

Scenario analyses doelbereik Kaderrichtlijn Water



Scenario analyses doelbereik Kaderrichtlijn Water

Auteur(s)

Annelotte van der Linden (Deltares)

Joost van den Roovaart (Deltares)

Niels Evers (Royal HaskoningDHV)

Steven Kelderman (Deltares)



Scenario analyses doelbereik Kaderrichtlijn Water

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	mevrouw M van Eerd
Referenties	Linden, A. van der, Roovaart, J. van den, Evers, N., Kelderman, S., 2022. Scenario analyses doelbereik Kaderrichtlijn Water, Deltares rapport 11208066-004-ZWS-0001.
Trefwoorden	Kaderrichtlijn Water, KRW-Verkenner, Landelijk Water Kwaliteits Model (LWKM), waterkwaliteit, biologie, doelgat, Evaluatie waterkwaliteit 2024

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	13-12-2022
Projectnummer	11208066-004
Document ID	11208066-004-ZWS-0001
Pagina's	51
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

Annelotte van der Linden	Deltares	
Joost van den Roovaart	Deltares	
Niels Evers	Royal HaskoningDHV	
Steven Kelderman	Deltares	

Samenvatting

Als onderdeel van de Evaluatie waterkwaliteit 2024 heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) aan Deltares en RoyalHaskoningDHV opdracht gegeven om een aantal aanvullende analyses ten opzichte van de berekeningen in de Ex Ante analyse Waterkwaliteit 2021 (Ex Ante 2021, Linden et al., 2021b). In de Ex Ante analyse Waterkwaliteit zijn de effecten berekend van vaststaand en voorgenomen beleid met als doel een voorspelling te doen van de mate van doelbereik in 2027, wanneer de voorgenomen maatregelen worden uitgevoerd. Er is daarbij niet onderzocht welke extra maatregelen nodig zouden zijn om alle doelen in 2027 te halen. In de voorliggende studie zijn wel extra scenario's doorgerekend, waarbij is onderzocht wat het effect op het resterende doelgat in 2027 zou zijn in een viertal verschillende situaties. Hiervoor zijn een viertal scenario's doorgerekend met de KRW-Verkenner, waarbij zoveel mogelijk is aangesloten bij de uitgangspunten, data en resultaten uit de Ex Ante 2021:

- A. Nutriënten op orde (voldoen aan de norm)
- B. Chemie op orde (voldoen aan de norm)
- C. Combinatie van chemie en nutriënten op orde (hierna genoemd: Waterkwaliteit op orde)
- D. Buitenland voldoet aan de Nederlandse normen.

Wanneer in scenario A '*nutriënten op orde*' de nutriënten (totaal N en totaal P) op de norm worden gezet en de overige stuurvariabelen gelijk worden gehouden neemt het aandeel regionale waterlichamen met het oordeel *goed* toe t.o.v. *Voorzien Ex Ante 2021* met 3 tot 7% afhankelijk van het biologisch kwaliteitselement. Voor scenario B '*chemie op orde*' neemt het aantal regionale waterlichamen met het oordeel *goed* ook toe met ca 4 tot 8% t.o.v. *Voorzien Ex Ante 2021*. Scenario C (combinatie van A en B) toont een toename van 6,5 tot 11,5% in het aantal waterlichamen in de klasse *goed* t.o.v. *Voorzien Ex Ante 2021*. Samenvattend zien we dat voor 3 van de 4 biologische kwaliteitselementen in het scenario C (waterkwaliteit op orde) maar voor ongeveer de helft van de waterlichamen de toestand *goed* wordt bereikt. Daarbij is Fytoplankton het kwaliteitselement dat het meest gevoelig is voor nutriënten, en daar zijn dan ook de grootste verbeteringen te zien in scenario A, B en C.

Een analyse naar de normfractie (de verhouding EKR score/GEP per waterlichaam) in de verschillende scenario's laat zien dat, naast het deel van de waterlichamen dat het doel niet bereikt, er ook een groot deel is dat al (ruim) boven het doel scoort.

Een aanvullende gevoeligheidsanalyse, waarbij de nutriënten op de halve (strengere) norm zijn gezet, suggereert dat voor een aantal waterlichamen mogelijk een te soepele norm voor N-totaal of P-totaal wordt gehanteerd of de biologische doelen te hoog zijn gesteld.

Een groot deel van de waterlichamen voldoet in scenario C (*Waterkwaliteit op orde*) nog niet vanwege verschillende redenen. Soms zijn de nutriënten doelen bewust soepeler genomen maar de biologische doelen daar niet op aangepast of waren de afgeleide doelen zo laag dat deze hoger zijn gesteld (kanalen en vis). Ook zijn in sommige (brakke) wateren de doelen nog niet definitief vastgesteld.

Een aanzienlijk deel van de waterlichamen hebben een EKR score die binnen een marge van 0,05 (beide kanten) van het doel: net niet in de klasse *goed* (13 tot 23%, afhankelijk van het kwaliteitselement) en net wel in de klasse *goed* (15 tot 23%). Dit betekent dat er een aanzienlijke onzekerheid bestaat rond het doelbereik in 2027.

Naast de doelafleiding spelen mogelijk ook verschillen tussen Rijk en regio een rol bij het verklaren van het niet behalen van het doelbereik door verschillende methodes van doelafleiding, verschillende aannames van effecten van maatregelen en landelijk beleid, verschillen in het schaalniveau van de analyses en verschillen in uitgangsjaar voor de berekeningen tussen Rijk en regio.

Aanbevolen wordt aan de regionale waterbeheerders om een kritische beschouwing te houden op de doelafleiding, vooral op het gebied van afronding van GEP's, lage EKR's onder de 0,3, mogelijk (te) hoge nutriëtnormen in kanalen en sloten en de nog niet definitieve doelen voor de brakke en zwak brakke wateren.

In het scenario D 'buitenland op de norm' zien we voor zowel N-totaal als P-totaal een geringe verbetering in doelbereik ten opzichte van *Voorzien Ex Ante 2021*. Voor N-totaal ligt het percentage *Goed* ca. 1,5% hoger (gelijk aan 11 waterlichamen) en voor P-totaal ca. 0,3% (gelijk aan 2 waterlichamen). Ook in de andere klassen is een kleine verschuiving te zien.

Gerelateerd aan scenario D wordt aanbevolen om aan de buitenlandse partners een update te vragen van de verwachting van de concentraties in de grensoverschrijdende wateren in 2027 en om het overleg met het buitenland over de verschillen in gehanteerde normen voor de nutriënten tussen Nederland en de buitenlandse partners te intensiveren.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
2	Modelinstrumentarium	9
2.1	Landelijk Waterkwaliteitsmodel	9
2.2	Ecologische module	9
3	Opzet scenarioberekeningen	11
4	Resultaten	13
4.1	Waterkwaliteit op orde	13
4.1.1	Landelijk overzicht	13
4.1.2	Overzicht per deelstroomgebied district	15
4.2	Buitenland op de norm	16
4.2.1	Landelijk overzicht	17
4.2.2	Overzicht per deelstroomgebied district	20
5	Analyse en discussie	22
5.1	Waterkwaliteit op orde	22
5.1.1	Doelbereik	22
5.1.2	Normfracties	22
5.1.3	Ruimtelijk beeld	25
5.1.4	Gevoeligheidsanalyse	27
5.1.5	Verklaringen voor het resterend doelgat	27
5.2	Buitenland op de norm	30
6	Conclusies en aanbevelingen	34
6.1	Waterkwaliteit op orde	34
6.2	Buitenland op de norm	36
	Referenties	37
	Bijlagen	38
A	Voorspel-performance Random Forest	39
B	Buitenlandse aanvoer scenario D	42
C	Oordeel biologie in regionale wateren op deelstroomgebied district niveau	43
C.1	Fytoplankton	43
C.2	Macrofauna	44
C.3	Overige waterflora	45

C.4	Vis	46
D	Resultaten gevoeligheidsanalyse	47
E	Verklaringen resterend doelgat in scenario C	48

1 Inleiding

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft een drietal sporen opgenomen in het Kaderrichtlijn Water (KRW) werkplan 2022-2027. Spoor 2 betreft de Evaluatie waterkwaliteit 2024, met als doel om door een proces van Joint Fact Finding één gedragen en één gedeelde inschatting van de toestand in 2024 en het verwachte doelbereik KRW 2027 per KRW-waterlichaam te verkrijgen, en om meer inzicht te verkrijgen in achterliggende oorzaken van een eventueel restopgave (of resterend doelgat) en het mogelijke handelingsperspectief om dit doelgat op te lossen.

Binnen spoor 2 zijn 3 deelprojecten met bijbehorende acties geformuleerd waaronder deze studie “Quick win scenario’s”. Het doel van deze studie is de beantwoording van een aantal vragen over KRW doelbereik en mogelijk meer inzicht verkrijgen in het resterend handelingsperspectief: “aan welke knoppen kan gedraaid worden en welk type maatregelen geeft het meest effect?”, middels het doorrekenen van een aantal aanvullende analyses ten opzichte van de berekeningen in de Ex Ante analyse Waterkwaliteit 2021 (Ex Ante 2021, Linden et al., 2021b). In de Ex Ante analyse Waterkwaliteit zijn de effecten berekend van vaststaand en voorgenomen beleid met als doel een voorspelling te doen van de mate van doelbereik in 2027, wanneer de voorgenomen maatregelen worden uitgevoerd. Er is daarbij niet onderzocht welke extra maatregelen nodig zouden zijn om alle doelen in 2027 te halen. In de voorliggende studie zijn wel extra scenario’s doorgerekend, waarbij is onderzocht wat het effect op het resterende doelgat in 2027 zou zijn in een viertal verschillende situaties. Hiervoor zijn een viertal scenario’s doorgerekend met de KRW-Verkenner, waarbij zoveel mogelijk is aangesloten bij de uitgangspunten, data en resultaten uit de Ex Ante 2021. De aannames in de vier scenario’s zijn “gestapeld” bovenop de maatregelen, die al in de Ex Ante analyse Waterkwaliteit in het scenario *Voorzien* zijn opgenomen. Het betreft:

- A. Nutriënten op orde (voldoen aan de norm)
- B. Chemie op orde (voldoen aan de norm)
- C. Combinatie van chemie en nutriënten op orde (hierna genoemd: Waterkwaliteit op orde)
- D. Buitenland voldoet aan de Nederlandse normen.

De focus van de studie ligt op inzicht in het halen van de doelen voor de biologie. De nutriënten zijn ondersteunende parameters. Voor de scenario’s A, B en C wordt in deze studie het doelbereik voor de biologische kwaliteitselementen doorgerekend. Hierbij wordt alleen gekeken naar de regionale wateren. Een goed instrument om deze scenario’s voor de Rijkswateren door te rekenen ontbrak. Voor scenario D, waarin alleen gekeken wordt naar de nutriënten (N-totaal en P-totaal) is zowel voor de Rijkswateren als voor de regionale wateren gerekend. De resultaten van de scenarioberekeningen zijn op een drietal niveaus geanalyseerd: Nederland totaal, deelstroomgebied district en waterbeheerder.

Royal HaskoningDHV (RHDHV) heeft bijgedragen aan het project, met name bij de aanpassingen van de stuurvariabelen in de verschillende scenario’s en de analyse van de resultaten.

2 Modelinstrumentarium

2.1 Landelijk Waterkwaliteitsmodel

Voor de scenarioberekeningen in deze studie is gebruik gemaakt van het Landelijk WaterKwaliteitsModel (LWKM) versie 1.2, zoals beschreven in Bolt et al. (2022). Dit instrumentarium is opgebouwd uit de deelmodellen ANIMO, MT3DMS en KRW-Verkenner.

Binnen de KRW-Verkenner maken we onderscheid tussen de KRW-Verkenner software en het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM), die beide een eigen versienummer hebben. In deze studie is gebruik gemaakt van LKM 2.5 en de KRW-verkenner software versie 2.4 (Linden et al., 2021a). Tijdens de Ex Ante analyse Waterkwaliteit 2021 (Knoben et al., 2021) is gebruik gemaakt van dezelfde software en dezelfde LKM versie (Linden et al., 2021b).

2.2 Ecologische module

In KRW-Verkenner 2.4 zijn 3 ecologische modules beschikbaar om met behulp van regionale ecologische kennisregels de Ecologische KwaliteitsRatio (EKR score, tussen 0 = slecht en 1 = zeer goed) van vier biologische kwaliteitselementen (fytoplankton, overige waterflora, macrofauna en vis) te voorspellen op basis van abiotische karakteristieken van een waterlichaam. Voor de ecologie berekeningen in dit project is gebruik gemaakt van de module die het beste presteert, de Random Forest module (Linden et al., 2021a). Ook in de Ex Ante analyse Waterkwaliteit is alleen gebruik gemaakt van de Random Forest module.

In de ecologische module worden de abiotische karakteristieken van een watertype beschreven met een set van 15 stuurvariabelen. Deze set bestaat uit verschillende fysisch-chemische en hydromorfologische stuurvariabelen (zie tabel 2.1). Per watertypecluster is maar een deel van de totale set aan stuurvariabelen van belang. Een beschrijving van de stuurvariabelen is beschikbaar in Linden et al. (2021a).

Tabel 2.1 Selectie stuurvariabelen per watertypecluster, zoals opgenomen in ecologische rekenmodule KRW-Verkenner 2.4.

Watertypecluster	Oeverinrichting	Peilbeheer	Onderhoud	Connectiviteit	Beschaduwing	Meandering	Scheepvaart	Verstuwing	Doorzicht	Chloride	Fosfor totaal	Stikstof totaal	Ammonium	Toxiciteit	Biologisch zuur- stofverbruik (BZV)
Langzaam stromende beken					x	x		x			x	x	x	x	x
Snel stromende beken					x	x		x			x	x	x	x	x
Sloten	x	x	x								x	x	x	x	
Kanalen	x	x	x				x		x		x	x	x	x	
Ondiepe meren	x	x							x		x	x	x	x	
Diepe meren	x	x							x		x	x	x	x	
Zwak brakke wateren	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	
Brakke tot zoute wateren	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	
Doorstrooimoerassen					x	x		x			x	x	x	x	x
Moerasbeken					x	x		x			x	x	x	x	x

Meer informatie over de kwaliteit van de voorspellingen (*model performance*) die kunnen worden gedaan met de Random Forest module is te vinden in Linden et al. (2021a) en in Bijlage A. Een vergelijking van de *model performance* van de Random Forest module met een tiental andere *machine learning* technieken is beschreven in Visser et al. (2022).

3 Opzet scenarioberekeningen

Voor deze studie is zoveel mogelijk aangesloten bij en gebruik gemaakt van de data zoals gebruikt voor de Ex Ante analyse Waterkwaliteit 2021 (Ex Ante 2021, zie Linden et al., 2021b). De scenarioberekeningen zijn gecombineerd met de variant *Voorzien* voor het zichtjaar 2027 uit de Ex Ante 2021. De effecten van het voorgenomen beleid zijn dus meegenomen in alle scenario's. De focus van dit project ligt op de vraag: wat is de impact van bepaalde stuurvariabelen (zoals toxiciteit, nutriënten) op de restopgave (of doelgat) in 2027 na uitvoering van de voorziene maatregelen? Mogelijke aanvullende maatregelen of nieuw beleid, zoals het addendum 7^e NAP, die nog niet in de Ex Ante waren meegenomen, zijn dus ook geen onderdeel geweest van dit project.

Per KRW-waterlichaam zijn voor scenario A t/m C voor het zichtjaar 2027 de scores voor de Ecologische Kwaliteitsratio's (EKR's) van de vier kwaliteitselementen van de KRW berekend: fytoplankton, macrofauna, overige waterflora en vis.

Naast de scenario's A, B en C voor biologie is er een apart scenario, scenario D, doorgerekend om per KRW-waterlichaam het doelbereik van stikstof-totaal (N-totaal) en fosfor-totaal (P-totaal) voor het zichtjaar 2027 te bepalen. Hierbij is geen doorvertaling gemaakt naar de biologie. Scenario D is dus een ander type scenario en wordt in de Hoofdstukken 4 en 5 dan ook apart weergegeven.

A Nutriënten op orde

Voor deze variant is gebruik gemaakt van de dataset van de ecologische stuurvariabelen vanuit de Ex Ante 2021 voor de variant *Voorzien 2027*, waarbij voor alle (regionale) waterlichamen de stuurvariabelen totaal stikstof en totaal fosfor, daar waar die hoger zijn dan de norm, zijn afgetoet op het niveau van de normen voor het betreffende waterlichaam (IHW, 2021). Waarden die in de variant *Voorzien 2027* al voldoen aan de norm, zijn niet aangepast (dus geen "normopvulling"). Met de Random Forest module zijn vervolgens de EKR's voor de 4 verschillende kwaliteitselementen opnieuw berekend. Andere stuurvariabelen dan totaal stikstof en totaal fosfor zijn niet aangepast in dit scenario om de vergelijking tussen de scenario's zo zuiver mogelijk te houden.

B Chemie op orde

Voor deze variant is eveneens gebruik gemaakt van de dataset van de ecologische stuurvariabelen vanuit de Ex Ante 2021 voor de variant *Voorzien 2027*, waarbij voor alle (regionale) waterlichamen de stuurvariabelen, die niet (hydro)morfologisch zijn op de norm zijn gezet (exclusief totaal stikstof en totaal fosfor). De hier gehanteerde aanpak en gebruikte normen sluiten aan bij wat RHDHV de afgelopen jaren in een aantal regiostudies voor de waterschappen heeft uitgevoerd voor het bepalen van de biologische GEP's ('waterkwaliteit op orde'). Dit maakt het gemakkelijker de uitkomsten te vergelijken met de uitkomsten van de regiostudies. In deze variant zijn de volgende vijf stuurvariabelen aangepast t.o.v. de Ex Ante 2021:

- **Toxiciteit** is op 0 gezet. We nemen aan dat er geen schadelijke stoffen in het oppervlaktewater zitten.
- **Ammonium** (is in de KRW-Verkenner berekeningen geen onderdeel van de stuurvariabele toxiciteit) is afgetoet op de gestandaardiseerde norm. Hiervoor is (in overleg met RHDHV) 0,304 mg N/l aangehouden. De KRW-toetsing werkt met een normfractie en een correctie voor pH en temperatuur. Bij standaardomstandigheden (pH 7 en T 20 graden) voldoe je met 0,304 mg N/l aan de norm.

