

**Bronnenonderzoek en -analyse Kanaal Gent-
Terneuzen**
Rijkswaterstaat Zee en Delta
Eindrapport

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.



Colofon

Opdracht

Bronnenonderzoek en -analyse Kanaal Gent-Terneuzen

Locatie: Kanaal Gent-Terneuzen (Nederland & België)

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Zee en Delta

Postbus 2232

3500 GE Utrecht

Opdrachthouder

Antea Belgium nv

Roderveldlaan 1

2600 Antwerpen

T: +32(0)3 221 55 00

www.anteagroup.be

BTW: BE 414.321.939

RPR Antwerpen 0414.321.939

IBAN: BE81 4062 0904 6124

BIC: KREDBEBB

Antea Group is gecertificeerd volgens ISO9001

Bestandsnaam

4774503000_Bronnenanalyse_KGT_2022_v4.0.docx

Projectmedewerkers

Violet Oloibiri, Adviseur | Niel Verbrigghe, Adviseur | Silvy Thant, Projectleider | Ivo Van de Moortel, Accountmanager

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Achtergrond	6
2.1	Systeembeschrijving	6
2.2	Definities	8
3	Methode	9
3.1	Beschikbare databronnen en selectie	9
3.2	Opbouw stoffenbalans	19
4	Bronnenonderzoek	24
4.1	Bovenstroomse aanvoer & mariene influx	24
4.2	Nutriënten	26
4.3	Metalen	36
4.4	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK)	57
4.5	Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS)	66
4.6	Biocide	87
4.7	Polygebromeerde difenylether (PBDE)	90
5	Samenvatting Bronnenonderzoek	92
5.1	Systeem	92
5.2	Besluit Nutriënten	93
5.3	Besluit Metalen	96
5.4	Besluit PFAS	97
5.5	Besluit PAK's	97
5.6	Besluit Biociden	97
5.7	Besluit PBDE	98
6	Verbeterpunten	98
7	Referenties	100

1 Inleiding

In het Kanaal Gent-Terneuzen worden KRW-normoverschrijdingen aangetroffen van prioritaire en specifiek verontreinigende stoffen. Een deel van de normoverschrijdingen komt door natuurlijke of historische belasting. Echter, waterkwaliteitsmetingen tonen aan dat het kanaal nog altijd belast wordt door antropogene bronnen.

Met voorliggende opdracht wenst Rijkswaterstaat Zee en Delta – als waterbeheerder en tevens vergunningverlener van directe lozingen op het oppervlaktewater van het Nederlandse deel van het Kanaal Gent-Terneuzen – een beter zicht te krijgen op de meest significante bronnen van verontreiniging met behulp van de informatie die eenvoudig raadpleegbaar/opvraagbaar is bij de bevoegde instanties. Hiaten zijn, waar mogelijk, aangevuld met inzichten uit de eerstelijnsrapporten van de bevoegde publieke instanties. Merk op hoe volgende zaken buiten de scope van deze verkennende studie vallen: een meetcampagne, een gedetailleerde, numerieke doorrekening, het alloceren van de lading tot op bedrijfsniveau.

Voor deze studie selecteerde Rijkswaterstaat onderstaande stoffen:

Prioritaire Stoffen	Specifiek verontreinigende stoffen	Nutriënten
<ul style="list-style-type: none"> • <u>PAKs</u>: benzo(a)pyreen, benzo(b)fluorantheen • <u>Biocide</u>: tributyltin (TBT) • <u>PFAS</u>: PFOS, PFOA en FRD903: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFBS, PFHxS en 6:2 FTS • <u>Vlamvertragers</u>: sPBDE6 (PBDE28, 47, 99, 100, 153 en 154) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>PAK</u>: benzo(a)antraceen • <u>Metalen</u>: arseen, boor, kobalt, koper, seleen, thallium, uranium, zink • <u>Biocide</u>: imidacloprid • <u>Ammonium</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Fosfor</u> • <u>Stikstof</u> • <u>Ammonium</u> (tevens ook een specifiek verontreinigende stof)

Om jaar-op-jaar variatie op te vangen – o.m. door meteorologische condities en variatie in menselijke handelingen – focust de studie voornamelijk op de periode 2010-2021 en in beperkte mate ook al 2022. Het studiegebied omvat het volledige Kanaal Gent-Terneuzen: zowel het Nederlands als Belgisch deel. Een beknopte beschrijving van dit systeem is terug te vinden in Hoofdstuk §2.1, net als de uiteenzetting van een aantal gehanteerde definities. De methodiek en geraadpleegde data staan toegelicht in Hoofdstuk §3, terwijl Hoofdstuk §4 de resultaten thematisch behandelt. Een samenvatting is terug te vinden in Hoofdstuk §5. Tot slot, formuleert Hoofdstuk §6 een aantal verbeterpunten voor vervolgonderzoek.

2 Achtergrond

2.1 Systeembeschrijving

Het studiegebied betreft het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT). Dit kanaal verbindt de Ringvaart nabij Gent (bovenstrooms) met de Westerschelde (benedenstrooms via het sluisencomplex te Terneuzen). Het vormt zo een binnenvaartverbinding van de Leie- en Bovenscheldebekkens met de Westerschelde en is onderdeel van de hoofdtransportas Gent-Duitsland. KGT is een economische slagader over de Belgisch-Nederlandse grens heen en van vitaal belang voor zowel de Nederlandse als Belgische economie.

Het kanaal is 32 km lang (waarvan 15 km in Nederland), 13,50 m waterdiepte (streefpeil NAP+2,10 m) en 150 m breed. In het MER-deelrapport Water wordt aangegeven dat het totale bergende oppervlak van het kanaal inclusief zijtakken en havendokken ongeveer 10 km² bedraagt (Lievense CSO, 2015).

2.1.1 Hydrologie

Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van de waterverdeling nabij Gent, met hierop ook de belangrijkste **bovenstroomse aanvoer** van zowel zoetwater als van de geselecteerde stoffen:



Figuur 1: Waterverdeling rond Gent (Rijkswaterstaat, 2020)

- **De Ringvaart:** De Gentse Ringvaart is een 21,6 km lang kanaal dat een halve boog rond Gent vormt en is opgedeeld in drie secties. Het Noordervak ('Noordelijke Ringvaart') dat het sluisencomplex van Evergem verbindt met het KGT, maakt in voorliggende opdracht deel uit van het studiegebied gezien het zich ten noorden van het sluisencomplex bevindt. Bij dit sluisencomplex zijn een stuw en twee schutsluizen aanwezig.

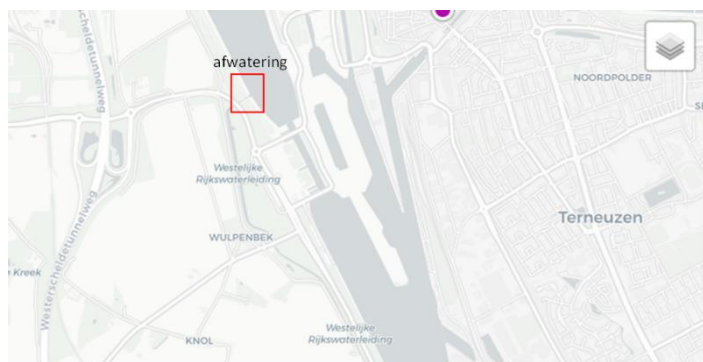
- **De Moervaart:** De Moervaart (na de samenvloeiing van de Moervaart en de Zuidlede) is een kanaal dat het Kanaal Gent Terneuzen met de Durme verbindt en is 22,42 km lang. Na de afvoer bij Evergem levert de afvoer vanaf de Moervaart de grootste bijdrage aan het totale debiet door het kanaal.

- **De Gentse binnenwateren:** Een deel van het oppervlaktewater dat zich in de Gentse binnenwateren bevindt, komt via het Tolhuisdok in KGT terecht: via de Tolhuissluis en Tolhuisstuw, maar ook via de Kasteelsluis nabij Dampoort die – voor zover gekend – steeds open staat.
- Van nevensgeschikt belang zijn kleinere waterlopen zoals de Averijevaart en de Burggravenstroom.

In het wijzigingsverdrag 1985 is vastgelegd dat de aanvoer van zoetwater naar KGT minimaal 13 m³/s bedraagt, gemiddeld over twee maanden. In de praktijk is het realiseren van deze aanvoer niet altijd mogelijk omdat er onvoldoende oppervlaktewater binnenstroomt vanuit Frankrijk en/of ter beschikking komt in het bovenstrooms gebied. Het afgesproken maximum debiet bedraagt 100 m³/s (Schelde in Beeld, 2022).

De **waterafvoer** gebeurt via spuien en schutverlies onder vrij verval bij Terneuzen. Hier wordt gebruik gemaakt van het peilverschil van gemiddeld ca. 2 m tussen het kanaal en de Westerschelde. Tot 1 oktober 2021 bestond het sluizencomplex te Terneuzen uit de Westsluis, de Middensluis en de Oostsluis, waarbij de zeevaart voornamelijk gebruik maakt van de Westsluis. De Middensluis is op 1 oktober 2021 buiten gebruik gesteld. Er wordt sinds 2017 gewerkt aan de bouw van de Nieuwe Sluis Terneuzen, een grote zeesluis die vanaf 2023 operationeel moet worden (Schelde in Beeld, 2022). Netto is er steeds (op voldoende grote tijdsperiode cf. de temporele resolutie die hier gebruikt wordt: maandgemiddeld) een waterverplaatsing van het KGT naar de Westerschelde toe. Echter, treedt er hier ook stoffenuitwisseling op wat o.m. voor een zoutintrusie zorgt tijdens droge jaren. Tijdens zeer hoge hoogwaters kan er bovendien een tijdelijke waterverplaatsing optreden van de Westerschelde naar KGT. (Schelde in Beeld, 2022).

2.1.2 **Bedrijfsactiviteiten en -lozingen langs het kanaal**



Figuur 2: Situering afwatering van de westelijke rijkswaterleiding.

bedrijven lozen ook via de afvalwaterleiding van het waterschap, die vervolgens loost op de Westerschelde via de effluentput van RWZI Terneuzen.

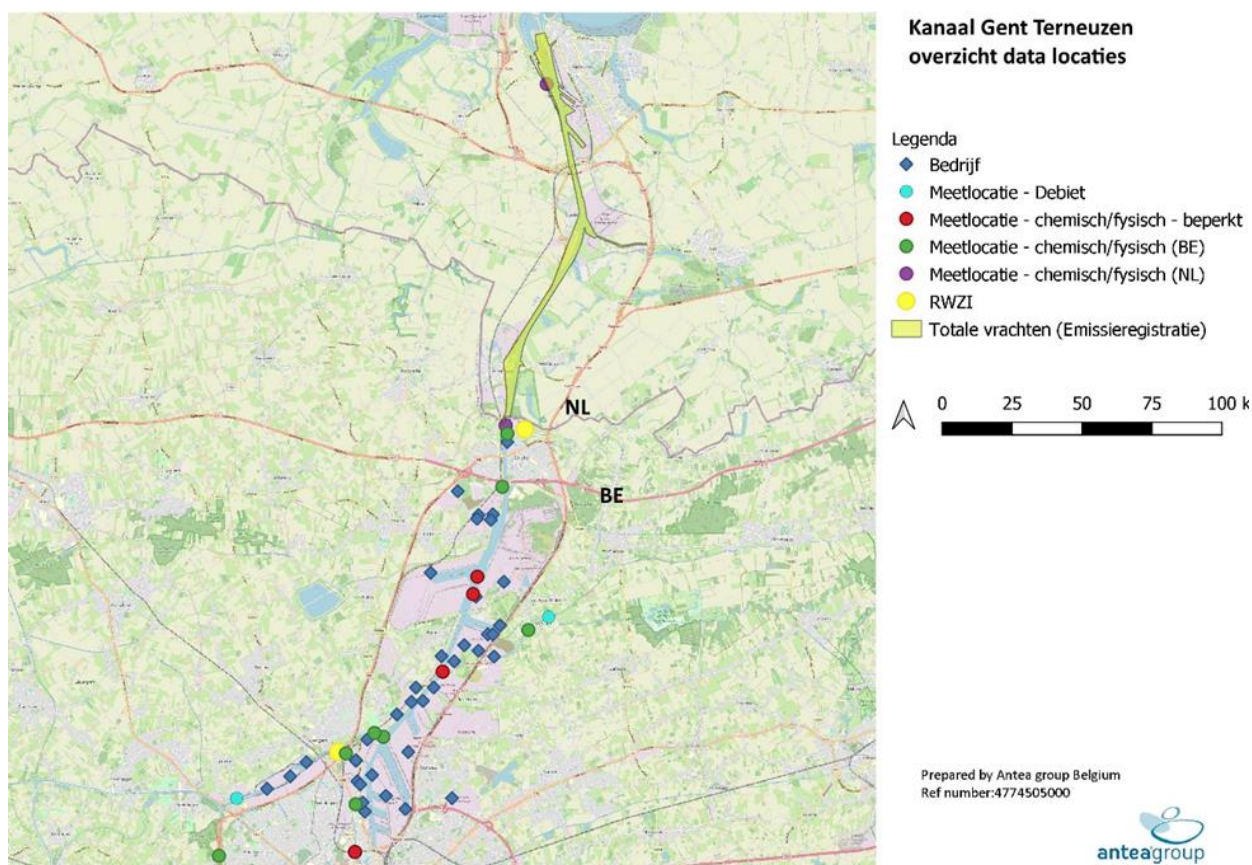
Dergelijke lozingen komen bijgevolg niet rechtstreeks in KGT terecht. Dit sluit echter niet uit dat er toch enige terugvloeit is wanneer er sporadisch water van de Westerschelde naar KGT stroomt (zie ook §2.1.1). In Nederland loost er maar één bedrijf rechtstreeks afvalwater op het kanaal. Naast bedrijfslozingen, zijn er ook tal van andere bedrijfsactiviteiten waardoor er onrechtstreeks – lees diffuus (zie §2.2.1) – een netto emissie van de geselecteerde stoffen naar KGT kan optreden.

In tegenstelling tot in Nederland, komen in **België** vergunde lozingen op het KGT frequenter voor (Figuur 3).

De meeste bedrijven in **Nederland** lozen op de westelijke rijkswaterleiding welke afwatert naar de Westerschelde, net afwaarts de sluis van Terneuzen (Figuur 2)¹. Enige, tijdelijke retourstroom via de sluis te Terneuzen valt niet uit te sluiten, maar zal relatief beperkt zijn en in overeenstemming met de influx van andere mariene componenten.

Ook de Riolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) te Terneuzen loost op deze Westelijke Rijkswaterleiding. Enkele bedrijven lozen ook via de afvalwaterleiding van het waterschap, die vervolgens loost op de Westerschelde via de effluentput van RWZI Terneuzen.

¹ Deze wordt in Emissieregistratie weergegeven als “emissie op riool”



Figuur 3: Overzicht van de bedrijven (directe lozingen) langs de Belgische kant nabij het Kanaal Gent – Terneuzen, Noordelijke Ringvaart en Moervaart (eerste 500 m), alsook de meetlocaties.

2.2 Definities

2.2.1 Type bronnen (punt/diffuus)

Puntbronnen zijn individuele bronnen op gekende locaties en emissiewaarden uit metingen. Bedrijfslozingen² zijn hier een voorbeeld van. Alle overige bronnen worden aanzien als diffuse bronnen gezien de exacte locatie waar de lading in het kanaal terecht komt, (a) niet gekend, (b) onmogelijk te traceren of (c) gewoon verspreid langsheen het volledige kanaal is. Voorbeelden van diffuse bronnen zijn atmosferische depositie, uit- of afspoeling van landbouw- of natuurbodems, corrosie van kanaalinfrastructuur of coatings van schepen.

2.2.2 Bruto/Netto-emissie

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen bruto- en netto emissie. Bruto-emissies komen overeen met de ladingen die vrijkomen aan de bron, terwijl netto-emissies betrekking hebben op het deel van de bruto-emissies dat daadwerkelijk in het oppervlaktewater terechtkomt. Netto-emissies worden ook wel de belasting van het oppervlaktewater genoemd.

Tenzij de totale belasting die wordt “geloosd” rechtstreeks (zonder bijvoorbeeld een zuiveringsstap) in het oppervlaktewater terechtkomt, ligt de netto-emissie van een bron steeds lager dan de respectievelijke bruto-emissie.

² Bedrijven die hun (gezuiverd) water lozen op het kanaal.

3 Methode

3.1 Beschikbare databronnen en selectie

3.1.1 Inleiding en opdeling in datatypes

Voorliggende verkennende studie baseert zich op datasets die men eenvoudig kan downloaden of opvragen bij de bevoegde instanties. De focus ligt op gegevens verzameld voor 2010-2021 (in beperkte mate ook al 2022). Volgende hoofdstukken behandelen de beschikbare data thematisch. Deze zijn verder opgedeeld in Nederlandse en Belgische gegevens, gezien het verschil tussen beide, niet enkel qua bevoegde instanties, maar ook: (a) aanleverformaat, (b) bemeten stoffen en (c) meetmethode en detectielimieten. Tot slot dient men ook in acht te nemen dat er zowel rechtstreeks gemeten data, als berekende/gemodelleerde gegevens meegenomen worden:

- **Gemeten data** zijn – vanzelfsprekend – directe metingen in het oppervlaktewater uitgedrukt in gemeten concentraties of debieten. Hieronder vallen bijvoorbeeld de metingen op meetlocaties van monitoringscampagnes/meetnetten, maar evengoed metingen bij de meetputten van private bedrijven. Door bedrijven gerapporteerde jaarvrachten worden hier ook meegenomen.
- **Berekende/gemodelleerde data** omvatten zowel de gerapporteerde ladingen die aangevuld zijn met inschattingen indien de concentratie zich onder de rapporteringsnorm bevinden, als ladingen rechtstreeks afkomstig uit enkel simulaties – die weliswaar gekalibreerd zijn op metingen. Het eerste betreft puntbronnen, het laatste grotendeels diffuse bronnen (zie §2.2.1). Beide zijn steeds aangeleverd door de bevoegde, officiële instanties. Deze gegevens zijn dus niet berekend binnen voorliggende opdracht.

Onderstaande Tabel 1 geeft een algemeen overzicht van de geraadpleegde bronnen.

Tabel 1: Overzicht van alle geraadpleegde databronnen (NL = Data m.b.t. Nederland, BE = Data m.b.t. België)

Databron	Omschrijving	Sectoren/Oorzaken	Parameter	Gebied	Periode	Type data
Emissieregistratie (NL)	Geregionaliseerde uitstoot (emissie) van zo'n 375 verontreinigende stoffen in Nederland. Geeft totale vrachten (kg) voor heel Nederlands grondgebied KGT.	Verschillende sectoren Verschillende oorzaken (depositie, riool, ...)	Prioritaire stoffen Specifiek verontreinigende stoffen Nutriënten	Nederlands deel KGT	2010, 2015, 2018, 2019	Berekening o.b.v. gerapporteerde cijfers door bedrijven etc.
Waterinfo.nl (NL)	Fysiochemie metingen	-	Prioritaire stoffen Specifiek verontreinigende stoffen Nutriënten	2 meetlocaties (Sas van Gent, Terneuzen Goese Kade, Boei20)	2010 - 2020, Goese Kade = start 2020	Meting
Data VNSC-NOK KGT02 (NL)	Totale bovenafvoer (m ³ /s)	-	Debiet	Evergem (stuw), Evergem (schutsluis), Mendonk (Moervaart) en de Tolhuisstuw	2010 - 2021	Berekend o.b.v. metingen
Data VNSC-NOK KGT02 (NL)	Schutverlies (m ³ /s) Terneuzen (berekening o.b.v. 2016-2021, incl. Nieuwe Sluis + scheepvaartprognose GE2020)	-	Debiet	Aan sluis Terneuzen	Vaste waarde	Berekend
Data VNSC-NOK KGT02 (NL)	Afvoer (m ³ /s) Gentse binnenstad	-	Debiet	Gentse binnenstad	Vaste waarde	Berekend
Waterinfo.be (BE)	Afvoeren (m ³ /s)	-	Debiet	2 meetlocaties (Ringvaart, Moervaart)	2010 - 2021	Meting
VMM (BE)	Jaarlijks rapport van bedrijven (imjv)	-	Prioritaire stoffen Specifiek verontreinigende stoffen Nutriënten	31 bedrijven	2010 - 2021	Gerapporteerde cijfers
VMM (BE)	RWZI data (Influent/Effluent data)	Verschillende sectoren (deels oorzaken)	ZS, BZV5, CZV Nutriënten Debiet (Dag/Jaar)	RWZI Zelzate, RWZI Evergem	2010 - 2021	Gerapporteerde cijfers
VMM (BE)	Fysiochemie metingen	-	Prioritaire stoffen Specifiek verontreinigende stoffen Nutriënten	13 meetlocaties (beperkte/geen data bij sommigen, incl. Moervaart/Ringvaart opw/afw)	2010 - 2021	Meting
VMM (BE)	Data bedrijven + RWZI (individuele metingen per bedrijf)	-	Prioritaire stoffen Specifiek verontreinigende stoffen Nutriënten	Meetlocaties (meetputten)	2010, 2012, 2015, 2018, 2019, 2019	Meting
VMM (BE)	Data bedrijven + RWZI (berekende vrachten o.b.v. schep-, debiet- en tijgebonden stalen incl. incidenten)	-	Prioritaire stoffen Specifiek verontreinigende stoffen Nutriënten	Bedrijven + RWZI	2010, 2012, 2015, 2018, 2019, 2020	Berekend o.b.v. stalen/metingen)
VMM (BE)	WEISS (gemodelleerde vrachten)	Verschillende sectoren (deels oorzaken)	Prioritaire stoffen Specifiek verontreinigende stoffen Nutriënten	KGT	2010, 2012, 2015, 2018, 2019, 2020	Modellering

3.1.2 *Debietsmetingen*

3.1.2.1 *Databeschikbaarheid*

Het debiet voor de uitwisseling tussen verschillende oppervlaktewaterlichamen is van belang om na te gaan in welke mate andere waterlichamen (bovenstreams of Westerschelde) bijdragen aan de waargenomen lading/concentratie in het Kanaal Gent-Terneuzen.

Tabel 2 presenteert de beschikbare gegevens. Hierbij valt op dat er enkel rechtstreekse metingen beschikbaar zijn voor de wateruitwisseling ('aanvoer') vanuit de Ringvaart (Evergem) en de Moervaart (te Mendonck). Gezien metingen ontbreken, wordt de standaard inschatting van 2 m³/s aangewend voor de aanvoer vanuit de Gentse binnenwateren. De totale bovenafvoer (berekend in een opdracht voor de Vlaams Nederlandse Scheldecommissie), is louter de som van de deze rechtstreekse metingen en dezelfde inschatting voor de Gentse binnenwateren. Deze wordt bijgevolg niet aangewend.

Voor de afwaartse uitwisseling berekenden Schelde in Beeld (2022) een gemiddeld schutverlies van 13,2m³/s te Terneuzen voor hun scheepvaartprognose GE2020. Hier wordt het GE2020 scenario gehanteerd, gezien dit dichterbij de buurt komt bij de effectief huidige scheepvaartsituatie en bijgevolg dus de meest realistische waarde geven voor het schutverlies.

3.1.2.2 *Dataselectie*

Samengevat, zijn er enkel voor de aanvoer vanuit de Ringvaart en de Moervaart debietsmetingen beschikbaar. Voor zowel de aanvoer vanuit de Gentse binnenwateren, als schutverlies naar de Westerschelde toe is er enkel één, berekende vaste waarde beschikbaar. Deze worden geselecteerd als *best estimate*. Er zijn geen debietsmetingen, noch inschattingen vrij beschikbaar voor debiet komende van overige, kleinere waterlopen.

Tabel 2: Debietsdata: Databeschikbaarheid en Selectie

Debietsdata	Bron	Opmerking	Gemeten	Weerhouden
Evergem (Ringvaart) & Mendonck (Moervaart)	Waterinfo.be	Daggemiddelde Periode 2010 - 2021	X	X
Debiet Gentse binnenwateren	Schelde in Beeld (2022)	Vaste waarde (2 m ³ /s)		X
Totale bovenafvoer	Schelde in Beeld (2022)	Daggemiddelde Periode 2010 - 2020		0
Schutverlies bij Terneuzen	Schelde in Beeld (2022)	Vaste waarde (13,2 m ³ /s)		X

3.1.3 Gemeten concentraties in oppervlaktewater

3.1.3.1 Nederland

Waterinfo.rws.be

Toelichting: Waterinfo.rws.nl van Rijkswaterstaat stelt zowel hydrodynamische parameters (zoals waterpeil of golfhoogte), als waterkwaliteitsparameters ter beschikking voor meerdere meetlocaties op waterlopen en -lichamen in Nederland.

Berekend of gemeten: gemeten

Spatiaal: Op het Kanaal Gent-Terneuzen zijn er 2 meetlocaties: Sas van Gent en Terneuzen Goese Kade (Figuur 3). Een derde meetlocatie, Terneuzen Boei 20, ligt net zeewaarts van het kanaal. Deze wordt ook meegenomen om meer inzicht te verkrijgen in de concentraties op de Westerschelde, wat op zijn beurt meer informatie verschaft over of een influx van Westerscheldewater een verhoging dan wel verdunning van een stofconcentratie met zich mee zal brengen.

Temporeel: Op alle meetlocaties wordt maandelijks gemeten. Merk op dat bepaalde metingen onder de detectielimiet liggen (meer info in §4), waardoor er niet voor iedere maand daadwerkelijk gemeten concentraties beschikbaar zijn. Voor de meetlocaties nabij Sas van Gent en Terneuzen Boei 20 zijn data beschikbaar voor een langere periode: 2010 t.e.m. 2020 (meer recentere data waren nog niet beschikbaar). Het meetproject nabij Terneuzen Goese Kade levert (vooralsnog) enkel data op voor 2020. Terneuzen Goese Kade wordt meegenomen in deze studie om toch een – weliswaar beperkt – inzicht te verkrijgen in de ruimtelijke verdeling van de stoffenconcentratie in het Nederlands deel van KGT.

Beschikbare stoffen: alle geselecteerde parameters. Doch, *Stikstof totaal* (Ntot) is niet beschikbaar voor de meetlocatie Sas van Gent en Terneuzen Goese kade, enkel in de gebonden vorm van ammonium. PFAS zijn niet gemeten nabij Terneuzen Boei 20, terwijl Imidacloprid hier niet gemeten werd vóór 2015.

3.1.3.2 België

3.1.3.2.1 Geoloket Water

Toelichting: De Vlaamse milieumaatschappij (VMM) voert waterkwaliteitsmetingen uit op een groot aantal meetlocaties in Vlaanderen en stelt deze ter beschikking via hun Geoloket Water.

Berekend of gemeten: gemeten

Spatiaal: Van de 13 meetlocaties die zich in de nabijheid van het KGT bevinden, zijn er 6 weerhouden die over voldoende meetgegevens beschikken (Tabel 3). Hiervan ligt er één op de Ringvaart en één op de Moervaart, welke bijgevolg informatie verschaffen over of de respectievelijke bovenafvoer een verhoging dan wel verdunning van een stofconcentratie met zich mee zal brengen.

Temporeel: Op alle meetlocaties wordt maandelijks gemeten. Merk op dat bepaalde metingen onder de detectielimiet liggen (meer info in §4), waardoor er niet voor iedere maand daadwerkelijk gemeten concentraties beschikbaar zijn. Op de meetlocatie nabij Ertvelde (33200) werd er enkel in 2011 t.e.m. 2013 gemeten. Overige meetlocaties waren werkzaam sinds 2010. De meetgegevens van 2021 zijn enkel nog maar beschikbaar voor de meting op de Ringvaart en in Zelzate.

Tabel 3: Waterkwaliteitsmetingen België: Databeschikbaarheid en Selectie

Meetlocatie	Lambert 72-X	Lambert 72-X	Beschrijving locatie	Waterlichaam	Weerhouden
30000	110470	211000	Einde vredekaai, veldweg thv steiger	KGT	X
TR30000.2	110290	209100	Klein Rusland, Beneluxlaan thv 31000	KGT	0
TR30000.3	105024	196063	Muide, Wiedamkaai, thv 34600 spoorwegbrug opwaarts	KGT	0
32000	109246	205271	Oostakker, Arbedkaai, thv Air Products	KGT	0
32800	108160	202500	Desteldonk, Energiestraat-Rodenhuizekaai	KGT	0
33200	109397	205892	Ertvelde, Terdonkkaai, Executieoord	KGT	X
34100	106040	200174	Wondelgem, Langerbruggeeiland, thv veer	KGT	X
34111	105719	200313	Wondelgem, Wondelgemkaai	KGT	0
34500	105048	197767	Meulestede, Meulestedekaai, Meulestedebrug	KGT	0
34600	105024	196063	Wondelgem, Wiedamkaai, thv spoorwegbrug	KGT	0
34700	104702	199583	Wondelgem, Ringvaartweg, tussen spoorwegbrug en R4	KGT	X
78000	100162	195926	Drongen, Buitenring-Drongen, thv brug Beekstraat	Ringvaart	X
38020	111221	203989	Oostakker, Mendonkdoorp, thv Spanjeveerbrug	Moervaart	X

Beschikbare stoffen: De nutriënten en metalen worden overal, consequent gemeten. De PBDE's en TBT worden nergens gemeten. Imidacloprid wordt enkel gemeten in Zelzate. De beschouwde PAK's worden gedurende de volledige beschouwde periode gemeten nabij Zelzate, sinds 2020 ook nabij het Langerbruggeeiland te Wondelgem en éénmaal in de Moervaart. De beschouwde PFAS zijn – voor de periode die via het Geoloket kan gedownload worden – enkel beschikbaar voor de meetpost te Zelzate; voornamelijk in 2021. 6:2 FTS en FRD903 zijn echter nergens beschikbaar.

3.1.3.2.2 DOV PFAS-verkenner

Toelichting: Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) is een samenwerkingsverband tussen Departement Omgeving (Afdeling Vlaams Planbureau voor de Omgeving) - Vlaamse Milieumaatschappij (Afdeling Operationeel Waterbeheer) en Departement Mobiliteit en Openbare Werken. DOV stelt alle gegevens van de Vlaamse ondergrond vlot beschikbaar via één loket, het DOV-Portaal. Hier werd recent een [PFAS-verkenner](#) toegevoegd, waar men informatie kan downloaden van PFAS rond/in grondwater, oppervlaktewater, Biota, waterbodembodem en lozingen.

Berekend of gemeten: gemeten

Spatiaal: Er zijn 3 meetlocaties op KGT waarvoor PFAS-metingen beschikbaar zijn: Eén nabij de Belgisch-Nederlandse grens, één in de nabijheid (stroomopwaarts) van de Moervaart en een laatste stroomopwaarts nabij de Electrabel centrale te Langerbrugge.

Meetlocatie	Lambert 72-X	Lambert 72-X	Beschrijving locatie	Waterlichaam	Weerhouden
30000	110470	211000	Einde vredekaai, veldweg thv steiger	KGT	X
32800	108160	202500	Desteldonk, Energiestraat-Rodenhuzekaai	KGT	X
34000	106369	200278	Oostakker, Langerbruggestraat, afw veer	KGT	X

Temporeel: Het gaat om periodieke metingen. Voor de locatie 30000 zijn 4 metingen voor 2021 en 2 metingen voor 2022 beschikbaar. De twee andere locaties hebben elk 2 metingen (4/03/2022 en 15/04/2022) in 2022. De 2 metingen van 2022 bij locatie 30000 vonden eveneens op deze datum plaats. Merk op dat bepaalde metingen onder de detectielimiet liggen, waardoor er niet steeds daadwerkelijk gemeten concentraties beschikbaar zijn.

Beschikbare stoffen: Volgende PFAS zijn beschikbaar: **PFOS**, PFOA, PFBA, **PFPeA**, **PFHxA**, PFHpA, **PFBS**, **PFHxS** en **6:2 FTS**. Waarbij de vetgedrukte PFAS daadwerkelijk over gemeten concentraties beschikken (>= detectielimiet).

3.1.3.3 *Dataselectie*

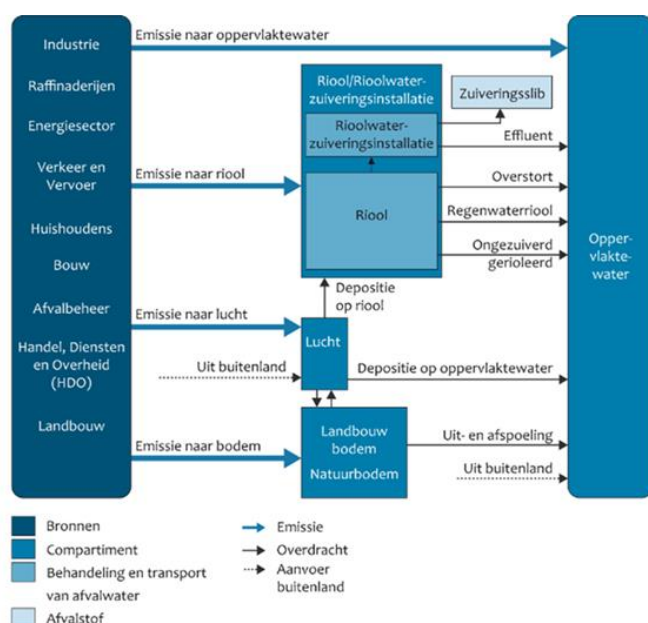
Alle bovenstaande datasets worden aangewend voor deze studie, er dient geen selectie gemaakt te worden.

3.1.4 Ladingen

3.1.4.1 Nederland

3.1.4.1.1 Emissieregistratie

Toelichting: De Emissieregistratie (ER) van de Nederlandse Rijksoverheid berekent de geregionaliseerde uitstoot (emissie) van ongeveer 375 stoffen in Nederland. Men registreert jaarlijks de emissies van alle relevante Nederlandse bronnen, berekent de meeste emissies ook zelf en controleert jaarlijks aangeleverde bedrijfsemissies. Deze emissiedata wordt ruimtelijk verdeeld, zodat bekend is waar emissies vrijkomen (Rijksoverheid, 2022). Niet gerapporteerde puntbronnen (al-dan-niet onder de rapporteringsnorm) en diffuse bronnen worden dus berekend.



Figuur 4: Overzicht van de geregistreerde fluxen bij het compartiment “Belasting van oppervlaktewater” gehanteerd door de Nederlandse Emissieregistratie (Bron: CBS).

Emissieregistratie beschouwd 3 compartimenten m.b.t. belasting van oppervlaktewater: “emissie naar riool en oppervlaktewater” zijnde de bruto vracht bij vrijkomen aan de bron, “emissie naar riool” zijnde het deel van de bruto vracht dat afgescheiden wordt naar het rioleringsstelsel en verder gaat naar een RWZI en “belasting op oppervlaktewater” die de uiteindelijke vracht weergeeft die het oppervlaktewater effectief bereikt (combinatie van verschillende routes). Voor deze studie ligt de focus op “belasting op oppervlaktewater”. Figuur 4 geeft een overzicht van de verschillende routes die een vracht kan afleggen vooraleer ze vanaf de bron terecht komt in het oppervlaktewater (compartiment “belasting op oppervlaktewater”).

De flux uit het buitenland is niet beschikbaar voor KGT. Tevens is er ook de flux “emissie naar oppervlaktewater”, waarbij stoffen

rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomen. Voorbeelden zijn de stoffen die vrijkomen op het oppervlaktewater bij het loslaten/afbreken van de coating van recreatievaartuigen of het meemesten van sloten in de landbouw (het aandeel van bemesting van de akker zelf zal via de flux uit- en afspoeling in het oppervlaktewater terechtkomen). Niet elke flux is van toepassing op iedere stof (Figuur 4).

Berekend of gemeten: berekend.

Spatiaal: geaggregeerd per waterlichaam. Hier het Nederlands deel van Kanaal Gent-Terneuzen.

Temporeel: jaartotalen voor 2010, 2015, 2018 en 2019.

Beschikbare stoffen: Het merendeel van de voor deze studie relevante stoffen, excl.: thallium, uranium, ammonium en tributyltin (TBT).

Tabel 4: Overzicht van door Emissieregistratie geregistreeerde bronnen/fluxen voor elke stof (NL).

Stof	Depositie	Effluent	Overstort	Regenwater-riool	Uit- en afspoeling	Emissie naar oppw.
Ntot	X	X	X	X	X	X
Ptot		X	X	X	X	X
As	X	X	X	X		X
B			X	X		
Co	X		X	X		
Cu	X	X	X	X	X	X
Se	X		X	X		X
Zn	X	X	X	X	X	X
B(a)A	X	X	X	X		X
B(a)P	X	X	X	X		X
B(b)F	X		X	X		X
Imcloprid		X	X	X		X
PFAS		X	X	X		

3.1.4.2 België

3.1.4.2.1 VMM : influent en effluent RWZI's

Toelichting: De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) stellen influent en effluent jaargegevens per RWZI ter beschikking voor de periode 2011-2021.

Berekend of gemeten: gemeten.

Spatiaal: puntlocaties: de RWZI te Evergem en te Zelzate

Temporeel: jaarlijks van 2011 t.e.m. 2021.

Beschikbare stoffen: naast de totale debieten van het influent en effluent, ook Fosfor totaal en Stikstof totaal. Overige parameters zijn niet beschikbaar.

3.1.4.2.2 Integraal milieujaarverslag (IMJV)

Toelichting: Het Integraal Milieujaarverslag (IMJV) geeft de jaarlijkse belasting van stoffen die bedrijven en waterzuiveringsinstallaties lozen op de waterlopen: o.m. het KGT, de Moervaart en de Noordelijke ringvaart. Dit betreft de vrachten die de bedrijven rechtstreeks rapporteren indien ze de rapporteringsnorm overschrijden. Er wordt een opdeling gemaakt naar emissietype: (a) "water direct" wat aangeeft dat het afvalwater van de bedrijven ongezuiverd in het oppervlaktewater terecht komt; (b) "water indirect" waarbij het afvalwater afgevoerd wordt voor zuivering buiten het bedrijfsterrein. Dit is o.a. zo voor meetputten die op een - op RWZI aangesloten - riolering lozen (Bron: VMM). Enkel water direct is relevant voor deze studie, aangezien de vrachten die via een RWZI passeren automatisch zullen worden opgenomen wanneer het effluent van de RWZI's in rekening wordt gebracht (indien men beide types gebruikt zou men ladingen dubbel in rekening brengen).

Berekend of gemeten: gemeten (indien rapporteringsnorm wordt overschreden)

Spatiaal: puntlocaties: bedrijven en RWZI's

Temporeel: jaarlijks voor de periode 2010 t.e.m. 2021.

Beschikbare stoffen: 7 stoffengroepen zijn niet gerapporteerd (gezien er geen rapporteringsnorm werd overschreden): PFAS, PBDE, tributyltin, imidacloprid, ammonium, PAK's en uranium. Thallium wordt maar door één bedrijf gerapporteerd.

3.1.4.2.3 VMM: Berekende lading RWZI en rapporterende bedrijven

Toelichting: De VMM berekend ook zelf de netto geloosde jaarvrachten van alle relevante stoffen (met uitzondering van imidocloprid en tributyltin) voor zowel de RWZI's als voor de bedrijven. De berekening baseert zich op monsters die de VMM zelf uitvoert, alsook op individuele staalnames en het IMJV-bestand.

Berekend of gemeten: berekend.

Spatiaal: puntlocaties: RWZI's en rapporterende bedrijven.

Temporeel: jaarlijks voor 2010 t.e.m. 2021.

Beschikbare stoffen: alle geselecteerde stoffen excl. TBT en Imidacloprid, alsook – voor de relevante bedrijven nabij KGT – de PBDE's.

3.1.4.2.4 WEISS

Toelichting: De VMM stelt ook met het WEISS-model (Water Emission Inventory Support System) gesimuleerde ladingen vanuit de verschillende significante bronnen ter beschikking. Via [het WEISS-geoloket](#) kan men de bijdrage van iedere significante bron visualiseren en dit voor verschillende gemeenten, bekkens, waterlichamen en zuiveringsgebieden. Voor deze studie zijn de gegevens voor volgende 2 waterlopen gecombineerd: (a) KGT & Gentse Havendokken en (b) Noordelijke Ringvaart.

De gegevens zijn ter beschikking gesteld, geaggregeerd naar de 8 onderstaande sectoren. Merk op dat niet alle sectoren belangrijk zijn voor iedere stof (Tabel 5).

1. Bedrijven en diensten: de gemeten puntbronnen en de bijschattingen van de sectoren industrie, energie en handel & diensten;
2. Bodem: de diffuse bron erosie bodem;
3. Depositie: de diffuse bron atmosferische depositie;
4. Huishoudens: de diffuse bron huishoudelijk afvalwater;
5. Infrastructuur: de diffuse bronnen corrosie van leidingen, corrosie van gebouwen en houtverduurzaming;
6. Landbouw: de diffuse bron uit- en afspoeling nutriënten uit landbouwbodems (afkomstig uit het NEMO-model);
7. Toerisme en recreatie: de diffuse bronnen motor en coating recreatievaart;
8. Transport: de subsectoren wegverkeer, beroepsvaart en railverkeer.

Voor een gedetailleerde toelichting over het WEISS-model wordt verwezen naar het achtergronddocument (VMM, 2021).

Berekend of gemeten: berekend

Spatiaal: een raster of geaggregeerd over gemeenten, bekkens, waterlichamen en zuiveringsgebieden.

Temporeel: jaartotalen voor 2010, 2012, 2015, 2018, 2019 en 2020.

Beschikbare stoffen: enkel volgende – voor deze studie – relevante stoffen zijn opgenomen: Ntot, Ptot, As, Cu, Zn, B(a)P en B(b)F.

Tabel 5: WEISS: sectoren met significante impact op relevante stoffen

Sector	Ntot	Ptot	As	B(a)P	B(b)F	Cu	Zn
Bedrijven en diensten	X	X	X	X	X	X	X
Bodem			X			X	X
Depositie	X		X	X	X	X	X
Huishoudens	X	X	X	X	X	X	X
Infrastructuur				X	X	X	X
Landbouw	X	X					
Toerisme en recreatie				X	X		
Transport			X	X	X	X	X

3.1.4.3 Dataselectie

3.1.4.3.1 Nederland

Voor Nederlands wordt de dataset afkomstig uit emissieregistratie aangewend.

3.1.4.3.2 België

De berekende WEISS-dataset omvat alle mogelijke bronnen en fluxen (ook de diffuse) en wordt vanuit dit aspect als meest compleet aanzien. Toch, mist deze veel stoffen, alsook goed spatiaal detail gezien er geaggregeerd wordt tot op het niveau van het waterlichaam. Daarom wordt ook de door de VMM berekende ladingen voor RWZI en bedrijven meegenomen in verdere analyse. Deze overlapt met de twee andere datasets, maar die worden niet gekozen omdat:

1. De databron met gemeten influent en effluent van RWZI omvat enkel de stoffen Fosfor totaal en Stikstof totaal. Overige stoffen zijn niet beschikbaar.
2. IMJV omvat enkel gerapporteerde ladingen indien de rapporteringsnorm wordt overschreden, waardoor een groot deel van de daadwerkelijke netto emissie gemist wordt.

Er is initieel getracht om eerst een subset (e.g. de sectoren *Bedrijven en diensten* en *Huishoudens*) in de WEISS-databank te vervangen door de dataset met dor VMM berekende lading voor RWZI's en bedrijven.

Echter, hierdoor werden andere transportwegen (de diffuse bronnen) uitgesloten. Daarom is er besloten om zo min mogelijk datasets te mengen binnen één grafiek. Er wordt voor iedere stof die opgenomen is in beide datasets, wel een bijkomende vergelijking gemaakt tussen beide berekende ladingen.

3.2 Opbouw stoffenbalans

Volgende hoofdstukken behandelen de knelpunten, alsook de uitgeteste methoden.

