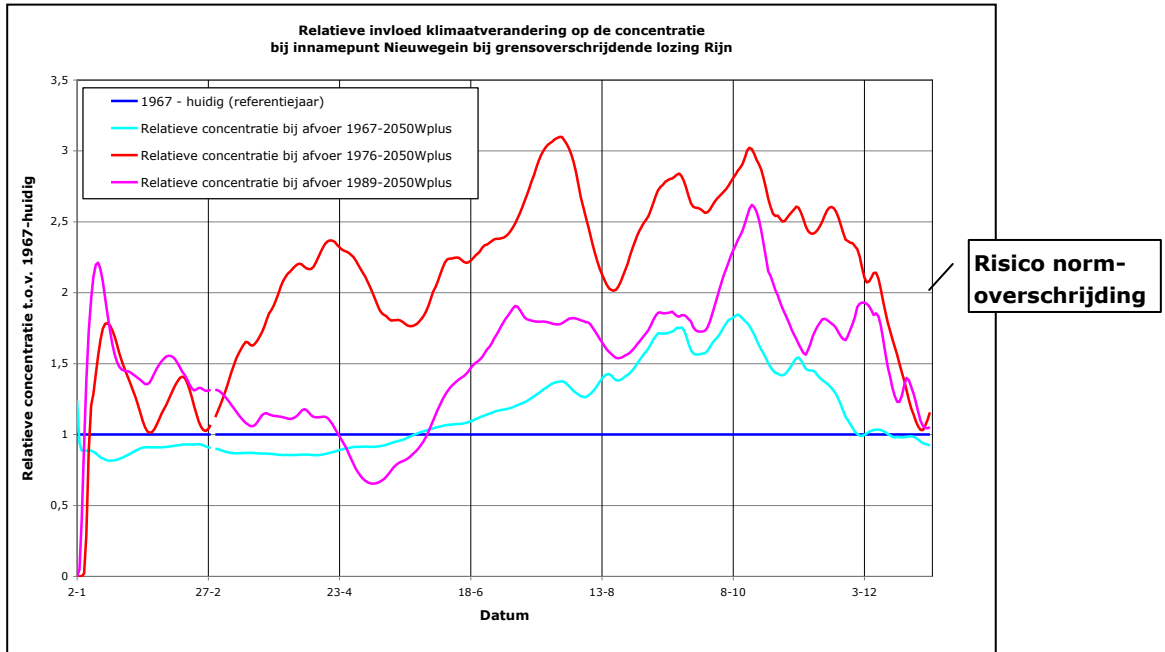
- De concentratie bij Andijk wordt bij de rwzi-lozingen niet of nauwelijks beïnvloed door het voorkomen van een droog jaar. Mogelijk speelt het inspeleffect van het model hierbij een rol.
- Ten slotte valt de piek in het oppervlaktewater bij Bergambacht op (Figuur II.3, Figuur III.3 en Figuur IV.3): in deze periode is ter plaatse van dit punt op de Lek sprake van een zeer lage afvoer (positief en negatief) en ontstaat er een pendelgebied waar het water enigszins heen en weer beweegt en er nauwelijks wateraanvoer van bovenstrooms is.

3.2.3 **Innamepunt Nieuwegein**

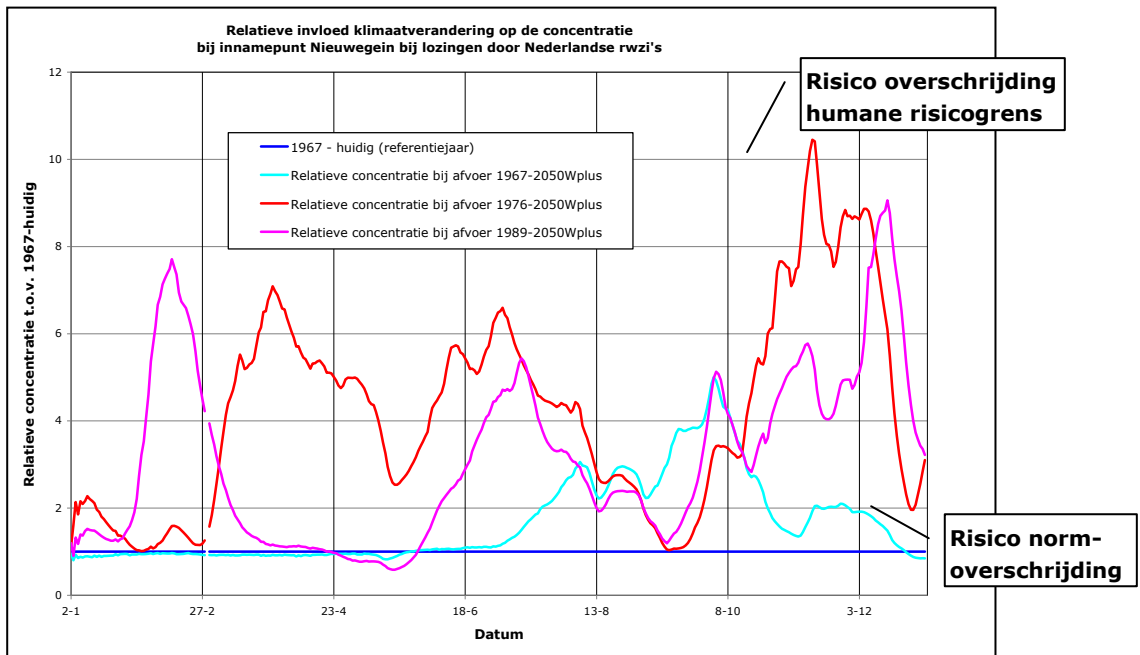
In Bijlage V, in Figuur V.1 en Figuur V.2, is voor het innamepunt Nieuwegein het berekende concentratieverloop weergegeven bij respectievelijk een grensoverschrijdende lozing en lozingen door Nederlandse rwzi's voor verschillende afvoer- en klimaatscenario's.

De effecten van een zeer droog jaar manifesteren zich van eind februari tot begin december. Dit leidt tot een structurele verhoging van de concentratie bij het innamepunt Nieuwegein (zie Figuur V.1). In de figuur valt verder op dat de toename van de concentratie als gevolg van een zeer droog jaar en een snelle klimaatverandering in de tweede helft van het jaar ongeveer even groot is, dit terwijl het afvoerverschil bij Lobith voor de beschouwde scenario's (1976 huidig en 1976 Wplus) beperkt is. Dit verschil kan worden verklaard uit de afvoersituatie op de Nederrijn/Lek: in de gestuwde situatie kan de afvoer op dit rivierpand variëren tussen 0 en 25 m³/s, variaties in deze lage afvoeren werken sterk door in de berekende concentraties. Ook is er sprake van het 'pendelen' van water op het traject Nederrijn/Lekkanaal. Dit resulteert in kleine dalen in het concentratieverloop die niet kunnen worden verklaard uit het afvoerverloop bij Lobith. In de eerste helft van het jaar is het effect van snelle klimaatverandering op het concentratieverloop echter zeer beperkt vergeleken met het effect van een zeer droog jaar. Dit komt overeen met het afvoerverloop.

In Figuur 3.3 en Figuur 3.4 is het berekende concentratieverloop omgewerkt naar het relatieve concentratieverloop ten opzichte van het referentiejaar 1967 - huidig. De berekende concentraties zijn daarvoor op elkaar gedeeld. Uit de grafiek kan het effect worden afgelezen van een droog jaar en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering (1989 - 2050Wplus en 1976 - 2050Wplus). Uit Figuur 3.3 blijkt dat bij een grensoverschrijdende lozing, een zeer droog jaar bij het innamepunt Nieuwegein kan leiden tot een langdurige (6-7 maanden) verdubbeling van de concentraties en in combinatie met klimaatverandering tot een verdrievoudiging. Bij een droog jaar (1989 - 2050Wplus) is dit effect ook zichtbaar maar minder groot; er is dan sprake van bijna een verdubbeling van de concentraties. Voor sommige bestrijdingsmiddelen kan dit al betekenen dat er sprake is van een normoverschrijding (zie ook paragraaf 2.3).



Figuur 3.3 Relatieve invloed van een droog jaar (1989 – 2050Wplus) en een zeer droog jaar in combinatie met klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) ten opzichte van een gemiddeld jaar zonder klimaatverandering (1967-huidig) voor innamepunt Nieuwegein bij een grensoverschrijdende lozing op de Rijn.



Figuur 3.4 Relatieve invloed van een droog jaar (1989 – 2050Wplus) en een zeer droog jaar in combinatie met klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) ten opzichte van een gemiddeld jaar zonder klimaatverandering (1967-huidig) voor innamepunt Nieuwegein bij lozingen door Nederlandse rwzi's.

Bij lozingen door rwzi's is het effect van een droog jaar in combinatie met klimaatverandering nog hoger, tot een factor 10. Dit kan worden verklaard uit het feit dat rwzi's ook lozen op rivierpanden met periodiek een zeer lage tot zelfs negatieve afvoeren. In die situaties neemt het effect van de lozing snel toe. Vanaf een factor 10 kunnen humane risicogrenzen voor geneesmiddelen worden overschreden. De voor het innamepunt Nieuwegein berekende concentratietoename ligt daar net onder.

3.3 Resultaten innamepunten Maas

In deze paragraaf worden de berekeningsresultaten voor de innamepunten langs de Maas beschreven. Eerst worden algemene bevindingen opgesomd bij de resultaten voor een grensoverschrijdende lozing en lozingen door rwzi's in Nederland (paragraaf 3.2.1 en paragraaf 3.2.2). Vervolgens zal in paragraaf 3.2.3 en paragraaf 3.2.4 specifiek worden ingegaan op de effecten bij de innamepunten Heel en Gat van de Kerksloot (Biesbosch) en de verhouding van de resultaten met de huidige waterkwaliteit. Voor de Maas is gekozen voor de bespreking van twee innamepunten, omdat het effect van een grensoverschrijdende lozing zich het sterkste manifesteert op korte afstand van de grens (Roosteren en Heel). Het effect van lozingen door rwzi's is vooral verder benedenstrooms goed zichtbaar.

3.3.1 Grensoverschrijdende lozing

- De oppervlaktewaterkwaliteit bij Roosteren wordt van de innamepunten langs de Maas het meest direct beïnvloed door het afvoerverloop bij Borgharen (zie Bijlage II, Figuur II.2). De kwaliteit van het via bodempassage onttrokken oevergrondwater zal door menging en afbraak zijn afgevlakt. Door de onttrekking van Heel uit het Lateraalkanaal en niet direct uit de Maas zelf, is bij dit innamepunt al een demping zichtbaar in het concentratieverloop.
- De effecten van een grensoverschrijdende lozing bij Borgharen zijn bij de innamepunten Beereplaat en Scheelhoek nauwelijks zichtbaar. Beide punten worden voor een belangrijk deel gevoed door de Rijn (Waal).

3.3.2 Lozing Nederlandse rwzi's

- De invloed van rwzi-lozingen in het Nederlandse Maasstroomgebied neemt verder stroomafwaarts toe. Het aantal lozingen neemt natuurlijk ook toe. Echter ook bij het innamepunt Heel is er al een aanzienlijk effect op de waterkwaliteit bij een droog jaar en een zeer droog jaar in combinatie met snelle klimaatverandering (1989 - 2050Wplus resp. 1976 - 2050Wplus; zie ook Figuur 3.6). Bij het verder benedenstrooms gelegen Gat van de Kerksloot (innamepunt Biesbosch) is de relatieve toename over het gehele jaar toegenomen (Figuur 3.8). Verder valt de toename op van het aantal fluctuaties bij verder benedenstrooms gelegen innamepunten.

3.3.3 Innamepunt Heel

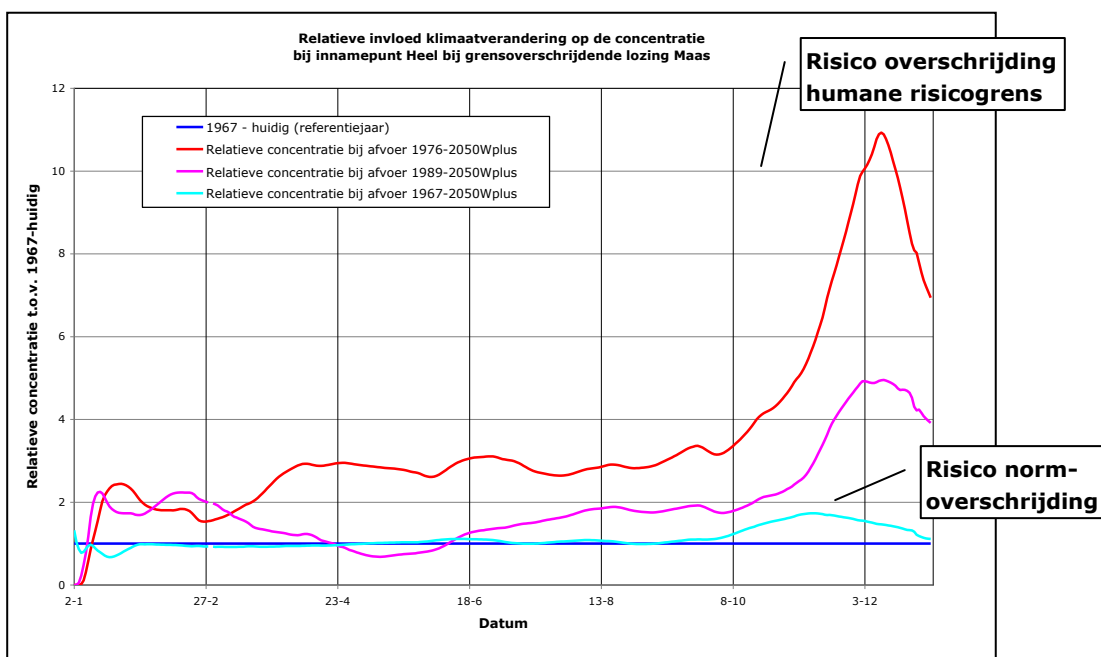
In Bijlage V is in Figuur V.9 en Figuur V.10 voor het innamepunt Heel het berekende concentratieverloop weergegeven bij respectievelijk een grensoverschrijdende lozing en lozingen door Nederlandse rwzi's voor verschillende afvoer- en klimaatscenario's.

