

**Scenario studie naar de  
effecten van emissiereductie  
maatregelen op  
stikstofvrachten in de Rijn**





# **Scenario studie naar de effecten van emissiereductie maatregelen op stikstofvrachten in de Rijn**

**Integrale modellering stroomgebieden**

Sibren Loos  
Christophe Thiange

1205955-004



**Titel**

Scenario studie naar de effecten van emissiereductie maatregelen op stikstofvrachten in de Rijn

**Opdrachtgever**  
Waterdienst

**Project**  
1205955-004

**Kenmerk**  
1205955-004-ZWS-0004





**Pagina's**  
23

**Trefwoorden**

Stikstofvracht, Internationaal, Rijn stroomgebied, Emissiereductie maatregelen, KRW-Verkenner

**Samenvatting**

In dit rapport is het effect van diverse stikstof (N) reducerende maatregelen op de stikstofconcentraties in de Rijn beschreven voor de jaar- en zomerperiode aan de hand van een drietal scenario's. In deze scenario's zijn een verbeterd zuiveringsrendement van Nederlandse en buitenlandse RWZI's en een verlaagde stikstof uitspoeling als gevolg van de implementatie van maatregelen zoals gedefinieerd in de Nitraatrichtlijn toegepast. Met behulp van de KRW-Verkenner zijn voor het basisjaar 2008 en voor 2015 de verschillende scenario's doorgerekend. Het algemene beeld is dat zonder aanvullende maatregelen de stikstofnorm voor de onderzochte locaties Lobith, Haringvietsluis en Nieuwe Waterweg haalbaar is in 2015. De resultaten tonen ook aan dat de gebruikte emissiedataset een incompleet beeld geeft van de daadwerkelijke emissies naar het oppervlaktewater. Met een aangepaste emissiedataset komen de modelresultaten goed overeen met de metingen.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	feb. 2013	Sibren Loos		Simon Groot		Gerard Blom	
		Christophe Thlange					

**Status**

definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 Model instrumentarium</b>	<b>3</b>
2.1 Schematisatie	3
2.2 Hydrologie	3
<b>3 Emissies</b>	<b>5</b>
3.1 Diffuse emissies	5
3.1.1 Landbouw	5
3.1.2 Atmosferische depositie	5
3.1.3 Achtergrond belasting	6
3.2 Puntbronnen	6
3.2.1 Industrieën	6
3.2.2 RWZI's	6
3.3 Vergelijking met eerder gerapporteerde emissies	7
<b>4 Retentie</b>	<b>9</b>
<b>5 Scenario's</b>	<b>11</b>
5.1 RWZI's	12
5.2 Landbouw	12
<b>6 Resultaten</b>	<b>13</b>
<b>7 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>17</b>
<b>8 Referenties</b>	<b>19</b>
<b>9 Samenvatting</b>	<b>21</b>
<b>10 Executive Summary</b>	<b>23</b>





## 1 Inleiding

In het kader van internationaal overleg binnen de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR) en het opstellen van stroomgebiedbeheerplannen voor 2015 met betrekking tot verbetering van de waterkwaliteit, is een studie verricht naar het transport van stikstof in het Rijn stroomgebied en de afwenteling naar de Noordzee, alsook het verkrijgen van inzicht in de emissiereducties die nodig zijn om de gewenste kwaliteit te realiseren. De nadruk bij de verbetering van de waterkwaliteit waaronder die van het mariene milieu en in het bijzonder de kustgebieden van de Noordzee ligt op emissiereductiemaatregelen op het vaste land. Als onderdeel van de Nitraatrichtlijn (richtlijn 91/676/EEG) zijn een aantal maatregelen benoemd en deels geïmplementeerd voor de reductie van stikstof emissies afkomstig van diffuse bronnen uit landbouwgebieden. In 1991 is de Richtlijn inzake de behandeling van stedelijk afvalwater (richtlijn 91/271/EEG) van kracht geworden. Deze Richtlijn bevat onder andere bepalingen over de beoogde reductie van stikstof uit een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RZWI).

Voorafgaand aan deze studie is in 2010 is een scopingstudie (Deltares, 2010) uitgevoerd naar het opzetten van een integraal model voor stroomgebieden ten einde de invloed van emissies in het stroomgebied op de waterkwaliteit in het mariene milieu inzichtelijk te maken. In 2011 is een verkenning (Deltares, 2011) uitgevoerd naar de nutriëntenemissies en concentraties in de stroomgebieden van de Rijn en Maas resulterend in een presentatie waarin de dalende trend in gemeten stikstof concentraties is beschreven. De doelstelling van deze studie is om het verschil tussen de huidige stikstofvracht en de stikstofnorm, het zogenaamde doelgat, in kaart te brengen en middels het doorrekenen van diverse scenario's te onderzoeken met welke maatregelen het dichten van het doelgat, de stikstofreductiedoelstelling gerealiseerd kan worden. Voor de vaststelling van de stikstofnorm wordt verwezen naar Prins (2007). Deze studie zal ondersteuning bieden aan de discussies over de benodigde reducties in stikstofemissies in het kader van het realiseren van de kwaliteitdoelstellingen van de KRW en KRM. Belangrijke vraag is daarbij of het continueren van reeds uitgevoerde maatregelen (zoals gedefinieerd in het Beheerplan internationaal Rijndistrict) voldoende is of dat aanvullende maatregelen vereist zijn om in 2015 de stikstofreductiedoelstelling te halen.

Dit rapport beschrijft de opzet van het modelinstrumentarium, de emissie data die als invoer is gebruikt en de berekende modelresultaten. De modellen (buitenland en Nederland) zijn eerst gedraaid voor het jaar 2008 die als referentie is genomen voor diverse scenario's. Verder zijn aan de hand van een drietal scenario's de geschatte emissies naar het oppervlaktewater en de gemodelleerde vrachten naar de Noordzee in beeld gebracht voor 2015. Basis voor de integrale stroomgebiedmodellering vormt de KRW-Verkenner die dit jaar beschikbaar is gekomen voor de tweede ronde van stroomgebiedbeheerplannen.



## 2 Model instrumentarium

Het deel van het stroomgebied van de Rijn dat in deze studie is beschouwd beslaat het gehele stroomgebied in binnen- en buitenland, echter voor de berekening is een scheiding gemaakt tussen het Nederlandse en buitenlandse deel. De eerste stap betreft het berekenen van de stikstofvracht uit het buitenlandse deel van het Rijn stroomgebied (bovenstrooms Lobith) met behulp van een KRW Verkenner schematisatie voor dit deel van de Rijn ("KRW-V internationaal"). De tweede stap is het berekenen van Noordzee concentraties met de landelijke toepassing van de KRW Verkenner ("KRW-V nationaal"), met als invoer bij Lobith de in de eerste stap berekende stikstofvracht. De reden voor de genoemde scheiding is het verschil in databeschikbaarheid voor beide delen van het Rijn stroomgebied, maar ook het aanhaken op een nationale pilot waarvoor al een uitgebreid gevalideerde KRW-Verkenner voor de Nederlandse waterlichamen beschikbaar is. In de rest van dit rapport zal naar het gehele modelinstrumentarium ("KRW-V internationaal" en "KRW-V nationaal") worden gerefereerd als "KRW-V Rijn".

Voor de opzet van de "KRW-V nationaal" en de nationale pilot wordt verwezen naar het rapport 'Landelijke pilot KRW-Verkenner 2.0' (Deltares, 2012). De opzet van de "KRW-V internationaal" en de koppeling met de "KRW-V nationaal" wordt in de volgende paragrafen beschreven.