3.2.1 Knelpunten

Bij het opbouwen van de stoffenbalans, werd er rekening gehouden met volgende knelpunten:

1. Beschikbare metingen: Voor veel stoffen zijn de beschikbare data die zich boven de detectielimiet bevinden, beperkt (zie ook §3.2): PAK's, PFAS, Biocides en PBDE's alsook meerdere metalen. De stoffenbalans focust bovendien op de totale concentratie van een verontreinigende stof (zowel het opgelost deel, als de concentratie gebonden aan zwevende stof) i.p.v. met de bronnen die de berekende lading aanleveren. Hierdoor werd ook de databeschikbaarheid voor de metalen sterk ingeperkt. Dit bemoeilijkt een eventuele kalibratie; zeker indien men het kanaal tracht op te delen in panden.
 - Oplossing: het aantal panden inperken.
2. Geen gesloten waterbalans: de bovenstroomse aanvoer is niet volledig gekend. Bovendien is de stroomafwaartse uitwisseling nabij de Sluis van Terneuzen maar beperkt gedefinieerd: één geschatte waarde op basis van een standaard schutverlies. Het kalibreren van de waterbalans o.b.v. regenval, evapotranspiratie en waargenomen waterpeil valt buiten de scope van deze opdracht. Bovendien zijn er geen debietmetingen voorhanden binnen het Kanaal.
 - Oplossing: Ervan uitgaan dat het waterpeil constant blijft (klopt bij benadering gezien men een streefpeil hanteert voor de scheepvaart) en de bovenafvoer die binnenkomt binnen het waterlichaam, rechtstreeks toepassen als afwaartse debiet. De zijde aan de Westerschelde is als dusdanig een open *boundary*.
3. De temporele resolutie van de waterkwaliteitsmetingen bedraagt 1 maand. Gezien de hoge bovenafvoer, betekent dit dat er nauwelijks stoffenopbouw optreedt (zie ook §4.1). De lading die binnen deze tijdsperiode geloosd werd, is vaak al niet meer aanwezig in het kanaal / pand.
 - Oplossing: de uitgaand debiet & flux (uit ieder pand) kalibreren (startend stroomopwaarts).
4. De spatiotemporele resolutie van de gekende emissies: voor veel bronnen waren enkel jaartotalen beschikbaar voor een aantal jaar, niet de volledige periode. Bovendien zijn de emissies van diffuse bronnen vaak geaggregeerd beschikbaar over de volledige zone: Nederlands deel van KGT en Belgisch deel van KGT.
 - Oplossing: Om de resolutie gelijk te scharen met deze van de waterkwaliteitsmetingen, zijn de jaartotalen evenredig verdeeld over de respectievelijke maanden. De jaartotalen van jaren waarvoor geen jaartotalen beschikbaar zijn, werden berekend door lineaire interpolatie.
 - Oplossing: (indien er meerdere panden aanwezig zijn binnen zo'n zone) de emissie verdelen conform de relatieve oppervlakte die het pand inneemt binnen de respectievelijke zone.

5. Onbekende bronnen/fluxen: Volgende stoffenuitwisselingen zijn niet gekend: (a) aanvoer vanuit de Gentse binnenwateren, (b) aanvoer van kleinere waterlopen, (c) grondwaterstroming en kwel, (c) interactie met de waterbodem, (d) mariene influx. Voor veel stoffen zijn ook bijkomende bronnen niet gekend. Dit maakt het lastig om de stoffenbalans te kalibreren.
- ➔ Oplossing: Voor de influx vanuit de Westerschelde kan een rekenregel toegepast worden: wanneer de bovenafvoer onder het aangenomen standaard schutverlies (13,2 m³/s) valt, wordt het verschil opgenomen als debiet voor de mariene influx.
 - ➔ Oplossing: het te kalibreren aantal fluxen reduceren door een selectie te maken op basis van *expert judgement/publicaties*.

Rekening houdend met bovenstaande knelpunten, zijn tijdens deze opdracht meerdere technieken uitgetest.

3.2.2 Een standaard bakkenmodel

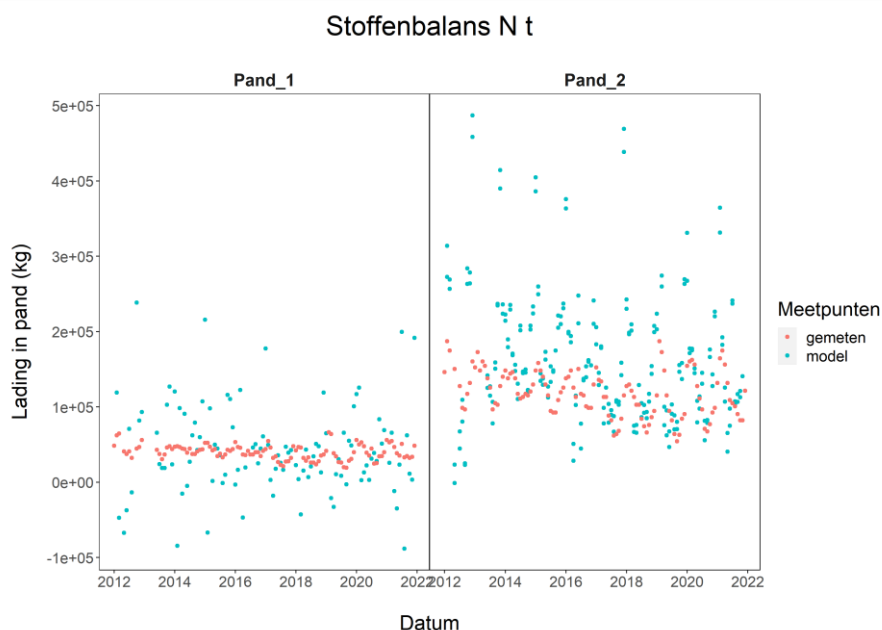
Een **standaard bakkenmodel** dat gebaseerd is op het **behoud van massa** (zowel water- als stof). Hierbij werd het kanaal al-dan-niet opgedeeld wordt in (3) panden en waarbij er van bovenstrooms naar benedenstrooms gekalibreerd wordt. De lading op tijdstip t is dan gedefinieerd door de lading op tijdstip $t-1$ gesommeerd met de lading die van stroomopwaarts (bovenafvoer en/of stroomopwaarts pand) binnenkomt (Concentratie x debiet op tijdstip t) en hiervan de lading die uit het compartiment gaat (concentratie van huidig pand bij $t-1$ maal x debiet op tijdstip t):

$$W_{storage}^t = W_{storage}^{t-1} + W_{in}^t - W_{out}^t$$

Door de combinatie van de hierboven vermelde knelpunten (zie punt 1 t.e.m. 4, met als belangrijkste de temporele resolutie) bleek dit bakkenmodel uitermate lastig te kalibreren. Figuur 5 presenteert het resultaat wanneer het kanaal opgedeeld werd in 3 panden: 1 in Nederland en 2 in België met grens nabij de Moervaart. De ladingen per pand zijn berekend als:

- In Nederland: uit Emissieregistratie (§3.1.4.1.1)
- In België, voor de puntbronnen: uit de berekende VMM-ladingen (§3.1.4.2.3). Gezien de locatie exact gekend is, kon deze eenvoudig toegekend worden aan ieder pand.
- In België, voor de diffuse bronnen: uit WEISS (§3.1.4.2.4). De lading voor het volledige Belgisch deel van het KGT werd aan ieder pand gealloceerd op basis van de respectievelijke, relatieve wateroppervlakte.

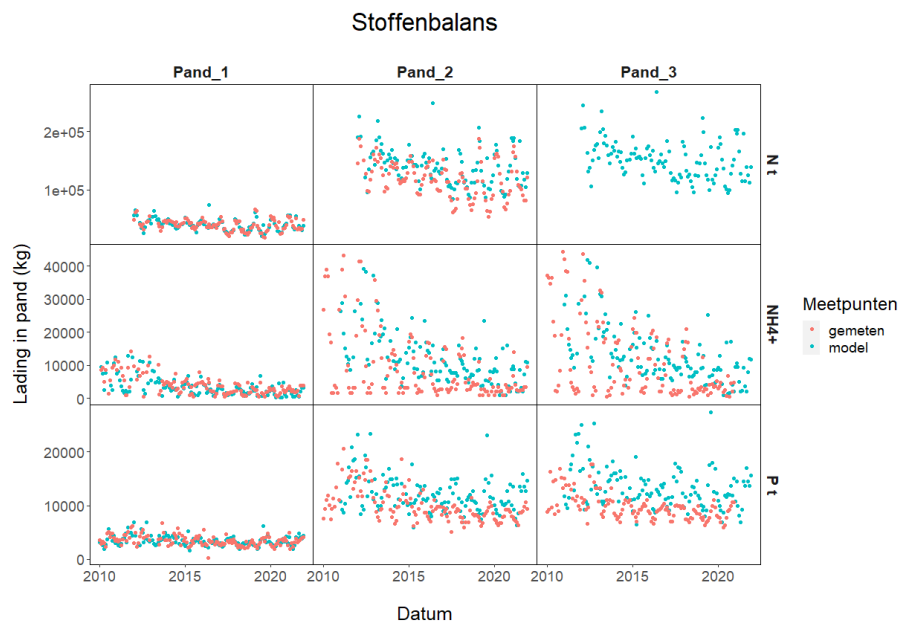
Merk op hoe er geen N_{tot} metingen beschikbaar zijn in Nederland, waardoor pand 3 niet in deze figuur zit vervat (Figuur 5).



Figuur 5: Standaard stoffenbalans stikstof totaal, waarbij de gemodelleerde punten (blauw) op de werkelijk gemeten punten (rood) in de panden worden geplot.

3.2.3 Alternatief bakkenmodel

Er werd daarom **een alternatief bakkenmodel** opgesteld dat beter om kan met de beperkte verblijftijd (hoge ‘ververstijd’) van iedere stof bij relatief hoge debieten. Hierbij wordt de inkomende lading binnen het tijdsinterval vermenigvuldigd maal de verblijftijd i.p.v. in zijn volledigheid in rekening te brengen. De gesimuleerde concentraties benaderden beter de realiteit (Figuur 6 – zelfde panden & ladingen als in §3.2.2). Echter, gezien hier afgezien wordt van het behoud van massa, was het minder eenvoudig om een helder antwoord te geven op de kernvraag: *Welke lading missen we? Wordt de berekende emissie naar het KGT onderschat, overschat of is ze correct?*



Figuur 6: Alternatief stoffenbalansmodel: gemeten en gemodelleerde nutriëntenladingen in drie panden van het kanaal Gent-Terneuzen.

3.2.4 Basisvergelijking (Gekozen)

Uiteindelijk is er beslist om louter de basismethode toe te passen, die zich baseert op volgende aannames:

1. Louter een vergelijking van alle gekende inkomende emissies (gedissagreggeerd op maandniveau) versus de te verwachten lading op basis van de maandelijkse waterkwaliteitsmeting (gemeten concentratie maal watervolume KGT). Merk op: deze vergelijking wordt enkel uitgevoerd voor de maanden dat er waterkwaliteitsmetingen voorhanden zijn, alsook op zijn minst één bron beschikbaar is (vnl. van belang voor de bovenafvoer).
 - ➔ **Motivering:** Deze eenvoudige benadering laat toe om de overschatting/onderschatting te benaderen zonder ruis te introduceren door (bijkomende) bronnen te kalibreren. Het geeft een directe (ruwe) inschatting voor of er een onderschatting, dan wel overschatting optreedt.
2. De mariene influx (of andere onbekende bronnen) worden hier niet benaderd.
 - ➔ **Motivering:** Gezien de uiterst ruwe benadering, introduceerde deze louter bijkomende ruis. Door deze niet op te nemen – maar wel als ontbrekende bron te benoemen die mogelijk bijdraagt tot de onderschatting – wordt er een eenvoudiger verhaal gebracht.
3. Eén pand voor het volledige KGT waarbij de meting van Sas van Gent als representatief wordt beschouwd voor het volledige pand (excl. Ntot want hiervoor zijn er geen metingen in Nederland beschikbaar. Voor Ntot is de meting te Zelzate aangewend).
 - ➔ **Motivering:** (a) het is eigenlijk de enige meetlocatie in KGT waarvoor de meeste stoffen aan hoge resolutie bemeten zijn (denk aan de totale stofconcentratie i.p.v. louter het opgelost deel). Bovendien (b) Deze meetlocatie ligt ongeveer op het midden van het kanaal en wordt

minimaal beïnvloed door lokale verdunning/aanrijking t.g.v. influx aan de boundaries wat een locatie minder representatief maakt.

4. De historische lading (lees concentratie) wordt niet meegenomen.

- **Motivering:** Voor het grootste deel van de tijd is de ververstijd kleiner dan de gehanteerde resolutie (1 maand, afgestemd op de waterkwaliteitsmetingen). Enkel tijdens de droge perioden zal dit een onderschatting veroorzaken. Dit wordt mee in acht genomen tijdens de analyse: enkel indien er een consequente bias optreedt voor alle meetlocaties, kan er gesproken worden over ontbrekende bronnen (onderschatting) of overschatting. Indien er een seizoensale fluctuatie aanwezig is, kan deze gelinkt worden aan het opstapelen van stoffen.

Stapsgewijs wordt dit:

1. Neem de maandelijks gemeten concentratie voor een bepaalde geselecteerde stof nabij Sas van Gent; of nabij Zelzate voor Ntot. Vermenigvuldig deze met het vaste (§3.2.1) watervolume in KGT: 48 829 266 liter. Zo bekom je een ruwe schatting van de massa stof aanwezig binnen het volledige studiegebied (KGT).
2. Bereken uit de debieten het maandelijks totale watervolume dat vanuit de zijrivieren (Ringvaart & Moervaart) naar het KGT stroomt en vermenigvuldig dit met de respectievelijke gemeten concentratie om de lading aan stof die vanuit beide zijrivieren naar KGT stroomt, te berekenen.
3. (Dis)aggregeer alle ladingen afkomstig uit Emissieregistratie (§3.1.4.1.1) en WEISS (§3.1.4.2.4) tot op maandniveau en sommeer met de lading afkomstig uit de zijrivieren (resultaat stap 2).
4. Trek het resultaat van stap 1 (schatting massa aan stof aanwezig in KGT op tijdstip van meting) af van stap 3 (lading die naar KGT stroomde in de voorbije maand). Mits in acht name van alle gehanteerde aannames, meet- en modelonzekerheden, alsook databeschikbaarheid over gekende bronnen, kan men zo een inschatting maken over in welke mate de emissie naar KGT onder- of overschat wordt.

4 Bronnenonderzoek

4.1 Bovenstroomse aanvoer & mariene influx

Zoals beschreven in hoofdstuk §3.1.2 zijn er enkel meetwaarden beschikbaar voor de **bovenstroomse aanvoer** vanuit de Ringvaart via het Sluizencomplex te Evergem en voor de Moervaart, terwijl er voor de Gentse Binnenwateren een vaste waarde van 2 m³/s wordt toegepast. Gezien de Ringvaart en Moervaart het gros van de zoetwateraanvoer omvatten, wordt er aangenomen dat dit de werkelijkheid goed benadert. De algemene trend in bovenafvoer volgt de te verwachten tendens: natter in de hydrologische winter, droger in de hydrologische zomer (Figuur 7).

De bovenafvoer blijkt groot genoeg om het volledige watervolume in het Kanaal Gent-Terneuzen 'te verversen'³ binnen de één (hydrologische winter) à twee (hydrologische zomer) maand. Enkel in de droge jaren 2011, 2017, 2018, 2019 (en mogelijks 2020, maar hier ontbrak data), steeg de 'ververstijd' hierboven uit. Gezien de meetfrequentie van de waterkwaliteitsmetingen 1 maand bedraagt, heeft dit volgende implicatie voor verdere analyse:

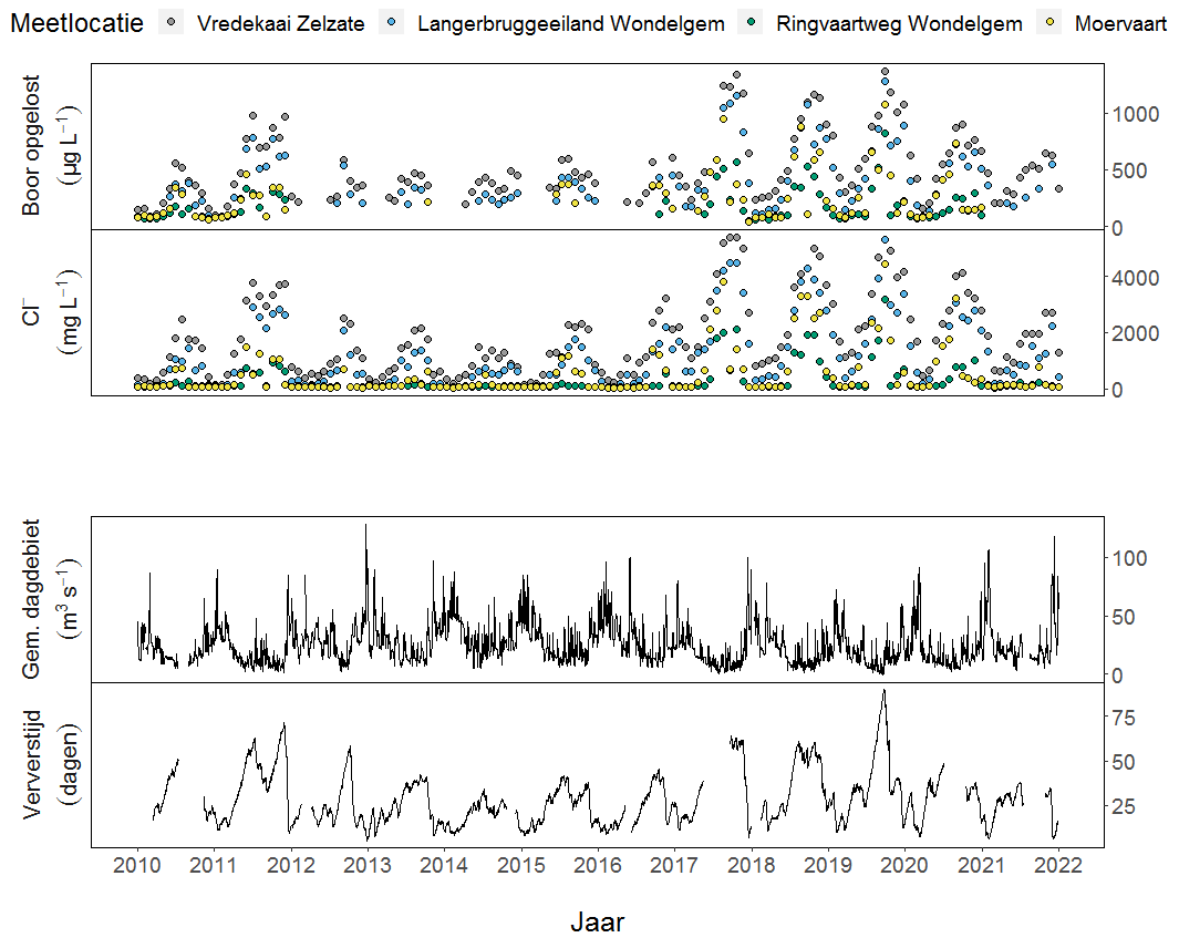
- Doorheen de hydrologische winter kan men de gemeten watermassa aanzien als een volledig nieuwe watermassa ten opzichte van vorige meting. Het komt overeen met een watervolume afkomstig van de Ringvaart met bijhorende concentratie aan chemische componenten, aangevuld met het watervolume en stoffenlading die binnenstroomt uit o.m. de Gentse Binnenwateren en Moervaart en waarin er een beperkte bijkomende ladingsopbouw optreedt ten gevolge van emissie op het KGT.
- In de zomermaanden is de bovenstroomse aanvoer van zoetwater en bijhorende aanvoer van de beschouwde stof lager. Er treedt dan een grotere ladingsopbouw op. Tijdens de maandelijkse bemonstering meet men dus niet enkel het resultaat van de emissies tijdens de voorbije maand, maar ook een deel van de emissies van de maand ervoor die ook al een impact had op de vorige meetwaarde van vorige maand. De lokale emissies op het KGT worden bijgevolg belangrijker t.o.v. de bovenstroomse aanvoer dan tijdens de nattere maanden.
- Enkel in extreem droge periodes treedt er een ladingsopbouw op van meer dan 2 maand. Deze situatie komt niet vaak voor. Toch, in recente jaren werd deze meer waargenomen. Een ladingsopbouw van 4 maand is niet waargenomen.

De **mariene influx** is moeilijker te begroten. Uit de recente literatuur komt een vaste waarde (13,2 m³/s) voor het schutverlies van KGT naar de Westerschelde toe, maar hieruit volgt geen uitwisseling naar KGT toe. Om toch inzicht te krijgen in deze bron, presenteert Figuur 7 het verloop van de chloride- en boorconcentraties. Beide stoffen vertonen inderdaad piekconcentraties tijdens de drogere periodes met die gekenmerkt worden door langere ververstijd. Opvallend is hoe er tijdens de recente droge zomers een aanzienlijke opwaartse intrusie van zowel chloride als boor optrad: tot in de Moervaart en zelfs tot de meest noordelijke meetlocatie ('Ringvaartweg Wondelgem' nabij de bovenstroomse grens van het

³ De 'ververstijd' (ook wel 'verblijftijd' genoemd) wordt gedefinieerd als de lengte van de periode (aantal dagen) voorafgaand aan een bepaald tijdstip die nodig is om met de bijbehorende daggemiddelde bovenafvoeren een watervolume te bekomen dat gelijk is aan het watervolume van het waterlichaam: hier KGT. Merk op dat dit een benadering is gezien het hier geen gesloten waterbalans betreft.

studiegebied), waar er recent piekconcentraties van >2000 mg/l Chloride en $>500\mu\text{g/l}$ Boor zijn waargenomen.

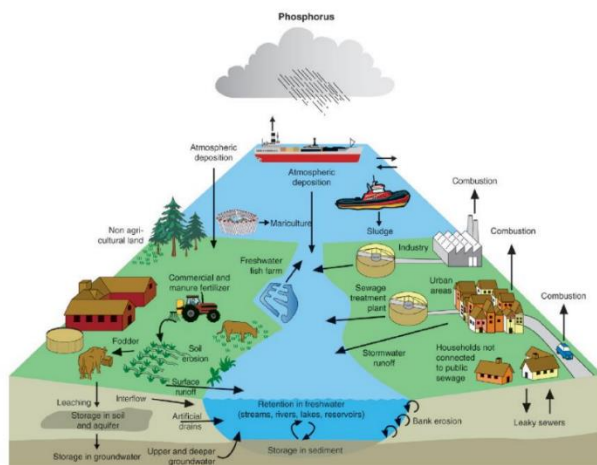
Merk op hoe metingen waarbij de detectielimiet niet werd overschreden, niet zijn opgenomen in deze grafiek. Hierdoor zijn er maar een beperkt aantal metingen van boorconcentraties beschikbaar in de nattere periodes.



Figuur 7: Overzichtsgrafiek van de zoetwateraanvoer (gemiddeld dagdebiet Ringvaart, Gentse binnenwateren en Moervaart), de 'ververstijd' en het verloop van de concentraties aan Chloride en Boor (opgelost). Metingen waarbij de detectielimiet niet werd overschreden, zijn niet opgenomen.

4.2 Nutriënten

4.2.1 Inleiding



Figuur 8: Nutriëntenflux naar het oppervlaktewater (Kronvang et al., 2009).

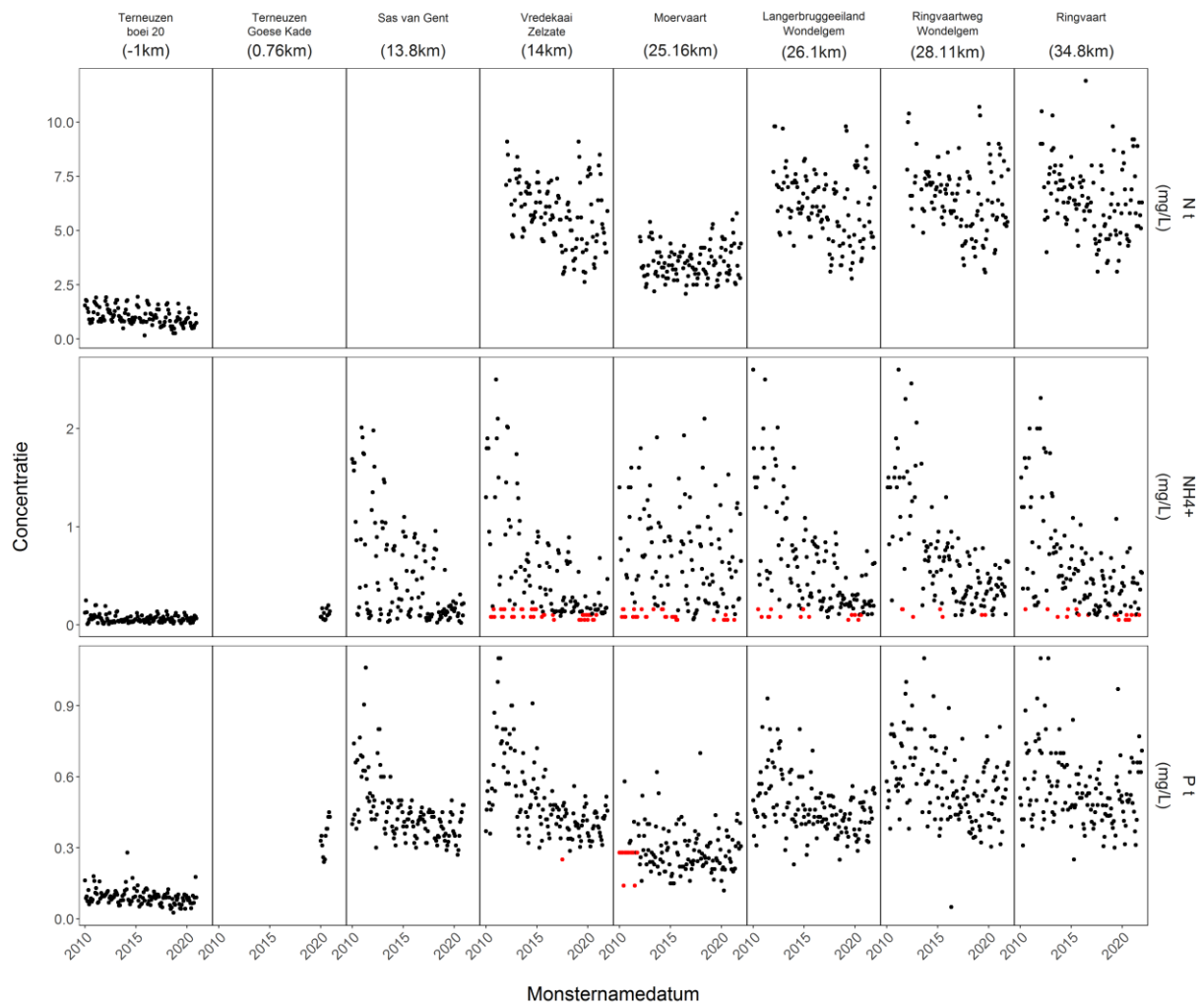
Nutriënten zoals nitraat en fosfaat zijn noodzakelijk voor het leven in het water, maar bij te hoge concentraties kan eutrofiëring optreden en kunnen ze het ecosysteem ernstig ontwrichten. Dit kan negatieve effecten op de ecologische waterkwaliteit teweegbrengen (VMM, 2019a).

Nutriënten komen op verschillende manieren in het oppervlaktewater terecht, zowel via diffuse (uit- en afspoeling bodems landbouwsector) als puntbronnen (lozingen RWZI's/bedrijven). In de zomer kan een overbelastingen via de puntbronnen leiden tot een piek in algenbloei (ILVO, 2015; VMM, 2022b). Figuur 10 presenteert de nutriëntenflux naar het oppervlaktewater.

In deze studie worden *fosfor totaal* en *stikstof totaal* besproken, alsook *ammonium* (NH_4^+).

- Fosfor komt in het water voor als organisch gebonden fosfor en als het door planten opneembare fosfaat. Het organisch fosfor kan door mineralisatie omgezet worden tot fosfaat. Beide componenten samen worden het 'totaal fosfor' genoemd (VMM, 2019a).
- Stikstof is echter in meer vormen aanwezig. In Nederland bepaald Rijkswaterstaat de stikstofconcentratie door sommatie van drie individuele stikstofparameters: Kjeldahl-stikstof, nitraat en nitriet. In Vlaanderen wordt echter direct totaal stikstof geanalyseerd. Bij de sommatie van de individuele stikstof-parameters is de onzekerheid groter dan bij het rechtstreeks bepalen van totaal stikstof. De concentratie tussen beide methoden kan hierdoor structureel verschillen (Niebeek, 2020). Er is daarom beslist om enkel deze berekeningen niet mee te nemen voor het Nederlands deel van KGT.
- Ammonium wordt hier bijkomend als afzonderlijke stof behandeld.

Figuur 9 presenteert het verloop van de nutriënten doorheen het studiegebied, alsook de aangrenzende waterlichamen. In België bevonden er zich meerdere concentraties onder de detectielimiet (rode punten), waardoor deze niet bepaald konden worden. Deze metingen zijn weggelaten uit verdere analyses. Volgende deelhoofdstukken bespreken het verloop van iedere stof, alsook de respectievelijke emissie naar het KGT in meer detail.



Figuur 9: Verloop van de nutriënten doorheen het studiegebied en aangrenzende waterlichamen met aanduiding van de metingen waarbij de concentratie niet bepaald kon worden door de detectielimiet (ROOD)

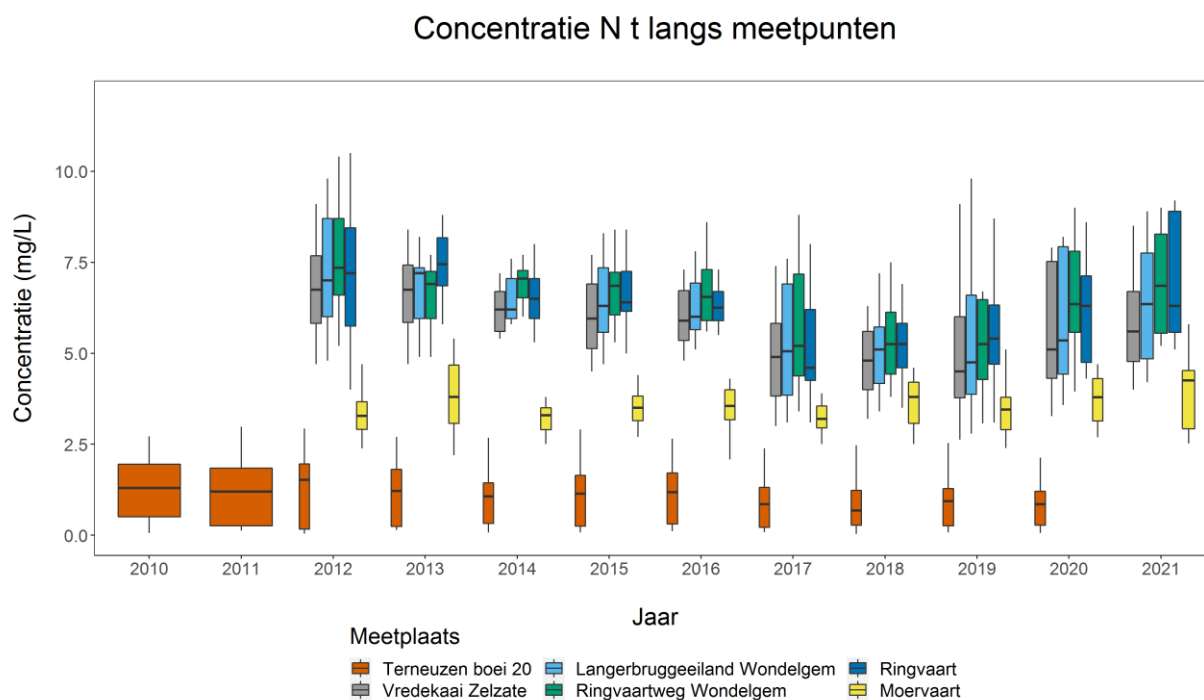
4.2.2 Stikstof Totaal (Ntot)

Algemene toelichting: Hoewel stikstof zelf (N₂) onschadelijk is vormen de verbindingen stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃) wel een risico. De belangrijkste emissiebronnen van deze verbindingen zijn respectievelijk de verbranding van fossiele brandstoffen (industrie/verkeer) en de veeteelt (landbouwsector). Twee belangrijke bronnen langs waar stikstof uiteindelijk het oppervlaktewater bereikt zijn dan ook atmosferische depositie en uit- en afspoeling landbouwbodems (VMM, 2022b; Waterkwaliteitsportaal, 2022). In Nederland wordt stikstoftotaal niet rechtstreeks bemeaten (zie ook §4.2).

Detectielimieten: niet waargenomen.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 10) De concentraties in het KGT en de Ringvaart vertoonden een dalende trend tot in 2018, waarna deze terug stegen. In de Moervaart is de jaar-op-jaar variatie te hoog om een eenduidige trend te kunnen afleiden. De Westerschelde vertoont een beperkt dalende trend.

KGT wordt gekenmerkt door een negatieve Noord-Zuid gradiënt, waarbij er – gemiddeld gezien – lagere concentraties worden gemeten aan stroomopwaartse zijde dan nabij de Belgisch Nederlandse grens en in de Westerschelde: In de Westerschelde (Terneuzen Boei 20) worden aanzienlijk lagere concentraties gemeten dan op het KGT, wat betekent dat een influx vanuit de Westerschelde eerder een verdunning zal veroorzaken. Ook de Moervaart vertoont aanzienlijk lagere concentraties aan Ntot. De concentraties op de Ringvaart liggen even hoog als (of in 2021 zelfs hoger dan) de meetpunten in het KGT. Er zijn geen metingen beschikbaar in het Nederlands deel van het KGT, maar op basis van bovenstaande, wordt ervan uitgegaan dat de concentratie Ntot lager ligt in Nederland dan in België.

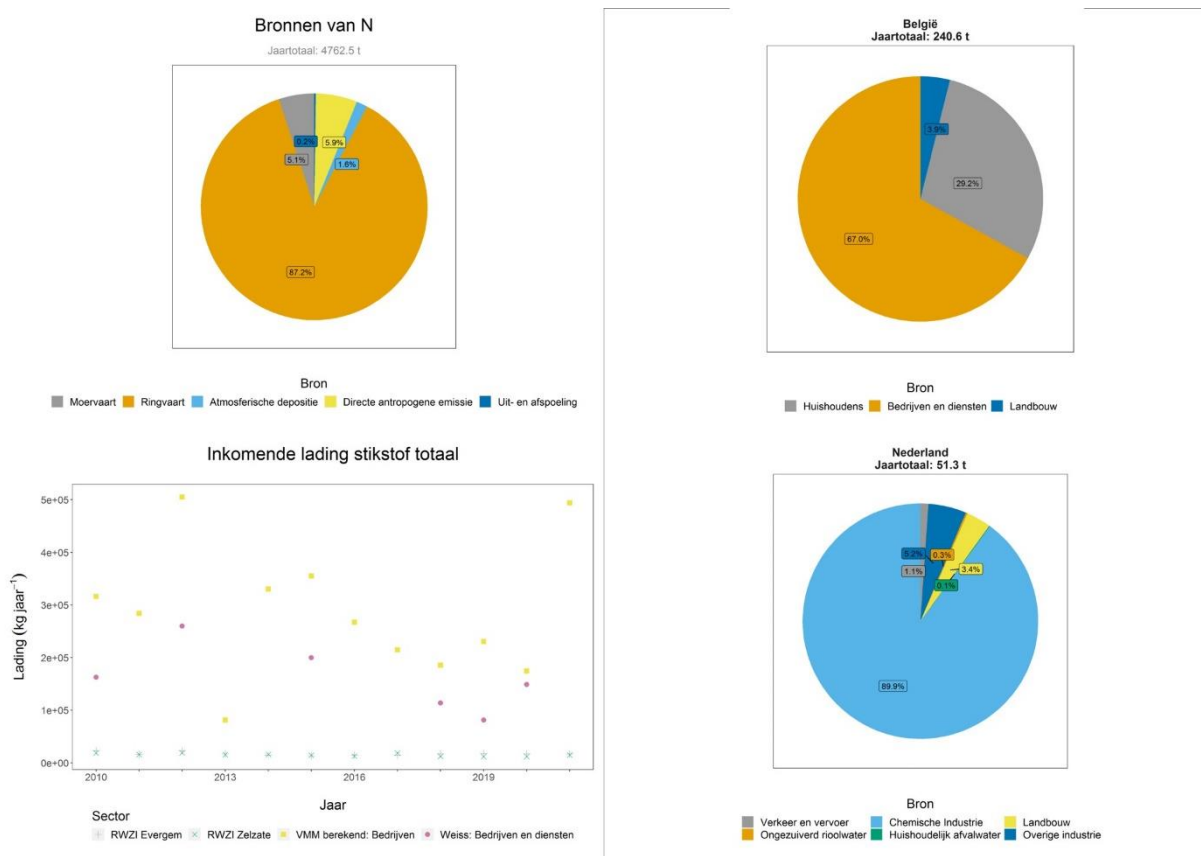


Figuur 10: Ntot – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

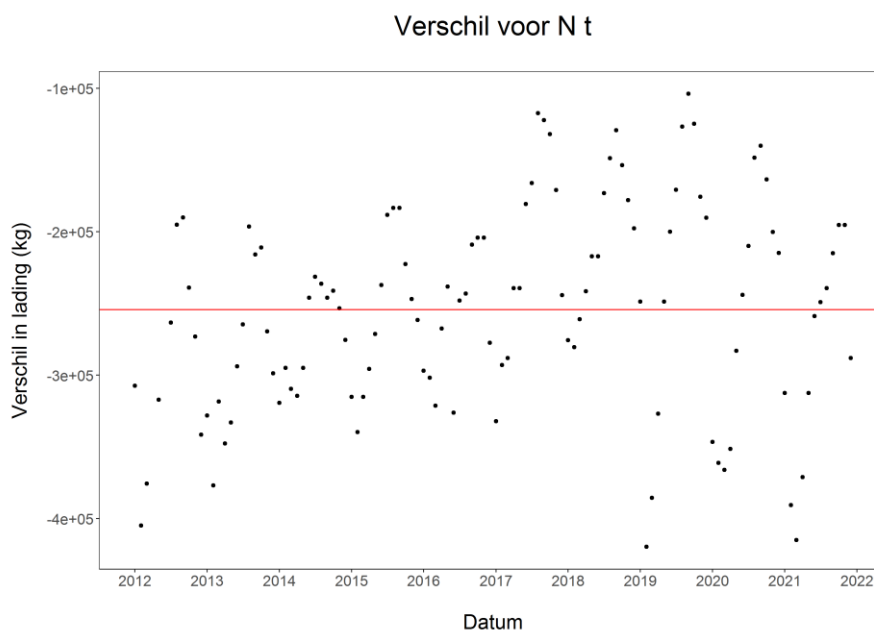
Berekende lading: (Figuur 11) de gekende, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van stikstof (totaal) bedraagt ca. 4750 ton (gemiddeld over de beschouwde jaren). Hiervan is het overgrote deel afkomstig van de Ringvaart (87%), terwijl 5% afkomstig is van de Moervaart.

Het detail van de **directe antropogene emissie** leert dat de emissie naar het Belgisch deel van KGT (240 ton) hoger ligt dan het Nederlands deel (51 ton). Hiervan is in België het gros afkomstig van de sector *Bedrijven en Diensten* (67%), gevolgd door Huishoudens (29%). In Nederland loost er geen RWZI op het KGT, waardoor het huishoudelijk afvalwater nauwelijks bijdraagt (0,1%). Hier is het overgrote deel toe te kennen aan de Chemische industrie (90%).

Figuur 12 leert dat de berekende lading naar het KGT consequent onderschat wordt voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse onderschatting bedraagt ca. 250 ton. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt men een onderschatting van ca. 3000 ton. Dit betekent dat maar 60% van de emissies gekend is. Het WEISS-model onderschat inderdaad de vracht afkomstig van directe lozingen door bedrijven in België (Figuur 11), maar deze kan niet de volledige ontbrekende lading voor zich nemen. Ook de ontbrekende flux uit de Gentse Binnenwateren wordt als te klein beschouwd. Naast het feit dat er een aanzienlijke onzekerheid zit op de berekeningsmethode, is vervolgonderzoek hier aangewezen.



Figuur 11: Ntot – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal incl. gemiddelde jaarlijkse onderschatting (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor zowel België als Nederland (RECHTS) en een vergelijking tussen het WEISS-model en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (LINKSONDER).



Figuur 12: Ntot – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit Ntot: De waargenomen concentraties impliceren een belangrijke influx vanuit de Ringvaart, waarbij er (a) verdunning optreedt door menging met minder nutriëntenrijkwater (vanuit de Westerschelde en Moervaart) en/of (b) een netto opname optreedt van deze nutriënten. Merk op dat dit laatste niet betekent dat er geen bijkomende emissie optreedt naar het KGT: gemiddeld bedraagt de directe antropogene emissie nog steeds ca. 300 ton per jaar. Deze is voornamelijk afkomstig van de industrie. De analyse wijst echter uit dat nog 40% van de jaarlijkse emissie onbekend is (niet vervat in emissieregistratie, WEISS of de berekende aanvoer uit de Ringvaart en Moervaart). Het WEISS-model onderschat inderdaad de vracht afkomstig van directe lozingen door bedrijven in België (Figuur 11), maar deze kan niet de volledige ontbrekende lading voor zich nemen. Ook de ontbrekende flux uit de Gentse Binnenwateren wordt als te klein beschouwd. Naast het feit dat er een aanzienlijke onzekerheid zit op de berekeningsmethode, is vervolgonderzoek hier aangewezen.

4.2.3 Ammonium (NH_4^+)

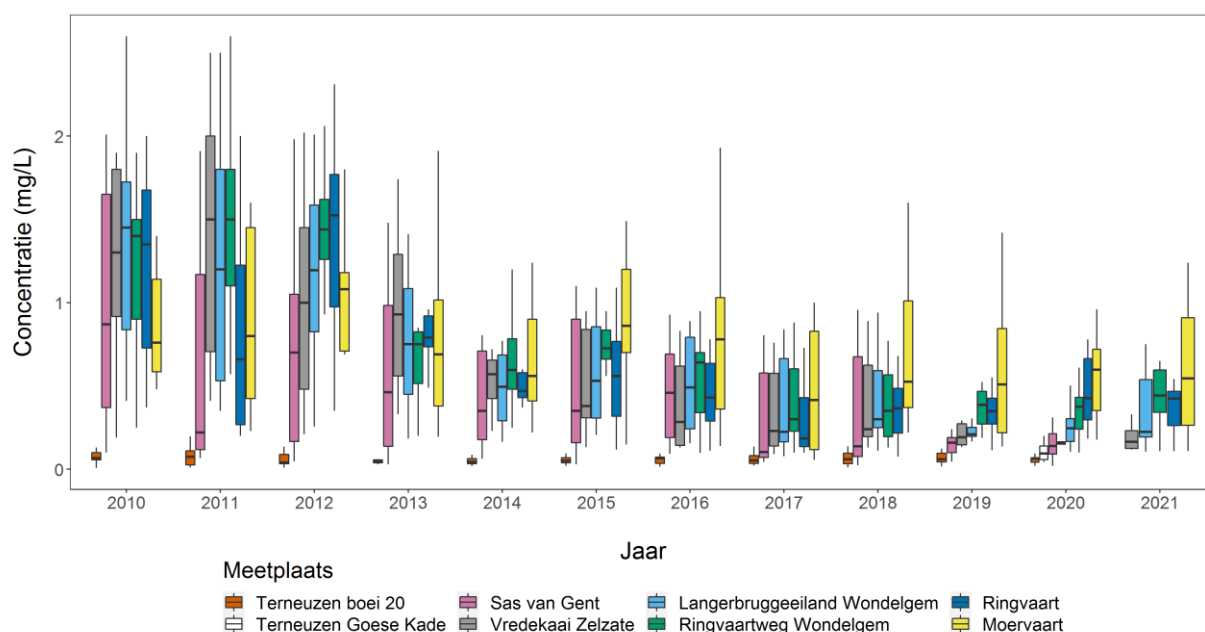
Algemene toelichting: Op landelijk niveau zijn de meest courante emissiebronnen voor ammonium zijn atmosferische depositie (emissies komende van veestallen, toediening van mest en bedrijven), uit- en afspoeling van landbouwbodems en ongezuiverd rioolwater. Verhoogde natuurlijke achtergrondconcentraties worden vastgesteld in kustgebieden vanwege de invloed van zoute kwel. Er worden reeds meerdere maatregelen toegepast om de uitstoot naar omlaag te krijgen, bijvoorbeeld: emissievrije stallen, injecteren van mest in landbouwbodems, afvoer van mest naar buitenland (Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. De detectielimiet ligt hoger in het Belgisch deel: variërend van 0,05 tot 0,1 mg/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 13) In de Westerschelde (Terneuzen Boei 20) worden aanzienlijk lagere concentraties gemeten dan op het KGT, wat betekent dat een influx vanuit de Westerschelde eerder een verdunning zal veroorzaken.

Gedurende de laatste 10 jaar zijn de concentraties ammonium in alle waterlichamen aanzienlijk gedaald. Enkel in de Moervaart is deze daling minder uitgesproken. Hierdoor evolueerde het systeem van een situatie waarin de hoogste concentraties gemeten worden in de Ringvaart en het KGT, naar een situatie waarbij de Moervaart gekenmerkt wordt door de hoogste concentraties. Waar in 2016 tem 2018 de concentratie nabij de grens en in het Nederlands deel nog even hoog lag als in het Belgisch deel, vertoont KGT sinds 2019 een duidelijke negatieve Noord-Zuid gradiënt met lagere concentraties in Nederland. Merk op hoe de hogere detectielimieten in Vlaanderen ervoor zorgen dat de laagste meetwaarden niet bepaald kunnen worden, waardoor de boxplots deels een vertekend beeld vertonen. Toch, Figuur 9 leert ons dat, sinds 2019, de overige metingen inderdaad hoger liggen in het Belgisch deel.