- **Biologisch zuurstofverbruik (BZV)** is afgetoet op een waarde van 3 mg/l. Dit geldt alleen voor de R-type wateren. De oude werknorm voor R-type wateren is 5 mg/l, maar omdat er tussen de 3 en 5 mg/l door RHDHV in beken nog wel ecologische effecten worden gezien zijn EKR's van 0,6 en hoger niet haalbaar.
- **Doorzicht** op de norm (watertype afhankelijk).
- **Chloride** (alleen relevant voor de M30 en M31 watertypen) is binnen de range van de norm gebracht. De normen zijn ranges met een minimum en een maximum. Wanneer een waarde boven het maximum lag, hebben we deze teruggebracht naar het maximum, wanneer een waarde onder het minimum lag, hebben we deze teruggebracht naar het minimum.

Met de Random Forest module zijn vervolgens de EKR's voor de 4 verschillende kwaliteitselementen opnieuw berekend.

C Waterkwaliteit op orde

In deze variant worden de aannames van scenario A en B gecombineerd, waardoor een beeld kan worden gegeven van de gezamenlijke effecten van beide scenario's. Met de Random Forest module zijn vervolgens de EKR's voor de 4 verschillende kwaliteitselementen opnieuw berekend.

D Buitenland voldoet aan de Nederlandse normen

Dit scenario is als aparte variant doorgerekend, waarbij alleen gerekend is voor de nutriënten. De resultaten van dit scenario zijn niet opgenomen in het combinatie scenario C omdat het deels overlapt met scenario A. Immers, wanneer je in scenario A oplegt dat de Nederlandse wateren allemaal aan de (Nederlandse) normen voor de nutriënten voldoen, maakt het niet meer uit welke concentratie het vanuit het buitenland aangevoerde water heeft. Voor dit scenario is opnieuw gerekend met het LKM (ook voor dit scenario hebben we invoerdata van de variant *Voorzien 2027* uit de Ex Ante 2021 opgepakt), waarbij we de concentraties voor de nutriënten van de buitenlandse aanvoer hebben aangepast. In de Ex Ante *Voorzien 2027* zijn voor de buitenlandse aanvoer de door het buitenland zelf verwachte concentraties meegenomen. In dit nieuwe scenario zijn die vervangen door de Nederlandse normen in de aangrenzende waterlichamen. Dit is gedaan zowel voor de Rijkswateren als voor de regionale wateren. De toegepaste concentraties in de Ex Ante 2021 en deze studie worden getoond in Bijlage B. De berekende nutriëntenconcentraties zijn vervolgens vergeleken met de doelen. Dit scenario is niet verder doorvertaald naar effecten op de biologie, omdat dit scenario deels overlapt met scenario A.

4 Resultaten

4.1 Waterkwaliteit op orde

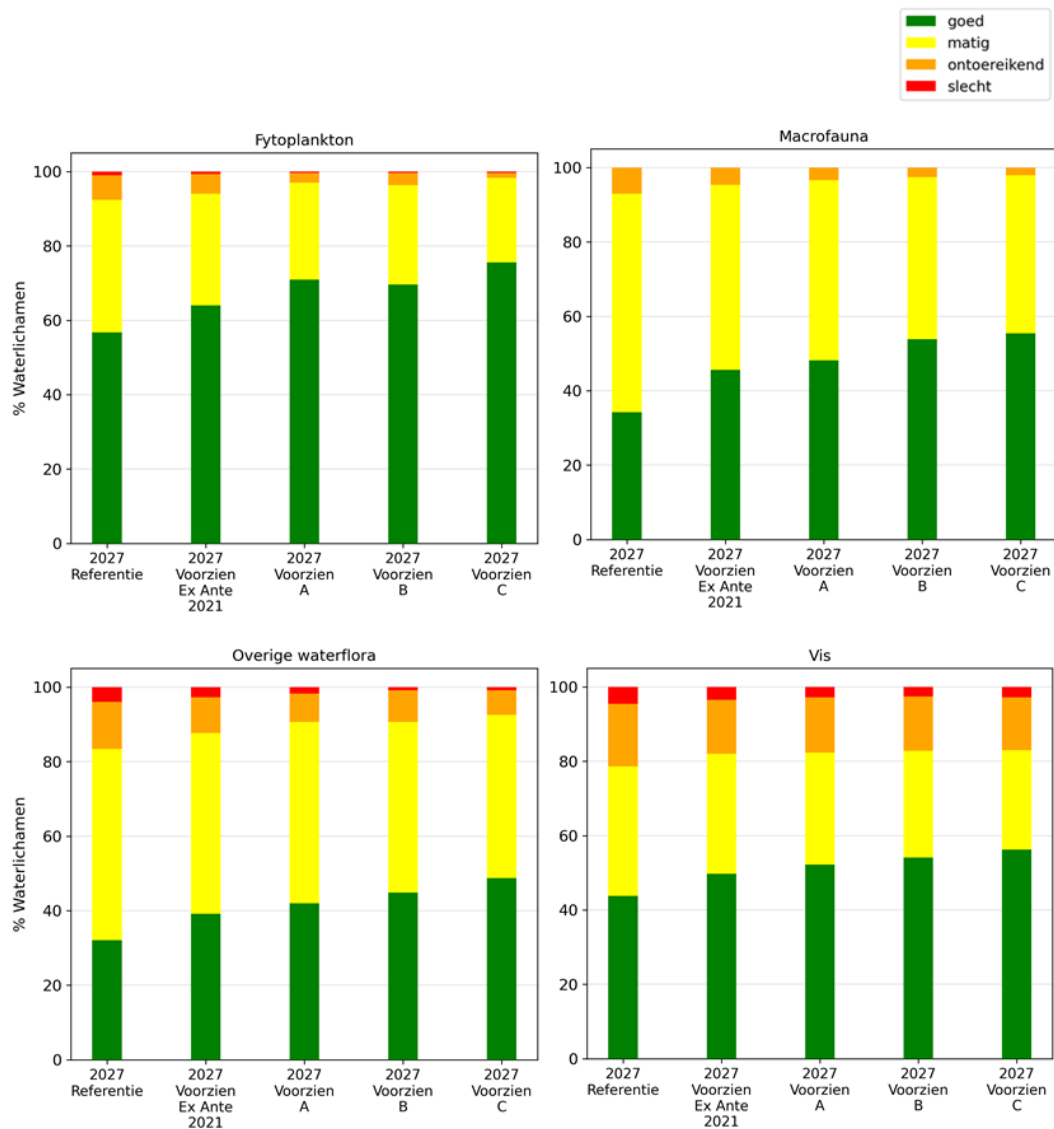
4.1.1 Landelijk overzicht

De EKR scores voor de vier biologische kwaliteitselementen berekend voor de drie scenario's A (*nutriënten op orde*), B (*chemie op orde*) en C (*waterkwaliteit op orde*) zijn getoetst aan de biologische normen per KRW-waterlichaam voor de regionale wateren. De percentages waterlichamen in de verschillende KRW-klassen worden weergegeven in tabelvorm en in staafdiagrammen. In Hoofdstuk 5 wordt de analyse van de resultaten beschreven.

Figuur 4.1 toont het landelijke oordeel per biologisch kwaliteitselement voor de drie scenario's A, B en C. Ter vergelijking zijn twee scenario's van de Ex Ante 2021 toegevoegd, Referentie en Voorzien (hier genoemd *Voorzien Ex Ante 2021*). Het aantal regionale waterlichamen dat het oordeel *goed* krijgt voor de biologische kwaliteitselementen lag voor de Ex Ante 2021 variant *Voorzien* rond 40 tot 64%, afhankelijk van het element.

Samenvattend zien we dat voor 3 van de 4 kwaliteitselementen in het scenario C (*waterkwaliteit op orde*) maar ongeveer voor de helft van de waterlichamen de toestand goed wordt bereikt (het gestelde doel haalt). Fytoplankton is daarbij het kwaliteitselement dat het meest gevoelig is voor nutriënten, en daar zijn dan ook de grootste verbeteringen te zien in scenario A, B en C.

In Tabel 4.1 is per kwaliteitselement aangegeven hoeveel waterlichamen in de verschillende KRW-klassen (*goed*, *matig*, *ontoereikend* en *slecht*) vallen.



Figuur 4.1 Oordeel per biologisch kwaliteitselement voor de regionale wateren voor scenario A, B en C. Ter vergelijking zijn twee scenario's van de Ex Ante 2021 toegevoegd, Referentie en Voorzien (hier genoemd Voorzien Ex Ante 2021).

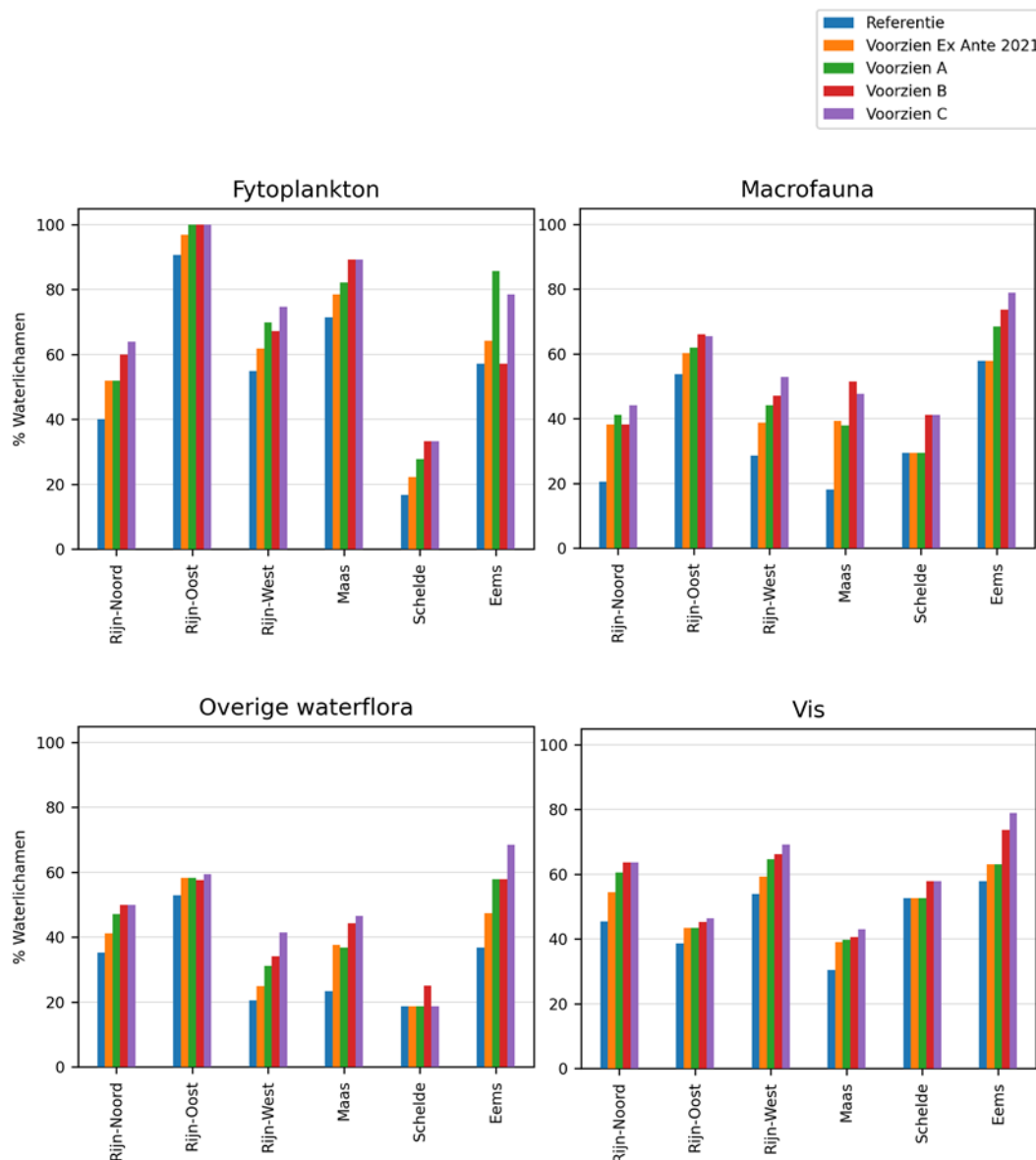
Tabel 4.1 Percentage regionale waterlichamen per KRW klasse. Ter vergelijking zijn twee scenario's van de Ex Ante 2021 toegevoegd, Referentie en Voorzien (hier genoemd Voorzien Ex Ante 2021).

Kwaliteitselement	Klasse	Referentie (2027)	Voorzien Ex Ante 2021 (2027)	Voorzien A Nutriënten (2027)	Voorzien B Chemie (2027)	Voorzien C Waterkwaliteit (2027)
Fytoplankton	Goed	56,8	64,0	71,0	69,6	75,6
Fytoplankton	Matig	35,6	30,0	26,1	26,7	22,8
Fytoplankton	Ontoereikend	6,6	5,3	2,6	3,3	1,3
Fytoplankton	Slecht	1,0	0,7	0,3	0,3	0,3
Overige waterflora	Goed	32,1	39,2	41,9	44,9	48,7
Overige waterflora	Matig	51,3	48,5	48,7	45,8	43,8
Overige waterflora	Ontoereikend	12,7	9,5	7,6	8,5	6,6
Overige waterflora	Slecht	4,0	2,8	1,7	0,9	0,9
Macrofauna	Goed	34,2	45,6	48,2	53,9	55,4
Macrofauna	Matig	58,7	49,7	48,4	43,5	42,5
Macrofauna	Ontoereikend	7,1	4,7	3,5	2,6	2,1
Macrofauna	Slecht	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vis	Goed	43,6	49,7	52,2	54,1	56,2
Vis	Matig	34,9	32,2	30,1	28,7	26,8
Vis	Ontoereikend	17,0	14,5	14,9	14,5	14,2
Vis	Slecht	4,6	3,5	2,8	2,6	2,8

4.1.2 Overzicht per deelstroomgebied district

Per deelstroomgebied district zijn er grote verschillen in het doelbereik in de verschillende scenario's (zie Figuur 4.2) maar dit was ook al het geval in de scenario's Referentie en Voorzien Ex Ante 2021. Wanneer we de nieuwe scenario's vergelijken met Voorzien Ex Ante 2021 vallen de volgende resultaten op:

- Voor de Schelde is het doelbereik het laagst in zowel de Ex Ante 2021 als scenario A, B en C voor alle kwaliteitselementen.
- Voor de Schelde zien we alleen voor fytoplankton een verandering bij scenario A.
- Het doelbereik voor waterflora is het laagst in vergelijking met de andere kwaliteitselementen voor de scenario's A, B en C in alle deelstroomgebieden.
- Doelbereik voor fytoplankton in deelstroomgebied district Rijn-Oost neemt in alle drie de scenario's toe tot 100%.
- Fytoplankton in het stroomgebied Eems laat een grote stijging in doelbereik zien voor scenario A (ca. 21%), maar laat een lichte daling zien voor scenario B t.o.v. Voorzien Ex Ante 2021. Deze daling is te verklaren doordat een klein aantal waterlichamen in Voorzien Ex Ante 2021 net onder de norm lagen en na aanpassing van de stuurvariabelen er net boven liggen. Dit valt hier vooral op omdat er weinig waterlichamen in dit stroomgebied liggen.



Figuur 4.2 Aandeel regionale waterlichamen dat voldoet aan het gestelde doel voor elk biologisch kwaliteitselement per scenario en per deelstroomgebied district. Ter vergelijking zijn twee scenario's van de Ex Ante 2021 toegevoegd, Referentie en Voorzien (hier genoemd Voorzien Ex Ante 2021).

4.2 Buitenland op de norm

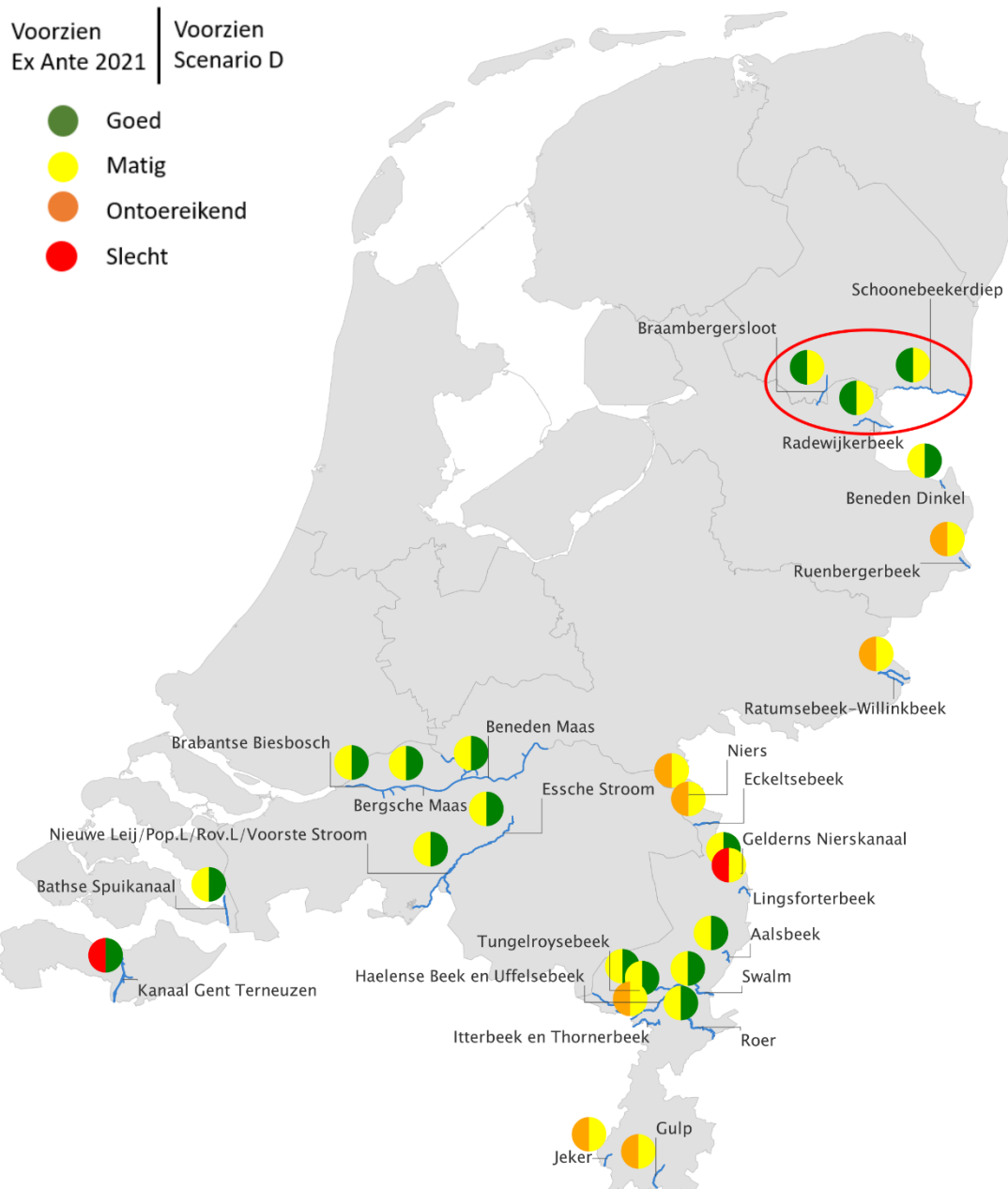
In scenario *D Buitenland op de norm* ligt de focus alleen op de nutriënten in het oppervlaktewater. In dit scenario is aangenomen dat alle grensoverschrijdende wateren voldoen aan de Nederlandse normen om inzicht te krijgen in wat dit zou betekenen voor de Nederlandse waterkwaliteit en de resterende opgave. De berekende nutriëntenconcentraties voor scenario D zijn getoetst aan de doelstellingen voor zomergemiddelde totaal stikstof (N-totaal) en zomergemiddelde totaal fosfor (P-totaal) per KRW-waterlichaam. De berekeningsresultaten in de vorm van percentages waterlichamen in de verschillende KRW-classes zijn voor de drie varianten weergegeven in tabelvorm en in staafdiagrammen (zie Tabel 4.2 en Figuur 4.5, pagina 20). Ter vergelijking zijn ook de berekeningsresultaten van twee Ex Ante 2021 scenario's opgenomen, 2027 *Referentie* en 2027 *Voorzien* (Linden et al., 2021b).