De kwaliteit bij het innamepunt wordt sterk beïnvloed door grensoverschrijdende lozingen. Bij droge periodes zal ook de grensoverschrijdende waterkwaliteit sterk zijn bepaald door lozingen van rwzi's in België en Frankrijk. Echter, ook de

bijdrage van Nederlandse rwzi's is een belangrijke factor voor de waterkwaliteit tijdens droge periodes.

De invloed van een droog jaar lijkt groter dan de invloed van klimaat (zie ook Figuur V.9), pas aan het einde van het jaar is de invloed van klimaat duidelijk zichtbaar.

In Figuur V.10 valt op dat bij het Wplus-scenario het concentratieverloop een deel van het jaar lager is dan bij een zeer droog jaar. Dit kan niet worden verklaard uit het afvoerverloop bij Borgharen, maar uit het afvoerverloop in het Lateraalkanaal. In deze periode is er sprake van een bijna stilstaand water in dit kanaal, waarbij de afvoer zowel positief als negatief kan zijn (stagnante zone). Dit proces speelt zich op dezelfde wijze af in het Lekkanaal bij Nieuwegein (periode van 13-8 tot 8-10 in Figuur V.2), maar dan over een kortere periode.



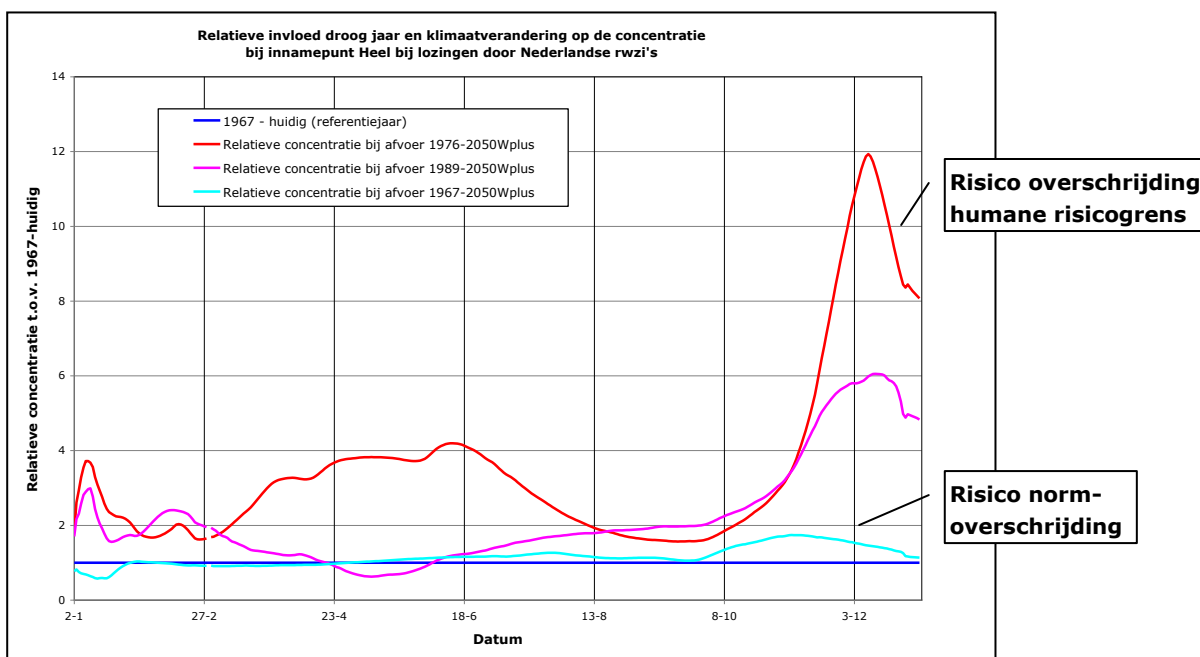
Figuur 3.5 *Relatieve invloed van een droog jaar (1989 – 2050Wplus) en een zeer droog jaar in combinatie met klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) ten opzichte van een gemiddeld jaar zonder klimaatverandering voor innamepunt Heel bij een grensoverschrijdende lozing op de Maas.*

Gedurende een zeer droog jaar al dan niet in combinatie met een snelle klimaatverandering (1976 – 2050Wplus), zal de concentratie bij het innamepunt Heel minimaal verdubbelen gedurende het gehele jaar. Voor een droog jaar (1989 – 2050Wplus) is dit een periode van bijna 2 maanden. Voor sommige bestrijdingsmiddelen zal dit betekenen dat er sprake is van een normoverschrijding.

Bij lozingen door rwzi's is de concentratietoename groter dan bij een grensoverschrijdende lozing. Vanaf een factor 10 kan bijvoorbeeld een humane risicogrens voor carbamazepine worden overschreden (zie ook paragraaf 2.3). De voor het innamepunt Heel berekende concentratietoename ligt daar het grootste deel van het jaar onder, met uitzondering van een korte periode in

december bij het scenario van een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering. In het scenario van een droog jaar in combinatie met snelle klimaatverandering (1989 – 2050Wplus) wordt de risicogrens van 10 niet overschreden.

Ook voor rwzi-lozingen geldt dat deze voor bestrijdingsmiddelen (onkruidbestrijding op verhardingen, afvalwater glastuinbouw) kunnen leiden tot een langdurige normoverschrijding van 2 maanden bij een droog jaar (1989 – 2050Wplus).



Figuur 3.6 *Relatieve invloed van een droog jaar (1989 – 2050Wplus) en een zeer droog jaar in combinatie met klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) ten opzichte van een gemiddeld jaar zonder klimaatverandering voor innamepunt Heel bij lozingen door Nederlandse rwzi's.*

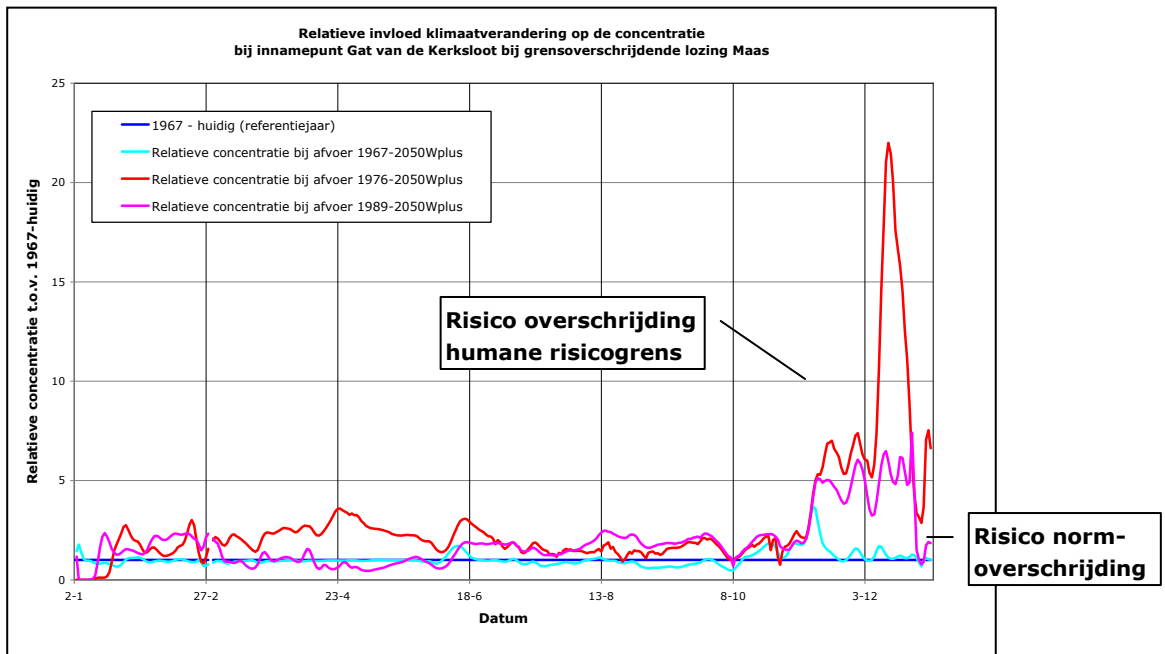
3.3.4 **Innamepunt Gat van de Kerksloot (Biesbosch)**

Het effect van een grensoverschrijdende lozing bij het innamepunt Gat van de Kerksloot is tot het laatste kwartaal goed vergelijkbaar met het innamepunt Heel: gemiddeld is er in deze periode sprake van een verdubbeling van de concentraties bij een zeer droog jaar (Figuur 3.7). Bij een droog jaar is deze toename iets lager. De invloed van een snelle klimaatverandering begint zich het meest te manifesteren in de laatste maand van het jaar (Figuur V.11).

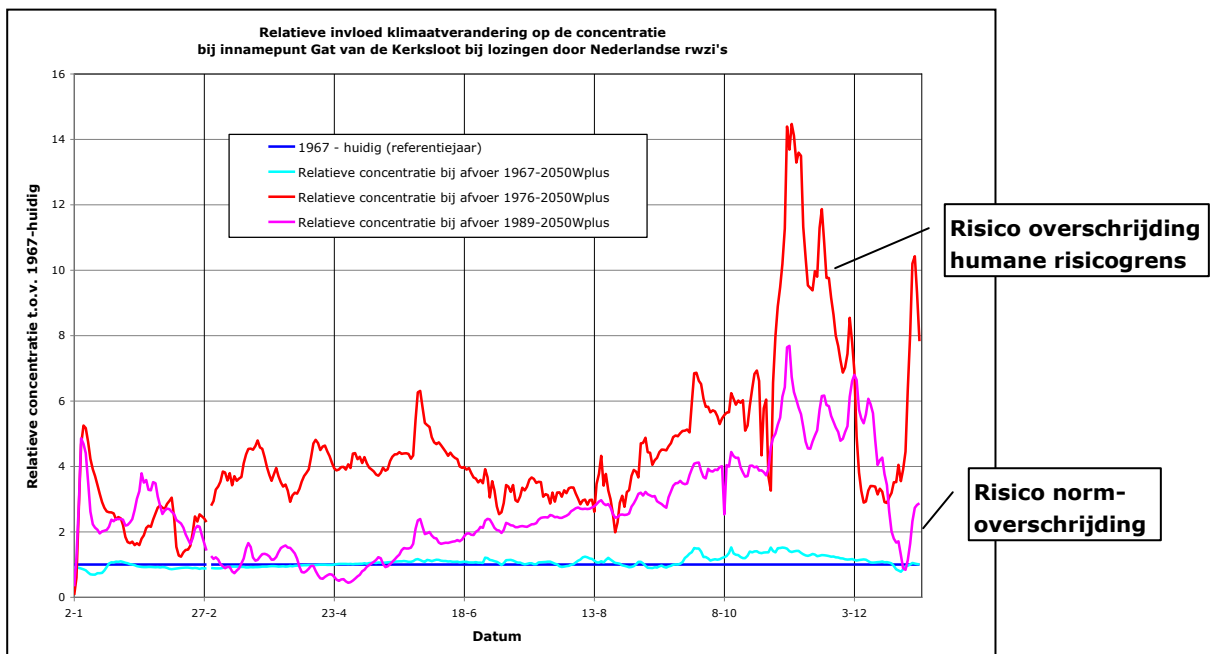
Gedurende een maand bedraagt de totale toename een factor van 10 of meer. In een droog jaar (1989 – 2050Wplus) wordt de factor 10 niet overschreden.

Bij lozingen door rwzi's treedt deze piek eerder op (Figuur 3.8). Dit kan worden verklaard uit het specifieke afvoerverloop in het riviervak ter plaatse van het innamepunt Gat van de Kerksloot. Naast de afvoer bij Borgharen zijn er ook andere bijdragen aan de afvoer. Het belang van deze bijdragen neemt toe bij een lage basisafvoer op de rivier. Een ander verschil met de grensoverschrijdende lozing is dat de relatieve toename gedurende het gehele jaar hoger is: de impact van dit type lozingen is dus voor dit innamepunt groter dan een grensoverschrijdende lozing. Bij beide typen lozingen kunnen

gedurende een zeer droog jaar langdurige normoverschrijdingen optreden van stoffen die nu net aan de norm voldoen.



Figuur 3.7 Relatieve invloed van een droog jaar (1989 – 2050Wplus) en een zeer droog jaar in combinatie met klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) ten opzichte van een gemiddeld jaar zonder klimaatverandering voor innamepunt Gat van de Kerksloot (Biesbosch) bij een grensoverschrijdende lozing op de Maas.



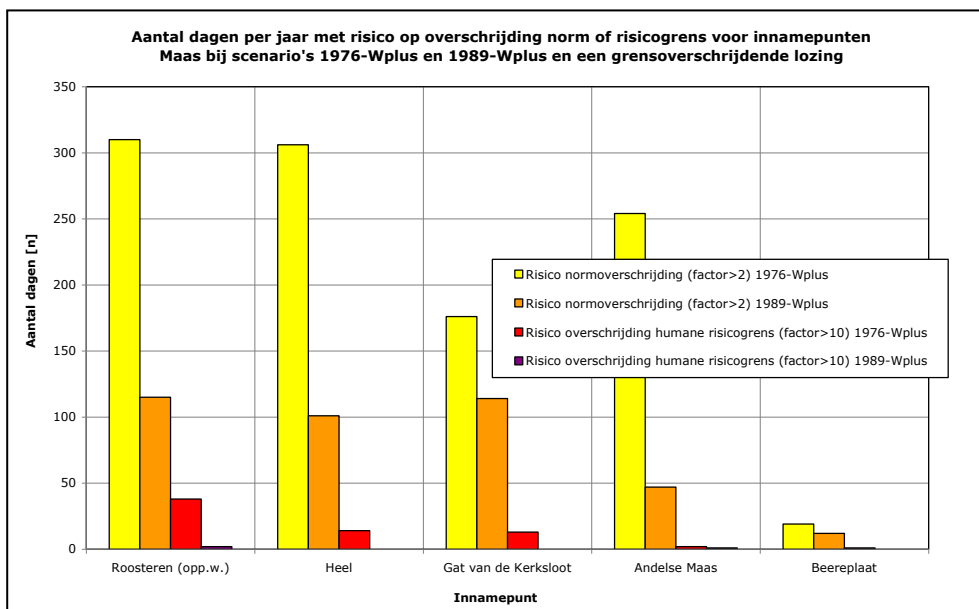
Figuur 3.8 Relatieve invloed van een droog jaar (1989 – 2050Wplus) en een zeer droog jaar in combinatie met klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) ten opzichte van een gemiddeld jaar zonder klimaatverandering voor innamepunt Gat van de Kerksloot (Biesbosch) bij lozingen door Nederlandse rwzi's.