Concentratie NH₄⁺ langs meetpunten

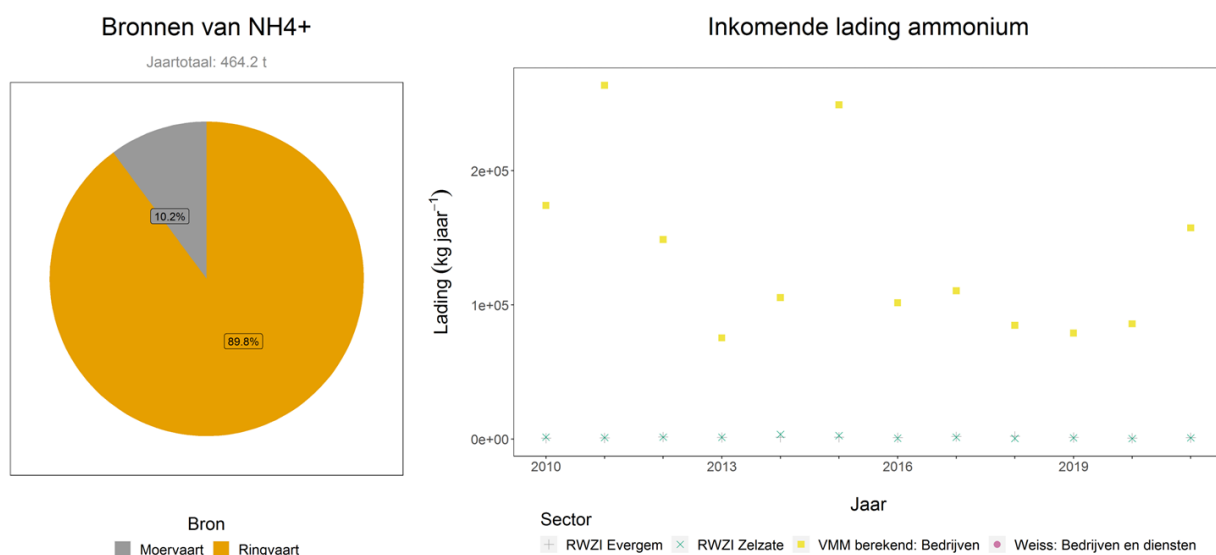


Figuur 13: Ammonium – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

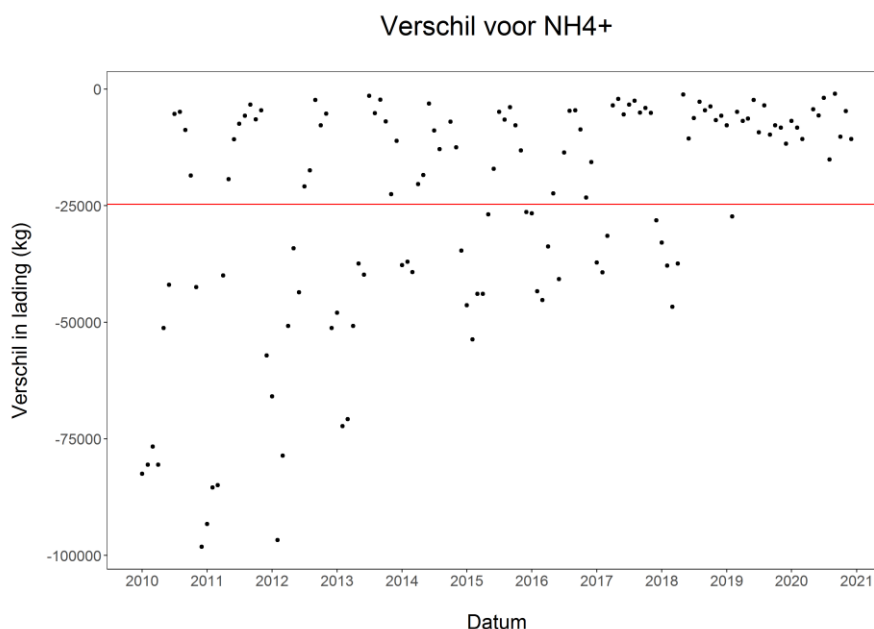
Berekende lading: (Figuur 14) Ammonium zit niet opgenomen in zowel emissieregistratie als WEISS mee vanwege het dynamische karakter. De berekende jaarlijkse netto vracht voor iedere sector/antropogene bron is bijgevolg onbekend. De door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven met een vergunning om te lozen in het Belgisch deel van KGT, ligt in de grootteorde van 10 tot 20 ton per jaar. Dit valt in het niet ten opzichte van de bovenstroomse aanvoer: de Ringvaart en Moervaart leveren tezamen gemiddeld 464 ton aan per jaar. Ook al ligt – recent – de concentratie hoger in de Moervaart, gezien het aanzienlijk hogere debiet van de Ringvaart, neemt deze het gros van de lading die via bovenstroomse aanvoer in KGT terecht komt voor zijn rekening (ca. 90%). De berekende vrachten vanuit de RWZI's in Evergem en Zelzate zijn te verwaarlozen.

Figuur 15 leert dat de berekende lading naar het KGT consequent onderschat wordt voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse

onderschatting bedraagt ca. 24 ton. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt men een onderschatting van ca. 300 ton. Dit betekent dat maar 60% van de emissies gekend is. De onbekende flux is deels toe te kennen aan het ontbreken van antropogene fluxen uit WEISS en Emissieregistratie. Toch, gezien de sterke gelijkenis met N_{tot} (§4.2.2), lijkt dit onvoldoende en is ook hier vervolgonderzoek aangewezen.



Figuur 14: Ammonium – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKS) en de door de VMM berekende vrachten (RECHTS).



Figuur 15: NH₄⁺ – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit Ammonium: Het ammoniumgehalte in het KGT is gedaald gedurende de laatste 10 jaar. Recent komen de hoogste concentraties voor in de Moervaart en liggen de ammoniumgehalten hoger in België dan in Nederland. De aanvoer vanuit de verschillende antropogene sectoren, inclusief via atmosferische depositie of uit- en afspoeling van landbouwbodems, is onbekend. De berekende vrachten van bedrijven die vergund lozen op KGT in België liggen een grootteorde lager dan de vracht die wateraanvoer vanuit de Ringvaart en Moervaart met zich meebrengen.

Op basis van bovenstaande, wordt afgeleid dat de belangrijkste bron van ammonium de bovenstroomse aanvoer is. Binnen het KGT is er een bijkomende netto verhoging door zowel punt- als diffuse bronnen; terwijl influx van Westerscheldewater voor een verdunning zorgt.

De analyse wijst echter uit dat nog 40% van de jaarlijkse emissie onbekend is. De onbekende flux is deels toe te kennen aan het ontbreken van antropogene fluxen uit WEISS en Emissieregistratie. Toch, gezien de sterke gelijkheid met N_{tot} (§4.2.2), lijkt dit onvoldoende en is ook hier vervolgonderzoek aangewezen.

4.2.4 Fosfor (P)

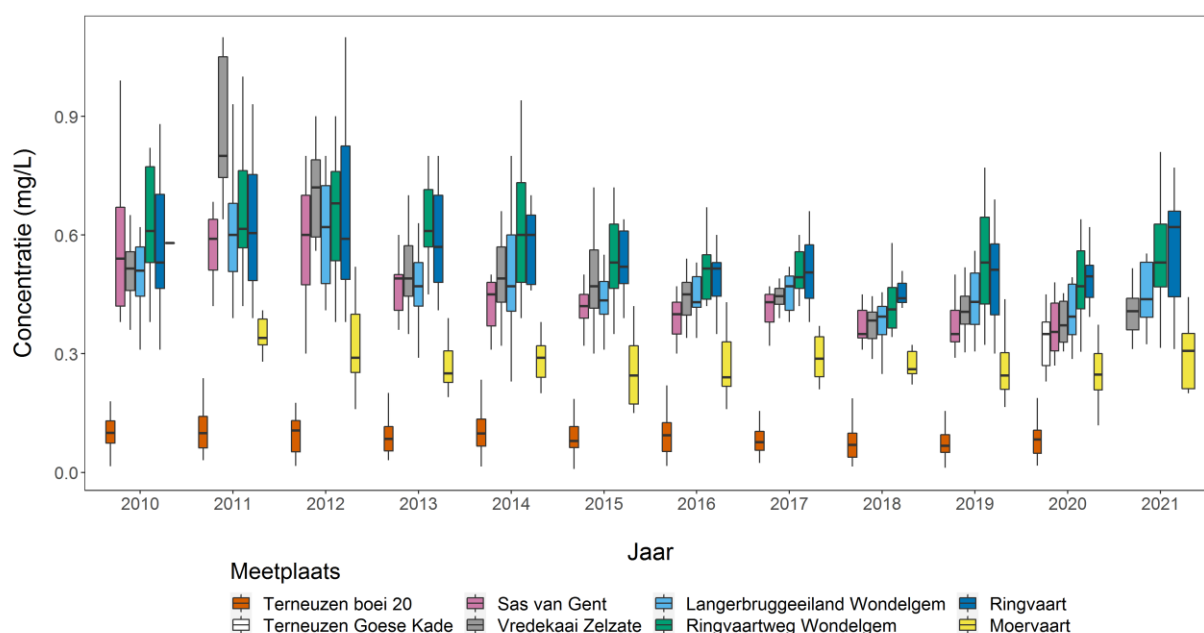
Algemene toelichting: Fosfor is een noodzakelijke nutriënt voor zowel planten als dieren en wordt dan ook vaak gebruikt in kunstmest en diervoeder.

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. De waargenomen detectielimiet ligt hoger in het Belgisch deel: sporadisch (historisch) op 0,25 tot 0,30 mg/l. Deze werd echter nauwelijks waargenomen (Figuur 9).

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 16) In het KGT en de Ringvaart is er een dalende trend zichtbaar tot in 2018, waarna deze (beperkt) terug stegen. In de Moervaart is de jaar-op-jaar variatie te hoog om een eenduidige trend te kunnen afleiden. De Westerschelde vertoont een beperkt dalende trend.

KGT wordt gekenmerkt door een negatieve Noord-Zuid gradiënt, waarbij er – gemiddeld gezien – lagere concentraties worden gemeten aan stroomopwaartse zijde dan in Nederland en in de Westerschelde: In de Westerschelde (Terneuzen Boei 20) worden aanzienlijk lagere concentraties gemeten dan op het KGT, wat betekent dat een influx vanuit de Westerschelde eerder een verdunning zal veroorzaken. Ook de Moervaart vertoont aanzienlijk lagere concentraties aan Fosfor. In de Ringvaart liggen de gemeten concentraties vaak hoger dan in het kanaal zelf.

Concentratie P t langs meetpunten



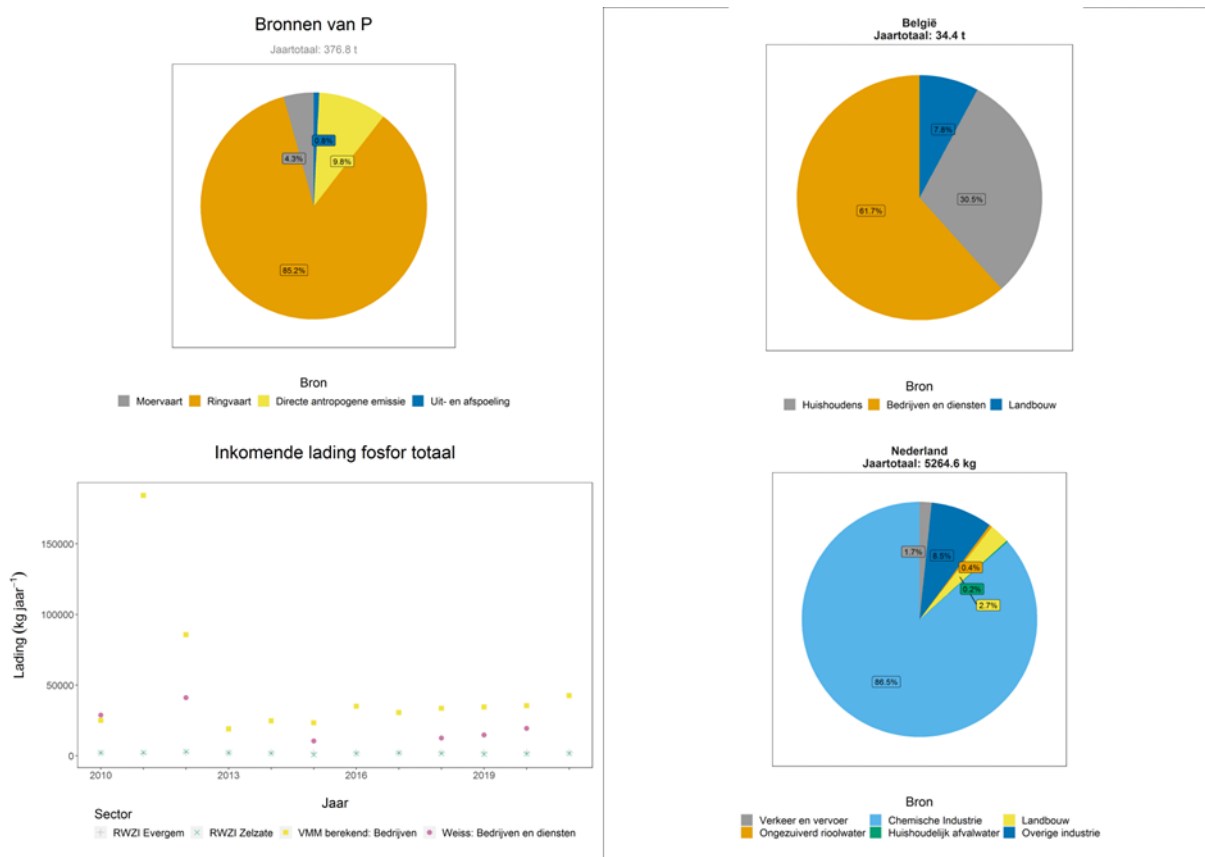
Figuur 16: Fosfor – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: (Figuur 17) de gekende, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van fosfor (totaal) bedraagt 377 ton (gemiddeld over de beschouwde jaren). Hiervan is het overgrote deel afkomstig van de Ringvaart (85%), terwijl 4% afkomstig is van de Moervaart.

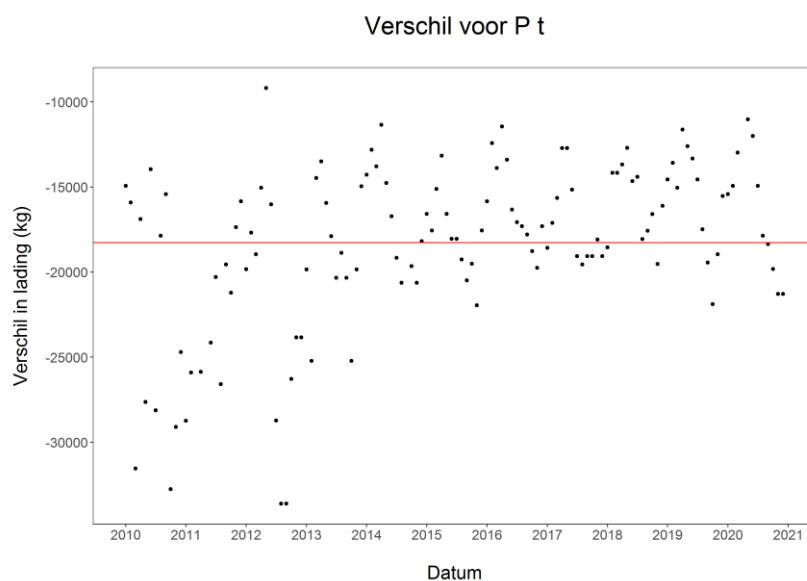
Het detail van de **directe antropogene emissie** leert dat de emissie naar het Belgisch deel van KGT (34 ton) hoger ligt dan het Nederlands deel (5 ton). Hiervan is in België het gros afkomstig van de sector *Bedrijven en Diensten* (62%), gevolgd door Huishoudens (30%). Merk op hoe het WEISS-model de vracht afkomstig van directe lozingen door bedrijven mogelijk onderschat.

In Nederland loost er geen RWZI op het KGT, waardoor het huishoudelijk afvalwater nauwelijks bijdraagt (0,2%). Hier is het overgrote deel toe te kennen aan de Chemische industrie (87%).

Figuur 18 leert dat de berekende lading naar het KGT consequent onderschat wordt voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse onderschatting bedraagt ca. 18 ton. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt men een onderschatting van ca. 220 ton. Dit betekent dat maar 60% van de emissies gekend is. Het WEISS-model onderschat inderdaad de vracht afkomstig van directe lozingen door bedrijven in België (Figuur 17), maar deze kan niet de volledige ontbrekende lading voor zich nemen. Ook de ontbrekende flux uit de Gentse Binnenwateren wordt als te klein beschouwd. Naast het feit dat er een aanzienlijke onzekerheid zit op de berekeningsmethode, is vervolgonderzoek hier aangewezen.



Figuur 17: Fosfor – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor zowel België als Nederland (RECHTS) en een vergelijking tussen het WEISS-model en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (LINKSONDER).



Figuur 18: Fosfor Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit Fosfor: De waargenomen concentraties impliceren een belangrijke influx vanuit de Ringvaart, waarbij er (a) verdunning optreedt door menging met minder nutriëntenrijkwater (vanuit de Westerschelde en Moervaart) en/of (b) een netto opname optreedt van deze nutriënten. Merk op dat dit laatste niet betekent dat er geen bijkomende emissie optreedt naar het KGT: gemiddeld bedraagt de directe antropogene emissie nog steeds ca. 40 ton per jaar. Deze is voornamelijk afkomstig van industrie.

De analyse wijst echter uit dat nog 40% van de jaarlijkse emissie onbekend is (niet vervat in emissieregistratie, WEISS of de berekende aanvoer uit de Ringvaart en Moervaart). Het WEISS-model onderschat inderdaad de vracht afkomstig van directe lozingen door bedrijven in België, maar deze kan niet de volledige ontbrekende lading voor zich nemen. Ook de ontbrekende flux uit de Gentse Binnenwateren wordt als te klein beschouwd. Naast het feit dat er een aanzienlijke onzekerheid zit op de berekeningsmethode, is vervolgonderzoek hier aangewezen.

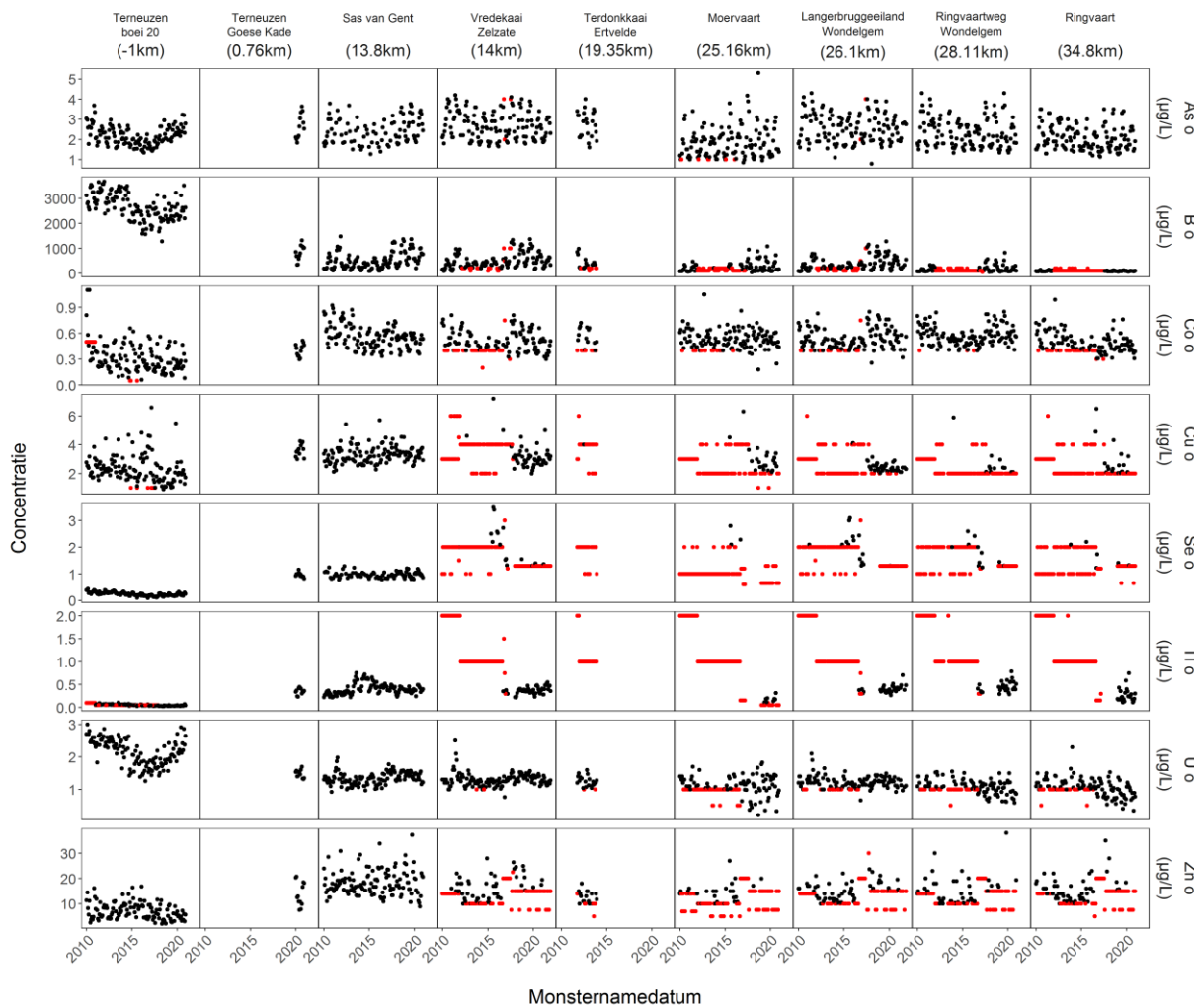
4.3 Metalen

4.3.1 Inleiding

Metalen zijn per definitie niet afbreekbaar in het aquatische milieu waardoor (bio)accumulatie optreedt. Hoewel een aantal metalen essentieel zijn voor verschillende biochemische processen in organismen, kunnen ze ook toxisch zijn voor waterplanten en/of -dieren wanneer ze in te hoge concentraties voorkomen. Voor diverse metalen is er in grond- en oppervlaktewater een (natuurlijke) achtergrondconcentratie aanwezig. Een fractie blijft opgelost in het oppervlaktewater, terwijl een groot deel in gebonden toestand voorkomt. Op Europees niveau is gekozen voor oppervlaktewaternormen voor opgeloste metalen, gezien het de opgeloste vorm is die in grote mate de ecotoxiciteit van de metalen naar het waterleven bepaald (VMM, 2017).

Geen van de voor deze studie relevante metalen is opgenomen in de lijst met prioritaire stoffen van de Kaderrichtlijn Water. De aanwezigheid en mate van concentratie van deze metalen in vb. bedrijfsafvalwater wordt wel ingeperkt door middel van regulerende maatregelen, zoals lozingsheffingen en omgevingsvergunningen (VMM, 2017).

Figuur 19 presenteert het verloop van de metalen doorheen het studiegebied, alsook de aangrenzende waterlichamen. In België bevonden er zich meerdere concentraties onder de detectielimiet (rode punten), waardoor deze niet bepaald konden worden. Deze metingen zijn weggelaten uit verdere analyses. Vooral bij Boor, Koper, Selenium, Thallium en Zink blijven er maar een beperkt aantal meetpunten over. Volgende deelhoofdstukken bespreken het verloop van iedere stof, alsook de respectievelijke emissie naar het KGT in meer detail.



Figuur 19: Verloop van metalen (opgeloste concentratie) doorheen het studiegebied en aangrenzende waterlichamen met aanduiding van de metingen waarbij de concentratie niet bepaald kon worden door de detectielimiet (ROOD)

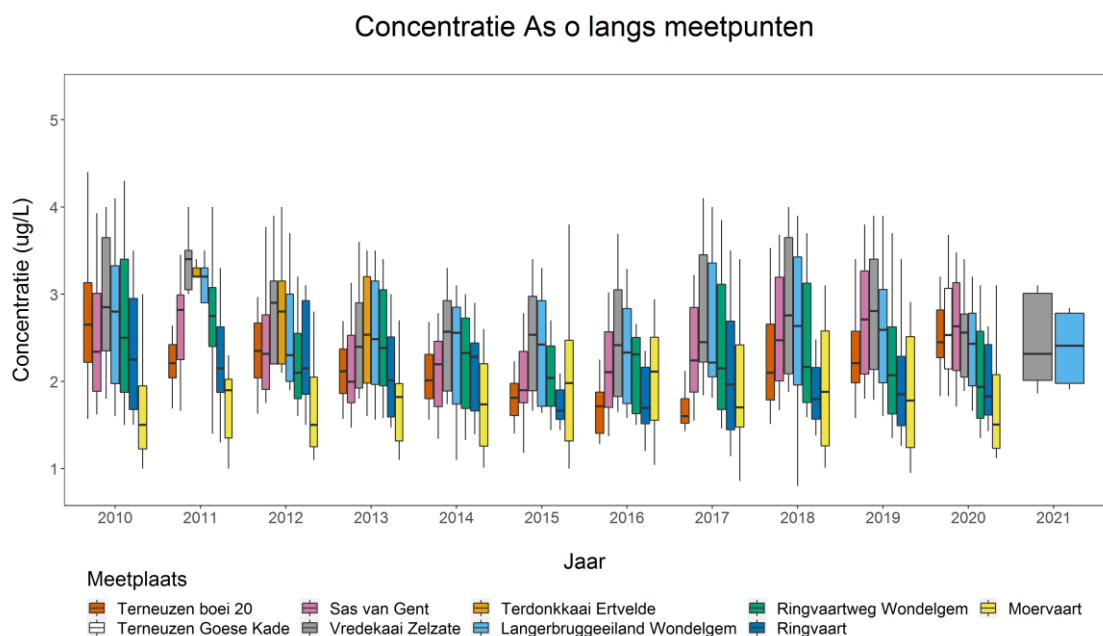
4.3.2 Arseen (As)

Algemene toelichting: Arseen komt typisch van uit- en afspoeling van landbouw- en/of natuurbodems. In Nederland is deze uit- en afspoeling verantwoordelijk voor zo'n 60% van de totale binnenlandse arseenemissie. Uitspoeling uit de bodem vindt plaats na reductie van ijzeroxiden of de oxidatie van pyriet. Vanwege dit natuurlijk karakter kan de arseenconcentratie grote regionale verschillen vertonen. Indien arseen vanwege antropogene activiteiten in het milieu terecht komt, is dit meestal afkomstig van industriële activiteiten zoals mijnbouw, afvalverbranding en hout conservering (Waterkwaliteitsportaal, 2022). Ook zeewater bevat een achtergrondconcentratie aan Arseen.

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 1 en 4 µg/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 20) De Westerschelde vertoont een dalende concentratie tot in 2016-2017, waarna het Arseegehalte opnieuw steeg tijdens de recent drogere jaren. De overige meetpunten op het KGT (dus excl. Ringvaart en Moervaart) volgen een gelijkaardig patroon, maar minder uitgesproken.

De laagste waarden worden gemeten in de Moervaart, gevolgd door de Ringvaart. De hoogste waarden worden gemeten tussen Zelzate en Wondelgem. Dit patroon wijst op een beperkte influx vanuit de Ringvaart, waarna er aanrijking optrad in het Belgisch deel van het KGT. 2020 was een uitzondering⁴: de ruimtelijke trend vertoont een stijging naar de Westerschelde toe waarbij de meting in Sas Van Gent hoger liggen dan in Zelzate. Dit kan mogelijk op een gedeeltelijke aanvoer vanuit de Westerschelde wijzen. Meer meetgegevens in de nabije toekomst zullen moeten uitwijzen of dit patroon gehandhaafd blijft.



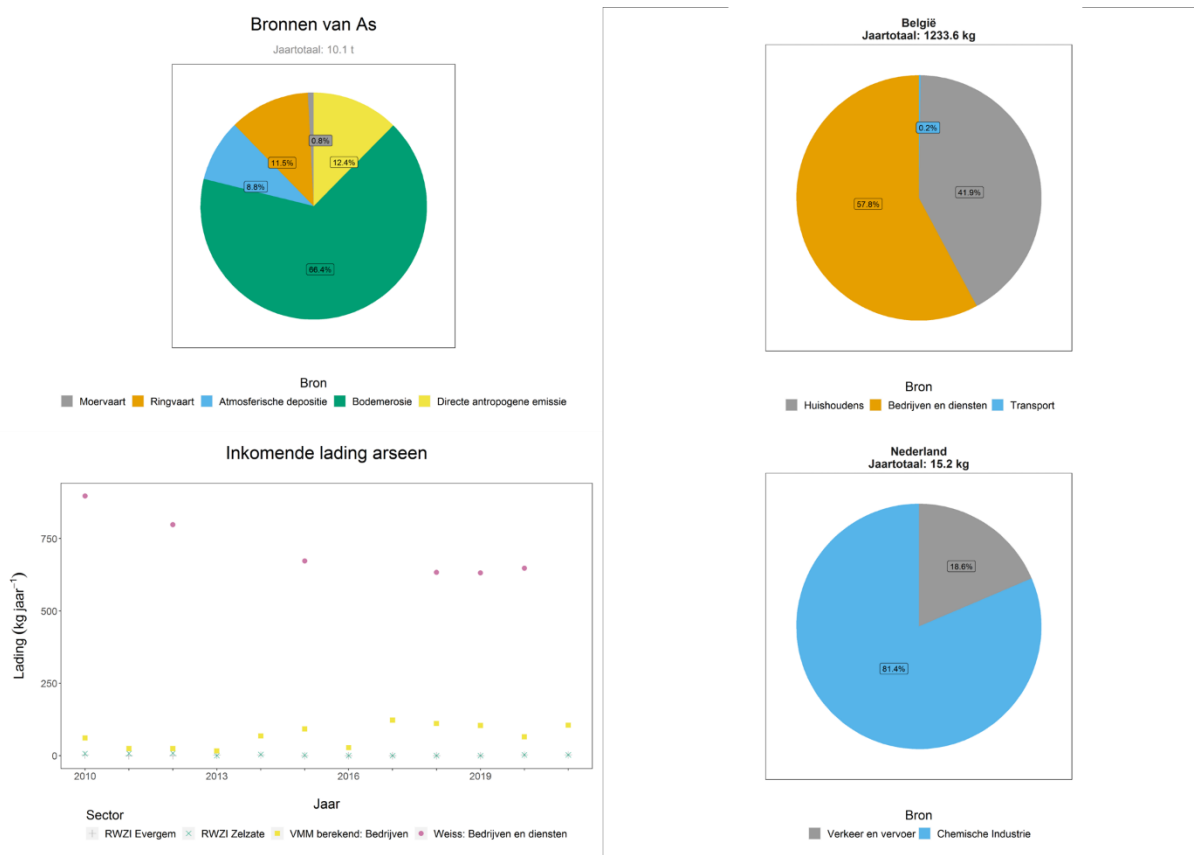
Figuur 20: Arseen Opgelost – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

⁴ Alhoewel 2019 al in de buurt kwam.

Berekende lading: (Figuur 21) de gekende, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van Arseen (totaal) bedraagt ca. 10 ton (gemiddeld over de beschouwde jaren). Hiervan is het overgrote deel afkomstig van bodemerisie (66%). Deze lading wordt aangevuld met Directe antropogene emissie (12%) en een aanvoer vanuit de Ringvaart (11%).

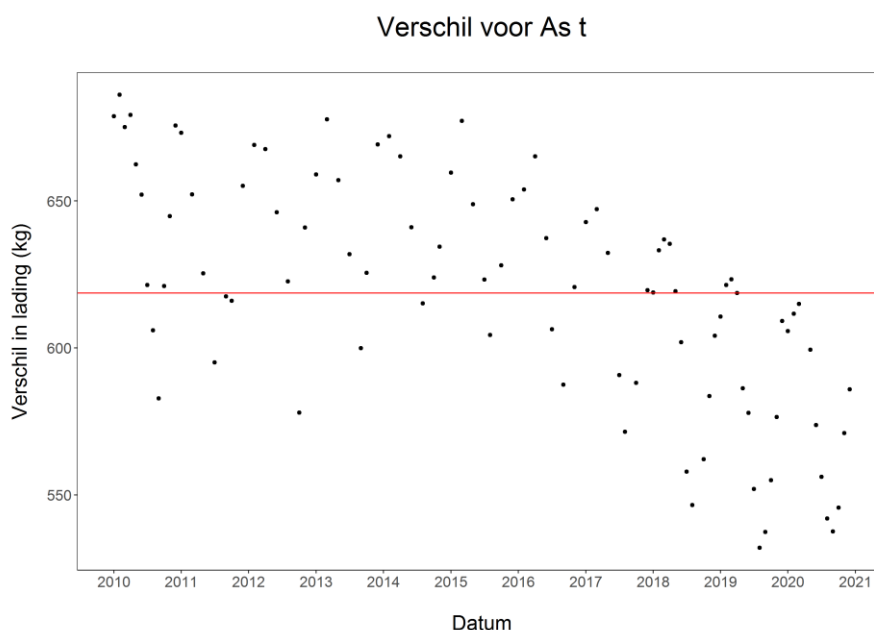
Het detail van de **directe antropogene emissie** leert dat de emissie naar het Belgisch deel van KGT (1,2 ton) aanzienlijk hoger ligt dan het Nederlands deel (15 kg). In België wijst WEISS op 57% afkomstig van de sector *Bedrijven en Diensten* en 42% door Huishoudens. In Nederland komt 81% van de emissie van de Chemische industrie (90%).

Merk op hoe het WEISS-model de vracht afkomstig van directe lozingen door bedrijven mogelijk overschat (Figuur 21). Figuur 22 leert inderdaad dat de berekende lading naar het KGT een **overschatting** geeft voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse overschatting bedraagt 625 kg. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een overschatting van 7,5ton, wat inhoudt dat de daadwerkelijke emissie ca. 4maal lager zou liggen. Deze overschatting is niet louter toe te schrijven aan de door WEISS gesimuleerde emissie van Bedrijven en Diensten, maar lijkt ook de resultante van (a) een overschatting van de emissie door bodemerisie, (b) een netto onttrekking wanneer de concentratie zich bindt aan zwevende stof en bezinkt naar de waterbodem en (c) een onbekende verdunning door influx van Westerscheldewater – excl. 2020 dan. Verder onderzoek kan uitsluitsel geven.



Figuur 21: Arseen Totaal – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor zowel België als Nederland (RECHTS) en

een vergelijking tussen het WEISS-model en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (LINKSONDER).



Figuur 22: Arseen Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

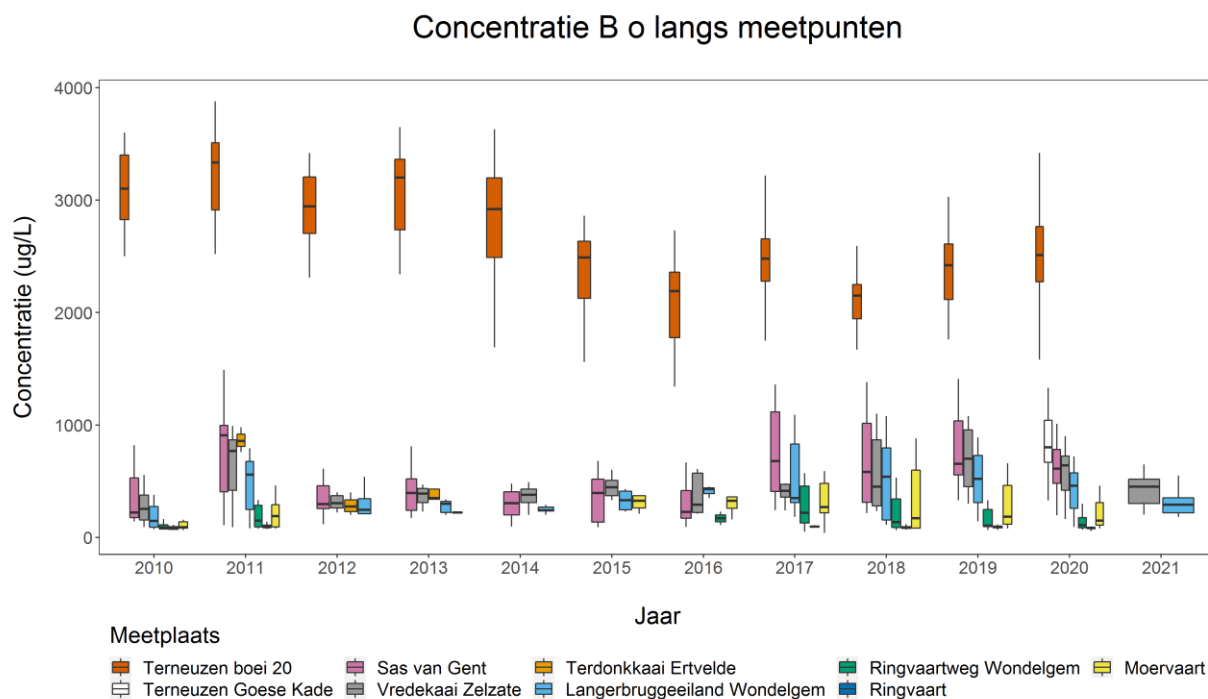
Besluit Arseen: De waargenomen concentraties impliceren een beperkte influx vanuit de Ringvaart, wat gestaafd wordt door de berekende lading. Gemiddeld over de jaren heen trad er verdunning op bij een influx van Westerscheldewater, maar in 2020 veranderde dit patroon en veroorzaakte dit een verhoging in concentratie. Recentere metingen zullen uitsluitel moeten geven of dit patroon gehandhaafd blijft. Binnen het KGT treedt een aanzienlijke emissie ten gevolge van bodemerisatie op. Toch, het lijkt er op dat de totale emissie aanzienlijk overschat wordt. Bijkomend onderzoek moet uitwijzen wat de oorzaken zijn: (a) een overschatting van de emissie door bodemerisatie, (b) een netto onttrekking wanneer de concentratie zich bindt aan zwevende stof en bezinkt naar de waterbodem, (c) een onbekende verdunning door influx van Westerscheldewater – excl. 2020 dan en (d) een overschatting van de emissie door de industrie of een combinatie van voorgaande.

4.3.3 Boor (B)

Algemene toelichting: Een belangrijke natuurlijke bron is zeewater. Emissies van boor schrijft men vaak toe aan bedrijven uit de chemische sector (veel toepassingen in medische sector) en bedrijven gericht op het winnen van delfstoffen (voor metallurgie, optica en elektronica toepassingen). In de staalindustrie wordt boor gebruikt om de eigenschappen en bewerkbaarheid van staal te verbeteren. Uit Nederlandse studies blijkt dat andere relevante bronnen atmosferische depositie (vuurwerk), landbouw (meststoffen/pesticiden), consumentenproducten (wasmiddelen, verzorgingsproducten) en uit- en afspoeling van de bodem (vooral kleilagen) zijn. Het gaat hier dan om binnenlandse emissies (geen buitenlandse aanvoer). (Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 100 en 200 µg/l tot sporadisch 1000 µg/l.

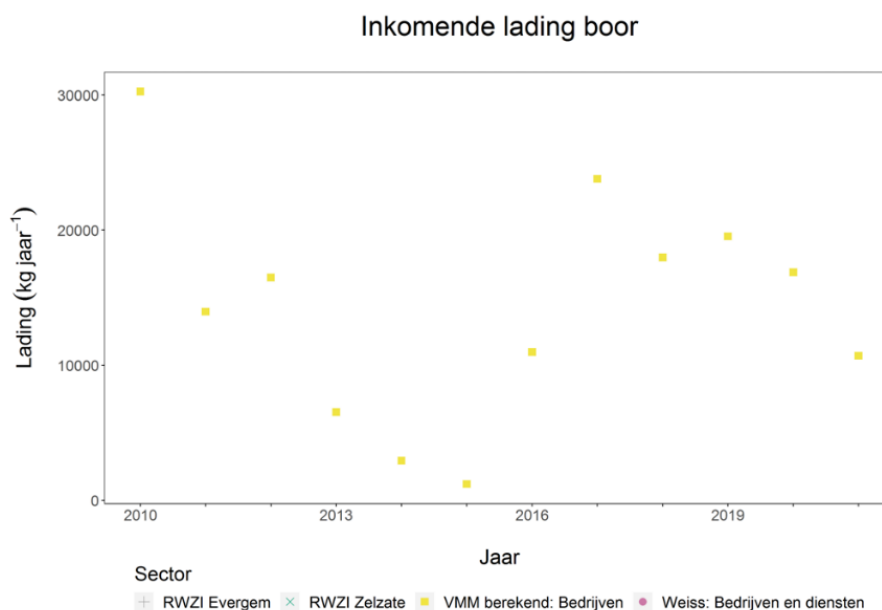
Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 23) Het waargenomen Boorgehalte bevestigt de mariene oorsprong: de concentratie ligt aanzienlijk hoger in de Westerschelde en op het KGT is een Noord-Zuid gradiënt waarbij de concentratie verhoogt naar de Westerschelde toe. In droge jaren wordt deze trend aangescherpt en stijgt het Boorgehalte zelfs tot aan de bovengrens van ons studiegebied (Ringvaartweg Wondelgem en Moervaart).



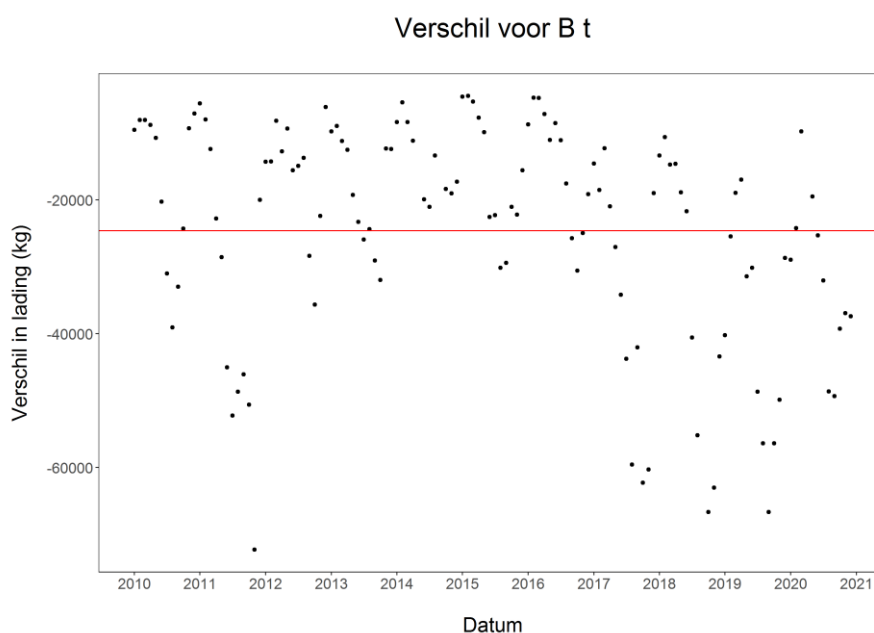
Figuur 23: Boor Opgelost – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: (Figuur 24) Boor zit niet vervat in WEISS, noch in emissieregistratie waardoor de antropogene emissie grotendeels onbekend is. De door de VMM berekende lading voor de Belgische bedrijven die vergund lozen op KGT, fluctueert van 1 tot 30ton per jaar. De belangrijkste bron blijft echter de mariene influx. Figuur 25 leert inderdaad dat – indien deze influx niet in rekening gebracht wordt – de berekende lading naar het KGT aanzienlijk onderschat wordt voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse onderschatting bedraagt 24,5 ton. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van bijna 300 ton.

Besluit Boor: De belangrijkste bron van Boor is de mariene influx, zeker in droge jaren. Alle overige bronnen vallen hierbij in het niet.



Figuur 24: Boor Totaal – emissie naar KGT: de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven.