Voor de variant *Voorzien* in de Ex Ante 2021 zijn door de buitenlandse partners verwachte reducties van de buitenlandse aanvoer aangehouden, terwijl voor scenario D van de Quick win de buitenlandse aanvoer op de Nederlandse norm is gezet. Alle andere emissies binnen Nederland zijn in deze varianten zijn gelijk.

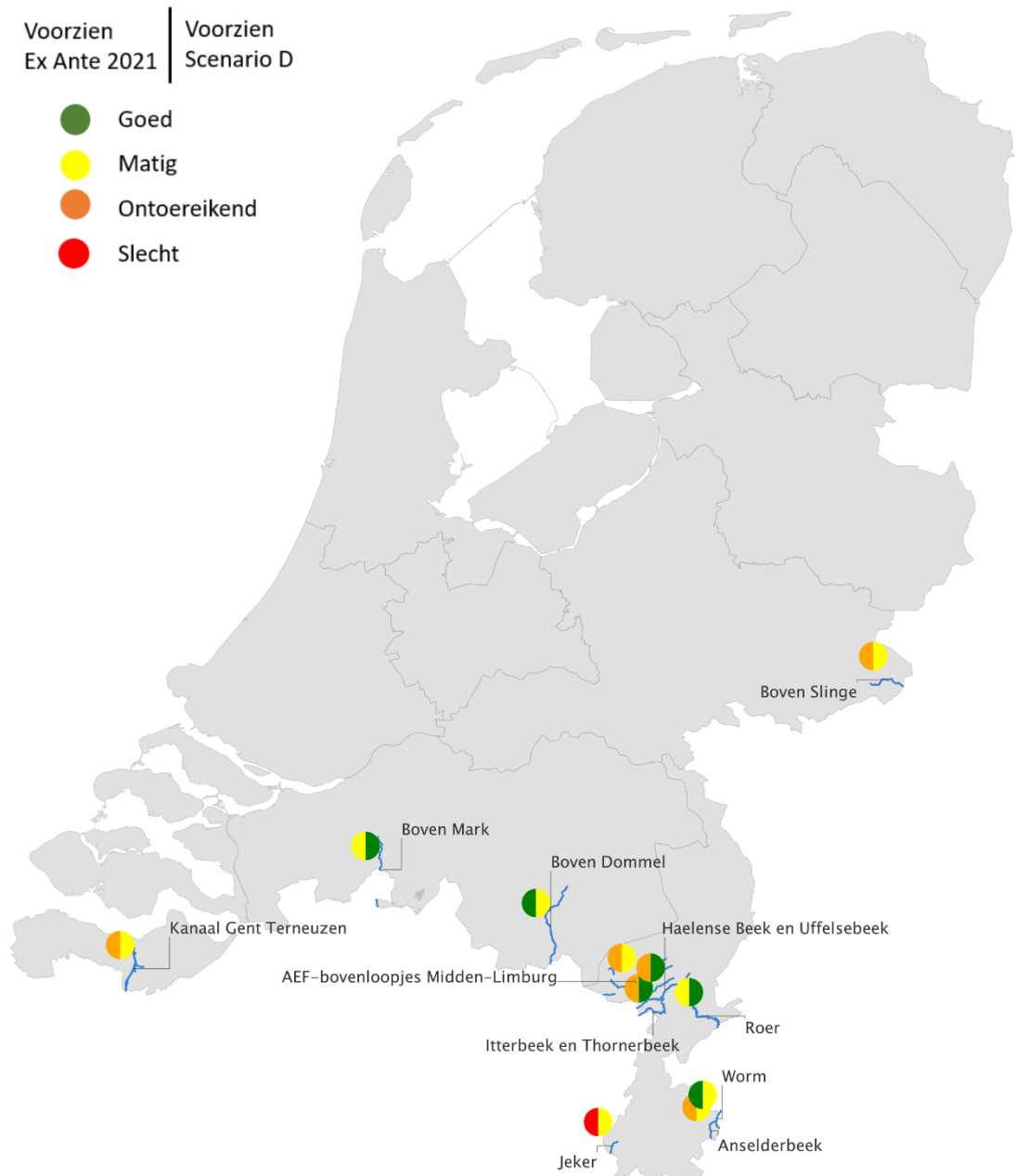
4.2.1 Landelijk overzicht

Wanneer het buitenland voldoet aan de Nederlandse normen zien we over het algemeen een verbetering in de nutriëntenconcentratie in de grensoverschrijdende waterlichamen ten opzichte van het *Voorzien Ex Ante 2021*, die in een aantal gevallen ook tot een verandering van oordeel voor een waterlichaam leidt (Figuur 4.3 en Figuur 4.4). Ca. 3% van de waterlichamen verandert van oordeel voor N-totaal en ca. 1% voor P-totaal. Het kan ook voorkomen dat de ingeschatte reductie door de buitenlandse partners (gebruikt voor inschatting buitenlandse aanvoer in *Voorzien Ex Ante 2021*) groter is dan nodig is om de Nederlandse norm te bereiken (Figuur 4.3). In dit geval zijn de berekende concentraties in *Voorzien D* hoger dan in *Voorzien Ex Ante 2021* en kan het leiden tot relatieve verslechtering in klasse. Voor N-totaal zijn dat 3 waterlichamen, die in Figuur 4.3 met een rode cirkel zijn aangegeven.

Voor de grote grensoverschrijdende rivieren Rijn en Maas zien we zowel voor N-totaal als voor P-totaal geen verandering van klasse optreden in de variant D.



Figuur 4.3 N-totaal: Waterlichamen met een verandering in oordeel van 1 of meer klassen tussen Voorzien Ex Ante 2021 en scenario D. De linkerhelft van de bolletjes geeft het oordeel voor Voorzien Ex Ante 2021 en de rechterhelft het oordeel voor scenario D. Hieruit kan worden afgeleid of de toestand verbeterd of verslechterd. In deze kaart worden alleen de waterlichamen getoond die een verandering in oordeel laten zien. Voor de 3 waterlichamen in de rode cirkel is een relatieve achteruitgang te zien, voor de overige getoonde waterlichamen een verbetering.

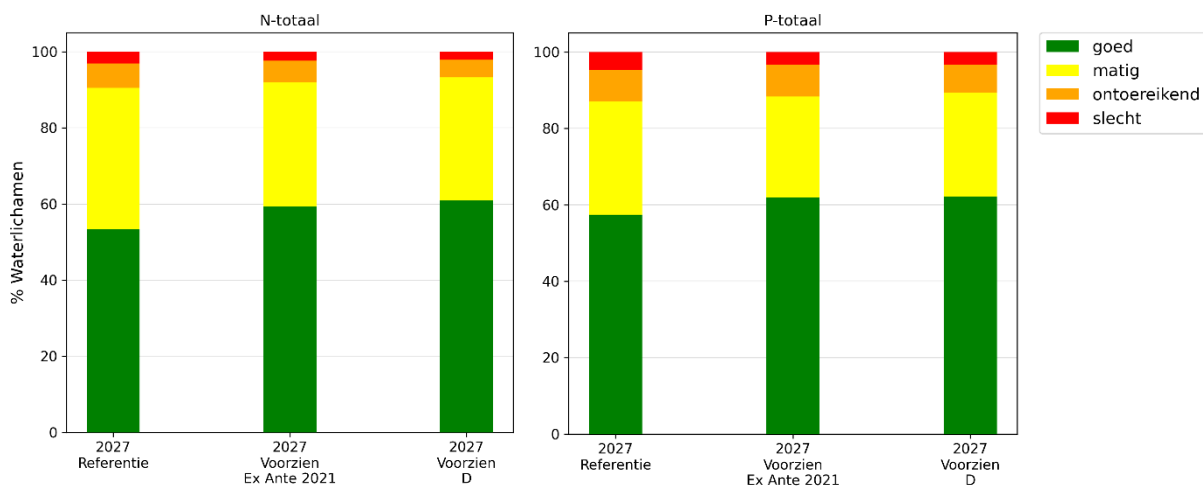


Figuur 4.4 P-totaal: Waterlichamen met een verandering in oordeel van 1 of meer klassen tussen Voorzien Ex Ante 2021 en scenario D. De linkerhelft van de bolletjes geeft het oordeel voor Voorzien Ex Ante 2021 en de rechterhelft het oordeel voor scenario D. Voor 2 waterlichamen (de Boven Dommel en de Worm) is een relatieve achteruitgang te zien, voor de overige getoonde waterlichamen een verbetering.

Tabel 4.2 en Figuur 4.5 tonen de landelijke berekeningsresultaten en geven het percentage waterlichamen per KRW-klasse voor de toestand van N-totaal en P-totaal weer. Landelijk zien we voor zowel N-totaal als P-totaal een geringe verbetering in *Voorzien D* ten opzichte van *Voorzien Ex Ante 2021*. Voor N-totaal ligt het percentage *Goed* ca. 1,5% hoger (gelijk aan 11 waterlichamen) en voor P-totaal ca. 0,3% (gelijk aan 2 waterlichamen). Ook in de andere klassen is maar een kleine verschuiving te zien.

Tabel 4.2 Percentage waterlichamen per KRW klasse N-totaal en P-totaal.

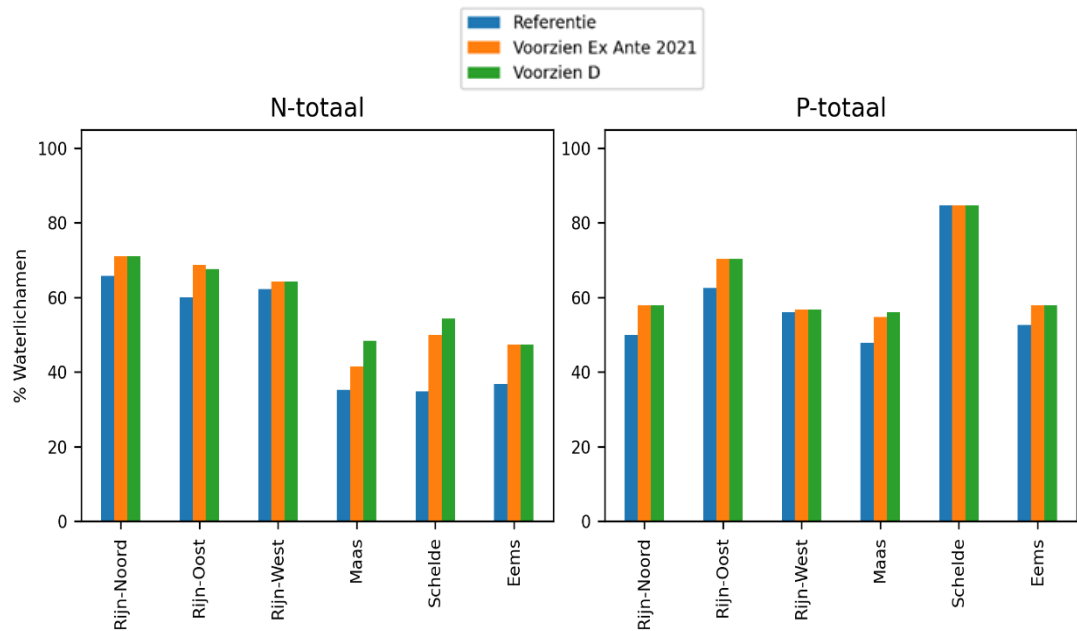
Stof	Klasse	Referentie (2027)	Voorzien Ex Ante 2021 (2027)	Voorzien D (2027)
N	Goed	53,4	59,4	60,9
N	Matig	37,1	32,6	32,4
N	Ontoereikend	6,4	5,6	4,6
N	Slecht	3,1	2,4	2,1
P	Goed	57,4	61,9	62,2
P	Matig	29,6	26,5	27,2
P	Ontoereikend	8,3	8,3	7,4
P	Slecht	4,8	3,4	3,2



Figuur 4.5 Percentage waterlichamen (regionale en Rijkswateren) per KRW klasse voor de scenario D. Ter vergelijking zijn twee scenario's van de Ex Ante 2021 toegevoegd, Referentie en Voorzien (hier genoemd Voorzien Ex Ante 2021).

4.2.2 Overzicht per deelstroomgebied district

In de Figuur 4.6 is het aantal waterlichamen dat in scenario D voldoet aan de nutriëntenormen uitgesplitst naar deelstroomgebied district. Deze figuur laat zien dat de resterende opgave verschilt per stroomgebied. De verklaring van de verschillen tussen de deelstroomgebied districten komt overeen met de locaties van de waterlichamen waar veranderingen van klasse optreden in scenario D (zie Figuur 4.3 en Figuur 4.4).



Figuur 4.6 Aandeel waterlichamen per deelstroomgebied district dat voldoet aan de nutriëtnormen (doelbereik) voor de varianten Referentie en Voorzien Ex Ante 2021 en scenario D. Links: N-totaal en rechts: P-totaal.

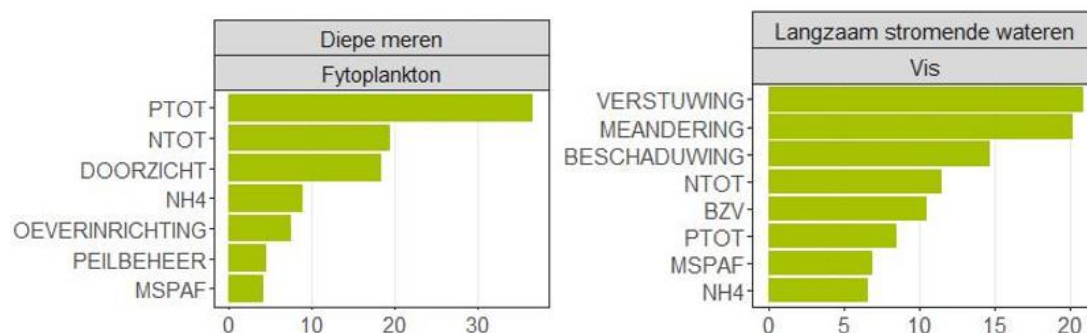
5 Analyse en discussie

5.1 Waterkwaliteit op orde

5.1.1 Doelbereik

De resultaten van de scenarioberekeningen tonen voor zowel scenario A, B als C landelijk een verbetering in het doelbereik. Daarnaast tonen de resultaten dat het behalen van de nutriëntennormen (scenario A) met name voor fytoplankton het meeste effect heeft. Voor de andere kwaliteitselementen hebben verbeteringen in de chemische toestand meer effect.

Dat verbeteringen in de chemische stuurvariabelen van wisselende invloed zijn op de EKR scores is te verwachten als gekeken wordt naar *feature importance* van de ecologische kennisregels (Linden et al., 2021a). De *feature importance* geeft de invloed van stuurvariabelen op de voorspelde EKR score weer. Figuur 5.1 toont als voorbeeld de *feature importance* voor twee EKR kwaliteitselementen Fytoplankton in Diepe meren en Vis in Langzaam stromende wateren. Een langere lengte van de balk betekent dat een variabele meer bijdraagt. De *feature importance* grafieken tonen aan dat nutriënten de belangrijkste variabele voor Fytoplankton in diepe meren is. Voor Vis in langzaam stromende wateren, zijn juist de hydromorfologische stuurvariabelen, verstuwung en meandering, de belangrijkste sturende variabelen. Voor een compleet overzicht van de *feature importance* voor alle combinaties van watertype clusters en kwaliteitselementen verwijzen we naar Linden et al. (2021a).



Figuur 5.1 Bijdrage van iedere stuurvariabele aan de EKR score (*feature importance*) als voorbeeld voor twee combinaties van biologisch kwaliteitselement-watertypecluster: Fytoplankton in diepe meren (links) en Vis in langzaam stromende wateren (rechts). De lengte van de balk geeft aan hoeveel een variabele bijdraagt, waarbij een langere balk meer bijdrage betekent. Bron: Linden et al., 2021a.

De scenario's A, B en C leiden voor alle vier de kwaliteitselementen echter niet tot volledig doelbereik. Om te verklaren hoe dit komt en meer inzicht te krijgen in de verbeteringen tussen de scenario's zijn aanvullende analyses uitgevoerd.