3.4 Samenvatting resultaten

In Figuur 3.9 tot en met Figuur 3.12 zijn de resultaten samengevat. Weergegeven zijn het aantal dagen per jaar waarop er, bij de doorgerekende scenario's, mogelijk sprake is van overschrijding van de norm of de humane risicogrens. Uit de Figuur 3.9 tot en met Figuur 3.12 blijkt dat met uitzondering van het innamepunt Andijk¹ bij alle innamepunten de concentraties kunnen toenemen met een factor 2 of meer. Naast het aantal dagen met mogelijke normoverschrijding, is ook de lengte van deze periode van belang voor de drinkwatervoorziening. Om met frequent voorkomende normoverschrijdingen in bronnen voor drinkwater om te gaan zijn er verschillende maatregelen mogelijk. Naarmate de lengte van de periode met normoverschrijdingen toeneemt, zullen ook andere maatregelen aan de orde zijn. Bij het treffen van maatregelen kan gedacht worden aan:

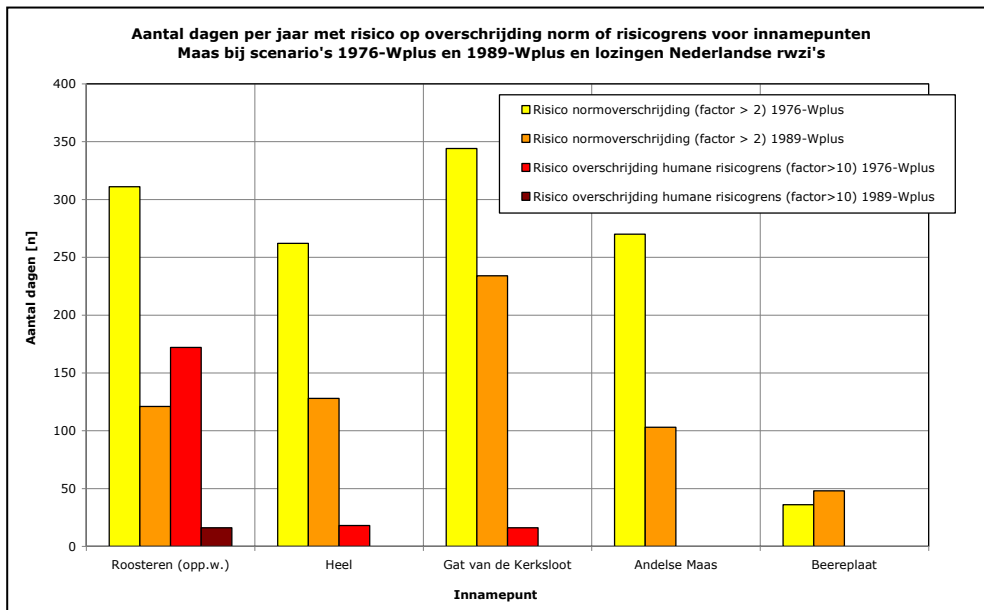
- Voorraadvorming bij drinkwaterbedrijf gedurende natte periode,
- Uitbreiden van de zuivering bij drinkwaterbedrijf,
- (Tijdelijk) overschakelen op een andere bron door drinkwaterbedrijf,
- Extra doorspoelen van stagnante zones door waterbeheerder,
- Verplaatsen specifieke ongunstige emissiepunten door waterbeheerder,
- Terugdringen van emissies:
 - Vracht terugbrengen (uitbreiden zuivering bij rwzi) (waterbeheerder),
 - Emissie relateren aan de afvoer (buffering bij rwzi of specifiek hergebruik in droge periodes) (waterbeheerder),
 - Aanpak emissies via toelatingsbeleid van stoffen (rijk).

Of, en zo ja welke maatregelen het meest passend zijn, zal per innamepunt moeten worden onderzocht.

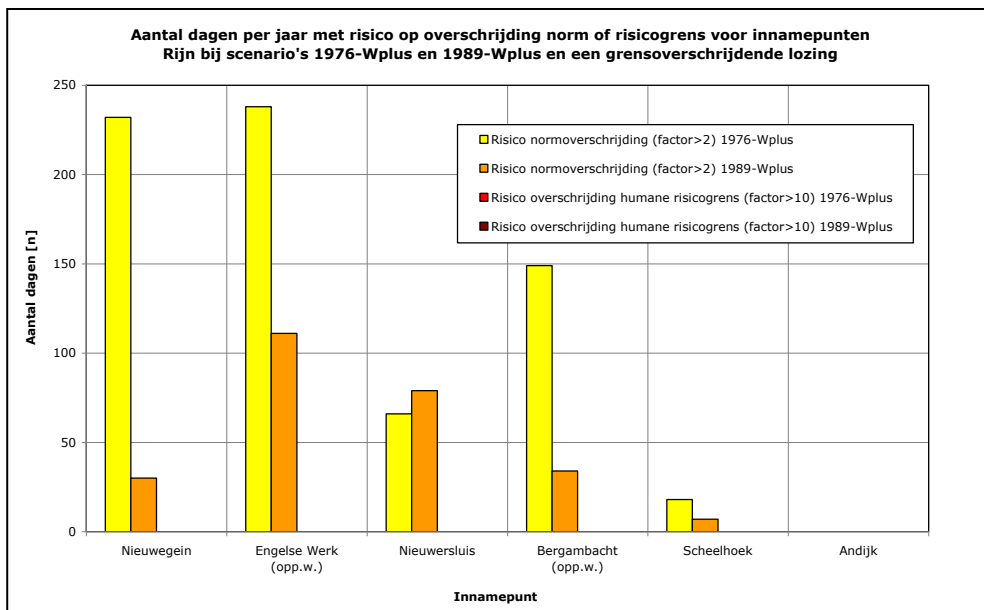


Figuur 3.9 Aantal dagen per jaar met risico overschrijding norm of humane risicogrens bij innamepunten Maas voor verschillende scenario's bij een grensoverschrijdende lozing.

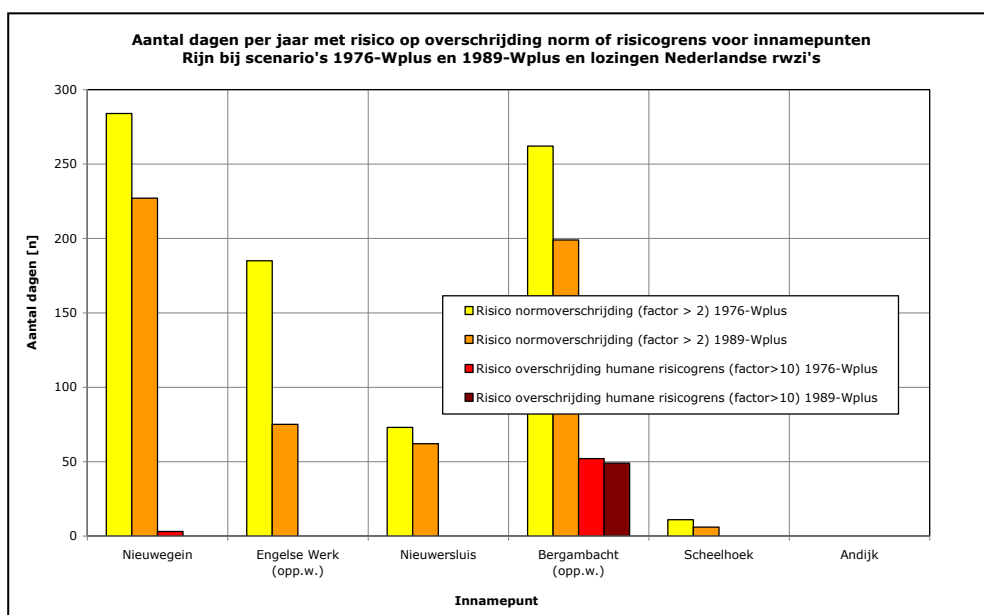
¹ Bij innamepunt Andijk ligt de maximale toename net onder de in dit rapport gehanteerde grens van 2.



Figuur 3.10 Aantal dagen per jaar met risico overschrijding norm of humane risicogrens bij innamepunten Maas voor verschillende scenario's bij lozingen door Nederlandse rwzi's.



Figuur 3.11 Aantal dagen per jaar met risico overschrijding norm of humane risicogrens bij innamepunten Rijn voor verschillende scenario's bij een grensoverschrijdende lozing.



Figuur 3.12 Aantal dagen per jaar met risico overschrijding norm of humane risicogrens bij innamepunten Rijn voor verschillende scenario's bij lozingen door Nederlandse rwzi's.

4 Discussie

Representativiteit gehanteerde jaren

In Tabel 4.1 is de droogtestatistiek weergegeven voor de in de berekeningen gehanteerde jaren. 1976 wordt beschouwd als een extreem droog jaar: de herhalingstijd voor het neerslagtekort respectievelijk het afvoerdeficit is 89 en 80 jaar. Kijkend naar het aantal dagen met overschrijdingen voor verzilting is 1976 niet zo'n extreem jaar: de herhalingstijd is ongeveer 25 jaar. Bij verzilting telt namelijk het aantal dagen dat de afvoer lager is dan een bepaalde grenswaarde (voor verzilting is dit een afvoer op de Rijn van ongeveer 900 m³/s bij Lobith). Dit aantal dagen is niet eenduidig gerelateerd aan het afvoerdeficit.

De berekende waterkwaliteitseffecten bij innamepunten voor drinkwaterproductie worden sterk beïnvloed door de afvoersituatie. Dit betreft zowel de grensoverschrijdende afvoer als het voorkomen van stagnante zones in een rivierpand waaruit de inname voor drinkwaterproductie plaatsvindt. Het aantal dagen met een afvoer lager dan een bepaalde waarde in het betreffende rivierpand is waarschijnlijk bepalender voor het concentratieverloop dan het afvoerdeficit bij de landsgrens. Verwacht wordt daarom dat de herhalingstijd voor het berekende concentratieverloop ook lager is dan de herhalingstijd van het afvoerdeficit bij de landsgrens. Hoeveel lager precies is afhankelijk van de grenswaarde voor de afvoer.

Tabel 4.1 Droogtestatistiek voor de in de berekeningen gehanteerde jaren.

Jaar	Herhalingstijd neerslagtekort [jaar]	Herhalingstijd afvoerdeficit [jaar]
1967 (gemiddeld)	2	1,3
1989 (droog)	11	4,6
1976 (extreem droog)	89	80

Huidige oppervlaktewaterkwaliteit en risicogrenzen

In Tabel 2.2 van dit rapport is een overzicht opgenomen van de huidige ordegrottes van stoffen in oppervlaktewater die worden beschouwd als (potentiële) probleemstoffen. Voor een deel van deze stoffen zijn normen beschikbaar, gewasbeschermingsmiddelen en PAK's. Deze stoffen komen nu regelmatig voor in concentraties rondom de norm. Een toename van de concentratie als gevolg van een zeer lage afvoersituatie, met een factor 2, kan al voldoende zijn om tot normoverschrijding voor meerdere stoffen te leiden. Dit is voor bijna alle innamepunten, afhankelijk van het beschouwde scenario, voor een (groot) deel van het jaar het geval.

Voor de overige stoffen in Tabel 2.2 zijn geen normen beschikbaar. Om een inschatting te maken van eventuele risico's die de berekende concentratieverandering met zich meebrengt, zijn in Tabel 2.3 voor enkele stoffen risicogrenzen voor drinkwater opgenomen. Deze zijn gebaseerd op informatie uit de literatuur. Normafleiding moet nog plaatsvinden. Uit de tabel kan bijvoorbeeld worden afgeleid dat voor carbamazepine de huidige concentratie met een factor 10 zou moeten toenemen om de humane risicogrens te overschrijden. Hierbij is uitgegaan van de laagste gerapporteerde risicogrens.

Risicobenadering versus voorzorgsprincipe in normstelling

De normstelling in het Drinkwaterbesluit is gebaseerd op een combinatie van de risicobenadering en het voorzorgsprincipe: de aanwezigheid van bepaalde stoffen in het drinkwater wordt als onwenselijk beschouwd. De consument staat namelijk, als gebonden klant, levenslang bloot aan eventuele risico's vanuit het drinkwater. De normstelling voor drinkwater is daarom veelal lager dan de humane risicogrens.

Invloed stagnante zones

De invloed van stagnante zones op de waterkwaliteit is groot. Dit geldt met name voor lozingen door rwzi's. Juist in lage afvoersituaties is de invloed van lozingen op de waterkwaliteit groot omdat de verversing minimaal is. Deze gebieden zijn daardoor ook heel gevoelig voor de gehanteerde modelschematisatie en -invoer. Kleine veranderingen kunnen grote effecten hebben op de berekende waterkwaliteit. Bijvoorbeeld als in een lateraal kanaal een klein debiet door schutverliezen optreedt, kan dat grote gevolgen hebben voor de gevonden concentratieverandering. De in het model gehanteerde afvoerreeksen in de betreffende kanaalpannen (Lateraalkanaal bij Heel, Amsterdam-Rijnkanaal en Lekkanaal) zijn vergeleken met de door de waterbeheerder opgegeven afvoerregimes. Voor het Lateraalkanaal en het Lekkanaal lijken hier afwijkingen tussen te zijn. Hierdoor kan de berekende concentratie bij Heel en Nieuwegein te hoog zijn. Echter bij het innamepunt Nieuwegein is bekend dat de wateraanvoer, afhankelijk van de afvoer over de Beatrixsluizen, zowel vanuit de zuidzijde (Lekkanaal) als vanuit de noordzijde (Amsterdam-Rijnkanaal) kan plaatsvinden (Mazijk, 2005).

Een nadere lokale analyse met de waterbeheerder ter plaatse van de praktijksituatie is daarom wenselijk voor de innamepunten waar dit aan de orde is. De resultaten moeten worden beschouwd als indicatieve getallen die de gevoeligheid van een inlaatpunt voor kwaliteitsrisico's en normoverschrijding aangeven.