### 2.1 Schematisatie

Een gebiedschematisatie voor een modeltoepassing met de KRW-Verkenner bestaat uit rekenpunten die elk een afwateringsgebied of een oppervlaktewatereenheid voorstellen. Afwateringsgebieden stromen af op oppervlaktewatereenheden die op hun beurt afstromen op andere oppervlaktewatereenheden. Elk rekenpunt wordt beschreven met attributen zoals watervolume en wateroppervlakte. Op deze manier wordt een heel stroomgebied in de KRW-Verkenner in kaart gebracht. Op elk van de rekenpunten kunnen er water (debiet) en stoffen (emissies) worden geloosd. De hoeveelheid water bepaalt de afvoer. De afvoer en het watervolume bepalen samen de verblijftijd van stoffen in een rekenpunt. De hoeveelheid water beïnvloedt ook de concentratie van de stoffen. Elke stof heeft een eigen, constante, afbraakcoëfficiënt.

De KRW-V internationaal modeltoepassing is opgezet op basis van een DEM (digital elevation model) van het buitenlandse Rijn stroomgebied. Met een ruimtelijke aggregatie techniek op basis van de Strahler orde (dit is een indeling waarbij de hoofdstroom Strahler orde 1 heeft en bij elke vertakking bovenstrooms de nummering oploopt. En zo heeft de hoofdriever de Rijn Strahler orde 1, de zijrivier Moezel Strahler orde 2 en een zijrivier van de Moezel Strahler orde 3 etc.) is het Rijn stroomgebied in verschillende "KRW-V internationaal" subcatchments verdeeld (zie Figuur 2.1).

### 2.2 Hydrologie

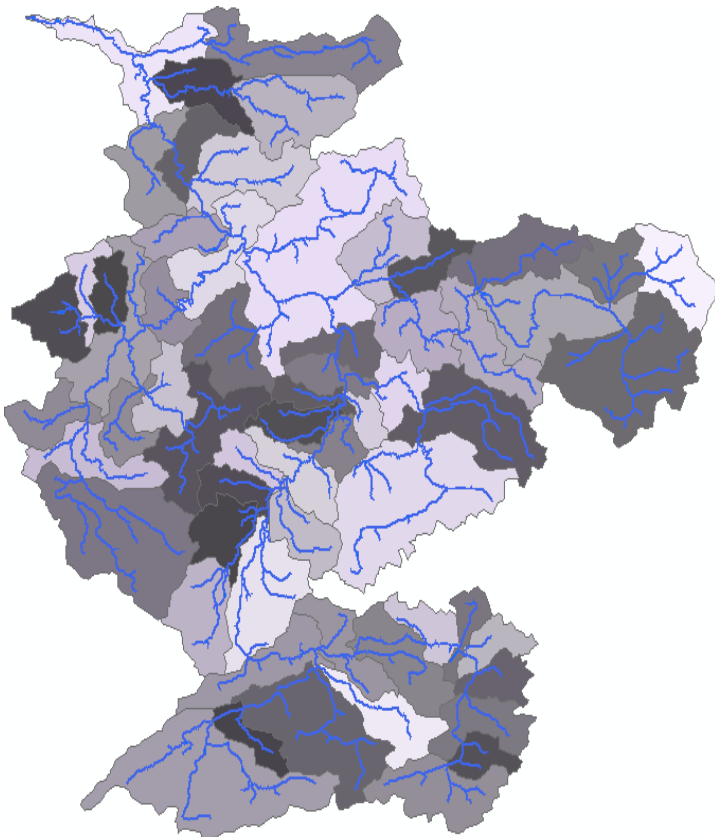
Voor de beschrijving van de hydrologische fluxen in het buitenlandse deel is gebruik gemaakt van WFLOW (OpenStreams). WFLOW is een hydrologisch model dat oppervlaktewater en grondwater fluxen berekent. De buitenlandse Rijn applicatie van WFLOW gebruikt hetzelfde DEM dat als basis dient voor de KRW-V schematisatie. De WFLOW resultaten per rooster cel kunnen gemakkelijk geaggregeerd worden per KRW-V subcatchment.

De nationale pilot gebruikt het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) als basis voor de waterbeweging (Deltares, 2012).

De keuze van de referentie voor deze studie is gebaseerd op (i) de beschikbaarheid van emissiedata voor het buitenlandse deel en (ii) de beschikbaarheid van draaiende toepassingen voor het Nederlandse deel. De laatste MITERRA resultaten zijn voor 2008 berekend. 2008 is daarom als referentiejaar gekozen voor het buitenlandse deel. In het kader van de validatie van de landelijke pilot zijn 10 jaren gesimuleerd (1996 – 2006). Voor elk van deze jaren is met de betreffende hydrologie en waterbeweging in combinatie met de emissies voor dat specifieke jaar de waterkwaliteit doorgekend. Omdat voor 2008 geen waterbeweging vanuit NHI beschikbaar is, is ervoor gekozen om 2006 als basis te nemen voor het Nederlandse deel.

Dit betekent dat voor het Nederlandse deel gerekend is met gegevens uit 2006 (zowel debieten als emissies). Vanwege de debietverschillen bij Lobith kunnen de nationale en internationale schematisaties niet rechtstreeks gekoppeld worden. Daarom zijn beide modellen apart gedraaid en dient de berekende stikstofvracht bij Lobith als invoer voor het nationale deel. Op deze manier worden er geen fouten in de waterbalans geïntroduceerd. Een aanbeveling voor de toekomst is het gebruiken van eenzelfde jaar voor buitenlands en nationaal deel.

In de landelijke toepassing van de KRW-Verkenner is nog geen koppeling met het zoute deel aanwezig. De koppeling is wel uitgebreid getest. Zodra deze koppeling in de landelijke toepassing is uitgevoerd kan in een vervolg studie direct de concentratie in de Noordzee als gevolg van verandering in het Rijn stroomgebied berekend worden.



Figuur 2.1. Indeling van buitenlands Rijn stroomgebied op basis van Strahler orde.

### 3 Emissies

#### 3.1 Diffuse emissies

##### 3.1.1 Landbouw

Landbouw emissies voor het buitenland (met uitzondering van Zwitserland) zijn afkomstig van het stikstofemissiemodel *MITERRA-EUROPE*, dat is ontwikkeld door Alterra. Op basis van landbouwstatistieken, bodemkenmerken en meteorologische gegevens zijn stikstofemissies naar bodem, lucht en water berekend. Het domein van het emissiemodel strekt zich over de EU-27. Resultaten zijn beschikbaar per NUTS2 regio voor het jaar 2008 (Alterra, 2012). De emissies per NUTS2 regio zijn verdeeld over de verschillende afwateringseenheden open basis van een ruimtelijke aggregatie exercitie. *MITERRA-EUROPE* levert stikstofvrachten naar oppervlakte- en grondwater. De afbraak die plaatsvindt in het grondwater is berekend op basis van de verblijftijd van het water in de ondergrond. De verblijftijd is berekend uit de WFLOW resultaten, grondwatervolume en grondwater flux, door deze ruimtelijk te aggregeren over een groter gebied, de subcatchments in de gebruikte KRW-V schematisatie waarmee de KRW-V internationaal rekent. Het nadeel van een ruimtelijke aggregatie is dat de verblijftijd van grondwater in het gebied dicht bij de hoofd- en zijrivieren overschat wordt en de gebieden hoger op de helling onderschat worden. Om te voorkomen dat de hele vracht zou verdwijnen is daarom een bovengrens van 5 jaar gehanteerd voor de verblijftijd in de ondergrond. Een verbeteringslag is om grondwater verblijftijden apart uit te rekenen voor gebieden met verschillende afstand tot de rivier, in feite een gedetailleerdere ruimtelijke opdeling van de in deze studie gehanteerde subcatchments, of het expliciet doorrekenen van stikstofafbraak tijdens het transport door het grondwater een recente modelontwikkeling die tijdens het uitvoeren van deze studie nog niet beschikbaar was. Na vijf jaar blijft er volgens onderstaande formule (Keuskamp et al., 2012) ongeveer 18% van de oorspronkelijke vracht over.

$$k_{NO_3} = \frac{\ln(2)}{\text{half-life}_{NO_3}}$$

$$\text{Retention} = \exp(-k_{NO_3} \times \text{Residence Time})$$

Voor Zwitserland is er gebruik gemaakt van de *Emissions to Water* database van het EMA, waarin slechts een totale emissie hoeveelheid beschikbaar is (geen onderscheid tussen landbouw, atmosferische depositie en andere bronnen).

