

Stoffenbalans Volkerak-Zoommeer



Stoffenbalans Volkerak-Zoommeer

Auteur(s)

Marc Weeber

Wilfred Altena

Arno Nolte

Stoffenbalans Volkerak-Zoommeer

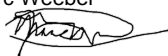


Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Zee en Delta locatie Middelburg
Contactpersoon	de heer G.J. Dekker (RWS WV); De heer W. Quist (RWS ZD)
Referenties	Onderdeel van het KPP-project Beleidsondersteunend Advies Zuidwestelijke Delta
Trefwoorden	Volkerak-Zoommeer; stoffenbalans; Krammer; Volkerak; Zoommeer; stikstof; fosfor; seleen; waterbalans; Emissieregistratie; Waterinfo; WKP-database; Z-info; ANIMO; KRW-verkenner

Documentgegevens

Versie	2.1
Datum	16-08-2021
Projectnummer	11206834-000
Document ID	11206834-000-ZKS-0001
Pagina's	74
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Marc Weeber	
	Wilfred Altena	
	Arno Nolte	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
2.1	Marc Weeber 	Sonja Pans 	Toon Segeren 	

Samenvatting

Het Volkerak-Zoommeer kampt met bloei van blauwalgen die ervoor zorgt dat polderinlaten worden gestaakt en aanwonenden en recreanten hinder ondervinden. Daarnaast is sinds 2008 het oppervlak in het meer dat begroeid is met waterplanten toegenomen. Door een stoffenbalans op te stellen wordt de toelevering van nutriënten naar het meer duidelijk en kan deze gerelateerd worden aan de ontwikkelingen in het meer. Daarnaast biedt een stoffenbalans potentie om stuurknoppen te definiëren die gebruikt kunnen worden om nutriënten terug te dringen.

Vanuit KPP Zuidwestelijke Delta is er een stoffenbalans opgesteld voor het watersysteem Volkerak-Zoommeer voor de nutriënten stikstof en fosfaat en het metaal seleen. Er is gekozen voor het metaal seleen om te analyseren hoe reproduceerbaar een stoffenbalans is voor andere stoffen dan nutriënten, die mogelijk in mindere mate worden bemeaten. Voor stikstof en fosfaat is het belangrijk dat hierbij ook het aandeel van de organische en anorganische chemische verbindingen in beeld worden gebracht. Deze stoffenbalans bouwt voort op de water- en chloridebalans die in een eerdere fase voor het watersysteem is opgesteld (Vergroesen, 2020). Het is de eerste keer dat de gebruikte methode voor het opstellen van deze dag-op-dag basis stoffenbalans is toegepast.

Er is een gestandaardiseerde methodiek ontwikkeld voor de stoffenbalans om ontbrekende informatie in de meetdata in te vullen. Deze methodiek maakt gebruik van de waterbalans, metingen van Rijkswaterstaat (Waterinfo), metingen van waterschappen (waterkwaliteitsportaal database), rioleffluentmetingen (Z-info), gemodelleerde emissies (Emissieregistratie), gemodelleerde debieten en nutriëntenvrachten (KRW-Verkenner) en gemodelleerde landbouwvrachten (ANIMO). Hiermee wordt een overzicht gemaakt van de inkomende en uitgaande bronnen van het watersysteem. De stoffenbalans is uitgevoerd over de jaren 2010 t/m 2018. Om de reproduceerbaarheid van de stoffenbalans te waarborgen en deze ook inzetbaar te maken voor andere watersystemen, zijn de ontwikkelingen voor de uitwerking van de methodiek en visualisatie opgeslagen in een Python bibliotheek. Deze bibliotheek is bereikbaar via:

<https://svn.oss.deltares.nl/repos/openearthtools/trunk/python/applications/NutrientBalance>.

Op basis van de stoffenbalans wordt geconcludeerd dat de rivier de Dintel voor stikstof en fosfaat de grootste bron is (afstroming westelijk deel van Noord-Brabant). De op-één-na grootste bron is het water dat wordt ingelaten via de Volkeraksluizen vanuit het Hollandsch Diep. De in- en uitlaten van polders hebben een relatief kleine bijdrage aan de stikstof- en fosfaatbalans. Overige emissiebronnen zoals atmosferische depositie, binnenvaart, RWZI effluent en industrie zijn ondergeschikt. Ook voor seleen zijn de Dintel en het Hollandsch Diep de belangrijkste bronnen, maar voor deze stof leveren ze nagenoeg gelijke aandelen. Uit Osté et al., (2020) blijkt dat ook in andere waterlichamen seleen in vergelijkbare concentraties voorkomt en hiervan is de grootste achterliggende bron atmosferische depositie.

De resultaten van deze stoffenbalans zijn vergeleken met een stoffenbalans voor het Volkerak-Zoommeer over de periode 1996-2009 en de uitkomsten zijn vergelijkbaar. Ook is deze stoffenbalans vergeleken met een stoffenbalans uitgevoerd op basis van de KRW-Verkenner voor de nationale analyse. Hieruit blijkt dat er discrepanties zijn tussen de in dit rapport afgeleide stoffenbalans en die uit de KRW-Verkenner. De stoffenbalans in dit rapport wordt geacht een accurater beeld van de stoffenbalans te schetsen, omdat deze op basis van meetgegevens is bepaald. De discrepanties lijken veroorzaakt door een afwijkende waterbalans in de KRW-Verkenner en door achterliggende aannames en methodes die gericht zijn op nationale analyse en niet op lokale analyse. Voor totaal stikstof zijn de inkomende vrachten vrijwel gelijk aan elkaar, maar is de uitgaande vracht 20% lager in de KRW-Verkenner. Voor totaal fosfaat zijn de inkomende vrachten hoger in de KRW-Verkenner (70%) en zijn de uitgaande vrachten relatief gelijk (10% verschil).

De stoffenbalansmethodiek kan nog verbeterd worden door 1) het invullen van ontbrekende meetgegevens door statistische modelvoorspellingen van concentraties uit debieten, 2) het toevoegen van interne bronnen en 3) een optie voor het lineair interpoleren van meetdata. Deze verbeteringen zullen niet leiden tot andere conclusies betreft de (grootste) aanvoer van stikstof en fosfaat. Wat betreft de aanvoer van seleen is er geen rekening gehouden met het verschil in de meetmethode tussen Rijkswaterstaat (voor filtratie) en de waterschappen (na filtratie). Echter doordat de grootste achterliggende bron depositie is, is de verwachting dat de stuurknop voor deze stof niet binnen het Volkerak-Zoommeer gezocht moet worden.

De stoffenbalansmethodiek en waterbalansmethodiek zijn breder inzetbaar dan het Volkerak-Zoommeer en kunnen zeer waarschijnlijk ook hun nut bewijzen voor andere watersystemen.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Doelstelling Stoffenbalans Volkerak-Zoommeer	9
1.3	Aanpak onderzoek	9
1.4	Leeswijzer	10
2	Data bronnen	11
2.1	Water- en chloride balans studie	11
2.2	Meetgegevens	12
2.2.1	Waterinfo	12
2.2.2	WKP database	12
2.2.3	Z-info	14
2.2.4	Emissieregistratie	15
2.3	Modellen	17
2.3.1	ANIMO	17
2.3.2	KRW-Verkenner	17
3	Methodiek	18
3.1	Overwegingen	18
3.2	Debieten	19
3.3	Stoffen	20
3.4	Berekenen van de vracht	21
3.5	Tegengaan dubbeltellingen en foutieve allocatie bronnen	21
3.6	Reproduceerbaarheid	22
4	Data beschikbaarheid	23
4.1	Verbinding van bronnen	23
4.2	Consolidatie meetgegevens	26
4.3	Bewerkingen voor stikstof en fosfaat	28
4.4	Bewerkingen voor seleen	30
5	Resultaten	32
5.1	Waterbalans	32
5.2	Stoffenbalans op basis van totalen	34
5.2.1	Stikstof	34
5.2.2	Fosfaat	37
5.2.3	Seleen	40

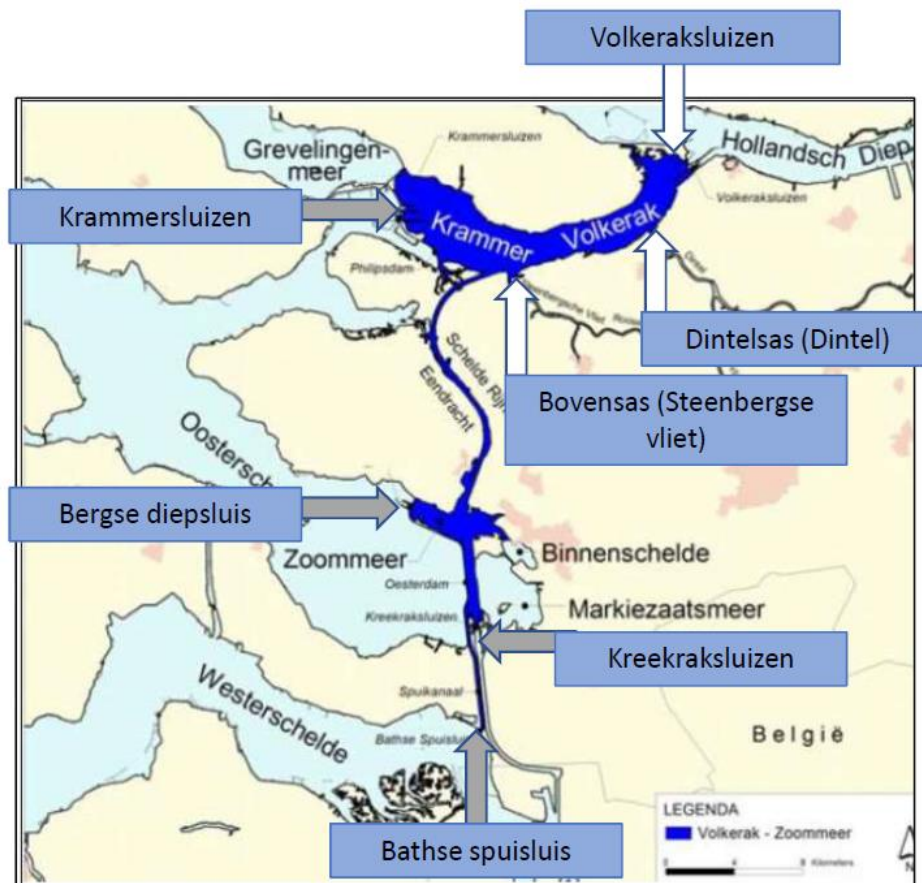
5.3	Stoffenbalans op basis van chemische verbindingen	43
5.3.1	Stikstof	43
5.3.2	Fosfaat	47
5.4	Vergelijking met de KRW-verkenner	48
6	Discussie en conclusie	53
7	Literatuur	58
Bijlagen	60	
	Bijlage A Bronnenoverzicht	61
	Bijlage B Stoffenoverzicht	63
	Bijlage C Python Library Nutrientbalance	64
	Bijlage D Jaar-op-jaar variatie stofvrachten	70
	Bijlage E Dag-op-dag variatie stofvrachten waterlichamen	73

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Volkerak-Zoommeer heeft een gevarieerd gebruik. Naast een belangrijke binnenvaartroute en recreatie wordt het zoete water onder andere gebruikt om de zoute kwel die omhoog komt in de polders weg te spoelen. Blauwalgenbloei zorgt ervoor dat het inlaten van water uit het Volkerak-Zoommeer naar de polder, in de zomer bijna jaarlijks gestaakt moet worden, om de waterkwaliteit van het polderwater te waarborgen. Daarnaast ondervinden omwonenden van het Volkerak-Zoommeer overlast van blauwalgen in de vorm van beperkt watergebruik, stank en aangezicht. In de recente jaren is het wateroppervlak dat begroeid is met waterplanten toegenomen, dit duidt vaak op een verbetering van de waterkwaliteit in het watersysteem.

Om grip te krijgen op de ontwikkeling van de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer (Figuur 1), de herkomst van de aangetroffen stoffen en de knoppen waarmee deze gestuurd kunnen worden, wordt er in deze studie een stoffenbalans voor het systeem opgesteld. Deze stoffenbalans is een vervolg op een eerder opgestelde stoffenbalans voor de periode 2006 t/m 2009 voor het Volkerak-Zoommeer (De Vries, 2011).



Figuur 1 Overzicht van het Volkerak-Zoommeer (donkerblauw) met de belangrijkste in- en uitstroomlocaties. (Netto) instroomlocaties zijn aangegeven met een witte pijl en (netto) uitstroomlocaties met een grijze pijl. In dit overzicht worden de in- en uitstroomlocaties van de polders en de Zoom niet getoond.

1.2 Doelstelling Stoffenbalans Volkerak-Zoommeer

KPP Zuidwestelijke Delta heeft de wens om een stoffenbalans voor het Volkerak-Zoommeer op te stellen. Deze stoffenbalans dient inzicht te bieden in de inkomende en uitgaande posten van het Volkerak-Zoommeer, waardoor een inschatting gemaakt kan worden over hoeveel er in het systeem achterblijft. Ook worden hiermee de bronnen en hun relatieve aandeel duidelijk, waardoor de impact van het aanpassen van deze “stuurknoppen” kan worden bepaald.

De stoffenbalans wordt opgesteld voor de nutriënten stikstof en fosfaat en de prioritair stof seleen. Voor de nutriënten worden zowel de totalen bepaald als de chemische verbindingen waarmee deze nutriënten voorkomen (bijv. nitriet, nitraat, ammonium). Het metaal seleen dient als voorbeeldstof om te bepalen in welke mate data voorhanden is om voor specifieke verontreinigende stoffen, zoals gedefinieerd door de KRW, een vergelijkbare balans op te stellen.

De centrale vragen bij dit onderzoek zijn samen te vatten als:

- 1 Hoe ziet de stoffenbalans van het Volkerak-Zoommeer eruit voor de nutriënten stikstof en fosfaat?
 - a Is er met de beschikbare informatie een stoffenbalans te maken op basis van de waterbalans in “Water- en Chloridebalans VZM” (Deltares, 2020)?
 - b Welke invloed hebben uitlaten en poldergemalen op de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer?
 - c Zijn er aanvullende bronnen die nodig zijn om de bovenstaande stoffenbalans sluitend te krijgen (RWZI uitstroom, droge depositie, uitloging uit de waterbodem, uitwerpselen watervogels, toevoer/afvoer Binnenschelde etc.).
 - d Hoe verhouden deze resultaten zich tot de resultaten van de KRW-verkenner Nationale Analyse Waterkwaliteit (2020) (periode 2010 – 2015)?
- 2 Wat is de ontwikkeling van de nutriënten in het Volkerak-Zoommeer?
 - a Nemen stikstof en fosfaat toe of af?
 - b Welke bronnen en putten zijn hier verantwoordelijk voor?
 - c Zijn dit ook stuurknoppen?
- 3 Kan de stoffenbalans-methodek dermate flexibel opgezet worden dat deze ook voor andere stoffen kan worden ingezet?
 - a Is de stoffenbalans-methodek ook in te zetten voor seleen?

Het is de eerste keer dat er een stoffenbalans op dag-basis wordt opgesteld voor het Volkerak-Zoommeer. Eerder is er al een stoffenbalans voor de periode 2006 t/m 2009 op maandbasis opgezet (De Vries, 2011). Hiermee is het doel van deze rapportage ook om de methode, techniek en de bruikbaarheid van de uitkomsten te bepalen.

1.3 Aanpak onderzoek

Deze stoffenbalans bouwt voort op de “Water- en chloridebalans methodiek” opgesteld en ingezet voor het Volkerak-Zoommeer in de rapportage Vergroesen (2020). De waterbalans en bronnen beschreven in dat rapport worden gebruikt als de basis voor deze stoffenbalans. Hierom zal de stoffenbalans dezelfde periode bestrijken, namelijk vanaf het jaar 2010 t/m 2018. De balans wordt op dag-basis opgesteld. Waar bronnen niet opgenomen zijn in de waterbalans, maar wel relevant zijn voor de stoffenbalans, worden deze toegevoegd.

De stoffenbalans zal niet sluitend gemaakt kunnen worden doordat er een mate van onbekendheid zal overblijven. Deze onbekendheid zit vooral in de mate waarin de stoffen opgeslagen zitten in het watersysteem, in de vorm van aquatisch leven, gebonden aan het sediment of in welke mate dit is omgezet door waterkwaliteitsprocessen. Dit wordt in deze studie als sluitpost beschouwd.

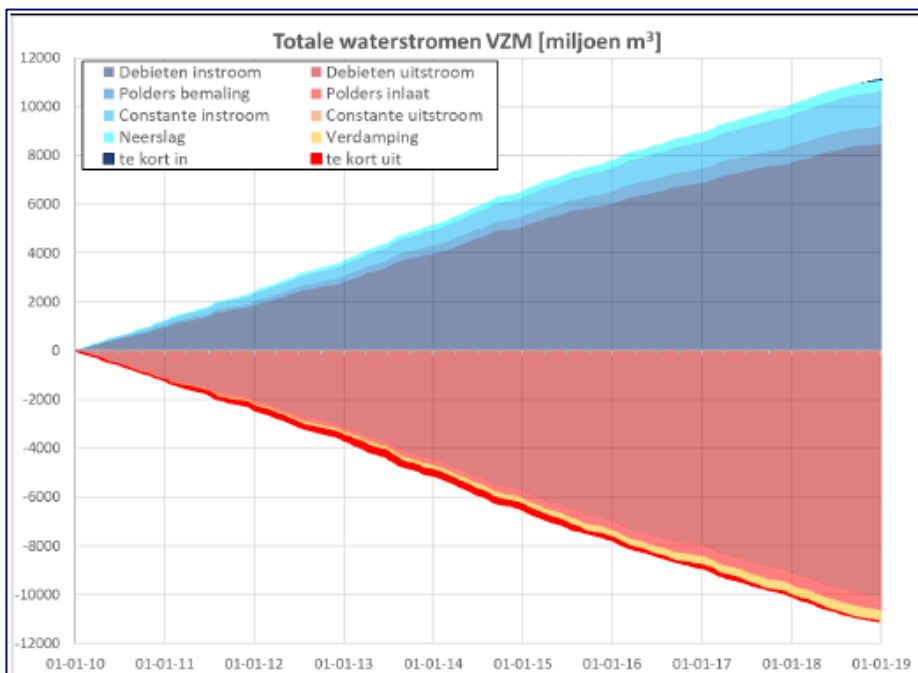
1.4 Leeswijzer

Dit rapport neemt u stapsgewijs mee in de opzet van de stoffenbalans voor het Volkerak-Zoommeer. Allereerst worden de databronnen beschreven die voor deze stoffenbalans inzetbaar waren (Hoofdstuk 2 Data bronnen). Hierna volgt de methodiek die vooraf ontwikkeld is om met ontbrekende meetgegevens om te gaan en prioriteit te geven aan de verschillende databronnen (Hoofdstuk 3 Methodiek). Op basis van een inventarisatie van de belangrijke bronnen en stoffen wordt een overzicht gemaakt van de databeschikbaarheid en de benodigde stappen die gezet moeten worden om voor stikstof, fosfaat en seleen missende meetgegevens in te vullen (Hoofdstuk 4 Data beschikbaarheid). Hierna worden de resultaten gepresenteerd en een vergelijking met deze resultaten gemaakt waarbij de methode ook is toegepast op de KRW-verkenner nationale analyse resultaten (Hoofdstuk 5 Resultaten). Op basis van deze resultaten volgt de conclusie aan de hand van de vragen die gesteld zijn in de sectie “Doelstelling Stoffenbalans Volkerak-Zoommeer” (Hoofdstuk 6 Discussie en conclusie).

2 Data bronnen

2.1 Water- en chloride balans studie

In 2020 is er een water- en chloridebalans opgesteld voor het Volkerak-Zoommeer voor de tijdsperiode van het jaar 2010 t/m 2018 (Vergroesen, 2020). De methodiek die bij het opstellen van deze water- en chloridebalans is ingezet is eerder ontwikkeld bij het opstellen van een vergelijkbare balans voor het IJsselmeer. De balans die opgesteld is voor het Volkerak-Zoommeer is nagenoeg sluitend gemaakt, met een klein tekort voor de uitgaande post, meest waarschijnlijk afkomstig van een te laag berekende afvoer bij de Bathse spuisluis (zie Figuur 2).



Figuur 2 Overzicht van de totale waterstromen van het Volkerak-Zoommeer voor de jaren 2010 t/m 2018. De blauwe vlakken geven de instroom van water naar het Volkerak-Zoommeer weer, de rode vlakken de uitstroom (Vergroesen, 2020).

Deze waterbalans dient als basis voor de stoffenbalans. De waterbalans is de primaire bron voor de debieten en het primaire overzicht voor relevante bronnen.

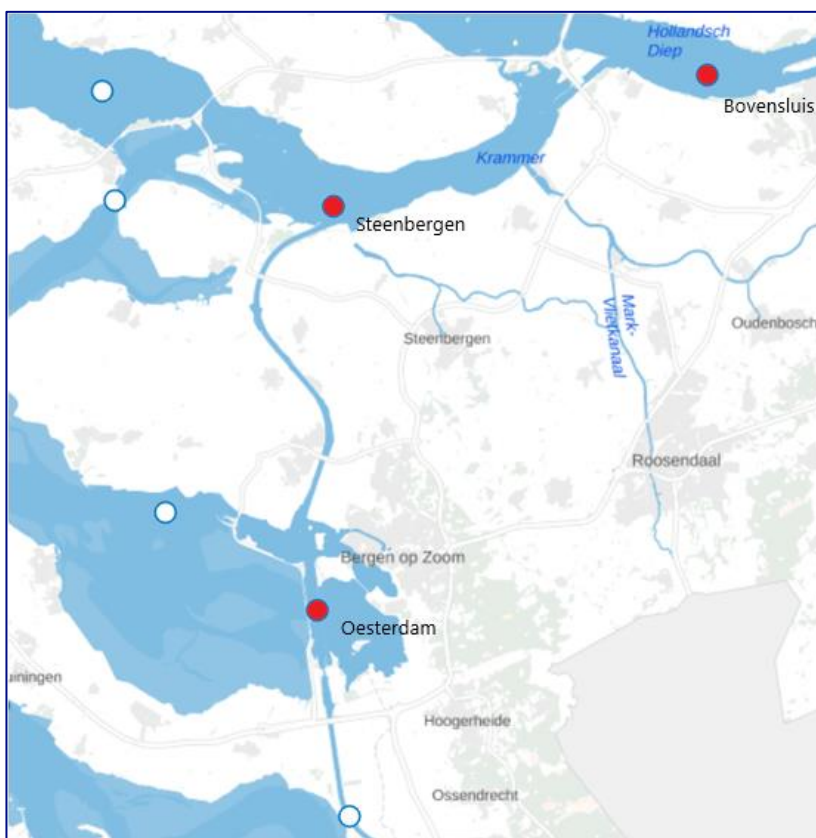
Voor een duiding van de locatie van de polders, gemalen en inlaten die in deze rapportage genoemd worden verwijzen we naar Vergroesen (2020). Voor de (spui)sluizen en rivieren is dit overzicht zichtbaar in Figuur 1.

2.2 Meetgegevens

2.2.1 Waterinfo

Via helpdesk Water en <https://waterinfo.rws.nl/> zijn de meetgegevens van het Monitoringsprogramma waterbeheer RWS (MWTL), verzameld door Rijkswaterstaat (RWS), te benaderen. Hierbij zijn data van de instromende meetlocaties en de meetlocaties in het watersysteem opgevraagd. Deze databeschikbaarheid van RWS wordt in deze rapportage verder aangeduid met Waterinfo.

Als instromende meetlocatie wordt het meetpunt Bovensluis (Hollandsch Diep) beschouwd en als meetlocaties in het watersysteem meetpunt Steenberg (Krammer-Volkerak) en meetpunt Oesterdam (Zoommeer). In Figuur 3 worden de meetlocaties getoond waar de nutriënten stikstof en fosfaat zijn gemeten. De meetlocaties die zijn gebruikt voor dit rapport zijn roodgekleurd.

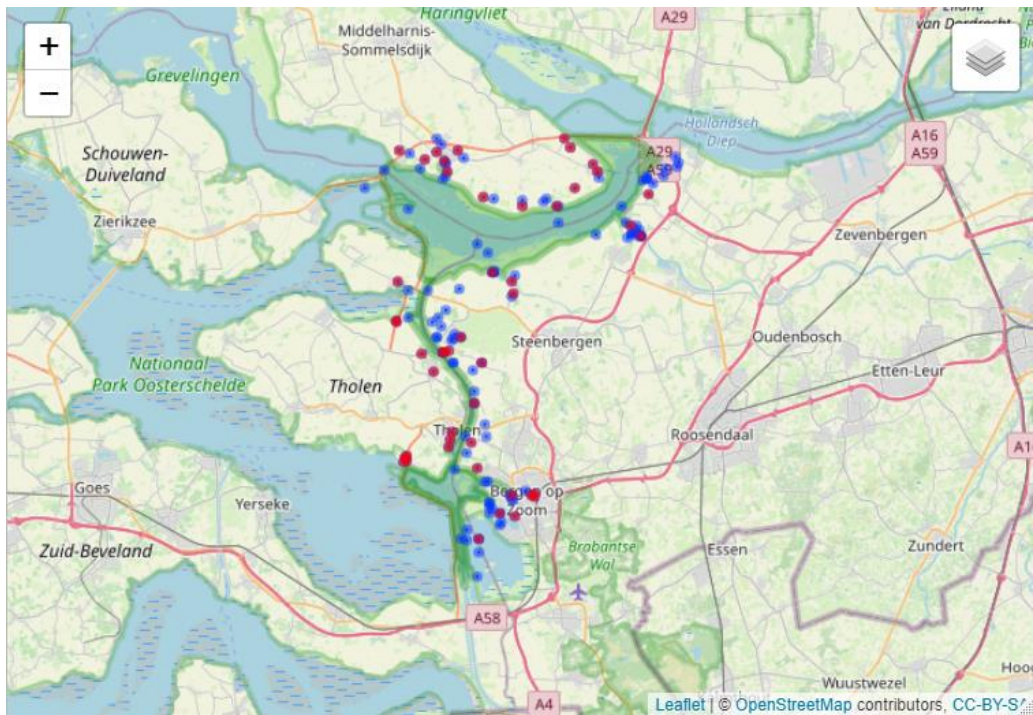


Figuur 3 RWS meetlocaties Bovensluis (Hollandsch Diep), Steenberg (Krammer-Volkerak) en Oesterdam (Zoommeer) in rood en de overige meetlocaties als witte bollen. Bij al deze meetlocaties worden de nutriënten stikstof en fosfaat gemeten voor de tijdsperiode 2010 – 2018. De meetlocaties die zijn gebruikt voor dit rapport zijn roodgekleurd.

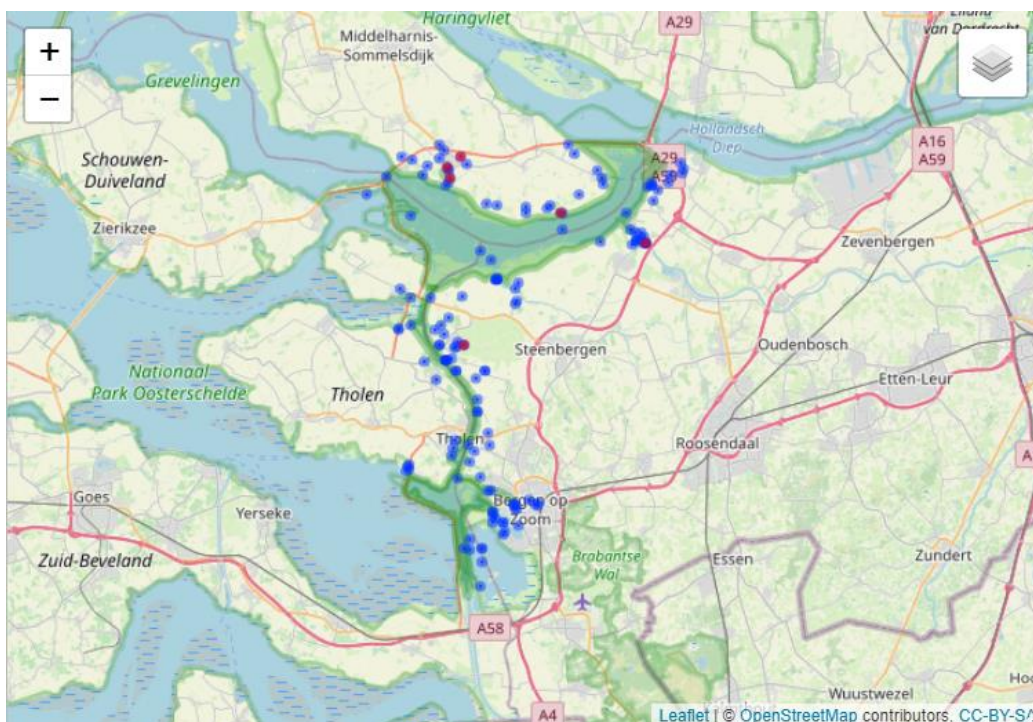
2.2.2 WKP database

Voor het Waterkwaliteitsportaal is er een waterschapsmetingendatabase opgezet. Deze database is ook gebruikt voor het beschikbaar maken van de KRW nutriënten trends op de website <https://www.krw-nutrend.nl/>. Deze database wordt intern in Deltares gehost en hieruit zijn de waterkwaliteitsmeetgegevens van de waterschappen verkregen. Ook zijn de data van RWS uit Waterinfo in deze database opgeslagen, maar hiervoor is gebruik gemaakt van gegevens direct afkomstig uit Waterinfo.