Figuur 25: Boor Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

4.3.4 Kobalt (Co)

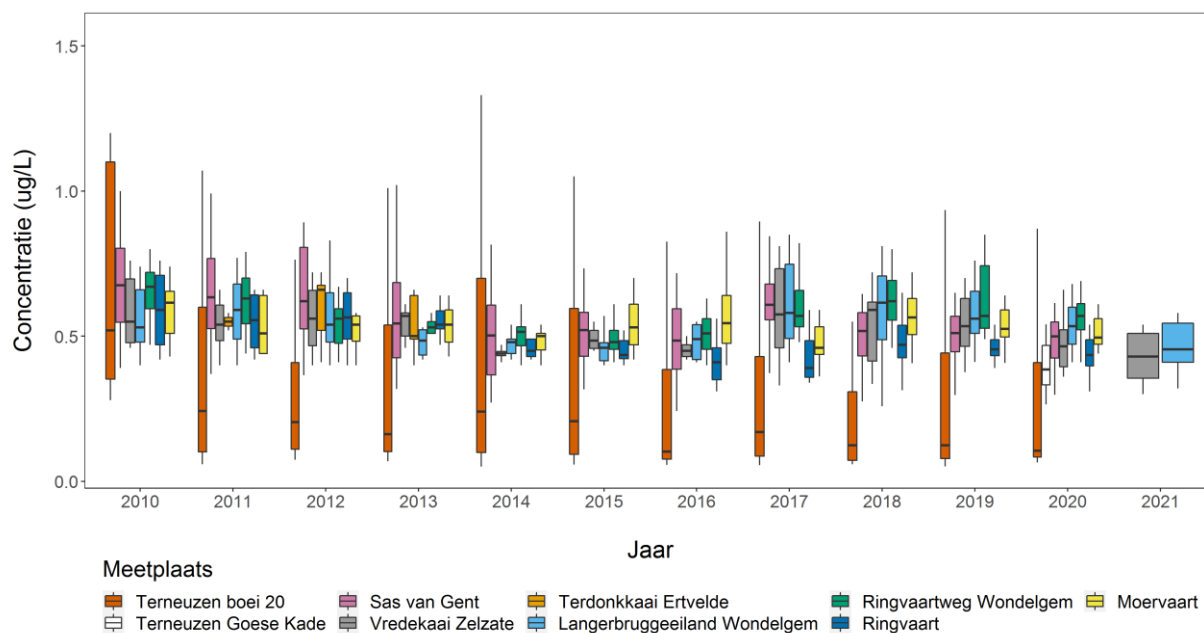
Algemene toelichting: Hoewel er significante verschillen zijn binnen de stroomgebieden, wordt algemeen de binnenlandse kobaltemissie in Nederland voor 90% veroorzaakt door de uit- en afspoeling van landbouw- en/of natuurbodems (deze varieert doorheen de jaren afhankelijk van de hoeveelheid neerslag). In bijvoorbeeld het Scheldestroomgebied speelt atmosferische depositie quasi een even belangrijke rol als uit- en afspoeling. Andere relevante bronnen zijn de directe lozingen bij

afvalverbranding en het verwerken van voedingsmiddelen die over datum zijn. Sporen worden ook teruggevonden in mest. Het blijft echter lastig een onderscheid te maken tussen natuurlijke en antropogene bronnen (Waterkwaliteitsportaal, 2022). In 2019 was er in Vlaanderen in 52% van de waterlichamen een normoverschrijding voor kobalt. Het hoge percentage aan kobalt werd toegeschreven aan haar aanwezigheid in veevoeder (en dus mest) en de natuurlijke aanvoer vanuit grondwater (VMM, 2022a).

Detectielimieten: In Nederland bedroeg de detectielimiet in 2010 nog 0,5 µg/l, deze is daarna aangescherpt tot 0,050 µg/l. In het Belgisch deel bedroeg de detectielimiet (vnl. tot vóór 2016) 0,2 µg/l en sporadisch 1,5 µg/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 26) Het kobaltgehalte van de Westerschelde fluctueert aanzienlijk, maar gezien de dalende trend, ligt deze recent (sinds 2016) meestal lager dan in het KGT. De concentratie op de Ringvaart ligt lager dan in het KGT. Recent manifesteerde zich een Noord-Zuid gradiënt met dalende concentraties naar de Westerschelde toe.

Concentratie Co o langs meetpunten

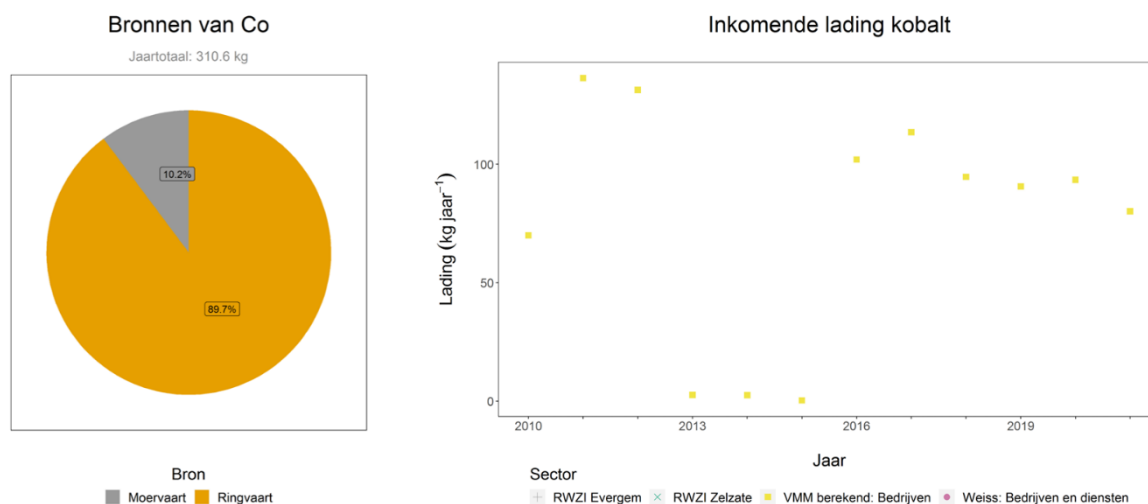


Figuur 26: Kobalt Opgelost – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

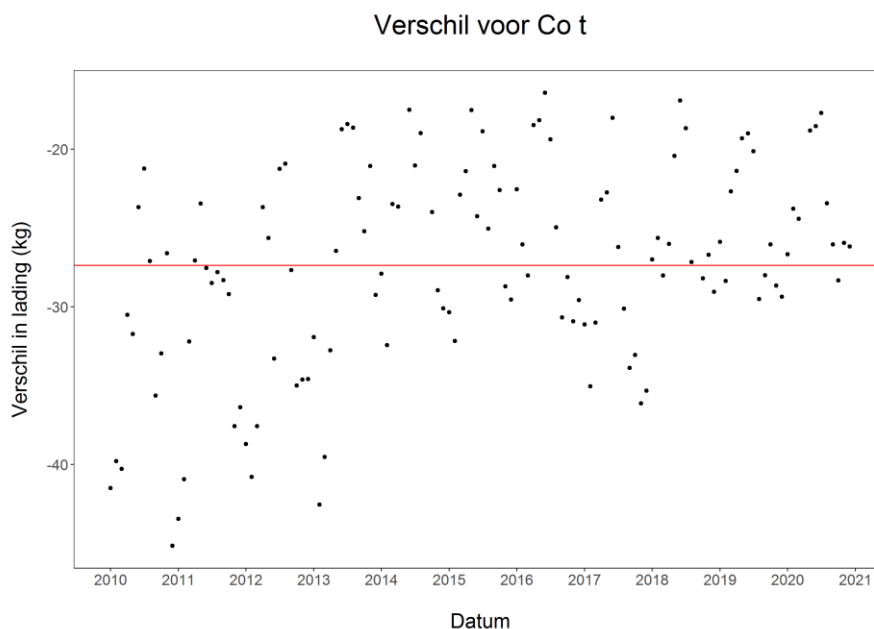
Berekende lading: (Figuur 27) Kobalt zit niet vervat in WEISS waardoor de antropogene emissie deels onbekend is. De Nederlandse emissie naar het KGT is verwaarloosbaar (2 gram t.g.v. ongezuiverd rioolwater) en bijgevolg niet weergegeven. De lading vanuit de Ringvaart (90%) en Moervaart (10%) bedraagt gemiddeld 310 kg/jaar. De door de VMM berekende lading voor de Belgische bedrijven die vergund lozen op KGT, kan tot 130kg per jaar bedragen. De antropogene emissie naar het KGT is dus niet te verwaarlozen.

Figuur 25 leert inderdaad dat de berekende lading naar het KGT aanzienlijk onderschat wordt voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse onderschatting bedraagt bijna 30 kg. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van ca. 300 kg. Dit

betekent dat 50% van de emissie gemist wordt indien men enkel de bovenafvoer en emissieregistratie in rekening brengt. De onbekende lading lijkt men te kunnen toeschrijven aan (a) de emissie door Belgische bedrijven, (b) het ontbreken van Belgische emissiegegevens over uit- of afspoeling en atmosferische depositie.



Figuur 27: Kobalt Totaal – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKS) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (RECHTS).



Figuur 28: Kobalt Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit Kobalt: De aanvoer vanuit de Moervaart en Ringvaart samen met de berekende emissie in het Nederlands deel, kan maar ca. 50% van de geschatte lading verklaren. Het overige deel moet gezocht

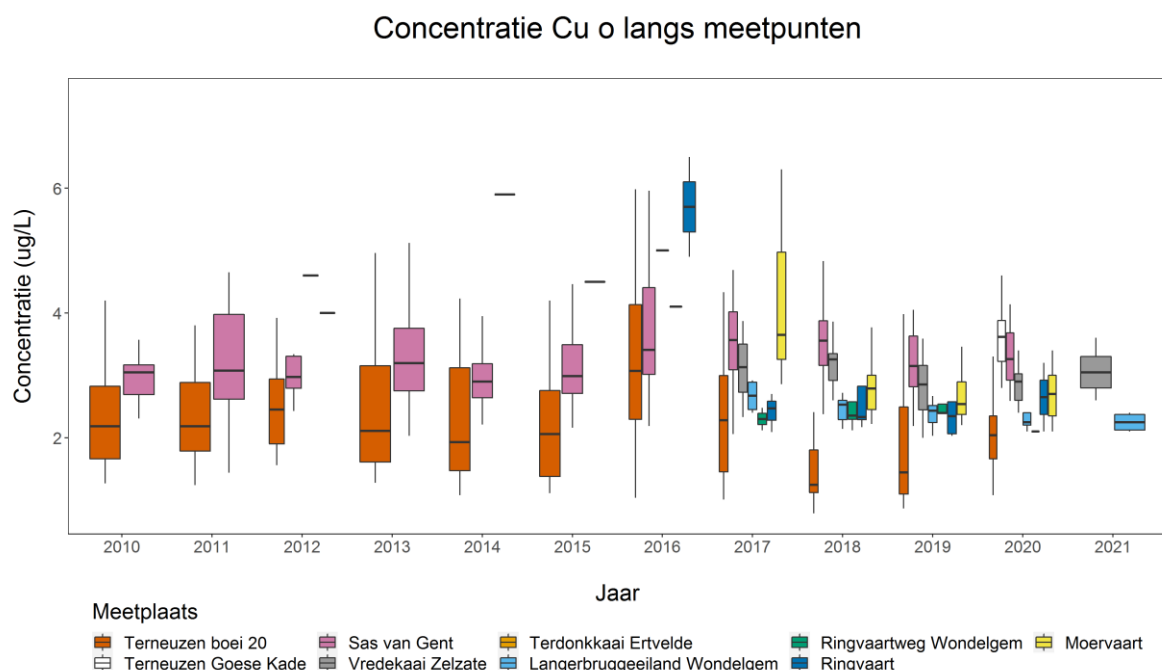
worden in emissie in het Belgisch deel van KGT. De vergunde lozingen door bedrijven lijken hier op het eerste zicht minstens de helft voor hun rekening te nemen. Overige onbekende bronnen zijn uit- of afspoeling en atmosferische depositie.

4.3.5 Koper (Cu)

Algemene toelichting: Algemeen in Nederland heeft de uit- en afspoeling van bodems een belangrijke impact op de koperconcentratie in de waterlopen. Toch, de bijdrage van de individuele bronnen varieert sterk van regio tot regio. Vaak genoemde bronnen zijn depositie, uit- en afspoeling van landbouw- en natuurbodems, industrie en aandelen uit RWZI-effluent en ongezuiverd rioolwater. Koper ook komt voor in de koperhoudende antifouling laag bij scheep- en pleziervaart (Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: In Nederland bedraagt de detectielimiet 1 µg/l. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 1 en 20 µg/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 29) Merk op hoe de hoge detectielimieten in het Belgisch deel zorgen voor een vertekend beeld in de respectievelijke boxplots (zie ook Figuur 19): de Belgische boxplots liggen hoger dan de werkelijkheid. De laagste concentraties worden gemeten in de Westerschelde, gevolgd door deze aan de opwaartse kant van het KGT. In het KGT manifesteert er zich een Noord-Zuid gradiënt waarbij de hoogste concentraties in Nederland⁵ gemeten worden en dalende concentraties stroomopwaarts. De concentraties op de Ringvaart wijzen erop dat deze bovenafvoer een verdunning van de concentratie veroorzaakt. De Moervaart werd in 2017 gekenmerkt door abnormaal (op basis van de ruimtelijke verdeling in andere jaren) hoge concentraties.



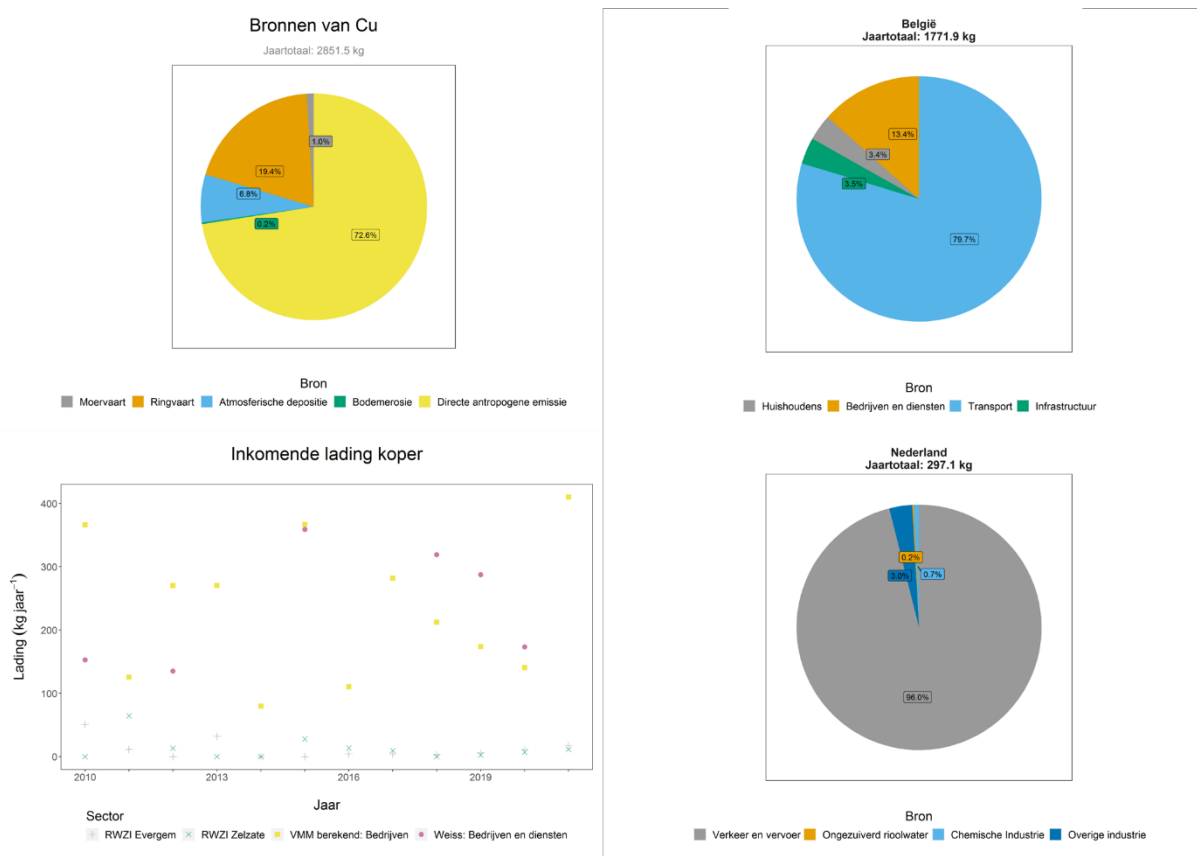
Figuur 29: Koper Opgelost – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

⁵ Nabij Terneuzen Goese Kade werd er enkel in 2020 gemeten. Gedurende dit ene jaar, lag de concentratie hier nog hoger dan in Sas van Gent

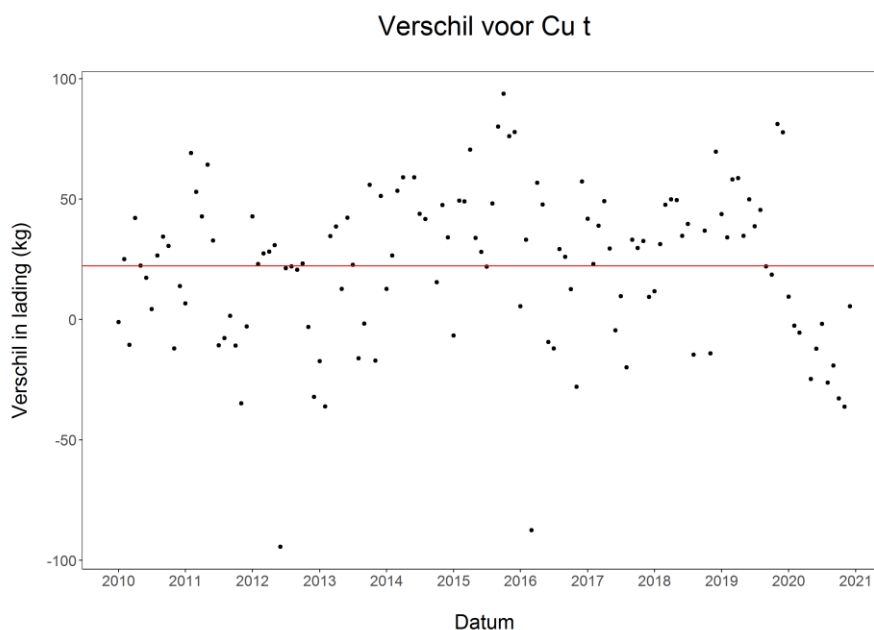
Berekende lading: (Figuur 30) de gekende, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van koper bedraagt ca. 3 ton (gemiddeld over de beschouwde jaren). Hiervan is het overgrote deel afkomstig van directe antropogene emissie (72%).

Het detail van de **directe antropogene emissie** leert dat de emissie naar het Belgisch deel van KGT (1,8 ton) aanzienlijk hoger ligt dan het Nederlands deel (0,3 ton). In België duidt WEISS er op dat 80% afkomstig is van de transportsector (inclusief scheepvaart) en 13,4% van *Bedrijven en Diensten*. In Nederland neemt de transport quasi alles (96%) voor zijn rekening.

Figuur 22 leert ons dat de berekende lading naar het KGT gemiddeld gezien een overschatting geeft, toch soms treedt ook een onderschatting op. De gemiddelde bias bedraagt 22 kg voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een gemiddelde overschatting van 300kg of 10%.



Figuur 30: Koper Totaal – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor zowel België als Nederland (RECHTS) en een vergelijking tussen het WEISS-model en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (LINKSONDER).



Figuur 31: Koper Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit Koper: De waargenomen koperconcentratie is voor drie kwart afkomstig van antropogene emissie, waarbij de transportsector het gros voor zijn rekening neemt. Het grootste deel van de emissie vindt plaats in het Belgisch deel. Toch, gezien de verdunnende werking van de bovenaanvoer uit de Ringvaart, verkrijgt men een Noord-zuid gradiënt met hogere concentraties nabij Terneuzen en lagere opwaarts.

4.3.6 Seleen (Se)

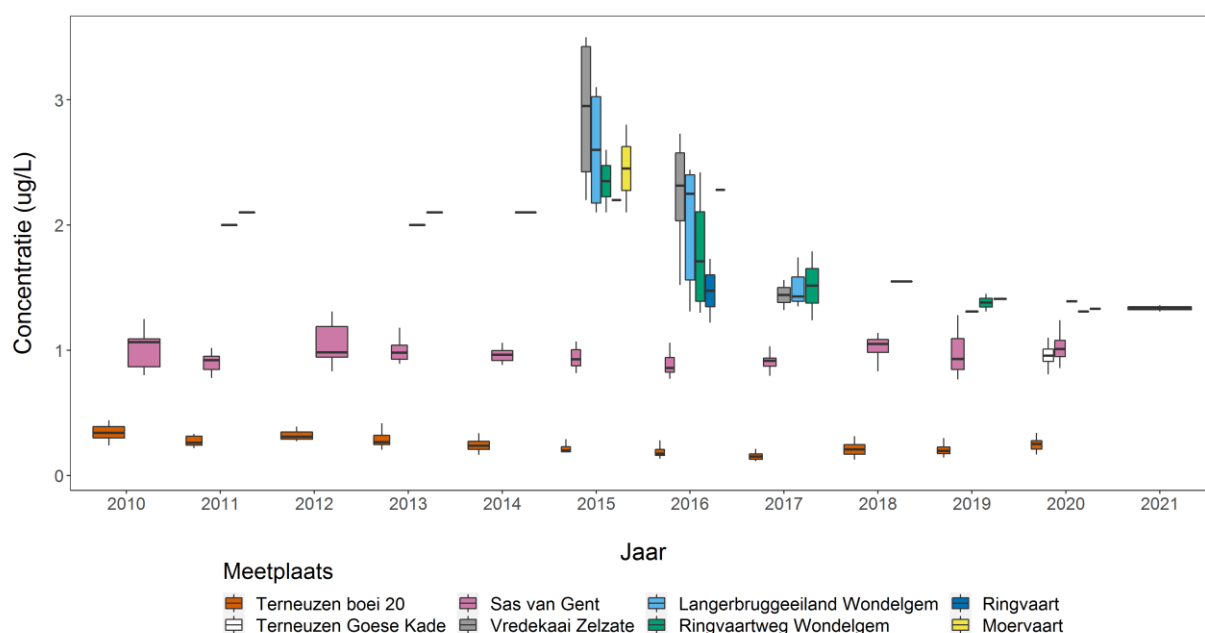
Algemene toelichting: Een belangrijke bron voor seleenemissies is de uit- en afspoeling van landbouw- en natuurbodems. Seleen wordt vaak gebruikt als voedingssupplement en in kunstmest. Een tweede belangrijke bron is de verbranding van fossiele brandstoffen (atmosferische depositie), waarbij de impact van vooral steenkool groot is. In Nederland werd reeds vastgesteld dat de bovenste sedimentlaag in rivieren een hoger seleengehalte bevat dan de lagen van het pre-industriële tijdperk (Waterkwaliteitsportaal, 2022; Deltares, 2016). Veengebieden worden ook gekenmerkt door hogere seleengehalten (seleen kan vrijkomen bij de afbraak van veen) (Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 0,6 µg/l en 1,3 µg/l en vóór 2015 ook tot aan 2µg/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 32) De hoge detectielimieten in België, zorgen voor een vertekent beeld in de respectievelijke boxplots. In 2015 werd de detectielimiet geoptimaliseerd, maar nog steeds bedraagt de concentratie van veel metingen minder dan de detectielimiet (zie ook Figuur 19). Alle Belgische boxplots geven dus een overschatting van de werkelijkheid. Deze werden hier dan ook niet verder besproken.

In de Westerschelde ligt het Seleniumgehalte lager dan in KGT. Een instroom van Westerscheldewater zorgt dus eerder voor een verdunning. Dit lijkt gestaafd door de metingen in 2020: met lagere waargenomen Seleniumgehalten in Terneuzen (Goese Kade) dan in Sas van Gent.

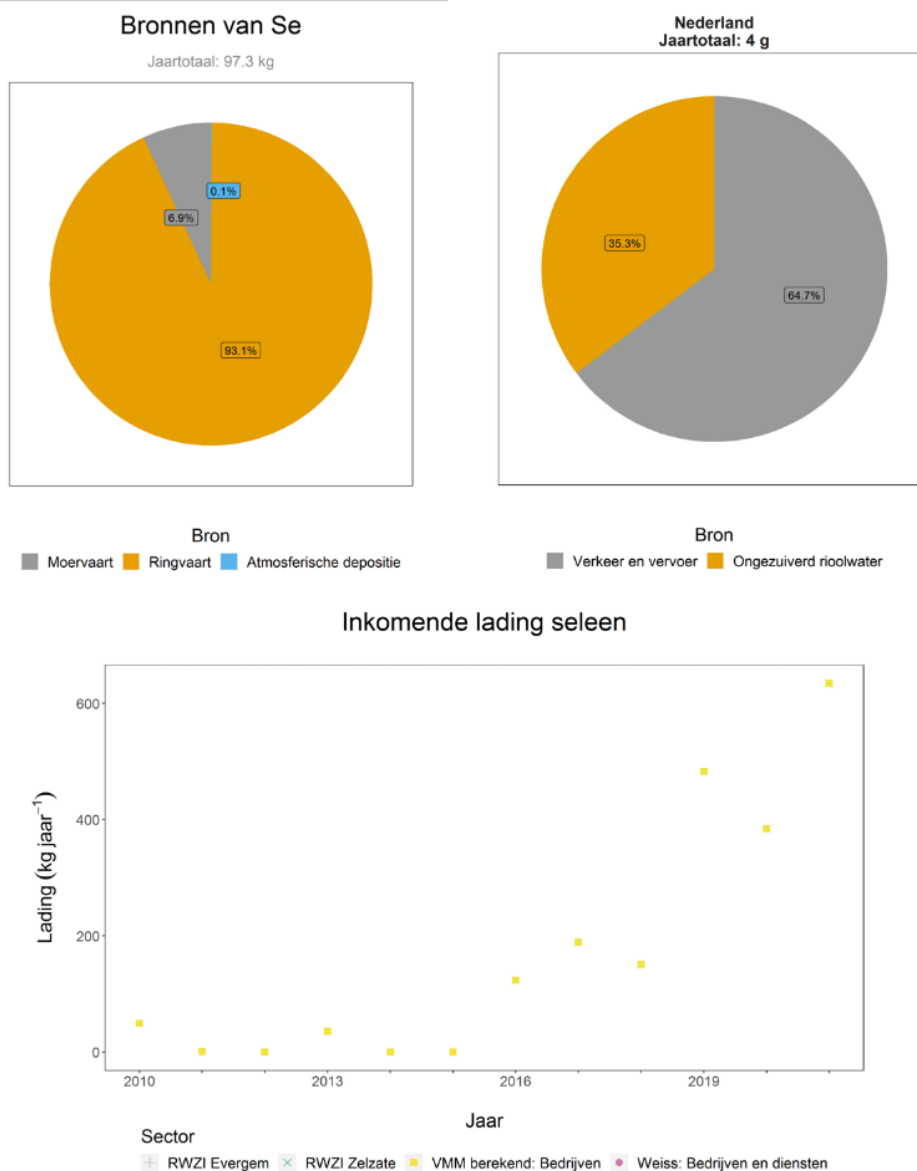
Concentratie Se o langs meetpunten



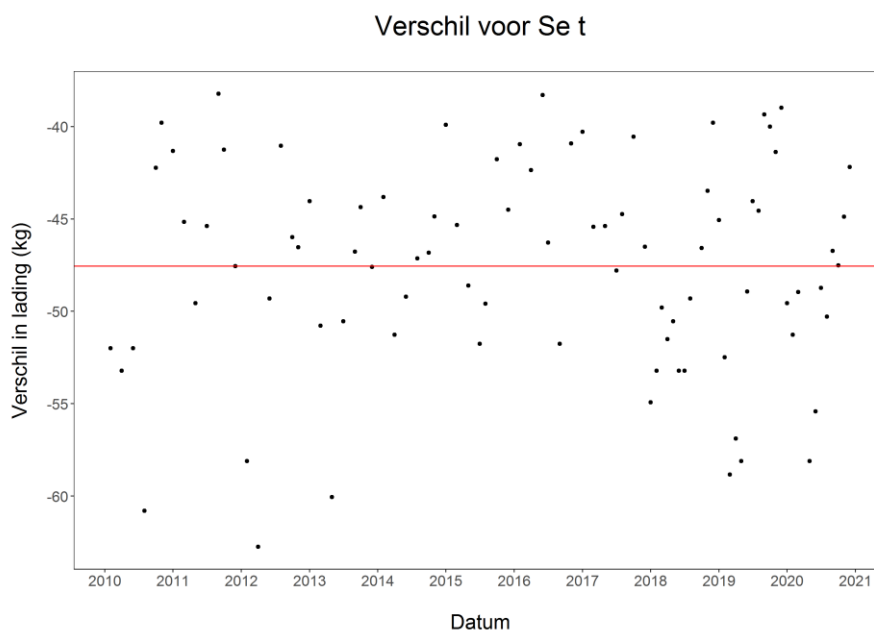
Figuur 32: Seleen Opgelost – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: (Figuur 33) Selenium zit niet vervat in WEISS, waardoor de antropogene emissie aan Belgische zijde niet vervat zit in de taartdiagrammen van Figuur 33. De geschatte, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van Selenium (totaal) bedraagt ca. 100 kg (gemiddeld over de beschouwde jaren). De gepresenteerde influx via de Ringvaart en Moervaart is echter een overschatting: gezien het beperkt aantal meetwaarden die boven de detectielimiet uitkwamen, zijn enkel deze hoge concentraties meegenomen om de lading te berekenen. Atmosferische depositie neemt bijgevolg een belangrijker aandeel in. De directe emissie in Nederland is te verwaarlozen. De door de VMM berekende lading voor de vergunde bedrijven, leren ons echter dat de directe emissie in België – niet opgenomen in het taartdiagram, gezien Selenium ontbreekt in WEISS – een aanzienlijk aandeel voor zijn rekening neemt. Bovendien zitten deze in stijgende lijn: tot >600 kg in 2021.

Figuur 34 leert ons inderdaad dat de lading naar het KGT een onderschatting geeft voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse onderschatting bedraagt ca. 50 kg. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van ca. 600 kg. Rekening houdend met het feit dat influx via de bovenafvoer ook al overschat is, ontbreekt er een aanzienlijke lading, vermoedelijk grotendeels t.g.v. ontbrekende cijfers aan Belgische kant.



*Figuur 33: Seleen Totaal – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal – Merk op: de influx via **bovenafvoer** is een **overschatting t.g.v. de detectielimiet** in België (LINKSBOVEN), detail van de **Directe antropogene emissie voor Nederland** (RECHTSBOVEN) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (ONDER).*



Figuur 34: Seleen Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit Seleen: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de hoge detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een relatief hoge onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: er is een aanzienlijke emissie aan Belgische zijde waarbij de vergunde bedrijfslozingen een belangrijke rol spelen. De (gesimuleerde) directe emissie aan Nederlandse zijde is te verwaarlozen. De in het KGT waargenomen Selenium-gehalten dalen dan ook naar de Westerschelde toe.

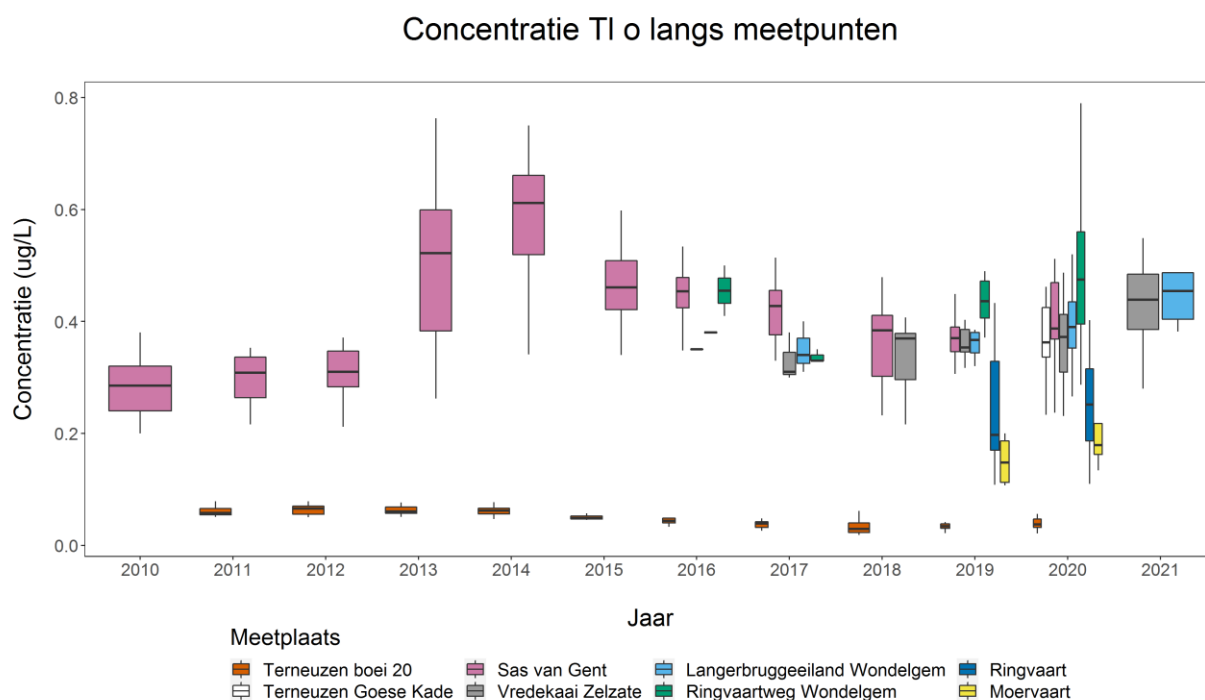
4.3.7 Thallium (Tl)

Algemene toelichting: Thallium kent zowel een natuurlijke als antropogene oorsprong. Van nature komt thallium vrij bij het verwerken van steen en pyrietoxidatie (George *et al.*, 2019; Nielsen *et al.*, 2011). Ook uit- en afspoeling van bodems zou een belangrijke natuurlijke bron vormen. Belangrijke antropogene bronnen zijn de verbranding van fossiele brandstoffen (atmosferische depositie), metallurgische processen en de cement-, ijzer- en staalproductie (Van Duijnhoven, 2010; RIVM, 1985). Een andere antropogene oorsprong is het stedelijk- en industrieel afvalwater (Van Duijnhoven en Bakker, 2011).

Detectielimieten: In Nederland bedroeg deze in 2010 nog 100ng/l, later 50ng/l en sinds 2018 is deze nogmaals aangescherpt waardoor ook concentraties tot onder 20 ng/l waargenomen zijn. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 0,05 µg/l en 2 µg/l (historisch).

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 35) De hoge detectielimieten in België zorgen voor een vertekent beeld in de respectievelijke boxplots. Vanaf 2018 komt hier beterschap in (zie ook Figuur 19). De laagste concentraties worden waargenomen in de Westerschelde, gevolgd door in de Moervaart en Ringvaart. Met andere woorden: de hogere concentraties in het KGT, kunnen niet louter toegeschreven worden aan de bovenstromen. In het KGT werden er tijdelijk verhoogde concentraties waargenomen in de periode 2013-2014, waarna het Thallium-gehalte zich opnieuw stabiliseerde. De

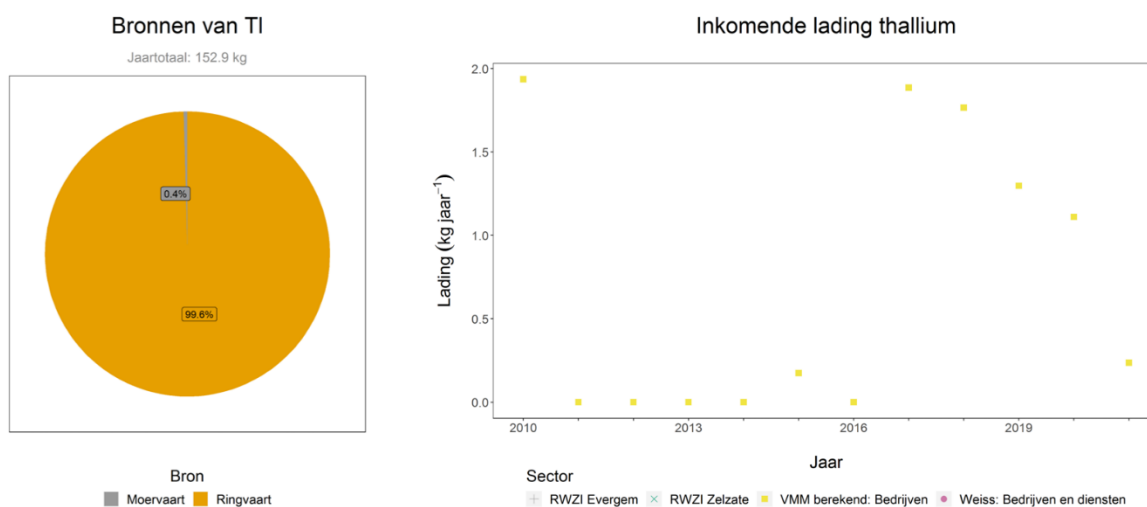
hoogste concentraties worden waargenomen nabij Wondelgem. Ook nabij Sas van Gent wordt er soms een lokale verhoging waargenomen.



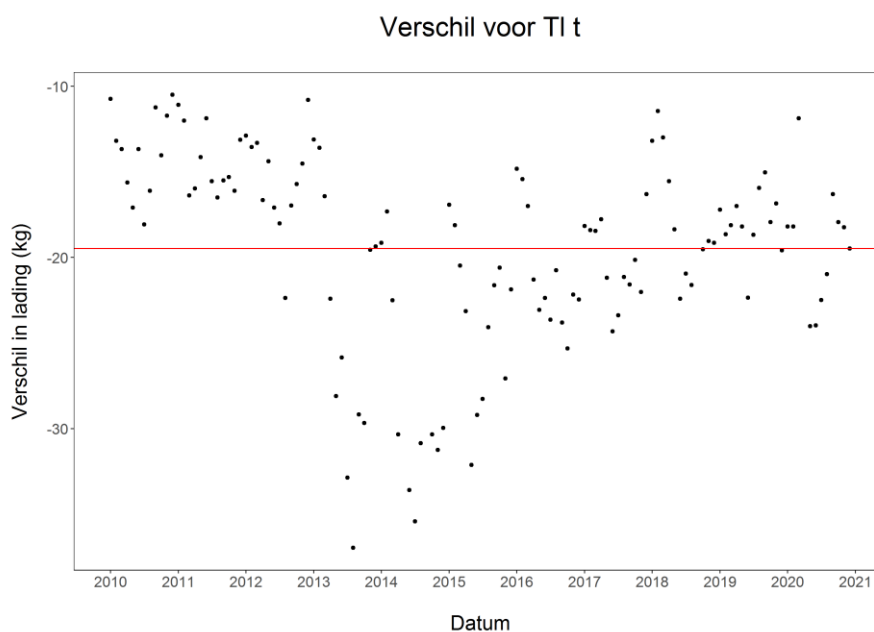
Figuur 35: Thallium Opgelost – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: (Figuur 36) De jaarlijkse aanvoer vanuit de Ringvaart en Moervaart bedraagt 150 kg/jaar. Thallium zit echter niet vervat in WEISS, noch in emissieregistratie. Hierdoor is de antropogene emissie naar het KGT niet in te schatten. Figuur 37 toont dan ook een aanzienlijke onderschatting van de jaarlijkse lading: voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar zijn, bedraagt de gemiddelde bias -20 kg. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van ca. 240 kg/jaar. De door de VMM berekende ladingen voor de vergunde bedrijven blijven onder 2 kg/jaar dus hier moet men het niet direct zoeken.

Op basis van de literatuur zal de ontbrekende influx gezocht moeten worden in (a) uit- en afspoeling van bodems, (b) atmosferische depositie t.g.v. verbranding van fossiele brandstoffen en (c) het lozen van aldan-niet gezuiverd stedelijk- en industrieel afvalwater. Ook de onbekende lading vanuit de Gentse Binnenwateren kan hier een rol spelen. Om uitsluitsel te kunnen geven is verder onderzoek nodig.



Figuur 36: Thallium Totaal – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKS) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (RECHTS).



Figuur 37: Thallium Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit Thallium: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: naast een aanvoer van de bovenstromen, is er een aanzienlijke emissie door onbekende bronnen. De voor de vergunde bedrijven in België berekende vrachten blijven echter onder de 2 kg/jaar. Op basis van de literatuur zal de ontbrekende influx gezocht moeten worden in (a) uit- en afspoeling van bodems, (b) atmosferische depositie t.g.v. verbranding van fossiele brandstoffen en (c) het lozen van al-dan-niet gezuiverd stedelijk- en industrieel afvalwater. Ook

de onbekende lading vanuit de Gentse Binnenwateren kan hier een rol spelen. Om uitsluitel te kunnen geven is verder onderzoek nodig.

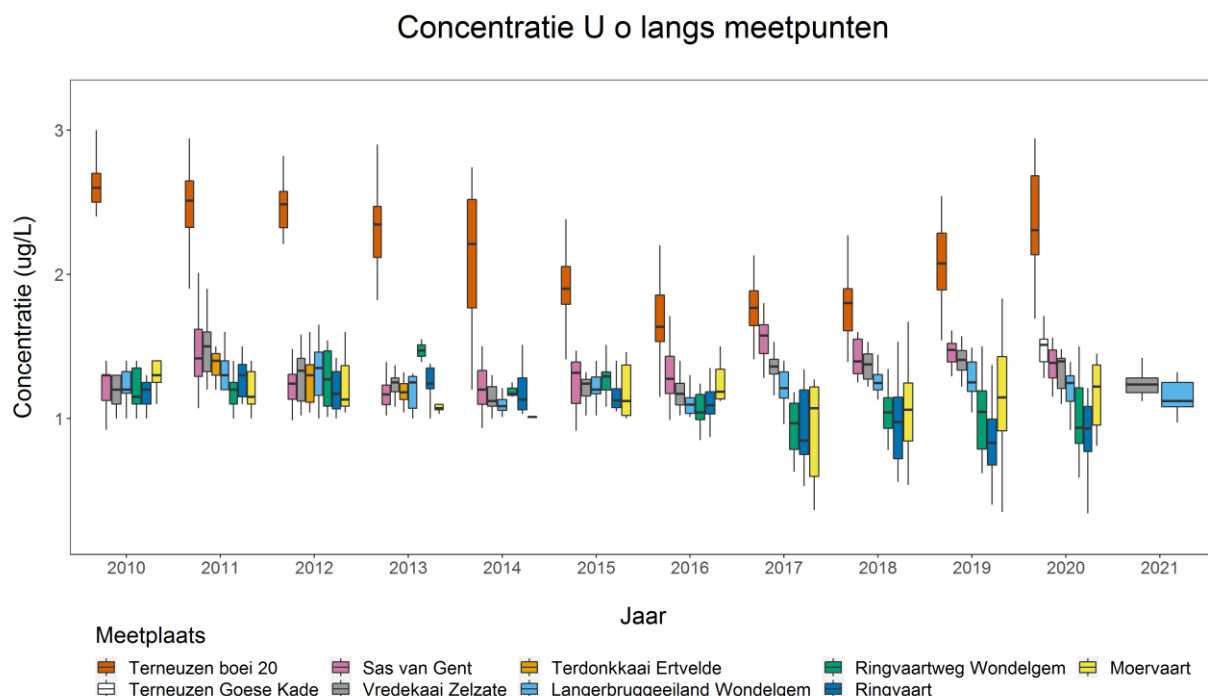
4.3.8 Uranium (U)

Algemene toelichting: Uraniumemissies lijken voornamelijk afkomstig van de uit- en afspoeling van bodems. De stof is van nature aanwezig in rotsen en in de bodem (o.a. in kleilagen). Andere nevensgeschikte antropogene bronnen zijn atmosferische depositie (verbranding fossiele brandstoffen/vuurhaarden bevolking), kunstmestindustrie en RWZI-effluënten (invloed wasmiddelen). Het aandeel van deze bronnen blijkt echter beperkt en er wordt uitgegaan van de aanwezigheid van een belangrijke natuurlijke bron zoals zeewater (VMM, 2022a; Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 0,5 µg/l en 1 µg/l (tot in 2016).

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 38) De Belgische detectielimieten zorgen voor een vertekend beeld tot in 2016: in werkelijkheid zullen de daadwerkelijke concentraties lager liggen dan deze boxplots.

De uraniumgehalten liggen het hoogst in de Westerschelde. In het KGT is er een positieve Noord-Zuid gradiënt waarbij de uraniumgehalten stijgen van lage meetwaarden nabij de Ringvaart (die gekenmerkt wordt door de laagste meetwaarden) naar hogere meetwaarden nabij Terneuzen. De Moervaart wordt gekenmerkt door een aanzienlijke variabiliteit. Deze manifesteert zich in de drogere jaren en correleert bijgevolg met de hogere chlorideconcentraties (Figuur 7), wat duidt op de intrusie van mariene componenten. Bovenstaande wijst zeewater aan als belangrijke bron.