##### 3.1.2 Atmosferische depositie

*MITERRA-EUROPE* en de *Emissions to Water* database brengen atmosferische depositie al in rekening. Enkel voor de niet-landbouw gebieden buiten Zwitserland dient er nog een atmosferische belasting berekend te worden. Hiervoor zijn totale N depositie fluxen (droge en natte NH<sub>x</sub>/NO<sub>y</sub> depositie) op land uit EMEP gebruikt (EMEP, 2010). Deze fluxen op land zijn vervolgens omgezet naar belasting van het oppervlaktewater op basis van de ratio tussen EmissieRegistratie en EMEP data voor Nederland. De atmosferische belasting van oppervlaktewater in de EmissieRegistratie is ~11% van de EMEP fluxen op Nederland.

### 3.1.3 Achtergrond belasting

Voor de achtergrond belasting is aangenomen dat deze 0.5 mg/l bijdraagt aan de totaal stikstofconcentratie bij Lobith. Dit is afgeleid uit een eerdere studie (ICBR, 2009) waarbij de vracht afkomstig uit atmosferische N depositie en achtergrond belasting samen 89 kton N bedroeg voor 2000 voor het hele Rijn stroomgebied. In combinatie met atmosferische N depositie afkomstig van EMEP data voor het buitenlandse deel van de Rijn is de achtergrond belasting bij Lobith voor 2008 geschat op 36 kton dat overeenkomt met een concentratie van 0.5 mgN/l.

## 3.2 Puntbronnen

### 3.2.1 Industrieën

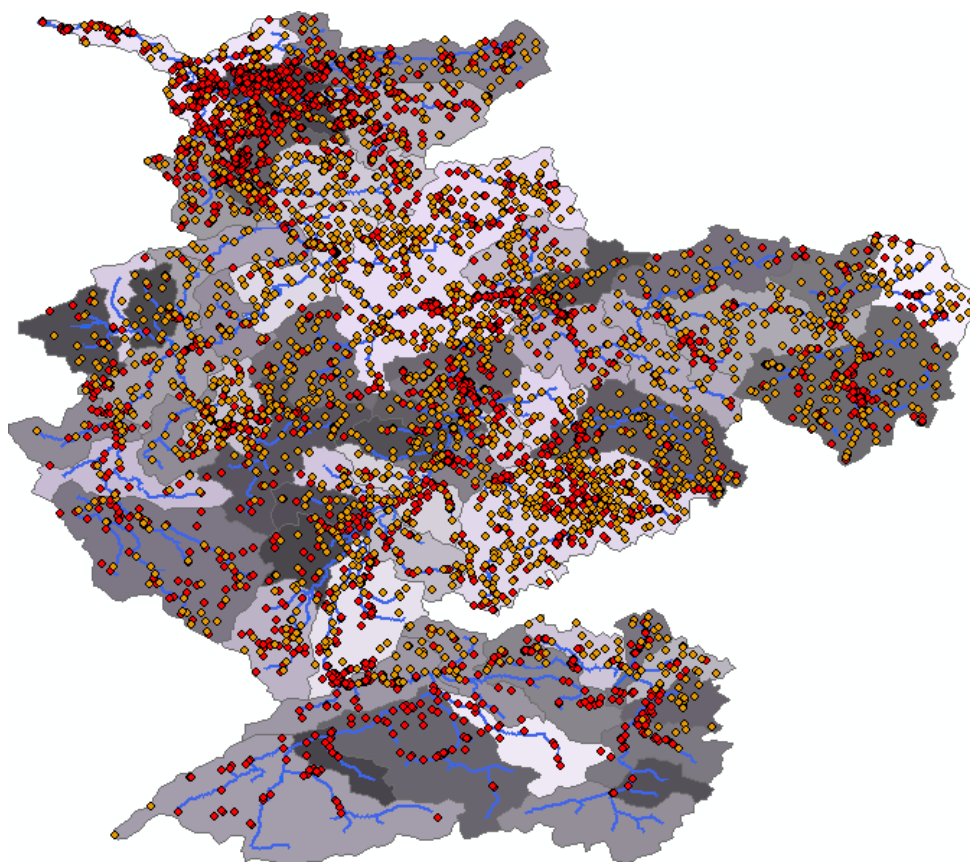
Industriële stikstof vrachten komen uit de *E-PRTR* database. De "European Pollutant Release and Transfer Register" is een database met puntlozingen van een aantal stoffen naar land, lucht en water. Gegevens worden door lidstaten gerapporteerd. Elke puntlozing wordt afzonderlijk beschreven, i.e. voor elke lozing is de exacte locatie beschikbaar. In deze studie is versie 4.1 gebruikt.

Lozingspunten die zich binnen 500 meter bevinden van een oppervlaktewaterlichaam (in de KRW Verkenner schematisatie) zijn aan dit waterlichaam gekoppeld. Andere lozingspunten zijn gekoppeld aan de afwateringseenheden waarin ze zich bevinden.

### 3.2.2 RWZI's

De *E-PRTR* database bevat naast bedrijven ook RWZI's, maar beperkt zich tot de grootste lozingen. De belasting uit RWZI's is daarom aangevuld met gegevens uit de *UWWTD* database van het EMA (Waterbase, 2012). Deze database is samengesteld uit gegevens gerapporteerd door lidstaten in het kader van de "Urban Waste Water Treatment Directive". Een deel van de *UWWTD* gegevens overlappen met de *E-PRTR*. In deze studie is de *E-PRTR* als basis genomen en aangevuld met *UWWTD* gegevens dat niet in de *E-PRTR* voorkomen. Het gaat dan vooral om kleinere RWZI's.

De *UWWTD* database bevat geen vrachten, maar capaciteiten van zuiveringsinstallaties. Omdat een aantal lozingspunten zowel in *E-PRTR* als in *UWWTD* voorkomen is het mogelijk om zogenaamde effluentfactors te bepalen waarmee RWZI capaciteiten vertaald kunnen worden naar vrachten. De effluentfactors zijn voor elk land afzonderlijk bepaald. In Figuur 3.1 zien we alle puntlozingen (industrie en RWZI's) die in deze studie zijn meegenomen.



Figuur 3.1 E-PRTR en UWWTD lozingslocaties.

### 3.3 Vergelijking met eerder gerapporteerde emissies

In het Beheerplan van het internationaal Rijndistrict (ICBR, 2009; Tabel 4) zijn schattingen van emissies vanuit landbouw, RWZI's en industrie naar het oppervlaktewater gerapporteerd. Daarnaast wordt een prognose voor 2015 gegeven.

Tabel 3.1 Stikstof emissies (kton) gerapporteerd in ICBR Beheerplan 2009 (Tabel 4).

		2000	2005	2008*	2015
excl. NL	Landbouw	154	144	138	122
	RWZI's	106	78	76	72
	Industrie	21	21	21	20
	Totaal	281	243	235	214
incl. NL	Landbouw	196	178	171	153
	RWZI's	128	93	91	85
	Industrie	24	23	23	22
	Totaal	348	294	285	260

\*2008 data geïnterpoleerd voor deze studie

Tabel 3.2 geeft in kolom 1 (2008 origineel) een overzicht van de totale stikstof belasting (in kton) in het buitenlandse stroomgebied op basis van de emissiegegevens beschreven in paragraaf 3.1 en paragraaf 3.2. Op basis van de vergelijking met ICBR data wordt geconstateerd dat de in deze studie verzamelde emissie gegevens die vrij beschikbaar zijn een incompleet beeld lijken te geven van de daadwerkelijke emissies naar het oppervlaktewater. De puntbronnen tonen de grootste afwijking en zijn ongeveer 30 kton lager dan de ICBR prognose voor 2015. Ervan uitgaande dat de ICBR cijfers betrouwbaar zijn, zijn de puntbronnen in kolom 2 (2008 gecorrigeerd) gelijkgesteld aan de geïnterpoleerde ICBR vracht van 2008. Dit komt overeen met een verhoging van 60%. Daarnaast is een derde set (2008 +/++) voorbereid als onzekerheidsmarge. In deze derde set zijn de landbouw emissies gelijkgetrokken met de geïnterpoleerde ICBR landbouwvracht van 2008 (i.e. een verhoging van ~12%). Bovendien zijn in deze derde set de puntbronnen en overige emissies verhoogd met 5% ten opzichte van de 2008 origineel.