Uit deze database zijn de meetlocaties in een straal van 1.5 km rondom het Volkerak-Zoommeer onttrokken. Bij veel van deze meetlocaties zijn voor de periode van belang, stikstof en fosfaat gemeten (zie Figuur 4).



Figuur 4 Meetlocaties uit de WKP database rondom het Volkerak-Zoommeer binnen een straal van 1.5 km (blauwe punten). De rode punten geven weer waar totaal stikstof, Kjeldahl stikstof, nitriet, nitraat, ammonium, ammonia, totaal fosfaat en/of fosfaat, binnen de periode 2010 – 2018 gemeten zijn.



Figuur 5 Meetlocaties uit de WKP database rondom het Volkerak-Zoommeer binnen een straal van 1.5 km (blauwe punten). De rode punten geven weer waar Seleen binnen de periode 2010 – 2018 gemeten is.

Deze database is intern beschikbaar bij Deltares op de server “openearth-deltares-dataportal-db.avi.directory.intra” onder de naam “waterkwaliteit”. Via ICT is hiervoor toegang te verkrijgen. De correctheid van deze database is steekproefsgewijs gevalideerd met waterkwaliteitsmeetdata opgevraagd bij waterschap Brabantse Delta.

2.2.3 Z-info

Z-info is het database systeem opgezet door Informatie Huis Water en Croonwouter&dros|TBI om de rioolwaterzuiveringsgegevens te ontsluiten. Dit wordt aangeboden via de website <https://www.z-info.nl/>. Wij hebben deze informatie rechtstreeks verkregen van de Emissieregistratie. In deze database worden de maandelijkse influent- en effluentmetingen van de rioolwaterzuiveringsinstallaties opgeslagen. Hierbij wordt zowel de concentratie van de stoffen als het debiet geregistreerd, zodat dit terug te rekenen is naar een vracht.

De rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) Dinteloord (waterschap Brabantse Delta), Ooltgensplaat, Oude Tonge (waterschap Hollandse Delta) en Tholen (waterschap Scheldestromen) lozen direct op het Volkerak-Zoommeer (zie Figuur 6). De overige RWZI's lozen binnen de polder en hiervan wordt het effect van het effluent op de waterkwaliteit, wanneer beschikbaar, gemeten bij de poldergemalen. De bedrijven Suiker Unie, SABIC en Allnex worden geregistreerd in de Emissieregistratie en niet in Z-info. Van Suiker Unie is het effect van het effluent op de waterkwaliteit bemeten in de waterkwaliteitsmeting van de Dintel.

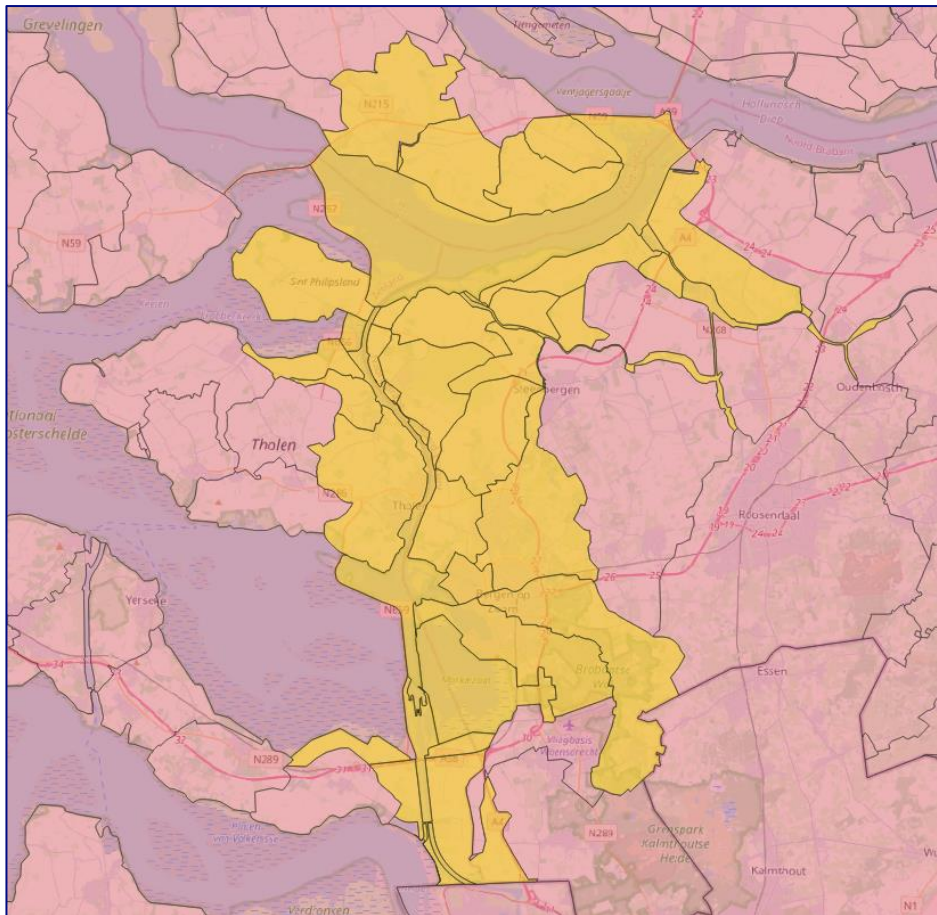


Figuur 6 Overzicht van de lozingslocaties van puntbronnen rondom het Volkerak-Zoommeer. Dit overzicht is afkomstig van de Emissieregistratie database.

2.2.4 Emissieregistratie

De Emissieregistratie registreert op jaarbasis de emissies van chemische parameters waaronder voor dit onderzoek relevante emissiegegevens van nutriënten en seleen. Dit zijn bronnen als depositie en afstroming van landbouw, maar ook effluentlozingen door industrieën. Een uitgebreidere beschrijving van de Emissieregistratie en toegang tot de informatie is mogelijk via <http://www.emissieregistratie.nl/>. Wij hebben de benodigde informatie rechtstreeks verkregen van de Emissieregistratie.

De Emissieregistratie gebruikt een opdeling van Nederland aan de hand van de afwateringseenheden (GAF-90 gebieden, zie Figuur 7). Aan deze gebieden zijn de verschillende emissies gekoppeld.



Figuur 7 Afwateringseenheden (GAF-90 gebieden) van de Emissieregistratie, ingezoomd op het Volkerak-Zoommeer (centraal geel element). De gele GAF gebieden zijn geselecteerd omdat deze direct afwateren in het Volkerak-Zoommeer. Hierdoor zijn deze relevant voor de invoer van de stoffenbalans, omdat hier zeer waarschijnlijk data uit de Emissieregistratie benodigd is om de balansgegevens van de nutriënten stikstof en fosfaat en het metaal seleen aan te vullen.

Bij de Emissieregistratie worden emissies van de laatste vijf jaar op jaarbasis opgeslagen. Hierna blijft alleen het eerste jaar van de vijf jaar opgeslagen. Voor de periode, waarin we geïnteresseerd zijn, is daarom enkel data beschikbaar voor de jaren 2010, 2015, 2017 en 2018. Op basis van bovenstaande afstromingsgebieden is er een overzicht gemaakt van de bronnen die van belang zijn voor de verschillende stoffen (zie Tabel 1).

Tabel 1 Overzicht van bronnen (emissieoorzaken) van de stoffen stikstof (N-Totaal), fosfaat (P-Totaal) en Seleenvbindingen op basis van de GAF gebieden met relevantie voor het Volkerak-Zoommeer.

Groep	EMISSIEOORZAAK	N - Totaal	P - Totaal	Seleenvb. (als Se)
Depositie	Nederland	X		X
Landbouw	Afspoeling nutriënten landelijk gebied	X	X	
	Uitspoeling nutriënten landelijk gebied	X	X	
	Meemesten sloten	X	X	
RWZI's & riool	Effluenten berekend			X
	Effluenten, individueel	X	X	
RWZI's & riool	Regenwaterriolen	X	X	X
	Ongezuiverde riolen	X	X	
	Overstorten	X	X	X
Industrie	SBI 10.3 (per bedrijf): Groente- en fruitverwerking	X		
	SBI 10.81 (per bedrijf): Suiker industrie	X	X	
	SBI 11.07 (per bedrijf): Vervaardiging van dranken	X		
	SBI 20.16 (per bedrijf): Vervaardiging van kunststof in primaire vorm	X		
Bandenslijtage	autobussen ov, autosnelweg			X
	autobussen ov, buitenweg			X
	autobussen touringcars, autosnelweg			X
	autobussen touringcars, buitenweg			X
	lichte bedrijfsvoertuigen, autosnelweg			X
	lichte bedrijfsvoertuigen, buitenweg			X
	personenauto's, autosnelweg			X
	personenauto's, buitenweg			X
	tweewielers, autosnelweg			X
	tweewielers, buitenweg			X
	zware bedrijfsvoertuigen, excl. autobussen, autosnelweg			X
zware bedrijfsvoertuigen, excl. autobussen, buitenweg			X	
Vaartuigen	Binnenvaart huishoudelijke lozingen	X	X	
	Recreatievaart huishoudelijke lozingen	X	X	
Overig	Emissies vanuit stortplaatsen	X	X	
	Erfafspoeling	X	X	
	Glastuinbouw	X	X	
	Huishoudelijk afvalwater	X	X	
	Huishoudelijk afvalwater via IBA	X	X	

2.3 Modellen

2.3.1 ANIMO

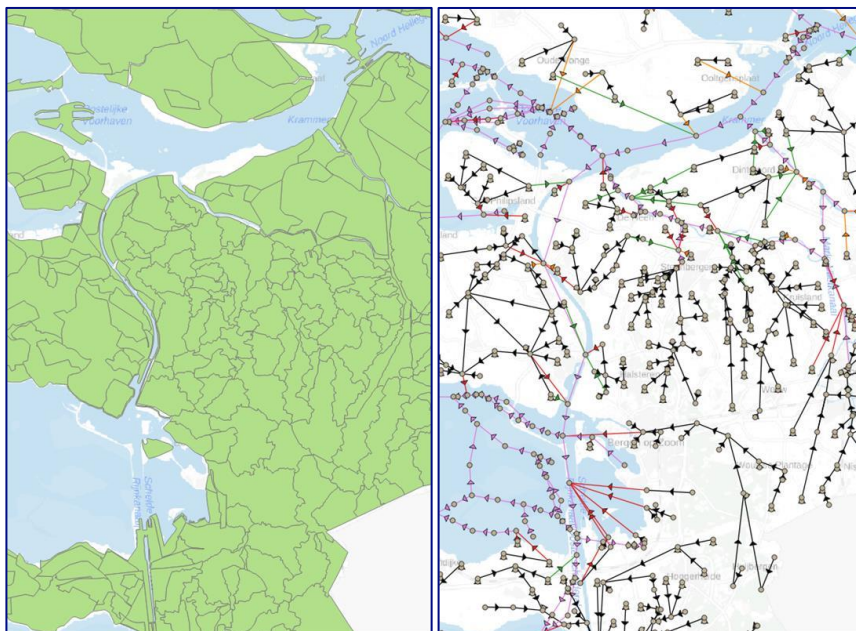
De landelijke toepassing van ANIMO geeft een berekende vracht voor de uit- en afspoeling van ammonium-N, nitraat-N, organisch stikstof, fosfaat-P en organisch fosfaat van/uit de bodem. De met ANIMO berekende vrachten (Wageningen, 2019) zijn omgezet naar uitvoer per "Local Surface Waters" (LSW: afwateringseenheid van de KRW-verkenner) en kwartaal en uitsplitst naar landbouw en natuur (zie Figuur 8 A).

ANIMO wordt gebruikt als de basisinvoer van de KRW-verkenner om de bijdrage van het landelijk gebied te berekenen. In de KRW-verkenner wordt deze informatie echter opgewerkt naar totaal stikstof en totaal fosfaat, waardoor de oorspronkelijke chemische verbindingen niet meer uit de resultaten te herleiden zijn.

Wanneer de data van ANIMO wordt ingezet dient men er rekening mee te houden dat dit de uit- en afspoeling naar het polderwater betreft. Hierin zijn de waterkwaliteitsprocessen die in de polder een rol spelen voordat de vracht het watersysteem inkomt niet meegenomen. Het direct toepassen van ANIMO resultaten als invoer zal hierdoor een overschatting geven. De grootte van deze overschatting wordt in dit rapport niet verder onderzocht.

2.3.2 KRW-Verkenner

Het Landelijk KRW-Verkenner Model 2.4, hierna LKM genoemd, is ontwikkeld en wordt gebruikt om de waterkwaliteit voor de Nationale Analyse Waterkwaliteit door te rekenen (zie Figuur 8 B). Met het LKM kunnen zomergemiddelde totaal stikstof en totaal fosfaat concentraties worden doorgerekend voor de KRW-waterlichamen. Ten behoeve van de Nationale Analyse Waterkwaliteit is het LKWM instrumentarium opgezet (Renaud et al., 2019) waarin het Landelijk Hydrologisch Model en het Landelijk Sobek Model het LKM voeden met afvoeren en het ANIMO model het LKM voedt met emissievrachten uit het agrarisch en natuurlijk gebied. Daarnaast zijn emissies voor vrachten uit het buitenland, de RWZI's en overige emissies (atmosferische depositie, industrieën etc.) aan het model toegevoegd. Het LKM geeft uitvoer per kwartaal voor zowel debieten als totaal stikstof en totaal fosfaat voor de jaren 2010 tot en met 2015.



Figuur 8 A & B. A). LSW schematisatie op basis waarvan de ANIMO waarden aan de KRW-verkenner aangeleverd worden. B). KRW-verkenner schematisatie voor het Volkerak-Zoommeer.

3 Methodiek

De methodiek om de stoffenbalans op te stellen is gebaseerd op de volgende criteria:

- Gebruiken van de bestaande water- en chloridebalans Volkerak-Zoommeer (Vergroesen, 2020)
- Prioriteit van het type informatie (debieten, concentraties en vrachten):
 - a chemische verbindingen > totalen;
 - b metingen > modeluitkomsten > schattingen;
 - c bronnen aan het watersysteem > bronnen in afwateringsgebieden naar watersysteem;
 - d dagmetingen > maandmetingen > kwartaalmetingen > jaarmetingen.
- Het tegengaan van dubbeltellingen of foutieve allocatie van bronnen
- Reproduceerbaarheid, zowel voor het huidige watersysteem als voor een ander watersysteem

Hierbij worden op basis van de beschikbare bronnen voor debieten en stoffen verschillende stappen gebruikt. Ten eerste, in de Paragraaf 3.1 Overwegingen zijn de gestelde criteria aan de stoffenbalansmethodiek uitgebreider beschreven. Ten tweede worden de stappen voor het aanvullen van debieten die niet in de eerder opgestelde waterbalans (Vergroesen, 2020) voorkomen beschreven (Paragraaf 3.2 Debieten). Ten derde, beschrijven we welke stappen er gevolgd worden voor het invullen van ontbrekende stoffen (Paragraaf 3.3 Stoffen). Ten vierde beschrijven we de methode en nauwkeurigheid van de berekende vrachten (Paragraaf 3.4 Berekenen van de vracht). En ten vijfde wordt er beschreven hoe dubbeltellingen of foutieve allocatie van bronnen wordt voorkomen (Paragraaf 3.5 Tegengaan dubbeltellingen en foutieve allocatie bronnen). Als laatste bespreken we de reproduceerbaarheid van de resultaten en hoe we dit garanderen in de vorm van een Python bibliotheek (Paragraaf 3.6 Reproduceerbaarheid).

3.1 Overwegingen

Voordat de methodiek werd opgesteld, zijn er vanuit extern overleg met RWS en intern overleg een aantal uitgangspunten opgesteld die het opmaken van vergelijkbare stoffenbalansen en nader onderzoek van het watersysteem op basis van de verzamelde informatie moet vergemakkelijken. Deze punten zijn hieronder genoemd:

- Verder bouwen op de huidige waterbalans methodiek voor het VZM (Vergroesen, 2020)
- De verkregen data moet inzetbaar zijn voor waterkwaliteitsmodelstudies van het watersysteem (bijv. Kramer et al., 2016; Weeber et al., 2018; Nolte et al., 2020)
- Reproduceerbaarheid: de methode moet zijn vastgelegd, makkelijk her-uitvoerbaar zijn voor hetzelfde watersysteem en inzetbaar in andere watersystemen.

Voor het uitwerken van de methode hebben we ons voor een groot deel gebaseerd op de methodiek gebruikt in Vergroesen (2020) tijdens het opstellen van de water- en chloride balans voor het Volkerak-Zoommeer. In de stoffenbalans hebben wij verder gebouwd op deze methode (beschreven in 3.2 Debieten).

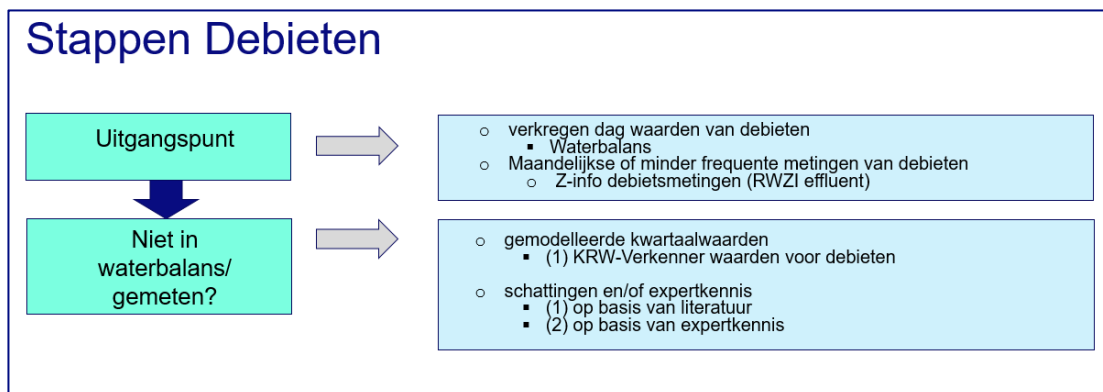
3.2 Debieten

Voor de waterbalans en hiermee de debieten die onderliggend zijn aan de stoffenbalans baseren we ons voornamelijk op de data die samengesteld is door Vergroesen (2020). In Vergroesen (2020) wordt de volgende methode aangehouden om gaten in de data van de waterbalans in te vullen:

- Uitgangspunt:
 - Gebruik gemeten waterstromen.
- Echter wanneer er op locaties en/of momenten geen metingen beschikbaar zijn:
 - Gebruik berekende waarden (op basis van een hydrologisch model).
- Wanneer berekende waarden niet mogelijk zijn:
 - Gebruik waarden die zijn afgeleid uit literatuuronderzoek.
- Wanneer literatuuronderzoek waarden niet beschikbaar zijn:
 - Gebruik inschattingen op basis van expertise, eenvoudige berekeningen of een combinatie hiervan.

Wanneer in de waterbalans van Vergroesen (2020) gemeten waarden een kleinere meetinterval hebben dan een dagwaarde zijn deze omgezet naar dag-totalen. En wanneer onwaarschijnlijke waarden voorkomen op basis van verificatie en validatie, worden deze verwijderd en op basis van hydrologische expertise en systeemkennis vervangen door berekende waarden.

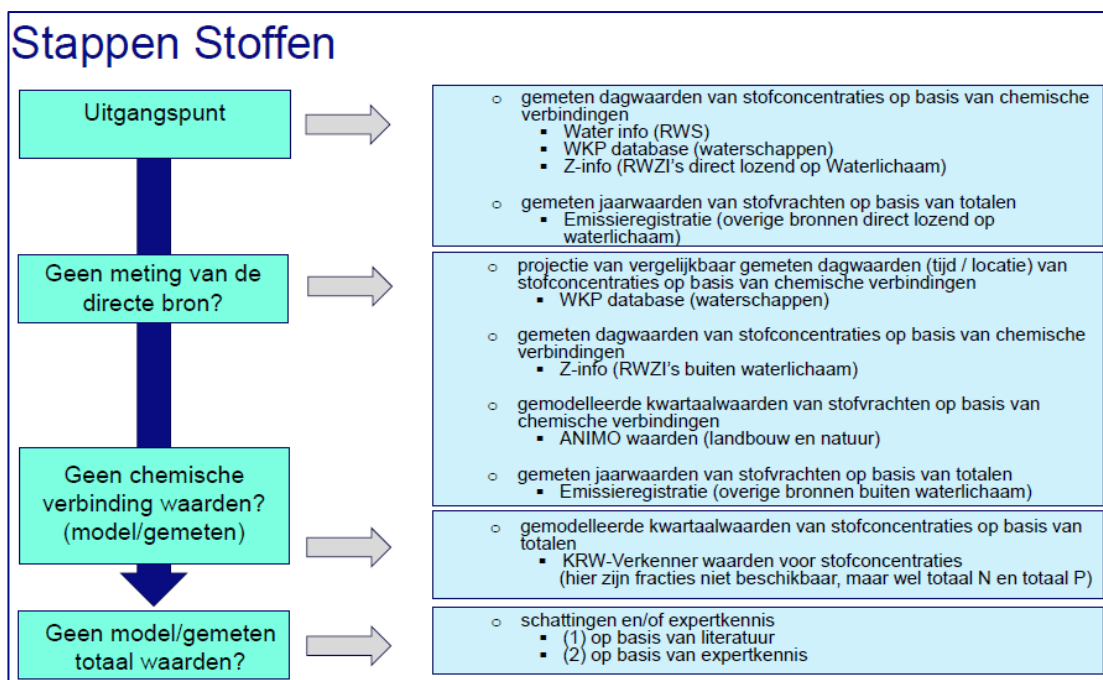
De stoffenbalans wordt opgezet op basis van dag-totalen. Echter zijn er enkele oppervlaktewaterbronnen met relevantie voor de stoffenbalans die niet meegenomen zijn in de waterbalans van Vergroesen (2020), namelijk de Bergse diepsluis, de Zoom, Binnenschelde en Markiezaatsmeeraflaat. Deze bronnen zijn in de bestaande waterbalans niet meegenomen omdat zij een zeer klein toeleverend en/of afnemend debiet hebben, maar op basis van stoffenvracht leveren de toeleverende wateren mogelijk wel een relevante bijdrage. Ook is er in de waterbalans niet altijd onderscheid gemaakt tussen de verschillende in- en uitstroombelangen van de poldergebieden, maar zijn deze per deelgebied van het Volkerak-Zoommeer samengevoegd. Waar bronnen worden aangevuld op de bestaande waterbalans van Vergroesen (2020) wordt dit gedaan aan de hand van de stappen beschreven in Figuur 9. Waar geen gemeten debieten of debieten vanuit de waterbalans voor handen zijn, zijn wij teruggevallen op gemodelleerde debieten van de KRW-verkenner. In het uiterste geval gebruiken we in deze situatie literatuurwaarden of expertkennis.



Figuur 9 Stappen die aangehouden zijn voor het invullen van debieten in de stoffenbalans.

3.3 Stoffen

Bij het invullen van de stoffen werken we van de verschillende chemische verbindingen naar totalen en van dagmetingen naar jaarvrachten. Een uitwerking van deze stappen is te zien in Figuur 10.



Figuur 10 Stappen die aangehouden zijn voor het invullen van stoffenconcentraties en vrachten in de stoffenbalans.

Het uitgangspunt voor het invullen van de stoffenbalans is om ons zo veel mogelijk te baseren op meetwaarden. Echter zijn voor enkele van deze bronnen de meetwaarden niet (publiekelijk) beschikbaar, bijvoorbeeld industrielozingen, waardoor we terugvallen op de geregistreerde jaarvrachten in de Emissieregistratie. Wanneer de verwachting is dat de stoffenconcentraties van een meetpunt sterk overeenkomen met een naastgelegen meetpunt of een andere tijdsperiode van hetzelfde meetpunt, dan kunnen hiervan de waarden worden geprojecteerd. Dit is in deze studie vooral van toepassing bij de uitlaten van agrarische polders.

Een tweede uitgangspunt is dat we, waar mogelijk, gebruikmaken van de informatie waar de aanvoerroute het watersysteem Volkerak-Zoommeer binnenkomt in plaats van deze gegevens uit te rekenen uit alle bovenstroomse toeleverende bronnen. Een voorbeeld hiervan is dat we bij de toestroom van de Dintel naar het Volkerak-Zoommeer de voorkeur geven aan een waterkwaliteitsmeting of modelresultaat van de Dintel in plaats van de gemeten lozingen van de bovenstroomse suikerfabrieken en poldergemalen die op de Dintel uitkomen. In deze rapportage maken we in de definitie geen onderscheid tussen aanvoerroutes naar het waterlichaam en bronnen direct op het waterlichaam. In deze rapportage wordt hierom altijd gesproken over een bron waar water en stoffen worden toegeleverd of afgevoerd.

Wanneer de bovenstaande data niet afdoende is kunnen de stoffenwaarden ingevuld worden vanuit gemodelleerde waarden en bovenstroomse data. In dit geval zou bijvoorbeeld het effluent van de bovenstroomse suikerfabrieken van de Dintel, de uitstroom van poldergemalen (al dan niet gemeten of gemodelleerd) en mogelijke invloed van stedelijk water bij elkaar worden opgeteld. Let wel, in deze optelsom wordt geen rekening gehouden met afbraak of verbindingen (attenuatie) die de stoffen over het traject naar het watersysteem beïnvloeden. Dit leidt dus tot een overschatting van de concentratie en vracht. Hiermee wordt wel rekening gehouden in een KRW-verkenner berekening, echter bevat deze berekening alleen een uitkomst van de totalen en op kwartaalbasis. De uitkomst van de KRW-verkenner berekening kan in ons voorbeeld gebruikt worden op het instroompunt van de Dintel in het Volkerak-Zoommeer.

Als laatste optie kunnen waarden vanuit literatuur of expertkennis gebruikt worden om bronnen van een vracht of concentratie te voorzien.

3.4 Berekenen van de vracht

Zoals getoond in de paragraaf 3.3 “Stoffen” zijn er waterkwaliteitsmetingen beschikbaar vanuit Waterinfo, WKP database of Z-info. Deze waterkwaliteitsmetingen zijn voornamelijk op maandelijks basis opgenomen, terwijl de alternatieven om data in te vullen op kwartaal- (ANIMO, KRW-Verkenner) of jaarbasis (Emissieregistratie) beschikbaar zijn. Zoals getoond in paragraaf 3.2 “Debieten” zijn de debieten die vanuit de waterbalans beschikbaar zijn op dag-basis. Wanneer deze data ingevuld wordt vanuit de KRW-Verkenner is dit op kwartaal basis.

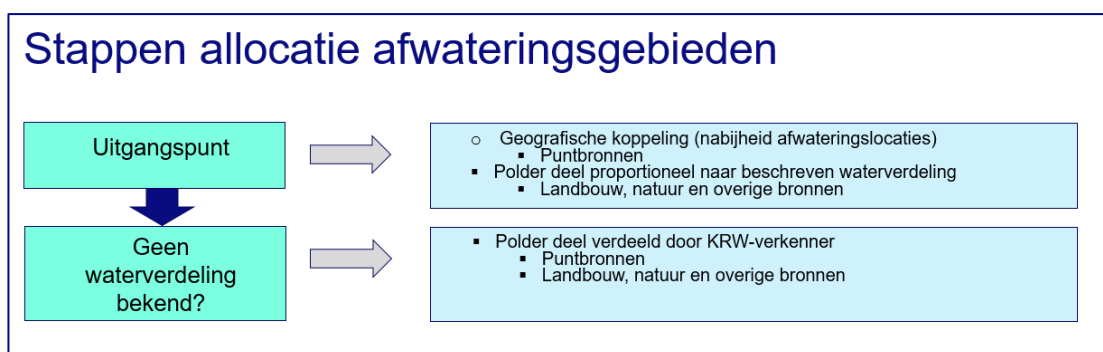
In deze stoffenbalans wordt de vracht berekend door de beschikbare waterkwaliteitsmetingen te interpoleren en wanneer de data concentraties betreft deze hierna te vermenigvuldigen met het debiet. Dit zorgt ervoor dat wanneer er data beschikbaar is van een maandelijks waterkwaliteitsmeting en het debiet op dagwaarden is ingevuld er een grotere nauwkeurigheid behaald wordt met het bepalen van de dag-op-dag verloop van de vracht, dan wanneer deze wordt berekend aan de hand van een kwartaaldebiet, kwartaalwaterkwaliteitsvoorspelling en/of direct vanuit de jaarvracht. Daarnaast zijn de waterkwaliteitsmetingen nauwkeuriger dan modelwaarden.

Echter dient men er wel rekening mee te houden dat uitgegaan wordt dat de maandelijks meting een representatieve concentratie is voor de hele maand. In werkelijkheid zal de concentratie van dag-op-dag verschillen en kan dit afwijken bij een moment met hogere of lagere debieten. Wanneer de afwijking van de concentratie gerelateerd is aan regenval kan dit benaderd worden op basis van regressie modellen (Lee et al., 2016; Lee et al., 2019). Deze verfijning van de resultaten is in deze studie niet verder uitgewerkt.

3.5 Tegengaan dubbeltellingen en foutieve allocatie bronnen

Bij het gebruiken van indirecte bronnen om een directe bron uit te rekenen dienen dubbeltellingen en foutieve allocatie te worden voorkomen. Hierbij is het goed om te weten dat RWZI's zowel in de Z-info- als de Emissieregistratiedataset voorkomen. Daarnaast komt het aandeel van landbouw en natuur zowel in de ANIMO- als de Emissieregistratiedataset voor. In de huidige uitwerking hebben we geen gebruik hoeven te maken van de ANIMO-gegevens en Emissieregistratiegegevens om indirecte bronnen (bijv. poldergebieden) in te vullen, hierdoor zijn deze mogelijke dubbelingen in deze studie niet aan de orde. In de KRW-verkenner resultaten zijn de gegevens uit ANIMO en de Emissieregistratie al samengevoegd. De KRW-verkenner resultaten kunnen dus niet in combinatie met een andere dataset gebruikt worden voor één bron.