Ontwikkelingen stoffengebruik

Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met veranderingen in het gebruik van stoffen door maatschappelijke, economische en klimatologische ontwikkelingen. Deze veranderingen kunnen echter aanzienlijk zijn. Zo wordt, als gevolg van vergrijzing, een toename van het geneesmiddelengebruik verwacht van circa 36% in 2050 (Van der Aa et al., 2011; Ter Laak et al., 2010). Recent modelonderzoek voor de EU heeft aangetoond dat als gevolg van klimaatverandering het gebruik van insecticiden met 33% tot 39% kan toenemen (Kattwinkel et al., 2011).

Effect van klimaatverandering versus een zeer droog jaar

De invloed van een droog jaar lijkt groter dan de invloed van klimaat; vaak is de invloed van klimaat, pas aan het einde van het jaar (vierde kwartaal) is duidelijk zichtbaar. Dit komt overeen met het afvoerproces. Voor de Rijn is er ook een duidelijke klimaatinvloed zichtbaar in het concentratieverloop in het voorjaar.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Uit de berekeningen blijkt dat een droog jaar in combinatie met snelle klimaatverandering (scenario 1989 – 2050Wplus) kan leiden tot frequente normoverschrijding van stoffen zoals bestrijdingsmiddelen (zie ook Tabel 5.1). Dit afvoerverloop komt 1x per 4,6 jaar voor.

Deze toename is zichtbaar bij bijna alle innamepunten van oppervlaktewater voor drinkwater en infiltratiepunten voor oevergrondwater in het Rijn- en Maasstroomgebied. Het oppervlaktewater is gedurende deze perioden niet geschikt voor drinkwaterbereiding.

In een zeer droog jaar, in combinatie met snelle klimaatverandering (scenario 1976 – 2050Wplus), neemt dit effect nog verder toe (zie ook Figuur 3.9 tot en met Figuur 3.12). Dit geldt zowel voor stoffen die uit bovenstroomse landen afkomstig zijn als voor emissies door Nederlandse rwzi's.

Voor nieuwe, nog niet genormeerde stoffen, kan de toename, bij een zeer droog jaar in combinatie met snelle klimaatverandering (1976 – 2050Wplus) bij enkele innamepunten leiden tot mogelijke overschrijding van humane risicogrenzen, bijvoorbeeld voor carbamazepine, gedurende een periode van 1-2 maanden.

Tabel 5.1 Berekend aantal dagen en de langste aaneengesloten periode met risico op normoverschrijding per innamepunt bij een droog jaar en snelle klimaatverandering (1989 – 2050Wplus).

Innamepunt		Risico normoverschrijding bij droog jaar (1989) [dagen]			
		Grensoverschrijdend		NL-se rwzi's	
		Totaal aantal	Duur max. periode	Totaal aantal	Duur max. periode
Maas	Roosteren (opp.w.)	115	85	121	86
	Heel	101	76	128	95
	Gat van de Kerksloot	114	47	234	179
	Andelse Maas	47	17	103	103
	Beereplaat	12	9	48	35
Rijn	Nieuwegein	30	25	227	102
	Engelse Werk (opp.w.)	111	28	75	41
	Nieuwersluis	79	72	62	27
	Bergambacht (opp.w.)	34	7	199	68
	Scheelhoek	7	5	6	4
	Andijk	0*	0	0*	0

* Bij innamepunt Andijk ligt de maximale toename net onder de in dit rapport gehanteerde grens van 2.

Tijdens droge perioden is de invloed van Nederlandse rwzi-emissies op de oppervlaktewaterkwaliteit vergelijkbaar of groter dan de invloed van grensoverschrijdende lozingen (zie ook Tabel 5.1). Dit betekent dat Nederland ook zelf maatregelen kan treffen om de waterkwaliteit substantieel te verbeteren en dat zij daarvoor niet alleen afhankelijk is van bovenstroomse landen.

Naast het aantal dagen met mogelijke normoverschrijding, is ook de lengte van deze periode van belang voor de drinkwatervoorziening. Om met frequent voorkomende normoverschrijdingen in bronnen voor drinkwater om te gaan kunnen er door verschillende partijen maatregelen worden getroffen. Naarmate de lengte van de periode met normoverschrijdingen toeneemt, zijn sommige maatregelen effectiever dan andere. Mogelijke maatregelen (in de volgorde van de keten) zijn weergegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Mogelijke maatregelen hoe om te gaan met perioden met normoverschrijding.

Mogelijke maatregel	Verantwoordelijke
Aanpak emissies via toelatingsbeleid van stoffen	Rijk
Terugdringen van emissies: <ul style="list-style-type: none"> • Vracht terugbrengen (uitbreiden zuivering bij rwzi), • Emissie relateren aan de afvoer (buffering bij rwzi of specifiek hergebruik in droge periodes) 	Waterbeheerder
(Tijdelijk) overschakelen op een andere bron	Drinkwaterbedrijf
Extra doorspoelen van stagnerende zones	Waterbeheerder
Verplaatsen specifieke ongunstige emissiepunten	Waterbeheerder
Voorraadvorming gedurende natte periode en innamestop tijdens normoverschrijding	Drinkwaterbedrijf
Uitbreiden van de zuivering	Drinkwaterbedrijf

5.2 Aanbevelingen

Bij bijna alle innamepunten kunnen de concentraties toenemen met een factor 2 of meer. Vooral bij innamepunten die gelegen zijn in stagnerende zones (zones met weinig doorspoeling), zijn de resultaten gevoelig voor de gehanteerde invoerreeksen. Aanbevolen wordt daarom om specifiek per innamepunt wat gedetailleerder de praktijksituatie te bekijken en te vergelijken met het model, zodat de gesignaleerde risico's nader gewogen kunnen worden.

Of, en zo ja welke maatregelen het meest effectief zijn om risico's te beheersen, zal per innamepunt moeten worden onderzocht. Aanbevolen wordt om de gesignaleerde risico's, de gevolgen daarvan en daarbij mogelijke oplossingsrichtingen te verkennen in samenwerking met de betrokken beleidsvelden en stakeholders uit het veld. Het gebiedsdossier kan daarvoor als platform dienen.

Vanuit het landelijk beleid raakt dit onderwerp niet alleen aan de thematiek van het Deltaprogramma Zoetwater en de Nota Drinkwater, maar ook aan de Kaderrichtlijn Water en de verschillende stof- of emissiegerichte dossiers. Het Deltaprogramma Zoetwater richt zich primair op de beschikbaarheid van voldoende zoet water. Kwaliteitsaspecten maken deel uit van andere beleidsdossiers zoals de Kaderrichtlijn Water, maar het Deltaprogramma Zoetwater kan de kwaliteitsrisico's wel signaleren en adresseren bij de verantwoordelijke beleidsdirecties. Daarnaast kunnen maatregelen in het kwantitatieve waterbeheer leiden tot verbetering van de waterkwaliteit. Aan het Programmteam Zoetwater wordt aanbevolen om de gesignaleerde risico's onder de aandacht te brengen bij de betreffende beleidsdirecties en mee te nemen bij de ontwikkeling van kansrijke zoetwaterstrategieën.

Literatuur

Aa, N.G.F.M. van der, G.J. Kommer, J.E. van Montfoort, J.F.M. Versteegh (2011) Demographic projections of future pharmaceutical consumption in the Netherlands. *Water Science & Technology* 63.4(2011) pp825-831

CPB en PBL (2006a) Welvaart en Leefomgeving. Een scenariostudie voor Nederland in 2040. Centraal Planbureau en het Planbureau voor de Leefomgeving.

CPB en PBL (2006b) Welvaart en Leefomgeving. Achtergronddocument. Centraal Planbureau en het Planbureau voor de Leefomgeving.

Hurk, B. van den, A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsman et al. (2006) KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. Royal Netherlands Meteorological Institute, De Bilt, 2006-1.

IAWR/IAWD/RIWA (2008) Danube, Meuse and Rhine memorandum 2008. www.riwa.org

Kattwinkel, M., J.V. Kühne, K. Foit, M. Liess (2011) Climate change, Agricultural insecticide exposure, and risk for freshwater communities. *Ecological Applications* 21:2068-2081. <http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/10-1993.1>

Kielen, N., R. Franken, J. ter Maat, L. Stuyt, E. van Velzen, W. Werkman (2011) Synthese van de landelijke en regionale knelpuntenanalyses. Fase 1 Deltaprogramma Zoetwater. Waterdienst, PBL, Alterra en Deltares in opdracht van het Programmteam Zoetwater.

Klein Tank, A.M.G. en G. Lenderink (red.) (2009) Klimaatverandering in Nederland; Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's. KNMI, De Bilt.

Laak T. ter, M.G.F.M. van der Aa, C. Houtman, P. Stoks, A. van Wezel (2010) Temporal and spatial trends of pharmaceuticals in the Rhine. RIWA-Rijn, Nieuwegein. ISBN 978-90-6683-138-4.

Mazijk, A. (2005) Rijn-Alarmmodel bij gestuwde Nederrijn-Lek, evaluatie waterbalans en stoftransport. RIWA Rijn, Nieuwegein. www.riwa.org. ISBN 90-6683-113-8.

RIWA (2011a) Jaarrapport 2010 De Rijn. Vereniging van Rivierwaterbedrijven/RIWA-Rijn, Nieuwegein. www.riwa.org

RIWA (2011b) Jaarrapport 2010 Maas. Vereniging van Rivierwaterbedrijven/RIWA-Maas, Maastricht. www.riwa.org

Smit, C.E., S. Wuijts (2012) Specifieke verontreinigende en drinkwater relevante stoffen onder de KRW; Selectie van potentieel relevante stoffen voor Nederland. RIVM Rapport 601714022. www.rivm.nl

Versteegh, J.F.M., H.H.J. Dik (2011) De kwaliteit van het drinkwater in Nederland in 2010. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 703719081; kenmerk VI-2011-119, www.rivm.nl

Wuijts, S., C.H. Büscher, M.C. Zijp, W. Verweij, C.T.A. Moermond, A.M. de Roda Husman, B.H. Tangena, A. Hooijboer (2011) Toekomstverkenning Drinkwatervoorziening in Nederland. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapport 609716001. www.rivm.nl

Zwolsman, J.J.G. (2011, concept december). Knelpuntenanalyse drinkwater en industriewater (fase 2). KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. Opdrachtnummer A309035.

Bijlage I Technische informatie modelberekeningen

De uitgevoerde berekeningen bestaan uit twee delen:

- Stromingsberekeningen
- Stoftransportberekeningen

In de stromingsberekeningen worden de afvoeren/debietten en waterstanden in het oppervlaktewatersysteem berekend. Deze worden vervolgens in de stoftransportberekeningen gebruikt om het concentratieverloop op de knooppunten in het model te berekenen.

Voor de stromingsberekeningen is gebruikgemaakt van het LandelijkSobekModel versie 0.2.6b (Sobek model versie 2.13.07) (zie Figuur I.1). Dit model is een landsdekkende 1-dimensionale Sobek schematisatie waarin alle rijkswateren en regionale wateren zijn opgenomen, alsmede lozingen en onttrekkingen uit de diverse districten.

Met dit model zijn de waterstanden en debieten voor drie karakteristieke jaren en drie scenario's berekend, dus in totaal zijn negen simulaties doorgerekend. Deze negen simulaties zijn ook gebruikt in andere scenario-analyses voor het Deltaprogramma Zoetwater.

Randvoorwaarden voor de stromingsberekeningen zijn:

- meteorologische gegevens,
- afvoerreeksen op open randen (bijvoorbeeld de landsgrenzen),
- afvoerreeksen t.b.v. laterale instroming (bijvoorbeeld de emissies van rwzi's).

Deze randvoorwaarden variëren per scenario of karakteristiek jaar.

De stoftransportberekeningen zijn uitgevoerd met Delwaq. Dit model maakt gebruik van de resultaten uit de stromingsberekeningen. Op basis van debieten en waterstanden wordt de verspreiding (advectie en diffusie) van een willekeurige stof dynamisch in de tijd bepaald. De gebruiker bepaalt welke stoffen gemodelleerd worden. Voor dit project zijn drie tracers gekozen:

- Ctr1 staat voor een lozing van een conservatieve stof op de Rijn aan de Nederlandse grens.
- Ctr2 staat voor een lozing van een conservatieve stof op de Maas aan de Nederlandse grens.
- Ctr3 staat voor een lozing van een conservatieve stof door alle Nederlandse rwzi's.

Voor dit project is gerekend met lozingen in de vorm van vrachten, welke in de schematisatie op locaties direct naast de bestaande laterale knopen zijn gelegd. Ook voor de grensoverschrijdende lozingen zijn vrachten opgegeven. De vrachten zijn voor de diverse locaties apart opgegeven. De vrachten van de rwzi zijn gekoppeld aan het InwonersEquivalent van de rwzi. Initieel zijn alle concentraties op nul gezet. De vrachten zijn zodanig hoog gekozen dat eventuele modelruis wegvalt. Door middel van schaling kunnen de resultaten worden vergeleken met concentraties van huidige probleemstoffen.