5.1.2 Normfracties

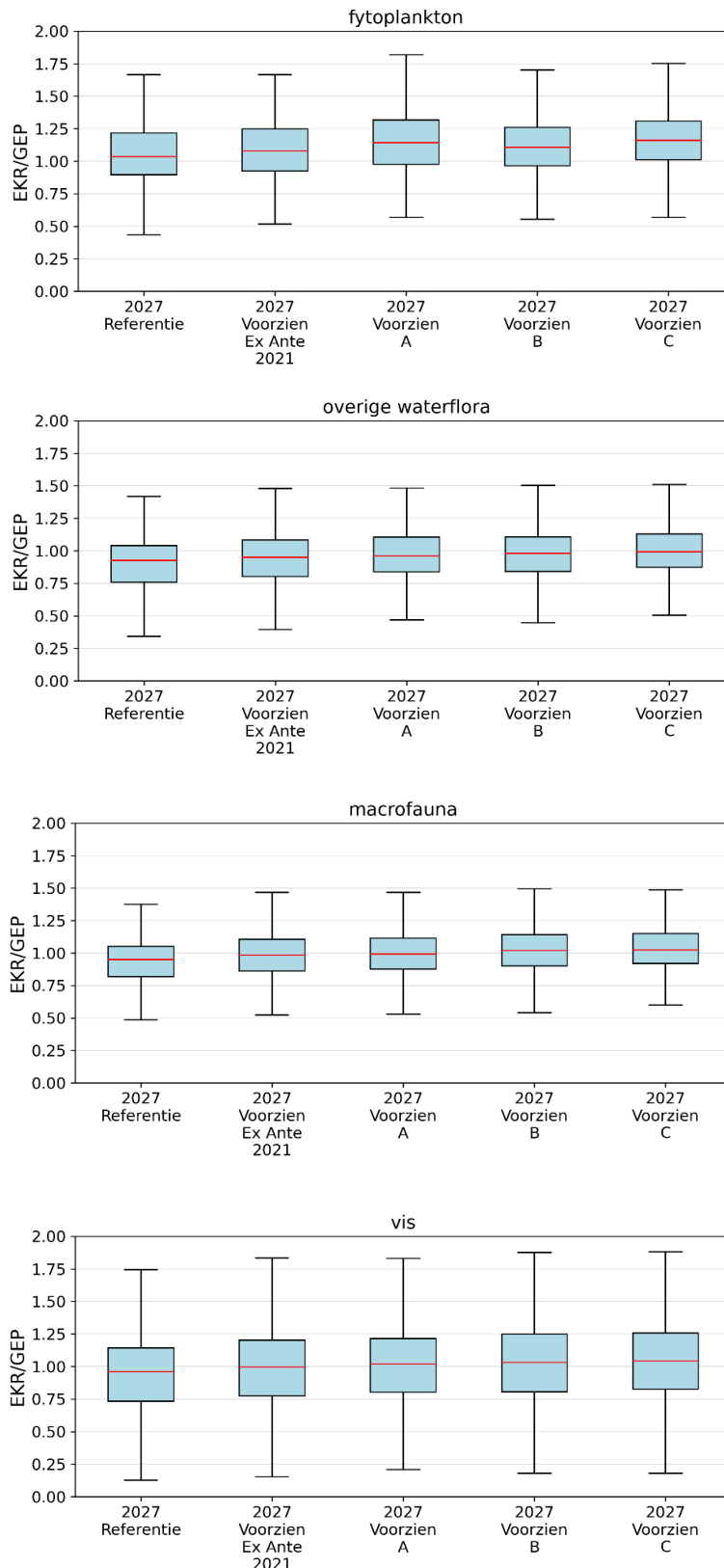
Om de verbeteringen tussen de scenario's te verklaren, is gekeken naar de verhouding EKR score/GEP per waterlichaam. Dit is feitelijk een 'normfractie'. Een getal boven de één betekent dan dat de berekende EKR boven de GEP ligt en dat het waterlichaam dus voldoet en een getal onder de één dat het waterlichaam niet voldoet voor het betreffende kwaliteitselement.

Figuur 5.2 toont de spreiding in de normfractie over alle regionale waterlichamen voor de verschillende scenario's. In de modeluitkomsten komt het ook voor dat de verhouding ruim boven de één uitkomt. In dat geval is de EKR dus hoger dan het doel dat met de GEP is gesteld.

Wat hier opvalt, is dat de mediane waarde van de normfractie voor alle kwaliteitselementen al in de Referentie hoog is, tussen de 0,9 en de 1,0. Dit betekent dat voor dat scenario er al ongeveer evenveel waterlichamen boven de GEP uitkomen, als eronder liggen. Dit betekent dat veel waterlichamen vlak boven of vlak onder de norm liggen. Dit nuanceert het beeld van het beperkte doelbereik in Figuur 4.1. In die figuur ontbreekt het inzicht in het grote aantal waterlichamen dat al boven de GEP scoort. In feite zou je kunnen zeggen dat we voor de getoonde regionale waterlichamen al in de Referentie situatie gemiddeld (bijna) het doel bereiken.

In het scenario Voorzien Ex Ante 2021 zien we voor alle kwaliteitselementen de mediaan van de normfractie nog zo'n 0,05-0,10 EKR/GEP stijgen ten opzichte van de Referentie. Uit deze figuren is niet op te maken of deze stijging van het gemiddelde vooral wordt veroorzaakt door een grote stijging van een beperkt aantal waterlichamen of een kleinere stijging, die is verdeeld over meer waterlichamen. Een aanvullende analyse met een histogram-verdeling van aantallen waterlichamen naar omvang van normfractie-wijziging zou hier meer inzicht in kunnen geven.

Voor de aanvullende scenario's stijgt de mediane normfractie nog enigszins ten opzichte van Voorzien Ex Ante 2021, tot ongeveer 1,0 bij de meeste kwaliteitselementen en tot ca. 1,15 voor Fytoplankton.



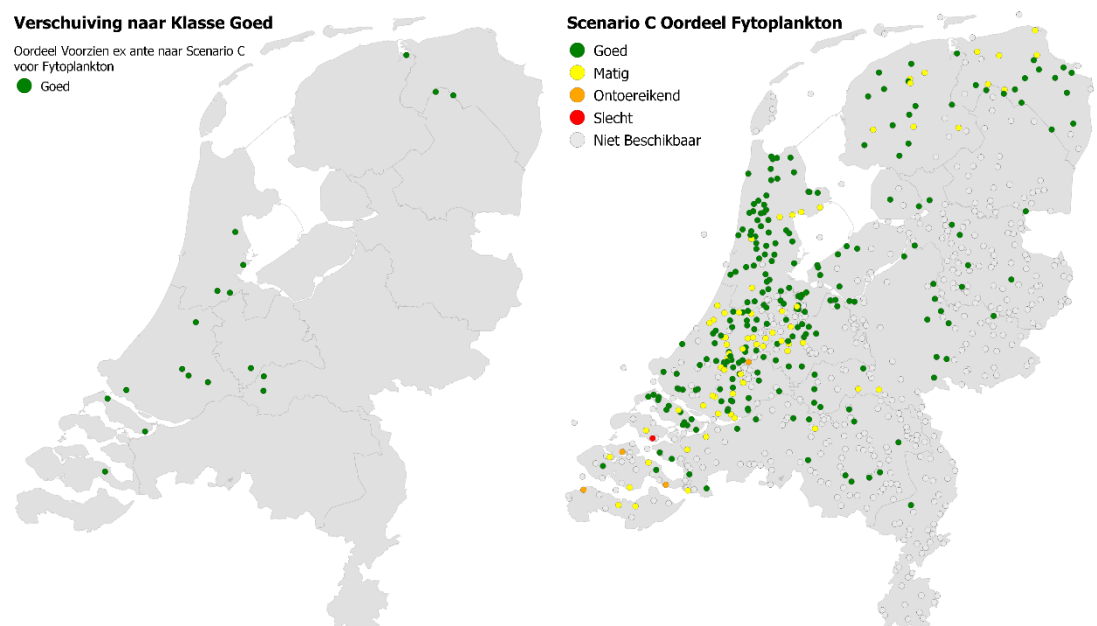
Figuur 5.2 Spreiding en verandering in de normfractie (verhouding tussen EKR/GEP) tussen de scenario's voor de vier kwaliteitselementen. Waterlichamen met een normfractie kleiner dan één voldoen niet, en met een normfractie boven één voldoen wel. De boxplots geven het eerste kwartiel (blauw), mediaan (rode lijn) en derde kwartiel weer (zwarte dwarslijn). De error bars met de horizontale streepjes tonen de minimum en maximum waarde.

5.1.3 Ruimtelijk beeld

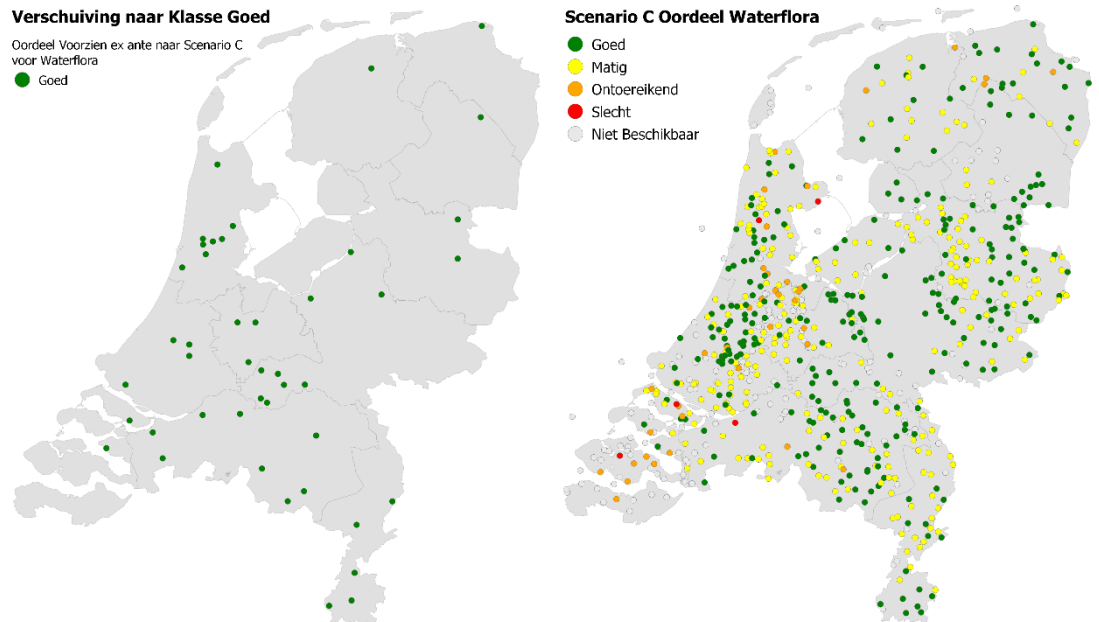
In de onderstaande figuren (Figuur 5.3, Figuur 5.4, Figuur 5.4 en Figuur 5.5) is voor elk van de kwaliteitselementen links weergegeven op welke locaties waterlichamen veranderen van klasse *slecht*, *ontoereikend* of *matig* naar *goed* in scenario C ten opzichte van scenario Voorzien Ex Ante 2021. In de rechterfiguren is steeds het oordeel per waterlichaam in scenario C weergegeven.

We zien dat de verbeteringen naar klasse *goed* bij alle kwaliteitselementen verspreid over Nederland voorkomen en een beperkt aantal waterlichamen betreft.

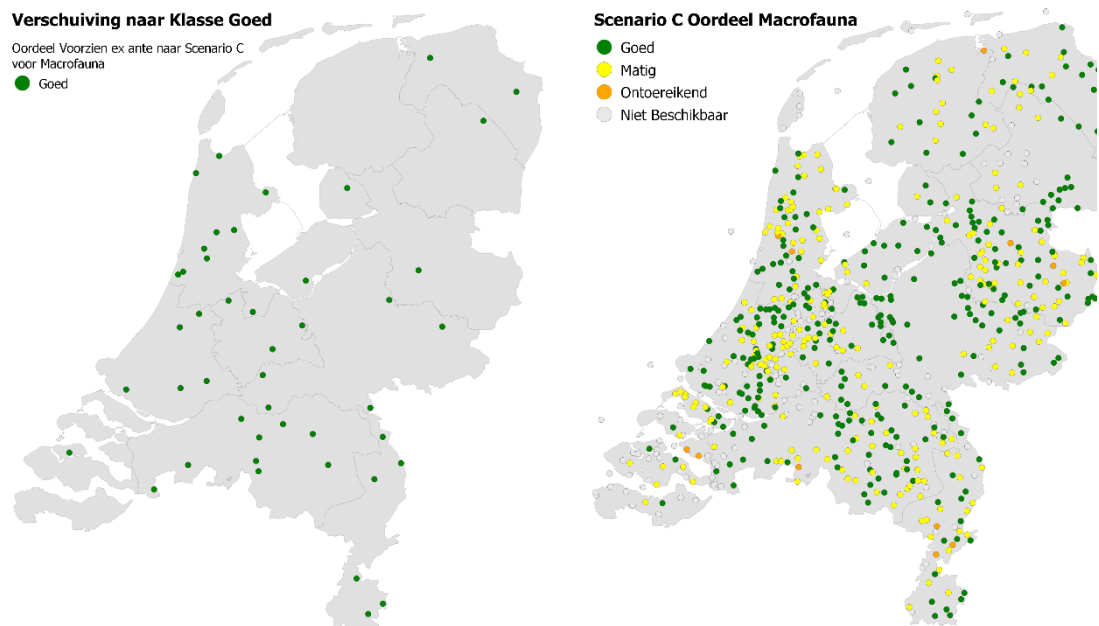
Het oordeel voor Fytoplankton is het beste van de vier kwaliteitselementen en toont het minste waterlichamen in de klassen *slecht* en *ontoereikend* (die vooral in Zeeland voorkomen). Verbeteringen voor Fytoplankton zien we vooral in West-Nederland met stilstaande wateren en hoge nutriëntenconcentraties. Voor Overige waterflora zien we een ander beeld: meer waterlichamen met het oordeel *slecht* of *ontoereikend* (vooral in Zeeland en West-Nederland) en meer verspreid over Nederland waterlichamen met het oordeel *matig*. We zien geen oordelen *slecht* voor de Macrofauna en vooral in de grensstreken nog oordelen *ontoereikend*. Voor Vis valt vooral op dat er veel waterlichamen in de klassen *ontoereikend* en *slecht* voorkomen in de beeksystemen van Oost- en Zuid-Nederland. Dit is een aanwijzing dat niet zozeer de nutriënten of de chemie een probleem zijn in de stromende wateren, maar de hydromorfologie.



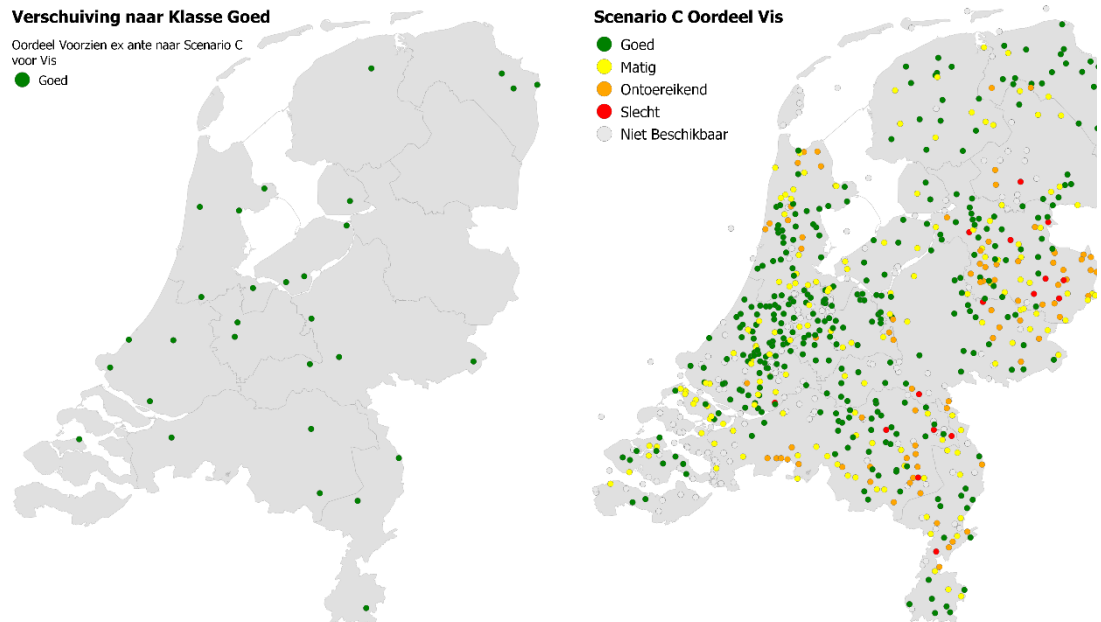
Figuur 5.3 Fytoplankton: Waterlichamen met een verschuiving naar het oordeel goed van Voorzien Ex Ante 2021 en scenario C (links). Het oordeel voor scenario C (waterkwaliteit op orde) per waterlichaam (rechts).



Figuur 5.4 Overige waterflora: Waterlichamen met een verschuiving naar het oordeel goed van Voorzien Ex Ante 2021 en scenario C (links). Het oordeel voor scenario C (waterkwaliteit op orde) per waterlichaam (rechts).



Figuur 5.5 Macrofauna: Waterlichamen met een verschuiving naar het oordeel goed van Voorzien Ex Ante 2021 en scenario C (links). Het oordeel voor scenario C (waterkwaliteit op orde) per waterlichaam (rechts).



Figuur 5.6 Vis: Waterlichamen met een verschuiving naar het oordeel goed van Voorzien Ex Ante 2021 en scenario C (links). Het oordeel voor scenario C (waterkwaliteit op orde) per waterlichaam (rechts).

5.1.4 Gevoeligheidsanalyse

Een mogelijke oorzaak voor het niet halen van 100% doelbereik bij scenario C zou kunnen zijn dat de nutriëntenorm niet optimaal matcht met de biologische doelen. Wanneer we de nutriëntconcentraties in de modelberekening onder de norm leggen en vervolgens zien dat het biologisch doelbereik nog omhoog gaat, dan waren de normen voor de nutriënten blijkbaar nog wel beperkend voor het doelbereik. Je zou dan kunnen zeggen dat de normen te hoog waren. Daarom is in deze studie een extra subvariant (scenario A halve norm) doorgerekend waarin de nutriëntenorm gehalveerd is om zo te kijken of bij een strengere norm voor nutriënten de biologische doelen wel gehaald zouden worden. In deze subvariant hebben we voor de aftopping een grens van 0.5 maal de norm voor de nutriënten gehanteerd (dus een strengere norm). Wanneer de waarde al onder deze grens ligt (voldoet) dan is de waarde niet aangepast. Alle andere stuurvariabelen zijn gelijk aan scenario A. Dit is een fictief en vrij extreem scenario en alleen bedoeld om te zien of en wat de effecten hiervan zijn op het doelbereik.

Scenario A halve norm toont een toename in het aantal regionale waterlichamen met het oordeel *goed* voor alle kwaliteitselementen (zie Bijlage D). Landelijk ligt het aantal regionale waterlichamen met het oordeel *goed* voor dit scenario tussen ca. 50 tot 88%, afhankelijk van het kwaliteitselement terwijl dit eerst tussen de 42 en 71% lag voor scenario C. Dit is hoger dan het doelbereik voor scenario A en suggereert dat voor een aantal waterlichamen mogelijk een te ruime (soepele) norm voor N-totaal of P-totaal wordt gehanteerd, of dat een te hoge biologische norm is vastgesteld passend bij de hydromorfologische situatie voor een aantal waterlichamen.

5.1.5 Verklaringen voor het resterend doelgat

Tabel 5.1 toont een overzicht van het percentage waterlichamen dat wel en niet voldoet in scenario C waterkwaliteit op orde. Naast de gevoeligheidsanalyse is er gekeken in hoeverre de keuzes die zijn gemaakt bij doelafleiding het resterende doelgat kunnen verklaren.