Ook is de allocatie van indirecte bronnen van belang (de stappen hiervoor worden getoond in Figuur 11). Bij het gebruik van afwateringsgebied specifieke waarden, zoals de Emissieregistratie, ANIMO, literatuur- en expertkennis en puntbronnen die in de polder lozen (Emissieregistratie en Z-info RWZI data), dient men er rekening mee te houden dat een afwateringsgebied soms meer dan één uitlaat gebruikt. Deze uitlaten kunnen op verschillende watersystemen lozen, een voorbeeld hiervan zijn de polders van Tholen die zowel hun water uitslaan op het Volkerak-Zoommeer als de Oosterschelde. Wanneer dit het geval is dan dient de vracht vanuit de polder verdeeld te worden, zodat alleen de vracht die naar het te onderzoeken watersysteem afstroomt wordt beschouwd. Dit kan op basis van de geografische locatie van puntbronnen. Bijvoorbeeld een lozingspunt van een RWZI nabij een gemaal dat loost op het Volkerak-Zoommeer zal waarschijnlijk volledig naar dit het Volkerak-Zoommeer afstromen, of op basis van de waterverdeling tussen beide uitlaten. Voor de waterverdeling van de polder kunnen de debieten van de KRW-verkenner als basisdata worden gebruikt.



Figuur 11 Stappen die aangehouden zijn voor de stoffenverdeling van indirecte bronnen in afwateringsgebieden in de stoffenbalans.

3.6 Reproduceerbaarheid

Deze bovenbeschreven methode moet leiden tot een toonbaar en herhaalbaar resultaat van een stoffenbalans voor het specifieke watersysteem, in dit geval het Volkerak-Zoommeer. Om dit mogelijk te maken hebben we een Python bibliotheek gebouwd die de bovenstaande handelingen ondersteunt. Deze bibliotheek is inzetbaar om data in de vorm van debieten, concentraties en vrachten per bron te verwerken en waar nodig deze samen te voegen. Tijdens en na deze bewerkingsslagen kunnen figuren en datatabellen geproduceerd worden die een overzicht geven van de beschikbare data, de trendlijnen, dag- en jaartotalen en cumulatieve dag- en jaartotalen.

Deze python bibliotheek is beschikbaar gemaakt onder:

<https://svn.oss.deltares.nl/repos/openearthtools/trunk/python/applications/NutrientBalance>

In deze bibliotheek zijn de stoffenbalansen voor stikstof, fosfaat en seleen als voorbeeldscripts opgenomen.

Dit vereist een toegangsnaam en wachtwoord dat verkregen kan worden via <https://oss.deltares.nl> (zie "Login > Register > Create a MyDeltares account" rechterbovenzijde scherm).

Voor een uitgebreide beschrijving van deze Python bibliotheek zie Bijlage C (in het Engels).

4 Data beschikbaarheid

4.1 Verbinding van bronnen

Op basis van de kennis van het gebied zijn de bronnen van debietwaarden, stoffenconcentraties en vrachten aan elkaar verbonden. Het overzicht hiervan vindt u in Bijlage A.

De bronnen die in deze studie beschouwd worden zijn in eerste instantie opgebouwd uit de bronnen die beschouwd zijn in de Water- en chloridebalans studie (zie Tabel 2). Hierin zijn de bronnen per beheerder weergegeven, waaronder Rijkswaterstaat (RWS), het waterschap Brabantse Delta (WSBD), waterschap Hollandse Delta (WSHD) en waterschap Scheldestromen (WSSS). De tabellen die hieronder zijn weergegeven zijn relevant voor de stikstof- en fosfaatbalans. Voor de seleenbalans zijn weinig meetdata beschikbaar. Z-Info registreert geen seleen afkomstig uit het RWZI effluent, en daarnaast wordt seleen niet berekend in de ANIMO of KRW-verkenner resultaten. Hierom zijn de bronnen representatief voor afwateringsgebieden opgevuld met waarden uit de Emissieregistratie. Hierin zitten ook de directe bronnen vanuit RWZI's in opgenomen.

Tabel 2 Bronnen stoffenbalans zoals verkregen uit de water- en chloride balans (m.u.v. lekverliezen en kwel).

Groep	Richting	Namen	Data bron
Waterlichamen	IN	RWS: Volkeraksluizen; WSBD: Dintel, Steenbergse vliet,	Debiet: Water- en chloride balans studie; Concentratie : Waterinfo, WKP database;
Polders	IN	WSBD: Afvoer gemaal Prins Hendrikpolder, Afvoer gemaal de Pals, Afvoer gemaal Zoute Sluis; WSHD: Afvoergemaal De Haas van Dorsser, Afvoergemaal De Eendracht, Afvoergemaal Galathee, Afvoer gemaal Het Oude land; WSSS : Afvoergemaal Van Haaften, Afvoergemaal Drie Grote Polders, Afvoergemaal De Eendracht	Debiet: Water- en chloride balans studie; Concentratie: WKP database; Vracht: Emissieregistratie
Waterlichamen	UIT	RWS: Krammersluizen, Bathse spuisluis, Kreekraksluizen	Debiet: Water- en chloride balans studie; Concentratie : Waterinfo

De inlaten van de polders zijn niet inlaat specifiek gedefinieerd in de Water- en chloridebalans studie. Hierom hebben we ons gebaseerd op aanvullende data.

Hierna zijn deze bronnen aangevuld met overige toestromende wateren en RWZI's. De Zoom, Binnenschelde en het Markiezaatsmeer zijn ook toeleverende wateren die in de Water- en chloridebalans studie buiten beschouwing gelaten zijn, vanwege hun kleine bijdragen. Echter mogelijk zijn deze wateren wel van belang voor de stoffenbalans, hierom zijn deze toegevoegd (zie Tabel 3). Van de Bergse diepsluis zijn alleen schutverliezen en lekverliezen bekend vanuit de waterbalans. Deze zijn in de huidige studie niet meegenomen en dit zal voor de geanalyseerde stoffen nagenoeg geen effect hebben op de uitkomsten.

Tabel 3 Bronnen stoffenbalans aangevuld met kleine wateren, RWZI's en polder uitlaten.

Groep	Richting	Namen	Data bron
Waterlichamen	IN	RWS: Volkerak sluizen; WSBD: Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Binnen Schelde, Aflaat Markiezaatsmeer	Debiet: Water- en chloride balans studie; KRW-verkenner Concentratie : Waterinfo, WKP database;
Polders	IN	WSBD: Afvoer gemaal Prins Hendrikpolder, Afvoer gemaal de Pals, Afvoer gemaal Zoute Sluis; WSHD: Afvoergemaal De Haas van Dorsser, Afvoergemaal De Eendracht, Afvoergemaal Galathee, Afvoer gemaal Het Oude land; WSSS : Afvoergemaal Van Haaften, Afvoergemaal Drie Grote Polders, Afvoergemaal De Eendracht	Debiet: Water- en chloride balans studie; Concentratie: WKP database; Vracht: Emissieregistratie
RWZI's	IN	WSBD: RWZI Dinteloord; WSHD: RWZI Ooltgensplaat, RWZI Oude Tonge; WSSS: RWZI Tholen	Debiet: Z-info Concentratie: Z-info
Polders	UIT	WSBD: MDV boezem inlaat, Prins Hendrikpolder inlaat, Avergnepolder inlaat, Polder Nieuw Vossemeer inlaat; WSHD: Inlaatduiker Zuiderland, Inlaatduiker Aymon-Louise, Inlaat de Eendracht, Inlaat Galathee, Inlaat Het Oudeland WSSS: Inlaat Van Haaften, Inlaat Drie Grote Polders, Inlaat Oud Kijkuit, Inlaat Deurloo, Inlaat en gemaal Rilland, Inlaat Campweg	Debiet: KRW-Verkenner Concentratie: Waterinfo
Waterlichamen	UIT	RWS: Krammersluizen, Bathse spuisluis, Kreekraksluizen	Debiet: Water- en chloride balans studie; Concentratie : Waterinfo

Aanvullend zijn ook bronnen toegevoegd die als zodanig omschreven staan in de Emissieregistratie die direct op het Volkerak-Zoommeer lozen (zie Tabel 4).

Tabel 4 Bronnen stoffenbalans aangevuld met bronnen vanuit de Emissieregistratie.

Groep	Richting	Namen	Data bron
Waterlichamen	IN	RWS: Volkerak sluizen; WSBD: Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Binnen Schelde, Aflaat Markiezaatsmeer	Debiet: Water- en chloride balans studie; KRW-verkenner Concentratie : Waterinfo, WKP database;
Polders	IN	WSBD: Afvoer gemaal Prins Hendrikpolder, Afvoer gemaal de Pals, Afvoer gemaal Zoute Sluis; WSHD: Afvoergemaal De Haas van Dorsser, Afvoergemaal De Eendracht, Afvoergemaal Galathee, Afvoer gemaal Het Oude land; WSSS : Afvoergemaal Van Haaften, Afvoergemaal Drie Grote Polders, Afvoergemaal De Eendracht	Debiet: Water- en chloride balans studie; Concentratie: WKP database; Vracht: Emissieregistratie
RWZI's	IN	WSBD: RWZI Dinteloord; WSHD: RWZI Ooltgensplaat, RWZI Oude Tonge; WSSS: RWZI Tholen	Debiet: Z-info Concentratie: Z-info
Industrie	IN	WSBD: SABIC Innovatie Plastics BV, Allnex Netherlands BV	Vracht: Emissieregistratie
Depositie	IN	VZM: Depositie	Vracht: Emissieregistratie
Binnenvaart	IN	VZM: Binnenvaart	Vracht: Emissieregistratie
Polders	UIT	WSBD: MDV boezem inlaat, Prins Hendrikpolder inlaat, Avergnepolder inlaat, Polder Nieuw Vossemeeer inlaat; WSHD: Inlaatduiker Zuiderland, Inlaatduiker Aymon-Louise, Inlaat de Eendracht, Inlaat Galathee, Inlaat Het Oudeland WSSS: Inlaat Van Haaften, Inlaat Drie Grote Polders, Inlaat Oud Kijkuit, Inlaat Deurloo, Inlaat en gemaal Rilland, Inlaat Campweg	Debiet: KRW-Verkenner Concentratie: Waterinfo
Waterlichamen	UIT	RWS: Krammersluizen, Bathse spuisluis, Kreekraksluizen	Debiet: Water- en chloride balans studie; Concentratie: Waterinfo

Er zijn nog meer bronnen te bedenken die in deze studie op dit moment niet zijn meegenomen. Vanuit de Water- en chloride balans zijn dit de bronnen (dijkse) kwel, lekverliezen en schutverliezen. Specifieke stoffenbronnen die niet terugkomen in de waterbalans, maar wel relevant zijn, zijn: opslag in biota en sediment en de omzetting van stoffen door processen. Bij biota en sediment kan men ook denken aan onttrekkingen, voor biota bijvoorbeeld in de vorm van visserij, en toevoegingen, bijvoorbeeld door guanotrofie door vogels.

Voor het aandeel dat toegevoegd wordt vanuit guanotrofie door vogels wordt momenteel een toevoeging gemaakt aan de Emissieregistratie waardoor deze informatie in de toekomst kan worden opgeslagen (Noordhuis & Van Duijnhoven, in press). Daarnaast zijn er ook waarden bekend voor de uitloging en begraving van sediment in het Volkerak (Osté, 2012; Sulu-Gambari & Slomp, 2012).

4.2 Consolidatie meetgegevens

Vanuit de verschillende instanties worden de frequentie van meten en het gene dat gemeten wordt anders uitgevoerd. Hieronder is een overzicht gegeven van de verschillende metingen, de relevante databron, de instanties die deze uitvoeren en de meetfrequenties (zie Tabel 5).

Tabel 5 Overzicht van metingen op basis van parameter, de bron waaruit deze meting voorkomt (Bron), de instantie die de meting verricht heeft (Instantie), de eenheid waarin gemeten wordt (Eenheid), wat er precies gemeten wordt (hoedanigheid (Hoed.)) en wat de meetfrequentie is en wat de waarde vertegenwoordigt (Frequentie/waarde). Hoed. is direct overgenomen vanuit de databronnen en komt in meerdere vormen voor, 1). alleen de parameter, dit betekent gemeten voor filtratie; 2). met de afkorting nf, dit betekent na filtratie en 3). met de afkorting NVT dit betekent niet van toepassing ofwel het is niet bekend hoe de meting is verricht.

Parameter	Bron	Instantie	Eenheid	Hoed.	Frequentie / waarde
Debiet (m³)	Water- en chloride-balans	Deltares	Miljoen m3 (cumulatief)	-	Dagelijks modelwaarde
	Z-info	IHW	m3/s	-	Maandelijks dagmeting
	KRW-Verkenner	Deltares	m3/s	-	Kwartaal gemiddelde modelwaarde (2010 – 2015)
Totaal stikstof (Ntot)	WKP database, Z-info	WSBD, WSHD, WSSS, RWZI	mg/l	N	Maandelijks dagmeting
	WKP database	WSBD	mg/l	NVT	Maandelijks dagmeting (periode)
Nitriet (NO₂)	WKP database	WSBD, WSSS	mg/l	N	Maandelijks dagmeting (periode)
	Waterinfo, WKP database	RWS, WSBD, WSHD	mg/l	Nnf	Maandelijks dagmeting
	WKP database	WSSS	mg/l	NVT	Maandelijks dagmeting (periode)
Nitraat (NO₃)	WKP database, Z-info	WSBD, WSSS, RWZI	mg/l	N	Maandelijks dagmeting (periode)
	Waterinfo, WKP database	RWS, WSBD, WSHD	mg/l	Nnf	Maandelijks dagmeting
	WKP database	WSSS	mg/l	NVT	Maandelijks dagmeting (periode)
N-Kjeldahl (NKj)	Waterinfo, WKP database, Z-info	RWS, WSBD, WSHD, WSSS, RWZI	mg/l	N	Maandelijks dagmeting
	WKP database	WSBD	mg/l	NVT	Maandelijks dagmeting (periode)
Ammonia (NH₃)	WKP database	WSBD	mg/l	N	Maandelijks dagmeting
	WKP database	WSBD, WSSS	mg/l	Nnf	Maandelijks dagmeting (periode)
	WKP database	WSBD, WSSS	mg/l	NVT	Maandelijks dagmeting (periode)

Parameter	Bron	Instantie	Eenheid	Hoed.	Frequentie / waarde
Ammonium (NH₄)	WKP database, Z-info	WSBD, WSSS, RWZI	mg/l	N	Maandelijks dagmeting (periode)
	Waterinfo, WKP database, Z-info	RWS, WSBD, WSHD, RWZI	mg/l	Nnf	Maandelijks dagmeting
	WKP database	WSBD	mg/l	NVT	Maandelijks dagmeting (periode)
Opgelost Nitriet/Nitraat (sNO₃NO₂)	WKP database	WSBD, WSHD, WSSS	mg/l	N	Maandelijks dagmeting (periode)
	WKP database	WSBD, WSHD, WSSS	mg/l	Nnf	Maandelijks dagmeting
Totaal fosfaat (P_{tot})	Waterinfo, WKP database, Z-info	RWS, WSBD, WSHD, WSSS, RWZI	mg/l	P	Maandelijks dagmeting
	WKP database	WSBD, WSSS	mg/l	NVT	Maandelijks dagmeting (periode)
Ortho-fosfaat (PO₄)	Z-info	RWZI	mg/l	P	Maandelijks dagmeting
	Waterinfo, WKP database, Z-info	RWS, WSBD, WSHD, RWZI	mg/l	Pnf	Maandelijks dagmeting
	WKP database	WSBD, WSSS	mg/l	NVT	Maandelijks dagmeting (periode)
Seleen (Se)	Waterinfo, WKP database,	RWS, WSHD	ug/l	nf	Maandelijks dagmeting
	Waterinfo	RWS	ug/l	NVT	Maandelijks dagmeting

In de hoedanigheid wordt aangegeven of de waarde is verkregen voor filtratie (N, P) of na filtratie (Nnf, Pnf, nf). Ook is de wijze van meten soms niet opgenomen in de database (NVT). Aan de hand van de data is zichtbaar dat er soms meerdere hoedanigheden zijn opgenomen bij de metingen van de stoffen. Op basis van bespreking met de beheerders van de WKP-database blijkt dat N_{tot}, P_{tot} en N-Kjeldahl altijd voor filtratie zijn gemeten, en dat NO₂, NO₃, NH₃, NH₄, sNO₃NO₂ en PO₄ altijd na filtratie zijn gemeten. Na onderzoek bleek dat voor deze meetdata de combinatie van P_{tot} met NVT na filtratie gemeten is. Seleen wordt door de waterschappen na filtratie gemeten en door RWS voor filtratie. In de vervolgstappen is er voor Seleen geen onderscheid gemaakt in de hoedanigheid die in de WKP database omschreven staat bij de verschillende stoffen en zijn de metingen van een zelfde stof samengevoegd tot één meetreeks.

Voor het omrekenen van de organische verbindingen naar totalen wordt voor N aangehouden dat N_{tot} is opgebouwd uit N-Kjeldahl gemeten voor filtratie aangevuld met NO₂ en NO₃. Voor P_{tot} bestaat dit uit PO₄ en het gebonden deel van fosfaat (P_{part}). Voor Se wordt geen omrekenfactor gehanteerd omdat de verhouding van het gebonden deel van Se niet bekend is. De verhoudingen waarmee organische verbindingen kunnen worden omgerekend staan onder andere beschreven in Van der Molen, Boers en Lijklema (1989).

Let wel, deze verhoudingen zijn opgesteld voor de Veluwe randmeren en kunnen enigszins afwijken ten opzichte van het Volkerak-Zoommeer. Er zijn voor zover bij ons bekend geen specifieke verhoudingen voor het Volkerak-Zoommeer afgeleid en in deze studie zijn die ook niet onderzocht.

De Emissieregistratie bevat vrachten in de eenheid kg per jaar. Uit deze databron zijn de vrachten van totaal stikstof ("N-totaal"), totaal fosfaat ("P-totaal") en seleen ("Seleenverb. (als Se)") voor de geselecteerde afwateringsgebieden ontsloten. In de Emissieregistratie wordt technisch gezien geen onderscheid gemaakt tussen hoedanigheden waarin de waarden bepaald zijn, maar op navraag bij de Emissieregistratie kan er vanuit worden gegaan dat dit waarden zijn voor filtratie.

4.3 Bewerkingen voor stikstof en fosfaat

Door het verbinden van de debiet, concentratie en vrachtmetingen krijgt men een overzicht van de beschikbare data (zie Figuur 12 en Figuur 13). Hierin zijn al enkele gaten duidelijk zichtbaar. Zo zijn er in enkele jaren geen metingen verricht bij bronnen (zie bijvoorbeeld locaties 5, 7 en 8 in 2016, Figuur 12) en zijn er ook locaties waar geen data voor deze parameter beschikbaar is (zie locatie 10 en 21, Figuur 12).

Deze gaten zijn in de volgende volgorde opgelost:

- Stoffen zijn op basis van verschillende hoedanigheden gecombineerd naar één hoedanigheid (bijvoorbeeld N, nf en NVT -> N).
 - 1.a $\text{"NKj_mg/l_Nnf"} = \text{"NKj_mg/l_N"} * 0.357$
 - 1.b $\text{"NKj_mg/l_N"} = \text{"NKj_mg/l_Nnf"} * 2.8$
 - 2 $\text{"Ptot_mg/l_P"} = \text{"Ptot_mg/l_NVT"} * 3.64$ (NVT is in dit geval na filtratie)
- Stoffen zijn waar mogelijk uitgerekend uit de beschikbare stoffen
 - a $\text{"NKj_mg/l_Nnf"} = \text{"NH3_mg/l_Nnf"} + \text{"NH4_mg/l_Nnf"}$
 - b $\text{"Ntot_mg/l_N"} = \text{"NKj_mg/l_N"} + \text{"NO2_mg/l_Nnf"} + \text{"NO3_mg/l_Nnf"}$
 - c $\text{"NH3_mg/l_Nnf"} = \text{"NKj_mg/l_Nnf"} - \text{"NH4_mg/l_Nnf"}$
 - d $\text{"Ppart_mg/l_P"} = \text{"Ptot_mg/l_P"} - \text{"PO4_mg/l_Pnf"}$
- Voor enkele niet bemeaten poldergemalen zijn de concentratiemetingen van andere gemalen gebruikt:

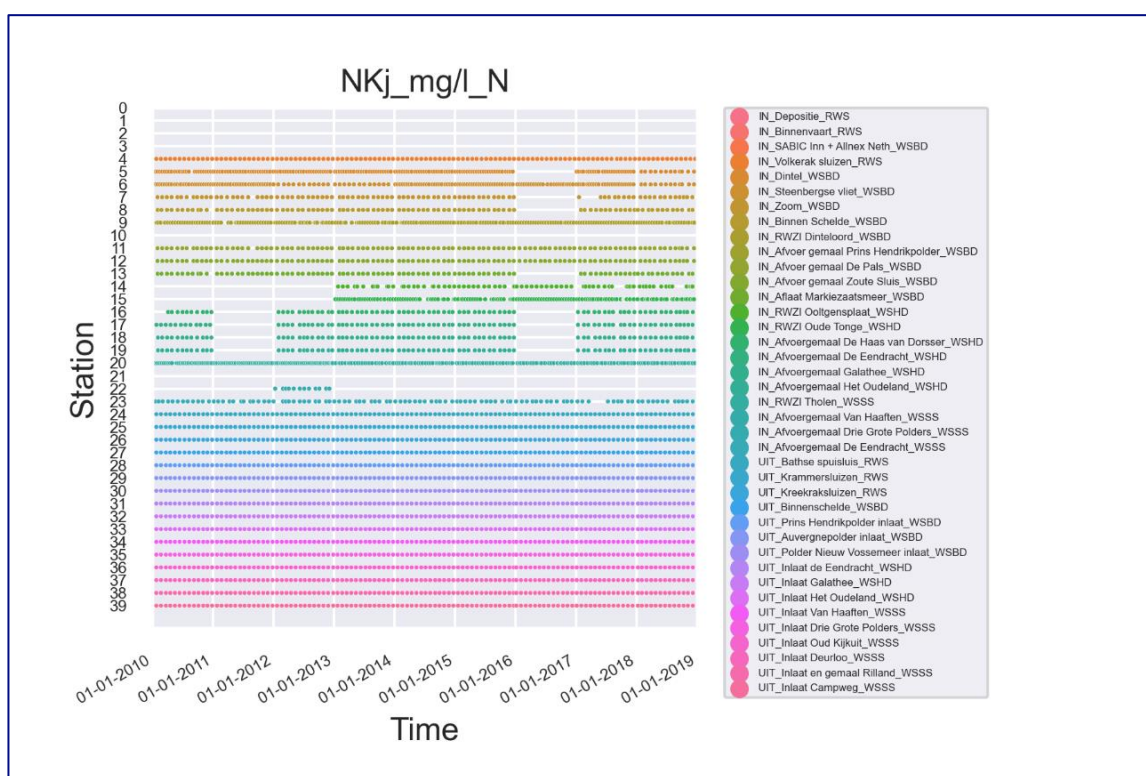
Van	Naar
IN_Afvoer gemaal De Pals_WSB	IN_Afvoer gemaal Prins Hendrikpolder_WSB
IN_Afvoergemaal De Eendracht_WSS	IN_Afvoergemaal Van Haften_WSS
	IN_Afvoergemaal Drie Grote Polders_WSS

Hierbij dient opgemerkt te worden dat het afvoergemaal Eendracht ook een deel van de polder Kadijk, een veenweidegebied, bemaald. Het is mogelijk dat hierdoor de concentraties uit deze polder afwijken van een eventuele concentratiemeting bij het afvoergemaal Van Haften en Drie Grote Polders. Het verschil hiertussen zal niet tot een andere conclusie leiden in de stoffenbalans en hierom is dit niet verder onderzocht.

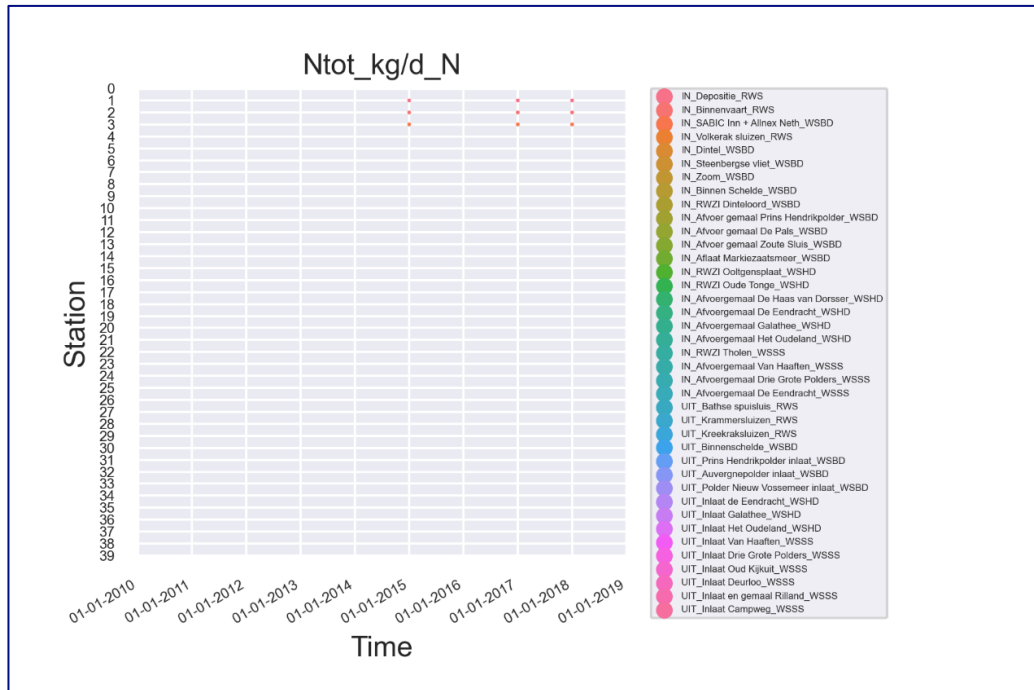
- De KRW-verkenner debieten die ingezet worden voor de polder inlaten en de kleinere toeleverende wateren zijn slechts berekend voor de jaren 2010 t/m 2015. Hierom zijn de data van de jaren 2013 t/m 2015 gekopieerd en op de jaren 2016 t/m 2018 geplaatst. In deze debieten zijn geen effecten van klimaatverandering of een andere trend waarneembaar.

- Bij de polders van waterschap Brabantse Delta en waterschap Hollandse Delta mist voor sommige polders het jaar 2016. Hiervoor zijn de concentraties ingevuld met de data van dezelfde polder uit 2015. Aanvullend mist bij waterschap Hollandse Delta polders het jaar 2011, dit is ingevuld met data van dezelfde polder uit 2010.
- Voor RWZI Ooltgensplaat en RWZI Oude Tonge zijn er geen meetgegevens voor de jaren 2010 t/m 2012. De waterzuiveringen bestonden toen wel al, maar hebben die periode niet gemeten. Hierom zijn de metingen van deze RWZI's voor de jaren 2013 t/m 2015 hergebruikt om deze jaren in te vullen.
- De debieten, concentraties en reeds bekende vrachten uit de Emissieregistratie zijn block-geïnterpoleerd om de dataset dag-op-dag te vullen.
- Op basis van debiet en concentratie is waar deze niet bekend is de vracht berekend. Deze berekende vracht en verkregen vrachten vormen samen de dag-op-dag vrachten van en naar het watersysteem.

Voor het invullen van de databronnen is het uiteindelijk niet nodig geweest om gebruik te maken van databronnen als ANIMO; de berekende concentraties van de KRW-verkenner; of literatuur en expertkennis waarden. Het niet inzetten van ANIMO voorkomt overschattingen van concentraties doordat attenuatie in de watergang niet is meegenomen. Het niet inzetten van de KRW-verkenner berekeningen zorgt ervoor dat ook het aandeel van de organische verbindingen kan worden uitgerekend.



Figuur 12 Metingen beschikbaar voor N-Kjeldahl in mg/l (bronnen zijn Waterinfo en WKP, Z-info bevat alleen metingen van N-totaal). NB: N-Kjeldahl kan ook afgeleid worden uit andere concentratiemetingen (zie tekst). Deze mogelijkheid is niet opgenomen in dit overzicht.



Figuur 13 Bronnen voor N-totaal in kg/d (bron is de Emissieregistratie). Bij de Emissieregistratie zijn slechts enkele jaarwaarden beschikbaar.