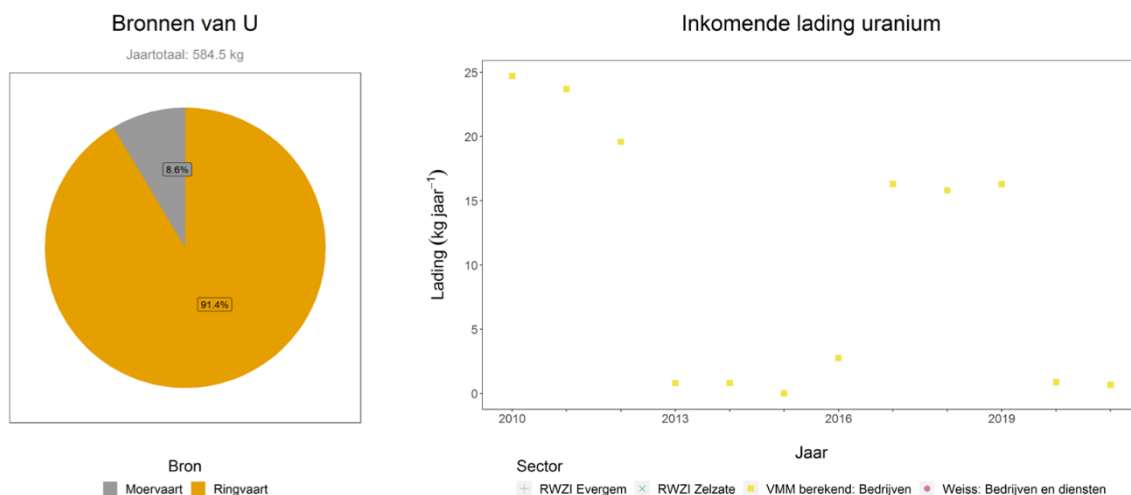


Figuur 38: Uranium Opgelost – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

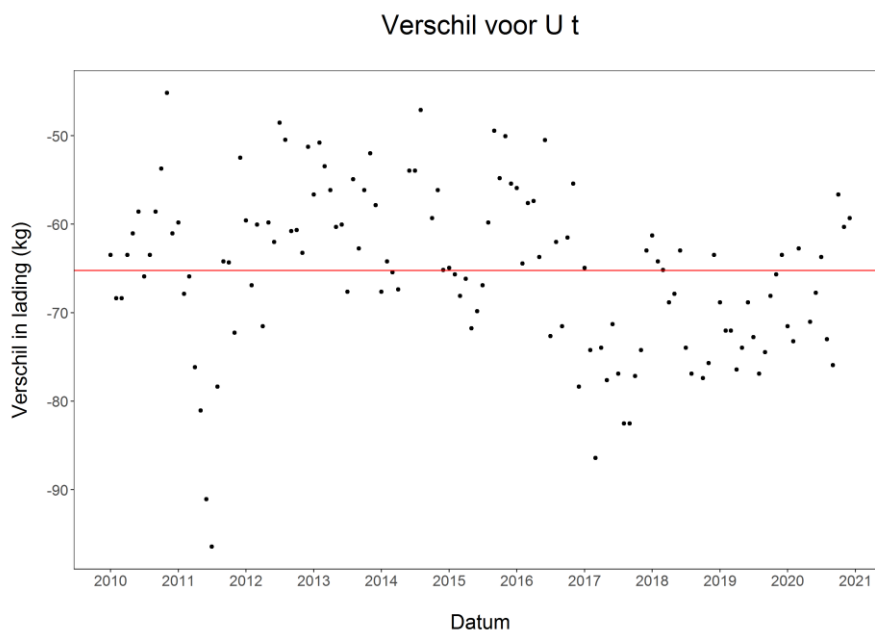
Berekende lading: (Figuur 39) De jaarlijkse aanvoer vanuit de Ringvaart en Moervaart bedraagt ca. 600 kg/jaar. Uranium zit echter niet vervat in WEISS, noch in emissieregistratie. Hierdoor is de antropogene

emissie naar het KGT niet in te schatten. Ook de mariene influx zit hier niet in vevat. Figuur 40 toont dan ook een aanzienlijke onderschatting van de jaarlijkse lading: voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar zijn, bedraagt de gemiddelde bias -65 kg. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van ca. 800 kg/jaar. De door de VMM berekende ladingen voor de vergunde bedrijven blijven onder de 25 kg/jaar dus hier moet men het niet direct zoeken.

Bovenstaande – samen met de ruimtelijke verdeling in waargenomen concentraties – bevestigt dat de influx van uit zee de belangrijkste bron is.



Figuur 39: Uranium Totaal – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKS) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (RECHTS).



Figuur 40: Uranium Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit Uranium: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: De influx vanuit zee lijkt de belangrijkste bron van uranium, gevolgd door bovenstroomse aanvoer vanuit de Ringvaart en Moervaart (ca. 600 kg/jaar); Ter vergelijking: De door de VMM berekende ladingen voor de vergunde bedrijven blijven onder de 25 kg/jaar.

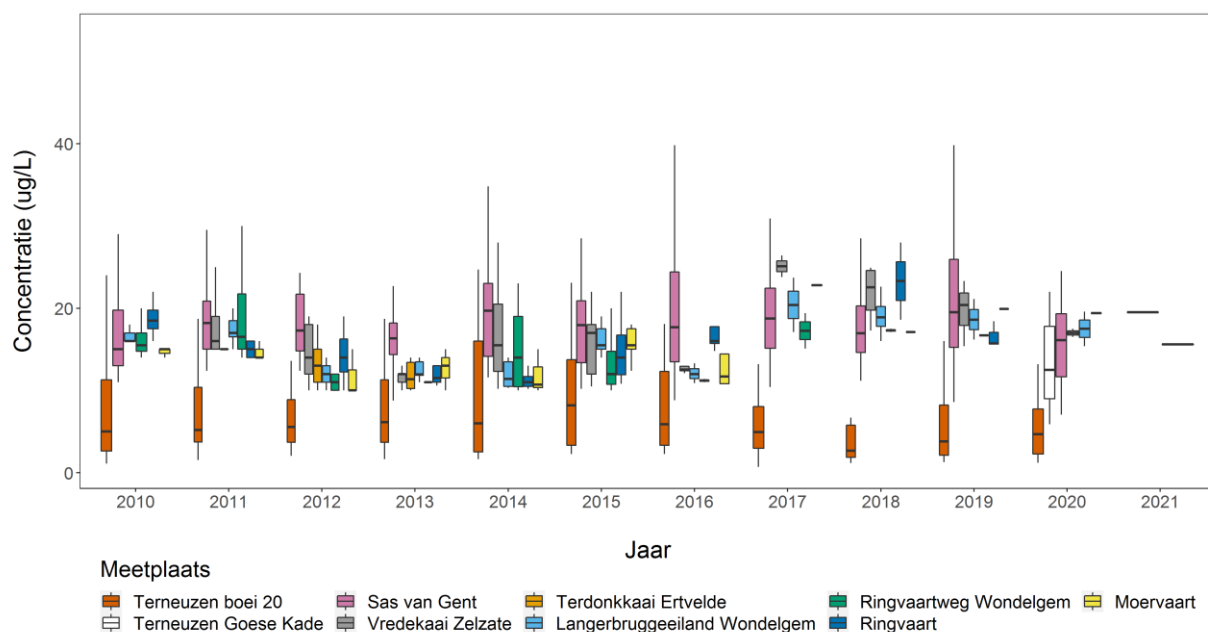
4.3.9 Zink (Zn)

Algemene toelichting: Er zijn verschillende bronnen voor zinkemissies waarbij de belangrijkste in Nederland zijn: de uit- en afspoeling van landbouw- en natuurbodems, directe emissies van verkeer en vervoer, ongezuiverd rioolwater en effluent van RWZI's zijn (Waterkwaliteitsportaal, 2022). In Vlaanderen wordt algemeen de infrastructuur (corrosie van gebouwen) en atmosferische depositie als belangrijkste bronnen aangeduid (VMM, 2022a).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 5 µg/l en 20 µg/l, tot sporadisch (in 2016) 100 en 200µg/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 41) De Belgische detectielimieten zorgen voor een vertekend beeld: in werkelijkheid zullen de daadwerkelijke concentraties lager liggen dan de respectievelijke boxplots. Rekening houdend hiermee, lijken de zinkconcentraties vaak hoger te liggen in Sas van Gent dan verder opwaarts. De Zinkgehalten liggen het laagst in de Westerschelde, een influx van Westerscheldewater zorgt bijgevolg voor een verdunning.

Concentratie Zn o langs meetpunten

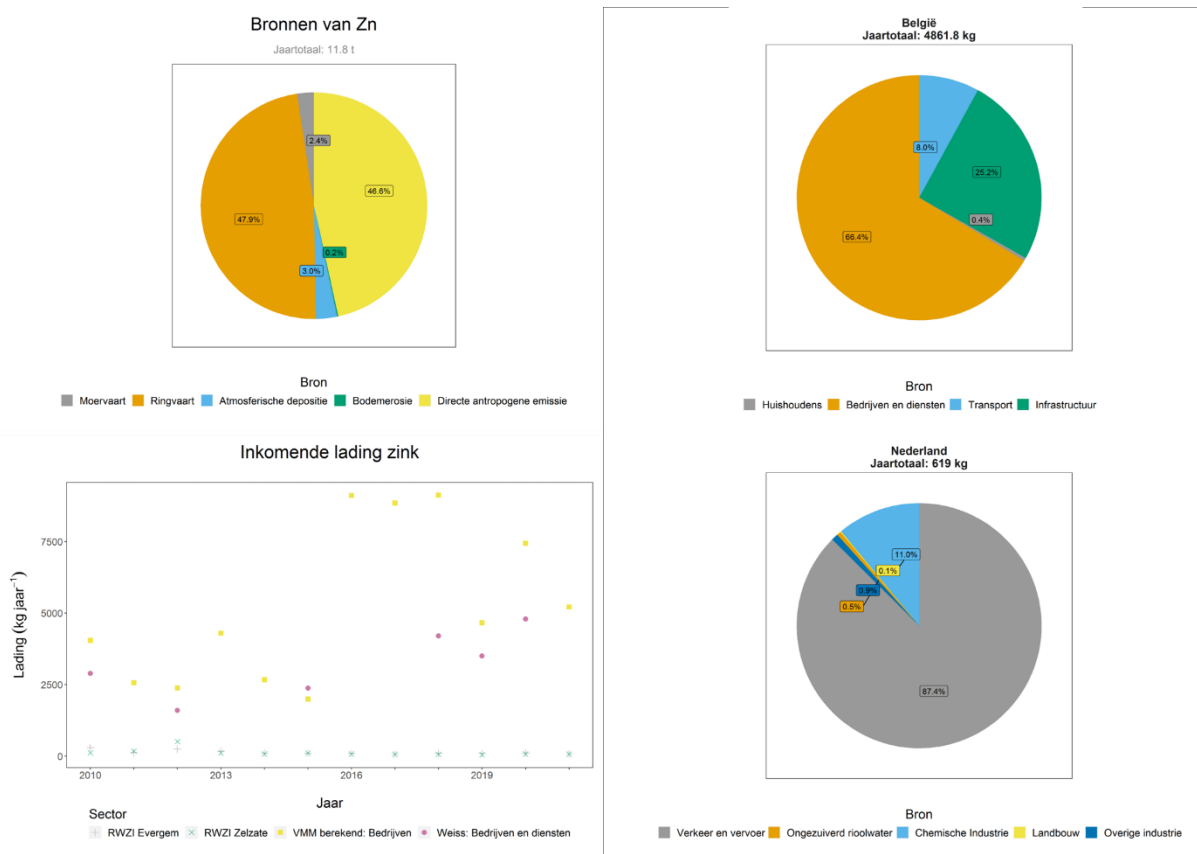


Figuur 41: Zink Opgelost – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

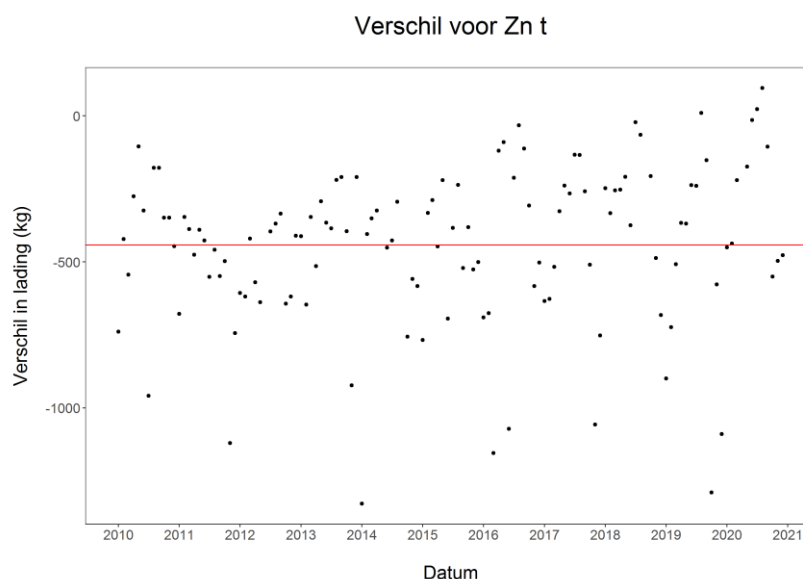
Berekende lading: (Figuur 42) de gekende, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van Zink (totaal) bedraagt ca. 12 ton (gemiddeld over de beschouwde jaren). Merk op hoe de gepresenteerde influx via de Ringvaart een overschatting is: gezien het beperkt aantal meetwaarden die boven de detectielimiet uitkwamen,

zijn enkel deze hoge concentraties meegenomen om de lading te berekenen. Dit betekent dat de Directe antropogene emissie de belangrijkste bron is (op de figuur quasi 50%, maar vermoedelijk groter). Aanvoer via de Ringvaart blijft vermoedelijk de 2^{de} grootste component.

Het detail van de directe antropogene emissie leert dat de emissie naar het Belgisch deel van KGT (ca. 5 ton) aanzienlijk hoger ligt dan het Nederlands deel (0,6 ton). In België wijst WEISS op 67% afkomstig van de *Bedrijven en Diensten* en 25% door corrosie van infrastructuur. In Nederland komt 87% van de transportsector (90%). Figuur 43 leert inderdaad dat de berekende lading naar het KGT een onderschatting geeft voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse onderschatting bedraagt 450 kg. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van 5,5ton/jaar. Merk op hoe het WEISS-model de vracht afkomstig van directe lozingen door bedrijven mogelijk onderschat (Figuur 42). Een deel van deze onderschatting kan men hier dus aan toeschrijven. Er is echter verder onderzoek nodig om hierover uitsluitsel te geven.



Figuur 42: Zink Totaal – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor zowel België als Nederland (RECHTS) en een vergelijking tussen het WEISS-model en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (LINKSONDER).



Figuur 43: Zink Totaal – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

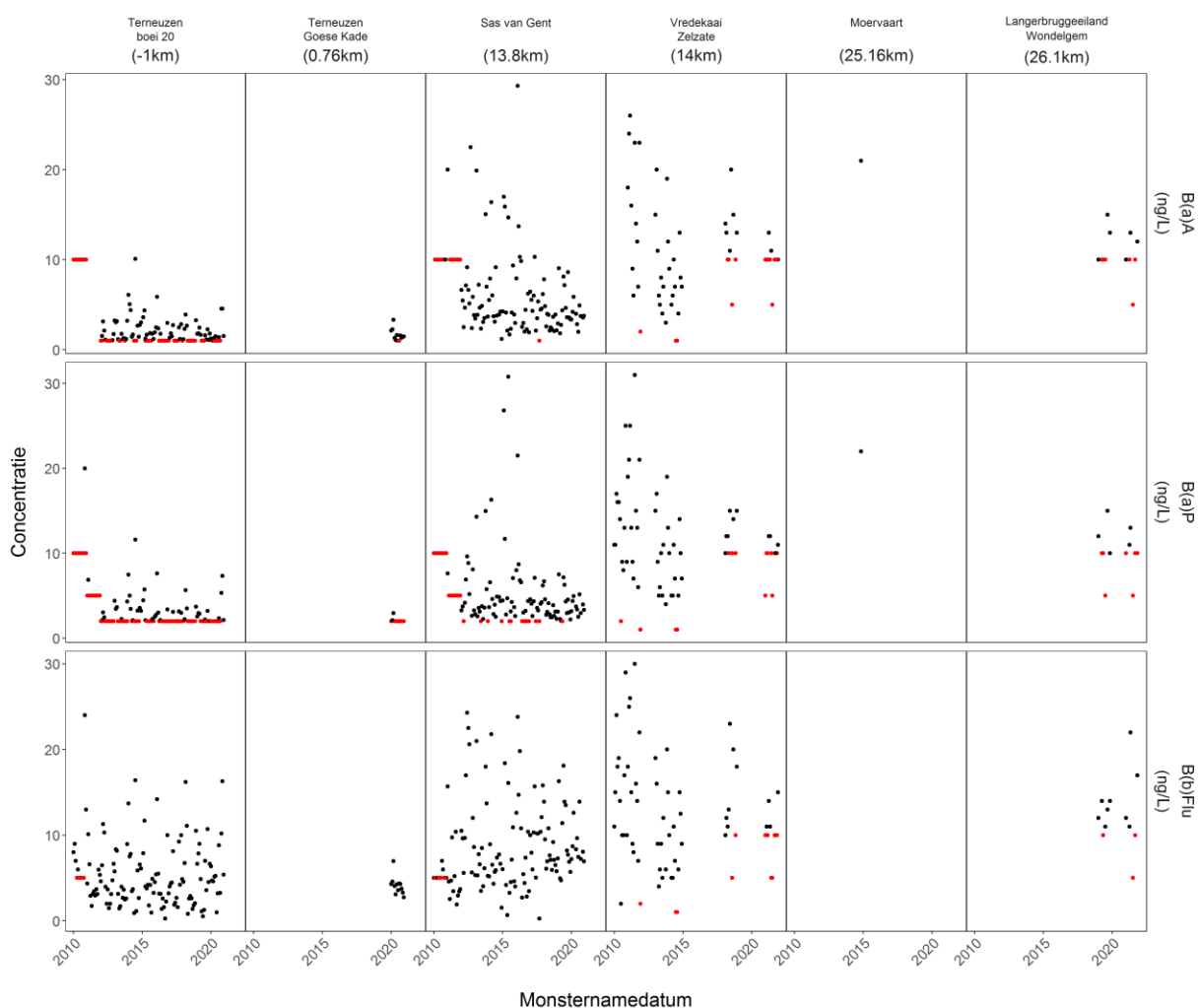
Besluit Zink: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten) zorgen voor een vertekent beeld in de figuren. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: de directe antropogene emissie is de belangrijkste bron van Zink in het KGT. Het grootste deel is afkomstig vanuit het Belgisch deel, waar de bedrijven en diensten instaan voor 67% en corrosie van infrastructuur voor 25% van de emissie. De Nederlandse emissie ligt een grootteorde lager. Hier komt het gros van de emissie van de transportsector (90%). De totale lading wordt echter aanzienlijk onderschat (+50%), zeker gezien de lading vanuit de Ringvaart overschat wordt ten gevolge van de relatief hoge detectielimiet van concentraties in het Belgisch deel. Een deel lijkt men te kunnen toewijzen aan een onderschatting van de emissie door bedrijven door het WEISS-model. Er is echter meer gedetailleerd onderzoek nodig om hier uitsluitsel over te kunnen geven.

4.4 Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK)

4.4.1 Inleiding

De groep aan Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) beschikken over kankerverwekkende en mutagene eigenschappen. Deze stoffen zijn in hoofdzaak afkomstig van verbrandingsprocessen. De PAK's in de lucht (uitstoot verbrandingsprocessen) zijn in hoofdzaak gebonden aan fijn stof. Hun hoge chemische stabiliteit maakt transport over grote afstanden door de lucht mogelijk. Via depositie komen deze stoffen dan uiteindelijk terecht op gewassen, op de bodem en ook in het oppervlaktewater (VMM, 2019b). De focus ligt in deze studie op 3 PAK's: benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen en benzo(b)fluorantheen.

Figuur 44 presenteert het verloop van de PAK's doorheen het studiegebied, alsook de aangrenzende waterlichamen. Er bevonden zich meerdere concentraties onder de detectielimiet (rode punten), waardoor deze niet bepaald konden worden. Deze metingen zijn weggelaten uit verdere analyses. De metingen zijn beperkt tot Nederland, Zelzate en recent ook in Wondelgem. Volgende deelhoofdstukken bespreken het verloop van iedere stof, alsook de respectievelijke emissie naar het KGT in meer detail.



Figuur 44: Verloop van PAK's doorheen het studiegebied en aangrenzende waterlichamen met aanduiding van de metingen waarbij de concentratie niet bepaald kon worden door de detectielimiet (ROOD)

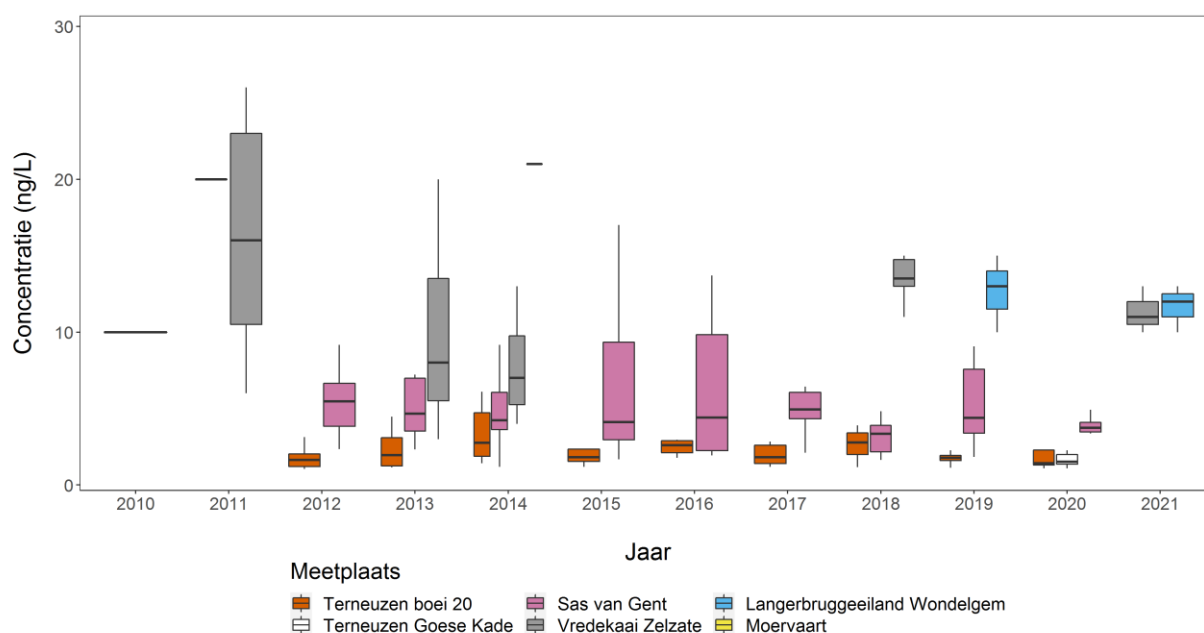
4.4.2 Benzo(a)antracene (BaA)

Algemene toelichting: Benzo(a)antracene komt vrij bij diverse verbrandingsprocessen. Denk hierbij aan uitlaatgassen van het verkeer (verbranding fossiele brandstoffen, vooral dieselveertuigen) of vuurhaarden/houtverbranding. Daarnaast komen ze ook voor in PAK-houdende coatings gebruikt bij de binnenscheepvaart. Tot slot bestaat er ook een natuurlijke achtergrondconcentratie wat een inschatting van de oorsprong van de belasting bemoeilijkt (VMM, 2022c; Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: In Nederland bedroeg de detectielimiet vóór 2012 nog 10 ng/l, deze is daarna aangescherpt tot 1 ng/l. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 1 ng/l en 10 ng/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 45) De recent hogere Belgische detectielimieten zorgen voor een vertekend beeld in de boxplots: in realiteit zullen de daadwerkelijke waarden lager liggen (zie ook Figuur 44). Ook in Nederland worden de laagste waarden niet gedetecteerd, maar de detectielimiet ligt hier lager. Het B(a)A-gehalte ligt het laagst in de Westerschelde. Een influx vanuit de Westerschelde zal dus eerder voor een verdunning zorgen. Op basis van Figuur 44 en Figuur 45, lijken de concentraties hoger te liggen in België dan in Nederland.

Concentratie B(a)A langs meetpunten

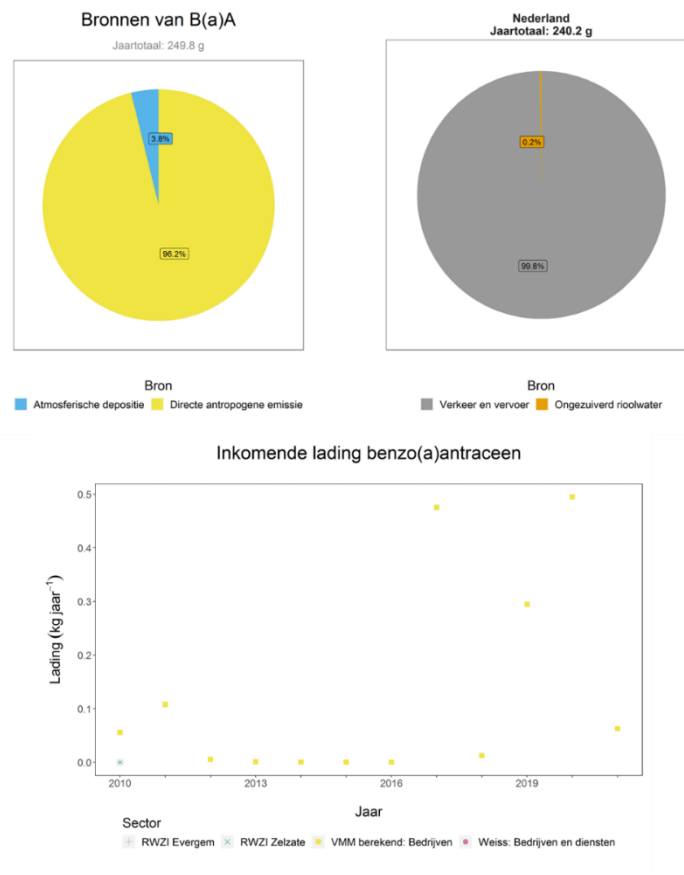


Figuur 45: B(a)A – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

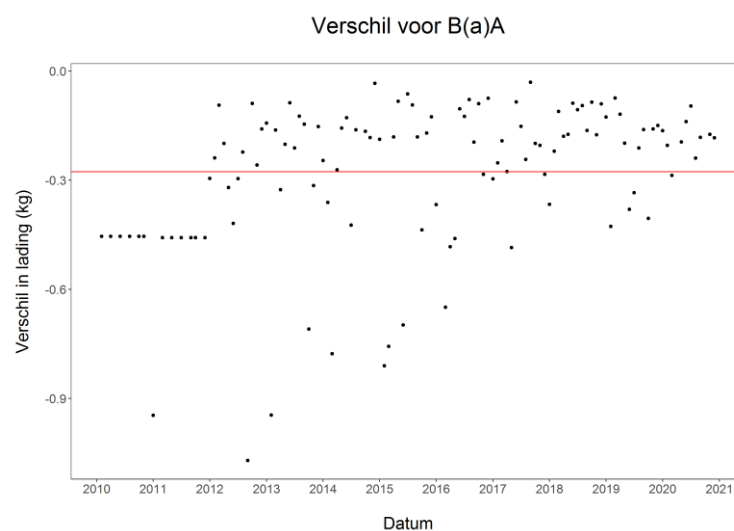
Berekende lading: (Figuur 46) B(a)A zit niet vervat in WEISS, waardoor de antropogene emissie aan Belgische zijde niet vervat zit in de taartdiagrammen van Figuur 46. Merk op hoe de concentratie ook niet gemeten wordt in de Ringvaart en nauwelijks op de Moervaart, waardoor ook de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden.

De geschatte, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van B(a)A (totaal) is dus louter afkomstig uit de Emissieregistratie van Nederland: ze bedraagt ca. 250 g (gemiddeld over de beschouwde jaren). 96% is afkomstig van directe antropogene emissie, dat quasi volledig van *Verkeer en vervoer* komt. 4% is toe te schrijven aan atmosferische depositie.

Figuur 47 leert dat de berekende lading naar het KGT een onderschatting oplevert voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse onderschatting bedraagt ca. 0,3 kg. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van ca. 3,3 kg. De door de VMM berekende vrachten voor de vergunde bedrijven, wijst op een emissie tussen <0.1kg en tot maximaal 0.5kg/jaar. Gezien de gelijkaardige oorsprong van B(a)A als B(a)P, kan men ervan uitgaan dat ook de bronverdeling deels gelijkaardig is. Dit zou betekenen dat voor 1/3^{de} afkomstig is van atmosferische depositie en 2/3^{de} afkomstig van directe antropogene emissie, waarvan het gros wordt toegeschreven aan de transportsector (zie §4.4.3).



Figuur 46: B(a)A – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTSBOVEN) en een vergelijking tussen het WEISS-model en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (ONDER).



Figuur 47: B(a)A – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit B(a)A: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: De Nederlandse emissie naar het KGT bedraagt 250 gram en is quasi volledig afkomstig van *Verkeer en vervoer*. Er is echter een aanzienlijke onbekende lading in de grootteorde van 3kg/jaar. De lozingen van vergunde bedrijven in België nemen tussen de <0,1 en 0,5kg voor hun rekening. Gezien de gelijkaardige oorsprong van B(a)A als B(a)P, kan men ervan uitgaan dat ook de bronverdeling deels gelijkaardig is. Dit zou betekenen dat voor 1/3^{de} afkomstig is van atmosferische depositie en 2/3^{de} afkomstig van directe antropogene emissie, waarvan het gros wordt toegeschreven aan de transportsector (zie §4.4.3).

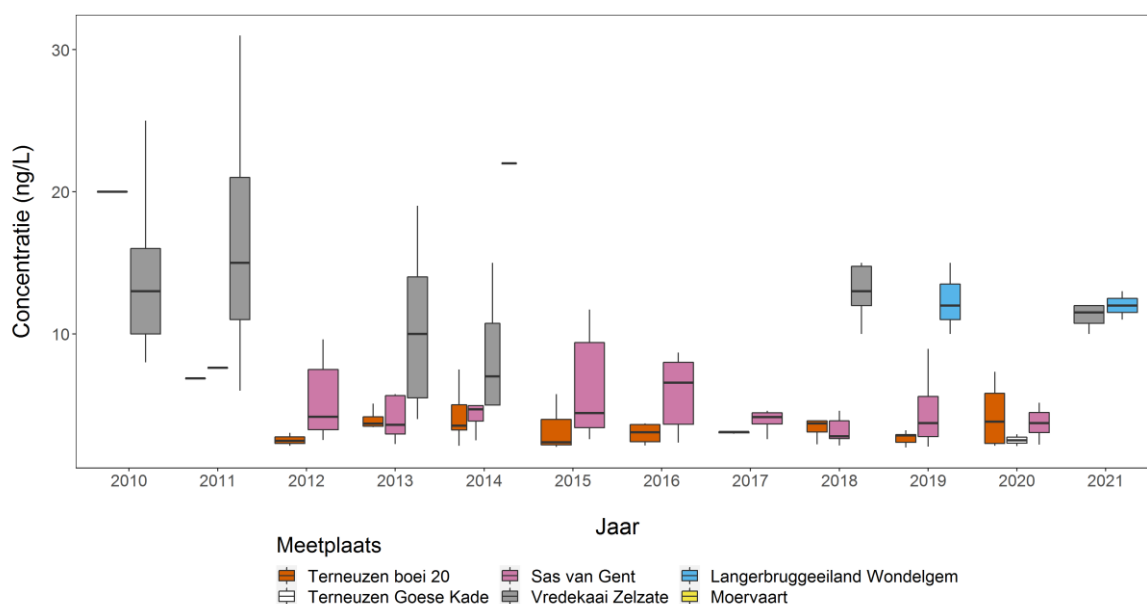
4.4.3 Benzo(a)pyreen (BaP)

Algemene toelichting: benzo(a)pyreen komt vrij bij diverse verbrandingsprocessen. Denk hierbij aan uitlaatgassen van het verkeer (verbranding fossiele brandstoffen, vooral dieselloertuigen) of vuurhaarden/houtverbranding. Daarnaast komen ze ook voor in PAK-houdende coatings gebruikt bij de binnenscheepvaart. Tot slot bestaat er ook een natuurlijke achtergrondconcentratie wat een inschatting van de oorsprong van de belasting bemoeilijkt (VMM, 2022c; Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: In Nederland bedroeg de detectielimiet in 2010 nog 10 ng/l, deze is daarna aangescherpt naar 5 ng/l (2011) en uiteindelijk 2 ng/l (vanaf 2012). In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 1 ng/l en 10 ng/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 48) De recent hogere Belgische detectielimieten zorgen voor een vertekend beeld in de boxplots: in realiteit zullen de daadwerkelijke waarden lager liggen (zie ook Figuur 44). Ook in Nederland worden de laagste waarden niet gedetecteerd, maar de detectielimiet ligt hier lager. Het B(a)P-gehalte ligt het laagst in de Westerschelde. Een influx vanuit de Westerschelde zal dus eerder voor een verdunning zorgen. Op basis van Figuur 44 en Figuur 48, lijken de concentraties hoger te liggen in België dan in Nederland.

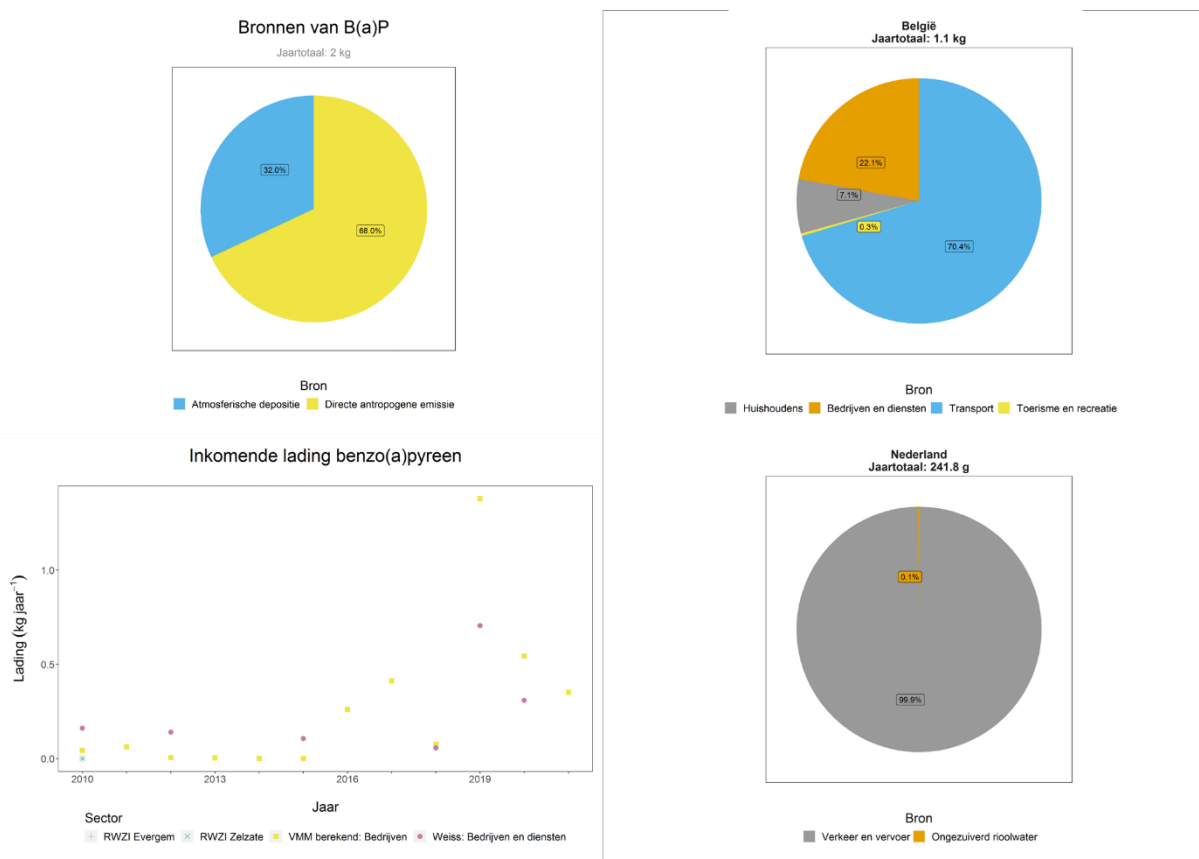
Concentratie B(a)P langs meetpunten



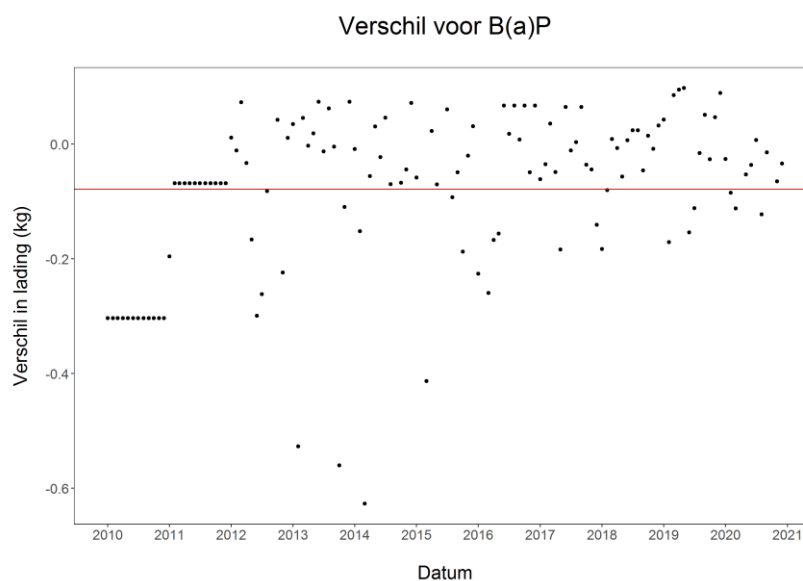
Figuur 48: B(a)P – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: (Figuur 49) Merk op hoe de concentratie niet gemeten wordt in de Ringvaart en nauwelijks op de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. De geschatte, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van B(a)P (totaal) bedraagt 2 kg (gemiddeld over de beschouwde jaren). 68% is afkomstig van directe antropogene emissie en 32% is toe te schrijven aan atmosferische depositie. Het detail van de Directe antropogene emissie toont dat deze hoger is in België (1,1 kg), dan in Nederland (0,25 kg). In België wordt cf. WEISS 70% toegeschreven aan de transportsector, 22% aan bedrijfslozingen en 7% aan Huishoudens. In Nederland is quasi alles toegeschreven aan het verkeer en vervoer. WEISS lijkt de directe antropogene lozingen niet consequent te onder- of overschatten (Figuur 49).

Figuur 50 leert dat de berekende lading naar het KGT niet resulteert in een consequente onder- of overschatting. Merk op hoe het gemiddelde op de grafiek beïnvloed werd door een aantal artefacten ten gevolge van de detectielimiet die voor continue (zgn. “stotter”) negatieve waarden zorgde. Gegeven alle onzekerheden in deze berekeningen beschouwen we de berekende lading als voldoende accuraat: geen onder- of overschatting. De ontbrekende emissie vanuit de bovenafvoeren is blijkbaar beperkt – of wordt deels tenietgedaan door een overschatting van de andere bronnen.



Figuur 49: B(a)P – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor zowel België als Nederland (RECHTS) en een vergelijking tussen het WEISS-model en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (LINKSONDER).



Figuur 50: B(a)P – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit B(a)P: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren. Toch wijst de analyse niet direct op een duidelijke onder- of overschatting van de berekende lading. De ontbrekende emissie vanuit de bovenafvoer is blijkbaar beperkt – of wordt deels tenietgedaan door een overschatting van de andere bronnen. De totale gekende emissie bedraagt gemiddeld 2 kg/jaar en is voor 1/3^{de} afkomstig van atmosferische depositie en 2/3^{de} afkomstig van directe antropogene emissie, waarvan het gros wordt toegeschreven aan de transportsector.

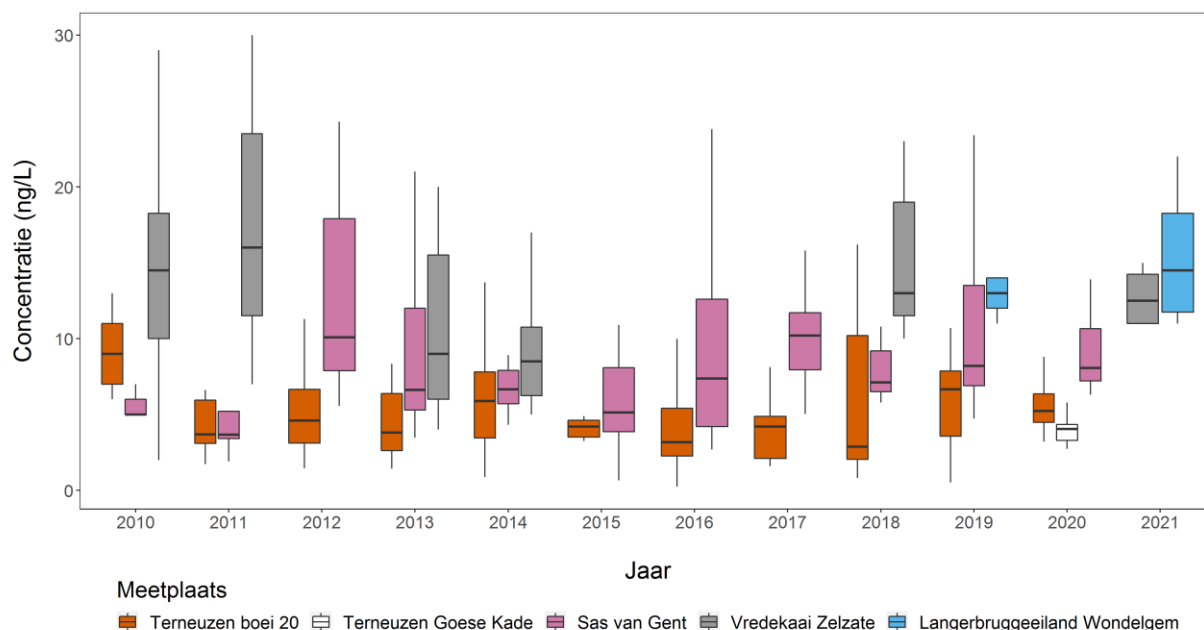
4.4.4 Benzo(b)fluoranteen (BbF)

Algemene toelichting: Benzo(b)fluoranteen komt vrij bij diverse verbrandingsprocessen. Denk hierbij aan uitlaatgassen van het verkeer (verbranding fossiele brandstoffen, vooral dieselveertuigen) of vuurhaarden/houtverbranding. Daarnaast komen ze ook voor in PAK-houdende coatings gebruikt bij de binnenscheepvaart. Tot slot bestaat er ook een natuurlijke achtergrondconcentratie wat een inschatting van de oorsprong van de belasting bemoeilijkt (VMM, 2022c; Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: In Nederland bedroeg de detectielimiet in 2010 nog 5 ng/l, deze is daarna aangescherpt tot minder dan 1ng/l. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 1 ng/l en 10 ng/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 51) De recent hogere Belgische detectielimieten zorgen voor een vertekend beeld in de boxplots: in realiteit zullen de daadwerkelijke waarden lager liggen (zie ook Figuur 44). Het B(b)F-gehalte ligt het laagst in de Westerschelde. Een influx vanuit de Westerschelde zal dus eerder voor een verdunning zorgen. Op basis van Figuur 44 en Figuur 48, lijken de concentraties hoger te liggen in België dan in Nederland: er is een negatieve Noord-Zuid gradiënt waarneembaar.