Hiervoor is stapsgewijs gekeken naar de onderstaande vijf categorieën, die op de volgende pagina's nader worden toegelicht:

- I. Afronding van de biologische doelen (binnen een marge van 0,05 EKR);
- II. Het stellen van een harde ondergrens voor de klasse *goed* ($GEP = 0,3$) bij lage EKR's ($EKR < 0,3$), bijv. voor Vis in stromende wateren ($GEP \leq 0,3$);
- III. Waterlichamen waarvoor de doelafleiding nog niet is afgerond (GEP niet definitief afgeleid);
- IV. GEP van 0,6 of hoger voor sterk veranderende wateren ($GEP \geq 0,6$);
- V. Een restcategorie voor waterlichamen die niet in de voorgaande categorieën vallen (Overige redenen).

De verschillende categorieën worden hieronder nader toegelicht.

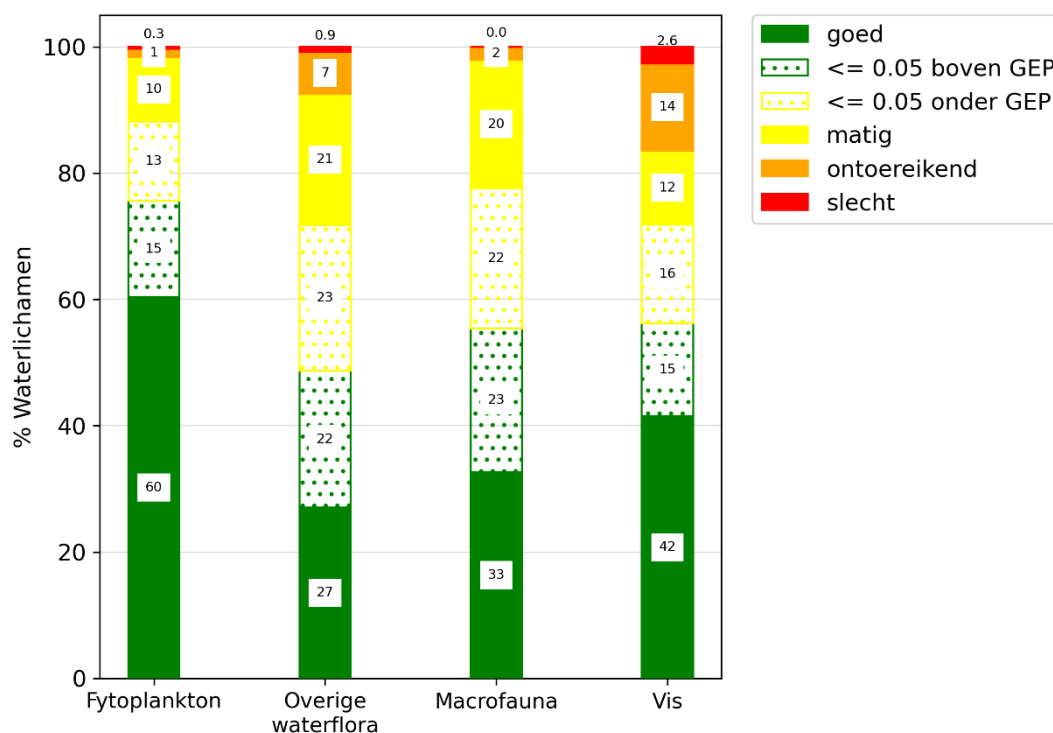
In Bijlage E1-4 is per kwaliteitselement en per watertype aangegeven hoeveel waterlichamen in de verschillende bovengenoemd categorieën vallen.

Tabel 5.1 Overzicht percentage waterlichamen die wel/niet voldoet aan de biologische doelen. De waterlichamen die niet voldoen zijn verder opgedeeld in de categorieën I) binnen 0.05 marge, II) $GEP \leq 0,3$ III) GEP niet afgeleid, IV) $GEP \geq 0,6$, V) overige redenen.

SCENARIO C				VERKLARING WAAROM NIET GOED				
Waterkwaliteits- element	aantal OWL	% goed	% niet goed	I Binnen 0,05 marge	II $GEP \leq 0,3$	III GEP niet afgeleid	IV $GEP \geq 0,6$	V Overige redenen
Fytoplankton	303	76%	24%	13%	0%	0%	7%	4%
Overige waterflora	577	49%	51%	23%	3%	0%	8%	18%
Macrofauna	579	55%	45%	22%	0%	2%	7%	14%
Vis	571	56%	44%	16%	9%	0%	6%	14%

I. Binnen een marge van 0,05 EKR

Een aanzienlijk deel van de waterlichamen hebben een EKR score die binnen een marge van 0,05 (beiden kanten) van het doel (goed ecologisch potentieel, GEP) liggen (Figuur 5.7). Met andere woorden een groot aantal waterlichamen valt net niet in de klasse *goed* (13 tot 23%, afhankelijk van het kwaliteitselement). Een vergelijkbaar percentage aan waterlichamen valt net wel in de klasse *goed* (15 tot 23%). Dit geeft aan dat er een grote onzekerheidsmarge (28-45%) rond het doelbereik in 2027 zit en voor een groot aantal waterlichamen is het resterende doelgat dus minimaal en mogelijk veroorzaakt door afronding in de vastgestelde biologische doelen. Bijvoorbeeld, een EKR van 0,49 in de Water Systeem Analyses (WSA's) van de waterschappen heeft meestal geleid tot een afgeronde vastgestelde GEP van 0,50. Theoretisch gezien kunnen waterlichamen waarvoor dit geldt in deze landelijke analyse terecht komen in de klasse *matig* wanneer wederom een EKR van 0,49 wordt berekend. Aangezien de gemeten EKR's van jaar tot jaar nogal kunnen fluctueren, onder meer als gevolg van natte of droge jaren, betekent dit dat er een aanzienlijke onzekerheidsmarge bestaat rond het doelbereik in 2027. In de Praagse methode is het startpunt zeer belangrijk. Als de waterbeheerders 2 jaar geleden GEP's hebben afgeleid dan kunnen ze een iets ander startpunt hebben in hun metingen dan wanneer we nu landelijk rekenen.



Figuur 5.7 Percentage waterlichamen (regionale en Rijkswateren) per KRW klasse voor scenario C, inclusief een onzekerheidsmarge van 0.05 rond de GEP. Waterlichamen die binnen 0.05 boven of onder de GEP scoren zijn hier ingedeeld in twee extra categorieën. Waterlichamen die hier ingedeeld zijn in de categorie ≤ 0.05 boven de GEP vallen in Figuur 4.1 binnen de klasse goed. De waterlichamen die hier ingedeeld zijn in de categorie ≤ 0.05 onder de GEP vallen in Figuur 4.1 binnen de klasse matig.

II. GEP $\leq 0,3$

Voor een aantal waterlichamen is een GEP $\leq 0,3$ vastgesteld. Dit speelt met name voor het kwaliteitselement vis. Tijdens de WSA's kwam een aantal waterbeheerders uit op lage EKR's na het nemen van maatregelen (orde $<0,1$). Deze waterbeheerders hebben dan echter vaak wel een GEP van 0,3 (of lager) aangehouden. Reden hiervoor is dat een doel van 0,10 lastig te beoordelen is: één vis in de bemonstering kan dan al een klasse verschil uitmaken. Daarnaast moeten er ook nog 3 klassen voor matig, ontoereikend en slecht onder het doel gedefinieerd worden. In de doorrekening van de scenario's in deze studie wordt wel weer dit lagere doel berekend waardoor deze waterlichamen het oordeel matig of slecht krijgen. Feitelijk kunnen voor deze waterlichamen de biologische doelen rekenkundig te hoog zijn gesteld. Daarbij is het bij vis een aandachtspunt dat maatregelen boven- en benedenstrooms het betreffende waterlichaam ook effect hebben (bijv. kierbesluit, paaigebieden) op doelbereik. Deze maatregelen kunnen echter niet doorgerekend worden met de huidige ecologische kennisregels (alleen maatregelen in het waterlichaam zelf). De berekende resultaten in de KRW-Verkenner voor vis geven dus met name in beken worst case resultaten en daar hebben beheerders rekening mee gehouden bij het vaststellen van de hoogte van het GEP.

Soms is dit terecht omdat maatregelen van bovenstroomse en benedenstroomse gebieden ook effect hebben, maar deze niet zijn meegenomen in modelstudies. Een andere reden om hogere doelen vast te stellen is omdat een doel van 0,1 lastig te beoordelen is en omdat er klassen afgeleid moeten worden onder het doel.

III. GEP niet afgeleid

Voor een aantal (zwak) brakke en zoute wateren zijn nog geen definitieve doelen afgeleid in afwachting van de resultaten van de Kennisimpuls Waterkwaliteit (KIWK) voor brakke wateren. Een deel van deze doelen moet nog opnieuw worden afgeleid en zal tot een ander doelbereik leiden bij het nemen van dezelfde maatregelen dan nu berekend.

IV. GEP $\geq 0,6$

Wanneer voor concentraties N en P de waarde van gehalveerde nutriëtnormen worden gehanteerd (scenario A halve norm) zien we een aanzienlijke toename in doelbereik. Dit laat zien dat in scenario A, waarbij de nutriënten op de norm zijn gezet, nog steeds voor een aantal waterlichamen de nutriënten beperkend zijn om de biologische doelen te bereiken. Voor een aantal waterlichamen geldt dus dat de nutriëtnormen niet streng genoeg zijn om de doelen voor biologie te halen.

Dit speelt met name in sloten en kanalen. Bij sloten en kanalen is bij de afleiding van de doelen bewust gekozen voor ruimere nutriëtnormen die niet per se garanderen dat het default GEP van 0,60 gehaald kan worden. Voor deze wateren is de mediaan gekozen bij de doelafleiding, in plaats van de 10 percentiel, zoals bij de natuurlijke wateren wordt gehanteerd (Stowa, 2018). Indien in deze gevallen geen lagere GEP's zijn afgeleid, kan het zijn dat ondanks dat de soepelere nutriëtnormen wel gehaald worden, het biologisch GEP niet gehaald wordt (in de praktijk zal dit 50/50 zijn, omdat de mediaan zo is gedefinieerd).

V. Overige redenen

In de voorgaande paragrafen (I-IV) is onderzocht welke redenen er mogelijk zijn voor het niet volledig halen van doelbereik bij scenario C. Dit leidt voor een deel van de waterlichamen tot een verklaring voor het niet halen van 100% doelbereik. In tabel 5.1 is te zien dat er dan nog een percentage waterlichamen resteert waarvoor de voorgaande verklaringen niet van toepassing zijn (4-18%). In deze paragraaf worden eventuele andere redenen beschreven. In Bijlage E5 zijn de waterlichamen die vallen binnen de laatste categorie, *Overige redenen*, geclusterd per waterbeheerder. Voor deze waterlichamen kunnen er andere verklaringen van toepassing zijn zoals andere waarden gebruikt voor stuurvariabelen in de WSA, of het gebruik van verschillende modellen en data. Verschillen tussen regionale en landelijke analyses hebben mogelijk te maken met de data input waarmee de modellen worden gevuld. Voor regionale analyse zijn vaak op trajectniveau stuurvariabelen bepaald (bijv. bij de waterschappen in Maas). Dit is een veel gedetailleerder geografisch niveau, waarbij de effecten van maatregelen ook preciezer om te zetten zijn in waarden voor stuurvariabelen. Op deze onderdelen van waterlichamen kunnen maatregelen leiden tot doelbereik, terwijl dit over het gehele traject van het waterlichaam nog niet leidt tot doelbereik. Bij de landelijke analyse wordt uitgegaan van het niveau van hele waterlichamen waarbij de maatregelen met generieke rekenregels zijn omgezet naar stuurvariabelen. Lokale nuances vallen daardoor weg en het is de verwachting dat waterbeheerders bij doelafleiding de effecten van maatregelen daardoor gemiddeld hoger hebben ingeschat dan gedaan is met de generieke rekenregels.

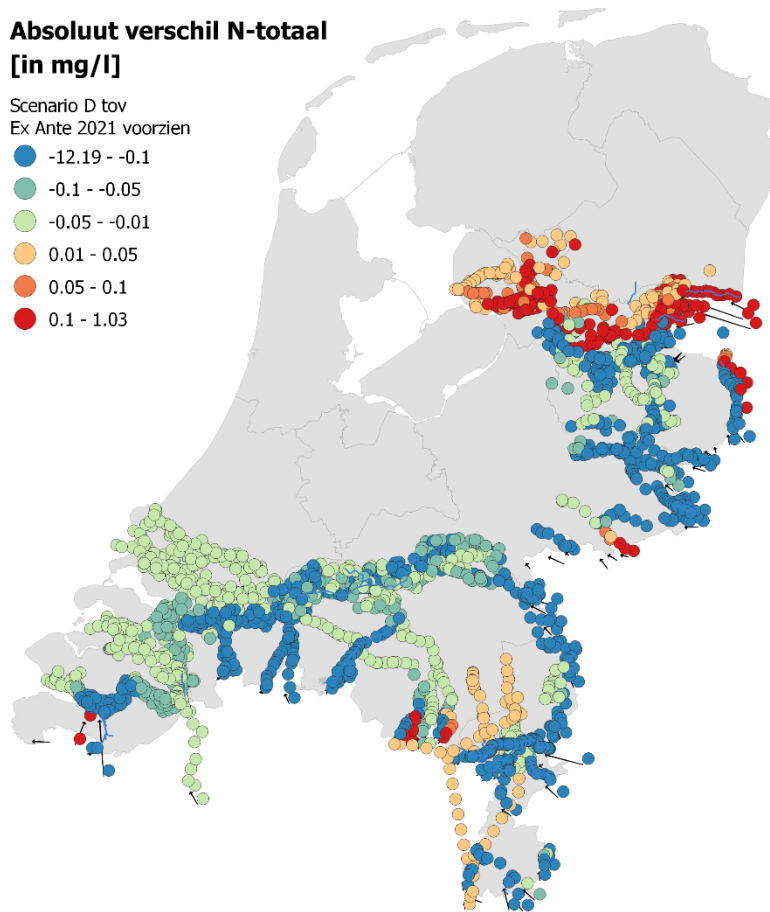
5.2 Buitenland op de norm

Wanneer de grensoverschrijdende wateren voldoen aan de Nederlandse nutriëtnormen zien we over het algemeen een verbetering in de nutriëntenconcentratie. De effecten op de nutriënten concentraties (met name voor N-totaal) reiken verder landinwaarts en doven langzaam uit. Desalniettemin levert het maar bij een beperkt aantal waterlichamen aan de grens extra doelbereik op. Verder landinwaarts levert het geen verandering in doelbereik meer op. Dit laat zien dat ook indien het buitenland voldoet aan de Nederlandse nutriëtnorm dit slechts een beperkte invloed heeft op het landelijk doelbereik.

Absoluut verschil N-totaal [in mg/l]

Scenario D tov
Ex Ante 2021 voorzien

- -12.19 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.01
- 0.01 - 0.05
- 0.05 - 0.1
- 0.1 - 1.03

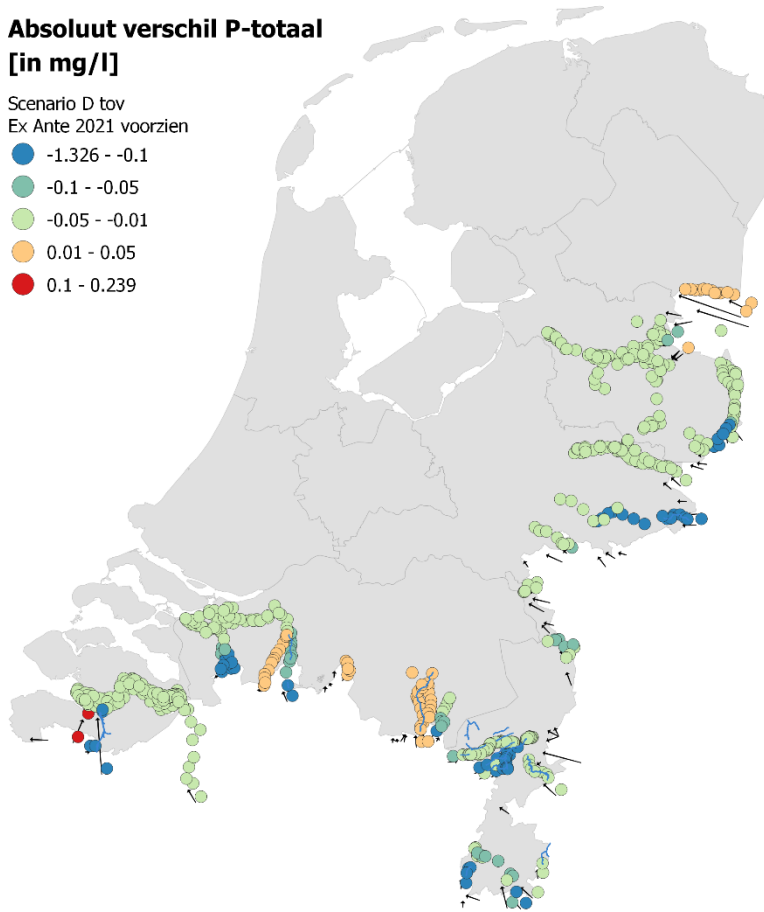


Figuur 5.8 N-totaal: Absoluut verschil in concentraties tussen scenario D (Buitenland op de norm) en Voorzien Ex Ante 2021. De roodtinten geven een verslechtering weer en de groen/blauw tinten een verbeteringen. De bolletjes zijn de rekennodes in de LWKM schematisatie. Deze zijn kleiner dan een oppervlaktewaterlichaam. In deze kaart worden alleen de rekennodes getoond die een verandering laten zien ten opzichte van het Ex Ante 2021 scenario.

Absoluut verschil P-totaal [in mg/l]

Scenario D tov
Ex Ante 2021 voorzien

- -1.326 - -0.1
- -0.1 - -0.05
- -0.05 - -0.01
- 0.01 - 0.05
- 0.1 - 0.239



Figuur 5.9 P-totaal: Absoluut verschil in concentraties tussen scenario D (Buitenland op de norm) en Voorzien Ex Ante 2021. De roodtinten geven een verslechtering weer en de groen/blauw tinten een verbeteringen. De bolletjes zijn de rekennodes in de LWKM schematisatie. Deze zijn kleiner dan een oppervlaktewaterlichaam. In deze kaart worden alleen de rekennodes getoond die een verandering laten zien ten opzichte van het Ex Ante 2021 scenario.