4.4 Bewerkingen voor seleen

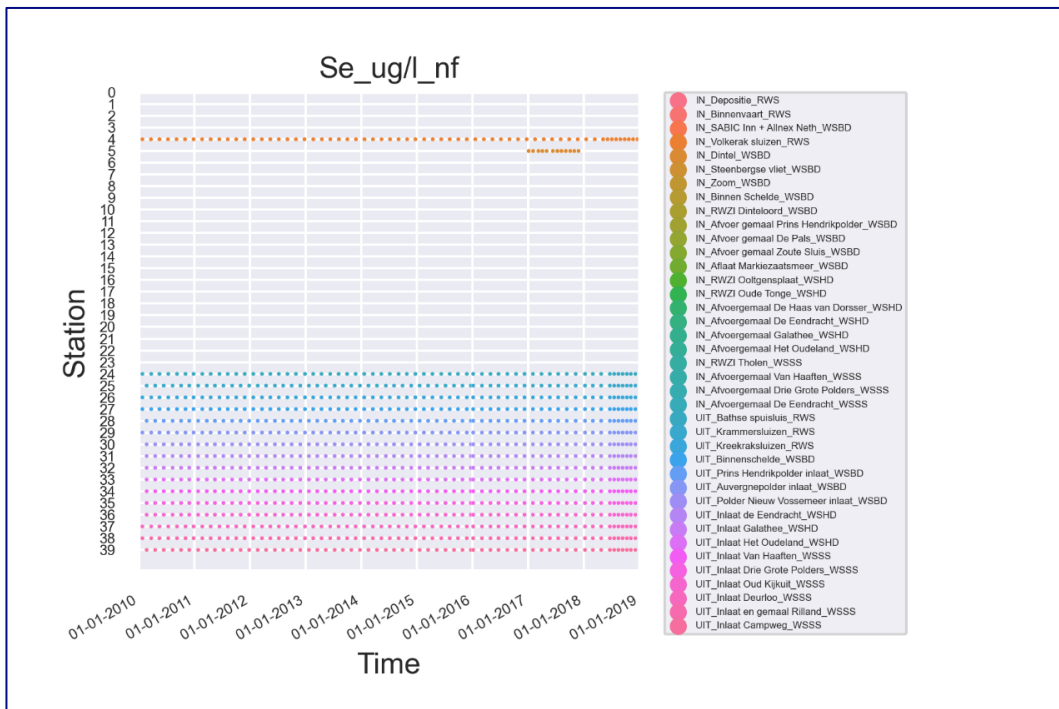
De bewerking van seleen is minder complex dan voor stikstof en fosfaat. Seleen is alleen continue bemeten bij de RWS meetpunten vanuit Waterinfo (zie Figuur 14). Voor de Dintel is er een meetcampagne geweest waar in 2017 minstens maandelijks seleen is gemeten (de aanleiding van deze meetcampagne is niet nagezocht). Daarnaast zijn de bronnen van seleen opgeslagen in de Emissieregistratie (zie Figuur 15). De bijdrage van het rioolsysteem aan seleen is opgeteld in de bijdrage van de polders.

Z-info bevat namelijk geen metingen voor seleen, en de vracht van seleen uit rioolwater zit al door de Emissieregistratie verwerkt in de poldergebieden. Ook hier zijn er gaten in de data, voornamelijk voor de regionale wateren de Dintel en Steenbergse vliet.

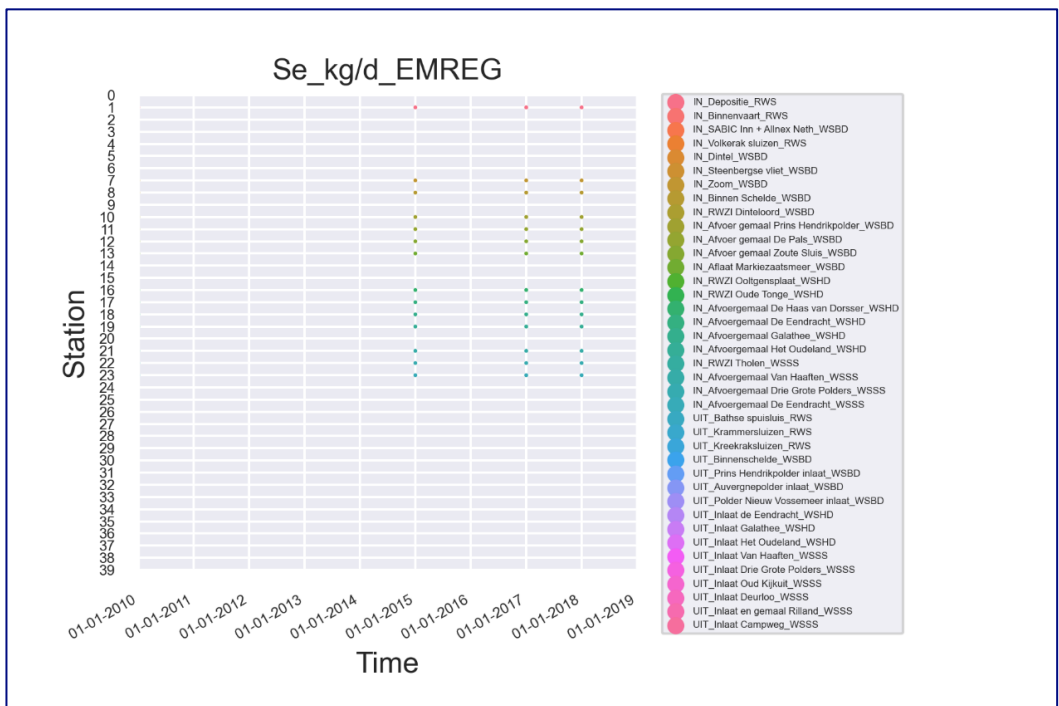
Deze gaten zijn in de volgende volgorde opgelost:

- Stoffen zijn op basis van verschillende hoedanigheden gecombineerd naar één hoedanigheid (bijvoorbeeld nf en NVT -> nf).
Nb. Hier is geen vertaalfactor bij gebruikt.
- De KRW-verkenner debieten die ingezet worden voor de polder inlaten en de kleinere toeleverende wateren zijn slechts berekend voor de jaren 2010 t/m 2015. Hierom zijn de data van de jaren 2013 t/m 2015 gekopieerd en op de jaren 2016 t/m 2018 geplaatst. In deze debieten zijn geen effecten van klimaatverandering of een andere trend waarneembaar.
- Alle jaren van de Dintel zijn opgevuld met de metingen van het jaar 2017. Deze meetreeks is dus steeds herhaald en alleen het debiet zorgt hierbij voor een andere vracht. Deze zelfde concentratie meetreeks van de Dintel is ook voor de Steenbergse vliet gebruikt. Ook daar zorgt de verandering in debiet voor variatie in de vrachten.
- De debieten, concentraties en reeds bekende vrachten uit de Emissieregistratie zijn block-geïnterpoleerd om de dataset dag-op-dag te vullen.

- Op basis van debiet en concentratie is waar deze niet bekend is de vracht berekend. Deze berekende vracht en verkregen vrachten vormen samen de dag-op-dag vrachten van en naar het watersysteem.



Figuur 14 Metingen beschikbaar voor seleen in mg/l (databronnen zijn Waterinfo en WKP, Z-info bevat geen metingen voor seleen, en de vracht van seleen uit rioolwater zit al door de Emissieregistratie verwerkt in de poldergebieden). Dit is een momentopname voordat de metingen zijn aangevuld met data bewerkingen.

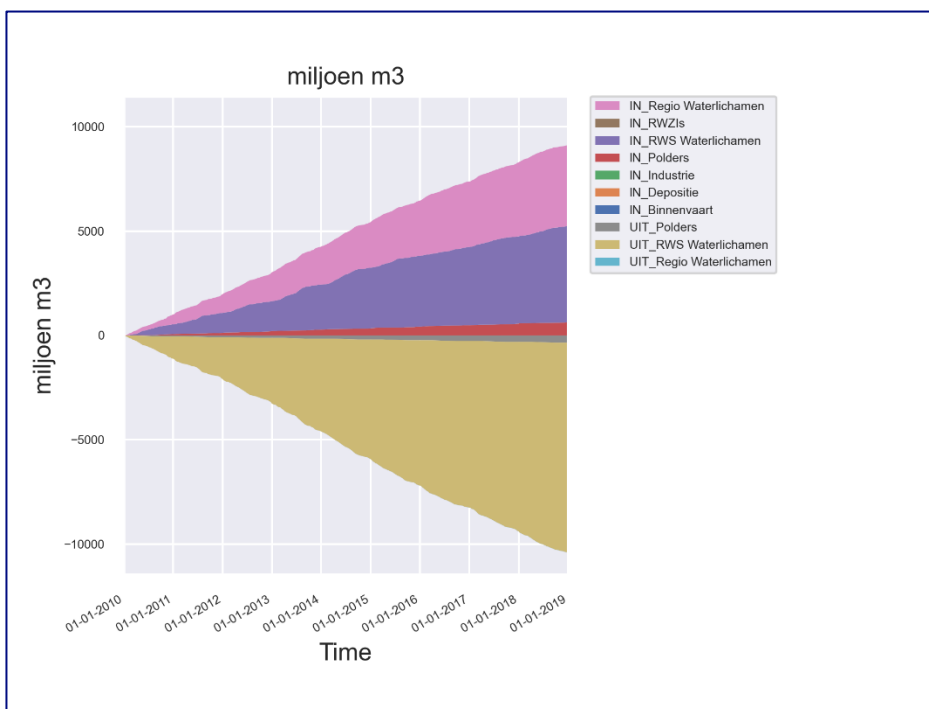


Figuur 15 Bronnen voor seleen in kg/d (databron is de Emissieregistratie).

5 Resultaten

5.1 Waterbalans

De waterbalans, gebruikt bij deze stoffenbalans, komt overeen met degene opgezet in de Water- en chloridebalans studie (Vergroesen, 2020; zie Figuur 2 en Figuur 16). Het verschil bij de inkomende debieten wordt veroorzaakt door het niet meenemen van de neerslag direct op het Volkerak-Zoommeer en constante instroom (lekken, schutverliezen en kwel). Het verschil bij de uitgaande debieten wordt veroorzaakt door het niet meenemen van de verdamping en constante uitstroom (lekken, schutverliezen).



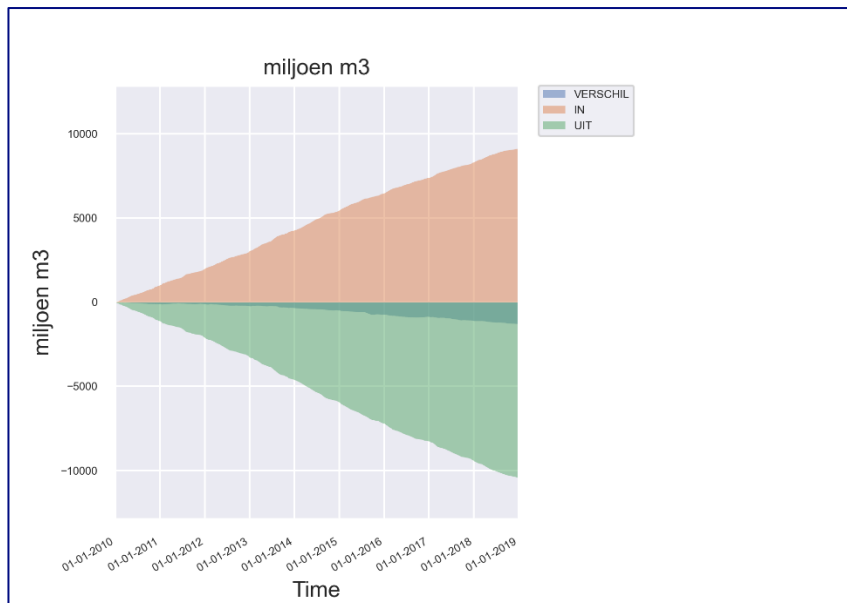
Figuur 16 Waterbalans gebruikt in de stoffenbalans voor het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier de waterstromen afkomstig uit Rijkswateren die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.

Wanneer men naar het verschil kijkt tussen het inkomende en uitgaande debiet ziet men het effect van het niet meenemen van deze posten. Neerslag en constante instroom voeren over het jaar meer aan dan verdamping en constante uitstroom afvoeren (zie Figuur 17).

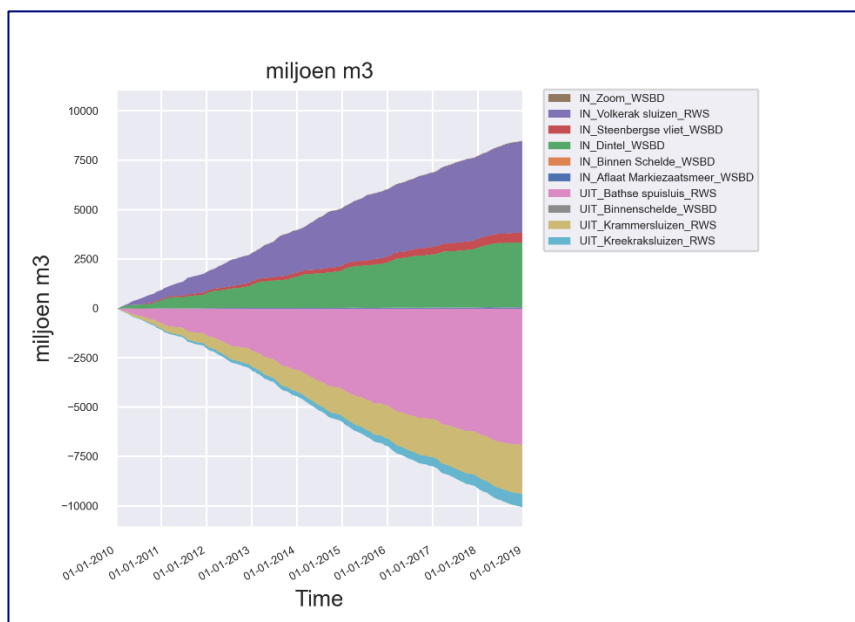
Het merendeel van het inkomende debiet is afkomstig van toevoer uit andere waterlichamen. Hiervan levert het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen met ~600 miljoen m³ op jaarbasis het grootste aandeel aan (zie Figuur 18). De Dintel levert als tweede waterlichaam het meeste aan ~250 miljoen m³ op jaarbasis. Het aandeel van de Steenbergse vliet is zeer klein in vergelijking tot deze twee. Het merendeel van het Volkerak-Zoommeer wordt afgevoerd door de Bathse spuisluis (~700 miljoen m³ per jaar).

De polders spelen een kleinere rol in de waterbalans (<10% van de invoer en <5% van de uitvoer). De polders voeren meer water naar het Volkerak-Zoommeer aan dan zij afvoeren (zie Figuur 19). De meeste invoer in het Volkerak-Zoommeer vindt plaats door de polder De Eendracht (waterschap Scheldestromen). De meeste afname van het Volkerak-Zoommeer is door de polder Van Haaften (waterschap Scheldestromen).

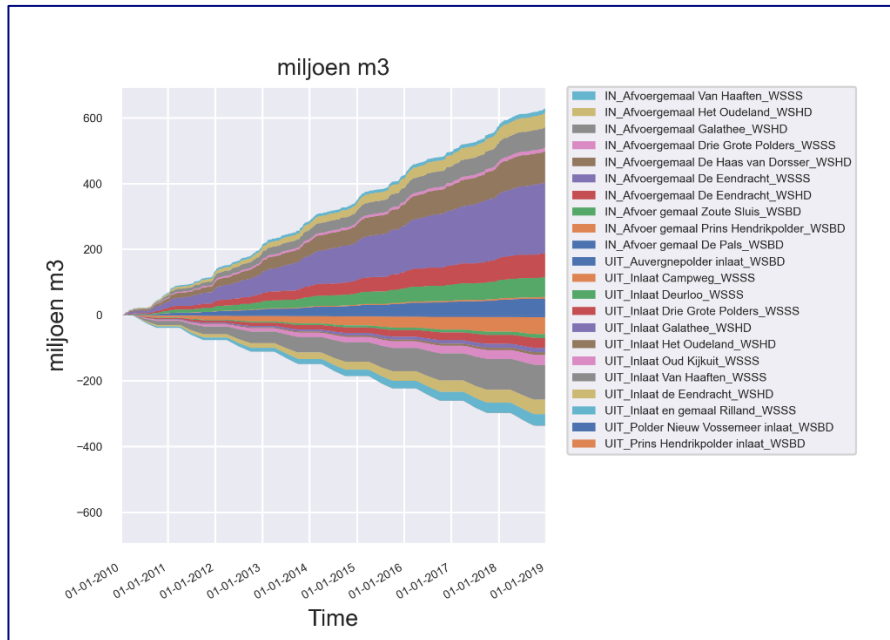
Houdt er hierbij rekening mee dat de IN stromende posten vooral gebaseerd zijn op de Water- en chloridebalans (Vergroesen, 2020) en de UIT stromende posten op KRW-verkennerresultaten. Deze resultaten komen goed overeen met de resultaten van de Water- en chloridebalans. Kleine toestromende posten zoals de Zoom, Aflaat Markiezaatsmeer en de Binnenschelde zijn hier op basis van debiet verwaarloosbaar.



Figuur 17 Verschil tussen inkomend en uitgaand debiet voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de waterbalans bij de stoffenbalans. Door de overlap van kleuren lijkt het verschil donkergroen.



Figuur 18 Aandeel per waterlichaam aan inkomend en uitgaand debiet voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de waterbalans bij de stoffenbalans.



Figuur 19 Aandeel per polder aan inkomend en uitgaand debiet voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de waterbalans horend bij de stoffenbalans.

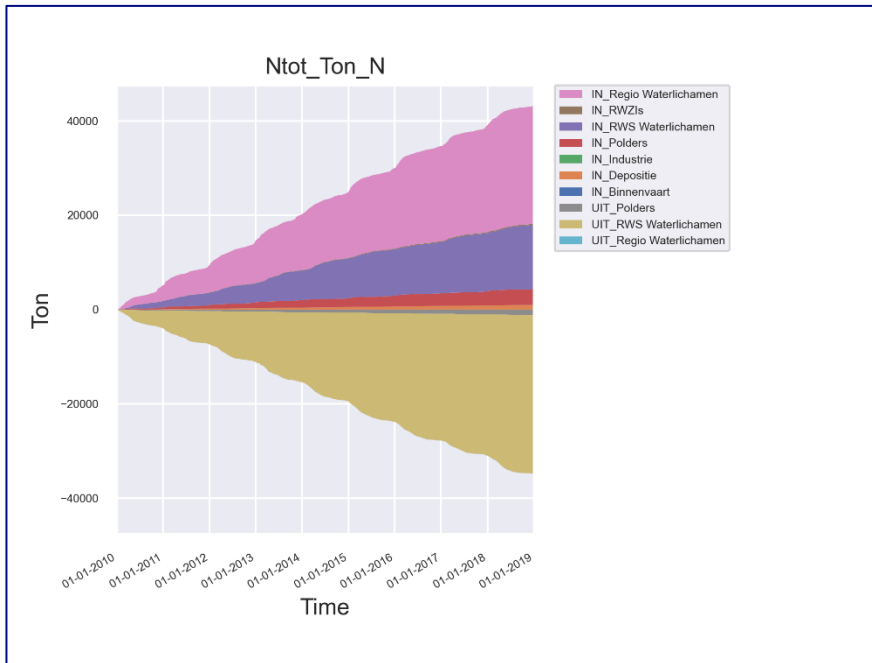
De uitgaande debieten in Figuur 19 zijn sterk getrappt doordat kwartaalwaarden uit de KRW-verkenner zijn gebruikt om deze debieten in te vullen. Bij de inkomende debieten is een dag-op-dag verschil zichtbaar omdat hier de waarden uit de waterbalans konden worden gebruikt.

5.2 Stoffenbalans op basis van totalen

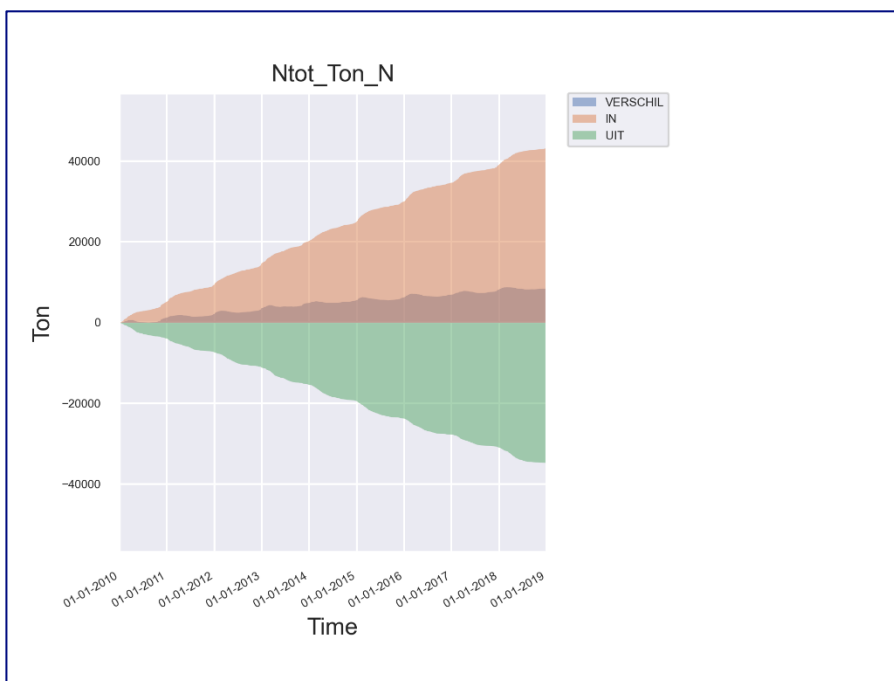
5.2.1 Stikstof

Op basis van de bovenstaande debieten en de gemeten en berekenende concentraties en vrachten zijn overzichten gemaakt van de aan- en afvoer van de N-totaal (N_{tot}) vrachten. In Figuur 20 is dit overzicht getoond, en hieruit blijkt dat de waterlichamen de grootste toevoer verzorgen van stikstof. De afvoer gaat ook met name via de RWS waterlichamen. Per jaar wordt er gemiddeld in het Volkerak-Zoommeer ~4800 ton stikstof per jaar aangevoerd en ~3900 ton stikstof afgevoerd. Het verschil hier tussen (zie Figuur 21) is ~900 ton stikstof per jaar.

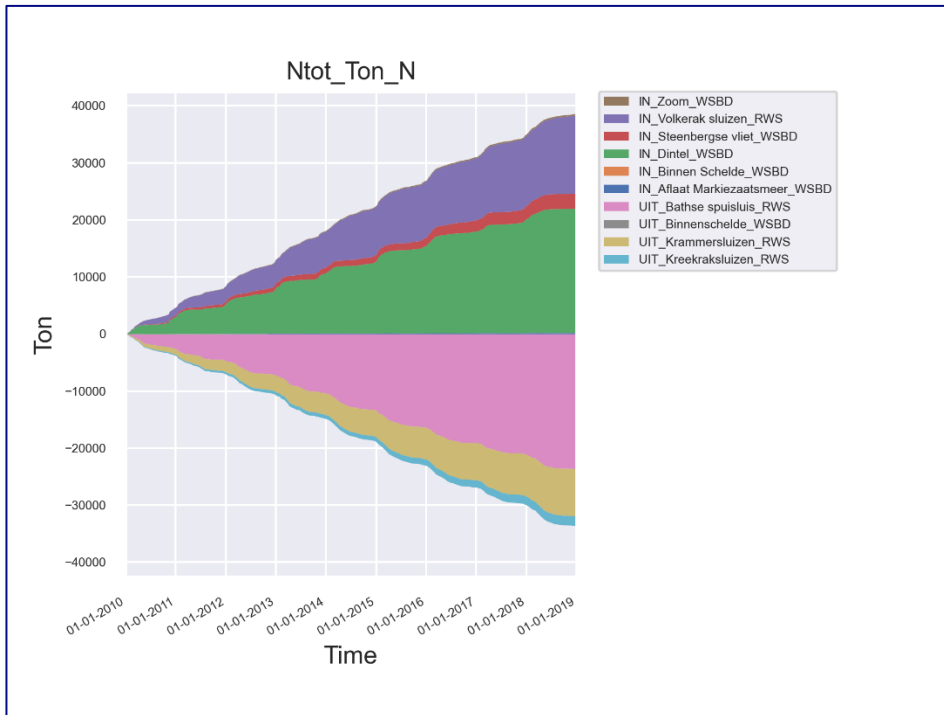
Zoals Figuur 22 laat zien, komt de aanvoer van stikstof voor het overgrote deel uit de Dintel (~50%, ~2200 ton stikstof per jaar), de tweede grootste bron is de vracht door de Volkeraksluizen (~35%, ~1400 ton stikstof per jaar). De polders leveren ~10% van de stikstofvracht (~440 ton stikstof per jaar, zie Figuur 23) en nemen slechts een klein deel van de stikstof in (~110 ton stikstof per jaar). Van de overige bronnen levert atmosferische depositie de grootste vracht (~110 ton stikstof per jaar, zie Figuur 24).



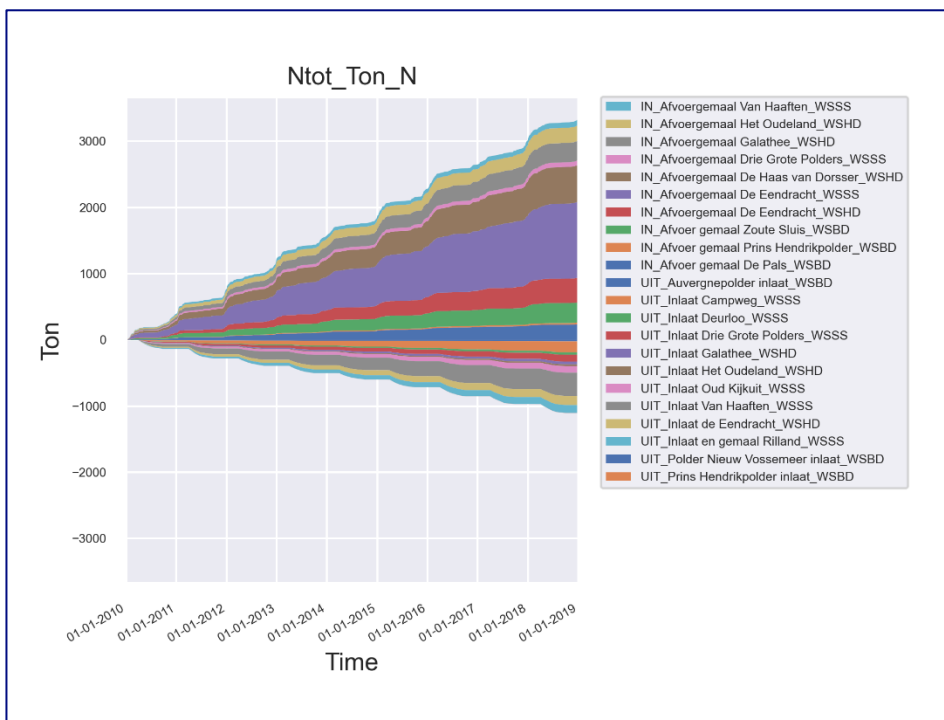
Figuur 20 Stoffenbalans voor N-totaal vracht in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



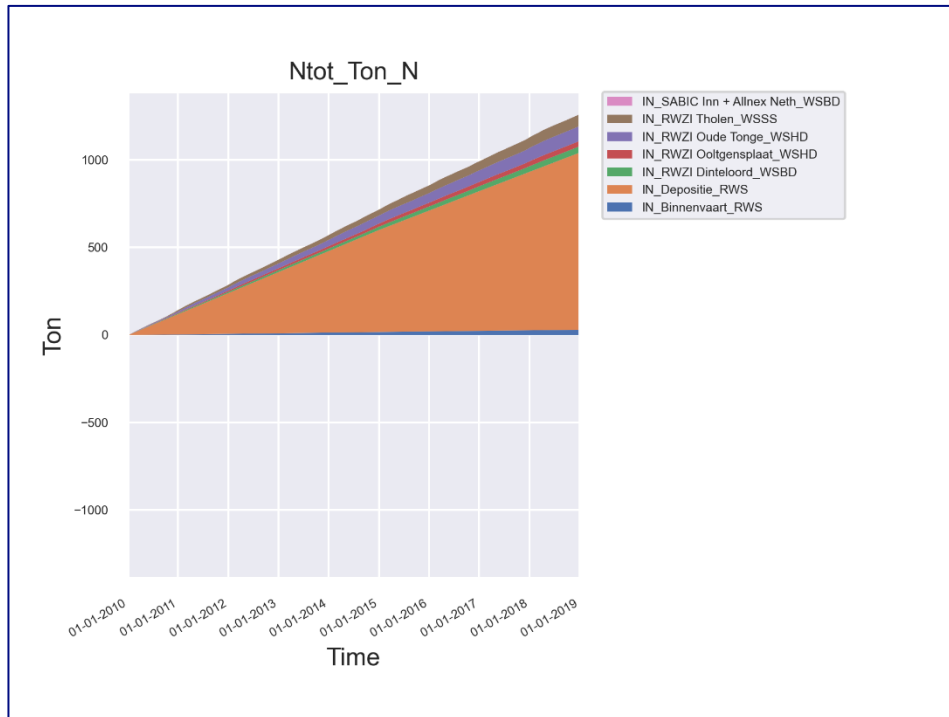
Figuur 21 Verschil in aan- en afvoer van N-totaal vracht voor de stoffenbalans in het Volkerak-Zoommeer. Door de overlap van kleuren lijkt het verschil donkerrood.



Figuur 22 Aandeel per waterlichaam aan inkomend en uitgaand N-totaal vracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.



Figuur 23 Aandeel per polder aan inkomend en uitgaand N-totaal vracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.