De berekeningen (referentie en reductie scenario's) zijn uitgevoerd met alle drie emissie sets.

*Tabel 3.2 Overzicht van buitenlandse stikstof belasting (kton) per data bron.*

	Bron	2008 origineel (ongecorrigeerd)	2008 gecorrigeerd	2008 +/++
<b>Punt</b>	E-PRTR	33	54	56
	UWWTD	27	43	46
	subtotaal	<b>60</b>	<b>97</b>	<b>102</b>
<b>Landb.</b>	M-E	75	75	84
	EW	48	48	54
	subtotaal	<b>123</b>	<b>123</b>	<b>138</b>
<b>Ov.</b>	EMEP	21	21	22
	Background	36	36	37
	subtotaal	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>59</b>
<b>Totaal</b>		<b>240</b>	<b>277</b>	<b>299</b>



## 4 Retentie

Retentie van stikstof in oppervlaktewater wordt gemodelleerd als een eerste orde afbraak. Voor het hele domein is dezelfde afbraakcoëfficiënt gebruikt:  $0.023 \text{ dag}^{-1}$ . Deze waarde is overgenomen uit de landelijke toepassing met de KRW-Verkenner, waarin specifieke afbraakcoëfficiënten voor het Nederlandse deel van de Rijn zijn afgeleid.

Voor de stikstofbelasting naar grondwater (uit MITERRA-EUROPE) wordt de retentie buiten de KRW-Verkenner berekend (zie paragraaf 3.1.1). De gereduceerde vrachten worden vervolgens als invoer voor de KRW-Verkenner gebruikt.



## 5 Scenario's

Voor een doorkijk naar 2015 van de stikstofvrachten in het Rijn stroomgebied zijn drie scenario's gedefinieerd, zie Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Definitie van de drie scenario's, de percentages tussen haakjes geven de reductie van emissies naar het oppervlaktewater aan ten opzichte van het basis jaar 2008 (zie 2.2).

	Puntbron	Landbouw	Atm.Dep	Achtergrond
scenario1	Onveranderd (0%)	BAU (28.6%)	Verlaagd a.g.v. landbouw reductie	Onveranderd
scenario2	5% toename Zuiveringsrendement (26.5%)	ND maatregelen (30.6%)	Verlaagd a.g.v. landbouw reductie	Onveranderd
scenario3	10% toename Zuiveringsrendement (53%)	ND maatregelen + gebalanceerde N bemesting (34%)	Verlaagd a.g.v. landbouw reductie	Onveranderd

- Voor de emissies afkomstig van puntbronnen, het zij industrieën of ander stedelijk afvalwater zijn verschillende veranderingen in zuiveringsrendement (0%, 5% of 10%) opgelegd. De percentages in Tabel 5.1 die tussen haakjes staan zijn de daadwerkelijke reducties van emissies naar het oppervlaktewater.
- Voor de emissies uit de landbouwsector zijn de drie scenario's 1) business as usual (BAU), 2) toepassing van nitrate directive maatregelen (ND) en 3) scenario 2 plus een gebalanceerde N bemesting gebruikt. Scenario 1 (BAU) heeft al een reductie van ruim 28%, geheel het gevolg van de voorspelling van een toenemende gewasopbrengst bij een gelijkblijvend of licht dalend gebruik van kunstmest en dierlijk mest. Scenario 2 en 3 leveren respectievelijk een extra reductie van 2.0% en 5.4% ten opzichte van scenario 1 op. Een uitgebreide beschrijving van deze scenario's is te vinden in Alterra (2012).
- Voor de verandering in atmosferische depositie zijn de effecten als gevolg van een verlaagde landbouw reductie meegenomen.
- De achtergrond emissie is constant gehouden voor alle scenario's.

Tevens zijn voor elk van deze scenario's twee variaties doorgerekend om de onzekerheden in de emissiedata en modelbenadering door middel van een gevoeligheidsanalyse mee te nemen in de modelberekening. De twee varianten leveren ten opzichte van het basis scenario een hogere stikstofvracht op en zijn als volgt gedefinieerd:

- scenario+ ten opzichte van het basis scenario zijn de emissies verhoogd naar een maximum schatting van de emissies om de onzekerheid in emissiedata mee te nemen;
- scenario++ ten opzichte van het scenario+ is de retentie in de rivier verlaagd om de onzekerheid in de modelaannames omtrent retentie in de rivier mee te nemen.

Bij het vaststellen van realistische scenario's is de nationale pilot als uitgangspunt genomen, om een zo goed mogelijke afstemming te realiseren. Omdat er andere databronnen aan ten grondslag liggen is een 1 op1 afstemming niet altijd mogelijk.

## 5.1 RWZI's

Volgens de Europese richtlijn voor stedelijk afvalwater dient tenminste 75% van stikstof in de RWZI's uit het afvalwater te worden verwijderd. Sinds 2006 voldoet Nederland geheel aan richtlijn 91/271/EEG (V&W en VROM, 2008). Het huidige zuiveringsrendement voor stikstof (tussen 2008 en 2010) in Nederland ligt grofweg op 82% en lijkt recent gestabiliseerd te zijn. In de scenario's wordt er van uitgegaan dat een verdere stikstofreductie uit RWZI's (door middel van een verhoogd zuiveringsrendement) haalbaar is. Door interne procesoptimalisatie en door meer schaalvergroting en het aansluiten van kleinere RWZI's op grotere RWZI's is een verder toenemend zuiveringsrendement mogelijk. Het kwantitatieve effect van procesoptimalisatie en schaalvergroting is in deze studie niet verder onderzocht.

Voor het buitenlandse deel is uitgegaan van eenzelfde zuiveringsrendement (82%). Sinds december 2012 is de UWWTD database (Waterbase, 2012) bijgewerkt met een tabel waarin onderscheid wordt gemaakt tussen inkomende en uitgaande stikstof emissies bij RWZI's, hieruit kan een zuiveringsrendement worden afgeleid. Een eerste exercitie op basis van deze gegevens toont aan dat voor heel Duitsland het rendement 81.7% bedraagt. Het aangenomen zuiveringsrendement van 82% lijkt dus reëel. Een verbetering kan gemaakt worden door de individuele zuiveringsrendementen per RWZI in het Rijn stroomgebied te gebruiken. In KRW-V Nationaal komen de RWZI gegevens uit de EmissieRegistratie en zijn de zuiveringsrendementen per RWZI bekend (effluent/influent). De verhoging van de Nederlandse zuiveringspercentages voor scenario's 2 en 3 is als volgt uitgevoerd:

- RWZI's met een rendement lager dan 82% zien hun rendement verhoogd conform de verhoging die is toegepast voor de buitenlandse RWZI's (bijvoorbeeld: bij een rendementsverhoging van 5% wordt een rendement van 80% in 2008 dus 85%);
- RWZI's waarvan het rendement al hoger is dan 82% maar lager dan het scenario rendement krijgen het scenario rendement (bijvoorbeeld: bij een rendementsverhoging van 5% wordt een rendement van 86% in 2008 dus 87%);;
- RWZI's waarvan het rendement al hoger is dan de geplande verhoging blijven onveranderd (bijvoorbeeld: bij een rendementsverhoging van 5% blijft een rendement van 96% in 2008 gelijk, dus 96%).