Opmerkingen bij de berekeningen

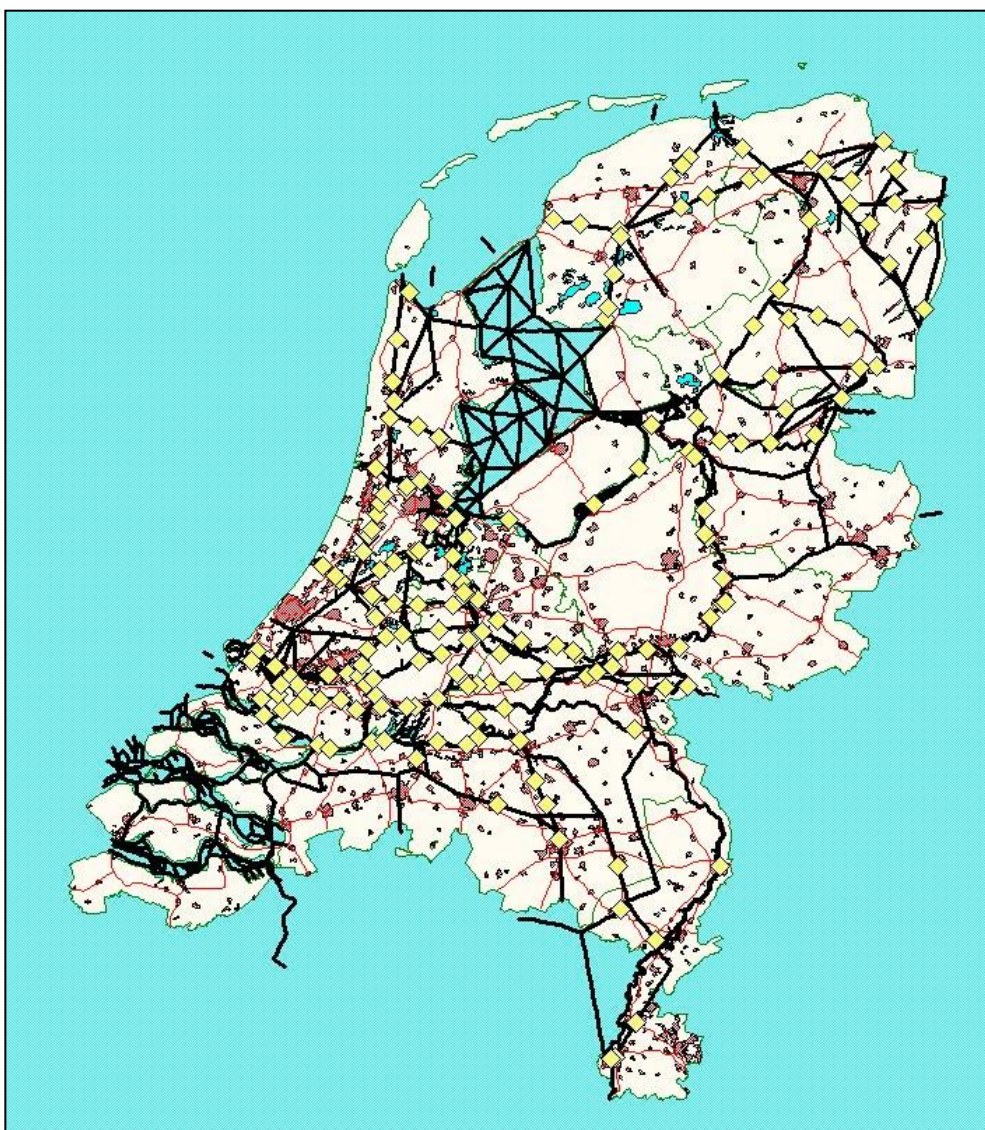
Zoals vermeld is de schematisatie landsdekkend. Uit testberekeningen met de stof "continuïteit" (tracer met concentratie 1) blijkt dat er afwijkingen in de berekening ontstaan op de Overijsselse Vecht; voor dit project is daarom een

deel van de Vecht (Ommen – Zwolle) losgeknipt van de rest van de schematisatie, zodat mogelijke fouten zich niet verder in het systeem kunnen verspreiden. Als gevolg van het losknippen missen enkele bijdrages van rwzi's (Hessenpoort en Dalfsen).

Numerieke instellingen

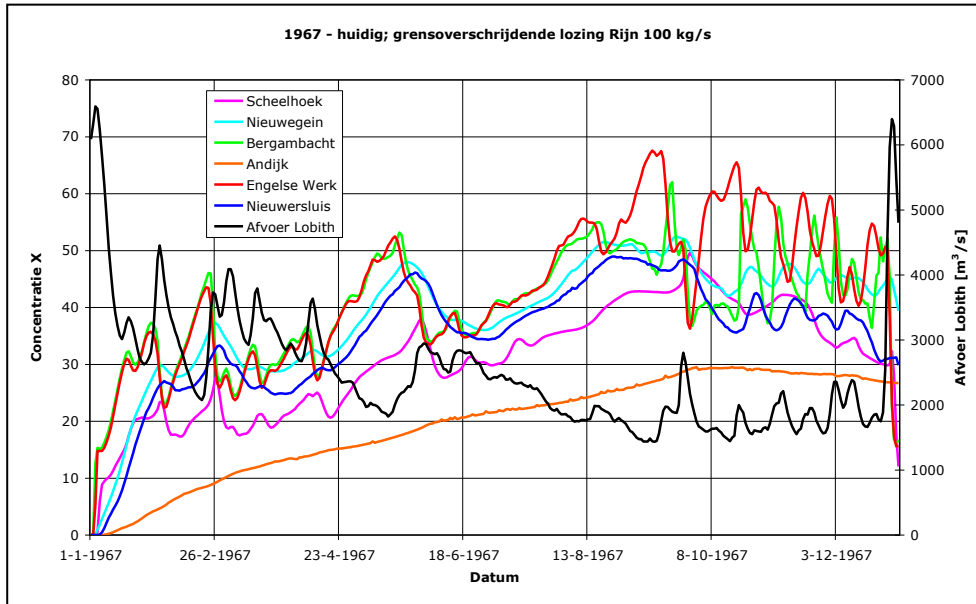
Het simulatiemodel rekent met tijdstappen van 1 uur. Dit is voor het zuidwestelijke deltagebied te grof. De uitvoer (berekende concentraties) wordt per dag weggeschreven.

Rekenschema 15.7 (Impliciete iteratieve methode; geen dispersie over open rand, geen dispersie indien debiet nul is).

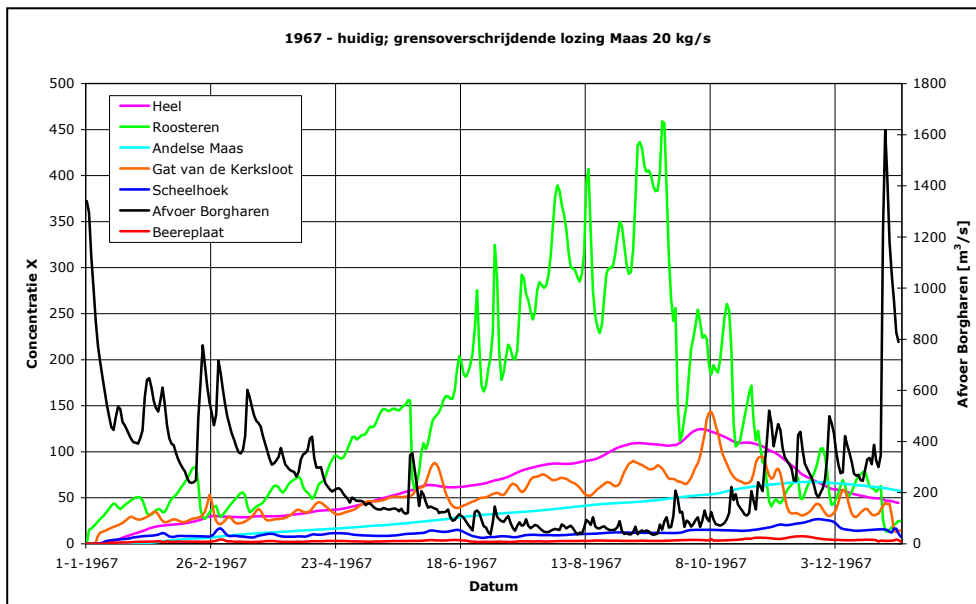


Figuur I.1 Modelschematisatie en emissie-/lozingspunten.

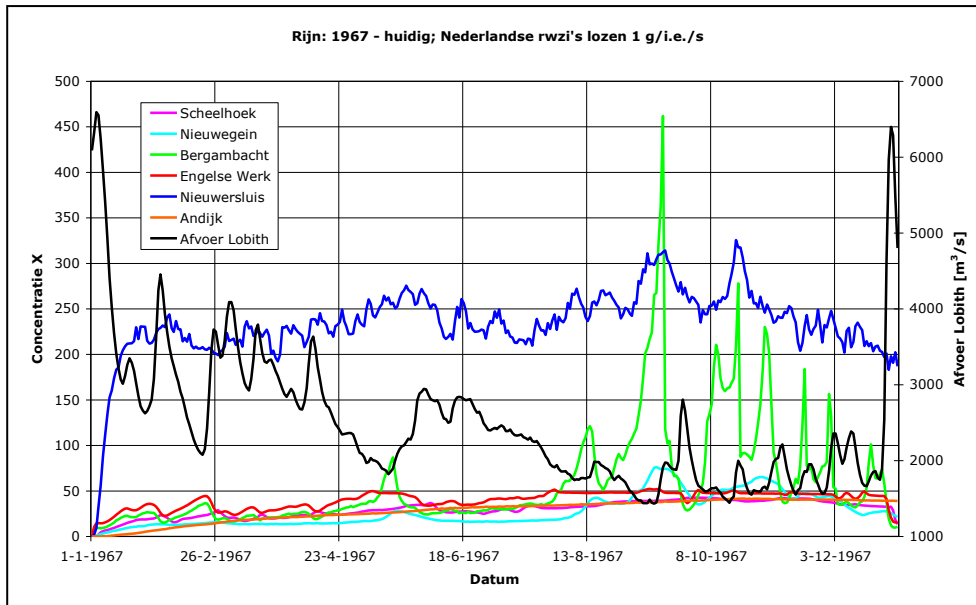
Bijlage II Afvoer 1967 (gemiddeld jaar) en huidig klimaat



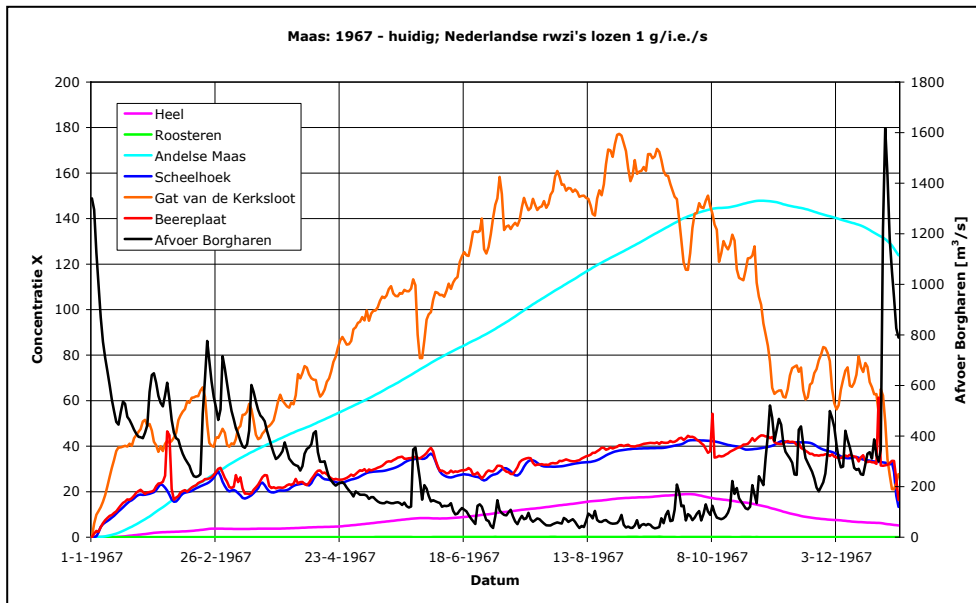
Figuur II.1 Resultaten afvoer 1967 (gemiddeld jaar) en huidig klimaat bij grensoverschrijdende lozing op de Rijn van 100 kg/s.



Figuur II.2 Resultaten afvoer 1967 (gemiddeld jaar) en huidig klimaat bij grensoverschrijdende lozing op de Maas van 20 kg/s.

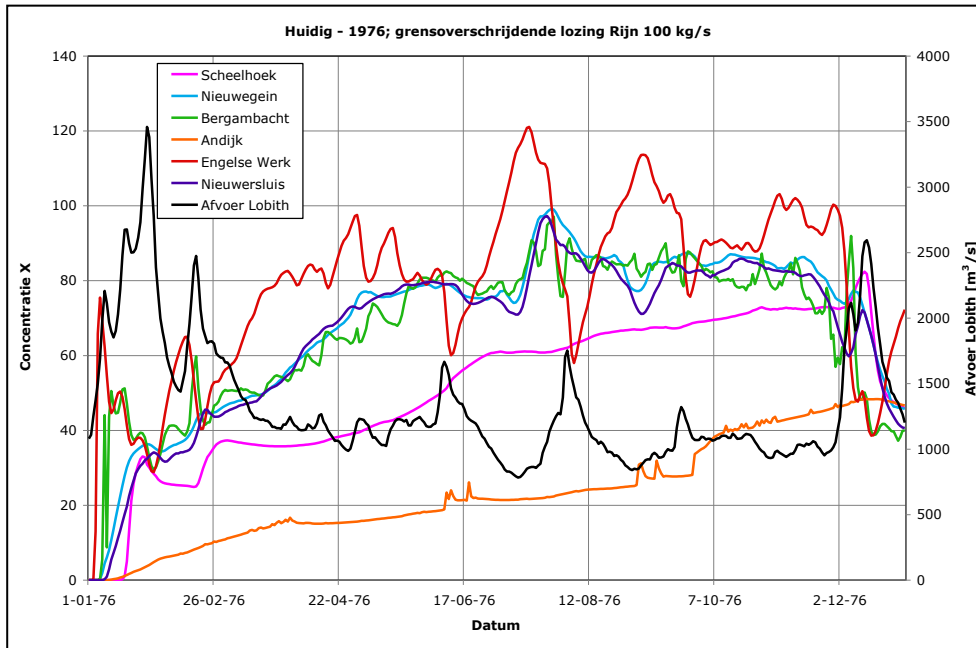


Figuur II.3 Resultaten afvoer 1967 (gemiddeld jaar) en huidig klimaat bij lozingen door Nederlandse rwzi's van 1 g/i.e./s.

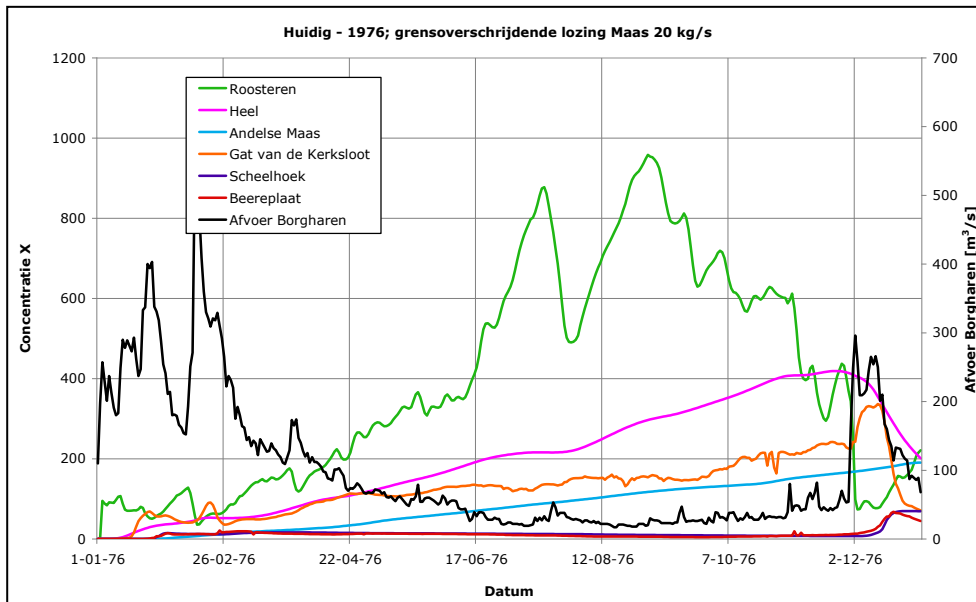


Figuur II.4 Resultaten afvoer 1967 (gemiddeld jaar) en huidig klimaat bij lozingen door Nederlandse rwzi's van 1 g/i.e./s.