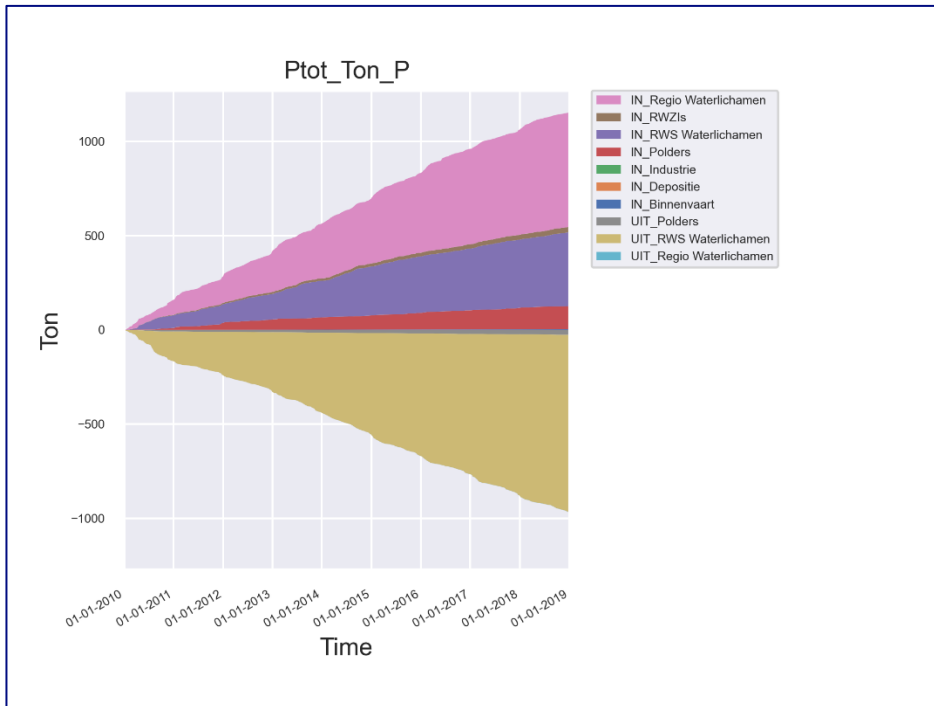
Figuur 24 Aandeel per overige vrachten aan inkomend en uitgaand N-totaal vracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.

De depositie die getoond wordt in Figuur 24 betreft alleen directe depositie op het Volkerak-Zoommeer.

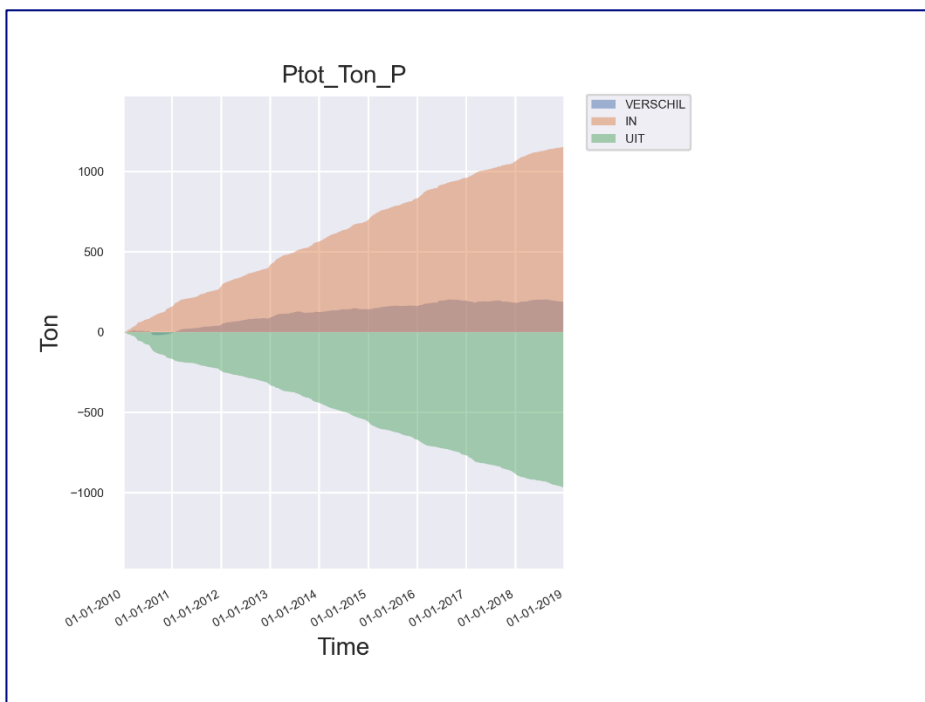
5.2.2 Fosfaat

Op basis van de bovenstaande debieten en de gemeten en berekenende concentraties en vrachten zijn overzichten gemaakt van de aan- en afvoer van de P-totaal (Ptot) vrachten. In Figuur 25 is dit overzicht getoond. Hieruit blijkt dat, net als bij Stikstof, de waterlichamen de grootste toevoer verzorgen van fosfaat. De grootste afvoer is ook via de waterlichamen. Per jaar wordt er in het Volkerak-Zoommeer ~130 ton fosfaat aangevoerd en ~110 ton fosfaat afgevoerd. Het verschil hiertussen (zie Figuur 26) is ~20 ton fosfaat per jaar.

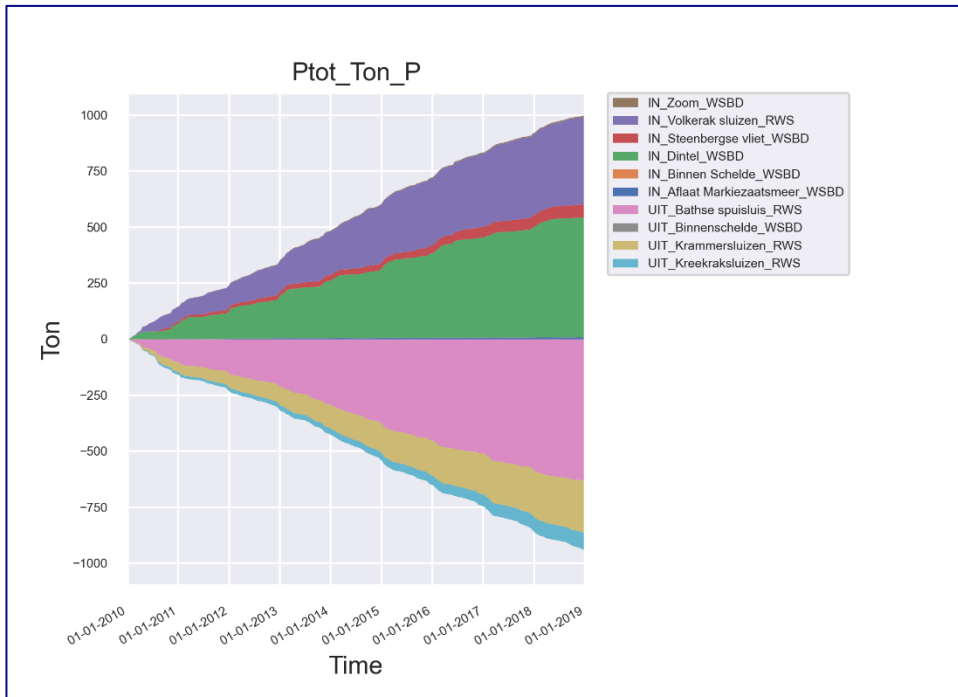
Zoals Figuur 27 laat zien, komt de grootste bijdrage van fosfaat aanvoer uit de Dintel (~50%, ~60 ton fosfaat per jaar), de tweede grootste bron is aanvoer door de Volkeraksluizen (~40%, ~50 ton fosfaat per jaar). De polders leveren ~10% van de fosfaatvracht (~14 ton fosfaat per jaar, zie Figuur 28) en nemen slechts een klein deel van de fosfaat in (<5%, ~2 ton fosfaat per jaar). Van de overige bronnen levert RWZI Oude Tonge de grootste vracht (~1,2 ton fosfaat per jaar, Figuur 29).



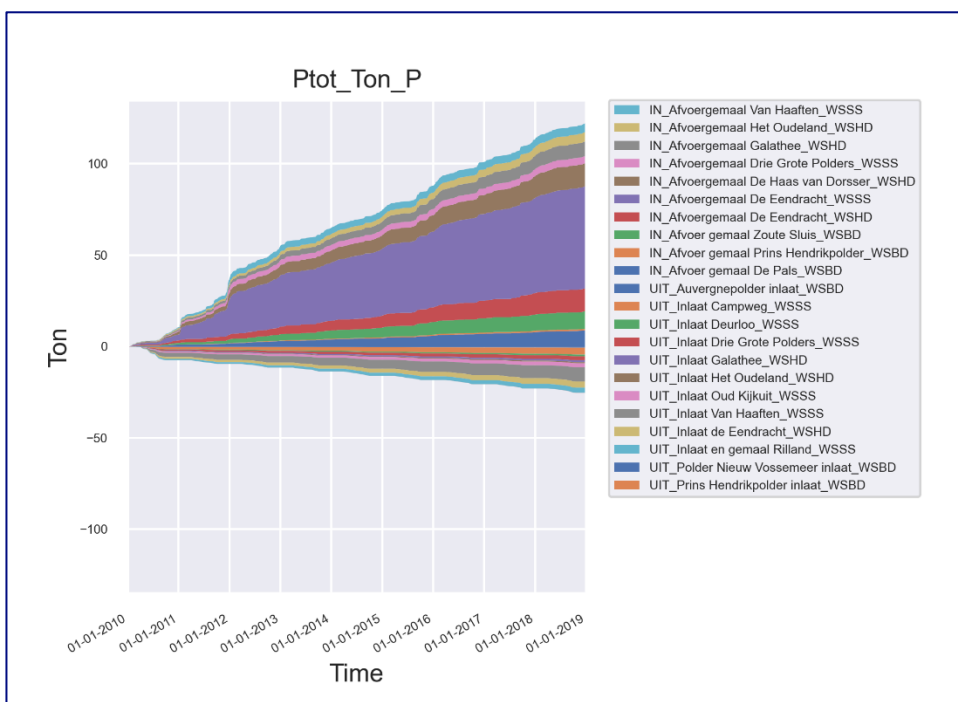
Figuur 25 Stoffenbalans voor P-totaalvracht in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



Figuur 26 Verschil in aan- en afvoer van P-totaalvracht voor de stoffenbalans in het Volkerak-Zoommeer. Door de overlap van kleuren lijkt het verschil donkerrood.

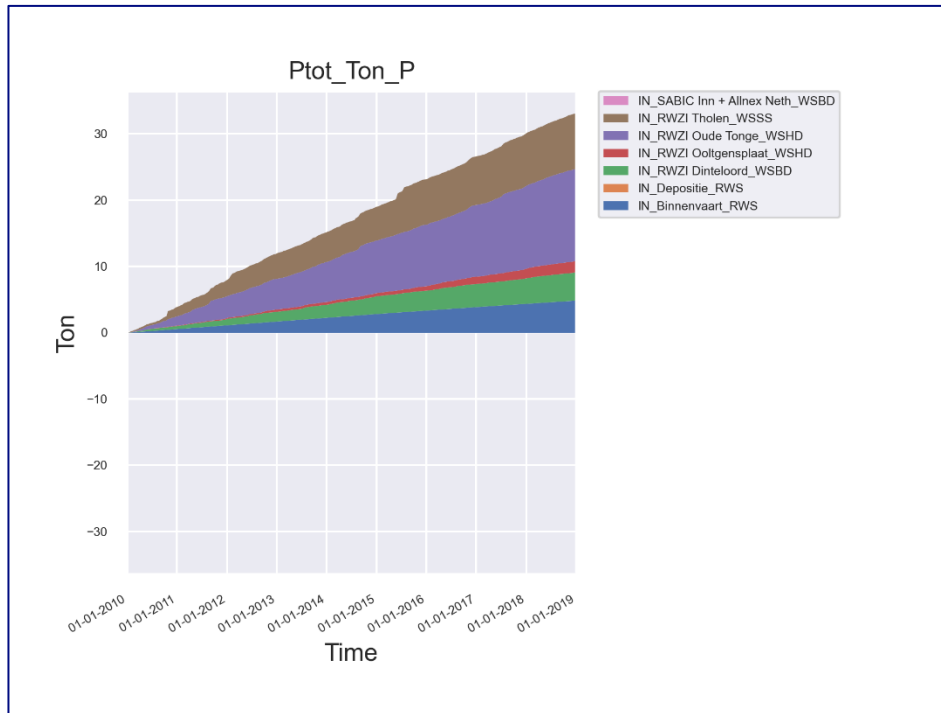


Figuur 27 Aandeel per waterlichaam aan inkomend en uitgaand P-totaalvracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.



Figuur 28 Aandeel per polder aan inkomend en uitgaand P-totaalvracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.

In Figuur 28 is een sterke sprong in de P-totaal (Ptot) vracht van afvoergemaal De Eendracht zichtbaar. Hierbij blijft de concentratie ongeveer gelijk, maar is er een graduele verhoging van het debiet van 0,7 m³/dag (5 december 2011) naar 5,1 m³/dag (2 januari 2012). Dit zorgt voor een plotselinge toename van de Ptot vracht vanuit afvoergemaal De Eendracht.

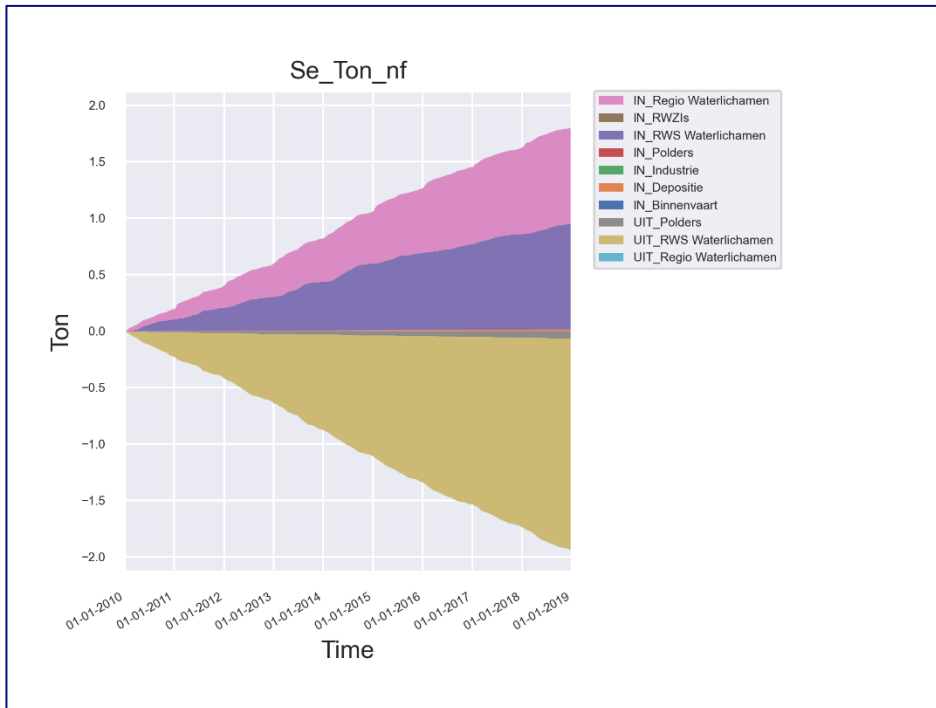


Figuur 29 Aandeel per overige vrachten aan inkomend en uitgaand P-totaalvracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.

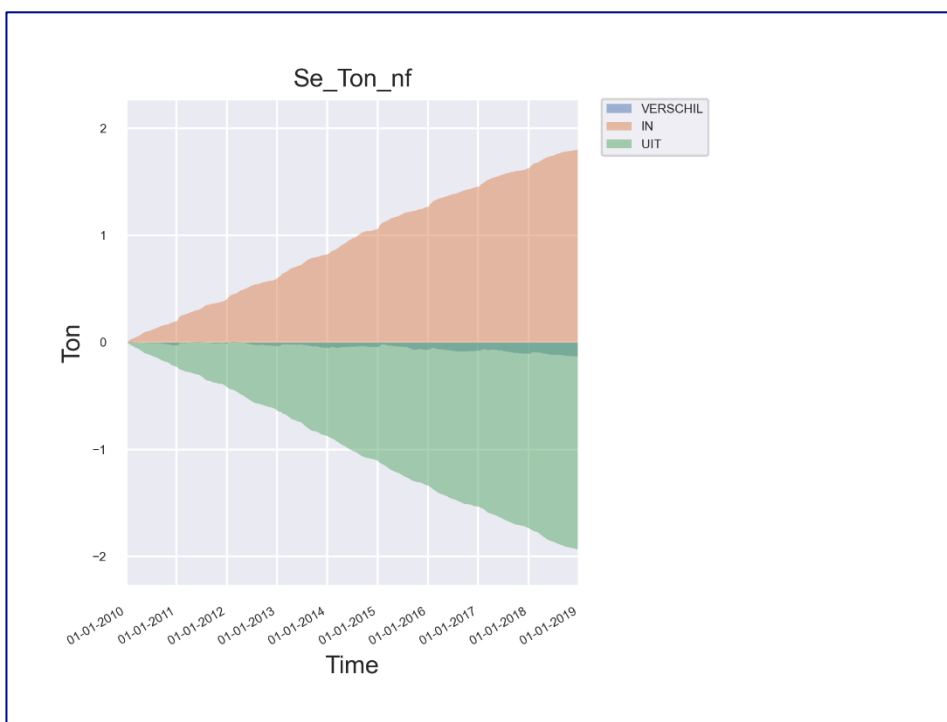
5.2.3 Seleen

Op basis van de bovenstaande debieten en de gemeten en berekenende concentraties en vrachten zijn overzichten gemaakt van de aan- en afvoer van de seleenvrachten. In Figuur 30 is dit overzicht getoond, en hieruit blijkt dat de waterlichamen nagenoeg de enige toelevering verzorgen van seleen. Let op, in deze beschrijving zijn de eenheden in kilogrammen in plaats van tonnen. De afvoer is nagenoeg ook geheel via de waterlichamen. Per jaar wordt er in het Volkerak-Zoommeer gemiddeld ~200 kg seleen aangevoerd en ~210 kg seleen afgevoerd. Het verschil hiertussen (zie Figuur 31) is negatief en loopt nagenoeg niet op met de jaren.

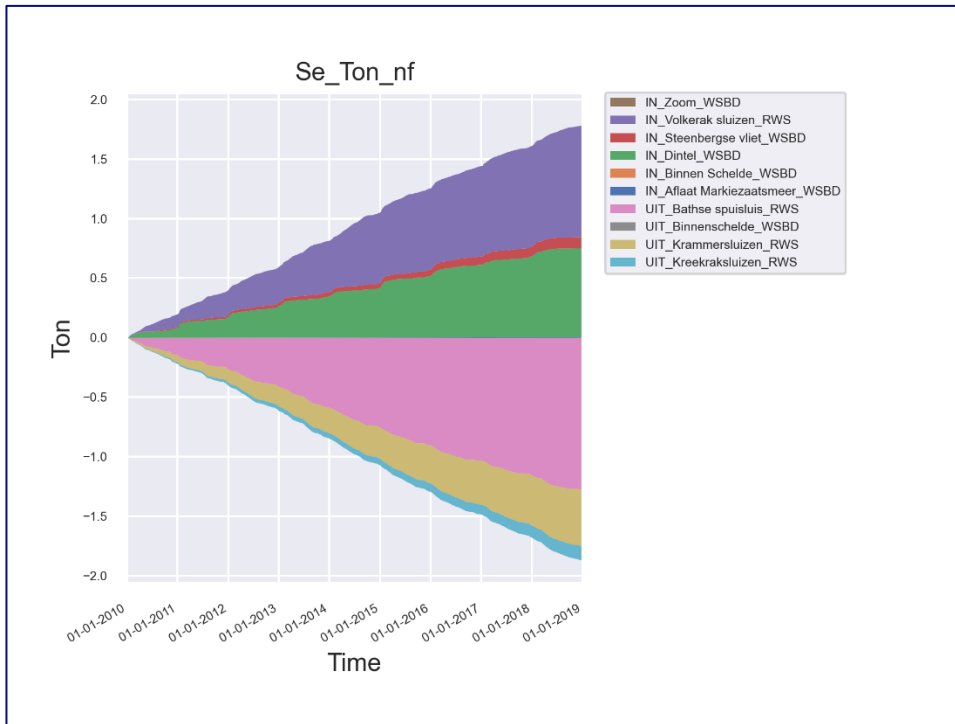
Zoals Figuur 32 laat zien, komt de aanvoer van seleen voor het grootste deel door de Volkeraksluizen (~50%, ~100 kg seleen per jaar), de tweede grootste bron is vanuit de Dintel (~40%, ~80 kg seleen per jaar). De polders leveren nagenoeg geen seleen vracht toe (zie Figuur 33) en nemen slechts een zeer klein deel seleen in (<5%, ~6 kg seleen per jaar). Van de overige bronnen levert atmosferische depositie de grootste vracht (~1.8 kg seleen per jaar, Figuur 29).



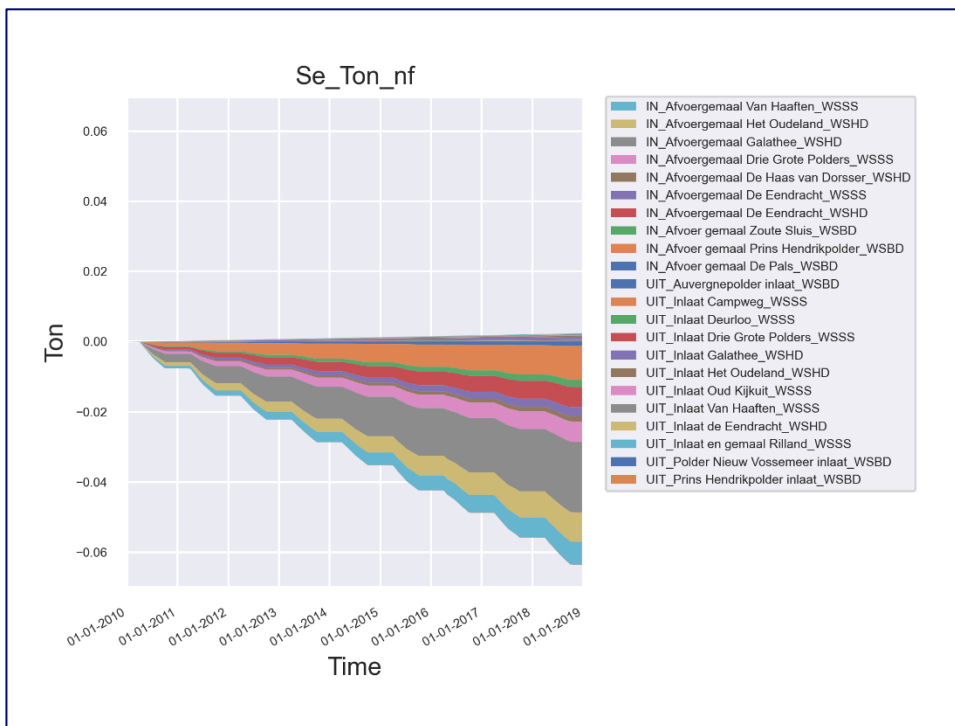
Figuur 30 Stoffenbalans voor seleenvracht in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



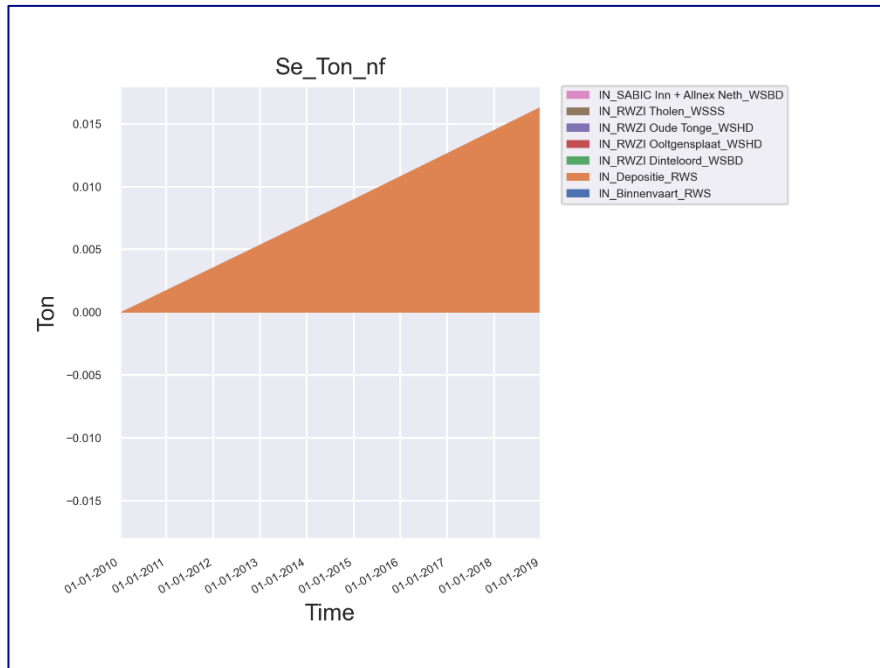
Figuur 31 Verschil in aan- en afvoer van seleenvracht voor de stoffenbalans in het Volkerak-Zoommeer. Door de overlap van kleuren lijkt het verschil donkergroen.



Figuur 32 Aandeel per waterlichaam aan inkomend en uitgaand seleenvracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.



Figuur 33 Aandeel per polder aan inkomend en uitgaand seleenvracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.



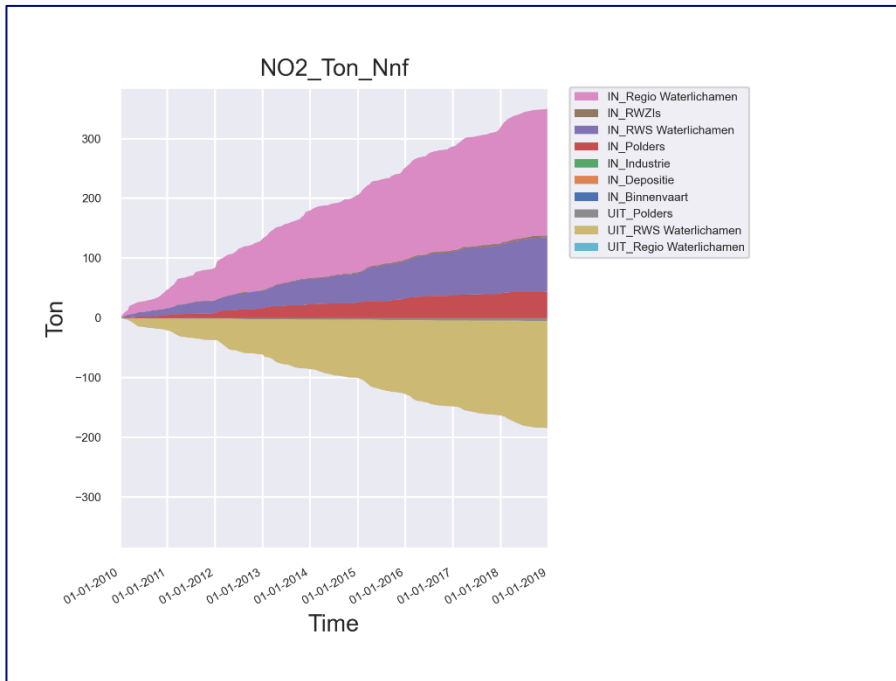
Figuur 34 Aandeel per overige vrachten aan inkomend en uitgaand seleenvracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.

5.3 Stoffenbalans op basis van chemische verbindingen

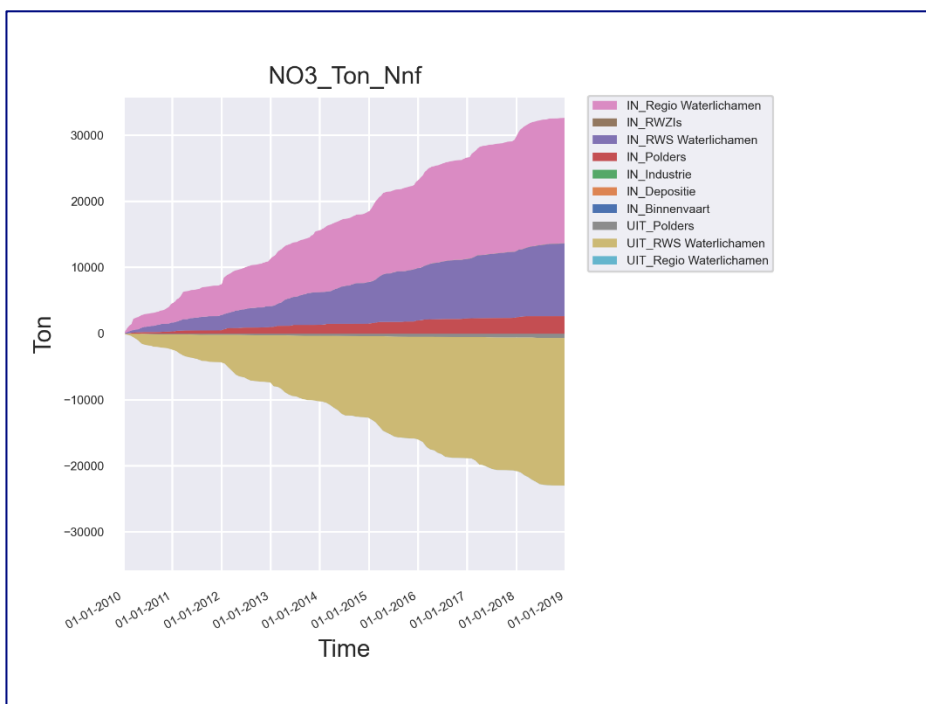
5.3.1 Stikstof

Zoals verwacht is totaal stikstof (N-totaal) voornamelijk opgebouwd uit nitraat (NO_3^-) en N-Kjeldahl (NKj) (zie Figuur 36 en Figuur 39). Wat opvalt aan de chemische verbindingen van stikstof is dat NH_4^+ (ammonium) en N-Kjeldahl beide in sterke mate vanuit de regionale waterlichamen afkomstig lijken te zijn (zie Figuur 38 en Figuur 39). Dit is verklaarbaar omdat N-Kjeldahl en ammonium door nitrificatie worden omgezet in nitraat (NO_3^-). In de regionale wateren is een kleiner deel afkomstig van bovenstroomse wateren waardoor het aandeel NO_3^- relatief klein is.