## 5.2 Landbouw

Als gevolg van een verwachte afname in landbouwareaal en een toename in gewasopbrengst zal de af- en uitspoeling van stikstof vanuit landbouwgebieden dalen zonder dat er extra maatregelen genomen worden. De in de Nitraat Richtlijn beschreven maatregelen zijn meegenomen in de emissiereductie scenario's voor landbouw. De door MITERRA-EUROPE berekende vrachten voor de verschillende scenario's zijn rechtstreeks gebruikt in KRW-V Internationaal. De reductiepercentages van de verschillende scenario's en het referentiejaar 2008 (zie 2.2) zijn op basis van de MITERRA-EUROPE resultaten bepaald (voor het buitenlandse deel van het Rijnstroomgebied) en ook op de Nederlandse landbouwemissies van KRW-V Nationaal toegepast (STONE, EmissieRegistratie). De reductiepercentages zijn vermeld in Tabel 5.1.

## 6 Resultaten

Voor de presentatie van de berekeningen met de KRW-V Rijn zijn de resultaten toegevoegd aan de stikstofconcentraties zoals deze in de verkennende studie (Deltares, 2011) zijn gepresenteerd (Figuur 6.1 t/m Figuur 6.6). In de figuren worden een drietal meetstations getoond, één op de landsgrens (Lobith) en twee in oppervlaktewateren die afwateren naar de Noordzee (Haringvlietsluis en Nieuwe Waterweg). Idealiter gaan de gemeten reeksen (doorgetrokken lijnen) vloeiend over in de “KRW-V Rijn” resultaten (gestippelde lijnen). Vanwege onzekerheden in zowel de emissiedata (onder- of overschatting), de modelbenadering (concepten zoals de mate van retentie in de rivier), alsook de gemeten data zelf (vertaling van twee wekelijkse metingen naar gemiddelde jaar- en zomervrachten), wijken de “KRW-V Rijn” resultaten voor 2008 in de meeste gevallen af van de gemeten concentraties. Met de KRW-V Rijn zijn een aantal simulaties uitgevoerd voor het basisjaar 2008 (zie 2.2) en de prognose voor 2015. Voor het basisjaar 2008 zijn alle basisscenario's 1, 2 en 3 gelijk, maar voor het jaar 2015 lopen de scenario's uiteen, waarbij voor scenario 1 de kleinste reductie in stikstofemissies weergeeft en scenario 3 de grootste reductie in stikstofemissies weergeeft:

Stikstof emissies:        scenario 1 < scenario 2 < scenario 3

Voor ieder scenario (1 t/m 3) zijn drie varianten doorgerekend: het basisscenario en de + en ++ scenario's. Vanwege een aangepaste emissie en/of retentie in de rivier verschillen de varianten ook voor het basisjaar (zie 2.2). Voor het basisscenario is de emissie het laagst en voor het ++ scenario is de emissie het hoogst:

Stikstof emissies:        scenario < scenario+ < scenario++

Voor het basisscenario is de retentie in de rivier het hoogst (en gelijk aan scenario+) en voor het ++ scenario is de retentie in de rivier het laagst:

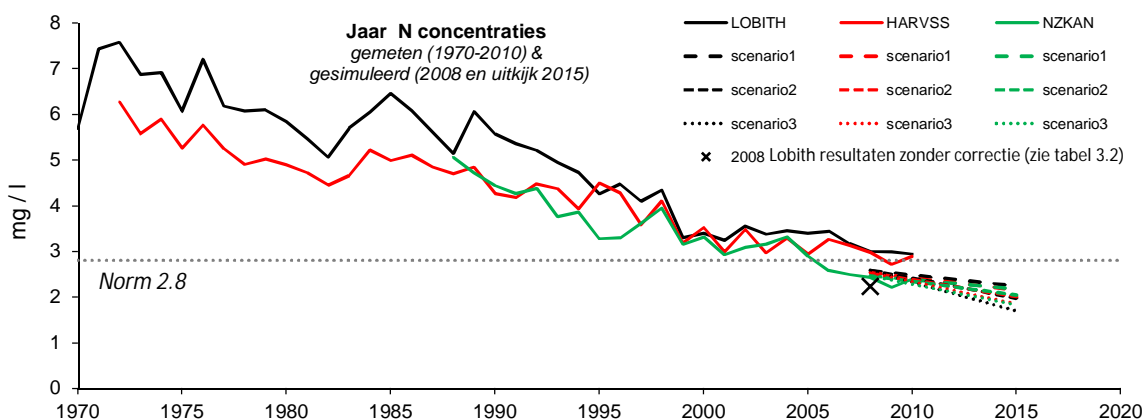
Stikstof retentie:        scenario = scenario+ > scenario++

Uit de simulaties zijn zowel jaar- (Figuur 6.1 t/m Figuur 6.3) als zomergemiddelde stikstofconcentraties (Figuur 6.4 t/m Figuur 6.6) berekend. Het algemene beeld van alle simulaties is dat de modelresultaten voor 2008 in de buurt liggen van de metingen. In Figuur 6.1 en Figuur 6.4 is naast alle scenario simulaties ook een simulatie voor 2008 getoond (2008 origineel) welke is gedraaid met emissies zoals direct beschikbaar uit openbare databases zoals E-PRTR, UWWTD en EMA (zie Tabel 3.1, kolom 2008 origineel). De resultaten voor zowel de jaar- als zomersituatie geven een onderschatting van de gemeten stikstofconcentraties aan. Dit bevestigt het vermoeden zoals aangegeven in paragraaf 3.3 dat de emissies zoals gerapporteerd in vrij toegankelijke databases een incompleet beeld geven van daadwerkelijke emissies naar het oppervlaktewater.

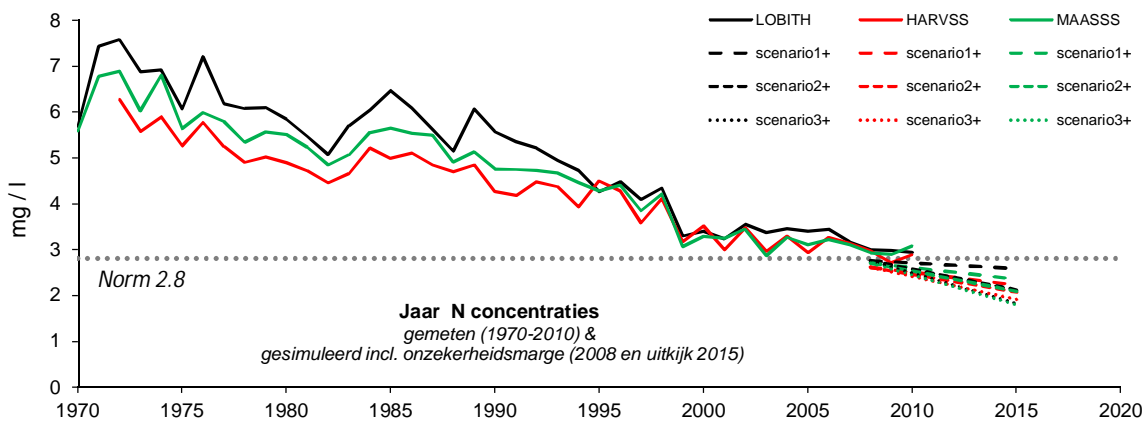
### Jaargemiddelde periode

De resultaten voor de jaargemiddelde periode van het basisscenario ('best guess' emissies en retentie in de rivier, Figuur 6.1) geven aan dat de concentraties onderschat wordt ten opzichte van de metingen. Voor de jaargemiddelde situatie komt scenario++ het beste overeen met de gemeten tijdreeksen (Figuur 6.3). Een verhoogde emissie en verlaagde retentie in de rivier lijkt het beste overeen te komen met de werkelijke stikstofconcentraties.