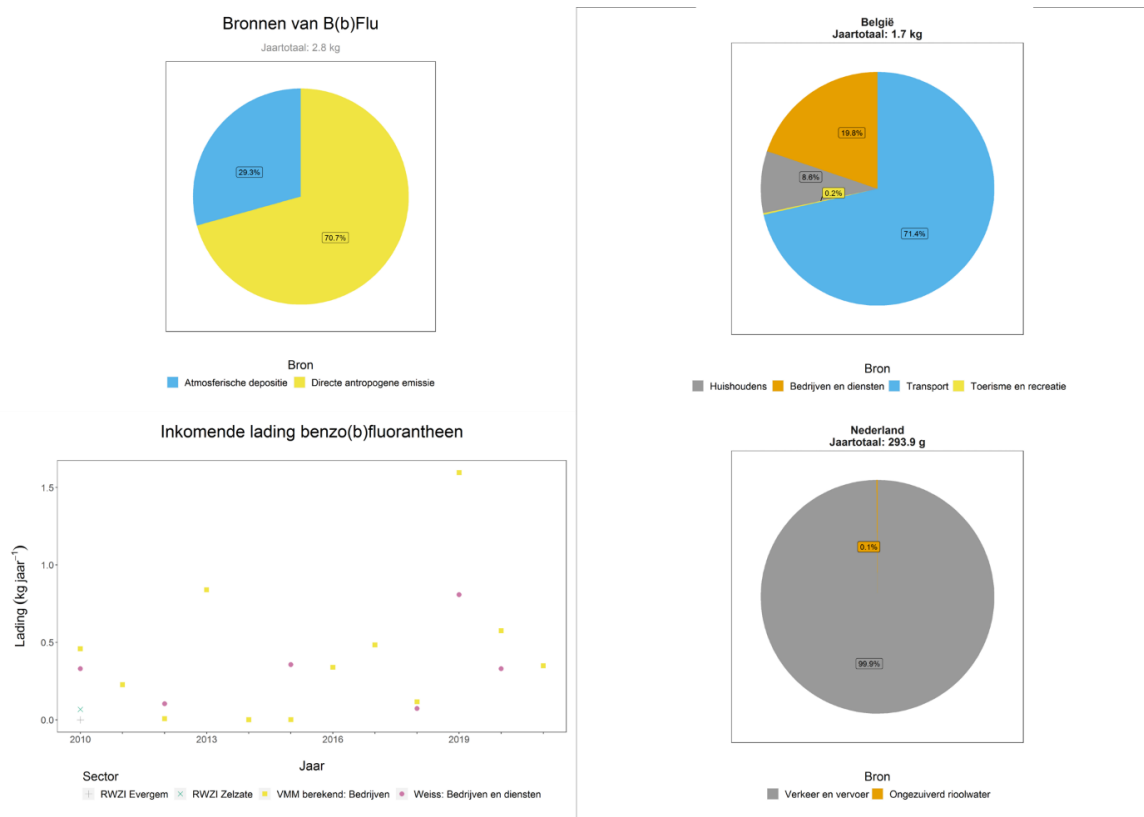
Concentratie B(b)Flu langs meetpunten



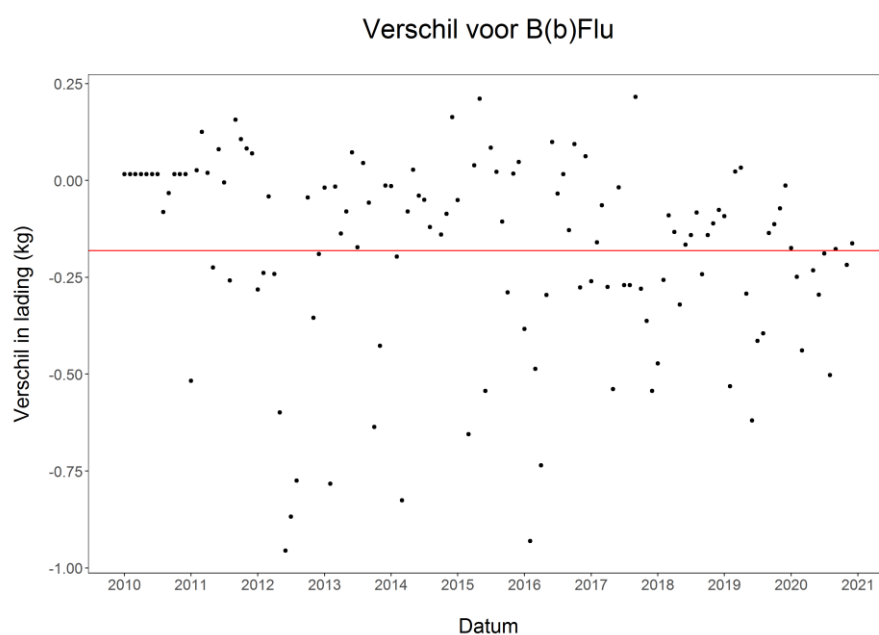
Figuur 51: B(b)F – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: (Figuur 52) Merk op hoe de concentratie niet gemeten wordt in de Ringvaart en nauwelijks op de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. De geschatte, jaarlijkse netto emissie naar het KGT van B(B)F (totaal) bedraagt 2,8 kg (gemiddeld over de beschouwde jaren). 70% is afkomstig van directe antropogene emissie en 30% is toe te schrijven aan atmosferische depositie. Het detail van de Directe antropogene emissie toont dat deze hoger is in België (1,7 kg), dan in Nederland (0,3 kg). In België wordt cf. WEISS 70% toegeschreven aan de transportsector, 20% aan bedrijfslozingen en bijna 10% aan Huishoudens. In Nederland wordt quasi alles toegeschreven aan het verkeer en vervoer. WEISS lijkt de directe antropogene lozingen niet consequent te onder- of overschatten (Figuur 52).

Figuur 53 leert dat de berekende lading naar het KGT soms over en soms onderschat wordt tijdens alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. De gemiddelde maandelijkse onderschatting op bedraagt 0,2 kg. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van ca. 2,3 kg. Vermoedelijk is een deel toe te schrijven aan de ontbrekende info omtrent bovenstroomse aanvoer vanuit de Ringvaart, Moervaart en mogelijk de Gentse Binnenwateren.



Figuur 52: B(b)F – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor zowel België als Nederland (RECHTS) en een vergelijking tussen het WEISS-model en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (LINKSONDER).



Figuur 53: B(b)F – Verschil tussen de berekende maandelijkse emissie naar het KGT en het uit de gemeten concentratie geschatte totaalgewicht aanwezig in KGT tijdens dezelfde maand (Zwarte punten). De rode lijn geeft de gemiddelde bias weer over alle punten.

Besluit B(b)F: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: De totale gekende emissie bedraagt gemiddeld 2,8 kg/jaar en is voor 30% afkomstig van atmosferische depositie en 70% afkomstig van directe antropogene emissie, waarvan het grootste deel wordt toegeschreven aan de transportsector, alhoewel in België ook bedrijfslozingen en de huishoudens hun aandeel hebben. De totale lading wordt echter onderschat, vermoedelijk is dit grotendeels toe te schrijven aan de ontbrekende info omtrent de bovenstroomse aanvoer vanuit de Ringvaart, Moervaart en mogelijk ook de Gentse Binnenwateren.

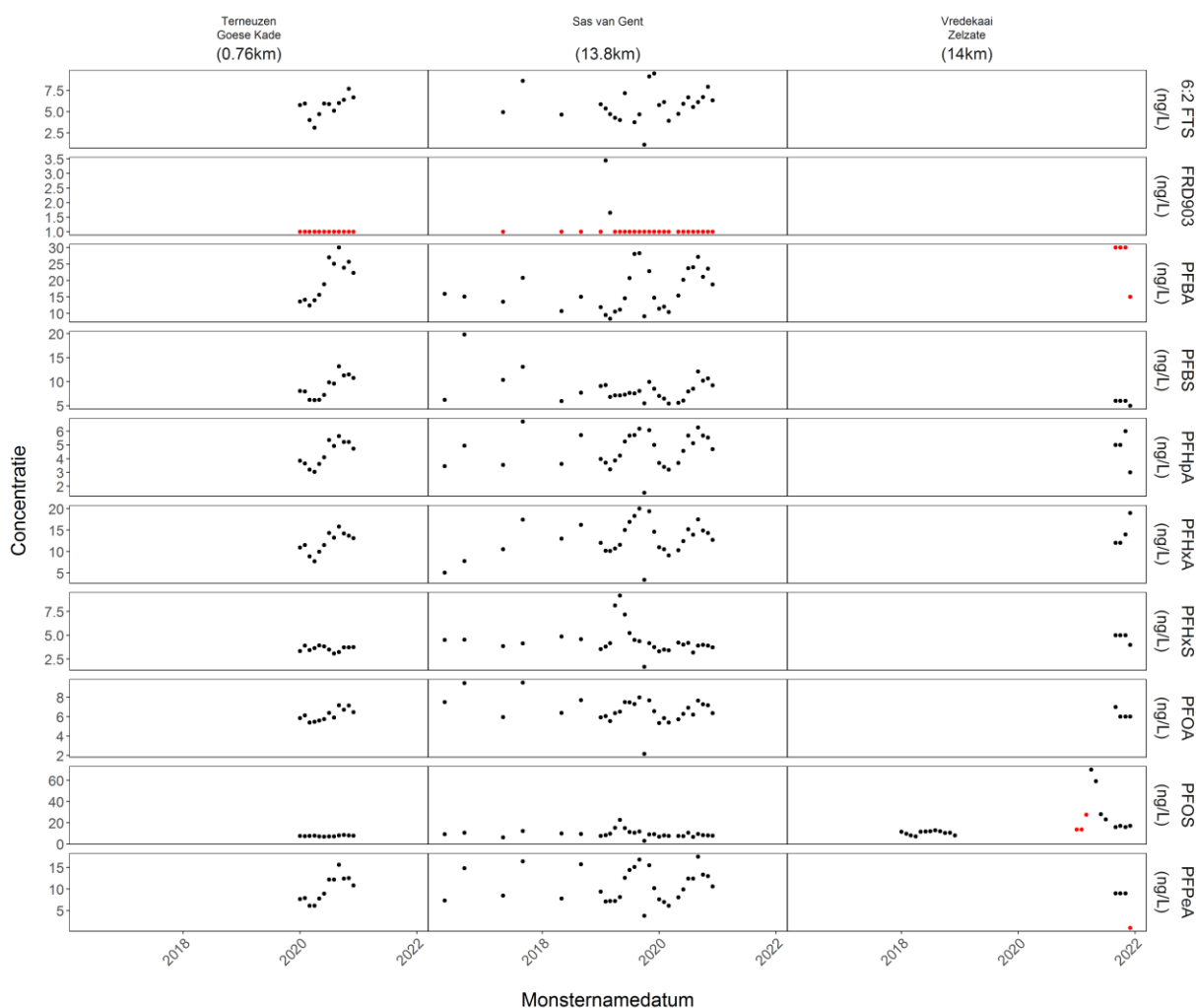
4.5 Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS)

4.5.1 Inleiding

Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) zijn door de mens gemaakte stoffen, die in grote hoeveelheden in het milieu terechtkomen via afvalstromen en het gebruik van PFAS-bevattende producten. De stoffen zijn uiterst slecht afbreekbaar, hopen op in organismen en zijn veelal giftig. De afgelopen twee decennia is veel onderzoek verricht naar PFAS, waarbij negatieve effecten voor de gezondheid en het milieu naar voren zijn gekomen (Jonker, 2021).

PFAS betreft een groep van zeer diverse verbindingen, waaronder zowel polymeren als niet-polymeren vallen. Ze bezitten steeds koolstofketens, waar fluoratomen aan vast zitten. De exacte definitie van welke stoffen er wel en niet tot de groep behoren, staat momenteel nog ter discussie, maar PFAS bevatten hoe dan ook $-C_nF_{2n+1}$ -fragmenten en volgens sommigen behoren ook stoffen met $-C_nF_{2n}$ - fragmenten tot de PFAS-familie (OECD, 2018). Dankzij de bijzonder sterke binding tussen koolstof- en fluoratomen zijn PFAS chemisch en thermisch zeer stabiel, wat de stoffen aantrekkelijk maakt voor toepassingen in tal van industriële en commerciële producten en processen (Jonker, 2021).

Figuur 54 presenteert het verloop van de PFAS doorheen het studiegebied voor de datasets komende van waterinfo.rws.nl en het Geoloket van de VMM. De verkregen metingen tijdens de beschouwde tijdsperiode zijn beperkt tot: Terneuzen Goese Kade, Sas van Gent en recent ook Zelzate. Er bevonden zich meerdere concentraties onder de detectielimiet (rode punten), waardoor deze niet bepaald konden worden. Deze metingen zijn weggelaten uit verdere analyses. Van FRD903 is er 2 keer een concentratie gemeten die boven de detectielimiet lag: te Sas van Gent in februari en maart 2019. In de nieuwe PFAS-verkenner van DOV, bevinden zich ook recentere metingen (hoofdzakelijk in 2022). Deze dataset wordt bijkomend besproken bij de respectievelijke stoffen.



Figuur 54: Verloop van PFAS doorheen het studiegebied en aangrenzende waterlichamen met aanduiding van de metingen waarbij de concentratie niet bepaald kon worden door de detectielimiet (ROOD)

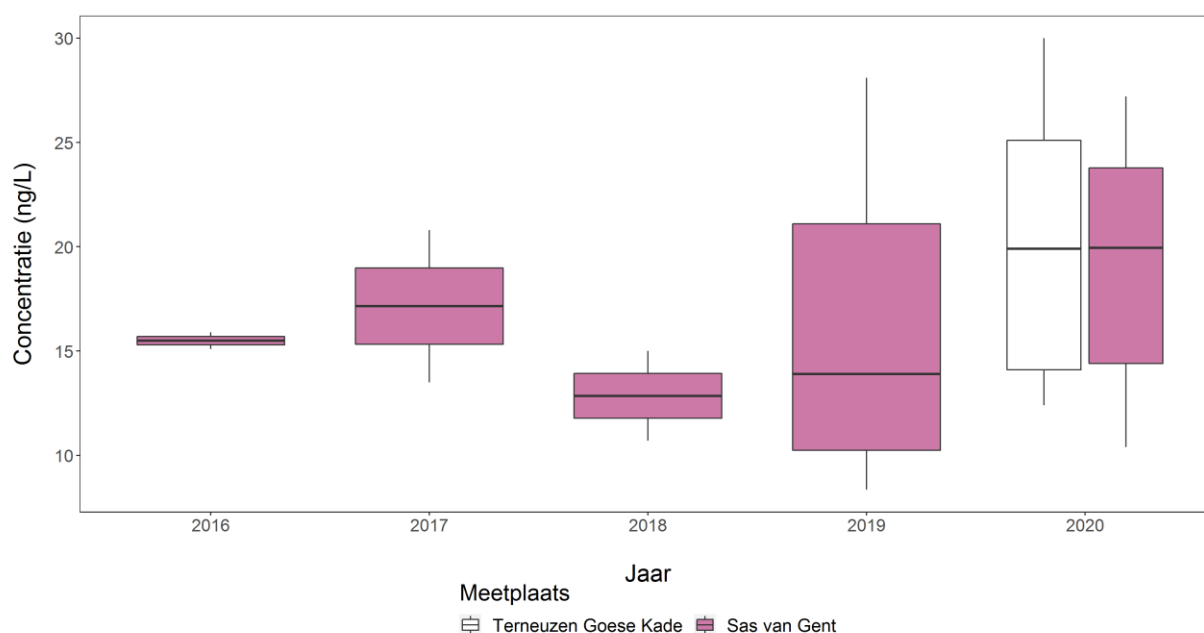
4.5.2 Perfluorbutaanzuur (PFBA)

Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 15 ng/l en 30 ng/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Door de hoge detectielimiet, zijn deze er geen daadwerkelijke concentraties opgemeten in het Belgisch deel. De metingen zijn ook maar gestart in 2021.

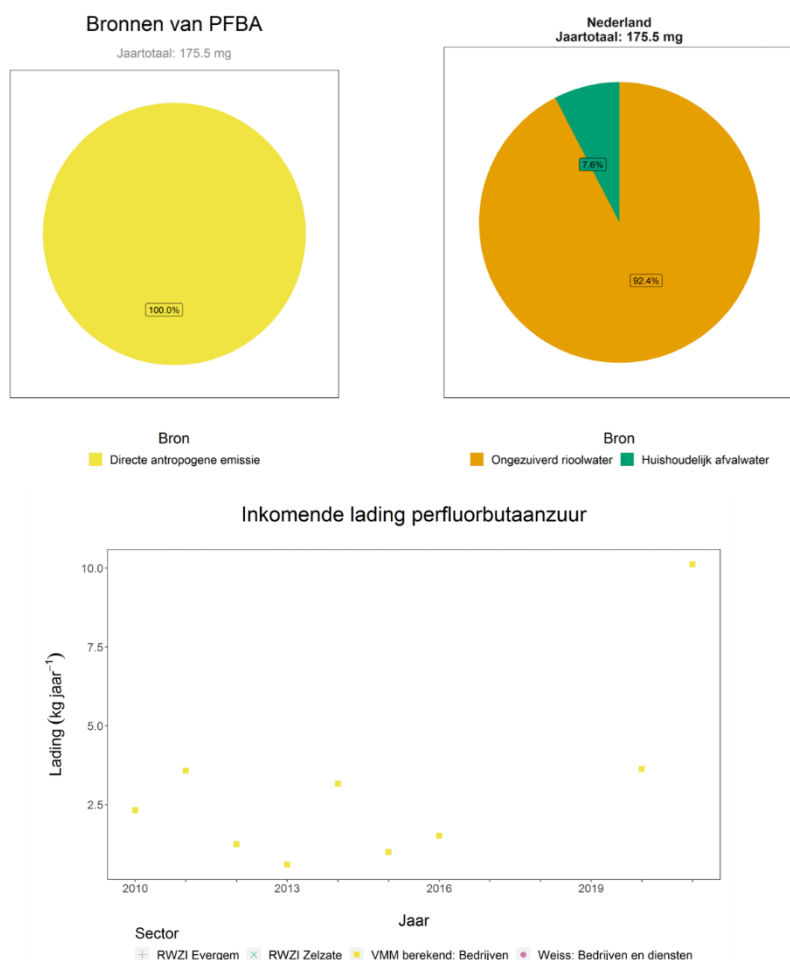
Concentratie PFBA langs meetpunten



Figuur 55: PFBA – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: Merk op hoe de concentratie PFBA niet gemeten wordt in de Ringvaart, noch de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Ook zit deze stof niet vervat in WEISS. De berekende lading is dus louter afkomstig uit Emissieregistratie. Deze wijst op een gemiddelde (Nederlandse) emissie van 176 mg/jaar: 92% afkomstig uit ongezuiverd rioolwater en voor 8% uit huishoudelijk afvalwater.

De analyse wijst op een consequente onderschatting (gemiddeld -0,82 kg) voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van 10 kg/jaar. Wat neerkomt op een 100% onderschatting van de lading. VMM berekende een vracht rond de 2 à 4 kg/jaar voor de vergunde bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.



Figuur 56: PFBA – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTSBOVEN) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (ONDER).

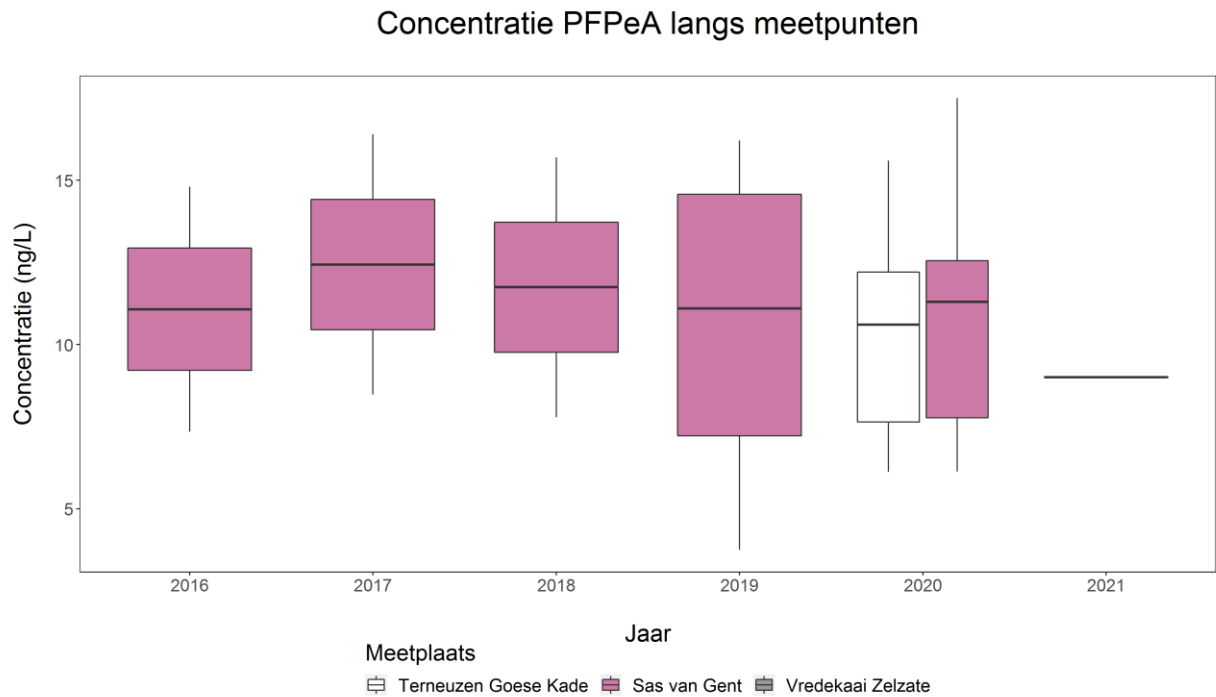
Besluit PFBA: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: De emissie in Nederland is verwaarloosbaar. De lading afkomstig van vergunde bedrijfslozingen op het Belgisch deel van KGT bedraagt 2 à 4 kg/jaar (met een éénmalige uitschieter van 10kg in 2021). De Nederlandse emissie is verwaarloosbaar. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

4.5.3 Perfluorpentaaanzuur (PFPeA)

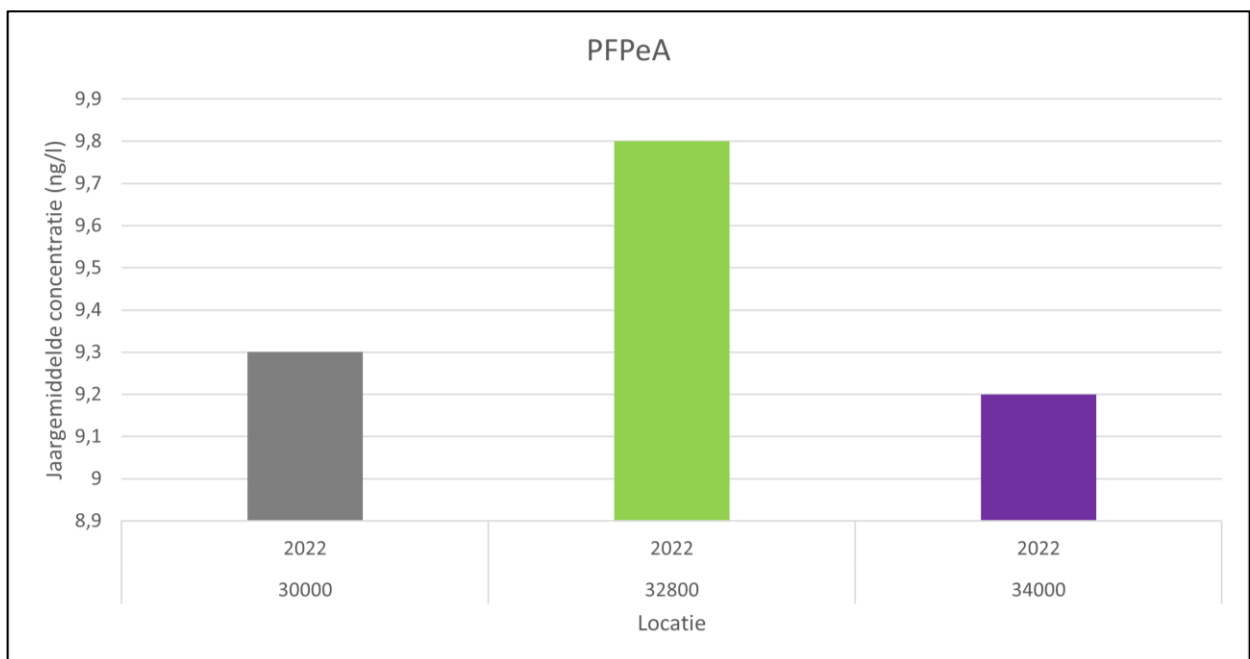
Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch ligt de detectielimiet op 1 ng/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: De metingen in België liggen in dezelfde grootteorde als deze in Nederland.

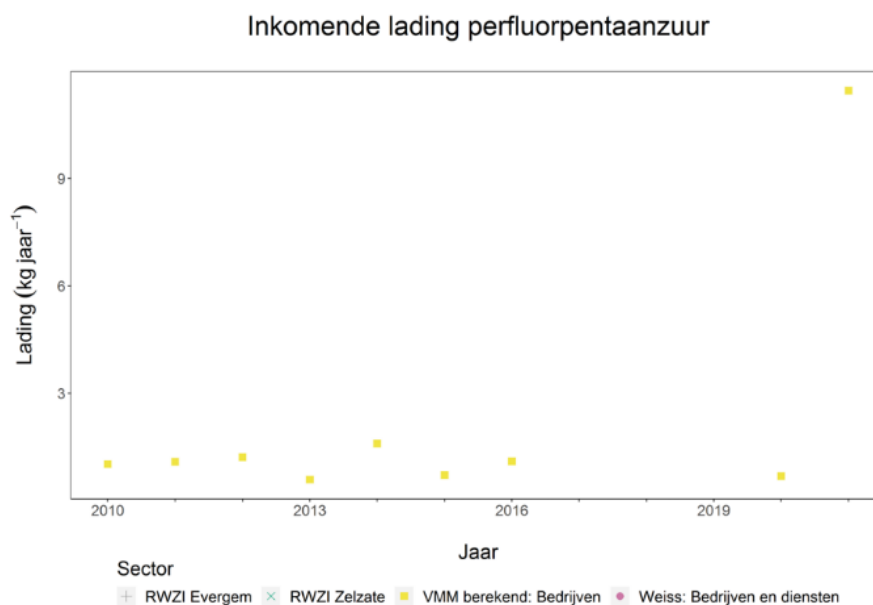


Figuur 57: PFPeA – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.



Figuur 58: Jaargemiddelde concentratie (2022) van PFPeA voor de meetlocaties Vredekaai Zelzate (30000), Rodenhuizekaai Desteldonk (32800) en Oostakker (34000) o.b.v. DOV-databank.

Berekende lading: Merk op hoe – tijdens de beschouwde periode waarvoor er meetconcentraties beschikbaar zijn in het Nederlands deel van KGT alsook debietreeksen – de concentratie PFPeA niet gemeten wordt in de Ringvaart, noch de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Ook zit deze stof niet vervat in WEISS, noch in emissieregistratie. Op basis van de gemeten concentratie, wordt er geschat dat de emissie naar KGT ca. 6,5 kg/jaar bedraagt. VMM berekende een vracht rond 1 kg/jaar voor de vergunde, Belgische bedrijfslozingen; met een éénmalige uitschieter van 9 kg/jaar in 2021.



Figuur 59: PFPeA – emissie naar KGT: de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven.

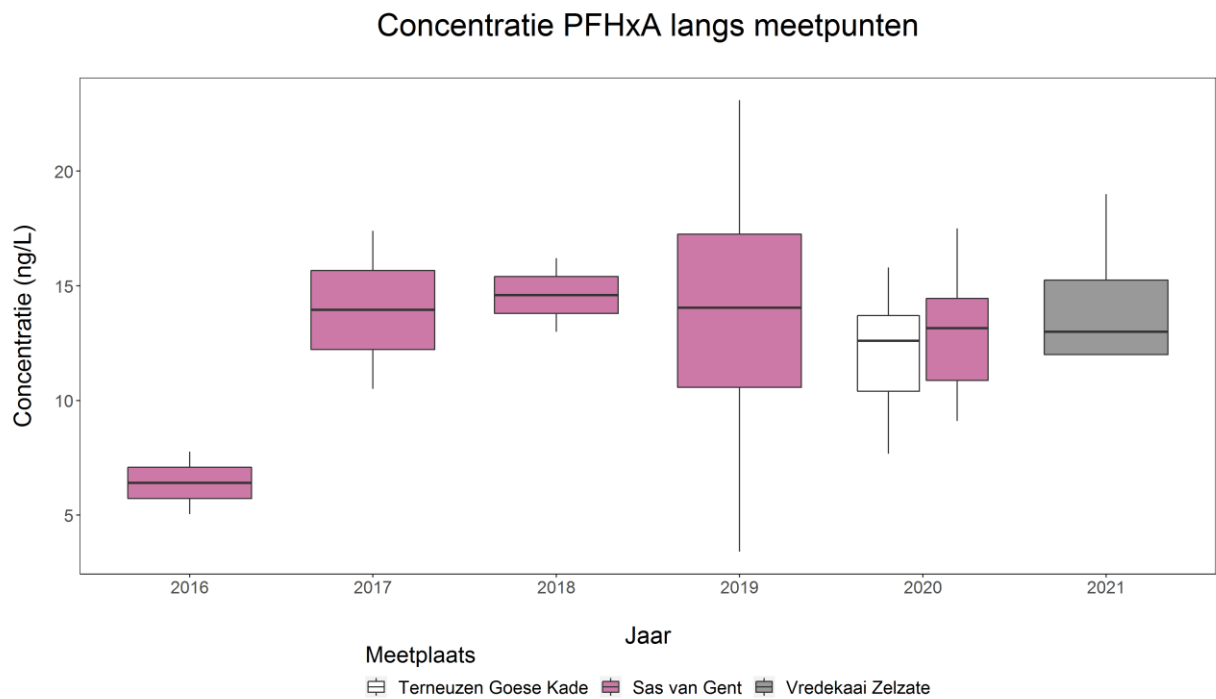
Besluit PFPeA: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: Op basis van de gemeten concentratie, wordt er geschat dat de emissie naar KGT ca. 6,5 kg/jaar bedraagt. De Nederlandse emissie is verwaarloosbaar. VMM berekende een vracht rond 1 kg/jaar voor de vergunde, Belgische bedrijfslozingen; met een éénmalige uitschieter van 9 kg/jaar in 2021. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

4.5.4 Perfluorhexaanzuur (PFHxA)

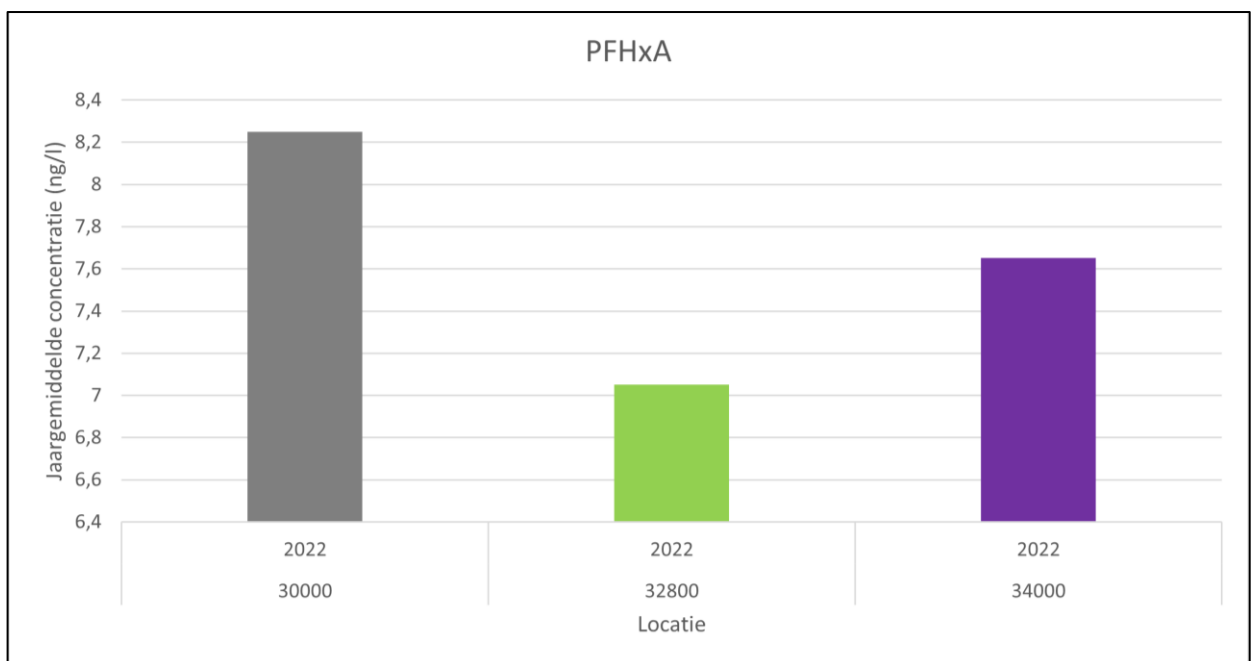
Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 12 ng/l en 30 ng/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Op basis van de Vlaamse metingen in 2022, lijkt de concentratie PFHxA lager te liggen in België dan in Nederland. Echter, bijkomende metingen in 2022 (voor zowel België als Nederland) dienen uitsluitsel te geven.



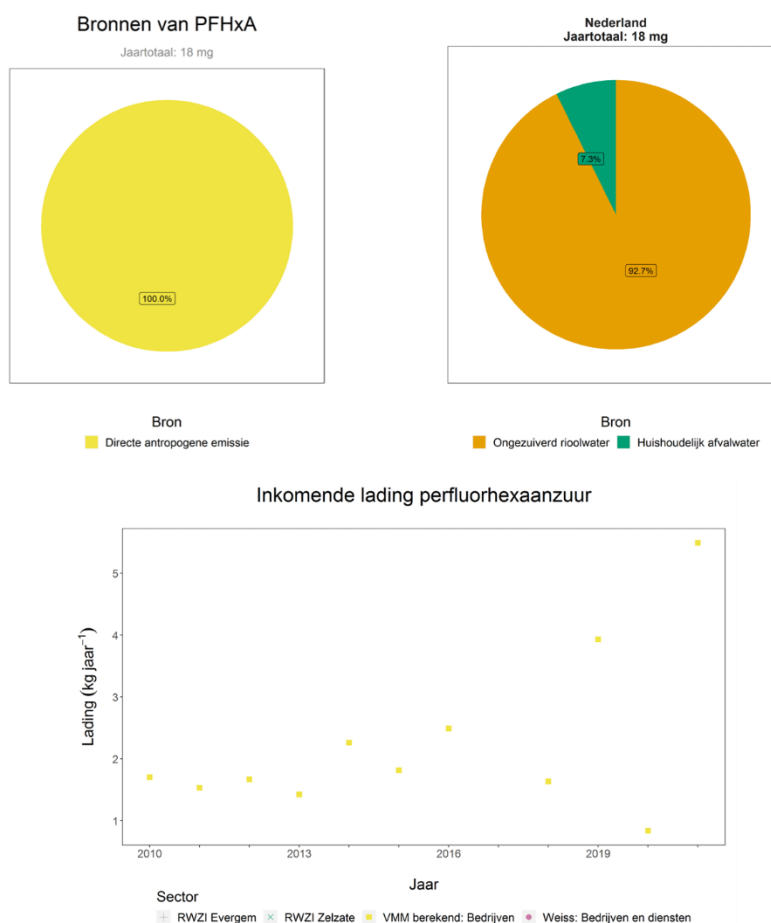
Figuur 60: PFHxA – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.



Figuur 61: Jaargemiddelde concentratie (2022) van PFHxA voor de meetlocaties Vredekaai Zelzate (30000), Rodenhuizekaai Desteldonk (32800) en Oostakker (34000) o.b.v. DOV-databank.

Berekende lading: Merk op hoe – tijdens de beschouwde periode waarvoor er meetconcentraties beschikbaar zijn in het Nederlands deel van KGT alsook debietreeksen – de concentratie PFHxA niet gemeten wordt in de Ringvaart, noch de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Ook zit deze stof niet vevat in WEISS. De berekende lading is dus louter afkomstig uit Emissieregistratie. Deze wijst op een gemiddelde (Nederlandse) emissie van 18 mg/jaar: 93% afkomstig uit ongezuiverd rioolwater en voor 7% uit huishoudelijk afvalwater.

De analyse wijst op een consequente onderschatting (gemiddeld -0,63 kg) voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van 7,5 kg/jaar. Wat neerkomt op een 100% onderschatting van de lading. VMM berekende een vracht rond de 2 kg/jaar voor de vergunde bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.



Figuur 62: PFHxA – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTSBOVEN) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (ONDER).

Besluit PFHxA: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: Op basis van de Vlaamse metingen in 2022, lijkt

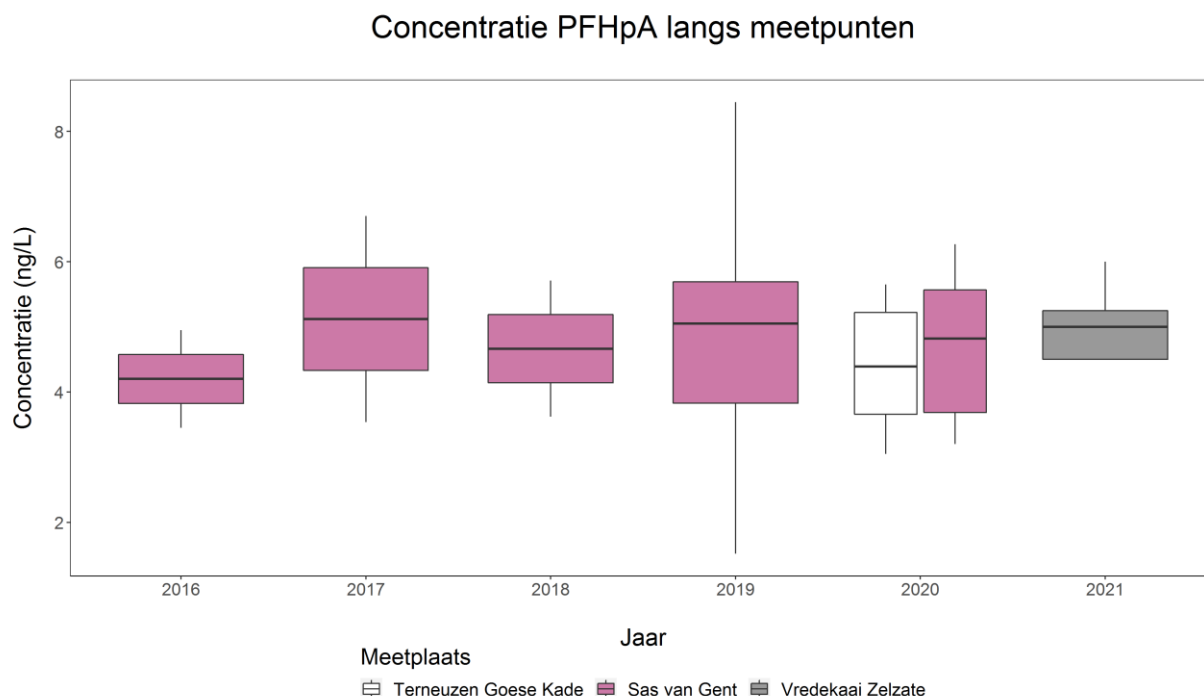
de concentratie PFHxA lager te liggen in België dan in Nederland. Echter, bijkomende metingen in 2022 (voor zowel België als Nederland) dienen uitsluitend te geven. Op basis van de gemeten concentratie, wordt er geschat dat de emissie naar KGT ca. 7,5 kg/jaar bedraagt. De Nederlandse emissie is verwaarloosbaar. VMM berekende een vracht rond 2 kg/jaar voor de vergunde, Belgische bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

4.5.5 Perfluorheptaanzuur (PFHpA)

Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland, noch België.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Er zijn nauwelijks metingen beschikbaar in het Belgisch deel gezien deze zijn opgestart in 2021.

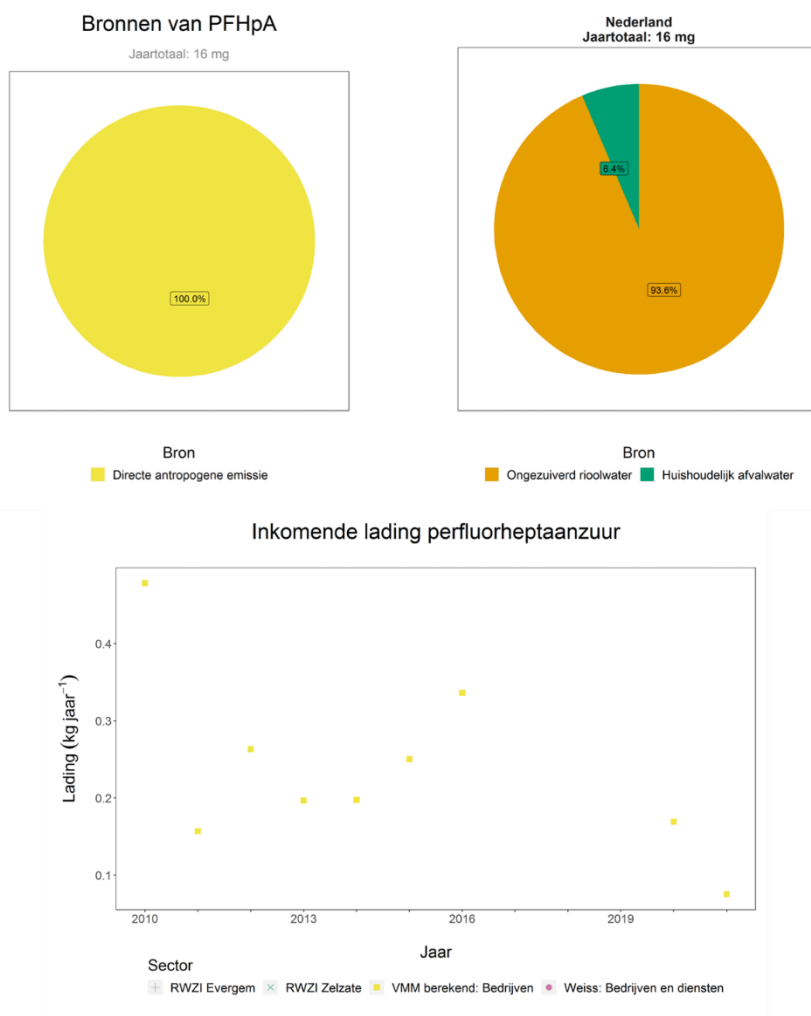


Figuur 63: PFHpA – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: Merk op hoe – tijdens de beschouwde periode waarvoor er meetconcentraties beschikbaar zijn in het Nederlands deel van KGT alsook debietreeksen – de concentratie PFHpA niet gemeten wordt in de Ringvaart, noch de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Ook zit deze stof niet vervat in WEISS. De berekende lading is dus louter afkomstig uit Emissieregistratie. Deze wijst op een gemiddelde (Nederlandse) emissie van 16 mg/jaar: 94% afkomstig uit ongezuiverd rioolwater en voor 6% uit huishoudelijk afvalwater.

De analyse wijst op een consequente onderschatting (gemiddeld -0,23 kg) voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van 2,7 kg/jaar. Wat neerkomt op een 100% onderschatting van de lading. VMM berekende een vracht rond de 0,1 en 0,4 kg/jaar voor de vergunde bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van

(a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.



Figuur 64: PFHpA – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTSBOVEN) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (ONDER).

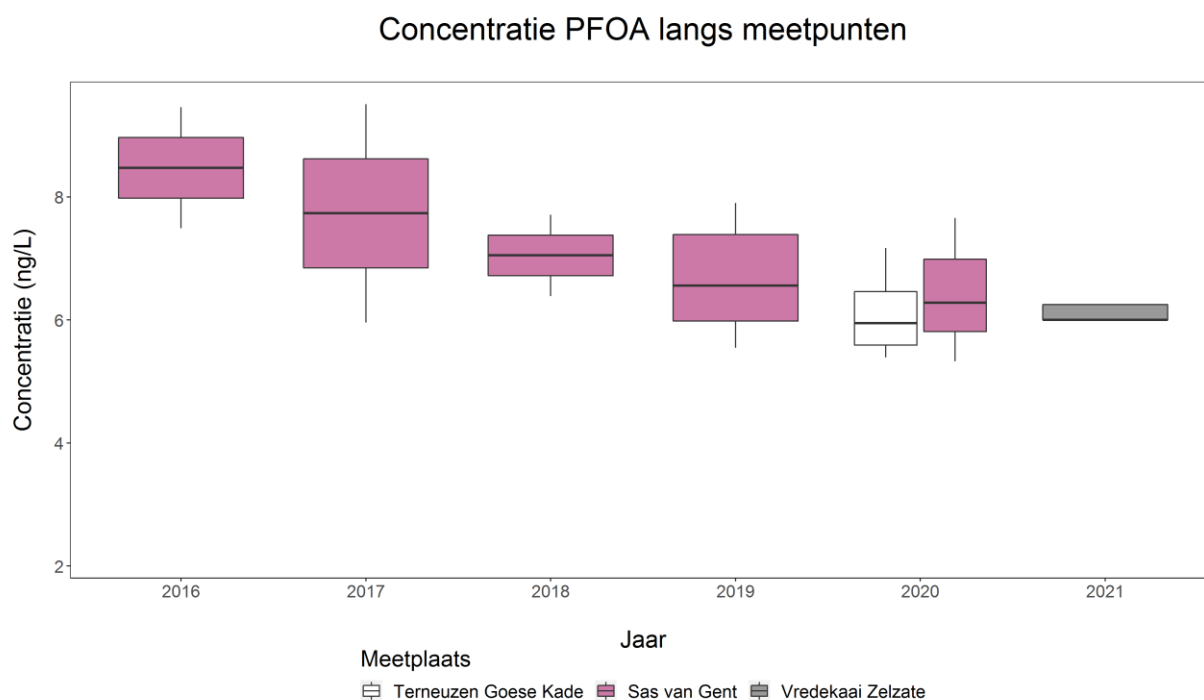
Besluit PFHpA: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: Op basis van de gemeten concentratie, wordt er geschat dat de emissie naar KGT ca. 2,7 kg/jaar bedraagt. De Nederlandse emissie is verwaarloosbaar. VMM berekende een vracht rond 0,1 à 0,4 kg/jaar voor de vergunde, Belgische bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

4.5.6 Perfluorooctaanzuur (PFOA)

Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland, noch België.