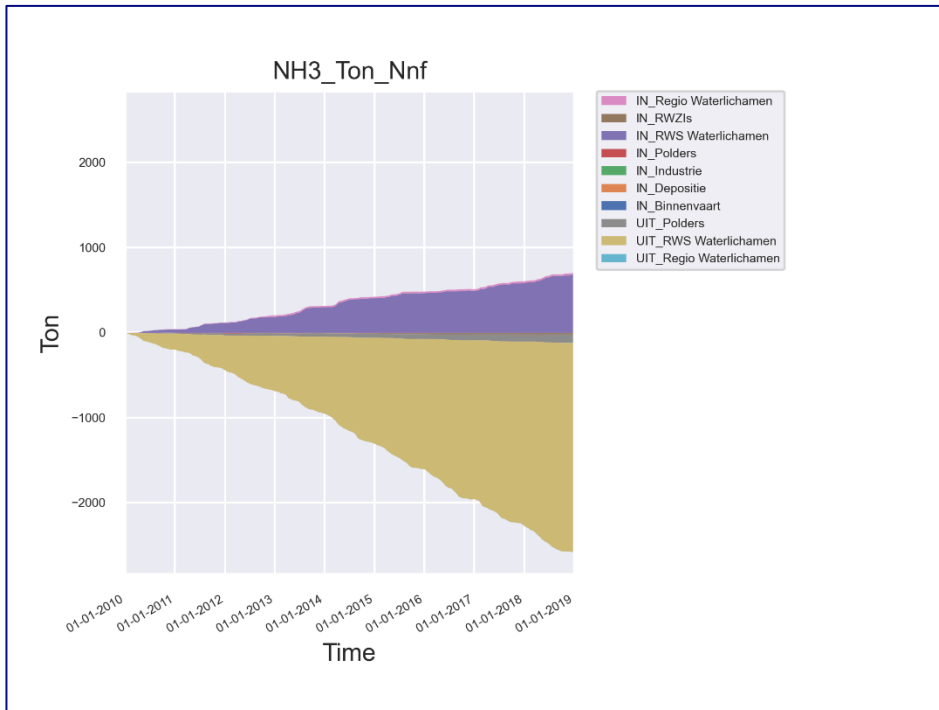
Het gehalte ammonia (NH_3) dat het Volkerak-Zoommeer verlaat lijkt nog aan de hoge kant (zie Figuur 37). Ammonia (NH_3) ontstaat uit ammonium (NH_4^+) bij een hoge pH-waarde. Deze waarde is voor RWS meetpunt Oesterdam berekend door N-Kjeldahl voor filtratie met een factor 0,357 te vertalen naar N-Kjeldahl na filtratie (Figuur 40), zoals ondervonden in een langjarige reeks van metingen in de Veluwe randmeren (Van der Molen, Boers & Lijklema, 1989). Let wel, voor het Volkerak-Zoommeer is niet onderzocht of deze verhouding gelijk is en deze verhouding was ook niet rechtstreeks af te leiden uit eerdere rapportages. Hierna is NH_3 verkregen door NH_4^+ van N-Kjeldahl na filtratie af te trekken.



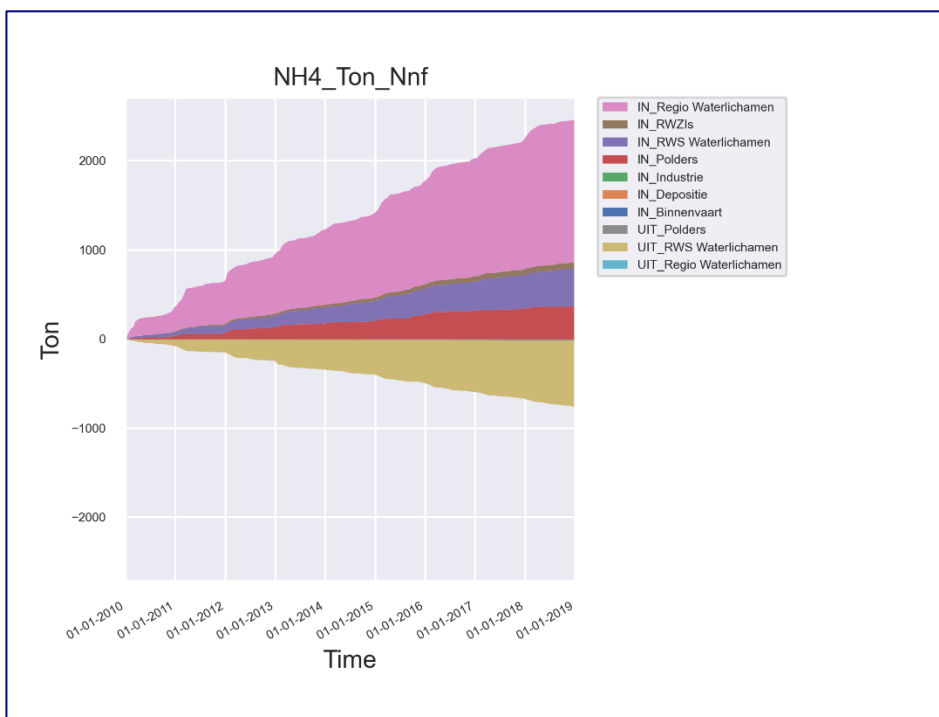
Figuur 35 Stoffenbalans voor nitrietvracht (NO_2) in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



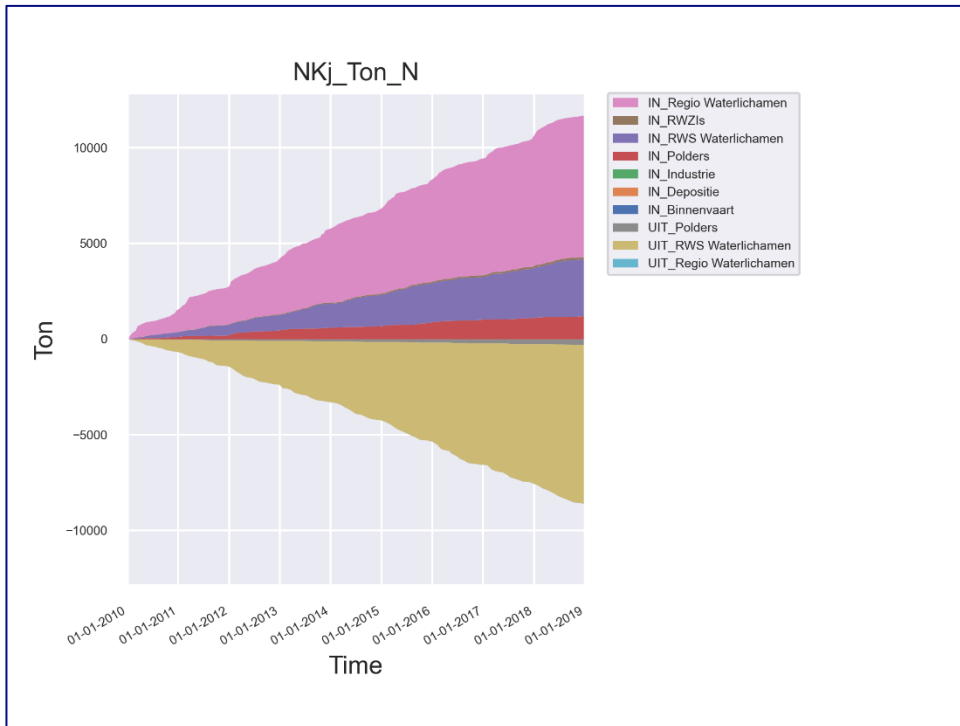
Figuur 36 Stoffenbalans voor nitraatvracht (NO_3) in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



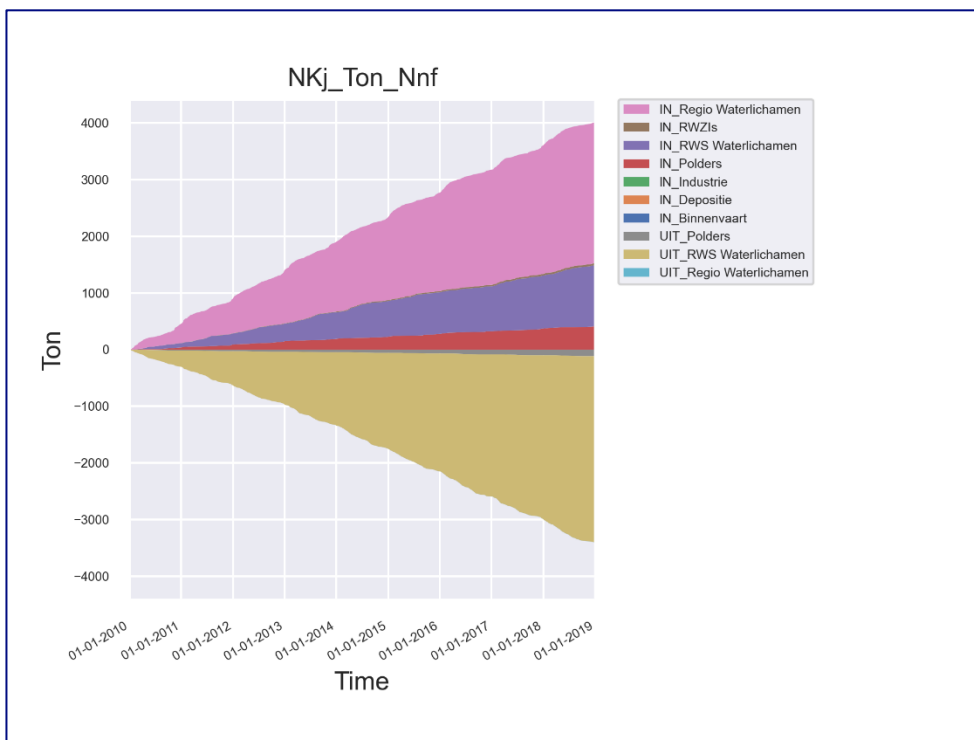
Figuur 37 Stoffenbalans voor ammoniavracht (NH_3) in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



Figuur 38 Stoffenbalans voor ammoniumvracht (NH_4^+) in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



Figuur 39 Stoffenbalans voor N-Kjehldahlvracht (NKj) in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.

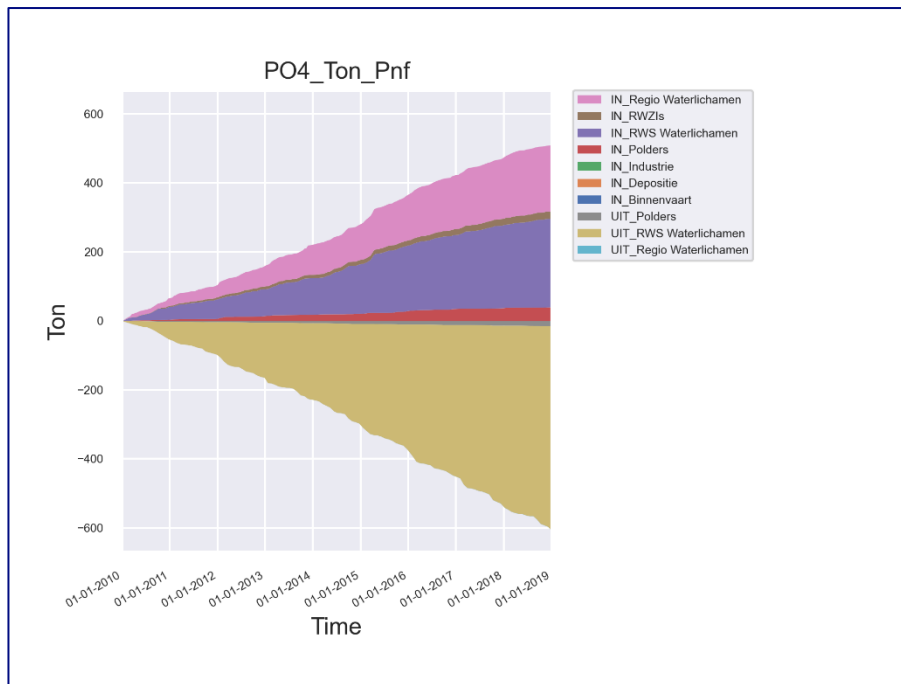


Figuur 40 Stoffenbalans voor N-Kjehldahlvracht na filtratie (NKj nf) in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.

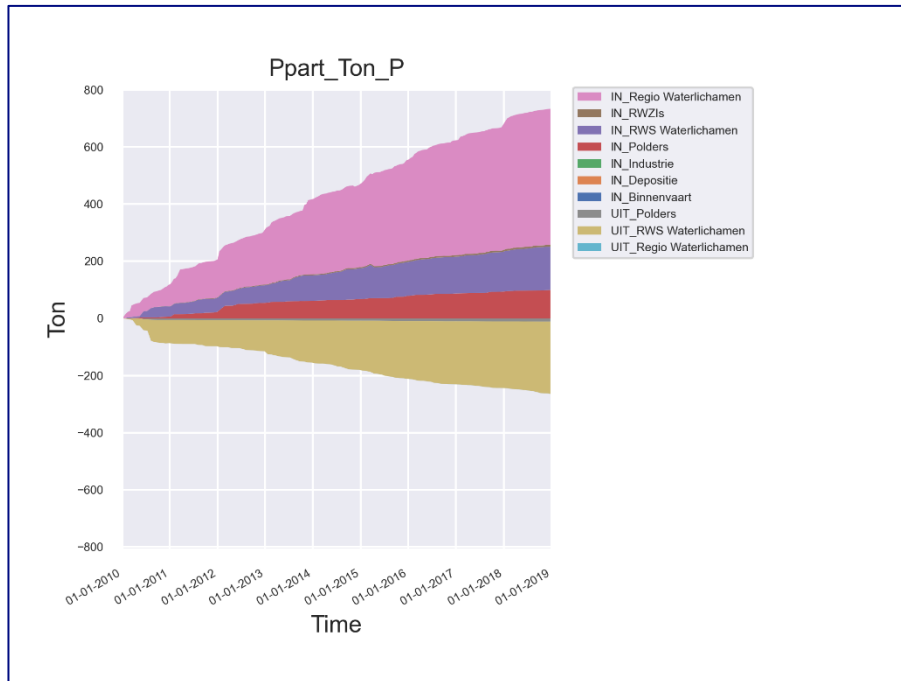
5.3.2 Fosfaat

Inkomend fosfaat lijkt in het Volkerak-Zoommeer voor een groot deel opgebouwd te zijn uit particuliere fosfaat (Ppart: ~55%, Figuur 42). Het overgrote deel van particulier fosfaat is afkomstig uit de regionale wateren (~70%, ~50 Ton per jaar) en in een kleinere mate uit de Volkeraksluizen (~18%, ~12 Ton per jaar) en de polders (~12%, ~8 Ton per jaar). De polders leveren in verhouding tot hun debiet een groot aandeel van het particuliere fosfaat. Deze chemische verbinding is berekend door ortho-fosfaat van totaal fosfaat af te trekken. Hier zit het aandeel opgelost organisch fosfaat ook nog bij in.

Uitgaand fosfaat is meer aanwezig in de vorm van ortho-fosfaat (PO₄ : ~75%, Figuur 41).



Figuur 41 Stoffenbalans voor ortho-fosfaat (PO₄) vracht in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenberg vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



Figuur 42 Stoffenbalans voor particuliere fosfaat (Ppart) vracht in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.

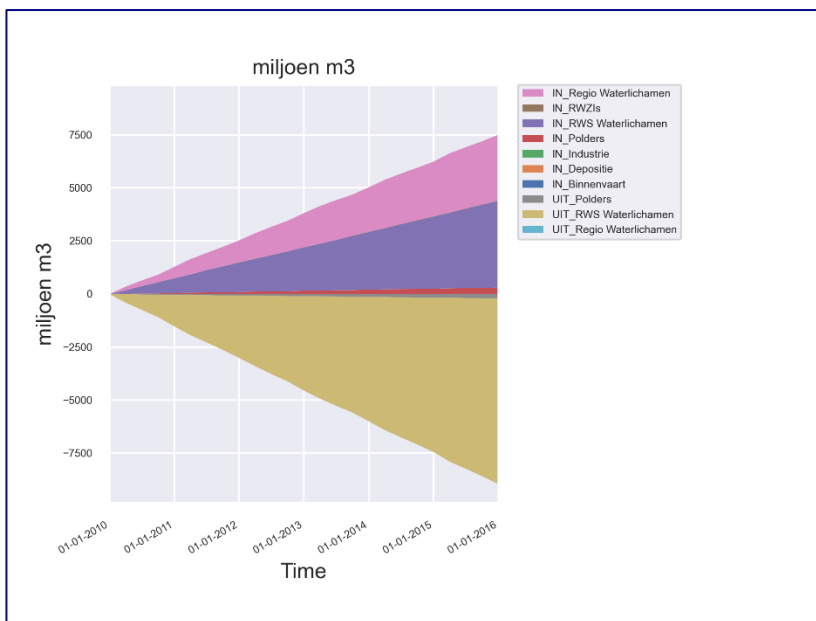
5.4 Vergelijking met de KRW-verkenner

De KRW-Verkenner levert zowel een kwartaalberekening voor het gemiddelde debiet als een gemiddelde concentratie per instromend en uitstromend waterlichaam en afwateringsgebied. Om de uitkomsten van de KRW-verkenner te vergelijken met de stoffenbalans op basis van meet-/modelgegevens is de methodiek van de stoffenbalans ook uitgevoerd op enkel de resultaten vanuit de KRW-Verkenner uit de Nationale Analyse Waterkwaliteit. Emissies uit de Emissieregistratie die normaal direct op het Volkerak-Zoommeer geplaatst worden (zoals depositie, binnenvaart en industrie) zijn nog wel aan de KRW-verkenner stoffenbalans toegevoegd. Let wel, de KRW-verkenner modelleert de periode van 2010 t/m 2015 en kan daarom alleen met deze jaren vergeleken worden.

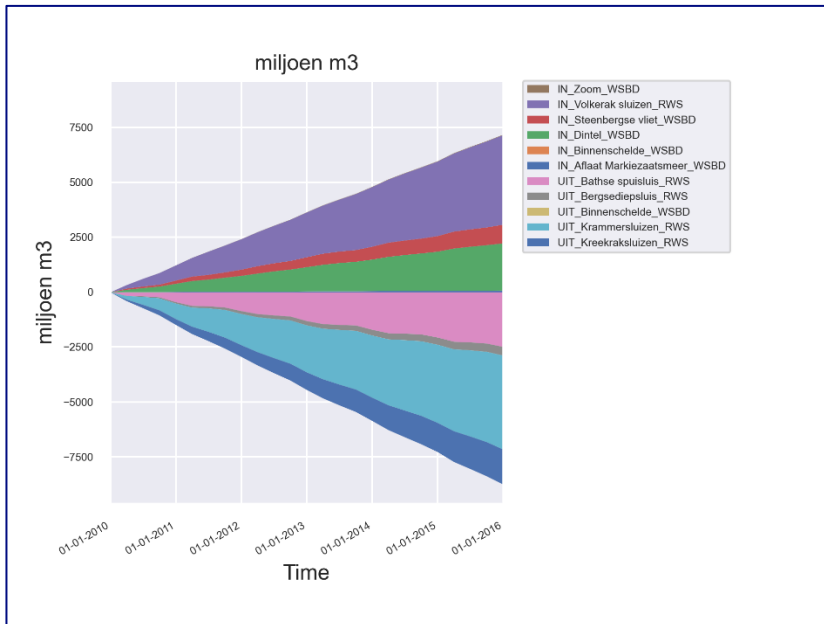
De gemiddelde inkomende debieten in de KRW-verkenner zijn hoger per jaar (~200 miljoen m³ hoger per jaar, ~20%, meet-/modelgegevens balans: 1000 miljoen m³ per jaar, KRW-verkenner balans: ~1200 miljoen m³ per jaar). Ook de gemiddelde uitgaande debieten in de KRW-verkenner balans zijn hoger per jaar (~300 miljoen m³ hoger per jaar, ~30%, meet/modelgegevens balans: 1200 miljoen m³ per jaar, KRW-verkenner balans: ~1500 miljoen m³ per jaar). Het verschil in uitgaande debiet is afkomstig van een groter uitgaand debiet bij de Kreekraksluizen, een groter debiet door de Krammersluizen en een kleiner debiet door de Bathse spuisluis (zie Figuur 44).

Voor de nutriënten is de inkomende stikstofvracht nagenoeg gelijk (meet/modelgegevens balans: ~4.800 Ton per jaar, KRW-verkenner balans: ~4.600 Ton per jaar; zie Figuur 45). De uitgaande vrachten zijn wel verschillend (~700 Ton Ntot per jaar lager, ~ 20%, meet/modelgegevens balans: ~3800 Ton Ntot per jaar, KRW-verkenner balans: ~3100 Ton Ntot per jaar). Ook is er een verschil in waar deze uitgaande vrachten naartoe gaan, maar dit is al aangetoond in de vergelijking van de debieten.

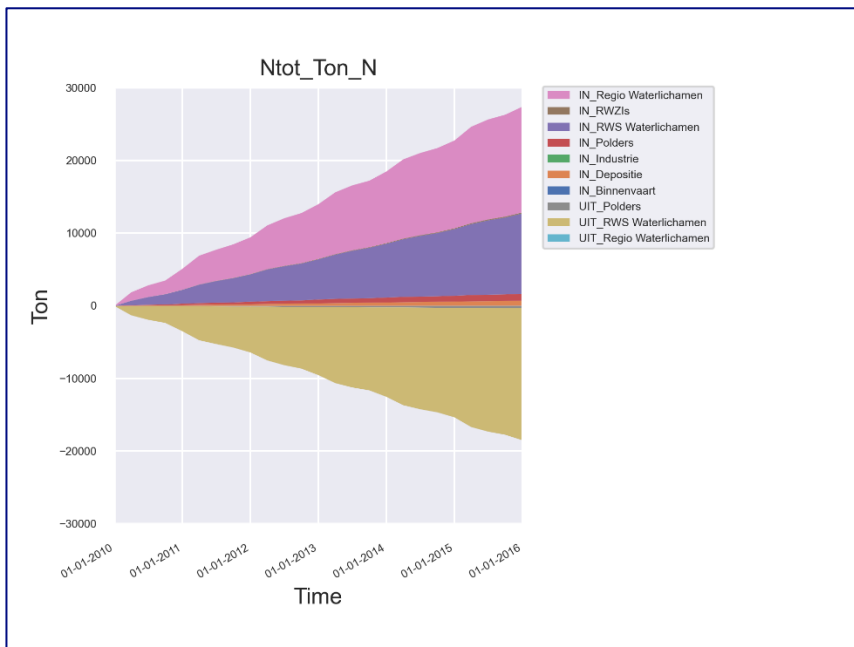
De inkomende fosfaatvracht is flink hoger in de KRW-verkenner balans, ~90 Ton per jaar (~70%, meet/modelgegevens balans: ~130 Ton per jaar, KRW-verkenner balans: ~220 Ton per jaar), deze verhoging is over alle groepen (regionale waterlichamen, RWS waterlichamen, polders) nagenoeg gelijk (zie Figuur 47). In de periode 2010 t/m 2015 van de KRW-verkenner stoffenbalans wordt er evenveel vracht aan fosfaat naar het Volkerak-Zoommeer afgevoerd als in de periode 2010 t/m 2018 van de meetreeksen/modellen stoffenbalans (~1200 Ton Ptot). Er is een kleiner verschil tussen de uitgaande posten van beide stoffenbalansen, met een verschil van ~10 Ton per jaar lager dan de KRW-verkenner (~10%; meet/modelgegevens balans: ~110 Ton per jaar, KRW-verkenner balans: ~120 Ton per jaar). Wel is er een verschil in waar deze uitgaande vrachten naartoe gaan, maar dit is al aangetoond in de vergelijking van de debieten.



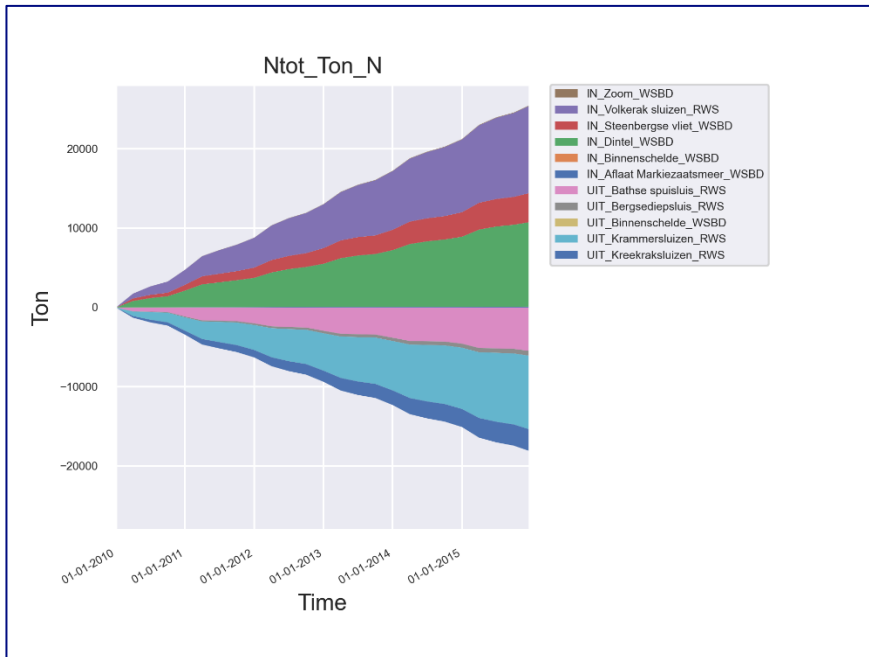
Figuur 43 Waterbalans van de KRW-verkenner op basis van de stoffenbalans methode voor het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier waterstromen afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



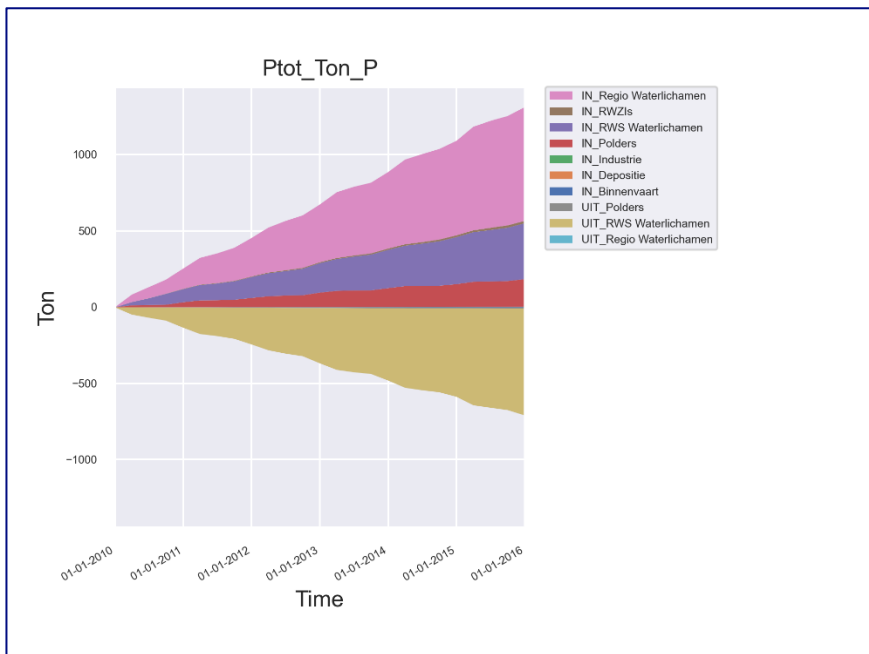
Figuur 44 Aandeel per waterlichaam op basis van de KRW-verkenner aan inkomend en uitgaand debiet voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de waterbalans bij de stoffenbalans.