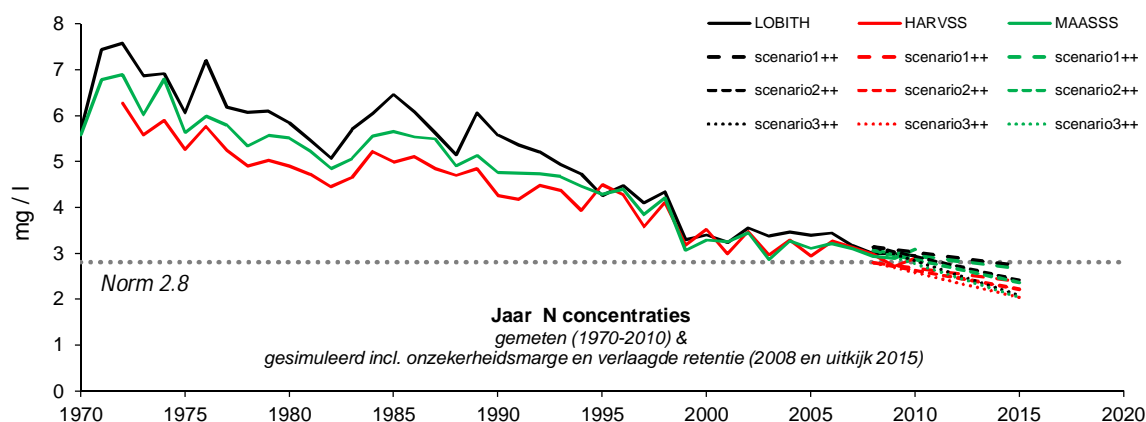
Voor dit ++ scenario liggen alle prognoses (scenario's 1 t/m 3) voor 2015 onder de norm van 2.8 mgN/l. Scenario1++ voor Lobith duikt ongeveer rond 2015 onder de norm, maar voor scenario's 2++ en 3++ wordt de norm eerder bereikt dan 2015. De Noordzee locaties liggen al bij het basisjaar (zie 2.2) onder de norm.



Figuur 6.1. Stikstofconcentraties (jaargemiddelde) voor Lobith (zwart), Haringvlietsluis (rood) en Nieuwe Waterweg (groen); gemeten voor de periode 1970-2010 (doorgetrokken lijn), gemodelleerd voor 2008 en 2015 (gestippelde lijnen) op basis van drie scenario's ('best guess') uitgezet tegen de norm (2.8 mgN/l).



Figuur 6.2. Stikstofconcentraties (jaargemiddelde) voor Lobith (zwart), Haringvlietsluis (rood) en Nieuwe Waterweg (groen); gemeten voor de periode 1970-2010 (doorgetrokken lijn), gemodelleerd voor 2008 en 2015 (gestippelde lijnen) op basis van drie + scenario's (incl. onzekerheid in emissies) uitgezet tegen de norm (2.8 mgN/l).



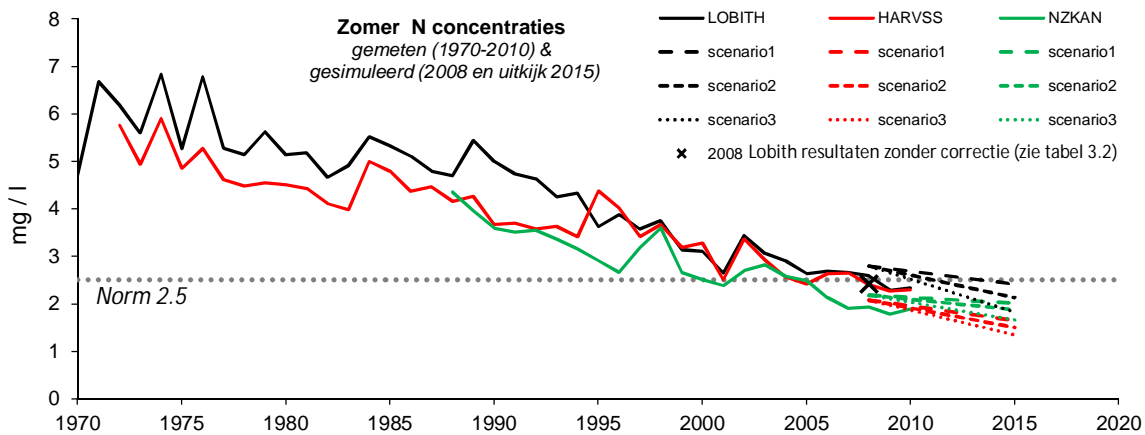
Figuur 6.3. Stikstofconcentraties (jaargemiddelde) voor Lobith (zwart), Haringvlietsluis (rood) en Nieuwe Waterweg (groen); gemeten voor de periode 1970-2010 (doorgetrokken lijn), gemodelleerd voor 2008 en 2015 (gestippelde lijnen) op basis van drie ++ scenario's (incl. onzekerheid in emissies en model) uitgezet tegen de norm (2.8 mgN/l).

Voor het halen van de jaargemiddelde norm in 2015 voor alle locaties is de stikstofreductie die met scenario 1 wordt bewerkstelligd voldoende. Omdat dit scenario het 'Business As Usual' scenario is, houdt dit in dat er geen aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn. De dalende trend is het gevolg van een geschatte afname van de emissie uit de landbouwsector door een afnemend landbouwareaal en toegenomen gewasopbrengst waardoor minder uitspoeling van stikstof naar het oppervlaktewater plaatsvindt.

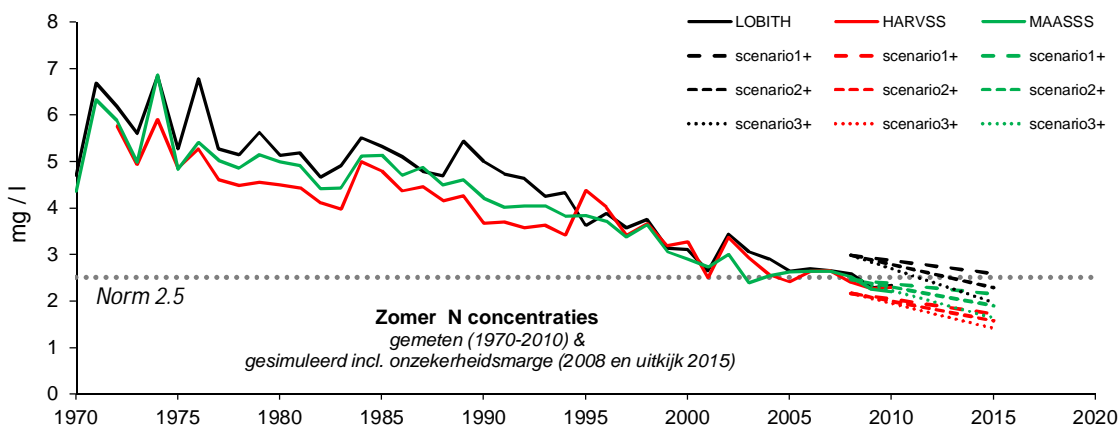
### Zomergemiddelde periode

Emissies voor het buitenlandse deel zijn enkel als jaarwaarde beschikbaar. Het model rekent echter per kwartaal en gebruikt voor elk kwartaal de opgegeven belasting. Met de huidige simulaties zijn de emissies dus gelijkmatig verdeeld over het jaar voor het deel bovenstrooms van Lobith. In werkelijkheid liggen de emissies vanuit diffuse bronnen naar het oppervlaktewater lager in de zomerperiode en vindt de meeste uitspoeling plaats in de relatief natte winterperiode. Het effect van de constante stikstofbelasting in het model is dat de zomer stikstofconcentraties, omwille van lagere rivierafvoeren in de zomermaanden, hoger uitvallen dan de jaarlijkse stikstofconcentraties. Zoals de metingen laten zien (vergelijk Figuur 6.1 met Figuur 6.4) liggen de zomerse stikstofconcentraties eigenlijk onder het jaargemiddelde.