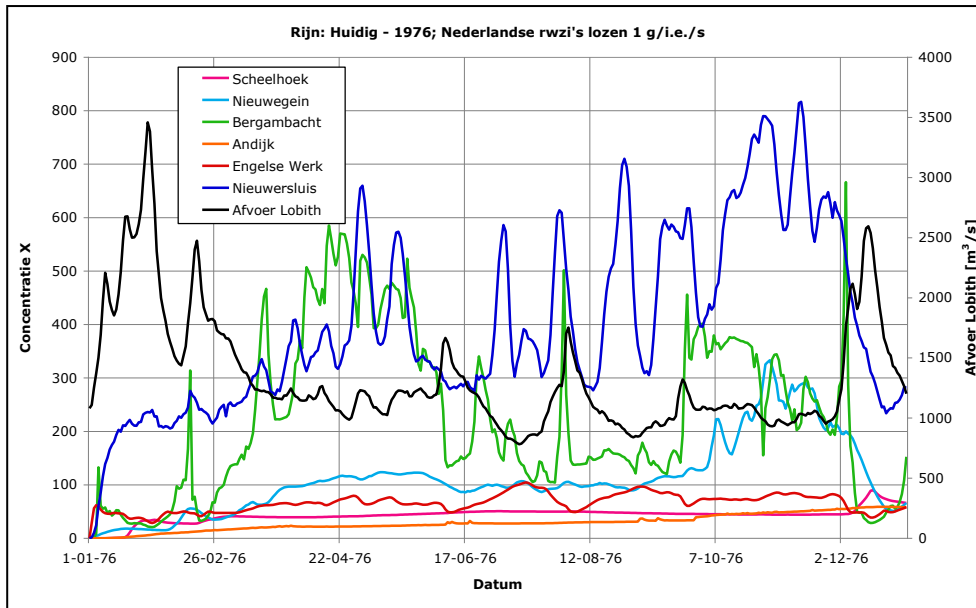
Bijlage III Afvoer 1976 (zeer droog jaar) en huidig klimaat



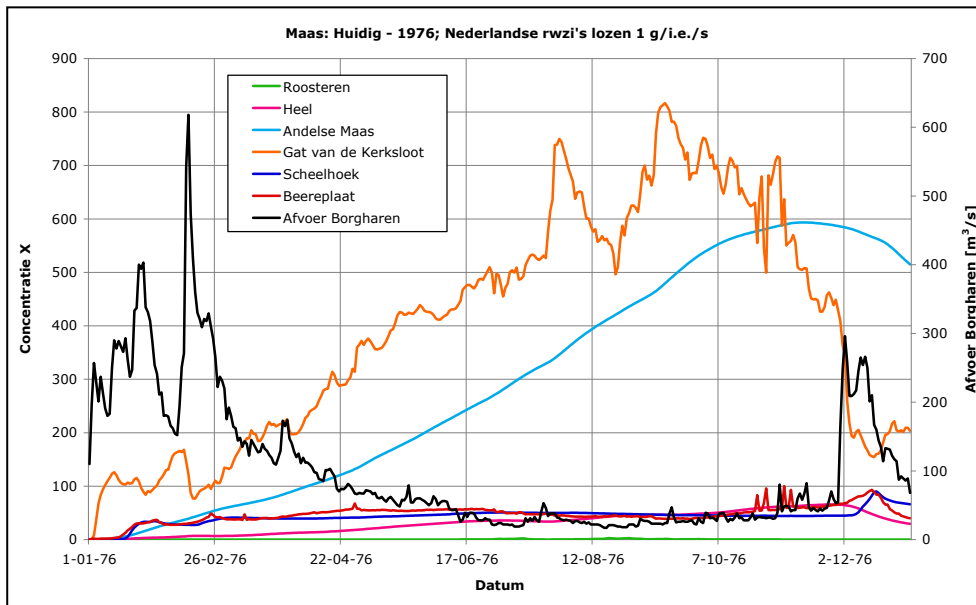
Figuur III.1 Resultaten afvoer 1976 (zeer droog jaar) en huidig klimaat bij grensoverschrijdende lozing op de Rijn van 100 kg/s.



Figuur III.2 Resultaten afvoer 1976 (zeer droog jaar) en huidig klimaat bij grensoverschrijdende lozing op de Maas van 20 kg/s.

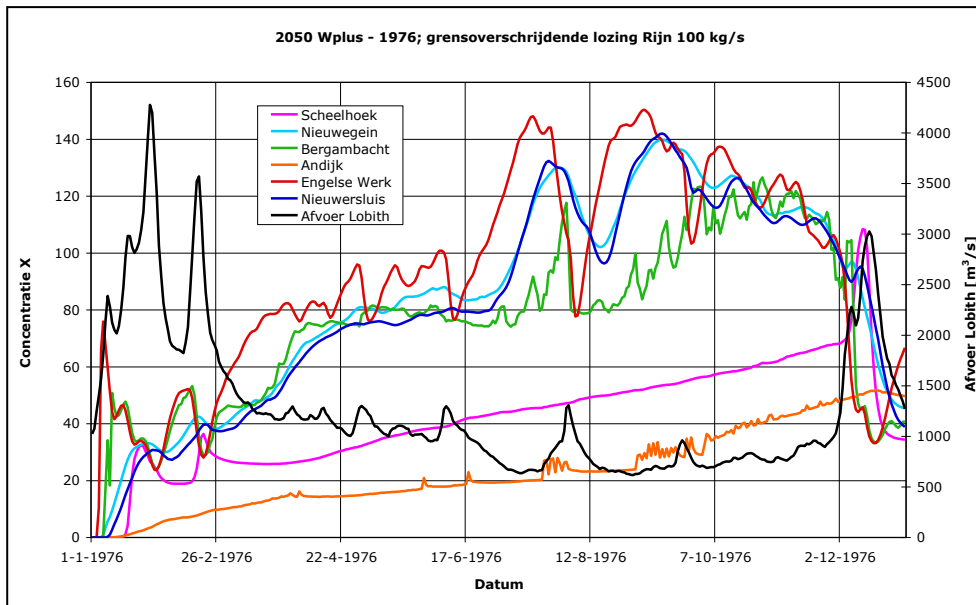


Figuur III.3 Resultaten afvoer 1976 (zeer droog jaar) en huidig klimaat bij lozingen door Nederlandse rwzi's van 1 g/i.e./s.

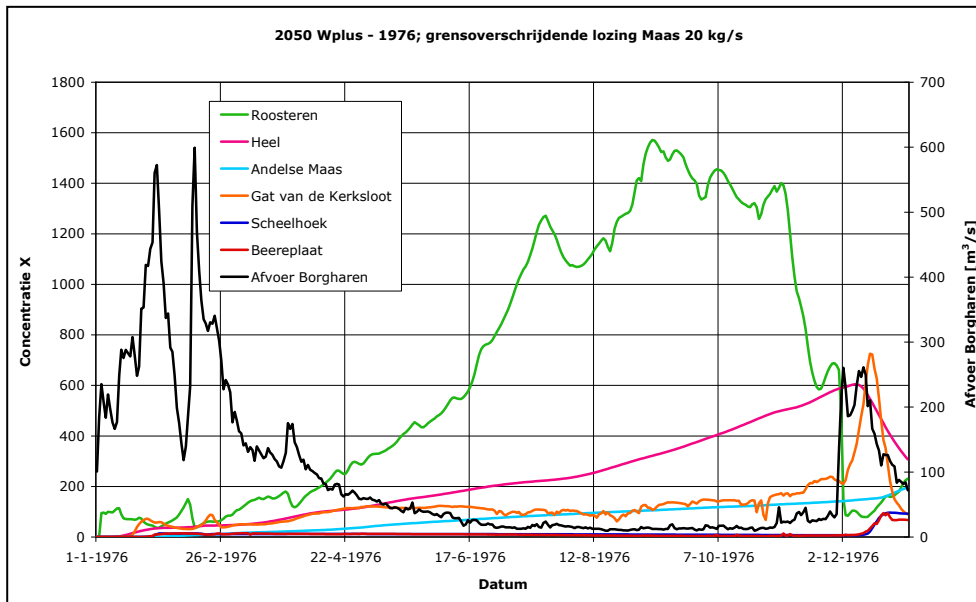


Figuur III.4 Resultaten afvoer 1976 (zeer droog jaar) en huidig klimaat bij lozingen door Nederlandse rwzi's van 1 g/i.e./s.

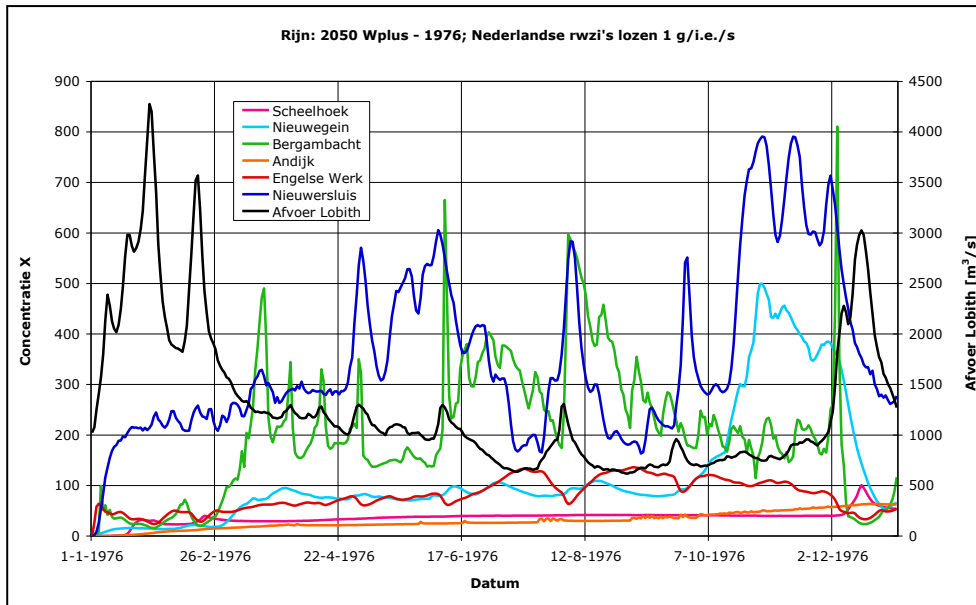
Bijlage IV Afvoer 1976 (zeer droog jaar) en klimaat 2050Wplus



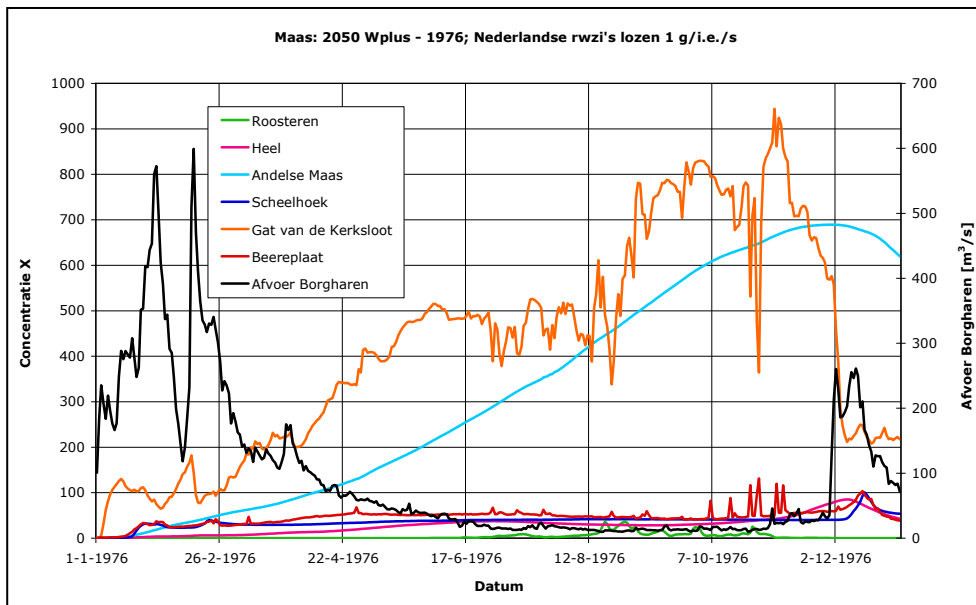
Figuur IV.1 Resultaten afvoer 1976 (zeer droog jaar) en klimaat 2050Wplus bij grensoverschrijdende lozing op de Rijn van 100 kg/s.



Figuur IV.2 Resultaten afvoer 1976 (zeer droog jaar) en klimaat 2050Wplus bij grensoverschrijdende lozing op de Maas van 20 kg/s.