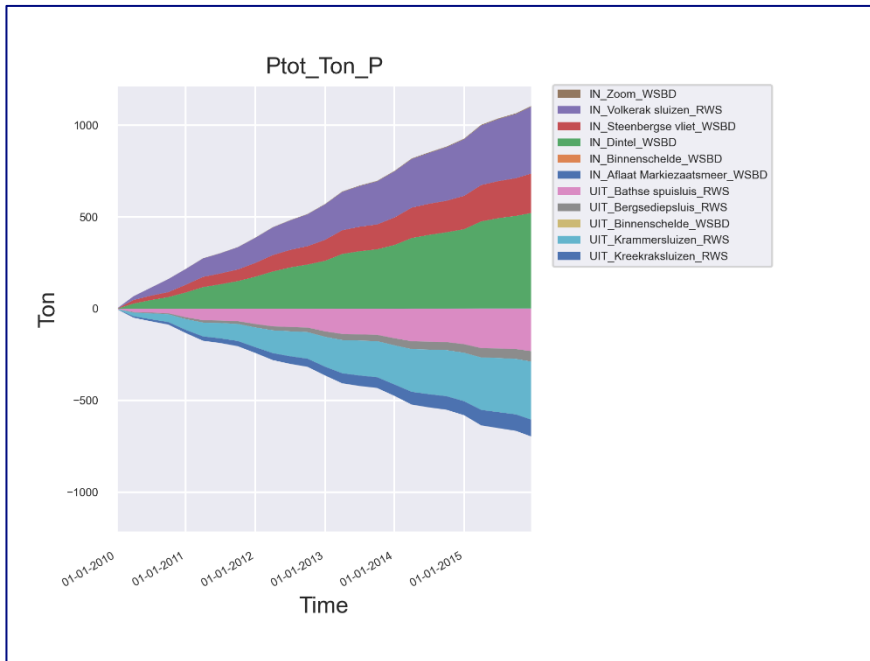
Figuur 45 Stoffenbalans voor N-totaalvrucht op basis van de KRW-verkenner in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvruchten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markiezaatsaflaat en Binnenschelde.



Figuur 46 Stoffenbalans voor N-totaalvracht op basis van de KRW-verkenner in het Volkerak-Zoommeer. Aandeel per waterlichaam aan inkomend en uitgaand N-totaal vracht voor het Volkerak-Zoommeer.



Figuur 47 Stoffenbalans voor P-totaalvracht op basis van de KRW-verkenner in het Volkerak-Zoommeer. RWS waterlichamen zijn hier stofvrachten afkomstig uit Rijkswateren en die worden ontsloten door de Volkeraksluizen, Krammersluizen, Kreekraksluizen, Bergse diepluis en Bathse spuisluis. Regio waterlichamen zijn hier de Dintel, Steenbergse vliet, Zoom, Markezaatsaflaat en Binnenschelde.



Figuur 48 Stoffenbalans voor P-totaalvracht op basis van de KRW-verkenner in het Volkerak-Zoommeer. Aandeel per waterlichaam aan inkomend en uitgaand N-totaal vracht voor het Volkerak-Zoommeer.

6 Discussie en conclusie

In deze rapportage is een methodiek ontwikkeld die voortbouwt op de “Water- en chloridebalans Volkerak-Zoommeer” (Vergroesen, 2020). Deze methodiek is verder uitgedacht om tevens toepasbaar te zijn voor andere stoffenbalansen. Voor het eenvoudig toepassen van deze methodiek en het visualiseren van de uitkomsten is een Pythonbibliotheek ontwikkeld.

Hoe werkt de stoffenbalans i.c.m. de waterbalans?

De stoffenbalans is opgezet met als basis de waterbalans die eerder is uitgevoerd door Vergroesen (2020). Aanvullend op Vergroesen (2020) zijn kleine aanvoerroutes van debieten zoals de Binnenschelde, de Zoom en de Markiezaatsaflaat toegevoegd. De debieten uit de waterbalans worden waar nodig gecombineerd met stoffenconcentratiebepalingen om tot een stoffenvracht te komen. Daarnaast zijn er bronnen van aanvoerroutes toegevoegd die niet in de waterbalans voorkomen, zoals depositie, binnenvaart en industrie.

Hoe generiek/flexibel is de methode?

De methode voor de stoffenbalans is zeer generiek opgesteld. Wanneer de waterbalans voor een ander watersysteem bekend is kan de methode uit deze studie hergebruikt worden. Om het hergebruik van de stoffenbalansmethodiek te ondersteunen is de methode als een Pythonbibliotheek opgenomen, die beschikbaar is gesteld via een repository. Aanvullende informatie hiervoor vindt u in Sectie 3.6 en Bijlage C. Door aanvullend op de nutriënten ook een stoffenbalans voor seleen uit te voeren is bewezen dat deze methode ook voor prioritaire stoffen inzetbaar is.

Verschil tussen instroom en uitstroom stoffenbalans

De instromende en uitstromende vrachten zijn onafhankelijk van elkaar berekend en het verschil tussen de instromende en uitstromende vrachten is bepaald (N: ~20% hogere stroom; P: ~20% hogere instroom; Se: ~ 10% hogere uitstroom). Dit verschil is te verklaren vanuit meerdere oorzaken. Zo zijn kleine bronnen zoals kwel, lek- en schutverliezen zijn hierin niet meegenomen. Ook zijn moeilijker te kwantificeren bronnen zoals de opslag van stoffen in biota, de onttrekking door visserij, de effecten van foeragerende vogels en guanotrofie niet in dit onderzoek meegenomen. Voor guanotrofie worden op dit moment stappen ondernomen om deze bron aan de Emissieregistratie toe te voegen (Noordhuis, in press). Op basis van de eerste resultaten levert dit een aanvullende ~500 kg stikstof per jaar en ~100 kg fosfaat per jaar aan het Volkerak-Zoommeer op. Voor beide nutriënten leidt dit niet tot andere inzichten.

Daarnaast zijn er processen die in het watersysteem zelf plaatsvinden, waaronder de omzetting van nitriet naar stikstofgas (denitrificatie) dat het watersysteem verlaat en het vastleggen van fosfaat in de waterbodem. Ook het uitloggen van fosfaat uit de waterbodem en omzetting van stoffen naar een andere vorm zijn in deze stoffenbalans niet meegenomen, wel zijn hiervoor indicatieve getallen bekend op basis van Osté (2012). Toch is op basis van de inkomende bronnen al een goed overzicht te maken van de herkomst van stikstof, fosfaat en seleen en de mogelijke stuurknoppen om deze te reduceren. De uitkomsten van de stoffenbalans vallen binnen de totaalvrachten van stikstof en fosfaat gerapporteerd voor Nederland (de Klein, 2007) en komen overeen met de oppervlakte gewogen vrachten gerapporteerd in De Vries et al. (2011) voor het Volkerak-Zoommeer over de jaren 1996 t/m 2009. In De Vries et al. (2011) heeft het Volkerak-Zoommeer voor de periode 2000-2004 een gemiddelde inkomende vracht van ~6000 ton per jaar invoer van totaal stikstof (25% hoger dan dit onderzoek) en ~165 ton per jaar invoer van totaal fosfaat (30% hoger dan dit onderzoek).

In De Vries et al. (2007) is aanvullend aan deze rapportage ook gerekend aan de processen in het watersysteem (interne bronnen en putten). Zie Bijlage D voor een overzicht van de jaar-op-jaar variatie van de stoffenvrachten.

Vergelijking met de KRW-verkenner Nationale Analyse Waterkwaliteit (2020)

Opvallend is het jaar-op-jaar substantiële verschil voor totaal fosfaat tussen de stoffenbalans van de KRW-verkenner resultaten en die op basis van meetreeksen en modelwaarden. De piekjaren van vrachten die in de meetreeksen en modelwaarden stoffenbalans zichtbaar zijn komen niet als zodanig terug in de stoffenbalans op basis van de KRW-verkenner resultaten. In de KRW-verkenner resultaten wijken de opeenvolgende jaren weinig van elkaar af. Bij fosfaat wordt er vanuit de KRW-verkenner consequent een hogere vracht voorspeld, en ook hier is de jaar-op-jaar variatie naar verhouding afgevlakt. Ook is de inkomende en uitgaande waterverdeling verschillend van elkaar, waarbij bij de inkomende debieten de Steenbergse Vliet in de KRW-verkenner resultaten een hogere toevoer levert ten koste van de Dintel en bij de uitgaande debieten de Krammersluizen een groter en de Bathse spuisluis een kleiner aandeel water afvoert volgens de KRW-verkenner. Wat betreft de nutriënten totaal stikstof, voorspelt de KRW-verkenner een 20% lagere uitgaande vracht en voor totaal fosfaat voorspelt deze een 70% hogere inkomende vracht in het Volkerak-Zoommeer.

Het verschil met de inkomende fosfaatvracht van de meetreeksen/modellen stoffenbalans en de stoffenbalans op basis van de KRW-verkenner Nationale Analyse Waterkwaliteit resultaten is groot. De exacte oorzaak hiervan is in deze studie niet verder onderzocht. Echter, de methode die gebruikt is om de KRW-verkenner resultaten te verkrijgen is sterk verschillend van de methode voor de meetreeksen/modellen stoffenbalans. Zo wordt er in de KRW-verkenner: 1) gebruik gemaakt van modeluitkomsten als invoer en uitvoer (Landelijk Hydrologisch Model, ANIMO, processen in de KRW-verkenner) die elk hun eigen nauwkeurigheid hebben; 2) is de KRW-verkenner opgesteld om een nationaal overzicht te bieden en is hierop gekalibreerd waardoor de uitkomsten regionaal sterk kunnen afwijken; 3) ook is de KRW-verkenner gekalibreerd op het voorspellen van concentraties en niet op vrachten, waardoor een andere waterverdeling snel een ander resultaat kan leveren; en 4) kan menselijk handelen dat verschilt van de verwachtingen niet met de KRW-verkenner voorspeld worden (bijvoorbeeld grotere lozingen van stoffen en beslissingen van waterbeheerders voor de waterverdeling). Een voorbeeld van dit laatste punt is de doorstroom bij de Dintel, die gereguleerd kan worden bij Oosterhout. De KRW-verkenner heeft als voordeel ten opzichte van deze stoffenbalans dat de herkomst van stoffen getraceerd kan worden en het effect van maatregelen hiermee berekend kan worden. Hiermee dienen de meetreeksen/modellen stoffenbalans en KRW-verkenner resultaten ook verschillende doelen, respectievelijk stoffenbalans en rekenmodel om effecten van maatregel te bepalen. Ondanks dat de methode verschilt, kan deze meetreeksen/modellen stoffenbalans wel bijdragen aan het verfijnen van de KRW-verkenner voor de nationale analyse op een regionale schaal.

Invloed van uitlaten en polders

Voor zowel nutriënten als voor seleen is de invloed van uitlaten en polders klein (< 10%) in verhouding tot de overige bronnen. In het geval van nutriënten zijn de polders bronnen die toeleveren aan het Volkerak-Zoommeer, maar in het geval van seleen zijn de polders netto ontvangers en leveren ze nagenoeg geen seleen toe. In de Emissieregistratie is de belangrijkste route van seleen atmosferische depositie en hierdoor zijn concentraties van seleen in Rijkswateren vrijwel overal gelijk (Osté et al., 2020). De directe bronnen hebben nauwelijks invloed op de aanliggende afwateringsgebieden. Hierdoor is het verklaarbaar dat de polders nagenoeg geen seleen leveren aan het Volkerak-Zoommeer en netto ontvangers van seleen zijn. De bronnen van seleen die volgens de Emissieregistratie voor het gebied van belang zijn, zijn voornamelijk van depositie, autobandenslijpsel en rioolwatereffluent/-overstorten. Snelwegen of andere drukke wegen zijn in deze polders niet sterk aanwezig.

Ook is er zover bekend geen grote industrie in het gebied die seleen uitstoot. Verder is seleen sterk gerelateerd aan bemesting, maar uitspoeling hiervan speelt vooral op zandgronden een rol (Altena en Osté, 2020).

Trends in toe of afname van stoffen

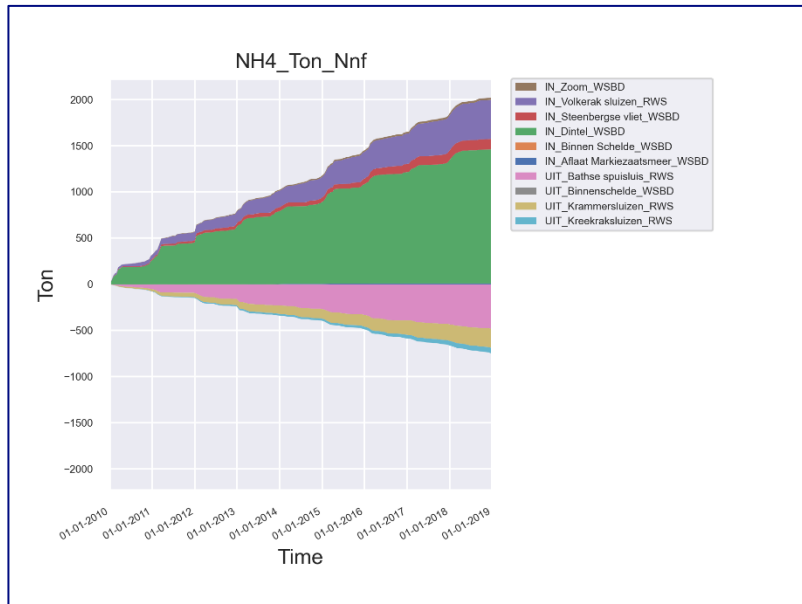
Voor totaal stikstofvracht is geen eenduidige trend in de jaar-op-jaar getallen aan te duiden (zie Bijlage D). Wel zijn de laatste 3 jaren lager dan 4 van de 6 voorgaande jaren. In de Systeemrapportage (2020) is een afname van de concentratie van "Dissolved Inorganic Nitrogen" (een combinatie van nitriet, nitraat en ammonium) zichtbaar voor de jaren 2010 t/m 2018 voor de meetlocatie Oesterdam. Deze afname is niet zichtbaar in de vrachten door de variatie in debieten tussen de jaren. Voor totaal fosfaatvracht is dit ook het geval, en in beide gevallen wordt het surplus verschil van nutriënten in het systeem tussen de ingaande en uitgaande posten kleiner. Gelijktijdig is er een opwaartse trend voor de totaal fosfaat en ortho-fosfaatconcentratie voor de jaren 2010 t/m 2018 (zie Systeemrapportage 2020). Het afnemen van de vracht is hierdoor vooral verklaarbaar door het afnemen van het inkomend debiet. Voor seleen is deze trend niet te ontdekken, en hier zou deze informatie ook kritisch moeten worden bekeken omdat de concentratie-meetreeks van 2017 voor de Dintel zowel op andere jaren van de Dintel als de Steenbergse vliet is geëxtrapoleerd. Op basis van de Systeemrapportage (2020) neemt hiervan de concentratie over de periode 2010 t/m 2018 af.

Stuurknop voor de nutriënten

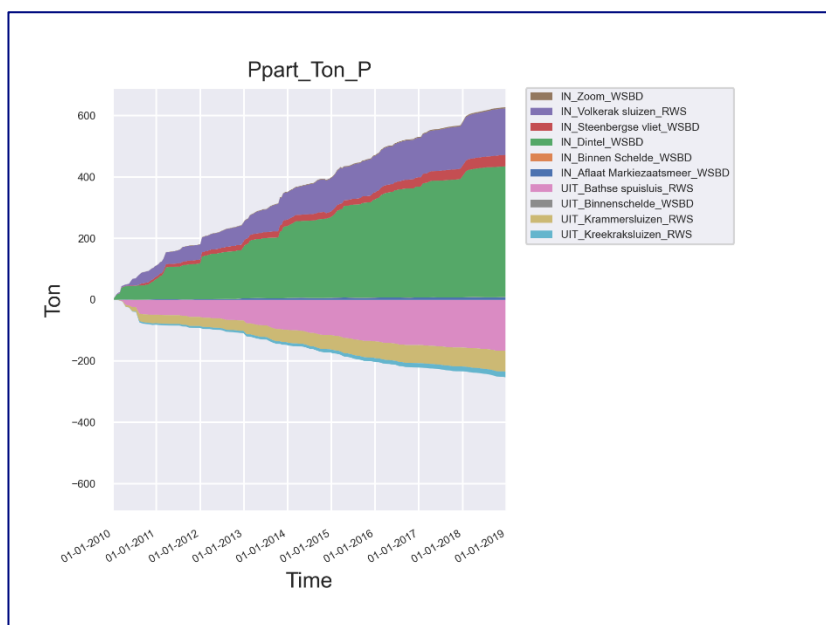
Op basis van de inzichten verkregen uit deze studie is te stellen dat voor zowel stikstof als fosfaat de regionale wateren, en met name de Dintel, een bijdrage levert in de aanvoer van deze nutriënten naar het Volkerak-Zoommeer. Deze bijdrage is groter dan van het water uit het Hollandsch Diep dat wordt ingelaten bij de Volkeraksluizen en de toelevering vanuit de polders of andere bronnen zoals RWZI's, industrie of depositie. De grootte van de bijdrage kan niet verklaard worden uit het debiet, omdat het debiet lager is dan door de Volkeraksluizen. Dit duidt erop dat de gemiddelde concentratie van deze nutriënten over deze periode van 9 jaar ook hoger is geweest dan die van het ingelaten water uit het Hollandsch Diep.

Voor stikstof levert de Dintel voornamelijk ammonium (NH_4), wat er op duidt dat het nitrificatieproces nog niet ten volle heeft plaatsgevonden (zie Figuur 49). Deze chemische verbindingen liggen naar verhouding lager in water afkomstig uit het Hollandsch Diep. Hiervan is het overgrote deel van het water al langer onderweg, waardoor de grote sediment/organische deeltjes hebben kunnen uitzakken. Ook wordt de waterinlaat via de Volkeraksluizen gestremd wanneer het water troebel dreigt te worden door een hogere rivierafvoer. Ditzelfde geldt voor de verhouding tussen particuliere fosfaat (Ppart) en ortho-fosfaat (PO_4) en het verschil hiervan tussen de Dintel en het water aangevoerd door de Volkeraksluizen (zie Figuur 50).

Hierop gebaseerd lijkt de grootste stuurknop voor de inkomende nutriënten naar het watersysteem Volkerak-Zoommeer de bron vanuit de Dintel te zijn. De twee-na-grootste is de bron vanuit het Hollandsch Diep.



Figuur 49 Aandeel per waterlichaam aan inkomend en uitgaand ammonium (NH_4) vracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.



Figuur 50 Aandeel per waterlichaam aan inkomend en uitgaand particulier fosfaat ($Ppart$) vracht voor het Volkerak-Zoommeer op basis van de stoffenbalans.

Stuurknop voor seleen

Voor seleen dient in het achterhoofd gehouden te worden dat de waterschappen het seleengehalte na filtratie meten en RWS het seleengehalte voor filtratie. Hiervoor is niet gecorrigeerd. De toevoer van seleen komt voornamelijk uit de toevoerende waterlichamen en is gelijk te schakelen aan de debieten die deze waterlichamen toeleveren. De stroom door de Volkeraksluizen en de Dintel zijn de grootste bronnen van seleen en indirect komen deze bronnen voort vanuit atmosferische depositie. Hierdoor is in directe mate de toestroom vanuit de Volkeraksluizen en de Dintel de belangrijkste stuurknop voor seleen in het Volkerak-Zoommeer, maar indirect de atmosferische depositie op land en in waterlichamen.

Aanbevelingen stoffenbalans

Er zijn nog enkele verbeteringen te maken aan de opzet van de stoffenbalans. In deze stoffenbalans is bijvoorbeeld nog geen gebruik gemaakt van het voorspellen van de concentraties aan de hand van de afvoerdebieten (Lee et al., 2016; Lee et al., 2019). Dit kan de berekening van de vrachten verbeteren. Daarnaast is er gekozen voor een block interpolatie van de bemeten/gemodelleerde waarden voor ontbrekende waarden. Voor metingen zou een lineaire interpolatie mogelijk een betere benadering zijn. Ook ontbreken nu nog aanvullende debieten zoals neerslag, verdamping, (dijkse) kwel, lekverliezen en schutverliezen; biologische bronnen zoals guanotrofie, graas, biota en visserij; en interne processen zoals denitrificatie, nitrificatie, opslag in sediment en uitloging uit het sediment. Voor de stoffenbalans van seleen dient er nog een verhouding herleidt te worden om de data van seleen na filtratie en voor filtratie correct met elkaar te kunnen samenvoegen. De bovenstaande punten zullen de stoffenbalans verbeteren en completer maken, maar dit zal niet tot andere conclusies leiden.

De stoffenbalansmethodiek die is opgesteld in deze rapportage bewijst een krachtig en nuttig middel te zijn om inzicht te krijgen in de inkomende en uitgaande stoffenstromen van het watersysteem. De uitkomsten hiervan blijken vooral regionaal een verfijning en aanvullend te kunnen zijn op bestaande overzichten, zoals de KRW-verkenner Nationale Analyse Waterkwaliteit. De stoffenbalansmethodiek werkt goed samen met een gedetailleerde waterbalans, zoals opgezet door Vergroesen (2020). Deze beide methodes zijn breder inzetbaar dan het Volkerak-Zoommeer en kan zeer waarschijnlijk ook zijn nut voor andere watersystemen bewijzen.

7 Literatuur

- Altena, W., Osté, L., 2020. Bronnen van metalen in de Maasregio. Deltares-rapport 11205929-002-ZWS-0001
- De Klein, J.J.M., 2007. Analyse van de grootte en de herkomst van de vrachten stikstof en fosfaat, via het oppervlaktewater, op het Nederlandse deel van de Noordzee. Wageningen, Alterra-rapport 1417; 40 blz.; 6 fig.; 10 tab.; 19 ref.
- Kramer, L., Los, H., Troost, T., Genseberger, M., Thiessen, M., Boderie, P., 2016. 3D model van het Volkerak-Zoommeer voor waterkwaliteit en primaire productie : Modelbeschrijving, kalibratie en validatiedocument. Deltares rapport 1220070-000-ZKS-0034-r in opdracht van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.
- Lee, C.J., Hisch, R.M., Schwarz, G.E., Holtschlag, D.J., Preston, S.D., Crawford, C.G., Vecchia, A.V., 2016. An evaluation of methods for estimating decadal stream loads. *Journal of Hydrology* Vol 542. P 185-203.
- Lee, C.J., Hisch, R.M., Crawford, C.G., 2019. An evaluation of methods for computing annual water-quality loads. USGS. Scientific Investigations Report 2019-5084.
- Van der Molen, D.T., Boers, P.C.M., Lijklema, L., 1989. Gegevens-analyse nutriënten en zwevend materiaal Veluwemeer. H2O Jaargang 1989 Volume 22 nr. 24.
- Nolte, A.J., Weeber, M.P., Geurts, D., Pans, S., Vreeken, D, Weiler, O., 2020. Klimaatrobustheid van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer. Deltares rapport 11203741-001-ZKS-0005 in opdracht van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.
- Noordhuis, R., Van Duijnhoven, N., in press. Regionalisatie Watervogels n.a.v. Belasting nutriënten van watervogels in een aantal voorbeeldgebieden. Emissieregistratie.
- Osté, L., 2012. De bijdrage van de waterbodem aan de eutrofiëring in het Volkerak-Zoommeer. Deltares-rapport 1204555.
- Osté, L., Postma, J., Roskam, G., Keijzers, R., Van Duijnhoven, N., 2020. Basisdocumentatie probleemstoffen KRW : Rapport bij basisdocumentatie 2018. Deltares rapport 11202236.
- Sulu-Gambari, F., Slomp, C., 2012. De begraving van fosfaat in sedimenten van het Volkerak. Universiteit Utrecht, in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Zeeland en Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek.
- Vergroesen, T., 2020. Water- en chloridebalans Volkerak-Zoommeer. Deltares rapport 11203741-000-ZKS-0019 in opdracht van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.
- De Vries, I., Smits, J., Nolte, A., Sprengers, C., 2011. Waterkwaliteit en water-en nutriëntenbalansen Volkerak-Zoommeer 1996-2009. Deltares rapport 1203266-00 in opdracht van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.
- Wageningen, 2020. Uit- en afspoeling nutriënten van landbouw- en natuurgronden. Versie juni 2020. In opdracht van RIJKSWATERSTAAT – WVL. Uitgevoerd door WENR.

Weeber, M.P., A.J. Nolte, T.A. Troost, M. Genseberger, L. Kramer, M.C.H. Tiessen, 2018. Data-analyse en modelvalidatie van het Volkerak-Zoommeer ecosysteem : Met focus op blauwalgen en quaggamosselen. Deltares rapport 11201168-000-ZKS-0007-v3 in opdracht van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving.

Bijlagen

Bijlage A Bronnenoverzicht

Groep	Bron	Richting	Beheerder	Debiet_meetlocatie	Stoffen_meetlocatie	Vrachten_meetlocatie
Depositie	Depositie	IN				AtmDep
Guanotrofie	Guanotrofie	IN				
Binnenvaart	Binnenvaart	IN				Binnenvaart
Waterlichamen	Volkerak sluizen	IN	RWS	Volkerak sluizen	BOVSS	
Waterlichamen	Dintel	IN	WSBD	Dintelas	25_200001	
Waterlichamen	Steenbergse vliet	IN	WSBD	Bovensas	25_300001	
Waterlichamen	Zoom	IN	WSBD		25_400003	
Waterlichamen	Binnen Schelde	IN	WSBD		25_830002	
RWZIs	RWZI Dinteloord	IN	WSBD	RWZI Dinteloord	RWZI Dinteloord	
Industrie	SABIC Innovative Plastics BV	IN	WSBD			
Industrie	Allnex Netherlands BV	IN	WSBD			ALLNEX
Polders	Afvoer gemaal Prins Hendrikkpolder	IN	WSBD	gemaal Prins Hendrik WB5	25_800002	
Polders	Afvoer gemaal De Pals	IN	WSBD	gemaal De Pals WB5	25_890201	
Polders	Afvoer gemaal Zoute Sluis	IN	WSBD	gemaal Zoute Sluis WB5	25_890302	
Instromende wateren	Aflaat Markiezaatsmeer	IN	WSBD		25_820001	
RWZIs	RWZI Ooltgensplaat	IN	WSHD	Rwzi Ooltgensplaat	Rwzi Ooltgensplaat	
RWZIs	RWZI Oude Tonge	IN	WSHD	Rwzi Oude Tonge	Rwzi Oude Tonge	
Polders	Afvoergemaal De Haas van Dorsser	IN	WSHD	gemaal Haas van Dorsser WB1	40_FOP_1001	
Polders	Afvoergemaal De Eendracht	IN	WSHD	gemaal Eendracht WB1	40_FOP_1101	
Polders	Afvoergemaal Galathee	IN	WSHD	gemaal Galathee WB1	40_FOP_1301	
Polders	Afvoergemaal Het Oudeland	IN	WSHD	gemaal Het Oude Land WB1	40_FOP_1302	
RWZIs	RWZI Tholen	IN	WSSS	rwzi Tholen	rwzi Tholen	
Polders	Afvoergemaal Van Haften	IN	WSSS	gemaal Van Haften WB2	42_MPN12884	
Polders	Afvoergemaal Drie Grote Polders	IN	WSSS	gemaal Drie Grote Polders WB2	42_MPN1242	
Polders	Afvoergemaal De Eendracht	IN	WSSS	gemaal Eendracht WB2	42_MPN1236	
Biota	Vogelgraas	UIT				
Biota	Visserij	UIT				
Waterlichamen	Bathse spuisluis	UIT	RWS	Bathse spuisluis gecorrigeerd	OESTDM	
Waterlichamen	Krammersluizen	UIT	RWS	Krammer	STEENBGN	

Groep	Bron	Richting	Beheerder	Debiet_meetlocatie	Stoffen_meetlocatie	Vrachten_meetlocatie
Waterlichamen	Kreekraksluizen	UIT	RWS	Kreekrak	OESTDM	
Waterlichamen	Bergse diepsluis	UIT	RWS		OESTDM	
Polders	MDV boezem inlaat	UIT	WSBD		STEENBGN	
Polders	Prins Hendrikpolder inlaat	UIT	WSBD		STEENBGN	
Polders	Auvergnepolder inlaat	UIT	WSBD		OESTDM	
Polders	Polder Nieuw Vossemeer inlaat	UIT	WSBD		STEENBGN	
Polders	Binneschelde	UIT	WSBD		OESTDM	
Polders	Inlaatduiker Zuiderland	UIT	WSHD		STEENBGN	
Polders	Inlaatduiker Aymon-Louise	UIT	WSHD		STEENBGN	
Polders	Inlaat de Eendracht	UIT	WSHD		STEENBGN	
Polders	Inlaat Galathee	UIT	WSHD		STEENBGN	
Polders	Inlaat Het Oudeland	UIT	WSHD		STEENBGN	
Polders	Inlaat Van Haaften	UIT	WSSS		STEENBGN	
Polders	Inlaat Drie Grote Polders	UIT	WSSS		STEENBGN	
Polders	Inlaat Oud Kijkuit	UIT	WSSS		STEENBGN	
Polders	Inlaat Deurloo	UIT	WSSS		OESTDM	
Polders	Inlaat en gemaal Rilland	UIT	WSSS		OESTDM	
Polders	Inlaat Campweg	UIT	WSSS	Inlaat Campweg WB3	STEENBGN	
Polders	Voorstuwgemaal bij inlaat Campweg	UIT	WSSS		STEENBGN	

Bijlage B Stoffenoverzicht

Groep	Stoffen	eenheid	Hoedanigheid	Factor	Priority
NH3_mg/l_Nnf	NH3	mg/l	N	1	2
NH3_mg/l_Nnf	NH3	mg/l	Nnf	1	1
NH3_mg/l_Nnf	NH3	mg/l	NVT	1	3
NH4_mg/l_Nnf	NH4	mg/l	N	1	2
NH4_mg/l_Nnf	NH4	mg/l	Nnf	1	1
NH4_mg/l_Nnf	NH4	mg/l	NVT	1	3
NKj_mg/l_N	NKj	mg/l	N	1	1
NKj_mg/l_N	NKj	mg/l	NVT	1	2
NO2_mg/l_Nnf	NO2	mg/l	N	1	2
NO2_mg/l_Nnf	NO2	mg/l	Nnf	1	1
NO2_mg/l_Nnf	NO2	mg/l	NVT	1	3
NO3_mg/l_Nnf	NO3	mg/l	N	1	2
NO3_mg/l_Nnf	NO3	mg/l	Nnf	1	1
NO3_mg/l_Nnf	NO3	mg/l	NVT	1	3
Ntot_mg/l_N	Ntot	mg/l	N	1	1
Ntot_mg/l_N	Ntot	mg/l	NVT	1	2
PO4_mg/l_Pnf	PO4	mg/l	P	1	2
PO4_mg/l_Pnf	PO4	mg/l	Pnf	1	1
PO4_mg/l_Pnf	PO4	mg/l	NVT	1	3
Ptot_mg/l_P	Ptot	mg/l	P	1	1
Ptot_mg/l_P	Ptot	mg/l	NVT	3.64	2
sNO3NO2_mg/l_Nnf	sNO3NO2	mg/l	Nnf	1	1
sNO3NO2_mg/l_Nnf	sNO3NO2	mg/l	N	1	2
sPO4_mg/l_P	sPO4	mg/l	P	1	1
Ntot_kg/d_N	Ntot	kg/jaar	EMREG	1	1
Ptot_kg/d_P	Ptot	kg/jaar	EMREG	1	1
Se_ug/l_nf	Se	ug/l	nf	1	1
Se_ug/l_nf	Se	ug/l	nan	1	2
Se_kg/d_nf	Se	Kg/jaar	EMREG	1	1

Bijlage C Python Library Nutrientbalance

The python library used for making the substance balance shown in this report can be accessed through the OpenEarth repository:

<https://svn.oss.deltares.nl/repos/openearthtools/trunk/python/applications/NutrientBalance>

To access this repository you are required to create a user and password on

<https://oss.deltares.nl> (see “Login > Register > Create a MyDeltares account” topright of your screen).