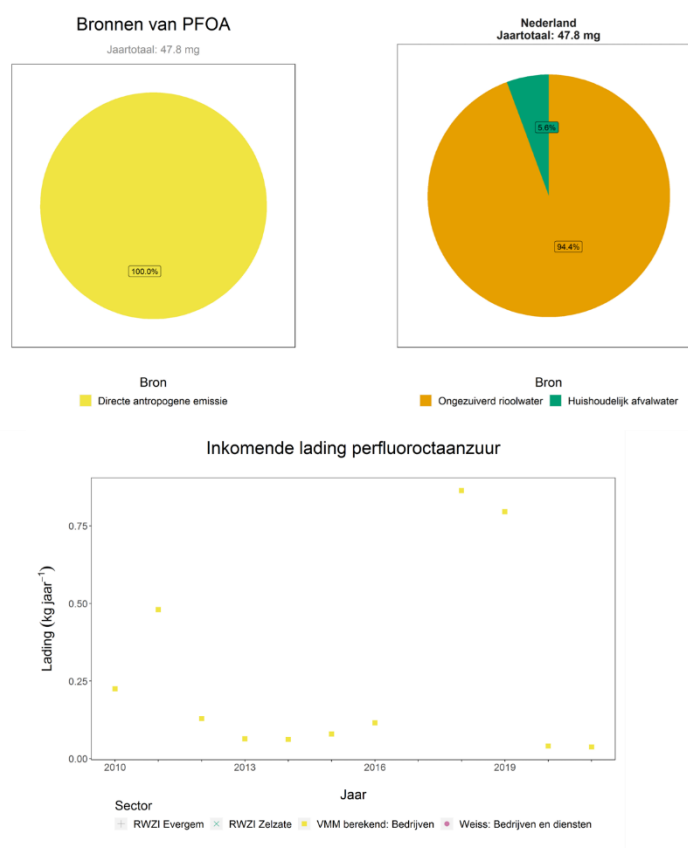
Verloop concentratie doorheen studiegebied: Er zijn nauwelijks metingen beschikbaar in het Belgisch deel gezien deze zijn opgestart in 2021.



Figuur 65: PFOA – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: Merk op hoe – tijdens de beschouwde periode waarvoor er meetconcentraties beschikbaar zijn in het Nederlands deel van KGT alsook debietreeksen – de concentratie PFHpA niet gemeten wordt in de Ringvaart, noch de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Ook zit deze stof niet vervat in WEISS. De berekende lading is dus louter afkomstig uit Emissieregistratie. Deze wijst op een gemiddelde (Nederlandse) emissie van 48 mg/jaar: 94% afkomstig uit ongezuiverd rioolwater en voor 6% uit huishoudelijk afvalwater.

De analyse wijst op een consequente onderschatting (gemiddeld -0,33 kg) voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van 4 kg/jaar. Wat neerkomt op een 100% onderschatting van de lading. VMM berekende een vracht rond de 0,1 en 0,75 kg/jaar voor de vergunde bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.



Figuur 66: PFOA – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (RECHTS).

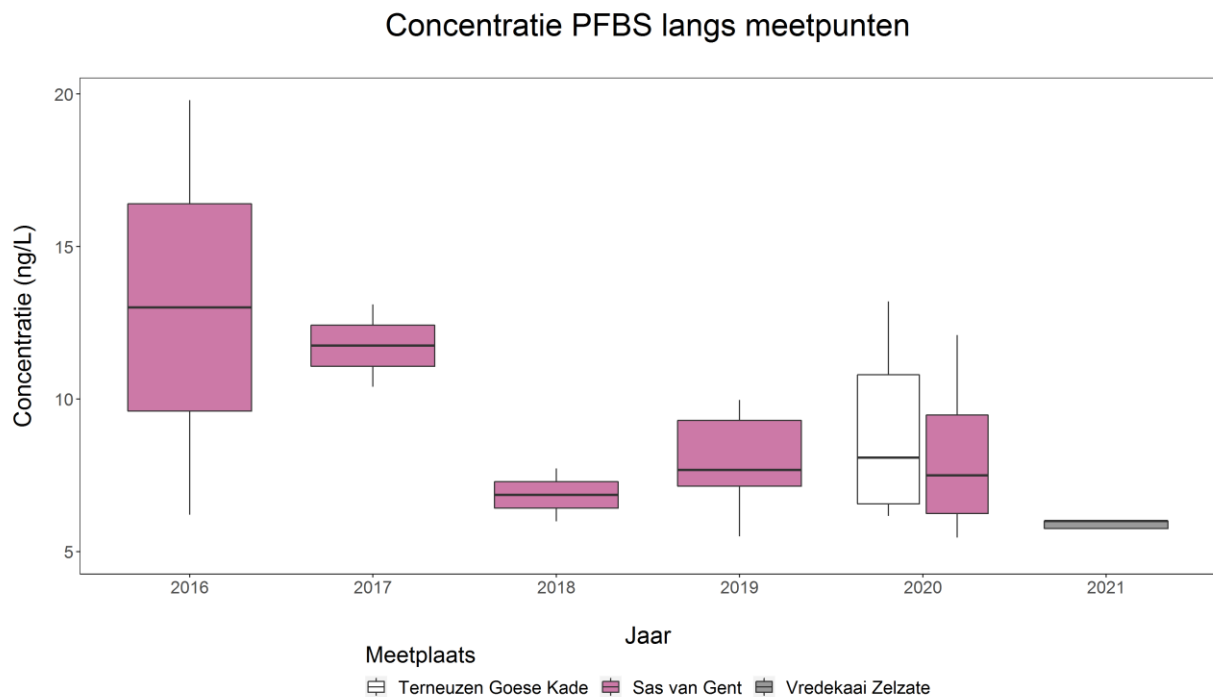
Besluit PFOA: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: Op basis van de gemeten concentratie, wordt er geschat dat de emissie naar KGT ca. 4 kg/jaar bedraagt. De Nederlandse emissie is verwaarloosbaar. VMM berekende een vracht rond 0,1 à 0,75 kg/jaar voor de vergunde, Belgische bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

4.5.7 Perfluorbutaansulfonzuur (PFBS)

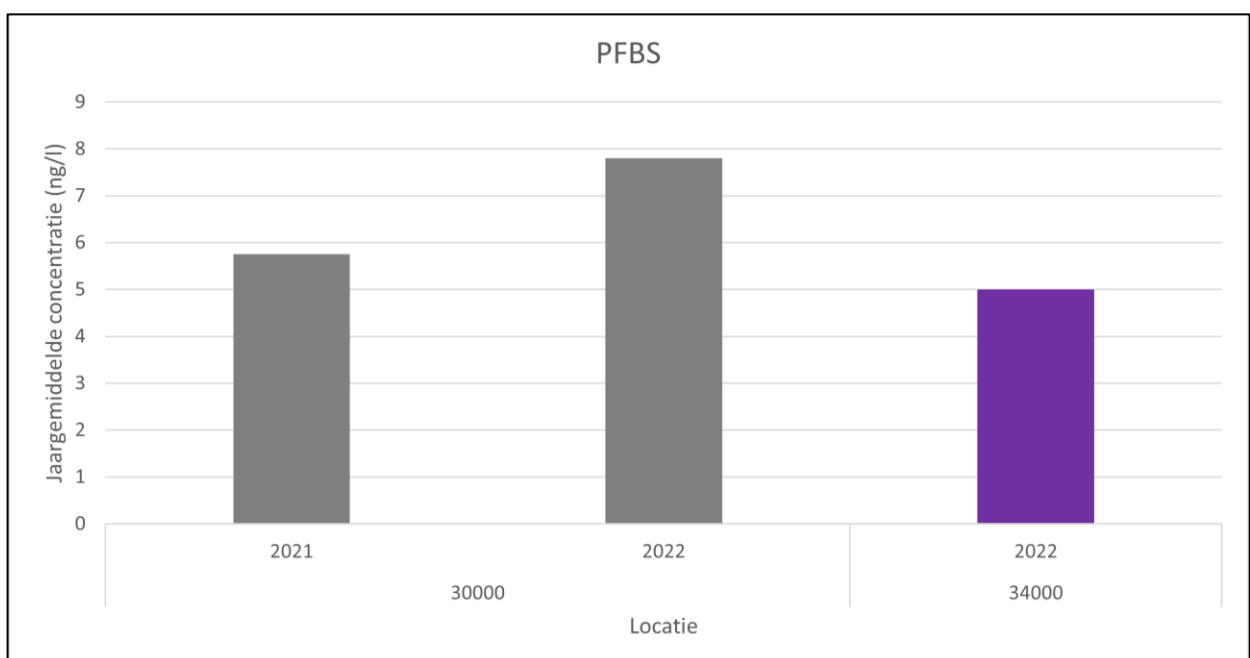
Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland, noch België.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Op basis van de Vlaamse metingen in 2022, lijkt de concentratie PFBS lager te liggen in België dan in Nederland. Echter, bijkomende metingen in 2022 (voor zowel België als Nederland) dienen uitsluitsel te geven.



Figuur 67: PFBS – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

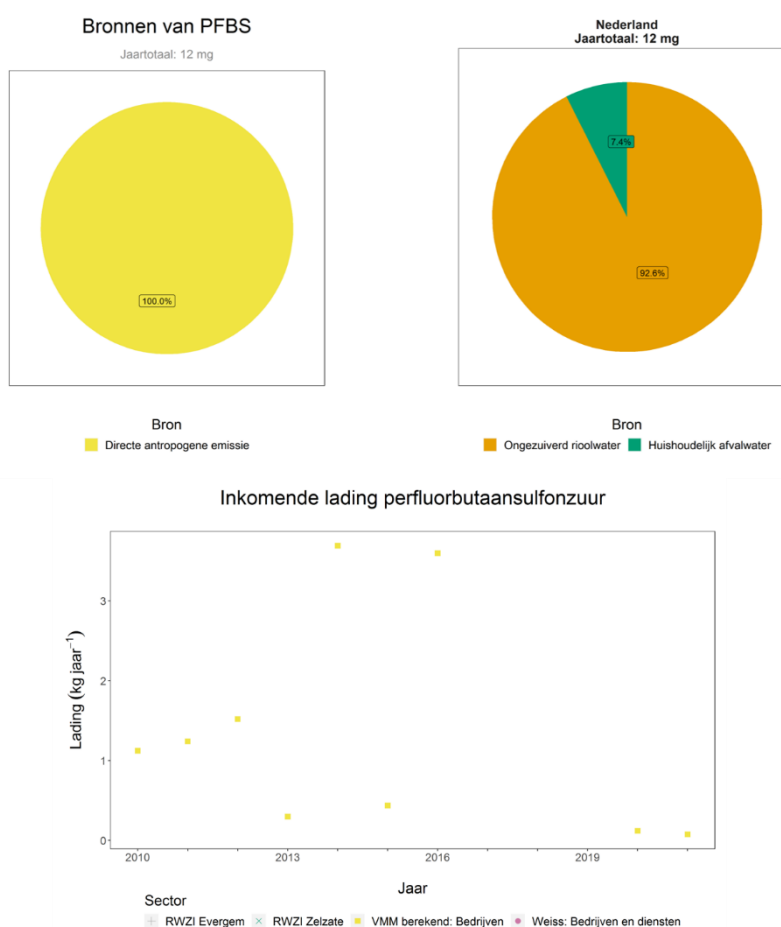


Figuur 68: Jaargemiddelde concentratie (2021 - 2022) van PFBS voor de meetlocaties Vredekaai Zelzate (30000) en Oostakker (34000) o.b.v. DOV databank.

Berekende lading: Merk op hoe – tijdens de beschouwde periode waarvoor er meetconcentraties beschikbaar zijn in het Nederlands deel van KGT alsook debietreeksen – de concentratie PFBS niet gemeten wordt in de Ringvaart, noch de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Ook zit deze stof niet vervat in WEISS. De berekende lading is dus louter afkomstig uit

Emissieregistratie. Deze wijst op een gemiddelde (Nederlandse) emissie van 12 mg/jaar: 93% afkomstig uit ongezuiverd rioolwater en voor 7% uit huishoudelijk afvalwater.

De analyse wijst op een consequente onderschatting (gemiddeld -0,40 kg) voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van 4,75 kg/jaar. Wat neerkomt op een 100% onderschatting van de lading. VMM berekende een vracht rond de 0,1 à 2 kg/jaar voor de vergunde bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.



Figuur 69: PFBS – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTSBOVEN) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (ONDER).

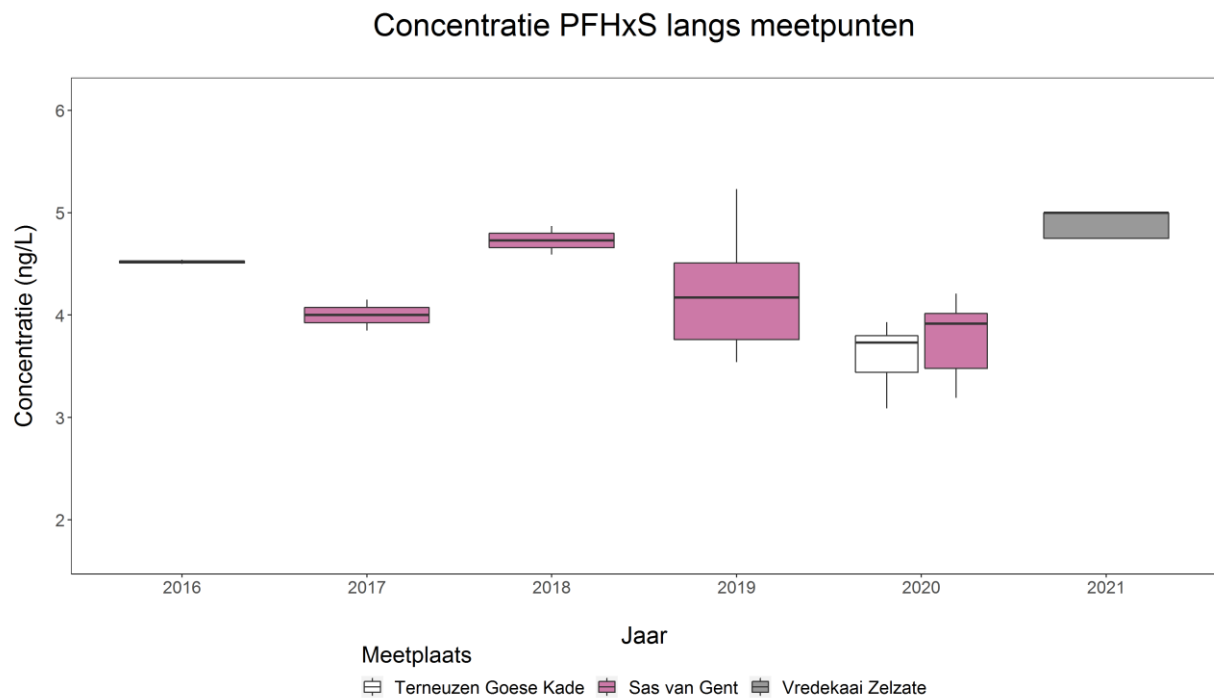
Besluit PFBS: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: Op basis van de gemeten concentratie, wordt er geschat dat de emissie naar KGT ca. 4,75 kg/jaar bedraagt. De Nederlandse emissie is verwaarloosbaar. VMM berekende een vracht rond 0,1 à 2 kg/jaar voor de vergunde, Belgische bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

4.5.8 Perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS)

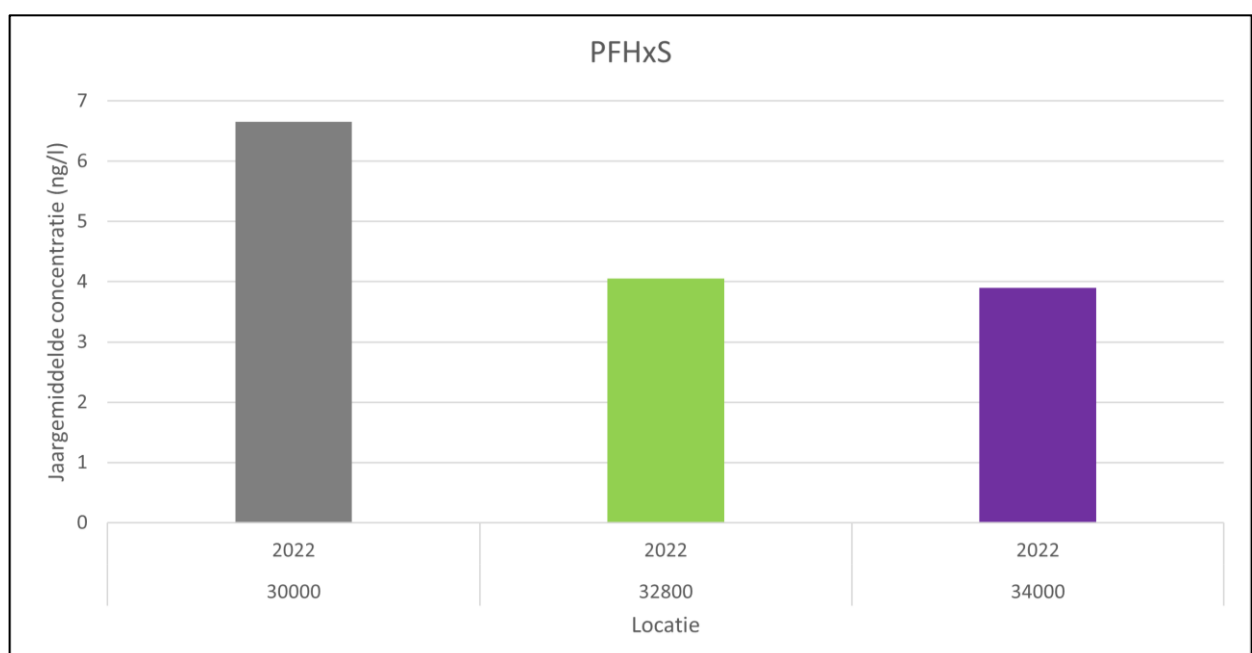
Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland, noch België.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Op basis van de Vlaamse metingen in 2022, lijkt de concentratie PFHxS iets hoger te liggen in Zelzate dan in Nederland. Echter, bijkomende metingen in 2022 (voor zowel België als Nederland) dienen uitsluitsel te geven.



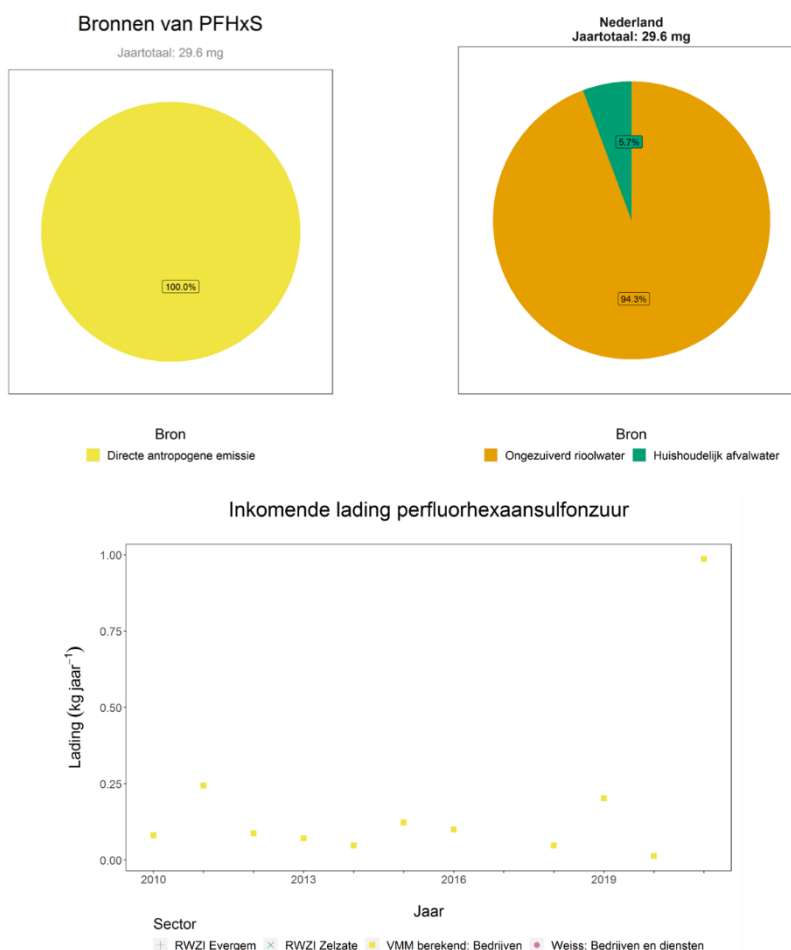
Figuur 70: PFHxS – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.



Berekende lading: Merk op hoe – tijdens de beschouwde periode waarvoor er meetconcentraties beschikbaar zijn in het Nederlands deel van KGT alsook debietreeksen – de concentratie PFHxS niet gemeten wordt in de Ringvaart, noch de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Ook zit deze stof niet vevat in WEISS. De berekende lading is dus louter afkomstig uit Emissieregistratie. Deze wijst op een gemiddelde (Nederlandse) emissie van 30 mg/jaar: 94% afkomstig uit ongezuiverd rioolwater en voor 6% uit huishoudelijk afvalwater.

De analyse wijst op een consequente onderschatting (gemiddeld -0,21 kg) voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van 2,5 kg/jaar. Wat neerkomt op een 100% onderschatting van de lading. VMM berekende een vracht rond de 0,1 en 0,25 kg/jaar voor de vergunde bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

Figuur 71: Jaargemiddelde concentratie (2022) van PFHxS voor de meetlocaties Vredekaai Zelzate (30000), Rodenhuizekaai Desteldonk (32800) en Oostakker (34000) o.b.v. DOV databank.



Figuur 72: PFHxS – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTSBOVEN) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (ONDER).

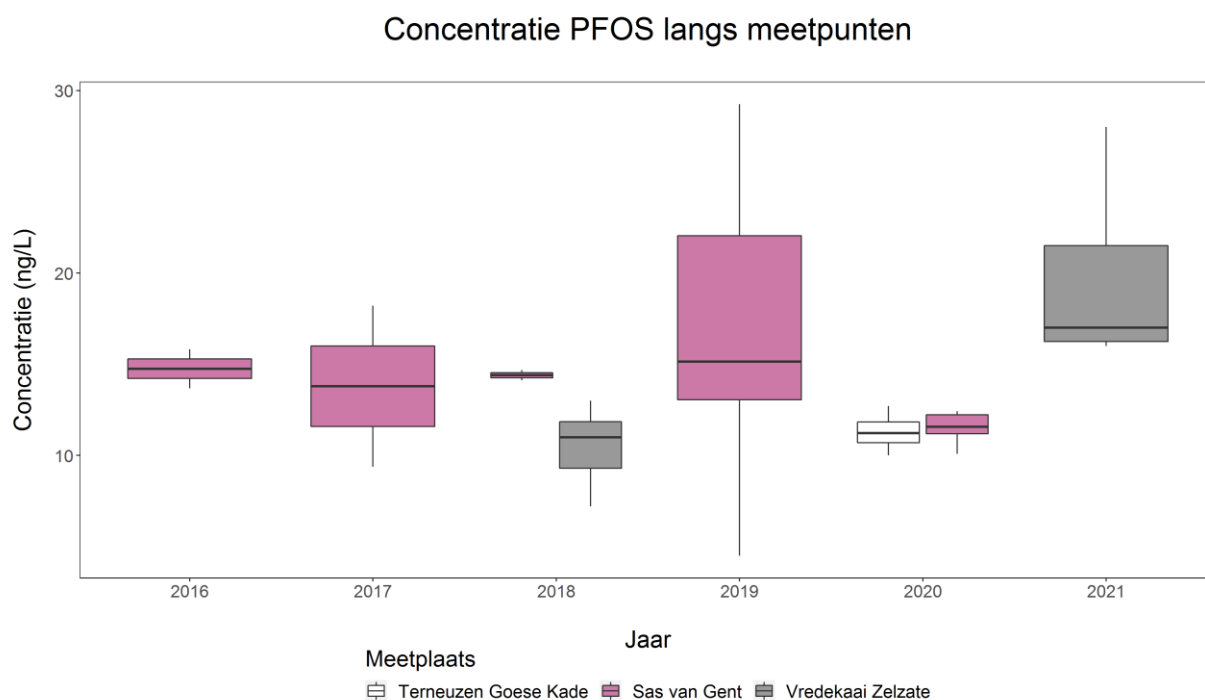
Besluit PFHxS: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: Op basis van de gemeten concentratie, wordt er geschat dat de emissie naar KGT ca. 2,5 kg/jaar bedraagt. De Nederlandse emissie is verwaarloosbaar. VMM berekende een vracht rond 0,1 à 0,25 kg/jaar voor de vergunde, Belgische bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

4.5.9 Perfluorooctaansulfonzuur (PFOS)

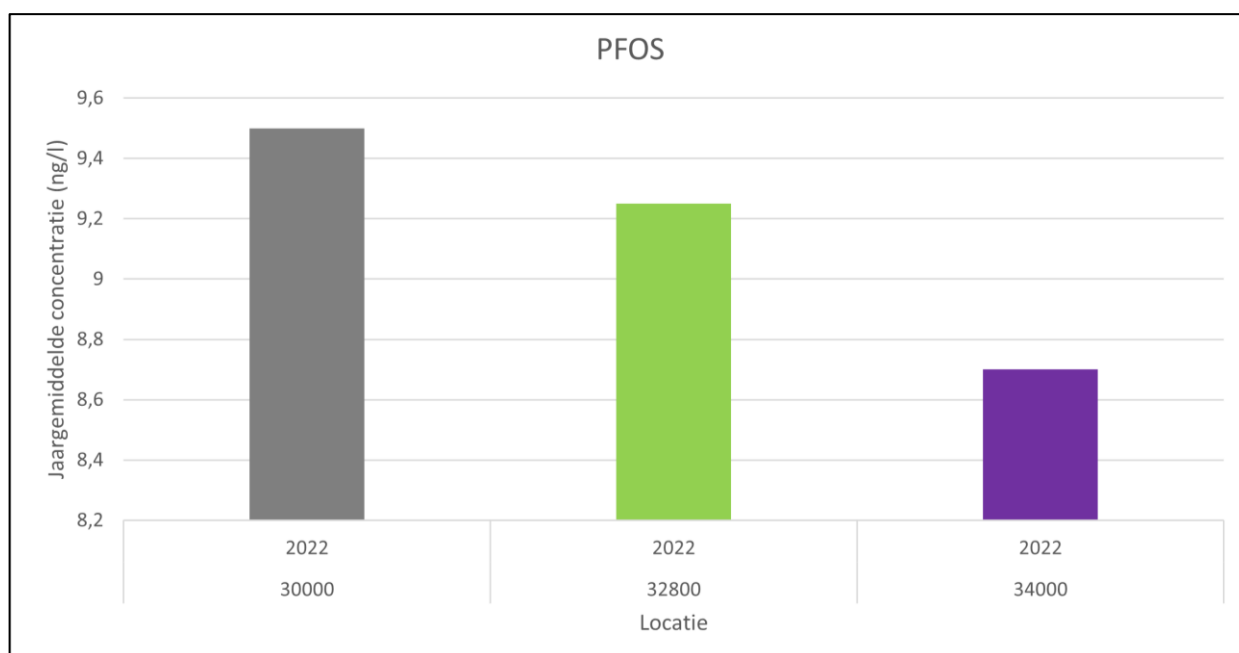
Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 13 ng/l en 27 ng/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Op basis van de Vlaamse metingen in 2022, lijkt de concentratie PFOS iets lager te liggen in België dan in Nederland. Echter, bijkomende metingen in 2022 (voor zowel België als Nederland) dienen uitsluitsel te geven.



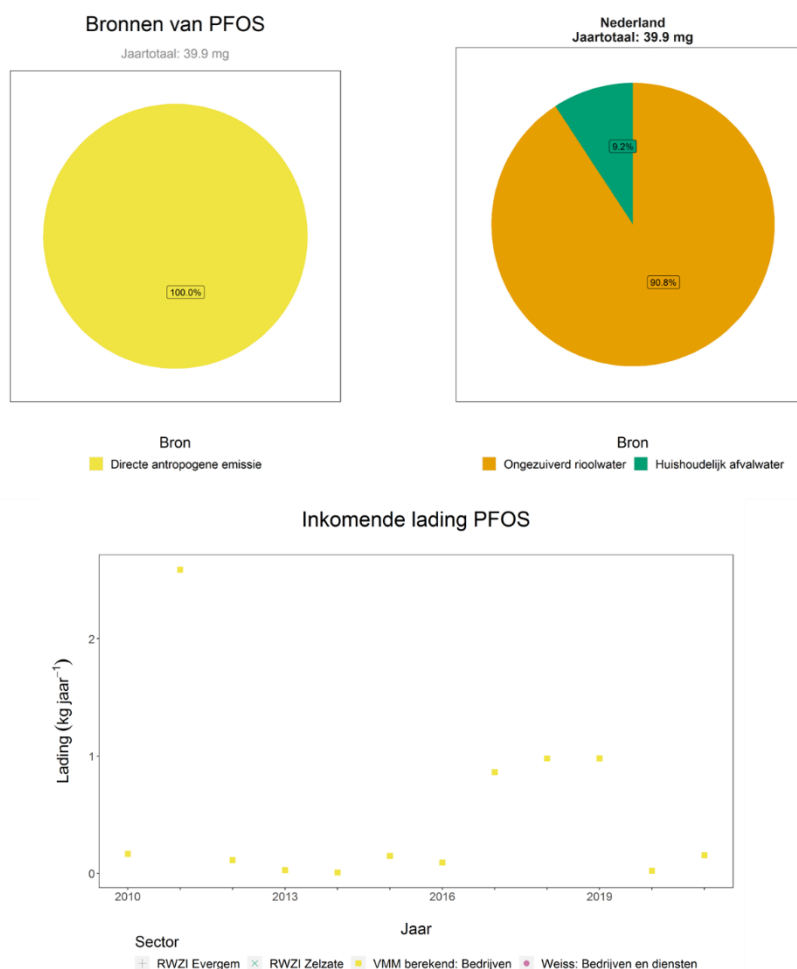
Figuur 73: PFOS – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.



Figuur 74: Jaargemiddelde concentratie (2022) van PFOS voor de meetlocaties Vredekaai Zelzate (30000), Rodenhuizekaai Desteldonk (32800) en Oostakker (34000) o.b.v. DOV databank.

Berekende lading: Merk op hoe – tijdens de beschouwde periode waarvoor er meetconcentraties beschikbaar zijn in het Nederlands deel van KGT alsook debietreeksen – de concentratie PFOS niet gemeten wordt in de Ringvaart, noch de Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Ook zit deze stof niet vervat in WEISS. De berekende lading is dus louter afkomstig uit Emissieregistratie. Deze wijst op een gemiddelde (Nederlandse) emissie van 40 mg/jaar: 91% afkomstig uit ongezuiverd rioolwater en voor 9% uit huishoudelijk afvalwater.

De analyse wijst op een consequente onderschatting (gemiddeld -0,45 kg) voor alle maanden waarvoor er zowel meetgegevens als berekende lading beschikbaar is. Als men deze zou doortrekken naar jaartotalen (wat een aanzienlijke versimpeling van de realiteit inhoudt) bekomt een onderschatting van 5,5 kg/jaar. Wat neerkomt op een 100% onderschatting van de lading. VMM berekende een vracht rond de 0,1 en 1 kg/jaar voor de vergunde bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.



Figuur 75: PFOS – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKSBOVEN), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTSBOVEN) en de door de VMM berekende vrachten voor de bedrijven (ONDER).

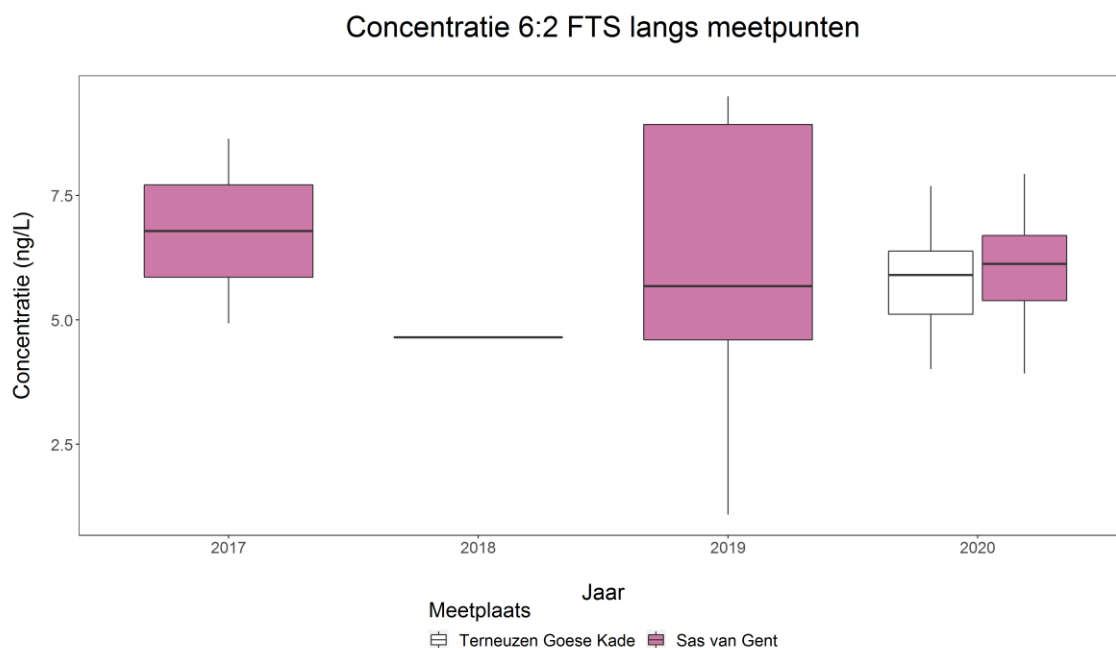
Besluit PFOS: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: Op basis van de gemeten concentratie, wordt er geschat dat de emissie naar KGT ca. 5,5 kg/jaar bedraagt. De Nederlandse emissie is verwaarloosbaar. VMM berekende een vracht rond 0,1 en 1 kg/jaar voor de vergunde, Belgische bedrijfslozingen. Het overige deel is vermoedelijk afkomstig van (a) huishoudens, RWZI's en ongezuiverde lozingen in het Belgisch deel van KGT, alsook (b) een bovenstroomse aanvoer.

4.5.10 2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfonylzuur (6:2 FTS)

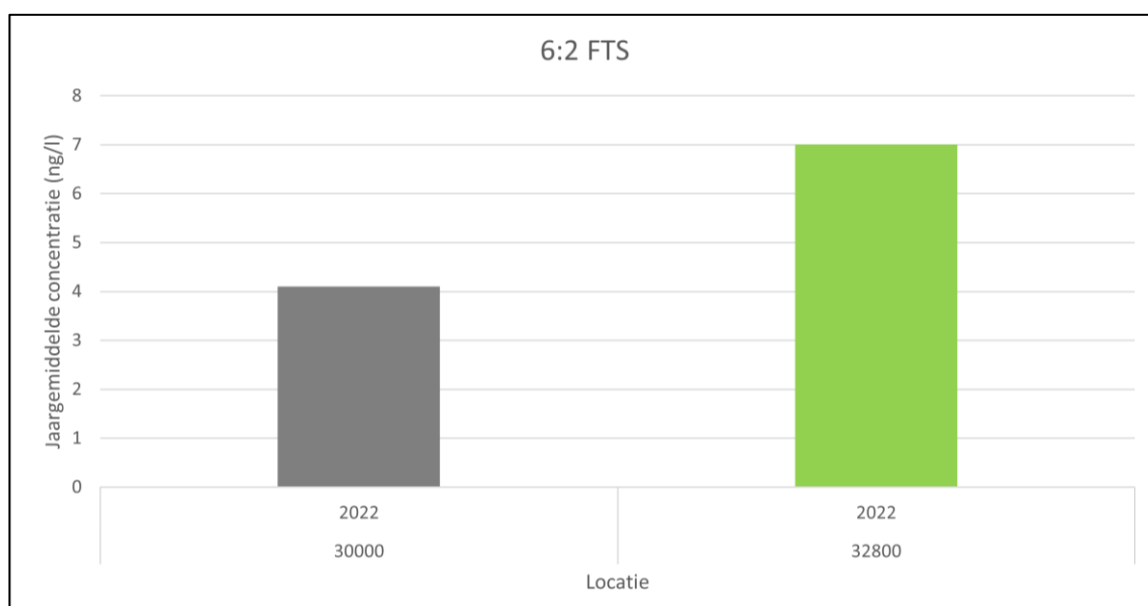
Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: geen detectielimieten waargenomen in Nederland.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Op basis van de Vlaamse metingen in 2022, lijkt de concentratie 6:2 FTS even hoog te liggen in België als in Nederland. Echter, bijkomende metingen in 2022 (voor zowel België als Nederland) dienen uitsluitsel te geven.



Figuur 76: 6:2 FTS – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.



Figuur 77: Jaargemiddelde concentratie (2022) van 6:2 FTS voor de meetlocaties Vredekaai Zelzate (30000) en Rodenhuizekaai Desteldonk (32800) o.b.v. DOV databank.

Berekende lading: 6:2 FTS wordt niet gemeten – tijdens de beschouwde periode waarvoor er meetconcentraties beschikbaar zijn in het Nederlands deel van KGT alsook debietreeksen – op de Ringvaart, noch Moervaart, waardoor de bovenstroomse aanvoer niet begroot kan worden. Bovendien zit ze ook niet vervat in de overige databronnen met berekende fluxen. Op basis van de metingen wordt een emissie van 3,4 kg/jaar verwacht.

Besluit 6:2 FTS: De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten), als ladingen zorgen voor een vertekent beeld in de figuren en een onderschatting van de emissie. Door alle informatie naast elkaar te leggen, kan men het volgende besluiten: De gemeten concentraties in België en Nederland liggen even hoog. Op basis van de metingen wordt een emissie van 3,4 kg/jaar verwacht.

4.5.11 FRD903

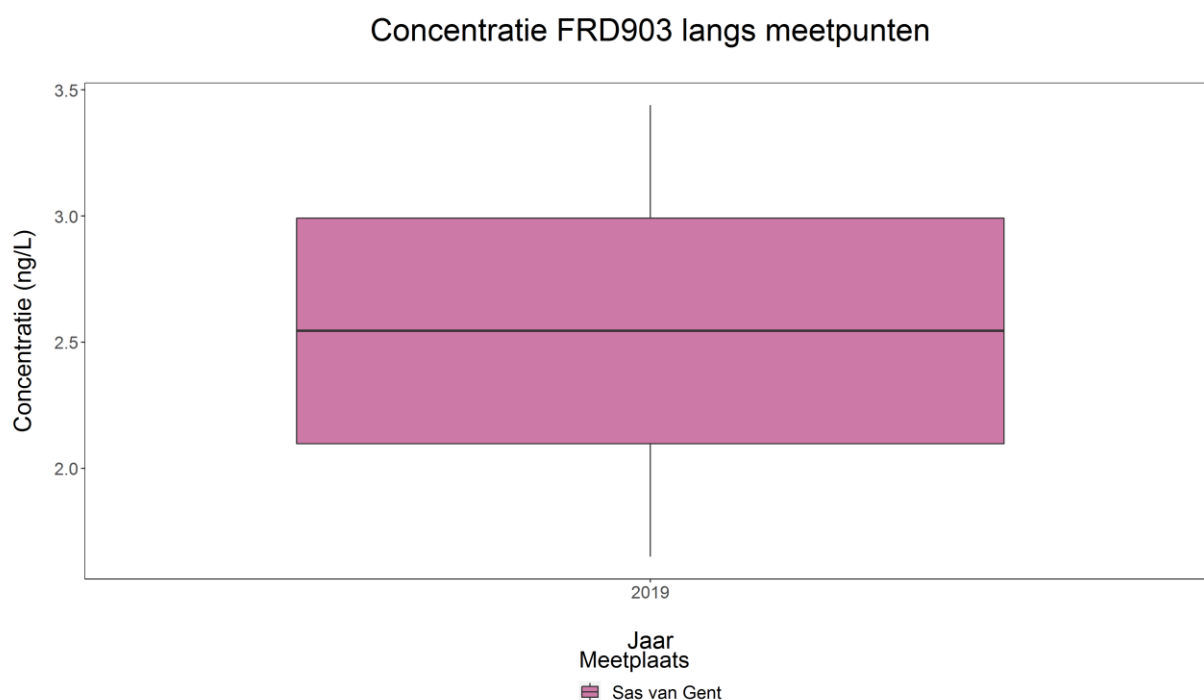
Algemene toelichting: zie algemene toelichting bij PFAS (§4.5.1).

Detectielimieten: 1 ng/l

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Deze stof wordt niet gemeten in België en in Nederland worden er enkel in 2019 een aantal concentraties gemeten die zich boven de detectielimiet bevinden.

Berekende ladingen: deze stof zit niet opgenomen in de databronnen met berekende ladingen.

Besluit: geen.



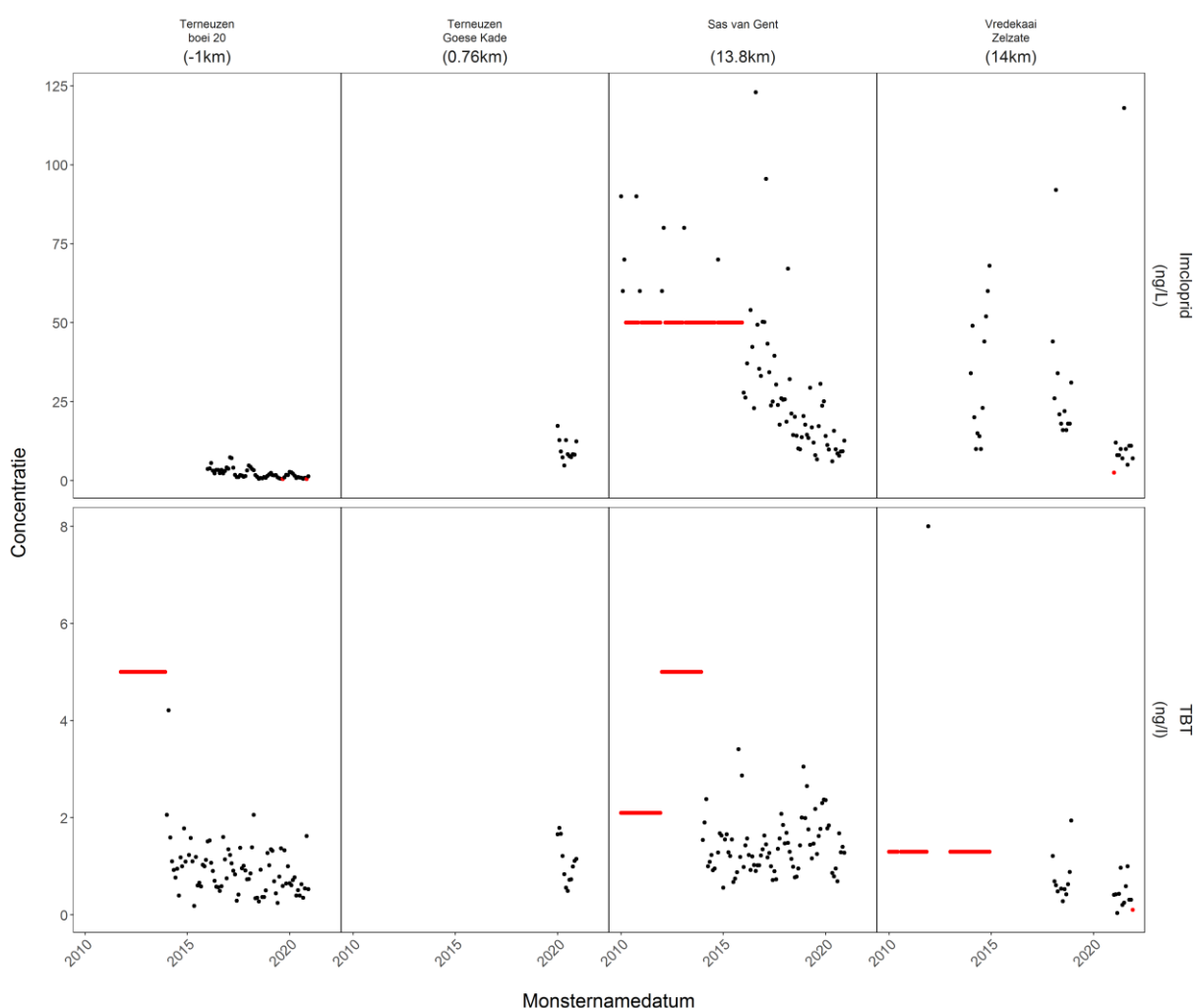
Figuur 78: FRD903 – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

4.6 Biocide

4.6.1 Inleiding

Figuur 79 presenteert het verloop van de geselecteerde biocides doorheen het studiegebied, alsook de aangrenzende waterlichamen. Voor het Belgisch deel zijn er enkel metingen nabij Zelzate uitgevoerd.

Er bevonden zich meerdere concentraties onder de detectielimiet (rode punten), waardoor deze niet bepaald konden worden. Deze metingen zijn weggelaten uit verdere analyses. De meeste daadwerkelijk gemeten concentraties zijn niet ouder dan 2014, nadat men de detectielimieten voor deze biocides aanscherpte. Volgende deelhoofdstukken bespreken het verloop van iedere stof, alsook de respectievelijke emissie naar het KGT in meer detail.



Figuur 79: Verloop van Biocides doorheen het studiegebied en aangrenzende waterlichamen met aanduiding van de metingen waarbij de concentratie niet bepaald kon worden door de detectielimiet (ROOD)

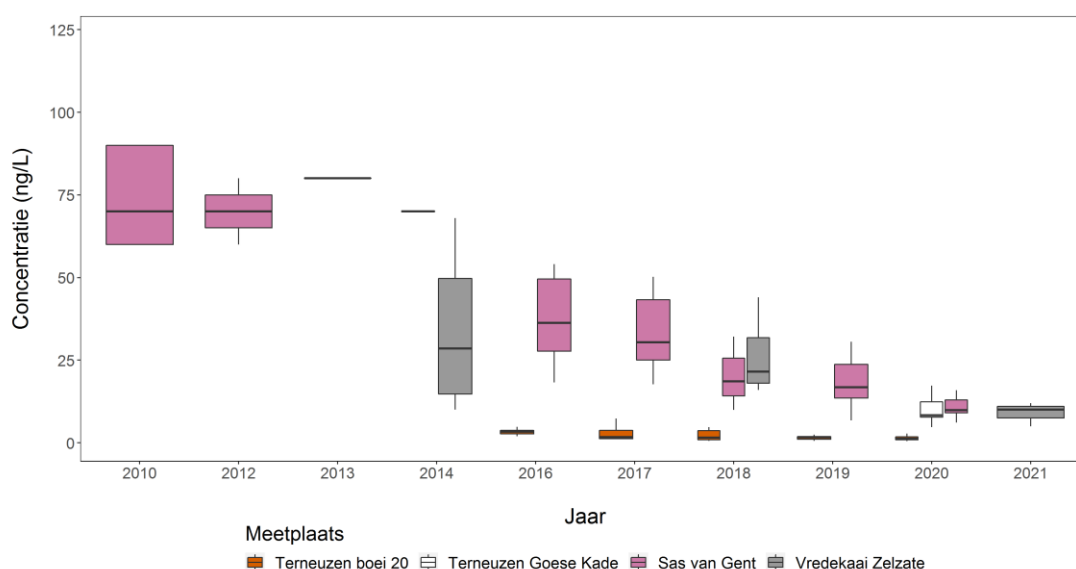
4.6.2 Imidacloprid (Imcloprid)

Algemene Toelichting: Imidacloprid werd vooral gebruikt als gewasbeschermingsmiddel/insecticide, maar het gebruik ervan werd in Nederland in 2020 stopgezet en in Vlaanderen in 2019 streng gereguleerd. Vandaag wordt het nog voornamelijk gebruikt als biocide (vb. lokdozen voor mieren) en diergeneesmiddelen (VMM, 2022; Waterkwaliteitsportaal, 2022).

Detectielimieten: In Nederland bedroeg de detectielimiet 50ng/l tot deze in 2016 geoptimaliseerd werd. Recent (2019,2020) bedroeg deze nog 0,5 ng/l. In het Belgisch deel fluctueert de detectielimiet tussen 10ng/l en 2,5 ng/l.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 80) De Nederlandse meetwaarden t.e.m. 2015 geven een vertekend beeld ten gevolge van de toenmalige hoge detectielimiet. Indien men deze metingen achterwege laat, is er nog steeds een dalende trend zichtbaar voor alle meetlocaties in het KGT. In de Westerschelde (Terneuzen Boei 20) worden aanzienlijk lagere concentraties gemeten dan op het KGT, wat betekent dat een influx vanuit de Westerschelde eerder een verdunning zal veroorzaken. Op basis van de beschikbare metingen is er verder geen duidelijke ruimtelijke trend af te leiden.

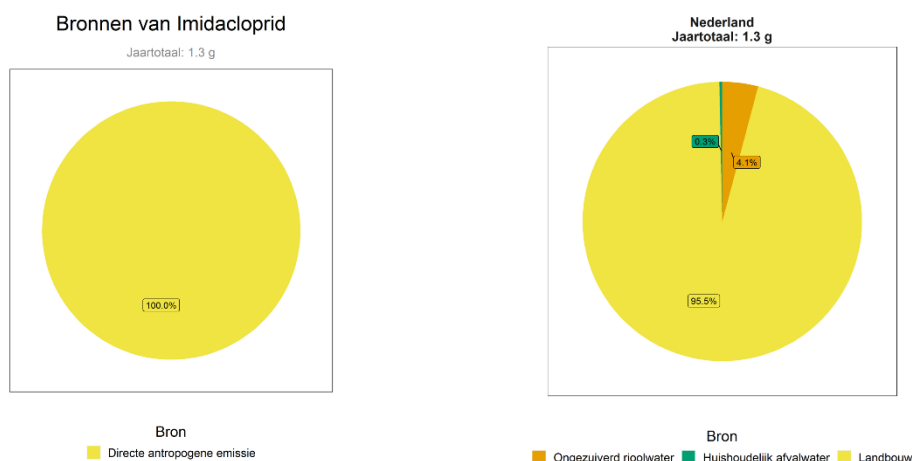
Concentratie Imcloprid langs meetpunten



Figuur 80: Imidacloprid – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

Berekende lading: (Figuur 81) De emissie in het Belgisch deel zijn onbekend. In het Nederlands deel van het KGT bedraagt de jaarlijkse netto vracht naar het KGT 1,3 gram. Deze was quasi volledig afkomstig van directe emissie door de landbouwsector (96%).

Besluit Imcloprid: De gemeten concentraties zijn gedaald. Op basis van de beperkte databeschikbaarheid valt er echter geen duidelijke ruimtelijke trend op het KGT af te leiden. De concentratie ligt in de Westerschelde wel aanzienlijk lager, waardoor een influx vanuit de Westerschelde eerder een verdunning zal veroorzaken. De emissie in het Belgisch deel is onbekend. Ook de aanvoer vanuit de bovenstromen kan niet bepaald worden. De netto emissie in Nederland bedraagt 1,3 gram en was quasi volledig afkomstig van de landbouwsector.



Figuur 81: Imidacloprid – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKS), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTS).

4.6.3 Tributyltin (TBT)

Algemene Toelichting: Tributyltin (TBT) werd toegepast als biocide. De voornaamste toepassing waarbij TBT vrijkwam naar het aquatisch milieu, was de aanwezigheid in de verf van scheepsrompen om aangroei van algen en zeepokken tegen te gaan.

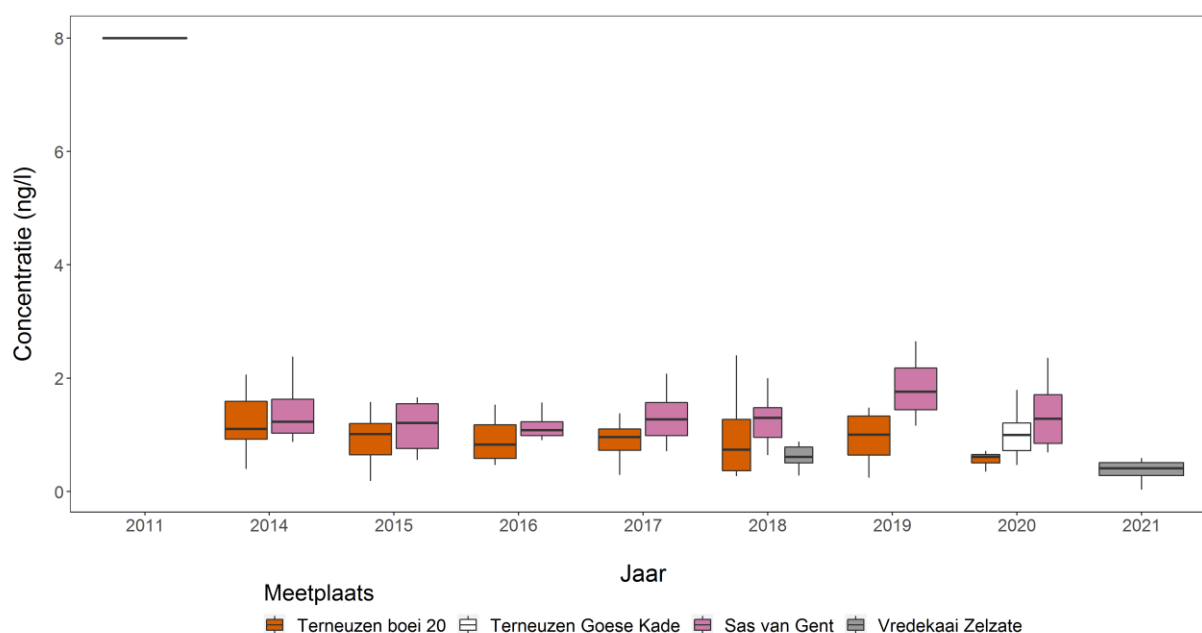
Detectielimieten: In Nederland bedroeg de detectielimiet $5\mu\text{g/l}$ tot deze in 2014 geoptimaliseerd werd waarna de detectielimiet niet meer onderschreden werd. In het Belgisch deel bedroeg de detectielimiet $1,3\text{ ng/l}$ tot in 2014, waarna deze werd aangescherpt tot $0,1\text{ ng/l}$.

Verloop concentratie doorheen studiegebied: (Figuur 82) Er is geen duidelijke trend doorheen de tijd waarneembaar. Het ene punt in 2011 komt overeen met een spike nabij Zelzate. Er is wel een ruimtelijke trend aanwezig in het Nederlands deel: de laagste concentraties worden waargenomen in de Westerschelde en de hoogste in Sas van Gent. Iets verderop, nabij Zelzate, lijken de meetwaarde opnieuw lager te liggen. Toch, het beperkt aantal metingen in België veroorzaakt een vertekend beeld.

Berekende lading: Er zijn geen emissiegegevens beschikbaar voor zowel het Belgisch als Nederlands deel.

Besluit TBT: De concentraties liggen het hoogst nabij de Belgisch-Nederlandse grens. Te Zelzate lijken – op basis van het beperkt aantal metingen – de TBT-concentraties lager te liggen dan in Sas van Gent. De aanvoer vanuit de bovenstromen is ook niet gekend. Vaak wordt een historische vervuiling in de waterbodem als oorzaak aangehaald. Deze valt hier niet uit te sluiten, maar kan ook niet bewezen worden met de beschikbare gegevens.

Concentratie TBT langs meetpunten



Figuur 82: TBT – Verloop gemeten concentratie doorheen studiegebied.

4.7 Polygebromeerde difenylether (PBDE)

Algemene Toelichting: PBDE's of gebromeerde difenylethers zijn vlamvertragende stoffen. Ze worden teruggevonden in veel huishoudelijke voorwerpen zoals allerlei stoffen, meubels en elektronica. In het algemeen zijn de belangrijkste emissiebronnen atmosferische depositie, het effluent van RWZI's en puntbronnen bij de industrie (VMM, 2022; Waterkwaliteitsportaal, 2022). De focus ligt hier op 6 PBDE's: PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153 en PBDE154.

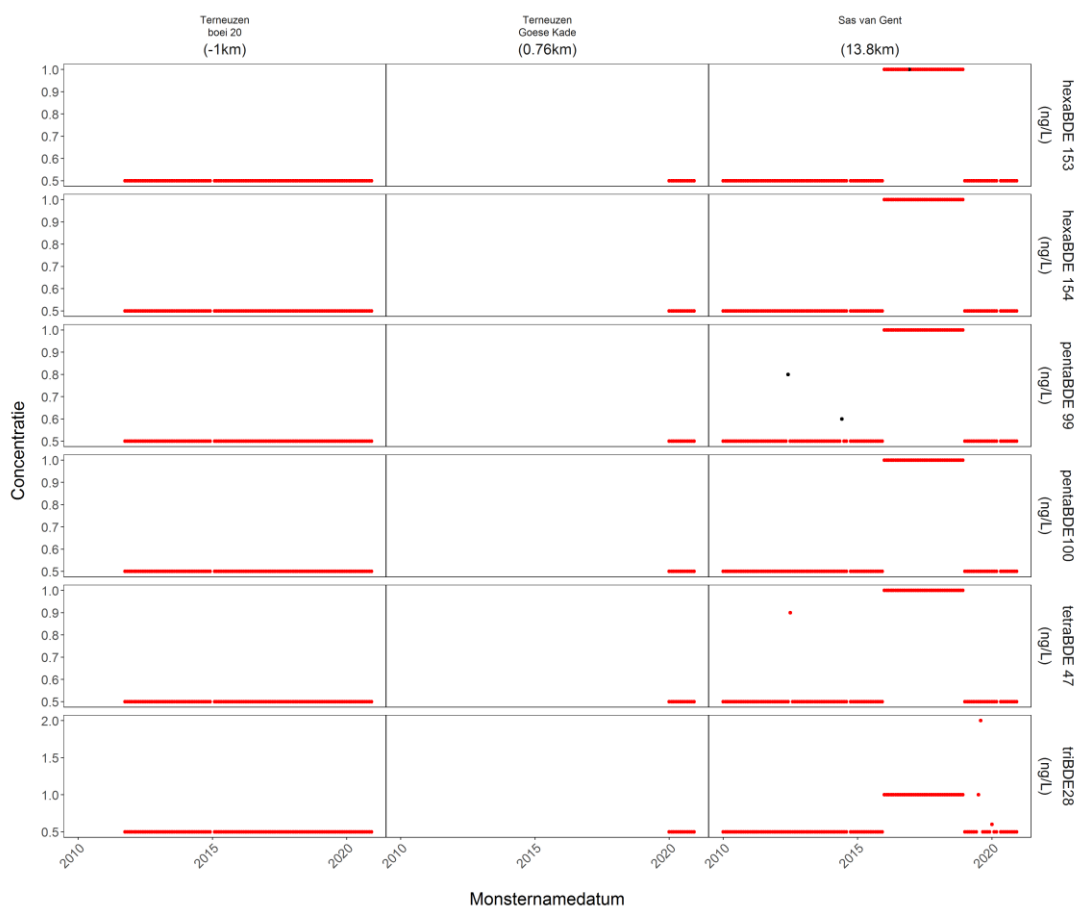
Detectielimieten: fluctueren van 0,5 ng/l tot 1ng/l

Verloop concentratie doorheen studiegebied: Figuur 83 presenteert het verloop van de geselecteerde PBDE's doorheen het studiegebied. Quasi alle bemonsterde concentraties bevinden zich onder de detectielimiet (rode punten), waardoor deze niet bepaald konden worden. Deze metingen zijn weggelaten uit verdere analyses. Enkel voor PBDE153 en PBDE99 werd er in Sas van Gent respectievelijk 1 maal (december 2016) en 2 maal (juni 2012 en juni 2014) een concentratie boven de detectielimiet gemeten. Gezien het beperkt aantal daadwerkelijk gemeten concentraties, is het niet mogelijk om een trendanalyse te voorzien voor de PBDE's (geen jaarlijkse boxplots), nog om een stoffenbalans op te stellen.

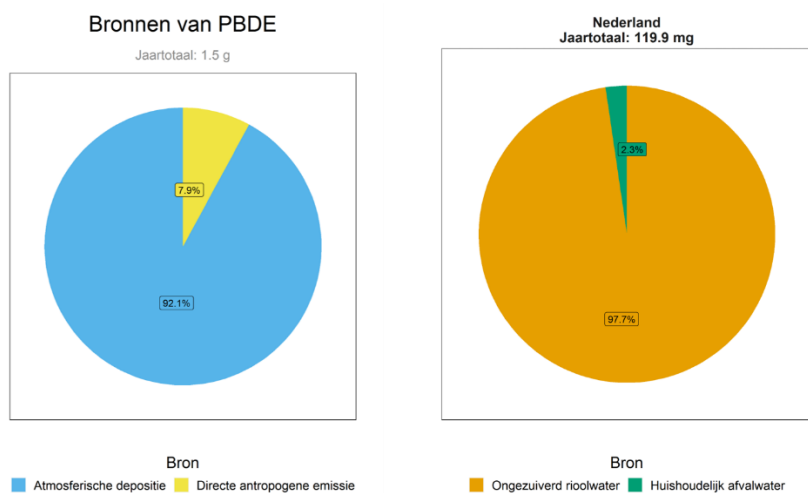
Berekende lading: (Figuur 84) De emissie in het Belgisch deel zijn onbekend. In het Nederlands deel van het KGT bedraagt de jaarlijkse netto vracht naar het KGT 1,5 gram, waarvan het gros afkomstig is van atmosferische depositie (92%). Het overig deel is afkomstig van directe antropogene emissie, vnl. door emissie via lozing van ongezuiverd rioolwater.

Besluit PBDE: De beperkte databeschikbaarheid maakt het lastig om een besluit te trekken. Voor het Belgisch deel is er geen informatie ter beschikking gesteld. In Nederland overschreden de concentraties maar 3 maal de detectielimiet, steeds nabij Sas van Gent: 1 maal PBDE153 (december 2016) en 2 maal

PBDE99 (juni 2012 en juni 2014). Het gros van de emissie in het Nederlands deel komt van atmosferische depositie. Er is geen informatie beschikbaar over berekende ladingen in het Belgisch deel.



Figuur 83: Verloop van de geselecteerde vlamvertragers doorheen het studiegebied en aangrenzende waterlichamen met aanduiding van de metingen waarbij de concentratie niet bepaald kon worden door de detectielimiet (ROOD)



Figuur 84: PBDE – emissie naar KGT: de gemiddelde jaarlijkse lading naar het volledige kanaal (LINKS), detail van de Directe antropogene emissie voor Nederland (RECHTS).

5 Samenvatting Bronnenonderzoek

In het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT) worden KRW-normoverschrijdingen aangetroffen van prioritaire en specifiek verontreinigende stoffen. Met voorliggende opdracht wenst Rijkswaterstaat Zee en Delta een beter zicht te krijgen op de belangrijkste bronnen van verontreiniging met behulp van de informatie die eenvoudig raadpleegbaar/opvraagbaar is bij de bevoegde instanties. Hiaten zijn, waar mogelijk, aangevuld met inzichten uit de eerstelijnsrapporten van de bevoegde publieke instanties.

Het besluit per stoffengroep staat samengevat in volgende hoofdstukken, aangevuld met Tabel 6. Een goed begrip van het systeem is echter cruciaal voor het bronnenonderzoek en wordt daarom eerst toegelicht.

5.1 Systeem

Het Kanaal Gent-Terneuzen wordt gevoed met zoet water vanuit de bovenstromen. Dit aangevoerde watervolume bevat al een zekere concentratie van iedere beschouwde stof, wat resulteert in een 'bovenstroomse aanvoer' van deze stoffen. De in het KGT gemeten concentratie is bijgevolg niet louter het gevolg van de antropogene activiteiten en/of natuurlijke processen die zich in en nabij het KGT afspelen. Het grootste watervolume – en bijgevolg meegevoerde massa aan geselecteerde stof – is afkomstig van de Ringvaart en de Moervaart, waarvoor er voor de meeste stoffen voldoende informatie beschikbaar is om de respectievelijke bovenstroomse aanvoer te begroten. Dit is niet het geval voor de aanvoer vanuit de Gentse Binnenwateren, noch een aantal zijstromen zoals de Averijevaart of de Burggravenstroom. Qua watervolume zijn deze van nevensgeschikt belang, maar de ontbrekende info zorgt wel voor een onderschatting van de bovenstroomse lading waardoor men verkeerdelijk een deel van de waargenomen concentratie aan een activiteit in de kanaalzone kan toekennen.

De analyse van de ververstijd wees uit dat, gemiddeld gezien, de bovenstroomse aanvoer hoog genoeg ligt om – in theorie ⁶ – het volledige watervolume in het KGT te vervangen binnen een periode korter of gelijk aan één maand. Gezien men maandelijkse waterkwaliteitsmetingen uitvoert, betekent dit dat de waargenomen concentratie afkomstig is van de bovenstroomse aanvoer aangevuld met de emissies in het KGT gedurende de voorbij periode en dat er nauwelijks sprake is van recente stoffenopbouw in de waterkolom. Enkel in de droge maanden – en zeker in de recent waargenomen drogere periodes – zal de ververstijd lager liggen, waardoor men ook oudere emissies in acht moet nemen. Het bleek niet mogelijk om een voldoende gekalibreerde stoffenbalans op te stellen die ook deze stoffenopbouw in acht nam. Deze onzekerheid werd tijdens de analyse in rekening gebracht door na te gaan of er een seizoenale bias optrad, dan wel systematische bias die zich ook tijdens nattere periodes manifesteert.

Het watervolume komt uiteindelijk bij Terneuzen in de Westerschelde terecht via spuien en schutverlies onder vrij verval. Gemiddeld gezien is er een netto waterverplaatsing van het KGT naar de Westerschelde toe. Er treedt hier echter ook stoffenuitwisseling op wat o.m. voor een zoutintrusie zorgt tijdens droge jaren. Tijdens zeer hoge hoogwaters kan er bovendien een tijdelijke waterverplaatsing optreden van de Westerschelde naar KGT. Wanneer de stoffenconcentratie lager ligt op de Westerschelde, kan deze wateruitwisseling voor een verdunning zorgen. Omgekeerd, wanneer het Westerscheldewater verrijkt is

⁶ Merk op dat de ververstijd om een benadering gaat waarbij het kanaal aanzien wordt als een 1D-model: eventuele variatie in de diepte, alsook uitwisseling met o.m. de insteekdokken zijn hierbij niet in beschouwing genomen.

aan e.g. mariene stoffen, zal deze als bijkomende bron fungeren. Gezien deze uitwisseling onmogelijk te begroten is zonder gedetailleerd model, kan dit ook een onderschatting van de lading veroorzaken, waarbij men moet oppassen deze niet verkeerdelijk aan een activiteit in de kanaalzone kan toekennen.

Ook bezinking van sedimentpartikels en stoffenuitwisseling met de waterbodem is niet begroot en zal een bijkomende onzekerheid veroorzaken in de stoffenbalans.

Tot slot, is het belangrijk om stil te staan bij de activiteiten die plaatsvinden in de kanaalzone en hoe deze hun stoffen lozen. In Nederland lozen de meeste bedrijven, alsook de rioolwaterzuiveringsinstallatie van Terneuzen op de Westelijke Rijkswaterleiding welke afwatert naar de Westerschelde, net afwaarts de sluis van Terneuzen. De rechtstreekse emissie naar het KGT is dan ook uiterst beperkt, wat weerspiegelt wordt in de bronnenanalyse. In tegenstelling tot in Nederland, komen in België vergunde lozingen op het KGT frequenter voor. De afwatering van de Westelijke Rijkswaterleiding bevindt zich weliswaar net zeewaarts van de sluis van Terneuzen. Enige, tijdelijke retourstroom via de sluis te Terneuzen valt dus niet uit te sluiten, maar zal relatief beperkt zijn en in overeenstemming met de influx van andere mariene componenten. Deze retourstroom is echter niet begroot.

5.2 Besluit Nutriënten

De bovenstroomse aanvoer vanuit de Ringvaart vormt de belangrijkste bron van nutriënten, gevolgd door de Moervaart: respectievelijk ca. 85% à 90% en ca. 5% van de gekende netto emissie. Langsheen het kanaal treedt er een stroomafwaartse daling in concentratie op, wat wijst op een verdunning door menging met minder nutriëntenrijkwater en/of een netto opname van nutriënten door organismen. Dit betekent echter niet dat er geen bijkomende emissie optreedt naar het KGT. De directe antropogene emissie komt overeen met ca. 5% à 10% van de totale, gekende lading naar KGT. In het Nederlands deel is deze voornamelijk afkomstig uit de chemische industrie (90%), terwijl in het Belgisch deel de aandelen als volgt begroot zijn: Bedrijven & Diensten (ca. 65%), gevolgd door Huishoudens (ca. 30%) en het overige deel wordt toegeschreven aan de landbouwsector. Het overige uiterst beperkte aandeel van de totale, gekende emissie is toe te schrijven aan atmosferische depositie en uit- of afspoeling uit landbouw- en natuurbodems.

De analyse wijst op een aanzienlijke, consequente onderschatting van de totale emissie: maar ca. 60% wordt begroot. Het WEISS-model lijkt inderdaad de vracht afkomstig van directe lozingen door bedrijven in België te onderschatten, maar deze onderschatting kan niet de volledige ontbrekende lading op zich nemen. Ook de ontbrekende flux vanuit de Gentse Binnenwateren wordt als te klein beschouwd. Naast het feit dat er een aanzienlijke onzekerheid zit op de berekeningsmethode, is vervolgonderzoek hier dan ook aangewezen.

Opvallend is het hoge ammoniumgehalte op de Moervaart. De laatste 10 jaar daalden de ammoniumgehalten in zowel het Kanaal Gent-Terneuzen, als de Ringvaart. Dit was niet het geval in de Moervaart, waardoor men hier nu de hoogste concentraties meet. Ammonium zit niet opgenomen in WEISS, noch Emissieregistratie. Hierdoor is de antropogene emissie nabij het KGT niet te begroten.

Tabel 6: Samenvatting Bronnenanalyse met aanduiding van relatief aandeel van iedere bron met aanduiding van: aandeel kon niet begroot worden met de beschikbare data (?), de bron is niet opgenomen in WEISS en/of Emissieregistratie omdat deze als niet significant aanzien wordt door de betrokken instantie (n.v.t.) of kleiner dan afronding (0%).

Stof(groep)	Onbekend	Atmosferische depositie	Bovenafvoer	Bodemerosie	Uit- en afspoeling	Directe antr. emissie	Toelichting directe antr. emissie
Nutriënten	40%	Beperkt	54%	n.v.t.	Beperkt	5%	<u>NL</u> : 90% Chemische Industrie <u>BE</u> : Bedrijven & diensten (65%), Huishoudens (30%), Landbouw (5%)
PAK ⁷	45%	22%	?	n.v.t.	n.v.t.	43%	<u>NL</u> : Verkeer & Vervoer (100%) <u>BE</u> : Transport (70%), Bedrijven & Diensten (20%), Huishoudens (10%)
PFAS	100%	?	?	?	?	? (100% NL emissie)	<u>NL</u> : 90% ongezuiverd riool, 10% huishoudelijk afvalwater <u>BE</u> : onbekend
Biociden	100%	?	?	?	?	?	?
PBDE	?	? (90% NL emissie)	?	?	?	? (10% NL emissie)	?

⁷ Verdeling gebaseerd op informatie B(b)F

Stof(groep)	Onbekend	Atmosferische depositie	Bovenafvoer	Bodemerosie	Uit- en afspoeling	Directe antr. emissie	Toelichting directe antr. emissie
Metalen: Arseen	Overschat (+275%)	10%	12%	66%	n.v.t.	12% (overschat)	NL: Chemische industrie (80%), Verkeer & vervoer (20%) BE: bedrijven & Diensten (60%), Huishoudens (40%)
Metalen: Boor	85% (marien)	?	15%	?	n.v.t.	?	?
Metalen: Kobalt	50%	?	50%	?	n.v.t.	?	?
Metalen: Koper	Overschat (+10%)	7%	20%	0%	n.v.t.	73%	NL: Verkeer & Vervoer (96%), industrie (4%) BE: transport (80%), Bedrijven & Diensten (13%), Infrastructuur (4%), Huishoudens (3%)
Metalen: Seleen	85%	?	15% (overschat)	?	n.v.t.	?	?
Metalen: Thallium	60%	?	40%	?	?	?	?
Metalen: Uranium	60% (marien)	?	40%	?	?	?	?
Metalen: Zink	30%	2%	35% (overschat)	0%	0%	33%	NL: Verkeer & Vervoer (87%), Chemische industrie (11%), overige industrie (1%), ongezuiverd rioolwater (1%) BE: Bedrijven & Diensten (66%), infrastructuur (25%), Transport (8%)

5.3 Besluit Metalen

De databeschikbaarheid van de metalen verschilt sterk naargelang de behandelde stof. Enerzijds meet men in Vlaanderen voornamelijk de concentratie opgelost in de waterkolom (i.p.v. ook gebonden aan zwevende stof) – in lijn met de KRW-normen, anderzijds meet men hier ook met een hogere detectielimiet dan in Nederland. Tot slot zijn ook niet alle metalen opgenomen in de informatiebronnen met emissieladingen.

De analyse bevestigt dat de mariene influx via de Westerschelde, de belangrijkste bron is voor het **Booren Uranium**-gehalte in het KGT. Deze metalen zijn dan ook niet opgenomen in Emissieregistratie of WEISS. Andere informatiebronnen tonen wel aan dat ook bedrijfslozingen en de bovenstroomse aanvoer bijdragen. Voor Uranium draagt deze laatste ook aanzienlijk bij.

Bodemerosie is de belangrijkste oorzaak van het waargenomen **Arseengehalte** in het KGT. Daarnaast zijn de bovenstroomse aanvoer, atmosferische depositie en directe antropogene emissie van ondergeschikt belang. De analyse wijst wel op een aanzienlijke overschatting van de totale emissie. WEISS lijkt inderdaad de input vanuit Belgische bedrijven & diensten te overschatten, maar dit kan niet de volledige bias verklaren. Bijkomend onderzoek moet uitwijzen wat de oorzaken zijn: (a) een overschatting van de emissie door bodemerosie, (b) een netto onttrekking wanneer de concentratie zich bindt aan zwevende stof en bezinkt naar de waterbodem, (c) een onbekende verdunning door influx van Westerscheldewater – excl. 2020 dan en (d) een overschatting van de emissie door de industrie of een combinatie van voorgaande.

De bovenstroomse aanvoer van **Kobalt** samen met de berekende emissie in het Nederlands deel, kan maar ca. 50% van de geschatte lading verklaren. Het overige deel moet gezocht worden in emissie in het Belgisch deel van KGT, wat gestaafd wordt door het waargenomen verloop van de kobalt-gehalten in KGT. Kobalt zit echter niet opgenomen in WEISS. De vergunde lozingen door bedrijven in België lijken op het eerste zicht minstens de helft van deze onderschatting voor hun rekening te nemen. Overige onbekende bronnen zijn o.m. uit- of afspoeling en atmosferische depositie.

De waargenomen **koperconcentratie** is voor drie kwart afkomstig van directe antropogene emissie, waarbij de transportsector het gros voor zijn rekening neemt. Het overige kwart is afkomstig van atmosferische depositie en bovenstroomse aanvoer. Toch, gezien de verdunnende werking van de bovenaanvoer uit de Ringvaart, verkrijgt men een Noord-Zuid gradiënt met hogere concentraties in Nederland en lagere verder opwaarts.

Bij de overige metalen (Seleen, Thallium en Zink) zorgt de databeschikbaarheid (onder meer ten gevolge van de hoge detectielimieten in Vlaanderen) voor een vertekent beeld in de figuren, alsook voor een onderschatting van de emissie. Door meerdere informatiebronnen naast elkaar te leggen, kan het volgende besloten worden:

1. **Seleen:** er is een aanzienlijke emissie aan Belgische zijde waarbij vermoedelijk de vergunde bedrijfslozingen een belangrijke rol spelen. Ook de uit- en afspoeling van landbouw- en natuurbodems valt niet uit te sluiten als potentiële bron. De (gesimuleerde) directe emissie aan Nederlandse zijde is te verwaarlozen. De in het KGT waargenomen Selenium-gehalten dalen dan ook naar de Westerschelde toe.
2. **Thallium:** Naast een aanvoer vanuit de bovenstromen, is er een aanzienlijke emissie door onbekende bronnen – Thallium zit namelijk niet in Emissieregistratie, noch WEISS. De voor de in België vergunde bedrijven berekende vrachten blijven echter onder de 2 kg/jaar. Op basis van de literatuur zal de ontbrekende influx gezocht moeten worden in (a) uit- en afspoeling van bodems, (b) atmosferische depositie t.g.v. verbranding van fossiele brandstoffen en (c) het lozen van aldan-niet gezuiverd stedelijk- en industrieel afvalwater. Ook de onbekende lading vanuit de

Gentse Binnenwateren kan hier een rol spelen. Om uitsluitel te kunnen geven is verder onderzoek nodig.

3. **Zink:** de directe antropogene emissie is de belangrijkste bron voor Zink in het KGT. Hiervan is het grootste deel afkomstig vanuit het Belgisch deel van het KGT, waar de bedrijven en diensten instaan voor 67% en corrosie van infrastructuur voor 25% van de emissie. De Nederlandse emissie ligt een grootteorde lager. Hier komt het gros van de emissie van de transportsector (90%). Ook de bovenstroomse aanvoer zorgt voor een belangrijke bijdrage, maar wordt vermoedelijk overschat als onrechtstreeks gevolg van de hoge detectielimiet in Vlaanderen. De totale lading wordt dan weer onderschat. Een deel lijkt men te kunnen toewijzen aan een onderschatting van de emissie door bedrijven door het WEISS-model. Er is echter meer gedetailleerd onderzoek nodig om hier uitsluitel over te kunnen geven.

5.4 Besluit PFAS

Tot voor kort, was de databeschikbaarheid van PFAS relatief beperkt waardoor noch de bovenstroomse aanvoer, noch de Belgische emissie begroot kon worden. Sinds 2022 kwam hier echter een aanzienlijke verbetering in, waardoor er meer informatie beschikbaar zal komen in de nabije toekomst. De berekende emissies zijn dus louter afkomstig uit emissieregistratie en zijn bijgevolg louter gerelateerd aan de Nederlandse situatie. De Nederlandse emissie wordt voor >90% toegeschreven aan het lozen van ongezuiverd rioolwater en 10% aan huishoudelijk afvalwater.

Voor een meer gedetailleerde uiteenzetting van iedere individuele PFAS-verbinding, wordt verwezen naar §4.5.

5.5 Besluit PAK's

De databeschikbaarheid van zowel metingen (t.g.v. de detectielimieten) als ladingen bemoeilijken de interpretatie. Hierdoor kon het belang van de bovenstroomse aanvoer voor geen enkele stof berekend worden. B(a)A was bovendien niet opgenomen in WEISS (t.b.v. de Belgische emissie), waardoor de emissie van B(a)A quasi volledig gemist werd. Bij B(a)P en B(b)F bleek de Belgische emissie namelijk een grootteorde groter dan de Nederlandse. Gezien de lage meetwaarden (ng/l) en de onzekerheid van de berekeningsmethodiek, is het moeilijk de ontbrekende emissie exact te begroten: van geen duidelijk signaal voor over- of onderschatting bij B(a)P tot een onderschatting met 45% van de emissie B(b)F. De waarheid ligt vermoedelijk in het midden.

Als men uitgaat van een gelijkaardige oorsprong voor alle 3 de geselecteerde PAK's, kan men besluiten dat: De gekende emissie is voor 1/3de afkomstig uit atmosferische depositie en 2/3de van directe antropogene emissie. De Belgische (gekende) directe antropogene emissie naar het KGT ligt een grootteorde hoger dan de Nederlandse. In Nederland wordt deze quasi volledig toegeschreven aan Verkeer en Vervoer; In België voor 70% aan Transport, 20% Bedrijven & diensten en 10% huishoudens.

5.6 Besluit Biociden

Gedurende het laatste decennium is het gemeten **Imidacloprid**-gehalte gedaald. De emissie in het Belgisch deel is onbekend. Ook de aanvoer vanuit de bovenstromen kan niet bepaald worden. Men mag er bijgevolg van uitgaan dat een aanzienlijk deel van de emissie gemist wordt. De netto emissie in Nederland bedraagt 1,3 gram en was quasi volledig afkomstig van de landbouwsector.

Voor **TBT** was er nog minder informatie beschikbaar: TBT zit in geen enkele (beschouwde) dataset die ladingen meet/berekend opgenomen. Vaak wordt een historische vervuiling in de waterbodem als oorzaak aangehaald. De voornaamste toepassing waarbij TBT vrijkwam naar het aquatisch milieu, was namelijk de historische aanwezigheid in de verf van scheepsrompen om aangroei van algen en zeepokken tegen te gaan. Deze oorzaak valt hier niet uit te sluiten, maar kan dus ook niet bewezen worden met de beschikbare gegevens.

5.7 Besluit PBDE

De beperkte databeschikbaarheid maakt het lastig om een besluit te trekken. Voor het Belgisch deel is er geen informatie ter beschikking gesteld: metingen, noch berekende ladingen. In Nederland overschreden de concentraties 3 maal de detectielimiet in de laatste 10 jaar: 1 maal PBDE153 (december 2016) en 2 maal PBDE99 (juni 2012 en juni 2014), steeds nabij Sas van Gent. Het gros van de emissie in het Nederlands deel komt van atmosferische depositie. Er is geen informatie beschikbaar over berekende ladingen in het Belgisch deel.

6 Verbeterpunten

Tijdens het uitvoeren van de opdracht, zijn volgende verbeterpunten geïdentificeerd – zowel m.b.t. databeschikbaarheid, als voor mogelijk meer diepgaande studies:

1. Bij meerdere stoffen bleek de beschikbaarheid van waterkwaliteitsmetingen een knelpunt. Voor PFAS heeft men dit in België recent aangepakt. Toch, het is aan te raden om over de grenzen heen af te stemmen welke stoffen men daadwerkelijk wenst te meten: niet enkel in het kanaal, maar ook op strategisch gekozen locaties in de bovenstromen zodat men de bovenstroomse aanvoer kan begroten. Naast welke stoffen men wenst te meten, is ook de meetmethode en de meetnauwkeurigheid van belang. Tot slot is het voor een stoffenbalans belangrijk om over de totale concentratie (opgelost + gebonden aan zwevende stof) te beschikken i.p.v. deze louter opgelost in de waterkolom.
2. Hetzelfde geldt voor de officiële modellen waarmee men de significante bronnen en hun bijdrage aan de waterverontreiniging in kaart brengt: WEISS en de dataverwerking achter Emissieregistratie. Voor dergelijke, grensoverschrijdende studies, zou het nuttig zijn indien de gesimuleerde stoffen afgestemd worden. Daarnaast is het duidelijk dat de methode, alsook de opgenomen bronnen/fluxen en sectoren sterk verschillen, wat een eenvoudige analyse en beknopte uiteenzetting bemoeilijkt. Met het oog op een stoffenbalans, zou het nuttig zijn om de temporele resolutie te verhogen zodat er minimaal voor ieder jaar een waarde beschikbaar is of, in het ideale geval, op eenzelfde resolutie als de waterkwaliteitsmetingen. Ook een verhoging van de spatiale resolutie zou een meerwaarde betekenen.
3. De influx vanuit de niet meegenomen waterlichamen is voor de stoffen die al in relatief hoge concentratie aanwezig zijn in het oppervlaktewater, vermoedelijk van ondergeschikt belang. Toch voor bepaalde elementen die doorgaans maar in zeer lage concentraties aanwezig zijn, kan het interessant zijn om ook deze influx te begroten. Zeker de onbekende aanvoer (zowel watermassa als stof) vanuit de Gentse Binnenwateren wordt als een knelpunt ervaren.
4. De ontbrekende mariene influx door uitwisseling met Westerscheldewater, alsook verdere indringing in het KGT vormt een belangrijk knelpunt. Hiervoor zou men meerdere technieken kunnen toepassen: van een regressieanalyse met chloridegehalte tot een numerieke modellering waarbij men de historische schuttingsmee in acht neemt (niet één gemiddelde waarde, maar een tijdsreeks).

5. De uitwisseling met de waterbodem en de relatie met baggerwerk werd niet begroot tijdens deze studie. Dergelijke diepgaande data-analyse al-dan-niet gekoppeld aan een regressievergelijking, kan bijkomend inzicht verschaffen in eventuele ontbrekende bronnen.
6. Ook de stoffenopbouw werd uiteindelijk niet in acht genomen. Een aantal eenvoudige technieken bleken niet toepasbaar gezien deze meer ruis met zich meebrachten en bijgevolg de inzichten omtrent (andere) bronnen maskeerden. Indien men deze in rekening wenst te brengen, is het aangeraden hier een nauwkeurige methode voor toe te passen die verder kijkt dan een 1D-model voor het kanaal (en louter de bovenafvoer in rekening brengt): het meenemen van eventuele variatie in de diepte, alsook beter inzicht omtrent de uitwisseling met de insteekdokken zijn van belang. Voor nutriënten dient men dan ook de opname door organismen mee in rekening te brengen.

7 Referenties

- Deltares. (2016). Nadere beschouwing achtergrondconcentraties oppervlaktewater - Met aanvulling van kobalt in sediment. Rapport, 1220098-017.
- George, LL., Biagioni, C., Orazio Lepore, G., Lacalamita, M., Agrosi, G., Capitani, GC., Bonaccorsi, E., d'Acapito, F. (2019). The speciation of thallium in (Tl,Sb,As)-rich pyrite. *Ore Geology Reviews*, 107, p364-380.
- Jonker, M. (2021). Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Rijkswateren - Concentraties in water en biota tussen 2008 en 2020. Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht, p1-137. In opdracht van RWS – WVL.
- Kronvang, B., Rubaek, G. H. & Heckrath, G. (2009). International Phosphorus Workshop: Diffuse phosphorus loss to surface water bodies - Risk assessment, mitigation options, and ecological effects in river basins. *Journal of Environmental Quality*. 38, p1924-1929.
- Lievense CSO. (2015). Nieuwe Sluis Terneuzen; Deelrapport MER Water. Rapport, VNZT-R-127-7, p1-137. In opdracht van Vlaams Nederlandse Scheldecommissie.
- Nielsen, SG., Goff, M., Hesselbo, SP., Jenkyns, HC., LaRowe, DE., Lee, C-T A. (2011). Thallium isotopes in early diagenetic pyrite –A paleoredox proxy? *Geochimica et Cosmochimica*, 75, p6690-6704.
- Rijksoverheid. Alle emissiegegevens op één plek. Geraadpleegd op 1/07/2022 van <https://www.emissieregistratie.nl/over-emissieregistratie/kwaliteit-van-de-emissiecijfers>.
- Rijksoverheid - Compendium voor de Leefomgeving. (2020). Kwaliteit specifieke verontreinigende stoffen KRW, 2019. Geraadpleegd op 30/06/2022 van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1567-kwaliteit-overig-relevante-verontreinigende-stoffen-in-oppervlaktewater-krw?ond=20900>.
- Rijkswaterstaat. (2022). Kanaal van Gent naar Terneuzen. Geraadpleegd op 15/07/2022 van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/vaarwegenoverzicht/kanaal-van-gent-naar-terneuzen#kenmerken-kanaal-van-gent-naar-terneuzen>.
- Van Duijnhoven, N. (2010). Aandachtstoffen Rijkswateren - Verkenning van de mogelijke emissiebronnen. Rapport, 1202137-005, p1-71.
- Van Duijnhoven, N., Bakker, D. (2011). Aandachtstoffen Rijkswateren II - Nadere analyse emissies van 16 stoffen. Rapport, 1204159-004, p1-101.
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (2021). WEISS Webviewer - Technisch document (& deeldocumenten). Technisch document, p1-6.
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (2022a). Zware metalen in oppervlaktewater. Geraadpleegd op 18/07/2022 van <https://www.vmm.be/water/kwaliteit-waterlopen/zware-metalen-in-oppervlaktewater>.
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (2022b). Nutriënten in oppervlaktewater. Geraadpleegd op 18/07/2022 van <https://www.vmm.be/water/kwaliteit-waterlopen/nutriënten-in-oppervlaktewater>.
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (2022c). PAK's. Geraadpleegd op 18/07/2022 van <https://www.vmm.be/lucht/pak>.
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). (2022c). PFAS. Geraadpleegd op 18/07/2022 van <https://www.vmm.be/woordenboek/pfas>.
- Schelde In Beeld (2022). NOK-KGT2 Verkennende inschatting effecten van verzilting KGT - Nota Oppervlaktewatermodellering. Rapport, 31170651, p1-113. In opdracht van Vlaams Nederlandse Scheldecommissie.
- Waterkwaliteitsportaal. (2022). Stoffiches. Geraadpleegd op 1/07/2022 van <https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/>

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

© Antea Group 2022

Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van Antea Group mag geen enkel onderdeel of uittreksel uit deze tekst worden weergegeven of in een elektronische databank worden gevoegd, noch gefotokopieerd of op een andere manier vermenigvuldigd.