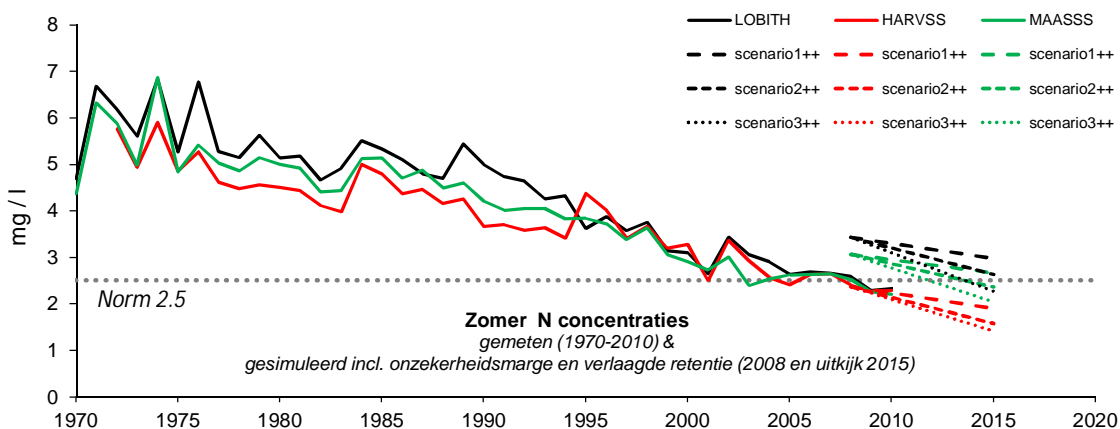
Door de waarschijnlijke overschatting van emissies in de zomerperiode komen de gesimuleerde stikstofconcentraties voor Lobith in alle scenario's boven de gemeten waarden uit (Figuur 6.4 t/m Figuur 6.6). De resultaten lijken daardoor niet representatief voor de beoogde stikstofconcentraties voor 2015. Wel vertonen alle scenario's zoals verwacht een neergaande trend. Omdat de huidige zomergemiddelde stikstofconcentraties al onder de geschatte stikstofnorm liggen is de verwachting dat er voor 2015 geen aanvullende maatregelen nodig zijn voor het realiseren van de stikstofnorm. Een realistischere verdeling van emissies over het jaar zal een beter inzicht bieden in de prognose van stikstof zomerconcentraties voor 2015. Een verbetering zou dus zijn om een differentiatie te maken in zomeremissies en winteremissies, hetgeen zonder aannames echter niet uit huidige emissiedata valt af te leiden. Het gevolg is dat de zomerconcentraties wellicht overschat worden (en winterconcentraties iets onderschat).



Figuur 6.4. Stikstofconcentraties (zomergemiddelde) voor Lobith (zwart), Haringvlietsluis (rood) en Nieuwe Waterweg (groen); gemeten voor de periode 1970-2010 (doorgetrokken lijn), gemodelleerd voor 2008 en 2015 (gestippelde lijnen) op basis van drie scenario's ('best guess') uitgezet tegen de norm (2.5 mgN/l).



Figuur 6.5. Stikstofconcentraties (zomergemiddelde) voor Lobith (zwart), Haringvlietsluis (rood) en Nieuwe Waterweg (groen); gemeten voor de periode 1970-2010 (doorgetrokken lijn), gemodelleerd voor 2008 en 2015 (gestippelde lijnen) op basis van drie + scenario's (incl. onzekerheid in emissies) uitgezet tegen de norm (2.5 mgN/l).



Figuur 6.6. Stikstofconcentraties (zomergemiddelde) voor Lobith (zwart), Haringvlietsluis (rood) en Nieuwe Waterweg (groen); gemeten voor de periode 1970-2010 (doorgetrokken lijn), gemodelleerd voor 2008 en 2015 (gestippelde lijnen) op basis van drie ++ scenario's (incl. onzekerheid in emissies en model) uitgezet tegen de norm (2.5 mgN/l).



## 7 Conclusies en aanbevelingen

Bij het samenstellen van de emissie gegevens voor het buitenlandse deel van de Rijn voor 2008 op basis van vrij beschikbare databronnen (Tabel 3.2, kolom 2008 origineel) is, door een vergelijking te maken met de in het Beheersplan van het internationaal Rijn district (ICBR, 2009) gerapporteerde getallen, gebleken dat de vrij beschikbare gegevens een incompleet beeld geven van de daadwerkelijke emissies naar het oppervlaktewater. Om met een zo compleet mogelijke emissie dataset voor 2008 te kunnen rekenen is een aantal behoorlijke correcties op de originele data toegepast (Tabel 3.2, kolom 2008 gecorrigeerd). Ondanks dat deze correcties zo goed mogelijk zijn geschat, blijft er een onzekerheid bestaan in hoeverre de geschatte emissies afwijken van de werkelijke stikstof emissies, voornamelijk omdat diffuse emissies slecht meetbaar zijn. Naast de onzekerheid van emissiedata op de modeluitkomsten, spelen ook de (gesimplificeerde) model aannames zoals de afbraaksnelheid van stikstof in de ondergrond en in het oppervlaktewater een rol bij de uitkomsten van de KRW-V toepassing. Een vergelijking tussen de gepresenteerde resultaten en metingen lijkt de uitgevoerde correcties op de emissies te ondersteunen; de gesimuleerde jaarlijkse stikstofconcentraties voor zowel Lobith als de locaties in de nabijheid van de Noordzee liggen in lijn met gemeten concentraties. Voor de gesimuleerde zomerconcentraties geldt dat deze worden overschat door het gebruik van jaarlijkse emissiewaarden, welke de werkelijke verdeling over het jaar niet goed representeert. Voor een betere schatting van de stikstofconcentraties bij Lobith is een tweetal verbeteringen noodzakelijk: 1) een verbetering in de emissieverdeling over het jaar, bij voorkeur door aanlevering van emissies per maand of seizoen en 2) het gebruik van een completere set van emissies vanuit puntbronnen. Verder is er voor het kalibreren van de KRW-V internationaal een completere set emissiegegevens nodig alsook additionele stikstof meetgegevens in deelstroomgebieden bovenstrooms van Lobith.

Ondanks de waargenomen verschillen met de gemeten tijdreeksen, kan aan de hand van de neergaande trend in stikstofconcentraties voor alle scenario's en de gemeten stikstofconcentraties in 2010 gesteld worden dat er geen aanvullende maatregelen (scenario 1) nodig lijken te zijn voor het halen van de stikstofnorm op de onderzochte locaties. Deze norm is afgeleid volgens een methode dat rust op een aantal aannames, zoals omschreven in ICBR (2009) en Prins (2007), en heeft daardoor enige mate van onzekerheid. Indien de voor deze studie gehanteerde norm aan de lage kant is, zijn er mogelijk wel aanvullende maatregelen nodig voor het realiseren van een goede waterkwaliteit in het mariene milieu. Een koppeling (er is al een "losse koppeling" gebouwd, maar nog niet toegepast) met het Noordzee model (ZUNO Model) wordt aanbevolen om de mogelijkheid te hebben om ook voor de kustgebieden direct de stikstofconcentraties uit te kunnen rekenen. Daarnaast is het draaien van de KRW-V nationaal voor het jaar 2008 wenselijk zodat de resultaten van KRW-V internationaal hier beter op aansluiten. Ook wordt een gedetailleerdere zonering in grondwatergebieden voor het buitenlandse deel van de Rijn (welke is gebaseerd op WFLOW waterfluxen) aanbevolen voor een verbeterde schatting van de grondwaterverblijftijden en stikstof verlies als gevolg van denitrificatie in de ondergrond.

Tenslotte wordt opgemerkt dat In de huidige studie de bijdrage van de stikstofvracht uit de Maas onveranderd is gehouden t.o.v. het referentiejaar en dat het effect van een verandering in de daadwerkelijke stikstofvracht uit de Maas op de locaties Nieuwe Waterweg en Haringvlietsluis niet is onderzocht.