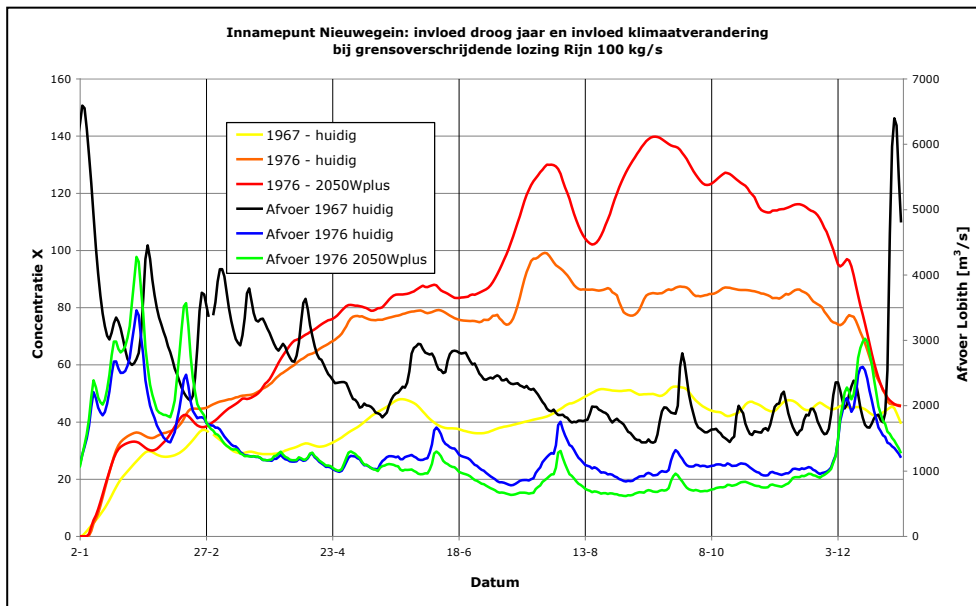
Figuur IV.3 Resultaten afvoer 1976 (zeer droog jaar) en klimaat 2050Wplus bij lozingen door Nederlandse rwzi's van 1 g/i.e./s.



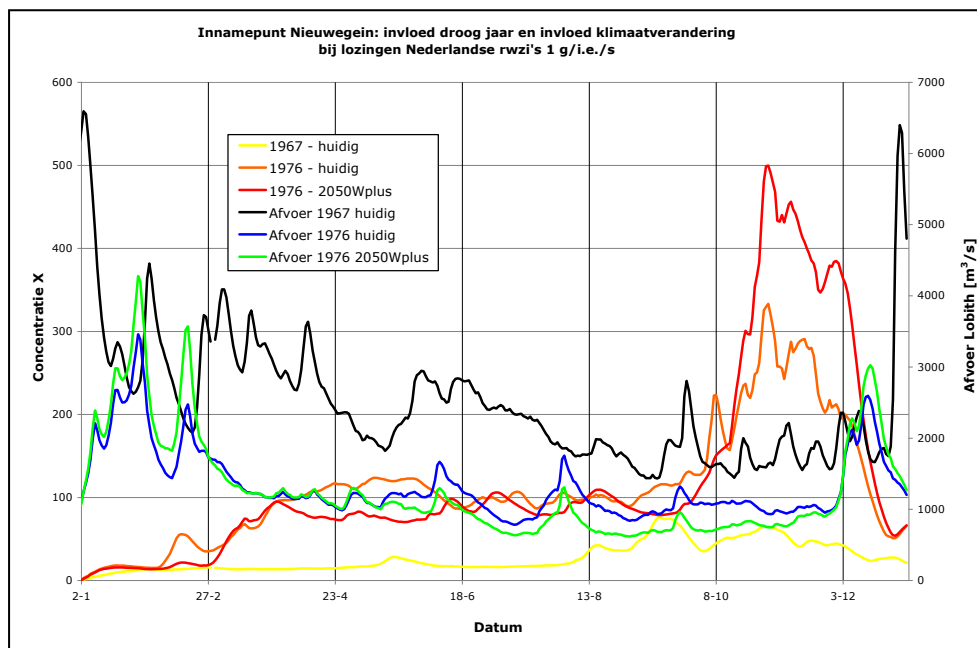
Figuur IV.4 Resultaten afvoer 1976 (zeer droog jaar) en klimaat 2050Wplus bij lozingen door Nederlandse rwzi's van 1 g/i.e./s.

Bijlage V Berekende concentraties per innamepunt

Nieuwegein

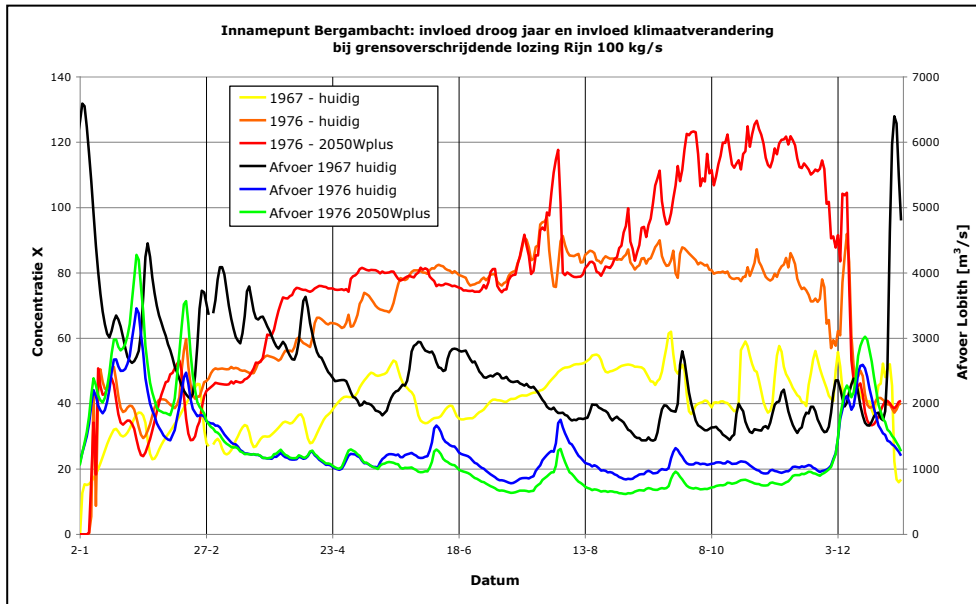


Figuur V.1 *Berekende concentratie bij innamepunt Nieuwegein bij een grensoverschrijdende lozing voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).*

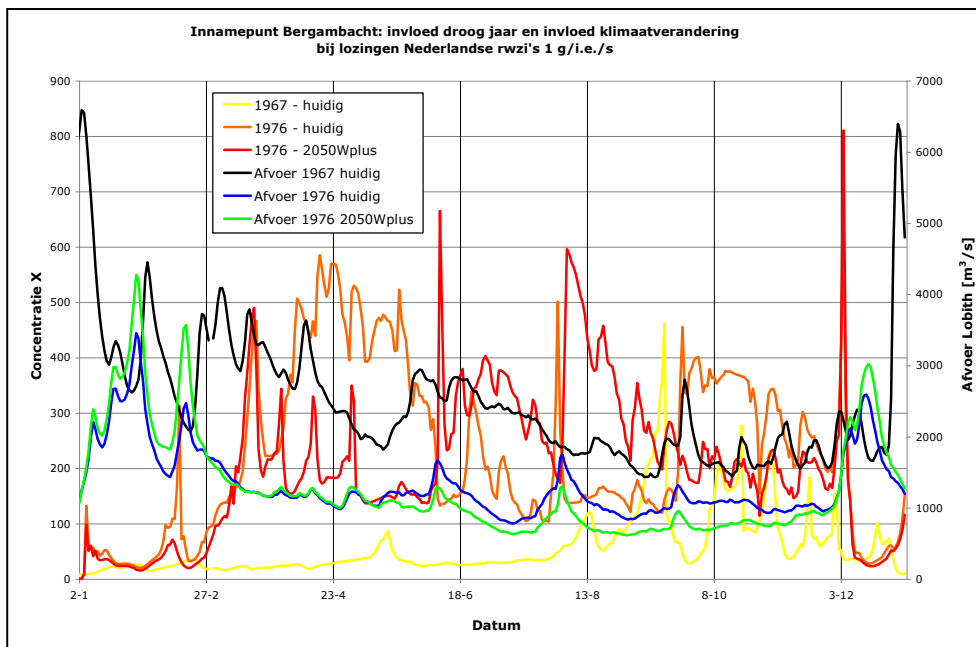


Figuur V.2 *Berekende concentratie bij innamepunt Nieuwegein bij lozingen van Nederlandse rwzi's voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).*

Bergambacht

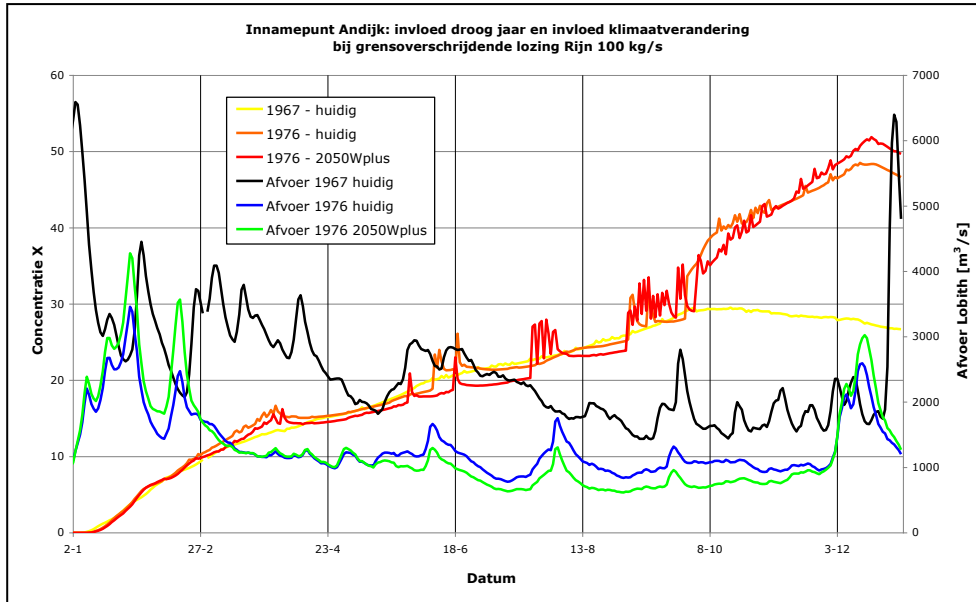


Figuur V.3 *Berekende concentratie bij innamepunt Bergambacht bij een grensoverschrijdende lozing voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).*

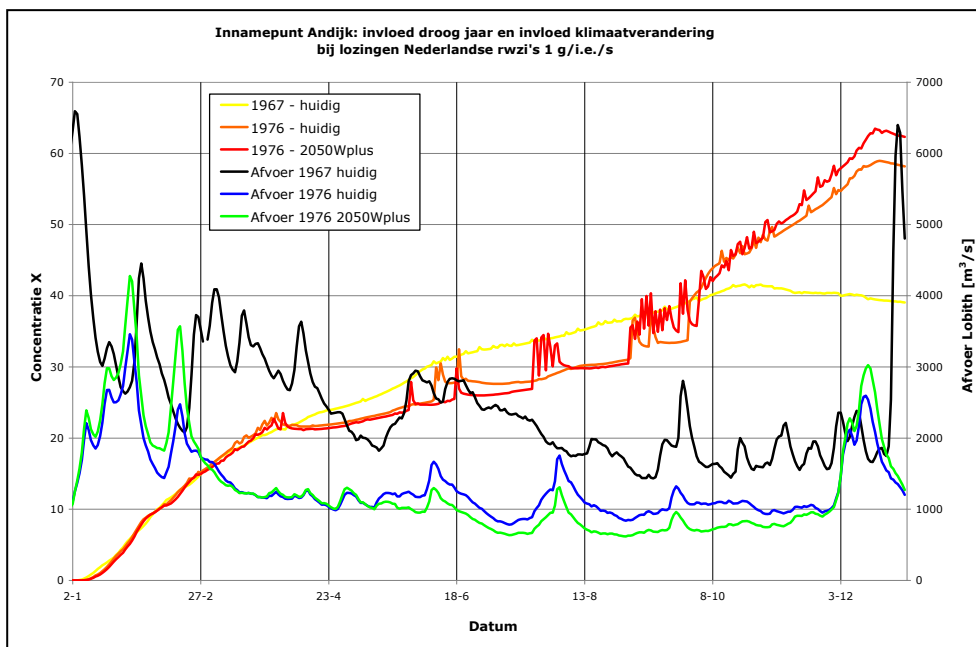


Figuur V.4 *Berekende concentratie bij innamepunt Bergambacht bij lozingen van Nederlandse rwzi's voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).*

Andijk

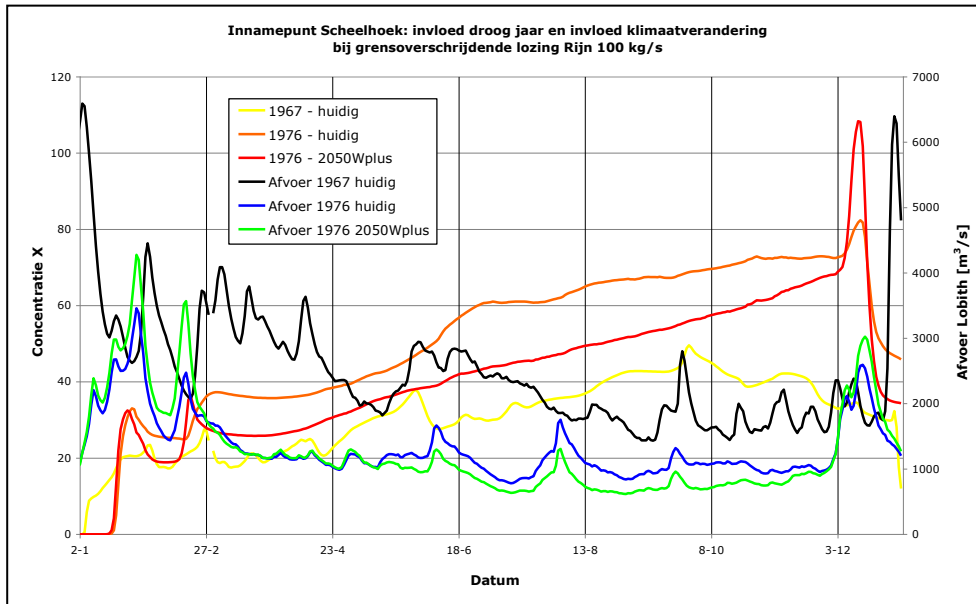


Figuur V.5 Berekende concentratie bij innamepunt Andijk bij een grensoverschrijdende lozing voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