In Figuur 5.8 en Figuur 5.9 zijn ook (relatieve) verslechteringen in de nutriënten concentraties te zien wanneer de modeluitkomsten van scenario D (*Buitenland op de norm*) wordt vergeleken met het Ex Ante Waterkwaliteit 2021 scenario Voorzien. De buitenlandse waterbeheerders hebben namelijk voor sommige grensoverschrijdende wateren meer reductie voorzien dan nodig is om de Nederlandse norm te halen. Dit kan leiden tot relatieve achteruitgangen in de concentraties en het doelbereik voor de nutriënten wanneer de resultaten van het Ex Ante Waterkwaliteit 2021 scenario Voorzien worden vergeleken met scenario D van deze studie.

Tabel 5.2 geeft een rekenvoorbeeld van zo'n relatieve achteruitgang voor het Waterlichaam Schoonebeek. In het referentie scenario (hier de gemeten concentratie N-totaal in 2019) is de concentratie van het water dat vanuit Duitsland Nederland binnenkomt 2,65 mg/l. Voor het waterlichaam aan de Nederlandse kant van de grens (de Schoonebeek), meten we een concentratie van 2,88 mg/l. Er komt dus vanuit Nederlandse bronnen nog N-totaal bij. Het bijbehorende oordeel voor de referentie situatie is dan "*matig*". In het scenario Voorzien Ex Ante 2021 is ingeschat dat in Duitsland een reductie van de concentratie van het water aan de Duits-Nederlandse grens bereikt van ongeveer 38%, wat een concentratie van 1,65 mg/l N-totaal oplevert. Voor de Schoonebeek wordt vervolgens met deze lagere input en een gelijkblijvende Nederlandse belasting een concentratie van 2,23 mg/l berekend, wat een oordeel "*goed*" oplevert.

In het scenario D wordt de buitenlandse aanvoer op de Nederlandse norm gezet (2,3 mg/l) en stijgt de concentratie van de Schoonebeek in vergelijking met het scenario Voorzien tot 2,62, wat een oordeel “matig” betekent.

Tabel 5.2 Rekenvoorbeeld voor het waterlichaam Schoonebeek. Dit toont de toegepaste buitenlandse concentratie, resulterende Nederlandse concentratie en het oordeel voor de verschillende scenarioberekeningen.

Schoonebeek mg/l totaal N zomergemiddeld			
Scenario	BL input NP	OWL NL	oordeel
Referentie	2,65	2,88	Matig
Voorzien Ex Ante 2021	1,65	2,23	Goed
Scenario D	2,30	2,62	Matig

Bijlage B geeft een compleet overzicht van de verwachte reducties in de grensoverschrijdende nutriëntenvrachten en resulterende concentraties zoals toegepast in de Ex Ante 2021 scenario Voorzien en de concentraties zoals toegepast in scenario D van deze studie.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Waterkwaliteit op orde

Conclusies

- Wanneer in het scenario A '*nutriënten op orde*' de nutriënten (totaal N en totaal P) op de norm worden gezet en de overige stuurvariabelen gelijk worden gehouden neemt het aandeel regionale waterlichamen met het oordeel *goed* toe t.o.v. *Voorzien Ex Ante 2021*. Het aantal waterlichamen met het oordeel *goed* komt daarmee te liggen tussen de 42 en 71%, afhankelijk van het kwaliteitselement. Voor fytoplankton is de toename het grootst, 7% (van 64% naar 71%). De toename voor de andere kwaliteitselementen ligt rond de 2,5%.
- Voor scenario B '*chemie op orde*' neemt het aantal regionale waterlichamen met het oordeel *goed* ook toe met ca 4 tot 8% t.o.v. *Voorzien Ex Ante 2021*, afhankelijk van het element. Hiermee komt het percentage waterlichamen in de klasse *goed* te liggen tussen de 45 en 70%. Macrofauna toont de grootste toename van 8,3%. De toename voor de andere kwaliteitselementen is minder dan 6%, waarvan vis de kleinste toename laat zien: 4,4%.
- Scenario C (combinatie van A en B) toont een toename van 6,5 tot 11,5% in het aantal waterlichamen in de klasse *goed* t.o.v. *Voorzien Ex Ante 2021*, afhankelijk van het kwaliteitselement. Het totale percentage waterlichamen met het oordeel *goed* ligt voor dit scenario tussen 49 en 76%, afhankelijk van het kwaliteitselement. Fytoplankton toont de grootste toename van 11,6% gevolgd door macrofauna en overige waterflora met respectievelijk 9,8% en 9,5%. Vis laat de kleinste toename zien, 6,5%.
- Samenvattend zien we dat voor 3 van de 4 biologische kwaliteitselementen in scenario C (waterkwaliteit op orde) voor ongeveer de helft van de waterlichamen de toestand goed wordt bereikt. Daarbij is fytoplankton het kwaliteitselement dat het meest gevoelig is voor nutriënten, en daar zijn dan ook de grootste verbeteringen te zien in scenario A, B en C.
- Per deelstroomgebied district zijn er grote verschillen in het doelbereik voor de verschillende scenario's, die vooral worden bepaald door de verschillen die ook al gezien waren in de scenario's Referentie en *Voorzien Ex Ante 2021*.
- De verschillen in de stijging van het doelbereik tussen de scenario's A en B zijn grotendeels te verklaren door het relatieve belang van de verschillende stuurvariabelen in de ecologische kennisregels. Zo is voor de EKR maatlat fytoplankton in diepe meren nutriënten de belangrijkste variabele. Voor de EKR maatlat vis in langzaam stromende wateren zijn juist de hydromorfologische stuurvariabelen, verstuwung en meandering de belangrijkste sturende variabelen.
- Wanneer we kijken naar de mediane waarde van de normfractie: de verhouding EKR score/GEP per waterlichaam, valt op dat deze voor alle kwaliteitselementen al in de Referentie hoog is, tussen de 0,9 en de 1,0. In het scenario *Voorzien Ex Ante 2021* neemt de normfractie nog toe met 0,05-0,10, en in de aanvullende scenario's (A, B en C) stijgt de mediane normfractie nog enigszins ten opzichte van *Voorzien Ex Ante 2021*, tot ongeveer 1,0 bij de meeste kwaliteitselementen en tot ca. 1,15 voor Fytoplankton. Dit nuanceert het beeld van het hierboven genoemde beperkte doelbereik in de scenario's A, B en C. Naast het deel van de waterlichamen dat het doel niet bereikt, is er dus ook een groot deel dat al (ruim) boven het doel scoort. Het ruimtelijke beeld van de verbeteringen naar klasse *goed* in scenario C ten opzichte van *Ex Ante 2021* laat zien dat deze bij alle kwaliteitselementen verspreid over Nederland voorkomen en een beperkt aantal waterlichamen betreffen.

- Een aanvullende gevoeligheidsanalyse, waarbij de nutriënten op de halve (m.a.w. een strengere) norm zijn gezet vertoont een substantiële stijging van het doelbereik ten opzichte van scenario A (een stijging van 5-17% extra doelbereik, verschillend per kwaliteitselement). Dit suggereert dat voor een aantal waterlichamen mogelijk een te soepele norm voor N-totaal of P-totaal wordt gehanteerd of de biologische doelen te hoog zijn gesteld. In feite passen hier de nutriëntendoelen niet bij de biologische doelen. Dit is met name in kanalen het geval.
- Nutriënten op orde is weliswaar een voorwaarde voor biologisch doelbereik maar is niet de enige bepalende factor. Ook chemie op orde zal een bijdrage moeten leveren.
- Verklaringen voor het niet behalen van doelbereik voor alle waterlichamen in de scenario's A, B en C lijken voornamelijk gerelateerd aan de methodes en keuzes die gemaakt zijn bij de doelafleiding. Een groot deel van de waterlichamen voldoet in scenario C (*Waterkwaliteit op orde*) niet vanwege verschillende redenen. Soms zijn de nutriënten doelen bewust soepeler gekozen, maar de biologische doelen daar niet op aangepast of waren de afgeleide doelen zo laag dat deze hoger zijn gesteld (kanalen en vis). Ook zijn in sommige (brakke) wateren de doelen nog niet definitief vastgesteld.
- Een aanzienlijk deel van de waterlichamen hebben een EKR score die binnen een marge van 0,05 (beide kanten) van het doel: net niet in de klasse *goed* (13 tot 23%, afhankelijk van het kwaliteitselement) en net wel in de klasse *goed* (15 tot 23%). Dit betekent dat er een aanzienlijke onzekerheid bestaat rond het doelbereik in 2027.
- Naast de doelafleiding spelen mogelijk ook verschillen tussen Rijk en regio een rol bij het verklaren van het niet behalen van volledig doelbereik, hierbij spelen waarschijnlijk mee:
 - verschillende methodes (bijvoorbeeld doelafleiding in de regio waarbij de KRW-Verkenner is gebruikt of niet)
 - verschillende aannames van effecten van maatregelen en landelijk beleid
 - verschillen in het schaalniveau van de analyses (Rijk: waterlichaam, regio: trajecten van waterlichamen) kunnen zelfs bij het gebruik van dezelfde methode (bijvoorbeeld de KRW-Verkenner) verschillende uitkomsten opleveren
 - verschillen in uitgangsjaar (referentiejaar) voor de berekeningen tussen Rijk en regio.

Aanbevelingen

- Een kritische beschouwing door de regionale waterbeheerders van de doelafleiding, vooral op het gebied van:
 - afronding van GEP's
 - lage EKR's onder de 0,3
 - kanalen en sloten (hoge nutriëntennormen)
 - brakke en zwak brakke wateren
- Een nadere analyse van mogelijke verschillen in data, methodes en aanpak tussen Rijk en regio. Dit is voorzien in de "Joint fact finding stap" in deelproject één van de Evaluatie KRW 2024.
- Een aanvullende analyse met een histogram-verdeling van aantallen waterlichamen naar omvang van normfractie-wijziging zou meer inzicht kunnen geven in welke gevallen we vooral een verhoging van het doelbereik zien. Inzicht of het zo is dat juist veel waterlichamen in scenario C een klein beetje onder de norm zitten of dat weinig waterlichamen nog een fors doelgat vertonen, zou kunnen helpen bij het prioriteren van aanvullende maatregelen.

6.2 Buitenland op de norm

Conclusies

- Landelijk zien we in het scenario 'buitenland op de norm' voor zowel N-totaal als P-totaal een geringe verbetering in doelbereik ten opzichte van *Voorzien Ex Ante 2021*. Voor N-totaal ligt het percentage *Goed* ca. 1,5% hoger (gelijk aan 11 waterlichamen) en voor P-totaal ca. 0,3% (gelijk aan 2 waterlichamen). Ook in de andere klassen is een kleine verschuiving te zien.
- De buitenlandse waterbeheerders hebben voor sommige grensoverschrijdende wateren aangegeven dat ze meer reductie verwachten te behalen dan nodig is om de Nederlandse norm te halen. Dit kan leiden tot relatieve (methodische) achteruitgangen in het oordeel wanneer de resultaten van het Ex Ante Waterkwaliteit scenario Voorzien worden vergeleken met scenario D (*Buitenland op de norm*) in deze studie.
- Wanneer in de grensoverschrijdende wateren wordt voldaan aan de Nederlandse nutriënten normen leidt dit voor een aantal waterlichamen tot effecten op de nutriënten concentraties tot ver landinwaarts, met name voor N-totaal. Wel dooft het effect landinwaarts langzaam uit. Verder landinwaarts zien we geen veranderingen in doelbereik meer.
- Indien het buitenland aan de Nederlandse norm voldoet, wordt in een beperkt aantal wateren het doelbereik verbeterd. Dit heeft slechts een beperkte invloed op het landelijke doelbereik.

Aanbevelingen

- Gezien het belang van de buitenlandse aanvoer voor een beperkt aantal in Nederland aan de grens gelegen waterlichamen is het aan te bevelen om aan de buitenlandse partners een update te vragen van de verwachting van de concentraties in de grensoverschrijdende wateren in 2027.
- In verband met de verschillen in gehanteerde normen voor de nutriënten tussen Nederland en de buitenlandse partners wordt het aanbevolen het overleg hierover met het buitenland te intensiveren.

Referenties

- Bolt, F. J. E van der, van Boekel, E. M. P. M., Kuindersma, W., Renaud, L. V., Groenendijk, P., Kros, J., van den Roovaart, J., Marsman, A., & Altena, W., 2022. Het landelijk Waterkwaliteitsmode: Versie LWKM1.2. (Rapport / Wageningen Environmental Research; No. 3148). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/566236>
- Evers, C.H.M., R.A.E. Knoben en F.C.J. van Herpen (eds), 2018. Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027. STOWA, Amersfoort. STOWA 2018-50.
- IHW, Informatiehuis Water, 2021. Levering landelijke KRW-doelenverzameling mei 2021, bestand krwdoelen_2021_202105100929.csv.
- Knoben, R., Verhagen, F., Schoffelen, N., Rost, J., 2021. Ex Ante Analyse Waterkwaliteit 2021. Royal HaskoningDHV rapport BH7109, in opdracht van Min. Infrastructuur en Waterstaat.
- Linden, A. van der, van den Roovaart, J., Evers, N., Rost, J., Visser, H., Vethman, P., de Niet, A.C., Nieuwhof, S., Knoben, R., Bontsma A., en van Gaalen, F., 2021a. Update ecologische kennisregels KRW-Verkenner. Deltares-rapport 11203728-008-BSG-0009.
- Linden, A. van der, Altena, W., van den Roovaart, J., 2021b. Achtergrondrapportage Ex Ante KRW 2021; Analyse van de waterkwaliteit voor de concept stroomgebiedbeheerplannen voor de 3e KRW-periode: 2022-2027. Deltares-rapport 11206216-014-BGS-0003.
- Visser, H., Evers, N., Bontsema, A., Rost J., de Niet, A., Vethman, P., Mylius S., van der Linden, A., van den Roovaart, J., van Gaalen, F., Knoben, R. de Lange, H. J., 2022. What drives the ecological quality of surface waters? A review of 11 predictive modeling tools, Water Research, Volume 208. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117851>

Bijlagen

A Voorspel-performance Random Forest

In Linden et al. (2021a) is gekeken naar de bijdrage van de stuurvariabelen aan de voorspelde EKR, de prestaties van de methodes (voorspel-performance) en de kwaliteit van de getrainde methodes. Om de kwaliteit van de getrainde methodes te bepalen zijn vier beoordelingscriteria gebruikt. Voor ieder watertypecluster en kwaliteitselement zijn de methodes geëvalueerd met behulp van de vier kentallen:

Het kwadraat van de correlatiecoëfficiënt (R^2)

R^2 is de gebruikelijke correlatie-coëfficiënt, gekwadrateerd. Deze geeft aan hoe goed het lineaire verband is tussen X (bij ons de metingen) en Y (bij ons de voorspellingen, door gekozen model). Een waarde van 1,0 geeft aan dat het verband perfect lineair is, een waarde van nul dat er helemaal geen lineair verband is.

Fractie binnen $\pm 0,10$

Fractie binnen 0,10 staat voor het percentage van alle N data waarvoor geldt dat de gemeten EKR minder dan 0,10 afwijkt van de voorspelde EKR. Merk op dat dit percentage ongevoelig is voor incidentele (zeer) slechte voorspellingen.

Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE is de Root Mean Squared Error. Deze is als volgt gedefinieerd:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

In de formule staat y_i voor de gemeten EKR in water i. Bij een perfecte voorspelling geldt dat de RMSE-waarde gelijk is aan nul. RMSE staat voor de gemiddelde voorspelfout. Merk op dat hele slechte voorspellingen door het kwadraat in de formule extra zwaar mee wegen, dit in tegenstelling tot de Fractie binnen $\pm 0,1$.

Coefficient of Determination (CoD)

CoD staat voor de *coefficient of determination*. Deze kan eenvoudig uitgerekend worden vanuit de RMSE. De formule voor de CoD is

$$CoD = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{RMSE^2}{\text{var}(y_i)} \cdot \frac{N}{N-1}$$

met 'var(y_i)' de variantie van de metingen in de gekozen dataset, ' \hat{y}_i ' de voorspellingen met PUNNs, random forest of regressiebomen, en ' \bar{y} ' het gemiddelde van de metingen. De CoD lijkt veel op R^2 , maar wijkt in de validatieperiode toch vaak af van R^2 . Dat komt omdat de CoD kijkt of voorspellingen en metingen precies liggen op de lijn van (0,0) en (1,1): de een-op-een-lijn.

De voorspel-performance voor de Random Forest methode is in onderstaande tabel weergegeven voor de vier hierboven genoemde criteria: R^2 , Fractie binnen $\pm 0,10$, RMSE en CoD.

Watertype	Kwaliteits- element	Trainingsdata				Validatiedata			
		R ²	Fractie binnen ±0.10	RMSE	CoD	R ²	Fractie binnen ±0.10	RMSE	CoD
1 Langzaam stromende wateren	Overige waterflora	0.957	0.956	0.046	0.882	0.465	0.634	0.120	0.392
	Macrofauna	0.968	0.983	0.044	0.943	0.589	0.591	0.122	0.548
	Vis	0.961	0.994	0.037	0.937	0.716	0.737	0.107	0.673
2 Snel stromende wateren	Overige waterflora	0.977	0.986	0.033	0.967	0.869	0.771	0.078	0.847
	Macrofauna	0.956	0.948	0.047	0.940	0.635	0.765	0.113	0.631
	Vis	0.977	0.985	0.033	0.967	0.807	0.727	0.091	0.793
3 Sloten	Overige waterflora	0.963	0.951	0.047	0.949	0.774	0.667	0.100	0.770
	Macrofauna	0.959	0.967	0.045	0.944	0.680	0.674	0.112	0.654
	Vis	0.964	0.956	0.048	0.942	0.561	0.511	0.135	0.538
4 Kanalen	Fytoplankton	0.965	0.964	0.043	0.948	0.761	0.694	0.110	0.749
	Overige waterflora	0.959	0.979	0.043	0.930	0.564	0.571	0.120	0.564
	Macrofauna	0.959	0.988	0.042	0.939	0.783	0.651	0.100	0.757
	Vis	0.951	0.929	0.059	0.916	0.491	0.513	0.136	0.490
5 Ondiepe meren	Fytoplankton	0.971	0.942	0.050	0.961	0.773	0.514	0.123	0.763
	Overige waterflora	0.965	0.978	0.047	0.951	0.687	0.657	0.122	0.641
	Macrofauna	0.963	0.978	0.036	0.944	0.457	0.848	0.100	0.453
	Vis	0.958	0.891	0.052	0.935	0.812	0.677	0.098	0.773
6 Diepe meren	Fytoplankton	0.973	0.970	0.052	0.962	0.860	0.680	0.115	0.822
	Overige waterflora	0.980	0.990	0.027	0.975	0.792	0.885	0.079	0.776
	Macrofauna	0.974	0.990	0.029	0.971	0.801	0.846	0.072	0.797
	Vis	0.972	0.968	0.035	0.965	0.825	0.833	0.080	0.824
7 Zwak brakke wateren	Fytoplankton	0.966	0.934	0.053	0.942	0.716	0.595	0.119	0.677
	Overige waterflora	0.966	0.980	0.041	0.938	0.700	0.718	0.101	0.674
	Macrofauna	0.956	0.987	0.035	0.933	0.761	0.795	0.088	0.697
	Vis	0.969	0.948	0.046	0.922	0.617	0.684	0.103	0.609
8 Brakke tot zoute wateren	Fytoplankton	0.957	0.958	0.051	0.926	0.727	0.667	0.108	0.698
	Overige waterflora	0.972	1.000	0.035	0.955	0.706	0.722	0.103	0.695
	Macrofauna	0.968	0.972	0.048	0.953	0.678	0.528	0.126	0.662
	Vis	0.967	1.000	0.036	0.937	0.696	0.676	0.089	0.676
9 Doorstroom- moerassen	Overige waterflora*	0.971	0.980	0.039	0.892	0.462	0.680	0.099	0.434
	Macrofauna	0.961	0.991	0.035	0.939	0.607	0.745	0.102	0.601
	Vis**	0.969	0.947	0.047	0.894	0.319	0.681	0.115	0.267
10 Moerasbeken	Overige waterflora*	0.971	0.980	0.039	0.892	0.462	0.680	0.099	0.434
	Macrofauna	0.970	0.977	0.040	0.939	0.525	0.625	0.118	0.504
	Vis**	0.969	0.947	0.047	0.894	0.319	0.681	0.115	0.267

De voorspelde EKR's komen voor alle EKR-deelmatlatten vrij goed overeen met de gemeten EKR's wanneer deze worden uitgezet voor de werkelijke EKR waarden in de trainingset. Dit is het resultaat van de training met deze data. Wanneer echter gebruik wordt gemaakt van nieuwe data (validatieset) dan is er een afwijking zichtbaar tussen de voorspelde EKR's en de werkelijke EKR's. Hierbij geldt in het algemeen dat de EKR wordt overschat bij een lage werkelijke EKR en onderschat bij een hoge werkelijke EKR. De mate van deze afwijking is afhankelijk van het watertype en het kwaliteitselement. Het is zeer waarschijnlijk dat hier het effect van de lage data beschikbaarheid in de hoge en lage ranges zichtbaar is.