## 8 Referenties

- Alterra (2012), Description N leaching scenarios, Jan Peter Lesschen en Gerard Velthof.
- T.C.Prins (2007) Stikstofnormen K&O wateren. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat.
- Deltares (2010), Technical scoping document towards an integrated set of modelling tools for water quality at River basin level, Sibren Loos, Simon Groot, Jos van Gils en Bas van der Grift, pp. 53 (1202133-003-ZWS-004).
- Deltares (2011), Nitrogen trends in the Dutch parts of Rhine & Meuse - Towards the achievement of good ecological status of coastal waters (an update).
- Deltares (2012), Landelijke pilot KRW-Verkenner 2.0. Effecten van beleidsscenario's op de nutriëntenkwaliteit, Joost van den Roovaart, Erwin Meijers, Robert Smit, Peter Cleij, Frank van Gaalen, en Stefan Witteveen, pp.156 (1205716-000-ZWS-0011).
- EMEP (2010), EMEP Measurement Database. The Co-operative Programme for the Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe. <http://www.emep.int/>
- E-PRTR: <http://prtr.ec.europa.eu/pgDownloadDataSet.aspx>
- ICBR (2009), Internationaal gecoördineerd stroomgebiedbeheerplan van het internationaal stroomgebieddistrict Rijn (IKSR-CIPR-ICBR; [www.iksr.org](http://www.iksr.org)).
- Keuskamp, J.A., G. van Drecht, A.F. Bouwman (2012). European-scale modelling of groundwater denitrification and associated N<sub>2</sub>O production. Environmental Pollution 165 (2012) 67-76.
- OpenStreams: <https://publicwiki.deltares.nl/display/OpenS/Home>
- Waterbase (2012), UWWTD: Urban Waste Water Treatment Directive European database (Waterbase\_UWWTD\_v4; version 4). <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/waterbase-uwtd-urban-waste-water-treatment-directive>.
- V&W en VROM (2008) Inzameling, transport en behandeling van afvalwater in Nederland. Situatierapport 2006 ex artikel 16 van richtlijn 91/271/EEG.



## 9 Samenvatting

Voor de tweede ronde stroomgebiedbeheerplannen (SGBP 2015) is een scenariostudie uitgevoerd voor het Rijnstroomgebied om te onderzoeken wat het effect is van diverse stikstofreductie maatregelen op het transport van stikstof richting de Noordzee voor de jaar- en zomerperiode. Voor een "goede toestand" van de waterkwaliteit in het mariene milieu is een doelconcentratie van 2.8 mg/l (jaarlijks gemiddelde) gedefinieerd voor de stikstof in de rivier en 2.5 mg/l voor de zomergemiddelde periode. Met behulp van de KRW-Verkenner, een model instrumentarium voor het kwantificeren van het effect van KRW maatregelen op de waterkwaliteit en ecologie van oppervlaktewateren, zijn voor het basisjaar 2008 en voor 2015 de verschillende scenario's doorgerekend. Een drietal scenario's zijn ontwikkeld: 1) een basis scenario zonder implementatie van aanvullende maatregelen, 2) een scenario met een minimale verbetering in zuiveringsrendement van Nederlandse en buitenlandse RWZI's (+5%) en een gedeeltelijke implementatie van maatregelen zoals gedefinieerd in de Nitraatrichtlijn (een maximum op het gebruik van dierlijk mest, verlaagde stikstof bemesting in de winter en natte periodes, verlaagde stikstof bemesting op hellingen, mest opslag met een minimale kans op uitspoeling, adequate bemestings-technieken, gebruik van buffer zones en het verbouwen van wintergewassen), gebaseerd op een realistische schatting van de implementatie graad in 2015, en 3) een scenario met een maximale verbetering in zuiveringsrendement van RWZI's (+10%) en toepassing van een gebalanceerde stikstof bemesting in combinatie met een volledige implementatie van de andere maatregelen zoals gedefinieerd in de Nitraatrichtlijn. Als gevolg van de data beschikbaarheid zijn verschillende emissie gegevens gebruikt voor het benedenstroomse Nederlandse deel en het bovenstroomse buitenlandse deel van de Rijn. De resultaten tonen aan dat de gebruikte emissiedataset een incompleet beeld geeft van de daadwerkelijke emissies naar het oppervlaktewater. Onzekerheden in de emissie data, in het bijzonder onvolledige gegevens voor emissies uit puntbronnen, tonen een onderschatting aan van de stikstof concentraties in het bovenstroomse Rijn stroomgebied (bovenstrooms van Lobith). Met een gecorrigeerde emissie dataset en additionele model runs die onzekerheden meenemen in zowel emissie gegevens als afbraakprocessen in de rivier, toont de gemiddelde stikstof concentratie een goede overeenkomst met de gemeten stikstof concentraties bij Lobith (grens), Haringvlietsluis en de Nieuwe Waterweg (gelegen dichtbij de Noordzee). De gemiddelde stikstof concentraties in de zomer worden niet goed gesimuleerd vanwege een gebrek aan een goede emissie verdeling over het jaar (seizoenen) voor het bovenstroomse deel van de Rijn. Ondanks de onzekerheden in emissie data (hoeveelheid en verdeling over het jaar) wordt de doelconcentratie (jaargemiddelde) voor stikstof gehaald in 2015 voor alle scenario's, inclusief het basis scenario waarin geen additionele maatregelen zijn geïmplementeerd. Voor het basis scenario is de afnemende trend in emissies uit de landbouwsector een gevolg van een afnemend landbouwareaal en een toename in gewasopbrengsten, dat de stikstof belasting van oppervlaktewateren voor de landbouwsector doet afnemen met 29%. De stikstof zomer concentraties worden overschat, maar uit de dalende trend voor alle scenario's en de gemeten stikstof concentraties die in 2010 onder de doelconcentratie liggen is te concluderen dat het zeer waarschijnlijk is dat ook de doelconcentraties in de zomerperiode gehaald zullen worden in 2015. Het algemene beeld is dat zonder aanvullende maatregelen de stikstofnorm voor de onderzochte locaties Lobith, Haringvlietsluis en Nieuwe Waterweg haalbaar is in 2015.



## 10 Executive Summary

For the second round of river basin management plans (RBMP 2015) a scenario study was performed for the Rhine basin to investigate the effect of different nitrogen reduction measures on the transport of nitrogen towards the coastal zone of the North Sea. For a “good status” of the water quality in the marine environment a target nitrogen concentration of 2.8 mg/l (annual) has been defined for freshwater and 2.5 mg/l during the summer period. The Water Framework Directive explorer (WFD-explorer), a modelling tool to quantify the effect of measures on water quality and ecology in water bodies, was used to model nitrogen concentrations in the River Rhine for 2008 (the base year) and 2015 (scenarios). Three scenarios have been developed: 1) the baseline scenario without implementation of additional measures, 2) a scenario with a minimum improved wastewater treatment efficiency (+5%) and with application of the Nitrates Directive measures (maximum manure nitrogen application standard, Limitation to nitrogen application in winter and wet periods, Limitation to nitrogen application on sloping grounds, Manure storage with minimum risk on leaching, Appropriate application techniques, Buffer zones and Growing winter crops), based on a realistic estimate of the degree of implementation by 2015, and 3) a scenario with a maximum improved wastewater treatment efficiency (+10%) and with balanced nitrogen fertilization in combination with full implementation of the other measures of the Nitrates Directive. Due to data availability issues, different emission databases were used for the down- and upstream part of the Rhine basin. Uncertainties in emission data, especially the incompleteness of point sources, showed a clear underestimation of nitrogen concentrations for the Upper Rhine basin (upstream of Lobith). With a corrected emission dataset and additional model runs that include uncertainties in both emission data and in-stream retention rates, the annual average nitrogen concentrations show a good resemblance with observed nitrogen concentrations for Lobith (Dutch-German border), Haringvlietsluis and Nieuwe Waterweg (locations close to the North Sea). The summer situation of nitrogen river concentrations is not well represented due to the lack of emission data at the seasonal timescale for the upstream part of the Rhine basin.

Despite the uncertainties in emission data (amount and distribution within the year) the target nitrogen concentration (annual mean) was reached by 2015 for all scenarios, including the baseline scenario without the implementation of additional measures. For the baseline scenario the declining trend in emissions from agriculture, as a result of reduced area for agricultural practices and improved crop yields, reduces the diffuse emissions to surface waters from this sector by 29%. Although the simulated summer concentrations are overestimated, from the declining trend for all scenarios and the observed concentrations in 2010 that are all below the target it is concluded that it is likely that the target nitrogen summer concentrations will be met by 2015.