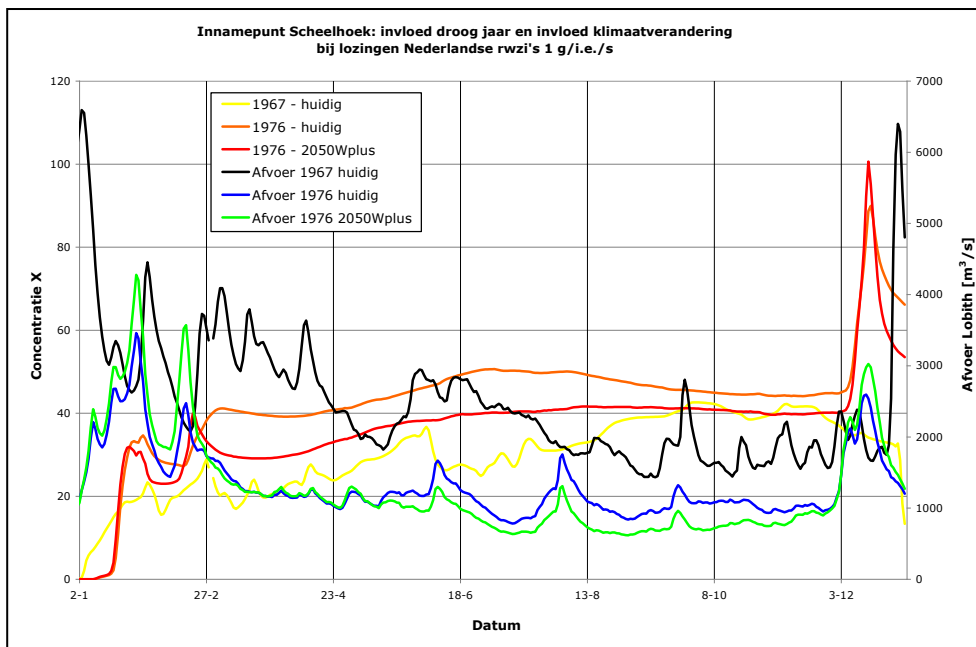


Figuur V.6 Berekende concentratie bij innamepunt Andijk bij lozingen van Nederlandse rwzi's voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

Scheelhoek

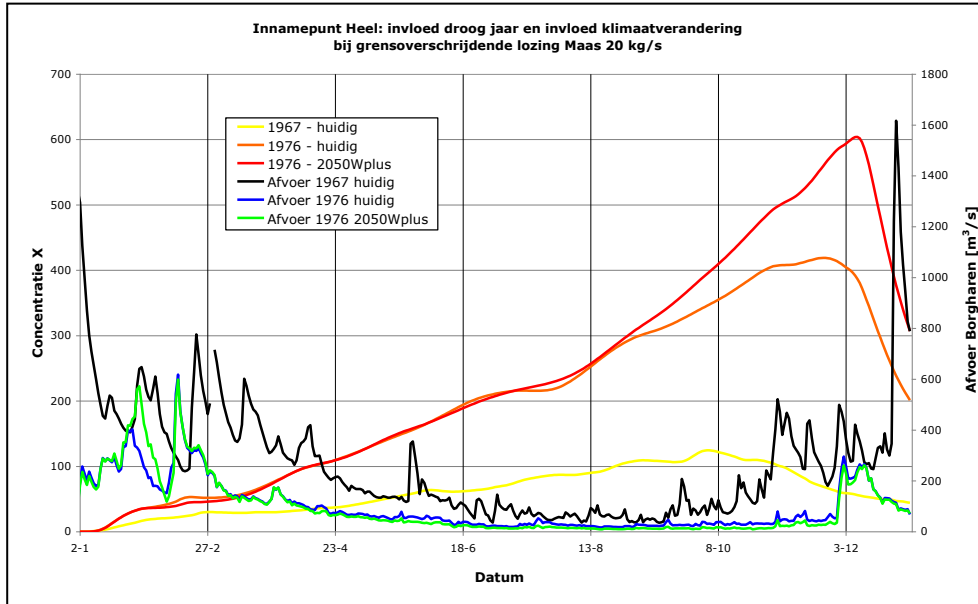


Figuur V.7 Berekende concentratie bij innamepunt Scheelhoek bij een grensoverschrijdende lozing voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

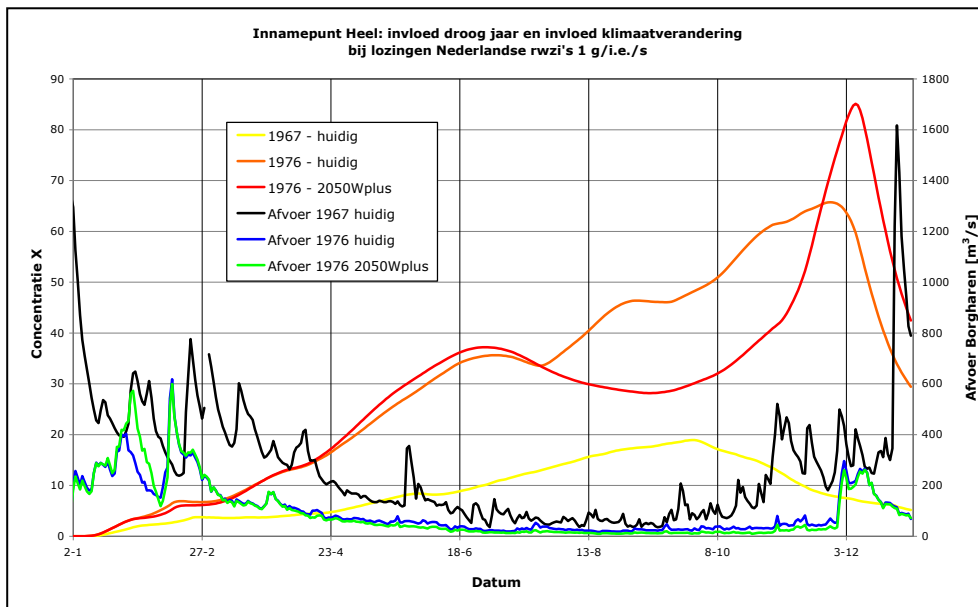


Figuur V.8 Berekende concentratie bij innamepunt Scheelhoek bij lozingen van Nederlandse rwzi's voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

Heel

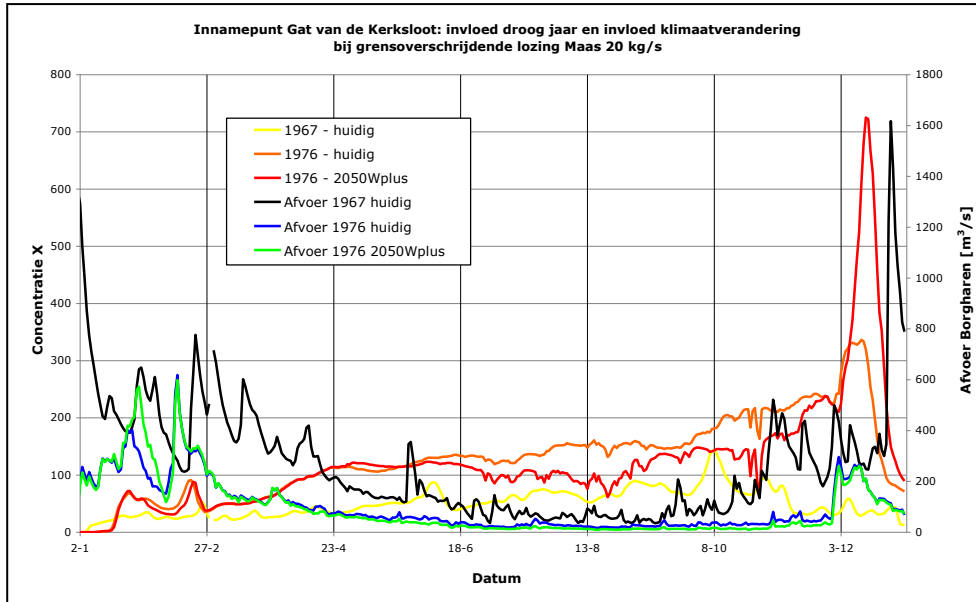


Figuur V.9 Berekende concentratie bij innamepunt Heel bij een grensoverschrijdende lozing voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

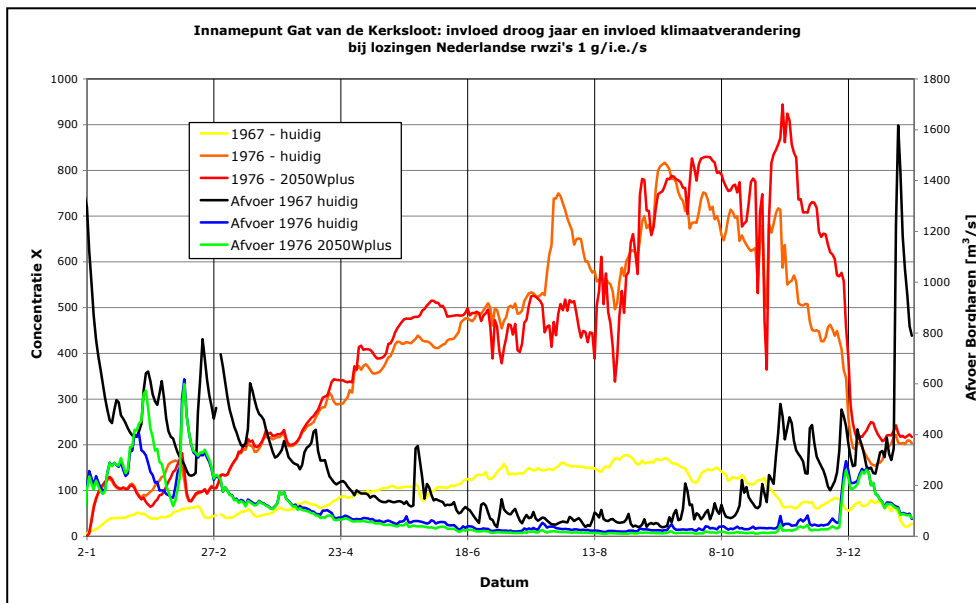


Figuur V.10 Berekende concentratie bij innamepunt Heel bij lozingen van Nederlandse rwzi's voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

Gat van de Kerksloot (Biesbosch)

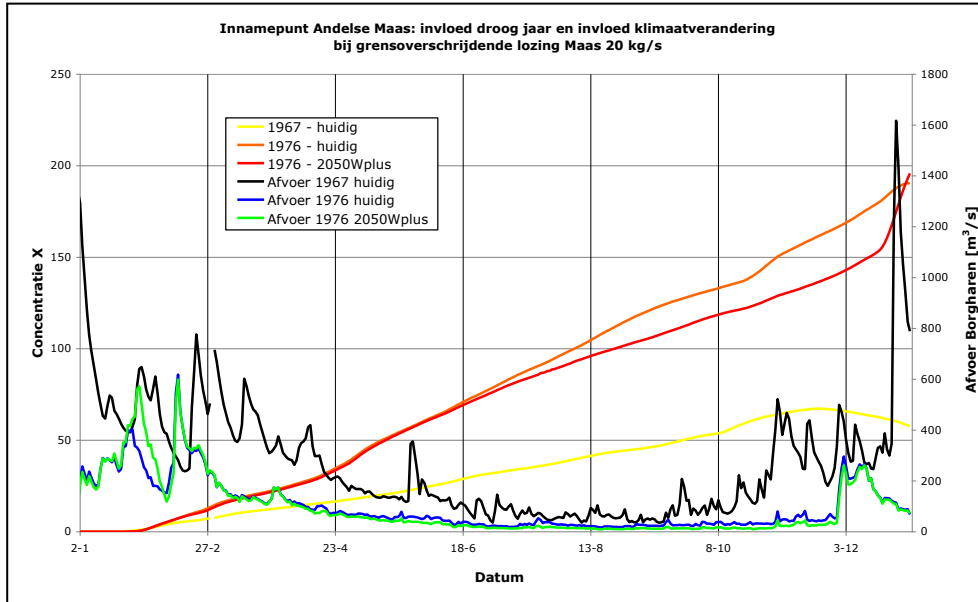


Figuur V.11 Berekende concentratie bij innamepunt Gat van de Kerksloot (Biesbosch) bij een grensoverschrijdende lozing voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

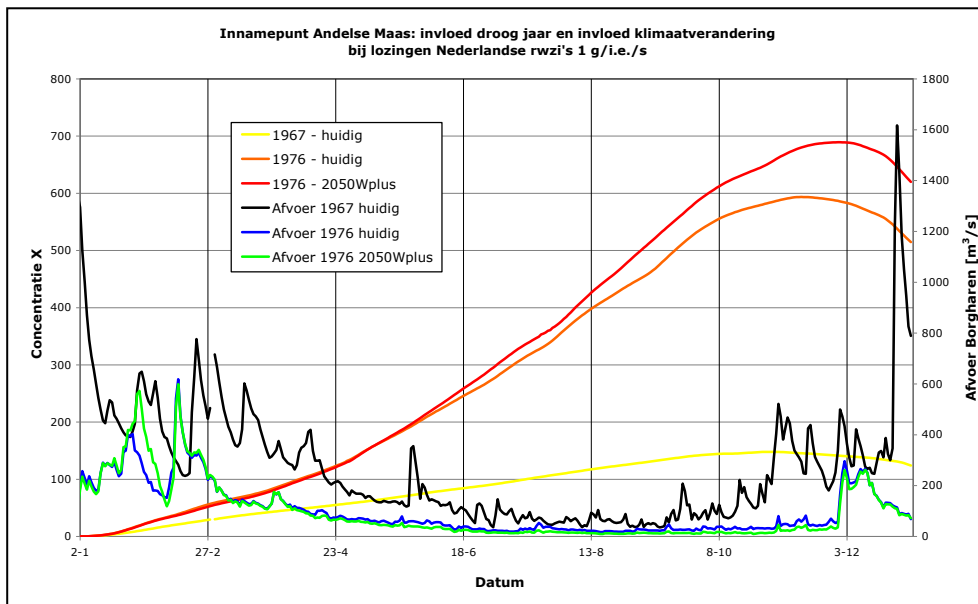


Figuur V.12 Berekende concentratie bij innamepunt Gat van de Kerksloot (Biesbosch) bij lozingen van Nederlandse rwzi's voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

Andelse Maas



Figuur V.13 Berekende concentratie bij innamepunt Andelse Maas bij een grensoverschrijdende lozing voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).



Figuur V.14 Berekende concentratie bij innamepunt Andelse Maas bij lozingen van Nederlandse rwzi's voor een gemiddeld jaar (1967), een zeer droog jaar (1976) en een zeer droog jaar in combinatie met een snelle klimaatverandering in 2050 (1976 2050Wplus).

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl