

Achtergrondrapportage Nationale Analyse Waterkwaliteit 2019



Achtergrondrapportage Nationale Analyse Waterkwaliteit 2019

Auteur(s)

Peter Cleij

Sibren Loos

Annelotte van der Linden

Joost van den Roovaart

Achtergrondrapportage Nationale Analyse Waterkwaliteit 2019




Opdrachtgever	Planbureau voor de Leefomgeving
Contactpersoon	Annemieke Marsman
Referenties	Zie Hoofdstuk 5 Literatuur
Trefwoorden	Nationale analyse waterkwaliteit, Nationaal Water Model (NWM), Landelijk Water Kwaliteits Model (LWKM), KRW-Verkenner, modelleren waterkwaliteit.

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	08-05-2020
Projectnummer	11203700-003
Document ID	11203700-003-BGS-0002
Pagina's	33
Status	definitief

Auteurs)

	Peter Cleij	
	Sibren Loos	
	Annelotte van der Linden	
	Joost van den Roovaart	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Sibren Loos 	Annemieke Marsman 	Hanneke v.d. Klis 	

Samenvatting

In het kader van de Nationale analyse waterkwaliteit 2019 zijn een aantal scenario's, met de focus op de eutrofiëring en ecologie van het oppervlaktewater, doorgerekend met het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (LWKM) en de ecologische module van de KRW-Verkenner. Het in de scenario's verwerkte beleid bestaat o.a. uit de maatregelen van het 6^e Nitraat Actie Programma 2018-2021 en de Deelstroomgebiedsbeheerplannen 2016-2021, en de (potentiële) maatregelen van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW). Voor de landbouwkundige ontwikkeling is gebruik gemaakt van inzichten uit andere beleidsverkenningen.

Over Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. We richten ons voornamelijk op delta's, kustregio's en riviergebieden. Omdat het beheer van deze dichtbevolkte en kwetsbare gebieden complex is, werken we nauw samen met overheden, ondernemingen, kennisinstellingen en universiteiten in binnen- en buitenland. Ons motto is 'Enabling Delta Life'.

Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. We stellen hoge eisen aan de kwaliteit van onze kennis en adviezen, rekening houdend met nieuwe wetenschappelijke inzichten, maar ook met de gevolgen die onze adviezen hebben voor milieu en samenleving.

Al onze opdrachten en projecten leveren een bijdrage aan het verstevigen van de kennisbasis. We kijken vanuit een lange termijn perspectief, naar bijdragen voor de oplossingen voor nu. Wij hechten zeer aan openheid en transparantie. Die houding is onder meer terug te zien in het vrij toegankelijk maken van de door Deltares ontwikkelde software en modellen. Open source werkt, is onze vaste overtuiging. Deltares heeft ruim 800 medewerkers en is gevestigd in Delft en Utrecht.

www.deltares.nl

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
2	Instrumentarium	8
3	Scenario's	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Scenario's	9
3.3	Stikstof en fosfor emissies	9
3.3.1	Uit- en afspoeling bodem	10
3.3.2	RWZI's	13
3.3.3	Andere emissies	13
3.3.4	Buitenlandse aanvoer	13
3.3.5	Inrichtingsmaatregelen	13
3.4	Rekenprocedure eutrofiëring	13
3.5	Rekenprocedure ecologie	14
3.6	Stuurvariabelen ecologie	14
4	Resultaten	17
4.1	Eutrofiëring	17
4.2	Ecologie	18
5	Literatuur	20
A	Bijlage: aanvullende resultaten	21
A.1	Bronnen- en herkomstanalyse stikstof en fosfor	21
A.2	Nutriënten	25
A.3	Ecologie	27
B	Bijlage: Analyse stuurvariabelen KRW	29

1 Inleiding

In het kader van de Nationale analyse waterkwaliteit 2019 (Galen et al., 2020) zijn een aantal scenario's doorgerekend, gericht op de effecten van maatregelen op de eutrofiëring en ecologische toestand van het oppervlaktewater.

Het in de scenario's verwerkte beleid bestaat o.a. uit de maatregelen van het 6^e Nitraat Actie Programma 2018-2021 en de Deelstroomgebiedsbeheerplannen 2016-2021, en de (potentiele) maatregelen van het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW). Voor de landbouwkundige ontwikkeling is gebruik gemaakt van inzichten uit andere beleidsverkenningen.

Per KRW-waterlichaam zijn de N-totaal en P-totaal concentraties voor het zichtjaar 2027 berekend, en de scores voor de Ecologische Kwaliteitsratio's (EKR's) van de vier kwaliteits-elementen van de KRW: fytoplankton, waterflora, macrofauna en vissen.

De berekeningen zijn uitgevoerd in samenhang met de berekeningen voor de Basisprognoses waterkwaliteit 2019 (Loos et al., 2020), en nemen evenals het scenario van de Basisprognoses de effecten van klimaatverandering en maatregelen in de waterhuishouding niet mee.

Dit rapport beschrijft de opzet en resultaten van de scenario berekeningen voor de Nationale analyse waterkwaliteit 2019, inclusief die voor de Basisprognoses waterkwaliteit 2019 (alleen zichtjaar 2027).

Partner WEnR wordt bedankt voor hun bijdrage aan paragrafen 3.3.1 (Piet Groenendijk) en bijlage B (Erwin van Boekel). Bijlage B is gebaseerd op een uitgebreider werkdocument dat beschikbaar is op aanvraag.

2 Instrumentarium

Het gebruikte instrumentarium voor de scenario berekeningen van de Nationale Analyse 2019 is het instrumentarium, zoals ook gebruikt voor de Basisprognoses 2019 (Loos et al., 2020). Het Landelijk Waterkwaliteitsmodel (Bolt et al., 2020) berekent hierbij zomergemiddelde N-totaal en P-totaal concentraties voor zoete en brakke KRW-waterlichamen in Rijks- en regionaal water, en de ecologische module van de KRW-Verkenner 2.4 (Roovaart et al., 2020) berekent de EKR-scores voor (zoete en brakke) KRW-waterlichamen in regionaal water.

3 Scenario's

3.1 Inleiding

In het kader van de Nationale analyse waterkwaliteit zijn een 5-tal scenario's doorgerekend. De opbouw van deze scenario's is gelijk aan die van de Basisprognoses (Loos et al., 2020). Dit betekent dat het vertrekpunt voor de scenario's de 'huidige' situatie is. De situatie in het zichtjaar 2027 wordt beschreven aan de hand van aanpassingen van de N- en P-emissies en van de ecologische stuurvariabelen voor de huidige situatie op basis van de in het scenario gedefinieerde maatregelen.

Een scenario wordt doorgerekend middels twee gekoppelde rekenprocedures: één voor eutrofiëring en één voor ecologie. De rekenprocedure voor eutrofiëring resulteert in zomergemiddelde N-totaal en P-totaal concentraties in het zichtjaar voor zoete en brakke KRW-waterlichamen (Rijks- en regionale wateren), de rekenprocedure voor ecologie resulteert in EKR-scores in het zichtjaar voor regionale KRW-waterlichamen. De koppeling tussen de beide procedures bestaat uit het gebruik van de berekende N- en P-concentraties als invoer bij de doorrekening van de ecologie.

3.2 Scenario's

De doorgerekende scenario's (zichtjaar 2027), inclusief het scenario van de Basisprognoses (nr. 3), zijn (in paragraaf 3.3 volgt een uitwerking van de scenario's):

- 1 *NAP5*
Voortzetting NAP5 zonder extra maatregelen met overbenutting.
- 2 *Huidig beleid*
Huidig beleid met overbenutting (dit betreft maatregelpakket "Huidig beleid 2016-2021", zoals vermeld in de Nationale analyse waterkwaliteit (van Gaalen et al., 2020)).
- 3 *Basisprognose*
Huidig beleid zonder overbenutting.
- 4 *Voorziene maatregelen*
Toepassing van voorziene maatregelen zonder overbenutting (dit betreft maatregelpakket "Voorziene maatregelen 2022-2027", zoals vermeld in de Nationale analyse waterkwaliteit (van Gaalen et al., 2020)).
- 5 *Volledige opgave*
Toepassing van de maatregelen van de volledige opgave / maximaal pakket zonder overbenutting (dit betreft maatregelpakket "Maximaal pakket 2022-2027", zoals vermeld in de Nationale analyse waterkwaliteit (van Gaalen et al., 2020)).
- 6 *100%DAW*
Toepassing van de maatregelen van de volledige opgave + 100% implementatie van de DAW maatregelen zonder overbenutting (dit betreft maatregelpakket "100% Deelname DAW", zoals vermeld in de Nationale analyse waterkwaliteit (van Gaalen et al., 2020)).

De zes scenario's hierboven hebben een oplopend pakket aan maatregelen, van scenario "NAP5" (geen extra maatregelen; in deze analyse gebruikt als referentie scenario) tot scenario "100%DAW" (waarin het grootst aantal maatregelen zijn doorgevoerd). In paragraaf 3.3 is een nadere beschrijving per emissiebron gegeven.

3.3 Stikstof en fosfor emissies

Tabel 1 geeft een compleet overzicht van de maatregelen die per scenario zijn doorgerekend. Hierin is met een blauwe markering aangegeven of de betreffende emissiebron is gewijzigd t.o.v.

het voorgaand pakket (aan de linker kant). Per kolom (een afzonderlijk scenario) is zo snel zichtbaar welke aanvullende maatregelen in het betreffende scenario zijn genomen. Ook voor de emissiegroepen ANIMO (landbouw) en Overig, die bestaan uit meerdere maatregelen of uitgesplitste emissiebronnen, is apart aangegeven of er wijzingen zijn binnen de groep. Verderop in deze paragraaf worden de afzonderlijke N- en P-emissiebronnen kort toegelicht.

Tabel 1 Per scenario/pakket een overzicht van de maatregelen opgesplitst naar de emissiebronnen. Wijziging t.o.v. voorgaand pakket is met een **blauwe markering** aangegeven.

Scenario Emissie/maatregel	NAP5	Huidig beleid	Basisprognose	Voorziene maatregelen	Volledige opgave	100% DAW
ANIMO						
Nitraat Actie Programma	NAP5	NAP6*	NAP6	NAP6	NAP6	NAP6
Overbenutting	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee
Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer (% invoering maatregel, o.a. meemesten sloten);	0 %	0 %	0 %	5 %	50 %	100%
Overige Emissies						
Atmosferische depositie (reductie in %)	-	-13% stikstof	-13% stikstof	-13% stikstof	-13% stikstof	-13% stikstof
Erfafspoeling (reductie in %)	-	-28.5%	-28.5%	-46.4%	-57.1%	-57.1%
Regenwaterriolen (reductie in % voor Waterschap Delfland)	-	-	-	-100%	-100%	-100%
Glastuinbouw (reductie in % voor Waterschap Delfland)	-	-	-	-95%	-100%	-100%
Buitenland (reductie in %)	-	Maas: -3% Rijn: -2.5% Overig: Stikstof +3% tot -14.5% Fosfor +3% tot -3%	Maas: -3% Rijn: -2.5% Overig: Stikstof +3% tot -14.5% Fosfor +3% tot -3%	Maas: -6% Rijn: -5% Overig: Stikstof +5% tot -14% Fosfor +5% tot -7%	Norm buitenland	Norm buitenland
RWZI (aantal locaties met een verbeterd rendement)	-	13	13	32	52	52
Inrichtingsmaatregelen (Natuurvriendelijke oever, Helofytenfilter) of defosfatering (reductie in kiloton per jaar)	-	145.6 Stikstof 9.7 Fosfor	145.6 Stikstof 9.7 Fosfor	322.5 Stikstof 22.0 Fosfor	906.2 Stikstof 63.8 Fosfor	906.2 Stikstof 63.8 Fosfor

3.3.1 Uit- en afspoeling bodem

De uit- en afspoeling van stikstof en fosfor uit de bodem is berekend met het ANIMO-model binnen LWKM. Bij scenario-berekeningen met ANIMO voor beleidsevaluaties worden twee manieren van rekenen toegepast:

- ex-post: om de uit- en afspoeling in het verleden en voor het heden te kwantificeren en is gebaseerd op werkelijk weer. De resultaten hiervan worden gebruikt om in een modeltoetsing de concentraties en vrachten te kunnen vergelijken met gemeten waarden. De levering aan EmissieRegistratie is gebaseerd op deze wijze van rekenen;
- ex-ante: omdat het weer in de toekomst niet bekend is, en omdat het bij ex-ante berekeningen van belang is om effecten van voorgesteld beleid en voorgestelde maatregelen te kunnen onderscheiden van weerseffecten, wordt een rekenwijze toegepast waarmee weerseffecten gefilterd worden. Hiertoe worden 30 runs uitgevoerd met een 30-jarige weerreeks die representatief is voor het huidige klimaat (1981-2010). Per run schuift het startpunt van de reeks steeds een jaar op. Het gemiste jaar aan het begin wordt aan het einde van de reeks toegevoegd. Het resultaat van de 30-runs wordt per rekentijdstep gemiddeld. Deze procedure wordt per rekenvariant toegepast. De procedure is beschreven in Groenendijk et al (2015). De uit- en afspoeling van een geaggregeerde reeks wordt verder gebruikt voor de analyse van effecten van mestbeleid en andere maatregelen en is voor de Nationale Analyse ook gebruikt om invoer voor KRW-Verkenner voor het jaar 2016 en het jaar 2027 te berekenen.

Met ANIMO zijn de volgende rekenvarianten doorgerekend voor de Nationale Analyse:

1. **NAP5** (*Continuering van het 5^e Actieprogramma*). In deze rekenvariant zijn dezelfde aannames gedaan als in de variant "Huidig beleid" (zie hieronder) maar zijn vanaf 2018 niet de gebruiksnormen van het 6^{de} Actieprogramma Nitraat toegepast maar is uitgegaan van de gebruiksnormen van het 5^{de} Actieprogramma Nitraat. Ook in deze rekenvariant wordt het resterende overschot geplaatst in de gebieden waar het is geproduceerd.
2. **Huidig beleid** (*Huidig beleid + overbenutting*). In deze rekenvariant zijn dezelfde aannames gedaan als in de Basisprognose (zie hieronder), maar wordt verondersteld dat het resterende mestoverschot wel wordt geplaatst, en dan wel in de gebieden waar de dierlijke mest wordt geproduceerd. Dat betekent dat de gebruiksnormen in deze gebieden worden overschreden. Deze rekenvariant is vooral van belang voor het kenschetsen van het recente verleden en de huidige situatie.
3. **Basisprognose** (*Huidig beleid zonder overbenutting*). Hierin is informatie over mestgiften verwerkt op gelijke wijze als voor de Basisprognose die al eerder was doorgerekend als onderdeel van het Nationaal Watermodel (Loos et al., 2020). In deze rekenvariant zijn de mestgiften in het Initiator-model tot en met 2017 gebaseerd op geregistreerde gegevens over grondgebruik (BasisRegistratie Percelen), dieraantallen volgens de Landbouwtelling, stallocaties en staltypen, geregistreerde mesttransporten en mestbewerking, verkoopcijfers van kunstmest, etc. en op gebruiksnormen en gebruiksvorschriften van het 6^{de} Actieprogramma Nitraat. Vanaf 2018 is de mestproductie is berekend die behoort bij de geschatte dieraantallen voor 2030 en bij de geraamde de excretiecijfers voor dat jaar. Hierbij is rekening gehouden met de opkoopregeling voor varkenshouderijen en is verondersteld dat de varkensstapel met 5% zal krimpen. Volgens de berekeningen kan bij een maximale bemesting tot aan de gebruiksnormen en rekening houdend met mestexport en andere vormen van mestverwerking (onttrekken van mest aan de Nederlandse landbouw) niet het volledige mestvolume worden geplaatst op het Nederlandse landbouwareaal. In de Basisprognose, en daarmee ook in deze rekenvariant, is verondersteld dat in de toekomst het mestoverschot er niet meer zal zijn door technologische oplossingen (bijv. omzetten naar kunstmest). Deze rekenvariant is vooral van belang voor toekomstprognoses.

4. **100%DAW** (*DAW maatregelen bij 100% implementatie*). Uitgangspunten in deze variant zijn gebruiksnormen van het 6^{de} Actieprogramma Nitraat, het volledig kunnen verwerken van het mestoverschot zodat nergens boven de gebruiksnormen zal worden bemest, de dieraantallen en mestexcreties die zijn geschat voor 2030 en de krimp van de Nederlandse varkensstapel met 5%. Daarnaast is verondersteld dat alle agrariërs extra bovenwettelijke maatregelen treffen in de vorm van brongerichte maatregelen, route gerichte maatregelen en end-of-pipe maatregelen.

De brongerichte maatregelen betreffen voor de melkveehouderij een uitstel van de startdatum voor uitrijden dierlijke mest tot 16 maart, het verhogen van de stikstofwerking van dierlijke mest, het minder vaak scheuren van grasland, het verdunnen van drijfmest bij uitrijden en een meer milieubewuste rotatie van grasland en snijmais. Voor de akkerbouw betreffende brongerichte maatregelen het verhogen van de stikstofwerking van dierlijke mest, de teelt van een vanggewas na ieder hoofdgewas dat vroeg genoeg geoogst wordt en het uitrijden van dierlijke mest niet eerder dan 16 maart.

Van de route-gerichte maatregelen is de aanleg van bufferstroken langs alle percelen die grenzen aan een of meerdere sloten de belangrijkste. Verondersteld wordt dat de bufferstrook direct langs een sloot wordt aangelegd, dat de maximale breedte 5 meter en de minimale breedte 2 meter bedraagt, en de bufferstrook maximaal 5% van het perceelsoppervlak beslaat. Naast bufferstroken is ook de aanleg van drempels in ruggenteelten op klei- en lössgronden als een routegerichte DAW-maatregel beschouwd. Deze maatregel staat wel genoemd als verplicht in het 6^{de} Actieprogramma Nitraat maar is nog niet geïnstrumenteerd. Van de end-of-pipe maatregelen is de zuivering van fosfaatrijk water in zandgronden in West Nederland door het toepassen van ijzerrijk zand als omhullingsmateriaal van drainbuizen de belangrijkste maatregel die in de uit- en afspoelingsberekeningen is meegenomen.

De effecten van de routegerichtemaatregelen en de end-of-pipe maatregelen zijn niet met ANIMO berekend, maar aanvullend geschat op basis van literatuur en GIS-analyses.

Aanvullend aan de vier bovengenoemde rekenvarianten zijn twee varianten berekend door de uitkomsten van de pakketten “**Basisprognose**” en “**100%DAW**” te combineren. Door het kernteam DAW is per maatregel en per sector een implementatiegraad geschat voor een variant “**Voorziene maatregelen**” en een variant “**Volledige opgave**”. Met DAW-instrumenten wordt de stimulering door voorlichting en het gebruik van subsidieregelingen aangeduid.

De uit- en afspoeling behorend bij deze twee pakketten is berekend door weging met een factor voor de implementatiegraad. Naarmate de deelname aan DAW groter wordt, wordt de factor hoger en gaat het resultaat sterker lijken op het resultaat van “**100%DAW**”.

De onderstaande tabel geeft de arealen in hectares weer per DAW-variant en per deelstroomgebied waarvoor verondersteld wordt dat de DAW-maatregelen worden genomen

	Voorzien	Maximale inzet van DAW-instrumenten
Maas	58 000	148 000
Noord	61 000	157 000
Rijn-Oost	100 000	247 000
Rijn-West	53 000	124 000
Schelde	12 000	48 000
Totaal	283 000	724 000

3.3.2 RWZI's

Voor het zichtjaar 2027 zijn de influent vrachten voor 2015 uit RWZIbase gebruikt in combinatie met de zuiveringsrendementen voor 2015, aangepast aan de situatie in 2027 na maatregelen. De aangepaste zuiveringsrendementen zijn aangeleverd door PBL (PBL, 2019a). Voor 13, 32 of 52 RWZI's zijn de zuiveringsrendementen hierbij gewijzigd ten opzichte van het "NAP5" scenario (zie Tabel 1), waarbij voor het "NAP5" scenario de zuiveringsrendementen gelijk zijn gehouden aan het jaar 2015.

3.3.3 Andere emissies

Voor de N en P emissies uit andere bronnen is uitgegaan van de emissies uit de Emissie-registratie (ER) database (www.emissieregistratie.nl) voor 2015, zoals ook gebruikt voor de beschrijving van de referentiesituatie (Loos et al., 2020). Van deze bronnen zijn alleen de posten *Atmosferische depositie*, *Meemesten sloten* en *Erfafspoeling* aangepast voor het zichtjaar 2027. Zie Tabel 1 voor de toegepaste reductiepercentages. Voor de emissiebronnen *Regenwaterriolen* en *Glastuinbouw* geldt dat de in Tabel 1 genoemde reductiepercentages alleen zijn toegepast voor waterlichamen in het Hoogheemraadschap van Delfland.

3.3.4 Buitenlandse aanvoer

N- en P-emissies via buitenlandse aanvoer 2027 (alle scenario's) zijn bepaald door de aanvoer van N- en P-vrachten via grensoverschrijdende waterlopen in 2015 te corrigeren voor maatregelen in het buitenland tot aan 2027. Zie Tabel 1 voor de bandbreedte van reductiepercentages die voor de verschillende scenario's op de buitenlandse aanvoer zijn toegepast. Voor een nadere detaillering van de gehanteerde reductiepercentages voor de verschillende buitenlandse rivieren zie de toelichting in *Bijlage B* van het rapport Loos et al. (2020).

3.3.5 Inrichtingsmaatregelen

Er zijn drie inrichtingsmaatregelen meegenomen in de berekening van de prognoses:

- Natuurvriendelijke oevers
- Helofytenfilter
- Defosfatering (alleen in de waterschappen Amstel Gooi en Vecht, en Rijnland)

Deze maatregelen (PBL, 2019b) zorgen voor het wegvangen van nutriënten uit het watersysteem en zijn in de KRW-Verkenner opgelegd als negatieve emissies (onttrekkingen) per KRW-waterlichaam. Om te voorkomen dat de negatieve emissies een negatieve nutriënten concentratie tot gevolg hebben (als er in het betreffende waterlichaam onvoldoende stikstof- of fosforvracht aanwezig is om de negatieve emissie a.g.v. de inrichtingsmaatregel te kunnen realiseren) is gecontroleerd op de grootte van de stikstof- en fosforconcentratie en is in het geval van een tekort aan stikstof of fosfor de inrichtingsmaatregel verdeeld over meerdere naburige waterlichamen. De inrichtingsmaatregelen die per KRW-waterlichaam sterk kunnen verschillen in grootte zijn in totaal over ca. 300 KRW-waterlichamen verdeeld. Tabel 1 geeft inzicht in de mate van implementatie van de inrichtingsmaatregelen per scenario, uitgedrukt in stikstof- en fosforreductie in kiloton per jaar.

3.4 Rekenprocedure eutrofiëring

Vertrekpunt voor het berekenen van zomergemiddelde N- en P-concentraties in het zichtjaar 2027 is de doorrekening van de historische situatie 2015 met de hydrologie en stoffen modules van het LKM (onderdeel LWKM), zoals uitgevoerd in het kader van de opbouw van dit instrumentarium (Bolt et al., 2020).

Bij een scenario berekening worden vervolgens de emissies van N en P voor 2015 aangepast, dan wel geheel vervangen door nieuwe emissies, zodat deze de emissies in het zichtjaar 2027 representeren met in achtname van de in het scenario gedefinieerde maatregelen en eventuele autonome ontwikkelingen. Voor de uit- en afspoeling van N en P uit de bodem, berekend met ANIMO, wordt hierbij gebruik gemaakt van de gemiddelde uit- en afspoelingsconcentraties in 2027 op basis van runs met 30 verschillende realisaties van de hydrologie volgens de KNMI klimaatreeks 1981-2015 (Loos et al., 2020). Het zichtjaar wordt met het LKM doorgerekend met een gemiddelde hydrologie die ook gebaseerd is op de KNMI klimaatreeks 1981-2015, waarna de berekende kwartaal-gemiddelde concentraties worden omgezet in (gecorrigeerde) zomergemiddelde N- en P-concentraties per KRW-waterlichaam (Bolt et al., 2020).

3.5 Rekenprocedure ecologie

Vertrekpunt voor de doorrekening van de ecologie met de ecologische module van de KRW-Verkenner wordt gevormd door een bestand van RoyalHaskoningDHV met ecologische stuurvariabelen voor de regionale KRW-waterlichamen, die de 'huidige' situatie (ca. 2015-2017) representeren (Loos et al., 2020).

Een selectie uit dit bestand, met alleen de stuurvariabelen m.b.t. de inrichting van het watersysteem (*Meandering, Beschaduwning, Verstuwing, Oeverinrichting, Peilbeheer en Onderhoud*), is vervolgens (gedeeltelijk) aangepast, en aangevuld met waarden voor de stuurvariabelen in 2027 bij de scenario's *Basisprognose, Voorziene maatregelen* en *Volledige opgave*. Hierbij is gebruik gemaakt van inschattingen van de waterschappen, generieke rekenregels en een vorm van interpolatie.

Na aanvulling van de bovengenoemde stuurvariabelen met de berekende N-totaal en P-totaal concentraties (stuurvariabelen *N* en *P*) en een inschatting van de waarden van de stuurvariabelen en *NH4*, *msPAF* en *Doorzicht* op basis van de berekende N-totaal en P-totaal concentraties, is elk scenario doorgerekend met de ecologische module van de KRW-Verkenner (versie 2.3 en 2.4 zijn hiervoor gebruikt), waarna via een nabewerkingsprocedure de uiteindelijke EKR-scores zijn bepaald (Loos et al., 2020). Bij het bepalen van het oordeel is, afhankelijk van de maatlaten die beschikbaar waren en de wens van de waterschappen, gebruikt gemaakt van zowel oude als nieuwe maatlaten.

3.6 Stuurvariabelen ecologie

De werkwijze voor het afleiden van de invoerbestanden voor de ecologische stuurvariabelen zijn beschreven in Bijlage B (Van Boekel, 2019). Hierin is de werkwijze beschreven voor de wijze waarop de nieuwe stuurvariabelen voor de KRW-verkenner zijn afgeleid en is aanvullend een analyse uitgevoerd op de waarden voor de verschillende schaalniveaus (watertype, waterbeheerders, stroomgebieden). In deze paragraaf volgt een beknopte beschrijving van hoe de ecologische stuurvariabelen zijn bepaald voor de scenario's zoals gebruikt in de Nationale Analyse.

Voor het afleiden van de waarde voor de stuurvariabelen is gebruikt gemaakt van generieke rekenregels conform de werkwijze die is toegepast in het kader van de ex ante evaluatie van de Kaderrichtlijn Water uit 2016 (zie onderdeel 'Rekenregels' verderop in deze paragraaf) en er is gebruik gemaakt van zogenaamde 'ecovars' van het waterschap. De 'ecovars' zijn de waarden van de ecologische stuurvariabelen door de waterschappen zelf. In het geval dat het direct toepassen van de rekenregels tot inconsistenties leidt is aanvullend een interpolatieslag uitgevoerd (zie onderdeel 'Interpolatie' verderop in deze paragraaf).

Voor onderstaande scenario's zijn ecologische stuurvariabelen bepaald:

- Referentie situatie 2015 (waarde van de stuurvariabelen gebaseerd op KRW monitoringsgetallen voor de jaren 2015-2017)
- 2027 volgens scenario *Basisprognose* (huidig beleid, SGPB2)
- 2027 volgens scenario *Voorziene maatregelen* (in SGBP3)
- 2027 volgens scenario *Maximaal pakket*

De waarden van de stuurvariabelen voor de *referentie situatie 2015* zijn afkomstig van:

- het basisbestand van RHDHV,
- ecovars aangeleverd door RHDVH, of
- ecovars die direct zijn aangeleverd door het waterschap.

De waarden van de stuurvariabelen in de 2027 varianten zijn aangeleverd door de waterschappen of bepaald aan de hand van generieke rekenregels. De voorkeur die waterbeheerders hebben aangegeven over toe te passen berekeningsmethode (generieke rekenregels of de ecovars) is gebruikt voor de bepaling van de stuurvariabelen voor de 2027 varianten. Dit overzicht is te vinden in Bijlage B.

De waterschappen hebben niet voor alle pakketten informatie aangeleverd. Waar informatie voor het pakket *maximaal* ontbreekt (9 van de 21 waterschappen) zijn de stuurvariabelen gelijk gehouden aan het pakket *voorzien maatregelen*. In het geval er geen ecovars voor het scenario *basisprognose* zijn aangeleverd, maar wel voor de referentie situatie en het pakket *voorzien maatregelen* is gekozen om de waarden van de stuurvariabelen voor de *basisprognose* af te leiden op basis van de lineaire interpolatie tussen het pakket *voorzien maatregelen* en de referentiesituatie.

Voor de overige scenario's die niet in bovenstaande lijst voorkomen (*NAP5*, *Huidig beleid*, en *100%DAW*) zijn deze ontleend aan de wel beschikbare scenario's:

- voor *NAP5* is gebruik gemaakt van de ecologische stuurvariabelen zoals bepaald voor *Referentie situatie 2015*
- voor *Huidig beleid* is gebruik gemaakt van de ecologische stuurvariabelen zoals bepaald voor scenario *Basisprognose*
- voor *100%DAW* is gebruik gemaakt van de ecologische stuurvariabelen zoals bepaald voor scenario *Maximaal pakket*

Voor de stuurvariabelen N en P geldt echter dat voor alle scenario's de waarden zijn overgenomen uit de berekende stikstof en fosfor concentraties zoals berekend met het LWKM. Daarnaast zijn de stuurvariabelen 'msPAF', 'NH4' en 'Turbidity' rechtstreeks afgeleid uit de ecologische stuurvariabelen N en P. Deze vijf stuurvariabelen zijn dus voor elk scenario verschillend omdat de berekende N en P stuurvariabelen ook verschillen tussen elk scenario. Een update van de kennisregels waarin ook de stuurvariabelen 'msPAF', 'NH4' en 'Turbidity' zijn beschreven is gedocumenteerd in van der Linden et al. (2020, in prep.).

Rekenregels

De rekenregels vertalen maatregelen in veranderingen in de waarde van één of meer stuurvariabelen. In vergelijking met de referentie situatie 2017 is de aanpassing op een stuurvariabele voor een waterlichaam voor de varianten 2027 doorgevoerd evenredig met het aandeel oeverlengte, lengte of oppervlak waarop de maatregel wordt toegepast t.o.v. de totale oeverlengte, lengte of oppervlak van het waterlichaam. Ten opzichte van de ex ante evaluatie Kaderrichtlijn water is voor een aantal stuurvariabelen een aanpassing doorgevoerd voor de maximale waarde die een stuurvariabele kan hebben na het nemen van maatregelen.

Interpolatie

Interpolatie bij het vaststellen van de waarde van een stuurvariabele m.b.t. de inrichting van het watersysteem is toegepast in geval de toepassing van de rekenregels potentieel leidt tot een inconsistente reeks van waarden voor de betreffende stuurvariabele, waarbij aangenomen is dat een dergelijke stuurvariabele niet kan 'verslechteren' (een lagere waarde kan aannemen) gegeven de reeks:

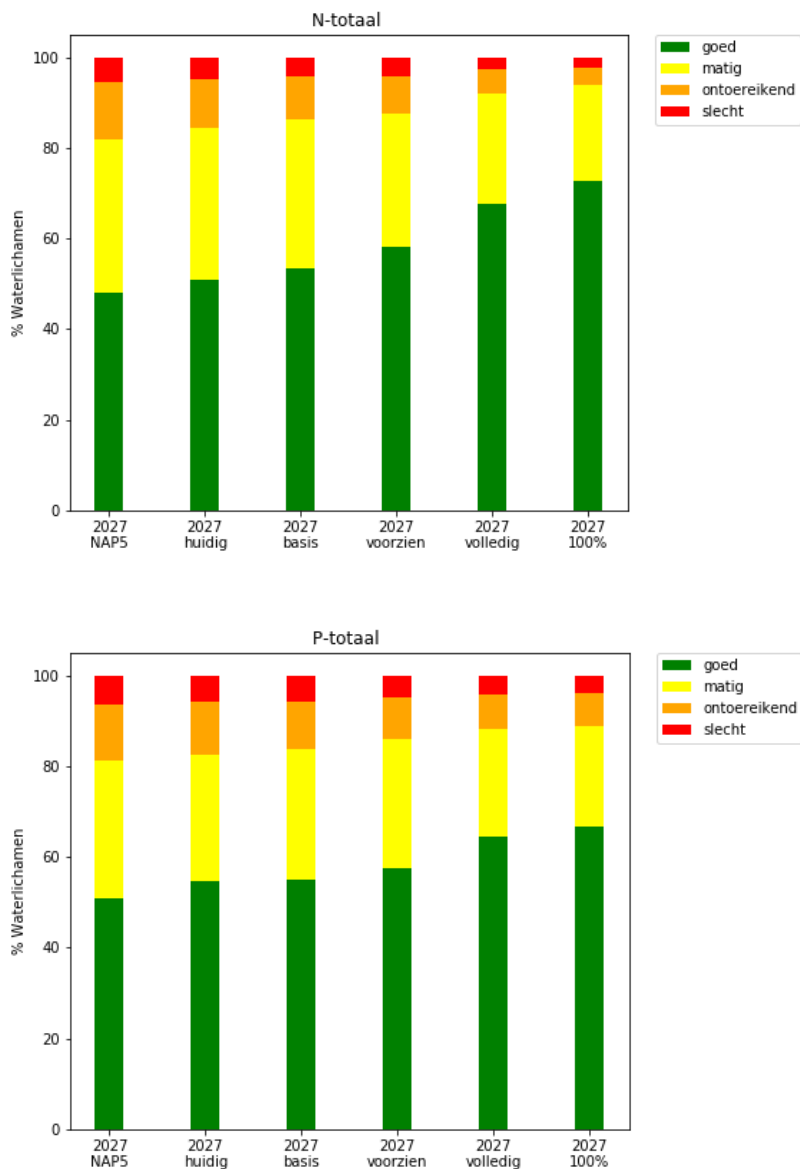
1. Huidige situatie
2. 2027 volgens scenario *Basisprognose*
3. 2027 volgens scenario *Voorziene maatregelen*
4. 2027 volgens scenario *Maximaal pakket*

Dergelijke inconsistenties kunnen optreden in geval een deel van de waarden van een stuurvariabele voor de scenario's is ingeschat door de waterschappen en een ander deel bepaald is via een rekenregel.

4 Resultaten

4.1 Eutrofiëring

In totaal zijn er zes scenario's doorgerekend met telkens een toenemend maatregelpakket. In Figuur 1 is weergegeven hoe de KRW-waterlichamen voor de doorgerekende scenario's scoren ten opzichte van de doelen in de KRW op basis van de beschikbare normen per waterlichaam.



Figuur 1 - Percentage waterlichamen per KRW klasse voor de zes scenario's voor N-totaal (bovenste grafiek) en P-totaal (onderste grafiek). Van links naar rechts, NAP5, Huidig beleid, Basisprognose, Voorzienne maatregelen, Volledige opgave, 100% DAW.

Bijbehorende tabellen met percentages zijn opgenomen in Bijlage A.2, waarin een onderverdeling is gemaakt in Rijkswateren en regionale wateren. Voor zowel stikstof als fosfor zien we beperkte effecten bij het scenario "Huidig beleid".

Beide nutriënten laten een kleine verbetering van enkele procenten zien ten opzichte van scenario “NAP5”. Verder zien we dat de positieve effecten toenemen bij de toenemende maatregelpakketten, waarbij opvalt dat de effecten groter zijn voor stikstof dan voor fosfor. Voor zowel stikstof als fosfor is met name tussen de scenario’s “Voorziene maatregelen” en “Volledige opgave” het positieve effect van een toenemend maatregelpakket goed zichtbaar. Het aantal waterlichamen dat valt binnen de klasse goed neemt tussen deze maatregelpakketten met ca. 9% toe voor stikstof en met ca. 7% toe voor fosfor.

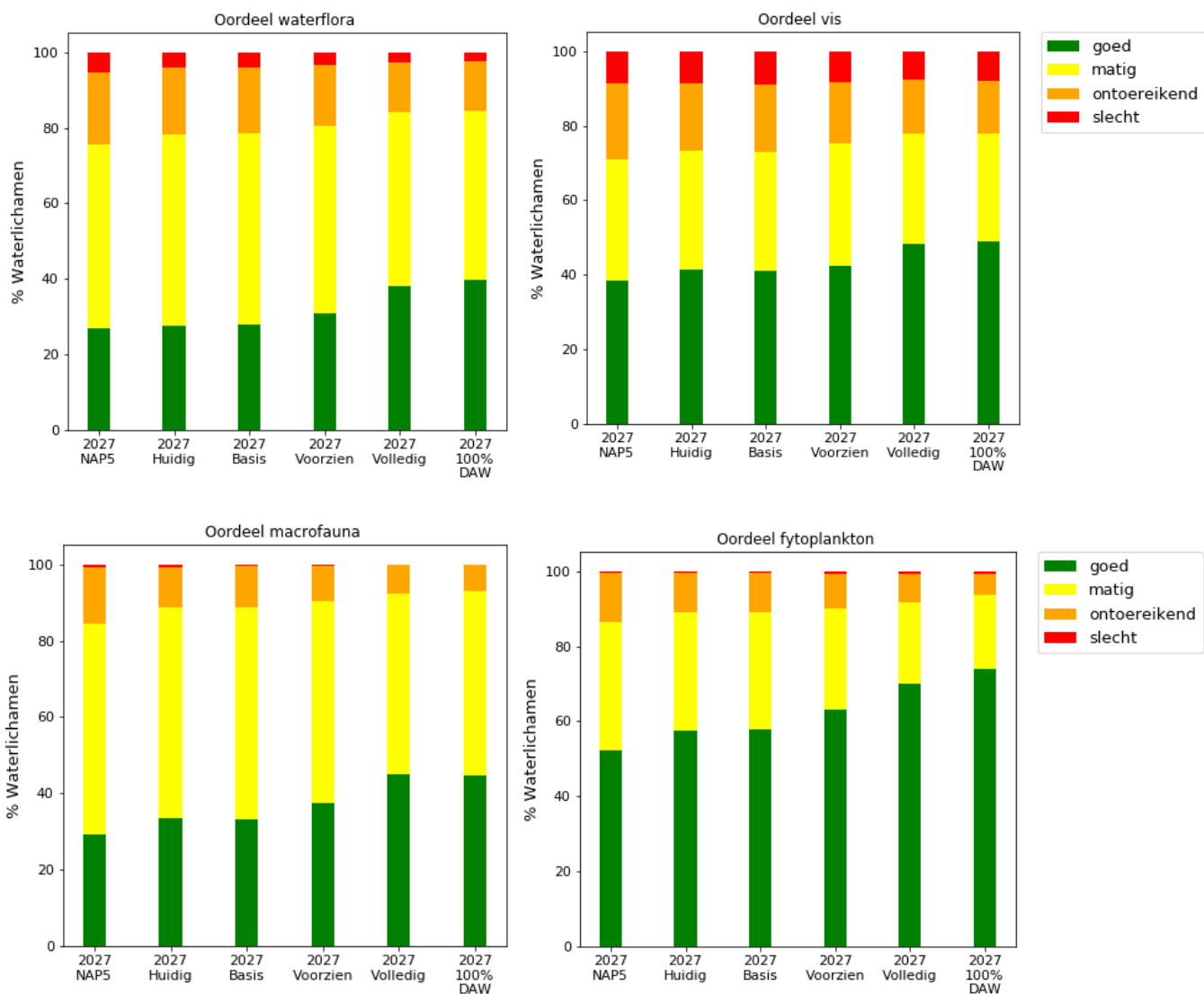
De resultaten van de berekeningen wijzen erop dat voor de doorgerekende maximale maatregelpakketten, “Volledige opgave” en “100% DAW” (het meest intensieve maatregelpakket), geen volledig doelbereik wordt behaald voor zowel stikstof als fosfor. Het verwachte aandeel waterlichamen dat bij het meest intensieve maatregelpakket (“100% DAW”, met maximale deelname aan DAW-maatregelen) voldoet aan de gestelde doelen voor stikstof is 73% en voor fosfor 67%.

Naast de berekening van N en P concentraties in de KRW-waterlichamen voor het zichtjaar 2027 is er voor het jaar 2015 aanvullend een zogenaamde bronnen- en herkomstanalyse uitgevoerd. Deze analyse geeft inzicht in de verdeling van de verschillende emissiebronnen, zie Bijlage A.1. Hierbij is gekeken naar de emissies naar het oppervlaktewater cq. invoer van het model (bronnenanalyse) en de daadwerkelijke bijdrage van deze bronnen aan de berekende nutriëntconcentraties in de KRW-waterlichamen (herkomstanalyse).

4.2 Ecologie

De Ecologische Kwaliteits Ratio’s (EKR, waarde tussen de 0 en 1) voor de vier kwaliteitselementen, waterflora, vis, macrofauna en fytoplankton zijn bepaald met behulp van de ecologische modules van de KRW-Verkenner. Voor de berekening van de EKR’s is dezelfde methode gehanteerd als bij de berekening van de Basisprognoses (Loos et al., 2020). Bij de bepaling van de EKR-scores voor de KRW-waterlichamen zijn de ecologische kennisregels en maatlatten toegepast, gelijk aan hoe deze per waterbeheerder zijn gehanteerd, hetzij oude maatlatten (2012) of nieuwe maatlatten (2018). Voor de oude maatlatten is een EKR bepaald door het gemiddelde te nemen van de uitkomsten uit de ecologische deelmodules *EEE4* en *PUNN3*. Voor de nieuwe maatlatten is een EKR bepaald met behulp van de ecologische deelmodule Random Forest van de KRW-Verkenner, in van der Linden et al. (2020, in prep.) is beschreven hoe de nieuwe kennisregels zijn afgeleid. Om de berekende EKR-scores goed aan te laten sluiten bij de gemeten EKR-scores hebben we er vervolgens voor gekozen om de berekende EKR’s te schalen met behulp van het zogenaamde “relatief rekenen”. Bij deze methode worden de EKR-scores voor de doorgerekende scenario’s bepaald door het verschil tussen de berekende EKR’s voor het scenario (zichtjaar 2027) en referentie situatie (2015) op te tellen bij de gemeten EKR (voor de referentiesituatie 2015), zie Loos et al. (2020) voor een nadere toelichting over deze schalingsmethode.

In Figuur 2 zijn voor de EKR’s van de vier waterkwaliteitselementen, waterflora, vis, macrofauna en fytoplankton de verschillen tussen de doorgerekende scenario’s met toenemende maatregelpakketten (NAP5, Huidig beleid, Basisprognose, Voorziene maatregelen, Volledige opgave en 100% DAW) te zien. Zie paragraaf 3.2 voor een toelichting over de scenario’s en bijbehorende maatregelpakketten. Per scenario is het percentage KRW-waterlichamen in de KRW-klasse ‘goed’, ‘matig’, ‘ontoereikend’ of ‘slecht’ getoond. Bijbehorende tabellen met percentages zijn opgenomen in Bijlage A.3.



Figuur 2 - EKR voor waterflora (grafiek linksboven), vissen (grafiek rechtsboven), macrofauna (grafiek linksonder), en fytoplankton (grafiek rechtsonder) voor de zes doorgerekende scenario's met toenemende maatregelpakketten. Van links naar rechts, NAP5, Huidig beleid, Basisprognose, Voorziene maatregelen, Volledige opgave, 100% DAW.

Voor de kwaliteitselementen vis, macrofauna en fytoplankton is een lichte verbetering zichtbaar voor het "Huidig beleid" als deze wordt vergeleken met de situatie waarin er geen maatregelen worden genomen ("NAP5"). De grootste verbetering tussen het pakket "NAP5" en "100% DAW" is zichtbaar voor fytoplankton. Tussen de scenario's "Voorziene maatregelen" en "Volledige opgave" is net als voor N en P het effect van de maatregelen het duidelijkst zichtbaar. Echter ook voor het pakket "Volledige opgave" is het aandeel waterlichamen dat voldoet voor kwaliteitselementen vis, macrofauna en waterflora kleiner dan 50%. Voor alle vier de kwaliteitselementen geldt dat de verschillen tussen het pakket "Volledige opgave" en "100% DAW" gering zijn. Ook voor biologie geldt dat voor de maximale maatregelpakketten niet alle waterlichamen voldoen aan de normen.

5 Literatuur

Boekel, E. van, 2019, Analyse stuurvariabelen KRW. Rapport Wageningen, werkdocument versie 1, 20 november 2019.

Bolt, F.J.E. van der, T. Kroon, P. Groenendijk, L.V. Renaud, J. van den Roovaart, G.M.C.M. Janssen, S. Loos, P. Cleij, A. van der Linden, en A. Marsman, 2020. Het landelijk waterkwaliteitsmodel; Uitbreiding van het Nationaal Water Model met waterkwaliteit ten behoeve van berekeningen van nutriënten. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3005. ISSN 1566-7197.

Gaalen, F. van, L. Osté en E. van Boekel, 2020. Nationale analyse waterkwaliteit; Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit; Tussentijdse resultaten en conclusies. PBL-publicatienummer 3664.

Groenendijk, P., L. Renaud, C. Van der Salm, H. Luesink, P.W. Blokland en T. de Koeijer (2015) Nitraat en N- en P-uitspoeling bij de gebruiksnormen van het 5de NAP; Modelberekeningen met MAMBO en STONE. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2647.

Loos, S., L. Renaud, P. Groenendijk, P. Cleij, A. van der Linden, F. van der Bolt en T. Kroon, 2020, Rapportage Basisprognoses waterkwaliteit 2019. Deltares-rapport 11203700-000-BGS-0002.

PBL, 2019a, excel-bestanden met daarin zuiveringsrendementen per RWZI voor de verschillende scenario's, "LKM24_PointEmissions_RWZI_NP_2027 (scenario).csv".

PBL, 2019b, excel-bestanden met daarin toegepaste inrichtingsmaatregelen per KRW-waterlichaam voor de verschillende scenario's, "NP_reducties nvo en zuiveringsmoeras (totaal overzicht).xlsx".

Linden, A. van der, J.C. van den Roovaart, H. Visser, A. de Niet, S. Nieuwhof, R. Knobben, N. Evers, J. Rost, A. Bontsema, Update ecologische kennisregels KRW-Verkenner, 2020, in prep. Deltares, RoyalHaskoningDHV, Witteveen+Bos, Ynformed.

A Bijlage: aanvullende resultaten

A.1 Bronnen- en herkomstanalyse stikstof en fosfor

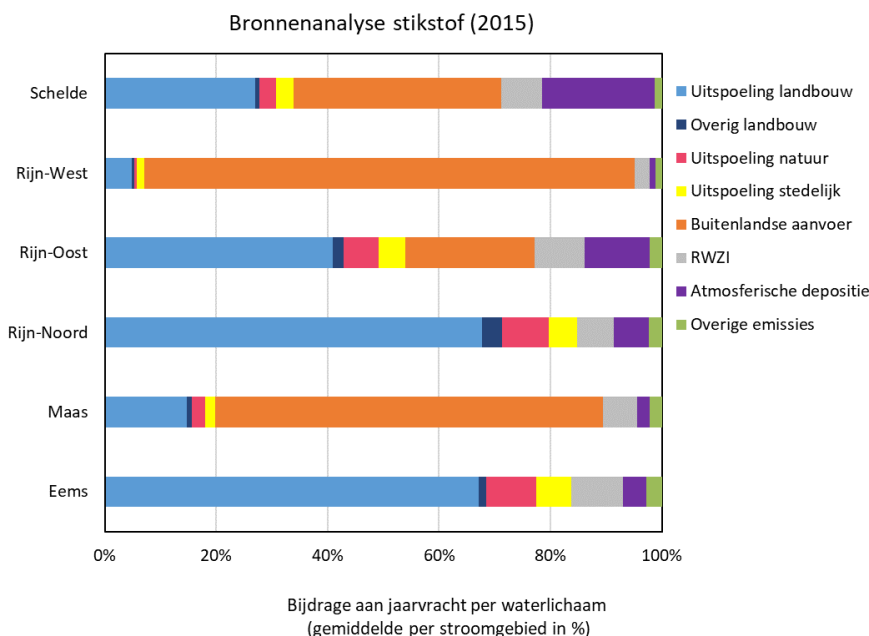
Tabel 2 geeft een overzicht van de opgesplitste emissiebronnen die zijn onderscheiden in de uitgevoerde analyses.

Tabel 2 Toelichting brontermen die in de bronnen- en herkomstanalyse onderscheiden zijn.

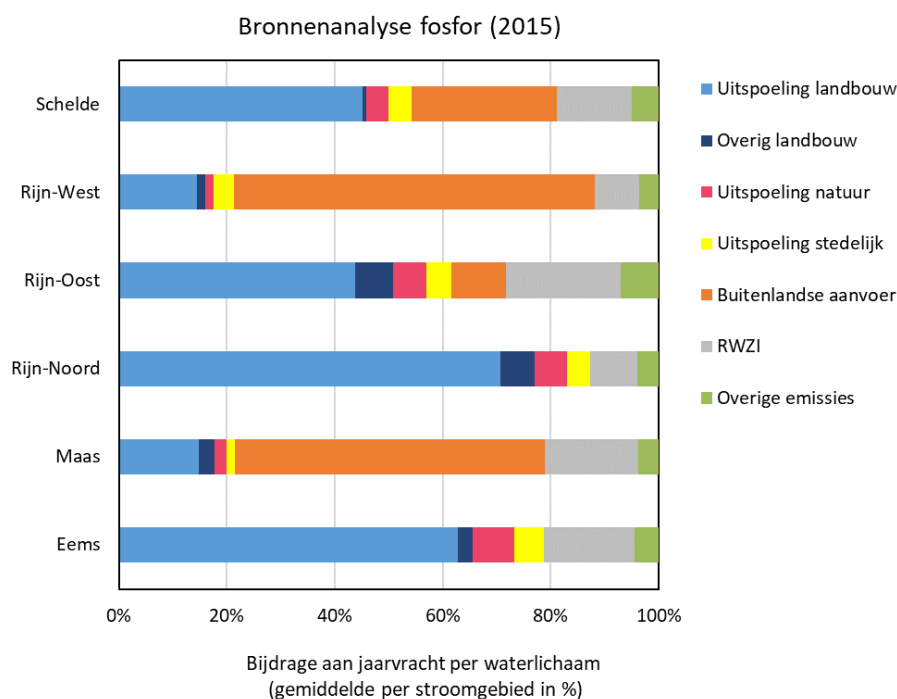
Herkomstbron	Toelichting
Uitspoeling landbouw	Uit- en afspoeling landbouwbodems
Uitspoeling natuur	Uit- en afspoeling natuurbodems
Uitspoeling stedelijk	Uit- en afspoeling onverharde bodems stedelijk gebied
Overig landbouw	Erfafspoeling, glastuinbouw en meesten sloten
Buitenlandse aanvoer	Toestroming vanuit grensoverschrijdende waterlopen
RWZI	Effluentlozingen RWZI's
Atmosferische depositie	Atmosferische depositie (stikstof)
Overige emissies	O.a. industrie, IBA's, huishoudelijke lozingen (binnen- en recreatievaart), regenwaterriolen

Bronnenanalyse

Figuur 3 en Figuur 4 tonen de bijdragen van de emissiebronnen aan de jaarlijkse stikstof- en fosforvrachten naar het oppervlaktewater zoals toegepast in de LKM berekening voor het historisch jaar 2015. Dit betreft dus puur de vrachten naar oppervlaktewater, waarbij geen rekening wordt gehouden met processen zoals retentie in het watersysteem. Als gekeken wordt naar de emissiebronnen binnen Nederland (buitenlandse aanvoer buiten beschouwing gelaten) is op landelijke schaal landbouw de grootste bron gevolgd door RWZI en atmosferische stikstof depositie. Aanvoer van stikstof en fosfor vanuit grensoverschrijdende wateren levert ook een grote bijdrage aan de nutriëntenbelasting in het Nederlandse oppervlaktewater. Tussen de stroomgebieden is een duidelijke variatie te zien in het aandeel van de verschillende emissiebronnen.



Figuur 3 Geschatte bijdragen (in %) van de stikstof emissiebronnen voor het jaar 2015. De vrachten van de bronnen zijn geaggregeerd naar de verschillende deelstroomgebieden.



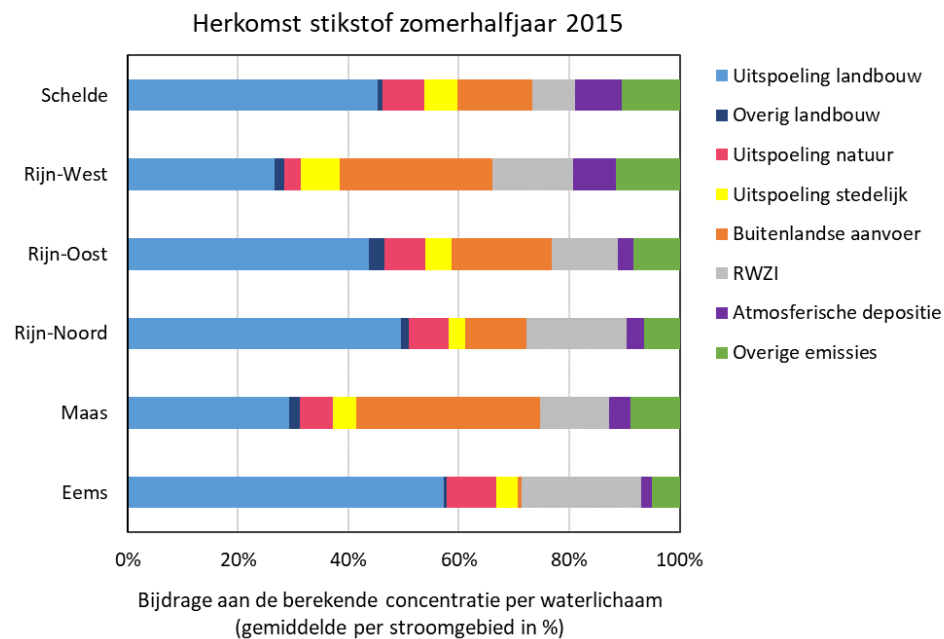
Figuur 4 Geschatte bijdragen (in %) van de fosfor emissiebronnen voor het jaar 2015. De vrachten van de bronnen zijn geaggregeerd naar de verschillende deelstroomgebieden.

Herkomstanalyse

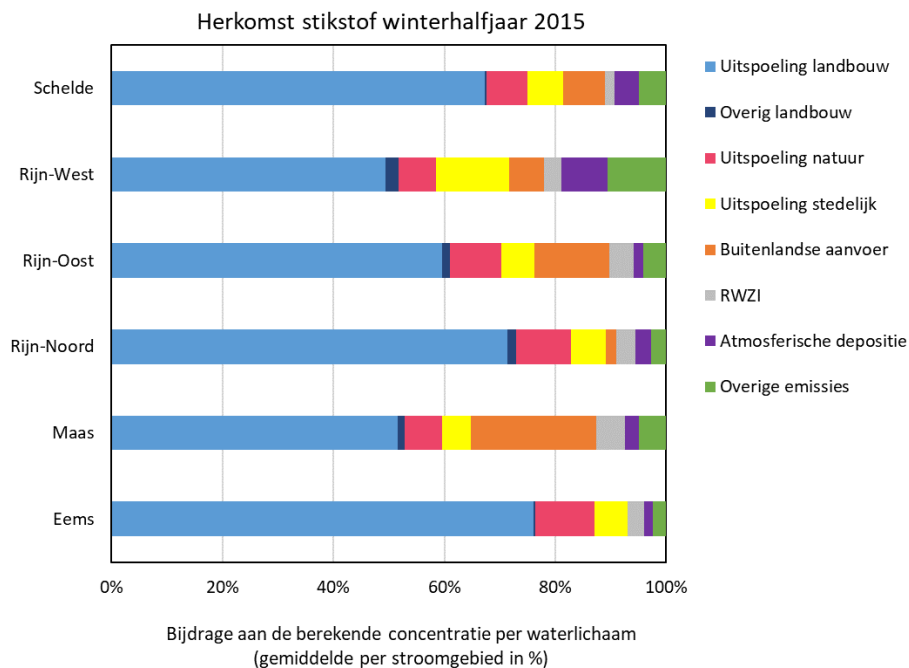
Om de daadwerkelijke bijdrage van de emissiebronnen aan de berekende stikstof en fosfor concentraties in het oppervlaktewater te bepalen is aanvullend een herkomstanalyse uitgevoerd voor het historisch jaar 2015. Voor de herkomstanalyse is gebruik gemaakt van de *Load Composition Tool* van de KRW-Verkenner. Met deze tool kan de bijdrage van verschillende bronnen aan de berekende concentratie in een waterlichaam worden bepaald via een tracer-methode. In deze berekening is dus rekening gehouden met de processen (zoals) retentie, die in het traject van de bron naar het betreffende waterlichaam plaatsvinden. De resultaten van de herkomstanalyse zijn weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6 voor stikstof en Figuur 7 en Figuur 8 voor fosfor. De bijdrage van de diverse emissiebronnen varieert per waterlichaam en per kwartaal (hier niet getoond). De staafdiagrammen geven een indicatie hoe belangrijk de diverse emissiebronnen gemiddeld genomen zijn voor ieder waterlichaam binnen een bepaalde regio of stroomgebied.

Voor de Nationale Analyse is gebruik gemaakt van de berekende zomergemiddelde stikstof en fosfor concentraties. De bijdrage van de diverse emissiebronnen aan de berekende nutriënten concentraties kan per seizoen verschillen. Om de resultaten van de herkomstanalyse in meer perspectief te plaatsen is daarom naar zowel het zomer- als winterhalfjaar-gemiddelde gekeken. In grote lijnen sluiten de resultaten van het zomerhalfjaar aan bij de verwachtingen gebaseerd op de bronnenanalyse. Over het algemeen levert uitspoeling van landbouw de grootste bijdrage aan de berekende stikstof en fosfor concentraties. Daarna volgen de emissiebronnen RWZI en atmosferische depositie (alleen stikstof). Kijkend naar de verschillen tussen de regio's zien we voor stroomgebied Schelde een relatief grotere bijdrage van atmosferische depositie aan de berekende stikstof concentratie. Dit kan verklaard worden door het relatief grote oppervlak aan oppervlaktewater in deze regio. In het Maas stroomgebied en Rijn-west is zoals verwacht buitenlandse aanvoer een belangrijke bron van de nutriëntenbelasting in het oppervlaktewater. Emissies vanuit landbouw zijn een dominante bron van nutriënten in landbouwrijke gebieden.

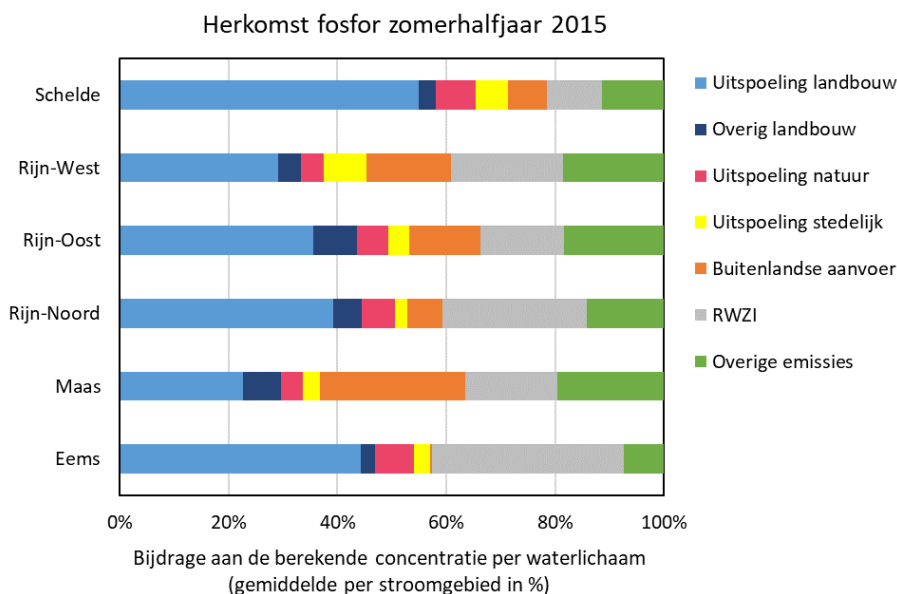
Tussen de winter- en zomerperiode zien we duidelijke verschillen in de herkomst van stikstof en fosfor. Tijdens het zomerhalfjaar leveren RWZI's een belangrijke bijdrage aan de nutriëntenbelasting. In de winterperiode is het aandeel van RWZI's relatief kleiner dan in het zomerhalfjaar. De uit- en afspoeling van landbouwbodems, daarentegen, is in het winterhalfjaar beduidend hoger dan in het zomerhalfjaar.



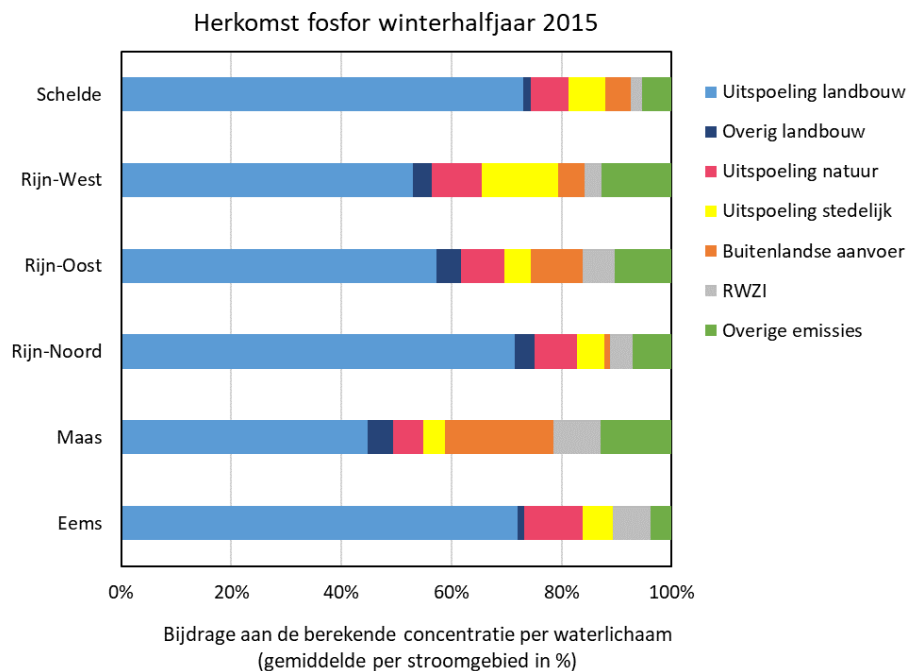
Figuur 5 Herkomstverdeling stikstof per stroomgebied zomerhalfjaar 2015 (historisch). Bij de middeling per stroomgebied zijn alle waterlichamen als even belangrijk beschouwd ongeacht de grootte van het waterlichaam; dit geeft een indicatie van de belangrijke bronnen voor een 'gemiddeld waterlichaam' binnen het stroomgebied.



Figuur 6 Herkomstverdeling stikstof per stroomgebied winterhalfjaar 2015 (historisch). Bij de middeling per stroomgebied zijn alle waterlichamen als even belangrijk beschouwd ongeacht de grootte van het waterlichaam; dit geeft een indicatie van de belangrijke bronnen voor een 'gemiddeld waterlichaam' binnen het stroomgebied.



Figuur 7 Herkomstverdeling fosfor per stroomgebied zomerhalfjaar 2015 (historisch). Bij de middeling per stroomgebied zijn alle waterlichamen als even belangrijk beschouwd ongeacht de grootte van het waterlichaam; dit geeft een indicatie van de belangrijke bronnen voor een 'gemiddeld waterlichaam' binnen het stroomgebied.



Figuur 8 Herkomstverdeling fosfor per stroomgebied winterhalfjaar 2015 (historisch). Bij de middeling per stroomgebied zijn alle waterlichamen als even belangrijk beschouwd ongeacht de grootte van het waterlichaam; dit geeft een indicatie van de belangrijke bronnen voor een 'gemiddeld waterlichaam' binnen het stroomgebied.

A.2 Nutriënten

Tabel 3 Percentage waterlichamen in KRW-klasse per doorgerekend maatregelpakket (zichtjaar 2027) voor N-totaal. Weergegeven voor 1) alle waterlichamen (n = 668), 2) regionale wateren (n = 628) en 3) Rijkswateren (n = 40).

Scenario (2027)	KRW-klasse	Aantal waterlichamen (in %)		
		Alle waterlichamen	Regionaal	Rijkswater
NAP5	Goed	48.2	48.7	40.0
	Matig	33.7	33.3	40.0
	Ontoereikend	12.7	12.4	17.5
	Slecht	5.4	5.6	2.5
Huidig beleid	Goed	51.0	51.4	45.0
	Matig	33.6	33.3	37.5
	Ontoereikend	10.7	10.5	15.0
	Slecht	4.6	4.8	2.5
Basis-prognose	Goed	53.6	54.1	45.0
	Matig	32.7	32.1	42.5
	Ontoereikend	9.6	9.5	10.0
	Slecht	4.2	4.3	2.5
Voorziene maatregelen	Goed	58.2	58.9	47.5
	Matig	29.4	28.4	45.0

Scenario (2027)	KRW-klasse	Aantal waterlichamen (in %)		
		Alle waterlichamen	Regionaal	Rijkswater
Volledige opgave	Ontoereikend	8.4	8.6	5.0
	Slecht	4.0	4.1	2.5
	Goed	67.6	68.3	57.5
	Matig	24.5	23.3	42.5
100% DAW	Ontoereikend	5.5	5.9	-
	Slecht	2.4	2.5	-
	Goed	72.7	73.5	60.0
	Matig	21.5	20.3	40.0
	Ontoereikend	3.7	4.0	-
	Slecht	2.1	2.2	-

Tabel 4 Percentage waterlichamen in KRW-klasse per doorgerekend maatregelpakket (zichtjaar 2027) voor P-totaal. Weergegeven voor 1) alle waterlichamen (n = 668), 2) regionale wateren (n = 628) en 3) Rijkswateren (n = 40).

Scenario (2027)	KRW-klasse	Aantal waterlichamen (in %)		
		Alle waterlichamen	Regionaal	Rijkswater
NAP5	Goed	51.0	50.2	65.0
	Matig	30.2	30.7	22.5
	Ontoereikend	12.4	12.7	7.5
	Slecht	6.3	6.4	5.0
Huidig beleid	Goed	54.7	53.8	69.2
	Matig	28.0	28.3	23.1
	Ontoereikend	11.7	12.1	5.1
	Slecht	5.5	5.7	2.6
Basis-prognose	Goed	55.1	54.3	67.5
	Matig	28.7	29.1	22.5
	Ontoereikend	10.6	10.8	7.5
	Slecht	5.5	5.7	2.5
Voorziene maatregelen	Goed	57.6	56.8	70.0
	Matig	28.4	29.0	20.0
	Ontoereikend	9.1	9.2	7.5
	Slecht	4.8	4.9	2.5
Volledige opgave	Goed	64.5	63.7	77.5
	Matig	24.0	24.4	17.5
	Ontoereikend	7.3	7.5	5.0
	Slecht	4.2	4.5	-
100% DAW	Goed	66.8	65.9	80.0
	Matig	22.3	22.8	15.0

Scenario (2027)	KRW-klasse	Aantal waterlichamen (in %)		
		Alle waterlichamen	Regionaal	Rijkswater
	Ontoereikend	7.3	7.5	5.0
	Slecht	3.6	3.8	-

A.3 Ecologie

Tabel 5 Percentage waterlichamen in KRW-klasse per doorgerekend maatregelpakket (zichtjaar 2027) voor kwaliteitselement Waterflora.

KRW-klasse	NAP5	Huidig beleid	Basis-prognose	Voorziene maatregelen	Volledige opgave	100% DAW
Goed	26.94	27.74	27.90	30.81	38.06	39.84
Matig	48.55	50.48	50.65	49.84	45.97	44.68
Ontoereikend	19.03	17.58	17.42	15.81	13.23	13.06
Slecht	5.48	4.19	4.03	3.55	2.74	2.42

Tabel 6 Percentage waterlichamen in KRW-klasse per doorgerekend maatregelpakket (zichtjaar 2027) voor kwaliteitselement vis.

KRW-klasse	NAP5	Huidig beleid	Basis-prognose	Voorziene maatregelen	Volledige opgave	100% DAW
Goed	38.35	41.26	41.10	42.23	48.22	49.03
Matig	32.52	31.88	31.72	32.85	29.77	28.80
Ontoereikend	20.39	18.12	18.28	16.67	14.24	14.24
Slecht	8.74	8.74	8.90	8.25	7.77	7.93

Tabel 7 Percentage waterlichamen in KRW-klasse per doorgerekend maatregelpakket (zichtjaar 2027) voor kwaliteitselement macrofauna.

KRW-klasse	NAP5	Huidig beleid	Basis-prognose	Voorziene maatregelen	Volledige opgave	100% DAW
Goed	29.41	33.55	33.07	37.52	45.15	44.83
Matig	55.01	55.01	55.48	52.78	47.06	48.01
Ontoereikend	14.94	10.81	10.97	9.38	7.79	7.15
Slecht	0.64	0.64	0.48	0.32	-	-

Tabel 8 Percentage waterlichamen in KRW-klasse per doorgerekend maatregelpakket (zichtjaar 2027) voor kwaliteitselement fytoplankton.

KRW-klasse	NAP5	Huidig beleid	Basis-prognose	Voorziene maatregelen	Volledige opgave	100% DAW
Goed	52.31	57.54	57.85	63.08	69.85	73.85
Matig	34.15	31.38	31.08	27.08	21.85	19.69
Ontoereikend	12.92	10.46	10.46	8.92	7.38	5.54
Slecht	0.62	0.62	0.62	0.92	0.92	0.92

B Bijlage: Analyse stuurvariabelen KRW

B.1 Inleiding

De effecten van maatregelen uit de 3e generatie stroomgebiedbeheerplannen op het realiseren van de doelen in 2027 zijn in kader van de Nationale Analyse doorgerekend met de KRW-verkenner. Niet alle maatregelen zijn/kunnen in de berekeningen worden meegenomen. Een overzicht van de maatregelen die zijn doorgerekend zijn in tabel 1.1 weergegeven.

Tabel 1.1 Overzicht van de maatregelen uit SGBP3 die met de KRW-verkenner zijn doorgerekend.

SGBP-omschrijving	Uit- en afspoeling	Rwzi's	Ecologische stuurvariabelen
mestvrije zones	x		
verbreden watergang/-systeem : aansluiten wetland			x
verondiepen watergang/-systeem			x
verbreden / nvo; langzaam stromend / stilstaand water	x		x
aanleg nevengeul / herstel verbinding			x
Verbreden / hermeanderen / nvo; (snel) stromend	x		x
aanleg zuiveringsmoeras	x		
verminderen belasting RWZI		x	
Verwijderen stuw			x
Vispasseerbaar maken kunstwerken			x
Uitvoeren actief vegetatiebeheer (enten; zaaien; planten)			x
uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhouds-/maai-beheer			x
Aanpassen begroeiing langs water			x
Aanpassen streefpeil			x

De maatregelen uit de stroomgebiedbeheerplannen hebben effect op 1) de uit en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgebieden, 2) de rwzi's en 3) de ecologische stuurvariabelen. Met de KRW-verkenner zijn verschillende scenario's doorgerekend, per scenario zijn de invoerbesteden aangepast. De werkwijze voor het afleiden van de invoerbesteden voor onderdeel 3 (ecologische stuurvariabelen) zijn in deze notitie beschreven. De invoerbesteden voor de uit- en afspoeling en rwzi's worden niet in deze notitie behandeld.

In deze notitie wordt de werkwijze beschreven voor de wijze waarop de nieuwe stuurvariabelen voor de KRW-verkenner zijn afgeleid (hoofdstuk 2). Vervolgens is een analyse uitgevoerd op de waarden voor de stuurvariabelen voor de beeksystemen (hoofdstuk 3), meren (hoofdstuk 4) en kanalen en sloten (hoofdstuk 5) voor verschillende schaalniveaus (watertype, waterbeheerders, stroomgebieden).

B.2 Afleiden stuurvariabelen

Voor het afleiden van de waarde voor de stuurvariabelen is gebruikt gemaakt van generieke rekenregels conform de werkwijze die is toegepast in het kader van de ex ante evaluatie van de Kaderrichtlijn Water uit 2016 (paragraaf 2.1) en is gebruikt gemaakt van zogenoemde 'ecovars' van het waterschap (paragraaf 2.2).

B.2.1 Generieke rekenregels

Het effect van de maatregelen op de stuurvariabelen is gebaseerd op de methode uit 2016. De uitgangspunten en aannames worden in deze paragraaf beschreven.

Scenario's

Met de KRW-verkenner zijn verschillende scenario's doorgerekend waarbij verschillende invoerbesteden aangemaakt zijn. Er zijn vier verschillende bestanden aangemaakt voor de ecologische stuurvariabelen:

- 1) Referentiesituatie: waarde van de stuurvariabelen voor het jaar 2017

- 2) Basisprognose: waarde van de stuurvariabelen voor het jaar 2021 en 2027 op basis van het huidig beleid (SGPB2)
- 3) Voorziene maatregelen: waarde van de stuurvariabelen voor het jaar 2027 op basis van de voorzien maatregelen in SGBP3
- 4) Maximale pakket: waarde van de stuurvariabelen voor het jaar 2027 op basis van het maximale pakket.

De aanpassing op een stuurvariabelen voor een waterlichaam voor de varianten 2021 en 2027 gebeurt evenredig met het aandeel oeverlengte, lengte of oppervlak waarop de maatregel wordt toegepast t.o.v. de totale oeverlengte, lengte of oppervlak van het waterlichaam. Voor het vaststellen van de oeverlengte is gebruik gemaakt van GIS-bestanden (lijn- en vlakkenbestand) van de waterlichamen op het waterkwaliteitsportaal.

Voor het bepalen van het effect van een maatregelen op de waarde van de stuurvariabele is gebruik gemaakt van de waarden in tabel 2.1 (beeksystemen), 2.2 (meren) en 2.3 (sloten en kanalen).

Tabel 2.1 Effect van maatregelen in beken.

Maatregel	Meandering	Beschaduwing	Verstuwing
Verbreden watersysteem, aansluitend wetland	2		
Verondiepen watergang/-systeem	2		
Verwijderen stuw			3
Vispasseerbaar maken kunstwerk			2
Verbreden/ nvo; langzaam stromend/ stilstaand water*	4 (2)	2	2
Aanleg nevengeul	4	2	3
Verbreden/ hermeanderen/ nvo; (snel) stromend water*	4 (2)	2	2
Aanpassen begroeiing langs water		2	

* geldt voor volledig beekherstel, indien het alleen gaat om het aanleggen van natuurvriendelijke oevers wordt de meandering 2 en blijft de beschaduwing en verstuwing onveranderd.

Het effect van de maatregel *verbreden/ nvo; langzaam stromend/ stilstaand water* en *verbreden/ hermeanderen/ nvo; (snel) stromend water* op de stuurvariabelen *meandering*, *beschaduwing* en *verstuwing* is afhankelijk van de invulling van de maatregel.

Indien uit de beschrijving blijkt dat het **alleen** gaat om het aanleggen van een natuurvriendelijke oever, is aangenomen dat de stuurvariabelen *meandering* de waarden 2,0 krijgt en dat de stuurvariabelen *beschaduwing* en *verstuwing* niet veranderen. Wanneer duidelijk is dat het gaat om **volledig beekherstel** zijn de veranderingen van de stuurvariabelen conform tabel 2.1.

Ten opzichte van de ex ante evaluatie Kaderrichtlijn water zijn voor beken de volgende veranderingen doorgevoerd:

- De maximale waarden voor de stuurvariabele *meandering* voor de maatregelen 'verbreden/ nvo; langzaam stromend/ stilstaand water' en 'verbreden/ hermeanderen/ nvo; (snel) stromend water' is verlaagd van 5,0 naar 4,0
- Indien de maatregel *aanleg nevengeul* wordt toegepast krijgt de stuurvariabele *meandering* de waarde 4,0 terwijl in de ex ante KRW uit 2016 geen effect op deze stuurvariabele is aangenomen
- De maximale waarden voor de stuurvariabele *verstuwing* voor de maatregelen 'verwijderen stuw' is verhoogd van 2,0 naar 3,0

Ook voor meren is een aanpassing doorgevoerd met betrekking tot de maximale waarde van de stuurvariabelen na het nemen van maatregelen (tabel 2.2):

- De waarde voor de stuurvariabele *oeverinrichting* voor de maatregel 'verbreden watersysteem, aansluiten wetland' is verlaagd van 3,0 naar 2,5
- De waarde voor de stuurvariabele *oeverinrichting* voor de maatregel 'verbreden /nvo; langzaam stromend/ stilstaand water' is verlaagd van 3,0 naar 2,0
- De waarde voor de stuurvariabele *oeverinrichting* voor de maatregel 'verbreden/ hermeanderen /nvo; (snel) stromend water' is verlaagd van 3,0 naar 2,0
- De waarde voor de stuurvariabele *peilbeheer* voor de maatregel 'aanpassen streefpeil' is verlaagd van 3,0 naar 2,5

Tabel 2.2 Effect van maatregelen in meren.

Maatregel	Oeverinrichting	Peilbeheer
Verbreden watersysteem, aansluitend wetland	2,5	
Aanpassen streefpeil		2,5
Verbreden/ nvo; langzaam stromend/ stilstaand water	2	
Verbreden/ hermeanderen/ nvo; (snel) stromend water	2	
Uitvoeren actief vegetatiebeheer (enten; zaaien; planten)	2	
Uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhouds-/maaibeheer	2	
Aanpassen begroeiing langs water	2	

Voor de sloten en kanalen is alleen een aanpassing doorgevoerd voor de stuurvariabele *peilbeheer* (tabel 2.3). De maximale waarde na het nemen van maatregelen is 2,5, terwijl dit in ex ante evaluatie Kaderrichtlijn water nog 3,0 was.

Tabel 2.3 Effect van maatregelen sloten en kanalen

Maatregel	Oeverinrichting	Peilbeheer	Onderhoud
Verbreden watersysteem, aansluitend wetland	3		2
Aanpassen streefpeil		2,5	
Verbreden/ nvo; langzaam stromend/ stilstaand water	3		2
Verbreden/ hermeanderen/ nvo; (snel) stromend water	3		2
Uitvoeren actief vegetatiebeheer (enten; zaaien; planten)			2
Uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhouds-/maaibeheer			2
Aanpassen begroeiing langs water	2		2

Ter illustratie worden twee voorbeeldberekeningen gegeven

Berekening 1: Landmeersche Loop.

Het waterlichaam Landmeersche Loop heeft een totale lengte van ca. 8,0 km en heeft in de referentiesituatie de waarde 1,10 voor de stuurvariabele *meandering*. Op basis van het maatregelenpakket blijkt dat in de basisprognose een natuurvriendelijke oever wordt aangelegd over een lengte van 2,0 km. Op basis van de oeverlengte is dit 12,5% van de totale oeverlengte. Omdat het in dit geval alleen gaat om het aanleggen van een natuurvriendelijke oever wordt gerekend met een maximale waarde van 2,0 (zie tabel 2.1). De nieuwe waarde voor de stuurvariabele is als volgt berekend:

$$Meandering = (1 - \%M_1) * M_{org} + \%M_1 * 2,0 = (1 - 12,5) * 1,10 + 12,5 * 2,0 = 1,21$$

De waarde voor de stuurvariabele neemt dus toe van 1,10 in de referentiesituatie naar 1,21 na het nemen van de maatregel.

Berekening 2: Biezenloop.

Het waterlichaam Biezenloop heeft een totale lengte van ca. 18,0 km en heeft in de referentiesituatie de waarde 1,06 voor de stuurvariabele *onderhoud*. Op basis van het maatregelenpakket blijkt dat in de basisprognose een natuurvriendelijke oever wordt aangelegd over een lengte van 3,0 km en de maatregel 'uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhouds-/maaibeheer' over een lengte van 17,1 km wordt toegepast. Op basis van de oeverlengte is dit respectievelijk 8,3% en 47,5% van de totale oeverlengte. Op basis van de getallen in tabel 2.3 wordt de nieuwe waarde voor de stuurvariabele als volgt berekend:

$$Onderhoud = (1 - \%M_1 - \%M_2) * M_{org} + (\%M_1 + \%M_2) * 2,0 = (1 - 8,3 - 47,5) * 1,06 + (8,3 + 47,5) * 2,0 = 1,58$$

De waarde voor de stuurvariabele neemt dus toe van 1,06 in de referentiesituatie naar 1,58 na het nemen van maatregelen.

B.2.2 Ecovars

In de ex ante evaluatie van de KRW uit 2016 is alleen gebruik gemaakt van de generieke rekenregels uit paragraaf 2.1.

Voor de Nationale analyse is er echter de mogelijkheid om gebruik te maken van de zogenoemde ecovars van de waterschappen. RHDHV heeft in opdracht van de waterbeheerders al eerder berekeningen uitgevoerd met de KRW-verkenner voor verschillende scenario's en nieuwe waarde voor de stuurvariabelen berekend. Aan de waterbeheerders is vervolgens gevraagd welke berekeningsmethode de voorkeur heeft (generieke rekenregels versus de ecovars). In tabel 2.4 is per waterbeheerder en per scenario aangegeven welke methode is toegepast.

Tabel 2.4 Overzicht van de methodiek die is gehanteerd voor het afleiden van de stuurvariabelen per waterbeheerder voor de verschillende scenario's.

Waterbeheerder	Referentiesituatie (2017)	Basisprognose (2021 / 2027)	Voorziene maatregelen (2027)	Maximaal pakket (2027)
Aa en Maas	ecovars ¹	ecovars ¹⁺³	ecovars ¹	ecovars ¹
AGV	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	-
Brabantse Delta	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	generiek
Delfland	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	generiek
Dommel	ecovars ¹	ecovars ¹⁾	ecovars ¹	ecovars ¹
Friesland	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	-
HDSR	ecovars ²	ecovars ²⁺³	ecovars ¹	ecovars ²
HHNK	ecovars ²	ecovars ²⁺³	ecovars ²	ecovars ²
HHSK	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	ecovars ²
Hollandse Delta	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	-
Hunze en Aa's	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	-
Limburg	ecovars ¹	ecovars ¹⁺³	ecovars ¹	ecovars ¹
Noorderzijlvest	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	-
Rijn en IJssel	ecovars ²	ecovars ²⁺³	ecovars ²	ecovars ²
Rijnland	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	generiek
Rivierenland	basisbestand RHDHV	ecovars ²	ecovars ²	-
Scheldestromen	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	-
Vallei en Veluwe	ecovars ¹	ecovars ¹	ecovars ¹	ecovars ¹
Vechtstromen	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	generiek
WDOD	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	-
Zuiderzeeland	basisbestand RHDHV	generiek	generiek	-

1) Aangeleverd door RHDHV

2) Aangeleverd door het waterschap

3) Afgeleid op basis van lineaire interpolatie tussen pakket voorziene maatregelen en referentiesituatie

De waarde van de stuurvariabelen in de referentiesituatie is afkomstig van het basisbestand van RHDHV met de waarde van alle stuurvariabelen, ecovars aangeleverd door RHDHV of ecovars die direct zijn aangeleverd door het waterschap. Voor 9 van de 21 waterbeheerders zijn voor één of meerdere scenario's ecovars aangeleverd. Uit de tabel kan ook worden afgeleid dat voor 9 van de 21 waterbeheerders geen maximaal pakket is aangeleverd.

Voor een aantal waterbeheerders zijn ecovars beschikbaar voor de referentiesituatie en voor het pakket voorziene maatregelen. De ecovars voor de basisprognose ontbreekt vaak. Voor het afleiden kan gebruik gemaakt worden van de generieke rekenregels, maar gebleken is dat dit toch in onlogische uitkomsten kan resulteren. Daarom is ervoor gekozen om de waarden van de stuurvariabelen voor de basisprognose af te leiden op basis van de lineaire interpolatie tussen het pakket voorziene maatregelen en referentiesituatie.

De stuurvariabelen die zijn gebruikt voor de berekeningen in de KRW-verkenner voor de verschillende pakketten zijn vergeleken met de maximale waarden die een stuurvariabelen kan krijgen. Voor de maximale waarde is uitgegaan van de waarden in tabel 2.5.

Tabel 2.5. Maximale waarden die in de KRW-verkenner kan worden toegekend aan de stuurvariabelen voor de aangegeven watertypen.

Stuurvariabele	Watertypen	Maximale waarde
Meandering ¹⁾	Langzaam stromende en snelstromende beken	4 of 5
Beschaduwning	Langzaam stromende en snelstromende beken	3
Verstuwing	Langzaam stromende en snelstromende beken	3
Oeverinrichting	Meren, sloten en kanalen	3
Peilbeheer	Meren, sloten en kanalen	3
Onderhoud	Sloten en kanalen	2

1) De maximale waarde die wordt aangehouden voor de stuurvariabele meandering is 5. Voor de meeste waterlichamen in Nederland is deze waarde echter niet haalbaar en is de waarde 4 als maximale waarde toegekend.

Voor de stuurvariabele meandering zijn twee maximale scores gebruikt. Wanneer een waterlichaam in de referentiesituatie al een waarde hoger heeft dan 4, wordt aangenomen dat de maximale waarde 5 is. Wanneer in de referentiesituatie de waarde lager is dan 4 wordt de waarde 4 aangehouden als maximale waarde.

In het complete document, dat op aanvraag beschikbaar is via WEnR, worden in hoofdstuk 3 de resultaten gepresenteerd voor de beeksystemen (R-typen) op verschillende schaalniveaus. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 de meren besproken en in hoofdstuk 5 de kanalen en sloten en brak tot zoute wateren. De resultaten van de analyse worden gepresenteerd op verschillende schaalniveaus namelijk op het niveau van de watertypen, op het niveau van de waterbeheerders en op het niveau van de stroomgebieden.