File	Extension	Revision	Author	Size	Date	Lock	Lock comment
envs		17287	weeber		15-5-2021 18:16:47		
input		17297	alten_wd		18-5-2021 14:36:26		
output		17164	weeber		8-4-2021 11:29:18		
settings		17295	alten_wd		18-5-2021 12:15:07		
nutrientenbalans_script_debieten.py	.py	17271	weeber	1.47 KB	7-5-2021 16:59:58		
nutrientenbalans_script_overzichten_combined.py	.py	17287	weeber	7.24 KB	15-5-2021 18:16:47		
nutrientenbalans_script_overzichten_combined_KRWv.py	.py	17298	weeber	6.88 KB	18-5-2021 21:49:59		
nutrientenbalans_script_overzichten_combined_N&P.py	.py	17290	weeber	12.2 KB	18-5-2021 00:15:59		
nutrientenbalans_script_overzichten_combined_NH3.py	.py	17290	weeber	11.9 KB	18-5-2021 00:15:59		
nutrientenbalans_script_overzichten_combined_Seleen.py	.py	17289	weeber	11.6 KB	17-5-2021 09:13:41		
nutrientenbalans_tool.py	.py	17289	weeber	90.6 KB	17-5-2021 09:13:41		

Figure A. Overview of the folders and scripts available in the NutrientBalance on the OpenEarth repository

Installing the environment

The python library is developed using a specific set of libraries and python installation. To ensure good results you should try to recreate this environment. In the folder “envs” you will find the file “py3nutbal.yml”. With this file you can install the required Python environment through Anaconda. If you are unfamiliar with this process, we advise you to follow this link:

<https://towardsdatascience.com/getting-started-with-python-environments-using-conda-32e9f2779307>

Running existing scripts

In NutrientBalance there are five example scripts that make use of the “nutrientenbalans_tool.py”:

- *nutrientenbalans_script_debieten.py*
Translates the cumulative flows from “Water-en chloride balans Volkerak-Zoommeer” (Vergroesen, 2020) towards non-cumulative flows.
- *nutrientenbalans_script_overzichten_combined.py*
Makes a combined overview of nitrogen, phosphorus and selenium. However, it became soon apparent that different data processing was needed for each of these substances. This balance results are not to be used.
- *nutrientenbalans_script_overzichten_combined_N&P.py*
Makes an overview of nitrogen and phosphorus and contains substance specific data processing. This balance results are not to be used for NH₃ as that is supposed to be calculated from N-Kjeldahl after filtration (here an overestimation).
- *nutrientenbalans_script_overzichten_combined_KRWv.py*
Makes an overview of nitrogen and phosphorus based on the KRW-verkenner (WFD-explorer) results. Does not contain any data processing apart from making the balances.

- *nutrientenbalans_script_overzichten_combined_NH3.py*
Calculates specifically NH₃. NH₃ needs to be derived from N-Kjeldahl after filtration or else it gives an overprediction. Same data processes are used as in the script for N&P.
- *nutrientenbalans_script_overzichten_combined_Seleen.py*
Makes an overview of selenium and contains substance specific data processing (especially reusing the measurement values of the Dintel).

For running the existing scripts you can use the following actions after installing Anaconda and the environment. Start the command prompt and navigate to the folder containing the scripts:

```
activate [name of the environment]

python [name of the script]
```

The script will now generate the output in the folder output.

Running a new script

Before running a new script the data (for example for a new watersystem) the required data needs to be collected from the datasources for flows (waterbalance, Z-info, KRW-verkenner) and for substances (Waterinfo, WKP database, Z-info, Emissieregistratie, KRW-verkenner).

This data will be placed in the input folder. Make sure to store all data as semicolon delimited CSVs. Currently the required files are:

Substance data:

For example "DataSamengevoegd.csv".

Column	Type	Options	Required?	Example
meetpunt_code_2018	character	Unique names for measurementlocations	Yes	25_890203
meetpunt_code_oud	character	Unique names for measurementlocations	No	890203
waterbeheerder_omschrijving	character	Names for dataowner	No	Waterschap Brabantse Delta
jaar	integer	Value for year	No	2014
datum	character	Format %d-%m-%y%y	Yes	18-12-2014
tijd	character	Format %H-%M-%S	No	10:15:00
parameter_code	character	AQUO-standard code	Yes	NH3
parameter_omschrijving	character	AQUO-standard description	No	ammoniak
eenheid_code	character	AQUO-standard unit (currently kg/jaar, mg/l, ug/l allowed)	Yes	mg/l
hoedanigheid_code	character	AQUO-standard hoedanigheid	Yes	N
limietsymbool	character	AQUO-standard limit (currently "" or "<" allowed)	Yes	<
waarden	float	Measured value	Yes	0.01

Column	Type	Options	Required?	Example
X	integer	RDNEW X coordinate	No	75500
Y	integer	RDNEW X coordinate	No	392280
Type_waarde	character	Representation of value (dag, kwartaal, jaar allowed)	Yes	dag

Flow data:

For example "Niet_Cumulatieve_Debieten_waterbalans.csv"

Column	Type	Options	Required?	Example
Datum	character	Format %d-%m-%y%y	Yes	1-1-2010
Eenheid	character	AQUO-standard unit (currently miljoen m3, m3/s allowed)	Yes	miljoen m3
Richting	character	Direction of flow compared to watersystem (currently IN and UIT allowed)	Yes	IN
Locatie	character	Unique names for measurementlocations	No	gemaal Haas van Dorsser WB1
Waarde	float	Measured value	Yes	0.034025759
Type_Waarde	character	Representation of value (dag, kwartaal, jaar allowed)	No	dag

In the "settings" folder the required substance measurements and sources are combined. In addition a file is placed that allows recalculation of substances

Sources table:

For example "bronnen_koppeltabel.csv"

Column	Type	Options	Required?	Example
Groep	character	Names for groups. On this level with Richting and Beheerder the data will be clustered.	Yes	Depositie
Bron	character	Names for sources (need to be unique in combination with Richting and Beheerder)	Yes	Depositie
Richting	character	Direction of flow compared to watersystem (currently IN and UIT allowed)	Yes	IN
Beheerder	character	Abbreviated names for source owner	Yes	RWS
Debiet_meetlocatie	character	names for flow measurementlocations	Yes	dummy_Constant
Stoffen_meetlocatie	character	names for substance measurementlocations with unit mg/l or ug/l	Yes (if Vrachten_meetlocatie is not filled)	

Column	Type	Options	Required?	Example
Vrachten_meetlocatie	character	names for substance measurement locations with unit kg/jaar	Yes (if Stoffen_meetlocatie is not filled)	AtmDep

Substances table:

For example "stoffen_koppeltabel_N&P.csv"

Column	Type	Options	Required?	Example
Groep	character	Names for groups. Requires to consist of Stoffen, eenheid and Hoedanigheid separated with "_"	Yes	NH3_mg/l_N
Stoffen	character	Name for substance as used in Substance data (parameter_code).	Yes	NH3
eenheid	character	Name of unit as used in Substance data (eenheid_code)	Yes	mg/l
Hoedanigheid	character	Name of hoedanigheid as used in Substance data (hoedanigheid_code)	Yes	N
Factor	character	Multiplication factor for substance measurement (to correct after filtration- of before filtration)	Yes	1
Priority	character	Priority used for filling missing data when substances are grouped. 0 = skipped, 1-10 is priority.	Yes	1

Substance translation table:

For example "stoffen_herberekening_N&P.csv"

Column	Type	Options	Required?	Example
UITVOER	character	Names for calculated substance. Requires to consist of Stoffen, eenheid and Hoedanigheid separated with "_"	Yes	Ntot_mg/l_N
EVALUATIE	character	Formula for substance calculation. Should either be only addition (+) or subtraction (-). Mention substances or values to be used	Yes	NKj_mg/l_N + NO2_mg/l_N + NO3_mg/l_N

Functions in Nutrientbalans_tool

The python library nutrientbalans_tool.py consist of several functions that can help with preparing a visualizing the data provided.

Load NutrientBalans

Add the following lines to your Python script. Make sure it is placed in the NutrientBalance folder:

```
import nutrientbalans_tool

nutbaltest = nutrientbalans_tool.NutrientBalans()
```

Now you can use the functions described below. To read flow data for example type in your script:

```
nutbaltest.read_flow_data_csv("input/Niet_Cumulativev_Debieten_waterbalans.csv")
```

Reading and writing data

Function name	Function description
<code>read_flow_data_csv()</code>	Read the provided flow data
<code>read_substance_data_csv()</code>	Read the provided substance data
<code>read_sources_setup_csv()</code>	Read the provided sources setup
<code>read_substance_setup_csv()</code>	Read the provided substance setup
<code>read_substance_translation_csv()</code>	Read the provided substance translation
<code>Read_data_overview_from_file()</code>	During the script data overviews can be stored, this function allows to read them in again.
<code>Write_data_overview_csv</code>	During the script data overviews can be stored, this function allows to write them.

Converting flow

Function name	Function description
<code>change_flow_data_cummulative_to_noncummulative()</code>	Transfers cumulative flow data to non-cumulative data
<code>change_flow_data_noncummulative_to_cummulative()</code>	Transfers noncumulative flow data to cumulative data
<code>make_dummy_flow()</code>	Makes a flow based on one or several values for sources without a (known) flow

Flow, substance and Load operations

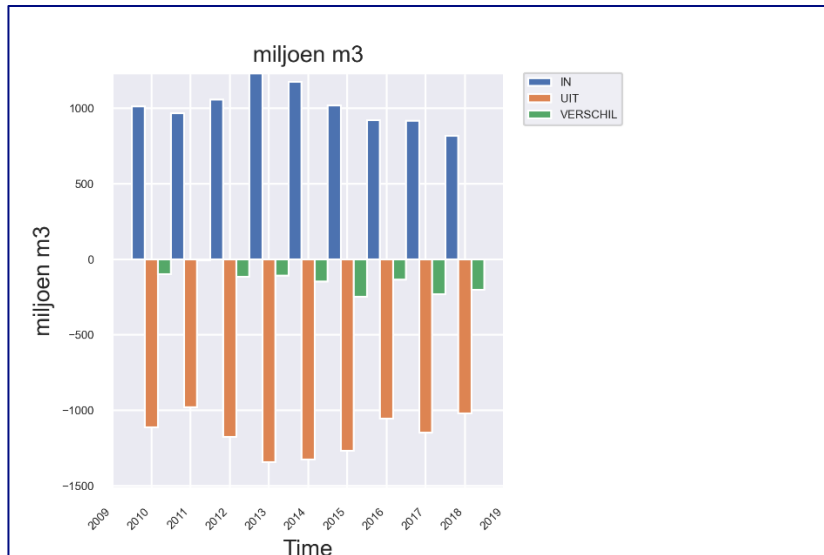
Function name	Function description
<code>couple_flow_and_substances()</code>	Combines the flow and substances for the read data sources and provides a date per source for the time period considered
<code>combine_substances()</code>	Group substances based on group name and priority provided in the substance setup. Missing values will be filled.
<code>select_by_group_sources()</code>	Make a subset of the data overview based on the group name provided and the sources setup file. Continue to work with this subset.

Function name	Function description
combine_sources()	Group sources based on group name in the sources setup file. Values will be added.
translate_substances()	Calculate substances based on substance translation file supplied. For existing substances missing values will be filled. For non-existing substances a new column will be made and values will be added.
interpolate()	Interpolate the values supplied based on a method (currently block or linear). Can be done for subsets of sources and parameters.
calculate_load()	Calculates the loads for substances based on the supplied flow and substance concentration.
calculate_cumulative()	Calculates the cumulative value per day for each source and parameter combination.
fill_missing_parameters_periods()	Fills missing parameters from a period range based on another period range in the same source.
fill_missing_periods_with_value()	Fill a parameter and source combination with a fixed value for a specific period.
fill_missing_parameters_sources()	Fill the parameters of a source with the same parameters of another source.

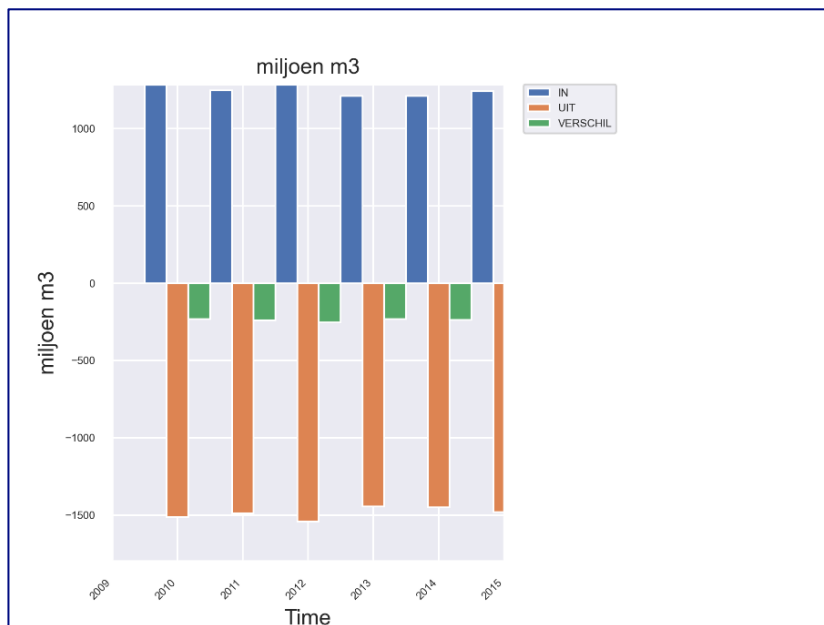
Visualisation

Function name	Function description
make_overview_of_data_sources_per_parameter()	Make a graph of one parameter with lines for each of the sources.
make_overview_of_data_sources_availability_per_parameter()	Make a graph of one parameter with a scatterplot indicating data availability for each of the sources.
make_overview_of_yearvalues_parameter()	Make a stacked bar graph per year for one parameter indicating the contribution of each of the sources (positive : IN, negative : UIT). When difference is True, make a bar graph showing the difference between IN and UIT.
make_overview_of_stacked_parameter()	Make a stacked area plot for the full period for one parameter indicating the contribution of each of the sources (positive : IN, negative : UIT). When difference is True, make a stacked area plot showing the difference between IN and UIT.
make_overview_of_data_sources_all_parameters()	Loop for all parameters and use the function <code>make_overview_of_data_sources_per_parameter()</code>
make_overview_of_data_sources_availability_all_parameters()	Loop for all parameters and use the function <code>make_overview_of_data_sources_availability_per_parameter()</code>
make_overview_of_all_stacked_parameters()	Loop for all parameters and use the function <code>make_overview_of_yearvalues_parameter()</code>
make_overview_of_all_yearvalues_parameters()	Loop for all parameters and use the function <code>make_overview_of_stacked_parameter()</code>

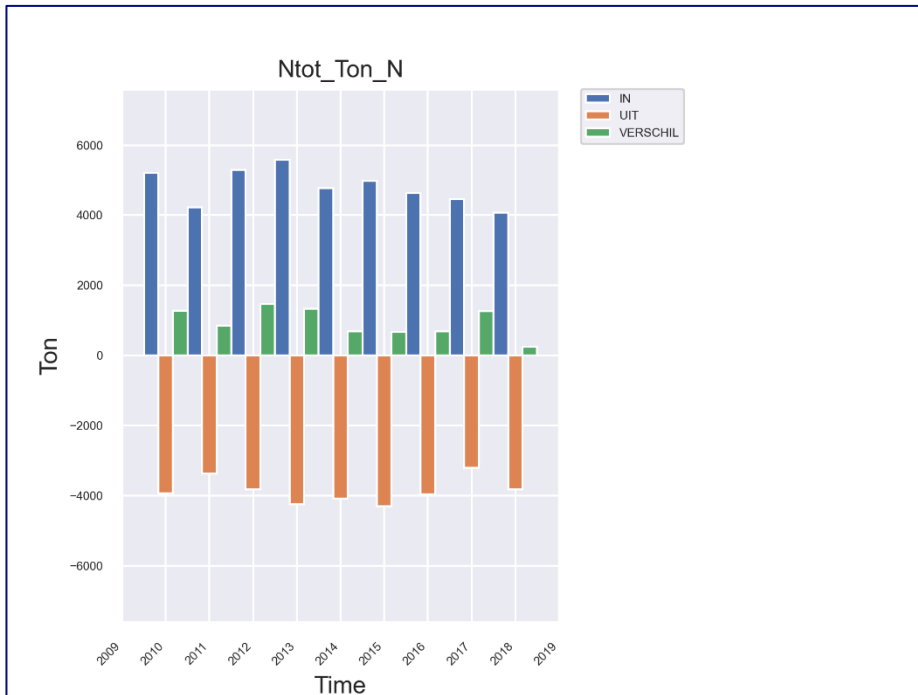
Bijlage D Jaar-op-jaar variatie stofvrachten



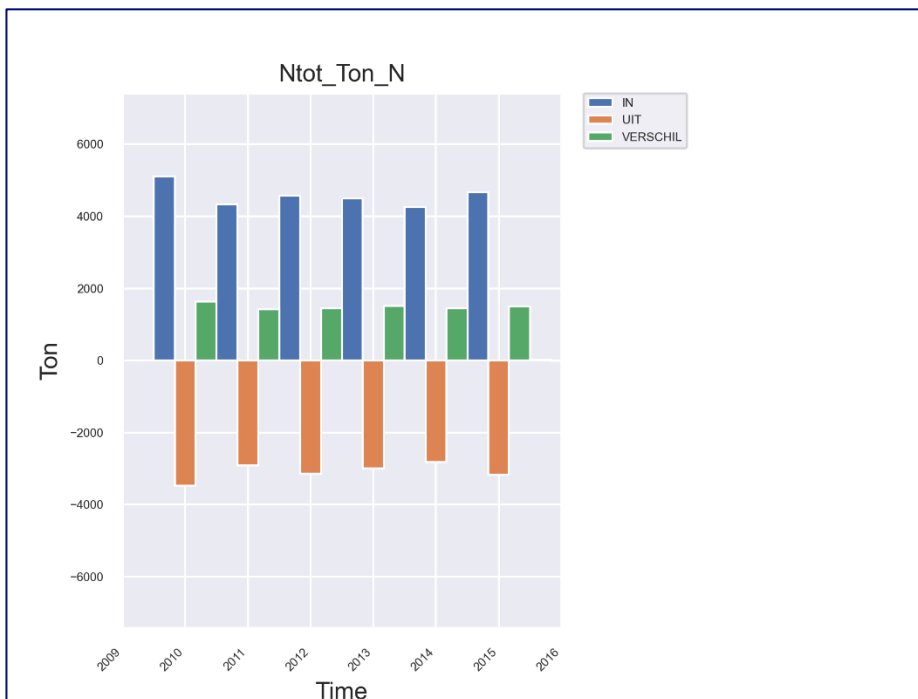
Figuur 51 Jaar-op-jaar verschil van debiet op basis van de meet/modelgegevens stoffenbalans.



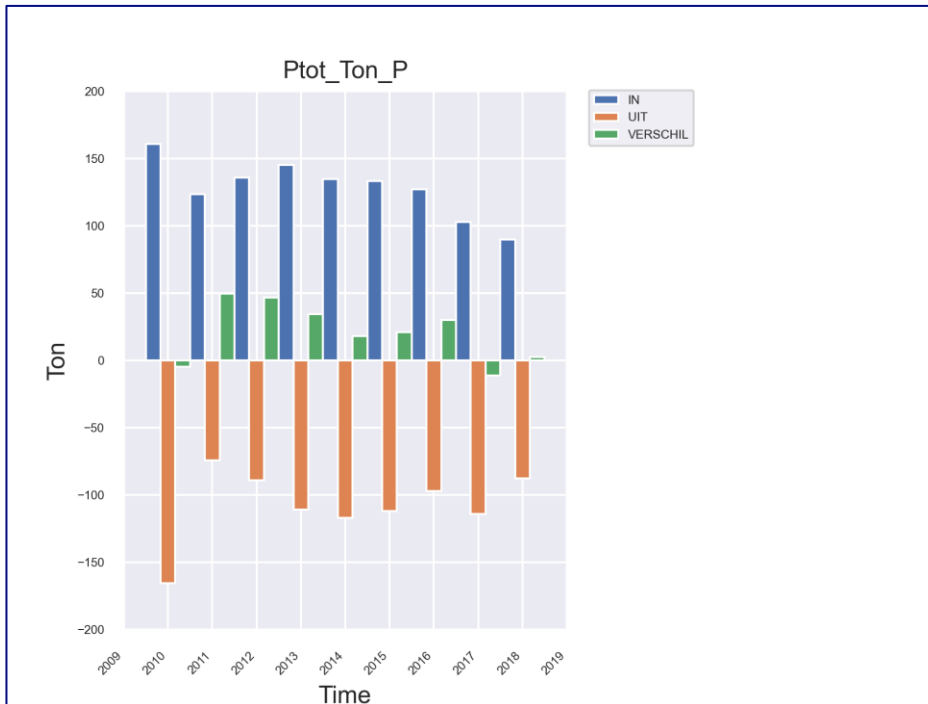
Figuur 52 Jaar-op-jaar verschil van debiet op basis van de KRW-verkenner stoffenbalans.



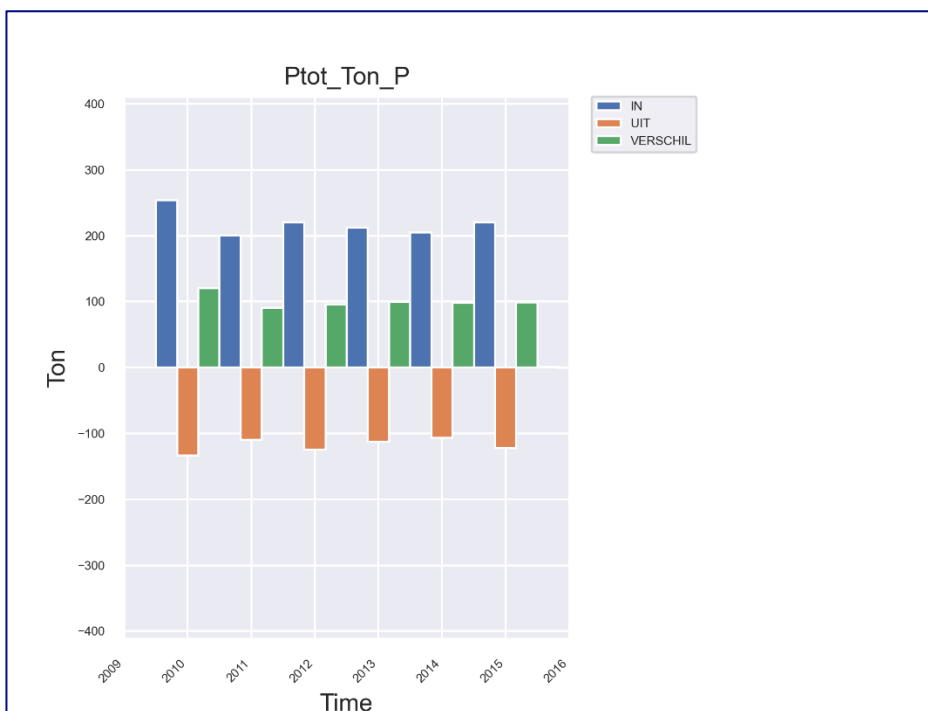
Figuur 53 Jaar-op-jaar verschil van totaal stikstof op basis van de meet/modelgegevens stoffenbalans.



Figuur 54 Jaar-op-jaar verschil van totaal stikstof op basis van de KRW-verkenner stoffenbalans.

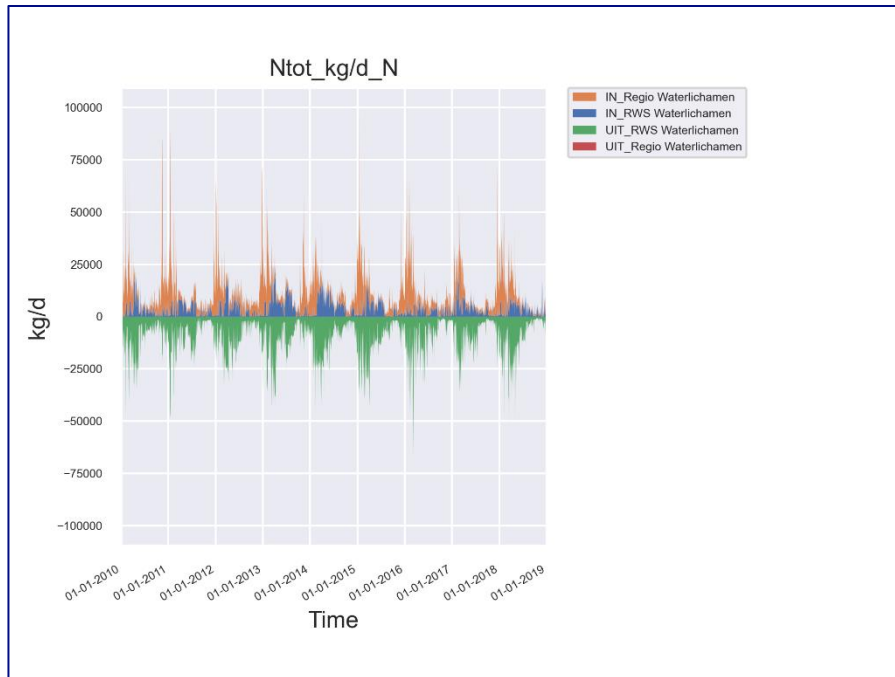


Figuur 55 Jaar-op-jaar verschil van totaal fosfaat op basis van de meet/modelgegevens stoffenbalans.

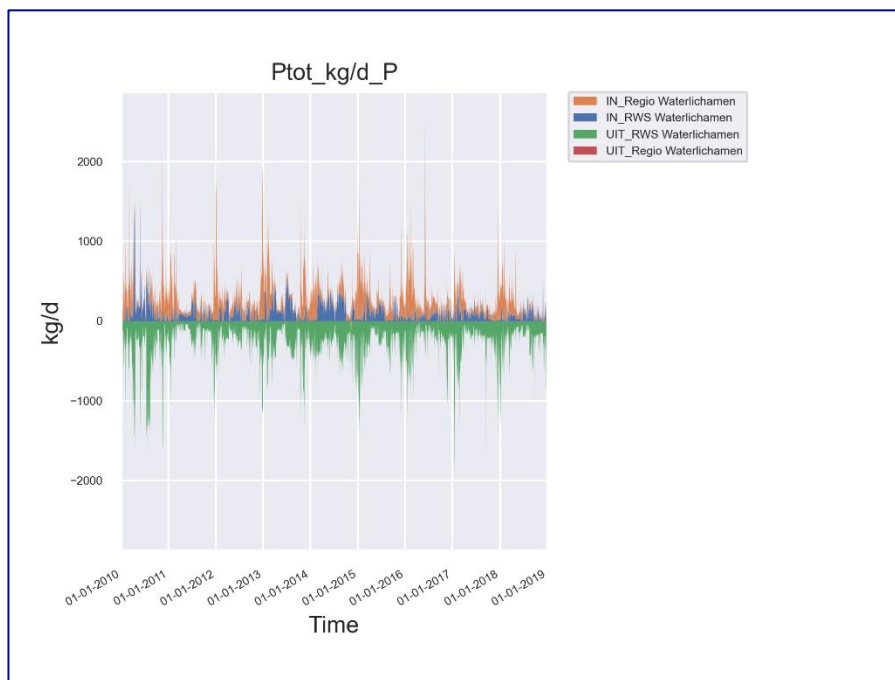


Figuur 56 Jaar-op-jaar verschil van totaal fosfaat op basis van de KRW-verkenner stoffenbalans.

Bijlage E Dag-op-dag variatie stofvrachten waterlichamen



Figuur 57 Dag-op-dag verschil van totaal stikstof op basis van de KRW-verkenner stoffenbalans.



Figuur 58 Dag-op-dag verschil van totaal fosfaat op basis van de KRW-verkenner stoffenbalans.

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