Door die beperkte beschikbaarheid wordt het model in deze regio's sterk gestuurd door een laag aantal records en vervolgens wordt het model ook gevalideerd op een nog lager aantal records. In de validatieset zit daardoor nog maar een enkel record in de buitenste klassen (en deels niet aan de buitenkant) waardoor de regressielijn vlakker gaat lopen. Daarnaast heeft het model ook meer moeite met de voorspelnauwkeurigheid in deze regio's ten opzichte van de kwaliteitsklassen waar veel meer data voor beschikbaar is.

In het algemeen presteert Random Forest voor het kwaliteitselement fytoplankton slechter dan de andere biologische kwaliteitselementen (gemiddelde RMSE van 0,115). De andere drie kwaliteitselementen presteren allen gemiddeld hetzelfde (gemiddelde RMSE tussen 0,103 en 0,105). Daarnaast presteren de sloten (voor twee van de drie kwaliteitselementen slechter dan gemiddeld) en de kanalen (voor drie van de vier kwaliteitselementen slechter dan gemiddeld) ook slecht ten opzichte van de watertypeclusters. De twee slechtst presenterende Random Forests zijn ook onderdeel van deze watertypeclusters. In beide gevallen wordt het minst gescoord voor het kwaliteitselement vis. De diepe meren en zwak brakke wateren presteren daarentegen beter dan gemiddeld voor waterflora, macrofauna en vis. Voor EKR-deelmaatlat macrofauna voor diepe meren toont Random Forest de beste prestatie.

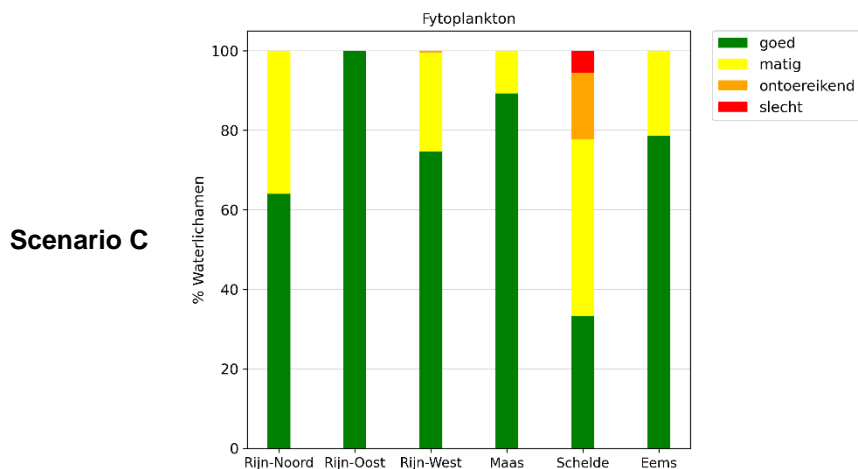
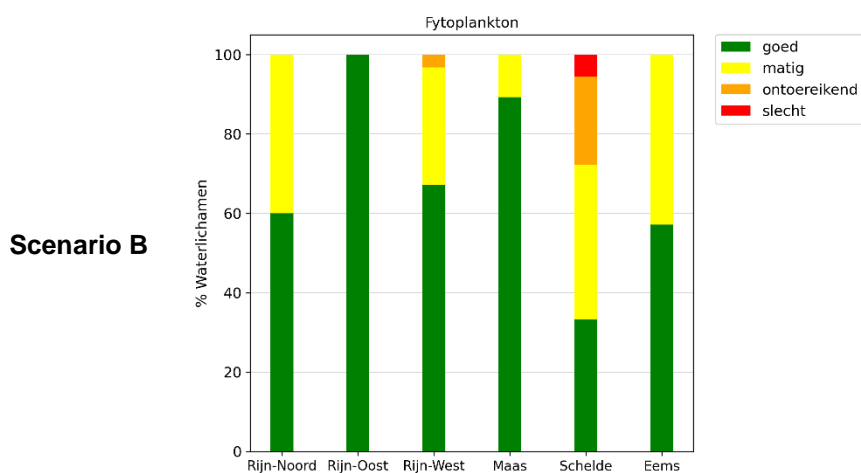
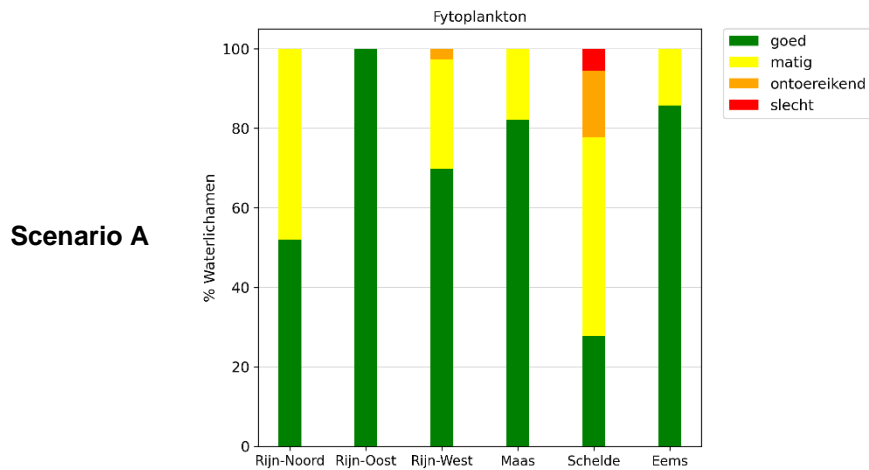
B Buitenlandse aanvoer scenario D

Tabel B.1 Totaal stikstof en totaal fosfor concentraties in de grensoverschrijdende wateren zoals toegepast in scenario D van deze studie. Ter vergelijking Nederlandse normen voor zomergemiddeld totaal stikstof en totaal fosfor (IHW, 2021), de verwachte reductie (%) in 2027 (t.o.v. 2019), ingeschat door de buitenlandse waterbeheerders (Roovaart et al., 2021) en de concentraties toegepast in Ex Ante 2021 scenario Voorzien gebaseerd op de verwachte reducties.

Nodeld	KRW-code NL	KRW-naam NL	Stroom-gebied	Nederlandse norm		Reductiepercentage Voorzien Ex Ante 2021 2027 tov 2019		Concentratie (in mg/l) Voorzien Ex Ante 2021		Concentratie (in mg/l) Voorzien scenario D	
				totaal stikstof	totaal fosfor	totaal stikstof	totaal fosfor	totaal stikstof	totaal fosfor	totaal stikstof	totaal fosfor
BLLSM1	NL93_8	Bovenrijn, Waal	Rijn	2.5	0.14	0.0%	5.0%	2.08	0.05	2.08	0.05
BLLSM2	NL91BOM	Bovenmaas	Maas	2.5	0.14	2.6%	2.3%	1.88	0.08	1.93	0.09
BLLSM11	NL89_WESTSDE_OWL	Westerschelde	Schelde	-	-	-1.0%	-13.0%	3.45	0.29	3.41	0.26
BLLSM10	NL89_KANTNZGT	Kanaal Gent Terneuzen	Schelde	1.8	0.11	18.0%	12.0%	4.29	0.30	1.80	0.11
BLLSM6	NL60_ROER	Roer	Maas	2.3	0.11	5.0%	0.0%	2.77	0.12	2.30	0.11
BLLSM3	NL44_OVERIJSELVECHT14	Overijsselse Vecht	Rijn	2.3	0.11	42.9%	12.4%	0.95	0.04	1.66	0.05
BLLSM4	NL60_NIERS	Niers	Maas	2.3	0.11	5.0%	5.0%	4.88	0.06	2.30	0.07
BLTN1	NL07_0006	Oude IJssel	Rijn	2.3	0.11	5.0%	0.0%	2.12	0.05	2.24	0.05
BLTN14	NL07_0016	Berkel	Rijn	2.3	0.11	5.0%	5.0%	3.37	0.15	2.30	0.11
BLTN50	NL25_13	Boven Mark	Maas	2.3	0.11	12.0%	28.0%	4.18	0.22	2.30	0.11
BLTN63	NL60_WORM	Worm	Maas	2.3	0.11	5.0%	5.0%	3.80	0.10	2.30	0.10
BLTN37	NL60_GELDEKAN	Gelderns Nierskanaal	Maas	2.3	0.11	5.0%	5.0%	4.04	0.14	2.30	0.11
BLTN2	NL07_0006	Oude IJssel	Rijn	2.3	0.11	0.0%	0.0%	1.76	0.06	1.76	0.06
BLTN10	NL44_BOVENDINKEL	Boven Dinkel	Rijn	2.3	0.11	5.0%	5.0%	3.75	0.15	2.30	0.11
BLLSM7	NL27_BO_1_2	Boven Dommel	Maas	2.3	0.11	26.0%	47.0%	2.36	0.09	2.30	0.11
BLLSM5	NL60_SWALM	Swalm	Maas	2.3	0.11	5.0%	5.0%	4.75	0.09	2.30	0.09
BLTN42	NL60_JEKER	Jeker	Maas	2.3	0.11	6.0%	10.0%	6.83	0.49	2.30	0.11
BLTN38	NL60_GEUL	Geul	Maas	2.3	0.11	0.0%	0.0%	4.22	0.23	2.30	0.11
BLTN5	NL07_0029	Buurserbeek	Rijn	2.3	0.11	5.0%	0.0%	2.69	0.08	2.30	0.08
BLTN31	NL25_34	Aa of Weerijds	Maas	2.3	0.11	0.0%	38.0%	2.83	0.08	2.30	0.11
BLLSM8	NL27_T_1_2	Tongelreep	Maas	2.3	0.11	-1.0%	31.0%	1.90	0.07	1.89	0.10
BLTN9	NL44_RUENBERGERBEEK	Ruenbergerbeek	Rijn	2.3	0.11	5.0%	0.0%	7.28	0.06	2.30	0.06
BLTN11	NL07_0009	Boven Slinge	Rijn	2.3	0.11	5.0%	5.0%	3.61	0.32	2.30	0.11
BLTN72	NL42_BRKMN	Braakman	Schelde	3.3	2.5	9.0%	14.0%	2.96	1.52	3.25	1.77
BLTN15	NL44_SCHOONEBEKERDIEP	Schoonebeekerdiep	Rijn	2.3	0.11	37.5%	40.3%	1.66	0.06	2.30	0.10
BLTN61	NL60_HAELUFFE	Haelense Beek en Uffelsebeek	Maas	2.3	0.11	-4.0%	-15.0%	4.44	0.42	2.30	0.11
BLTN39	NL60_GULP	Gulp	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	4.85	0.17	2.30	0.11
BLTN55	NL27_L_1_2	Nieuwe Leij-Pop.L-Rov.L-Voortseestroom	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	2.62	0.09	2.30	0.11
BLTN20	NL09_03_3	Beken Groesbeek	Rijn	2.3	0.11	0.0%	0.0%	1.29	0.10	1.29	0.10
BLTN54	NL60_AEF_ML	AEF-bovenloopjes Midden-Limburg	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	3.94	0.17	2.30	0.11
BLTN48	NL60_LINGSFBK	Lingsforterbeek	Maas	2.3	0.11	5.0%	5.0%	8.43	0.05	2.30	0.05
BLTN7	NL44_GEELEBEEK	Geelebeek	Rijn	2.3	0.11	13.3%	0.0%	1.70	0.07	1.96	0.07
BLTN46	NL25_59	Molenbeek	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	3.37	0.26	2.30	0.11
BLTN59	NL60_ITTETHOR	Itterbeek en Thorerbeek	Maas	2.3	0.11	18.0%	4.0%	5.66	0.58	2.30	0.11
BLTN78	NL44_RADEWIJKERBEEK12	Radewijkerbeek	Rijn	2.3	0.11	47.0%	0.0%	1.33	0.05	2.30	0.05
BLTN77	NL44_RANDWATERLEIDING	Randwaterleiding	Rijn	2.4	0.22	53.5%	8.4%	1.90	0.09	2.40	0.10
BLTN41	NL60_ITTETHOR	Itterbeek en Thorerbeek	Maas	2.3	0.11	12.0%	-7.0%	4.28	0.14	2.30	0.11
BLTN4	NL07_0002	Oude Rijn	Rijn	2.8	0.15	0.0%	0.0%	3.09	0.21	2.80	0.15
BLTN8	NL44_PUNTBEEK	Puntbeek	Rijn	2.3	0.11	44.0%	0.0%	1.62	0.09	2.30	0.09
BLTN17	NL07_0017	Ramsbeek	Rijn	2.3	0.11	5.0%	5.0%	2.36	0.04	2.30	0.05
BLTN56	NL60_SELZERBK	Selzerbeek	Maas	2.3	0.11	0.0%	5.0%	2.35	0.13	2.30	0.11
BLTN76	NL44_GLANERBEEK	Glanerbeek	Rijn	2.3	0.11	0.0%	0.0%	0.00	0.48	0.00	0.11
BLTN6	NL07_0030	Zoddebeek	Rijn	2.3	0.11	5.0%	5.0%	2.58	0.06	2.30	0.06
BLTN13	NL07_0021	Ratumsebeek-Willinkbeek	Rijn	2.3	0.11	5.0%	5.0%	2.77	0.07	2.30	0.07
BLTN58	NL60_RODEBRUN	Rode Beek Brunsum	Maas	2.3	0.11	5.0%	0.0%	14.49	0.10	2.30	0.10
BLTN19	NL07_0021	Ratumsebeek-Willinkbeek	Rijn	2.3	0.11	5.0%	0.0%	9.12	0.05	2.30	0.05
BLTN35	NL60_ECKELTBK	Eckeltsebeek	Maas	2.3	0.11	5.0%	5.0%	7.72	0.05	2.30	0.05
BLTN12	NL07_0001	Grenskanaal	Rijn	2.4	0.22	0.0%	0.0%	1.30	0.13	1.30	0.13
BLTN16	NL44_VECHTSTR_KANALEN	Vechtstromen kanalen	Rijn	2.8	0.15	37.7%	35.1%	1.70	0.06	2.73	0.09
BLTN18	NL07_0020	Groenlose Slinge	Rijn	2.3	0.11	0.0%	0.0%	4.28	0.03	2.30	0.03
BLTN32	NL60_ANSELDBK	Anselderbeek	Maas	2.3	0.11	5.0%	5.0%	3.50	0.16	2.30	0.11
BLTN33	NL27_BO_3_2	Keersop/ Beekloop	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	1.77	0.06	1.95	0.07
BLTN34	NL27_KD_1_2	Groote Aa/ Buulder Aa	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	1.84	0.10	2.02	0.11
BLTN36	NL27_BO_3_2	Keersop/ Beekloop	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	5.43	0.01	2.30	0.02
BLTN40	NL60_ECKELTBK	Eckeltsebeek	Maas	2.3	0.11	5.0%	0.0%	4.75	0.02	2.30	0.02
BLTN43	NL27_BO_3_2	Keersop/ Beekloop	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	1.77	0.06	1.95	0.07
BLTN44	NL60_NIERS	Niers	Maas	2.3	0.11	5.0%	0.0%	4.75	0.03	2.30	0.03
BLTN45	NL27_BO_3_2	Keersop/ Beekloop	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	1.77	0.06	1.95	0.07
BLTN49	NL60_MSNI_BOV	Maasnielderbeek Bovenloop	Maas	2.3	0.11	0.0%	0.0%	0.87	0.07	0.87	0.07
BLTN51	NL27_L_1_2	Nieuwe Leij-Pop.L-Rov.L-Voortseestroom	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	5.90	0.04	2.30	0.04
BLTN52	NL27_L_1_2	Nieuwe Leij-Pop.L-Rov.L-Voortseestroom	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	5.90	0.04	2.30	0.04
BLTN53	NL27_L_1_2	Nieuwe Leij-Pop.L-Rov.L-Voortseestroom	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	5.90	0.04	2.30	0.04
BLTN57	NL27_KD_1_2	Groote Aa/ Buulder Aa	Maas	2.3	0.11	9.0%	14.0%	2.83	0.23	2.30	0.11
BLTN74	NL44_BROEKBEK	Broekbeek	Rijn	2.3	0.11	0.0%	25.0%	1.35	0.07	1.35	0.09
BLTN75	NL44_ITTERBEEK	Itterbeek	Rijn	2.3	0.11	0.0%	0.0%	1.61	0.05	1.61	0.05

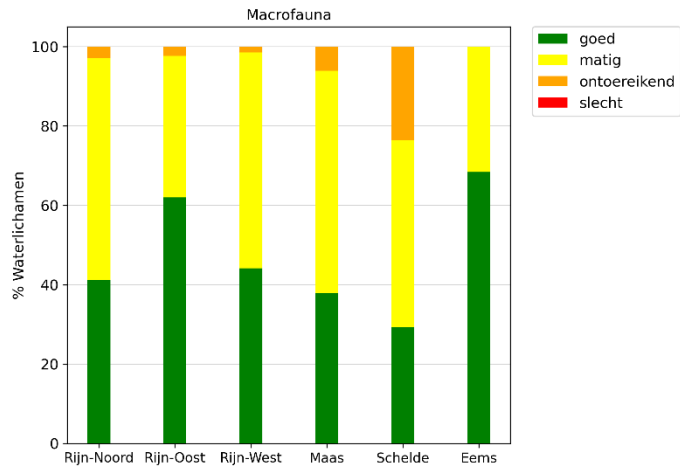
C Oordeel biologie in regionale wateren op deelstroomgebied district niveau

C.1 Fytoplankton

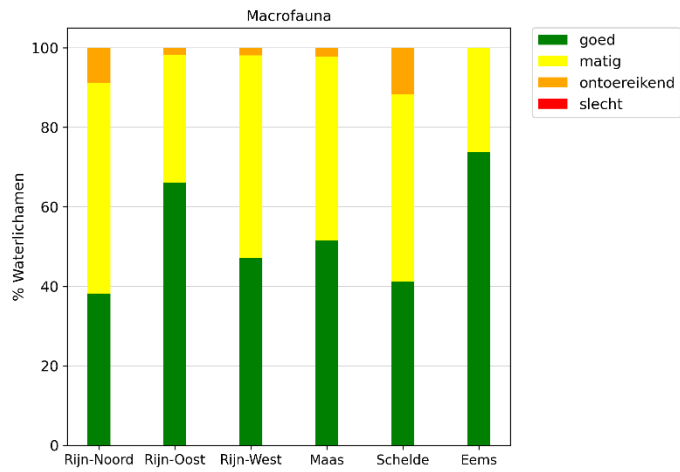


C.2 Macrofauna

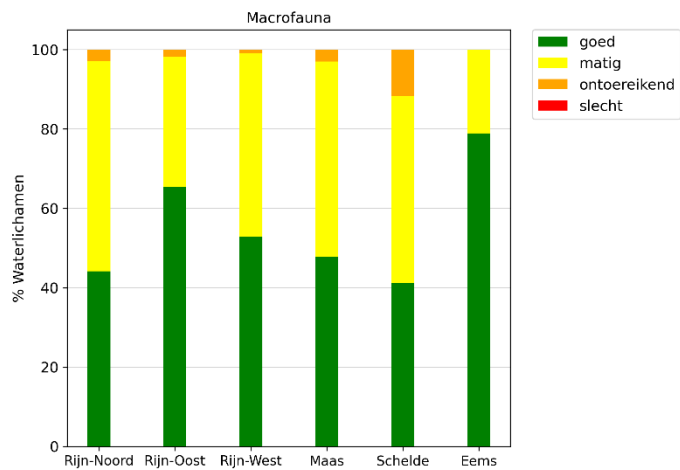
Scenario A



Scenario B

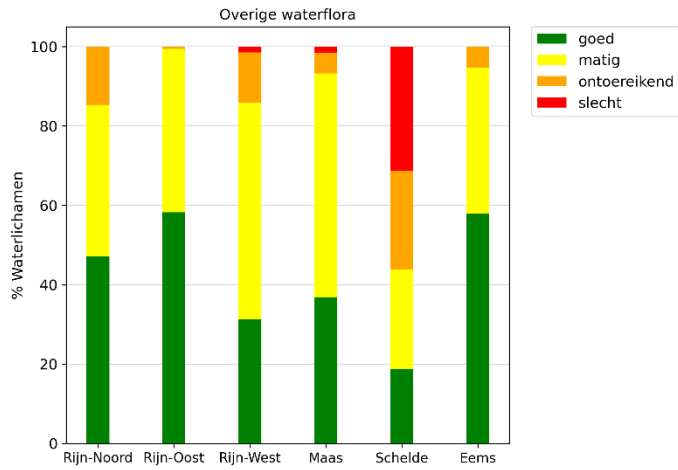


Scenario C

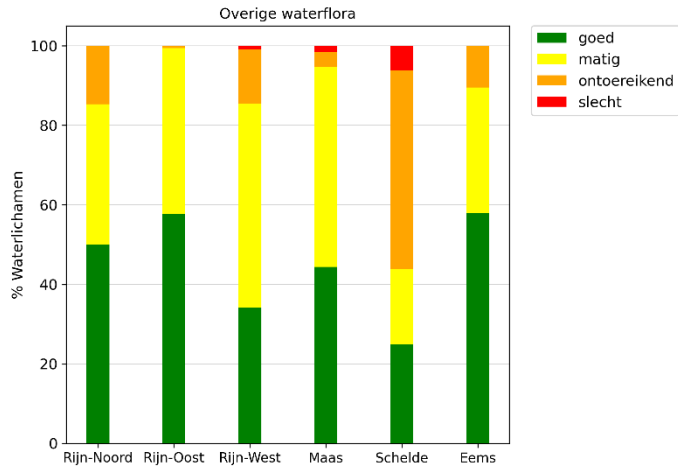


C.3 Overige waterflora

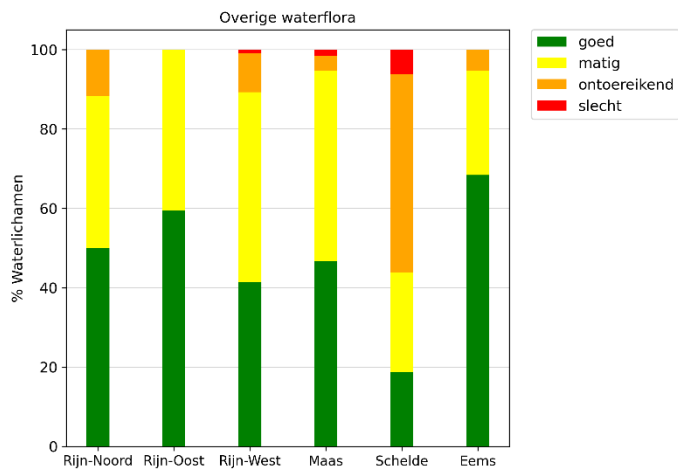
Scenario A



Scenario B

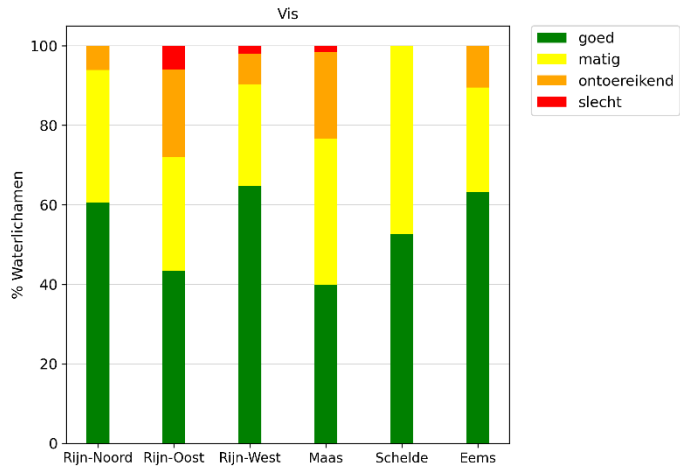


Scenario C

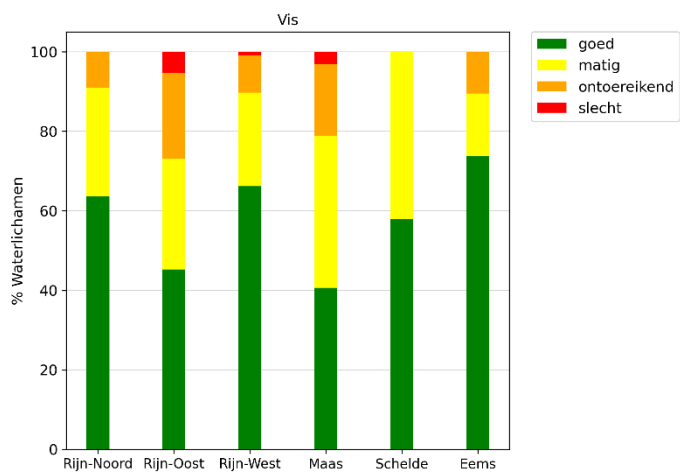


C.4 Vis

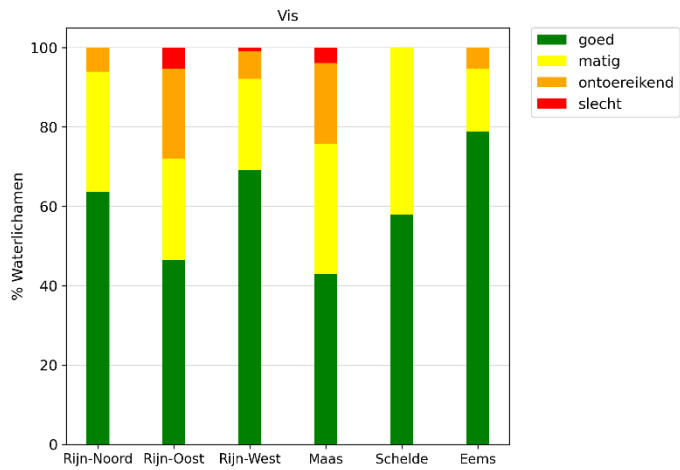
Scenario A



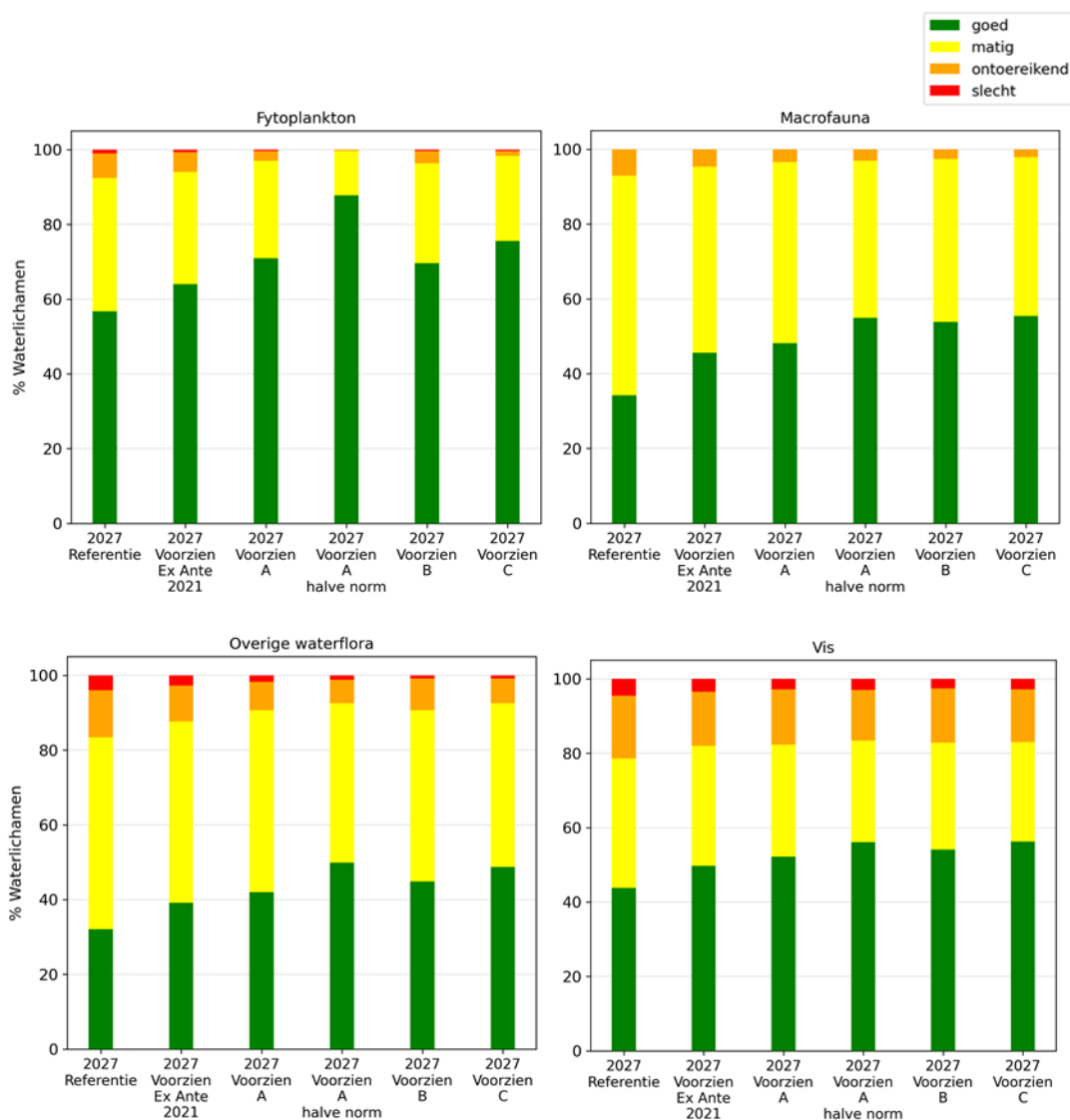
Scenario B



Scenario C



D Resultaten gevoeligheidsanalyse



Figuur D.1 Oordeel per biologisch kwaliteitselement voor de regionale wateren per scenario.

E Verklaringen resterend doelgat in scenario C

Figuur E.1 Overzicht aantal waterlichamen die wel/niet voldoet aan de biologische doelen voor **fytoplankton** per watertypecluster. De waterlichamen die niet voldoen zijn verder opgedeeld in de categorieën I) binnen 0,05 marge, II) $GEP \leq 0,3$ III) $GEP = 0,6$ IV) te hoge N of P norm, V) overige reden.

Watertypecluster	Voldoet	Voldoet niet				
		Binnen 0,05 marge	$GEP \leq 0,3$	GEP niet afgeleid	$GEP \geq 0,6$	Overig reden
Grote rivieren						
Langzaam stromende beken						
Snel stromende beken						
Sloten						
Kanalen	135	28			16	5
Ondiepe meren	44	3	1		5	
Diepe meren	22	4				
Zwak brakke wateren	22	3			1	2
Brakke tot zoute wateren	6					6
Doorstroommoerassen						
Moerasbeken						
Totaal	229	38	1		22	13

Figuur E.2 Overzicht aantal waterlichamen die wel/niet voldoet aan de biologische doelen voor **overige waterflora** per watertypecluster. De waterlichamen die niet voldoen zijn verder opgedeeld in de categorieën I) binnen 0,05 marge, II) $GEP \leq 0,3$ III) $GEP = 0,6$ IV) te hoge N of P norm, V) overige reden.

Watertypecluster	Voldoet	Voldoet niet				
		Binnen 0,05 marge	$GEP \leq 0,3$	GEP niet afgeleid	$GEP \geq 0,6$	Overig reden
Grote rivieren	5				1	
Langzaam stromende beken	74	51			7	19
Snel stromende beken	10	4			1	
Sloten	34	11			8	7
Kanalen	85	41	9		15	37
Ondiepe meren	31	7	1		5	9
Diepe meren	12	8	1		3	2
Zwak brakke wateren	10	7	4		1	6
Brakke tot zoute wateren	3	1				6
Doorstroommoerassen	1					2
Moerasbeken	16	3			6	13
Totaal	281	133	15		47	101

Figuur E.3 Overzicht aantal waterlichamen die wel/niet voldoet voor **macrofauna** per watertypecluster. De waterlichamen die niet voldoen zijn verder opgedeeld in de categorieën I) binnen 0,05 marge, II) $GEP \leq 0,3$ III) $GEP = 0,6$ IV) te hoge N of P norm, V) overige reden.

Watertypecluster	Voldoet	Voldoet niet				
		Binnen 0,05 marge	$GEP \leq 0,3$	GEP niet afgeleid	$GEP \geq 0,6$	Overige reden
Grote rivieren	4					2
Langzaam stromende beken	72	38			11	30
Snel stromende beken	11	2			1	1
Sloten	45	13			1	1
Kanalen	116	37	1		14	20
Ondiepe meren	29	15			6	3
Diepe meren	15	6			3	2
Zwak brakke wateren	10	9		2	2	5
Brakke tot zoute wateren	3	1		7		
Doorstroommoerassen	1	1				1
Moerasbeken	15	6			2	15
Totaal	321	128	1	9	40	80

Figuur E.4 Overzicht aantal waterlichamen die wel/niet voldoet voor **vis** per watertypecluster. De waterlichamen die niet voldoen zijn verder opgedeeld in de categorieën I) binnen 0,05 marge, II) $GEP \leq 0,3$ III) $GEP = 0,6$ IV) te hoge N of P norm, V) overige reden.

Watertypecluster	Voldoet	Voldoet niet				
		Binnen 0,05 marge	$GEP \leq 0,3$	GEP niet afgeleid	$GEP \geq 0,6$	Overige reden
Grote rivieren	3		2			1
Langzaam stromende beken	34	33	41		7	31
Snel stromende beken	9	1			2	3
Sloten	52	5			1	2
Kanalen	148	17			12	8
Ondiepe meren	31	7			7	4
Diepe meren	18	7			1	
Zwak brakke wateren	11	10			3	10
Brakke tot zoute wateren	7	1				1
Doorstroommoerassen						3
Moerasbeken	8	8	6			16
Totaal	321	89	49		33	79

Figuur E.5 Overzicht van aantal waterlichamen dat niet voldoet voor de doelen per kwaliteitselement in scenario C en valt in de categorie "Overig". Aantallen worden getoond per waterbeheerder

Waterbeheerder	Fytoplankton	Overige waterflora	Macrofauna	Vis	Totaal
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden		12	3	2	17
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier		7	10	5	22
Hoogheemraadschap van Delfland		2			2
Hoogheemraadschap van Rijnland	2	5	3		10
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	1	5	7	2	15
Waterschap Aa en Maas		3	8	5	16
Waterschap Amstel, Gooi en Vecht	2	7	3	2	14
Waterschap Brabantse Delta		6	2	5	13
Waterschap De Dommel		3	6	4	13
Waterschap Drents Overijsselse Delta		10	15	10	35
Waterschap Hollandse Delta		8	3	6	17
Waterschap Hunze en Aa's		2		1	3
Waterschap Limburg		5	4	9	18
Waterschap Noorderzijlvest		3	4	2	9
Waterschap Rijn en IJssel		1	1	2	4
Waterschap Rivierenland		1		1	2
Waterschap Scheldestromen	8	10		1	19
Waterschap Vallei en Veluwe					0
Waterschap Vechtstromen		7	10	19	36
Waterschap Zuiderzeeland				1	1
Wetterskip Fryslan		4	1	2	7
Totaal	13	101	80	79	273

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl