

2021

Plastic in de waterkolom van de Boven-Rijn, Waal en IJssel



F.P.L. Collas, S.B. Oswald
& W.C.E.P. Verberk

Plastic in de waterkolom van de Boven-Rijn, Waal en IJssel

F.P.L. Collas,
S.B. Oswald,
&
W.C.E.P. Verberk

Radboud Universiteit



Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Radboud University



Dit onderzoek is deels uitgevoerd vanuit het project 'Green Blue Rhine Alliance' en gedeeltelijk gefinancierd door een Europese Subsidie vanuit het INTERREG VA programma Deutschland – Nederland.

Reeks Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2021-4

De reeks Verslagen Dierecologie en Fysiologie wordt gepubliceerd door de afdeling Dierecologie en Fysiologie, Instituut voor Water en Wetland Research, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 134, 6525 AJ Nijmegen, Nederland (tel. secretariaat: + 31 (0)243652902).

Verslagen Dierecologie en Fysiologie

Titel:	Plastic in de waterkolom van de Boven-Rijn, Waal en IJssel
Auteurs:	F.P.L. Collas, S.B. Oswald & W.C.E.P. Verberk
Omslag foto:	De schokker die de ankerkuil visserij heeft uitgevoerd in de Waal (Foto: F.P.L. Collas)
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat Oost-Nederland
Referentie RU:	160188 RU/IWWR/DAEP-FC/RWS2020-9-12
Orders:	Secretariaat van de afdeling Dierecologie en Fysiologie, Faculteit der Natuurwetenschappen en Informatica, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Nederland, e-mail: p.charpentier@science.ru.nl, onder vermelding Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2020-6
Trefwoorden:	Plastic vervuiling, Rijn, Waal, IJssel, Diepte bemonstering, Identificatie plastic en Ruimtelijke variatie

© 2021. Afdeling Dierecologie en Fysiologie, Instituut voor Water en Wetland Research, Faculteit der Natuurwetenschappen en Informatica, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Nederland

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorwoord

In dit rapport wordt in opdracht van Rijkswaterstaat data over plastic in het Rijnwater geanalyseerd en geïnterpreteerd. De gegevens zijn verzameld tijdens ankerkuilvisserij op de Waal, georganiseerd door Sportvisserij Nederland, uitgevoerd in het Europese project Groen Blauwe Rijn Alliantie (GBRA). Aanvullende monsters zijn genomen met larvennetten, in opdracht van Rijkswaterstaat door ATKB (Waardenburg). Methodiekontwikkeling (door ATKB) en voorlopige analyseresultaten (van de RU) gingen daarbij hand in hand: Op basis van uitvoerbaarheid en analyseresultaten werd de methodiek stapje voor stapje verder ontwikkeld. Vanuit ATKB was Jochem Hop hierbij nauw betrokken. Vanuit Rijkswaterstaat Oost Nederland is het project begeleid door Margriet Schoor en Jilles Schippers. Wij bedanken hen voor de begeleiding van dit onderzoek en de prettige samenwerking.

Inhoud

Samenvatting	4
1. Inleiding	6
1.1 Plastic transport grote rivieren.....	6
1.2 Monitoring plastic waterkolom Rijntakken.....	6
1.3 Doelstelling	7
1.4 Leeswijzer	7
2. Materiaal en methoden	9
2.1 Algemeen.....	9
2.2 Hydrograaf	10
2.3 Ankerkuil visserij	11
2.4 Larvennetten op meerdere dieptes.....	12
2.5 Verwerking plastic materiaal.....	13
2.6 Analyse	13
2.6.1 Categorieën	13
2.6.2 Concentratie	13
2.6.3 Overzicht analyses	15
3. Resultaten	16
3.1 Temporele variatie in plastic.....	16
3.1.1 Categorieën	16
3.1.2 Concentraties.....	18
3.1.3 Relatie plastic concentraties en rivierafvoeren.....	20
3.1.4 Conclusie	21
3.1.5 Discussie	21
3.2 Vergelijking methodes	23
3.2.1 Categorieën	23
3.2.2 Concentraties.....	25
3.2.3 Conclusie	26
3.3 Variatie in één rijntak, de IJssel.....	28
3.3.1 Categorieën	28
3.3.2 Concentraties.....	30
3.3.3 Conclusie	32
3.4 Variatie tussen Rijntakken	33
3.4.1 Categorieën	33
3.4.2 Concentraties.....	35
3.4.3 Conclusie	37

3.5	Diepte gradiënt plastic.....	38
3.5.1	Categorieën	38
3.5.2	Concentraties.....	41
3.5.1	Conclusie	43
3.6	Land van oorsprong en ouderdom.....	45
3.6.1	Land van oorsprong.....	45
3.6.2	Product jaar	45
4.	Discussie.....	47
5.	Conclusie	49
6.	Dankwoord	51
7.	Literatuur.....	52
8.	Bijlages.....	53
8.1	Bijlage 1: Temporele verschil in plastic.....	53
8.2	Bijlage 2: Vergelijk methodes	55
8.3	Bijlage 3: Variatie in één rijntak	56
8.4	Bijlage 4: Variatie tussen Rijntakken	58
8.5	Bijlage 5: Diepte gradiënt	60
8.6	Bijlage 6: Overzicht gebruikte statistische modellen	68

Samenvatting

De aandacht voor plastic in rivieren is de afgelopen jaren toegenomen waarbij steeds vaker kwantitatieve gegevens over plastic worden verzameld. Tot op heden zijn in de Rijn vooral gegevens verzameld van drijvend plastic of plastic op de oevers, informatie over plastic in de waterkolom van de rivier ontbreekt. Voortbouwend op onderzoek naar macro- en mesoplastic in de waterkolom dat in 2018 en 2019 is uitgevoerd met ankerkuilvisserij, is ook in 2020 extra plastic verzameld om een beeld te krijgen van de variatie in plastic samenstelling en concentratie tussen verschillende jaren. Daarnaast is in 2020 en 2021 met een larvennet op drie dieptes in de waterkolom macro- en meso- en microplastic verzameld, om gelaagdheid van plastic in de waterkolom te onderzoeken. De larvennetten zijn op meerdere locaties in het rivierengebied ingezet wat het mogelijk maakte om verschil in plastic samenstelling en concentratie vast te stellen tussen de Rijntakken (Boven-Rijn, IJssel en Waal) en binnen één Rijntak (de IJssel bij Doesburg, Deventer en Kampen). Tevens is van elk stukje plastic beoogd het land van oorsprong vast te stellen alsmede de ouderdom gebaseerd op productiejaar of de houdbaarheidsdatum die op het plastic is aangetroffen. Deze rapportage gaat over monsters van de waterkolom die verzameld zijn t/m januari 2021.

Zowel bij macro- als mesoplastic was de meest dominante plastic categorie 'fragmenten van plastic folies of stukken daarvan'. Daarnaast zijn er veel snoep-, snack- en chipsverpakkingen waargenomen en touw en koord fragmenten met een kleine diameter. Ook zijn zeer regelmatig verzorgingsproducten verzameld, in het bijzonder tampons, tamponverpakkingen en -applicators. De concentratie van macro- en mesoplastic was in 2020 lager dan in 2019, met name in oktober 2020. Dit hangt waarschijnlijk samen met de coronamaatregelen die ten tijde van de uitgevoerde monitoring van toepassing waren. Vergelijk van de ankerkuil en larvennet monitoring laat zien dat de larvennetten goed ingezet kunnen worden om mesoplastic te bemonsteren. De techniek is echter minder geschikt dan de ankerkuilvisserij om een goed beeld te krijgen van macroplastic in de waterkolom.

Wanneer langs de IJssel de plasticsamenstelling en -concentratie van verschillende locaties wordt vergeleken, dan valt op dat de macroplastic concentratie niet toeneemt stroomafwaarts, er is echter wel sprake van een toename in het aantal waargenomen macroplastic categorieën. De concentratie van mesoplastic neemt wel toe stroomafwaarts waarbij de samenstelling niet verandert. Wanneer de Rijntakken onderling worden vergeleken, dan blijkt zowel het aantal categorieën als de concentratie plastic het hoogst in de Boven-Rijn. Voor een efficiënte monitoring van macro- en mesoplastic is de Boven-Rijn dus het meest geschikt.

De aanwezigheid van een diepte gradiënt in plastic concentratie hangt samen met de locatie waar wordt bemonsterd. Wanneer de larvennetten worden toegepast vanaf of vlak bij een kade dan is er geen diepte variatie. Er is echter wel een duidelijke diepte gradiënt aanwezig wanneer de netten worden toegepast op de hoofdgeul van de rivier. Macroplastic concentratie is daar het hoogst aan het oppervlak en mesoplastic concentratie is het hoogst bij de bodem. In het midden van de waterkolom is zowel voor macro- en mesoplastic de laagste concentratie.

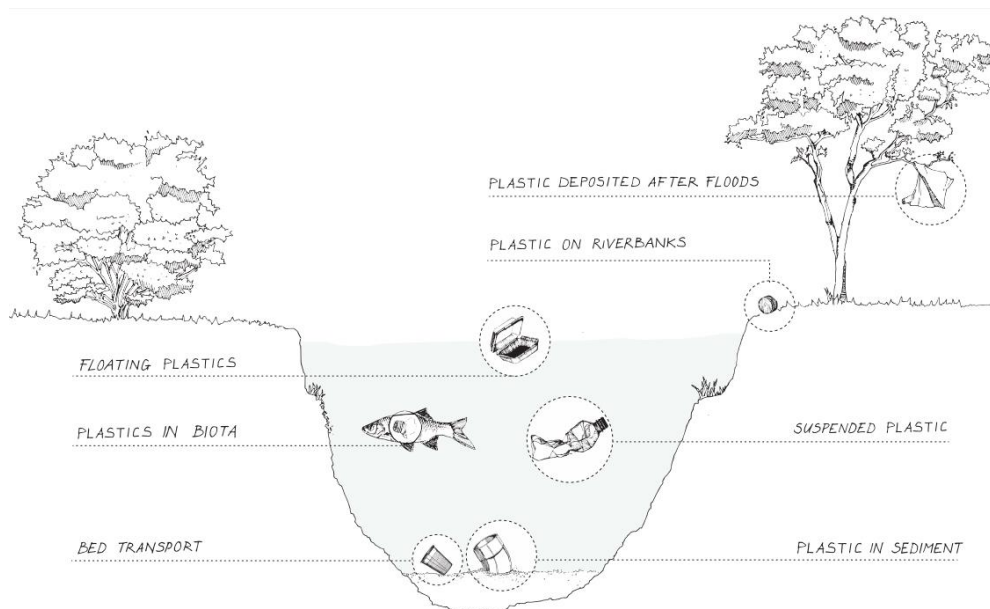
Het grootste deel van het plastic is afkomstig uit Duitsland (70,4 – 77,8%) en het merendeel van het waargenomen plastic is afkomstig uit landen uit het stroomgebied van de Rijn. De ouderdom van het plastic is voor het overgrote deel ± 1 jaar rondom het monitoringsjaar. Een afname van de plastic input zal dus snel merkbaar zijn in de concentratie in de waterkolom.

Bovengenoemde resultaten zijn echter gebaseerd op een beperkt aantal monsters. Bij additionele monitoring kunnen beschreven effecten versterken of veranderen. Daarnaast is nog geen kwantitatieve informatie beschikbaar over de variatie in plasticsamenstelling en -concentratie in de breedte van de rivier en in relatie tot de variatie in rivierafvoer. Het is daarnaast wenselijk om additionele monitoring in de Waal uit te voeren om de verandering in stroomafwaartse richting te bepalen. Sinds januari 2021 is al additionele monitoring uitgevoerd die gebruikt kan worden om deze kennisgaten deels in te vullen.

1. Inleiding

1.1 Plastic transport grote rivieren

Recent is er steeds meer aandacht voor de rol die rivieren spelen in het transport van plastic vanaf het land naar zee (Figuur 1.1). Om de input van plastic in zee te verminderen is het dus van belang kwantitatieve gegevens te hebben betreffende het plastic transport door de grote rivieren. Daarnaast is er steeds meer bewijs dat plastic ook in rivieren en plassen de ecologie beïnvloed. Tot op heden zijn in de grote rivieren vooral veel gegevens verzameld betreffende drijvend plastic (Vriend et al. 2020) of plastic op de oevers van de rivier (Van Emmerik et al. 2020), maar gegevens van plastic transport door de gehele waterkolom ontbraken. Bij recente trekvismonitoring met een ankerkuil in de Waal, bleek dat de trekvismonitoringmethodiek ook zeer bruikbaar is om macroplastic dat door de rivier stroomt te monitoren (Oswald et al. 2020). Met de ankerkuil wordt drijvend, zwevend en over de bodem rollend plastic gevangen (in onderstaande figuur aangeduid met floating plastics, suspended plastic en bed transport).



Figuur 1.1: Dwarsdoorsnede van een rivier en mogelijke locaties waar plastic aanwezig is, getransporteerd wordt en ophoopt (Van Emmerik & Schwarz 2019).

1.2 Monitoring plastic waterkolom Rijntakken

In november 2018 is Rijkswaterstaat in samenwerking met Sportvisserij Nederland gestart met ankerkuilvisserij op de Waal nabij Tiel met als doel migrerende vis te monitoren. Ook in 2019 heeft ankerkuilvisserij plaatsgevonden in mei, september en oktober. Tijdens de visserij bleek dat er sprake was van veel bijvangst, met name plastic. Af en toe werd er zelfs meer plastic gevangen dan vis. De plastic bijvangst is bewaard zodat het later kon worden uitgezocht en geanalyseerd. Oswald (2020) heeft de plastic monsters uit november 2018, oktober 2019 en november 2019 geteld en geclassificeerd. In 2020 is in het kader van de Groen Blauwe Rijn Alliantie (GBRA), in samenwerking met Sportvisserij Nederland wederom ankerkuilvisserij uitgevoerd op de Waal in september 2020 en oktober 2020.

Tevens is ATKB in opdracht van Rijkswaterstaat Oost Nederland gestart met een proef met een alternatieve bemonsteringsmethodiek die op drie dieptes tegelijkertijd plastic bemonstert. Hiervoor is in de periode oktober 2020 - januari 2021 in totaal 8 dagen bemonstert op de IJssel, Waal en Boven-Rijn (en Duitse Niederrhein). De betreffende netten (zgn. larvennetten) hebben een fijnere maaswijdte dan de ankerkuil visserij.

1.3 Doelstelling

Dit rapport heeft tot doel de twee verschillende methodes om plastic te monitoren op de grote rivieren te evalueren. Tevens beoogt het rapport de verzamelde plastic gegevens kwantitatief te analyseren. Meer in detail:

- Plastic gegevens van de ankerkuilvisserij uit 2020 vergelijken met al eerder geanalyseerde ankerkuil gegevens uit 2018 en 2019 (Oswald et al. 2020).
- Het vergelijken van de twee methodes (ankerkuil en de nieuwe, fijnere maaswijdte larvennetten). De nieuwe methodiek is makkelijk en goedkoper om toe te passen omdat deze met een kleine boot uitgevoerd kan worden.
- Plastic samenstelling en concentratie op verschillende dieptes in de waterkolom analyseren verzameld middels het larvennet.
- Het vergelijken van plastic samenstelling en concentratie in de waterkolom tussen de riviertakken.
- Het bepalen van het land en jaar van oorsprong van het verzamelde plastic in de waterkolom.

In voorliggend rapport worden de volgende vragen beantwoord:

- 1) Wat is het temporele verschil in plastic concentratie en samenstelling gedurende de periode 2018 – 2020 gemonitord middels de ankerkuil?
- 2) Resulteert de nieuwe monitoringsmethodiek in dezelfde plastic concentraties en samenstelling als de ankerkuil monitoring?
- 3) Verschilt de concentratie van plastic tussen verschillende locaties binnen één riviertak?
- 4) Verschilt de concentratie van plastic tussen de verschillende Rijntakken?
- 5) Is er een diepte gradiënt in plastic concentratie en samenstelling?
- 6) Wat is het land en jaar van oorsprong van het plastic?

1.4 Leeswijzer

Voorliggend rapport bevat een analyse van de plastic gegevens verzameld tijdens de ankerkuil visserij in 2020 en verzameld met de alternatieve bemonsteringsmethodiek met drie larvennetten in 2020 en 2021. De ankerkuil gegevens uit 2020 worden vergeleken met de resultaten uit 2018 en 2019. Daarnaast worden de ankerkuil en de nieuwe techniek onderling vergeleken net als de plastic vangst op de drie verschillende dieptes.

Voorliggende rapportage geeft een interpretatie van de gegevens. In hoofdstuk twee wordt de monitoringaanpak beschreven, hoofdstuk drie beschrijft de resultaten van de monitoring en in hoofdstuk vier worden de resultaten bediscussieerd.

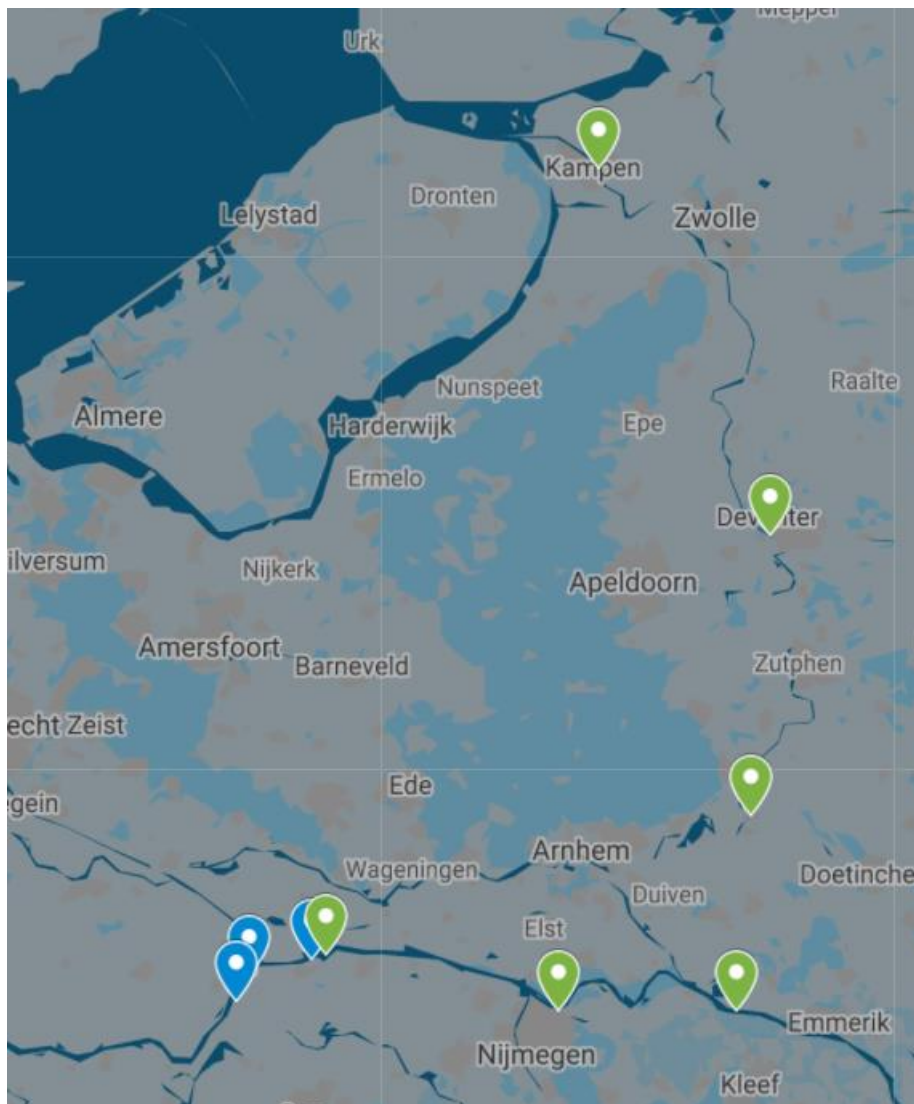


Figuur 1.2: Plastic verzameld uit één van de drie larvennetten. De doorsnelde van het petrischaaltje is 9 cm.

2. Materiaal en methoden

2.1 Algemeen

Gedurende het onderzoek is meerdere periodes met meerdere technieken op meerdere locaties plastic gemonitord. De gebruikte methodes zijn: 1) de ankerkuil en 2) drie (larven)netten boven elkaar op verschillende dieptes. De ankerkuil visserij is uitgevoerd in september 2020 en oktober 2020 op de Waal nabij Tiel op de hoofdgeul en in een oevergeul achter een langsdam (Figuur 2.1). De drie larvennetten zijn toegepast in oktober 2020 op de Waal in de hoofdgeul (Figuur 2.1). De drie larvennetten zijn ook in december 2020 gebruikt op drie locaties in de IJssel namelijk Doesburg, Deventer en Kampen en in januari 2021 bij Nijmegen in de Waal en bij Lobith (Tolkamer) op de Boven-Rijn.



Figuur 2.1: Locaties waar plastic monitoring in de water kolom heeft plaatsgevonden middels een ankerkuil (blauw) en het larvennet (groen) in de Rijntakken.

Tabel 2.1: Overzicht van monsterlocaties, monstermethodiek, periode en (tussen haakjes) het aantal monsters van de plastic bemonstering in de Rijntakken.

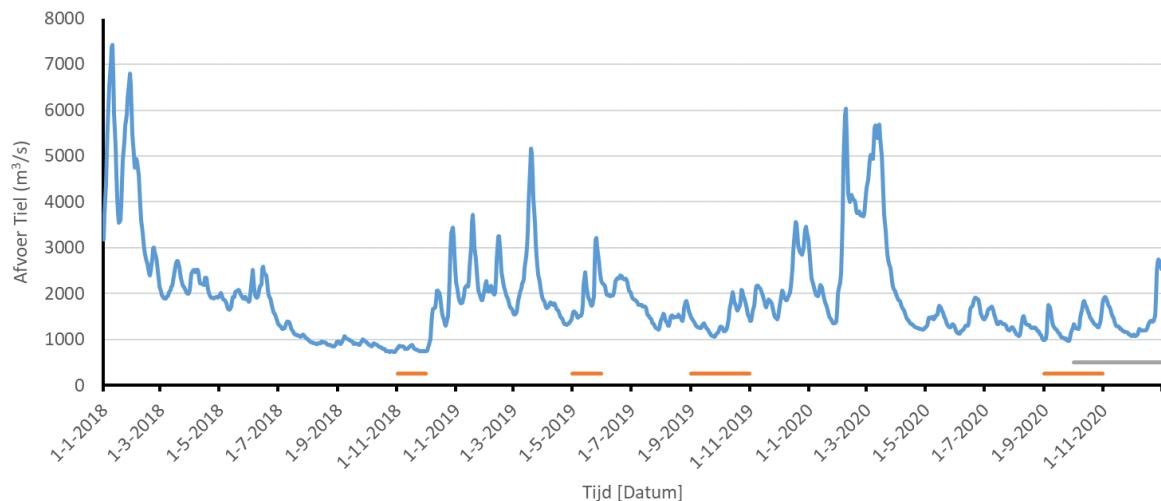
Locatie	Ankerkuil over de gehele waterkolom			larvennetten op 3 hoogtes in de waterkolom			Netten op 3 hoogtes waarbij het onderste larvennet vervangen is door net 5 mm maaswijdte		
	Periode	N	Org. Mat.	Periode	N	Org. Mat.	Periode	N	Org. Mat.
Waal IJzendoorn	nov-18	4*	+++						
	sep-19	10*	++						
	okt-19	10*	++						
	sep-20	6	+++						
	okt-20	6	+++	okt-20	27	+++			
Waal Oevergeul achter langsdam	sep-19	16	+++						
	okt-19	17	+++						
	sep-20	21	+++						
	okt-20	10	+++						
IJssel Doesburg							dec-20	15	+++
IJssel Deventer							dec-20	15	+++
IJssel Kampen							dec-20	12	+++
Waal Nijmegen				jan-21	15	+			
Boven Rijn Tolkamer (Lobith)				jan-21	15	++			

*:geanalyseerd door Oswald 2020. Alle overige bemonsteringen zijn geteld in deze studie.

+: beperkt organisch materiaal, ++: wat organisch materiaal; +++: veel organisch materiaal

2.2 Hydrograaf

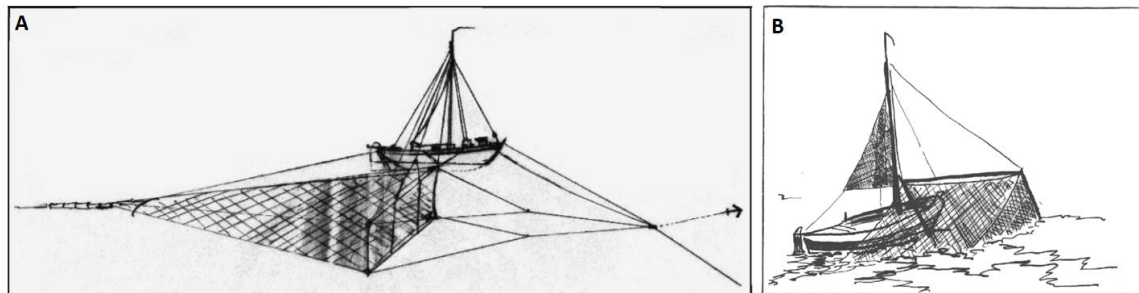
De visserij met de ankerkuil en de larvennetten is gedurende de jaren 2018 en 2021 meerdere keren uitgevoerd bij verschillende afvoeren (Figuur 2.2). De monitoring met de ankerkuil was beperkt tot lage rivierafvoeren. De larvennet monitoring is zowel bij lage als bij hogere afvoeren uitgevoerd (Figuur 2.2).



Figuur 2.2: De afvoer van de Rijn bij Lobith gedurende de plasticmonitoring 2018 - 2020. De grijze en oranje lijnen geven de periodes aan waarin respectievelijk met de larvennetten en met de ankerkuil bemonstering heeft plaatsgevonden.

2.3 Ankerkuil visserij

De ankerkuil monitoring is uitgevoerd door middel van het schip 'De Harder' van visserijbedrijf Bout-Van Dijke (zie foto omslag). De methode behelst het te water laten van twee 8 meter brede stalen balken beide verbonden met een net. De onderste balk wordt tot op de bodem neergelaten en de bovenste balk wordt rondom de waterlijn gepositioneerd (Figuur 2.3). Het geheel, de balken en het schip, zijn verbonden met het scheepsanker waarmee het schip voor anker ligt. Het net tussen de balken wordt door de stroming van het water geopend. Het net heeft verschillende maaswijdtes. Het uiteinde van het net heeft een maaswijdte van 20 mm.



Figuur 2.3: Getekende weergave van de ankerkuil visserij vanuit een zijaanzicht (a) en een achteraanzicht (b). (Bron: Nienhuis, 2008; Ganita Mare, 2017).

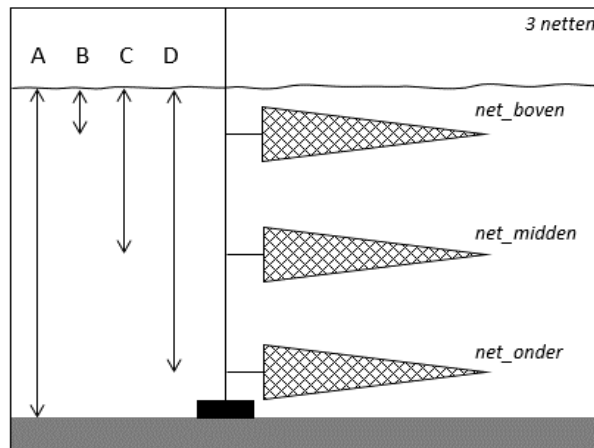
Monitoring door middel van de ankerkuil heeft plaatsgevonden in november 2018 en mei, september en oktober 2019. Daarnaast is in 2020 in september en oktober gevist met de ankerkuil (zie Tabel 2.1) In beginsel is per monitoringsmoment 2 dagen in de hoofdgeul gevist ter hoogte van IJzendoorn en twee dagen in de oevergeul bij Dreumel. Soms is afgeweken van de twee dagen per locatie vanwege lokaal te lage waterstanden. Lichting van het net geschiedde gemiddeld om de 135 minuten.

Aan boord werd het plastic visueel gescheiden van gevangen vis en organische materiaal (waterplanten en blad) en apart gehouden. Daarbij was de hoeveelheid organisch materiaal zeer wisselend, deze kon honderden malen meer zijn dan het plastic, maar ook ongeveer evenveel of zelf minder dan het plastic (zie Tabel 2.1 voor een indicatie van de hoeveelheid organisch materiaal). Als er zeer veel organisch materiaal in de vangst zat, is het waarschijnlijk (vooral bij de nachtbemonsteringen) dat niet al het plastic 100% bemonsterd is. De ankerkuil werd meestal rond een uur of 14:00 te water gelaten en er werd meestal tot 24:00 gevist. In oktober 2020 is ook een aantal keer het net overnacht in het water gelaten. In de oevergeul werd zowel aan stuurboord als aan bakboord zijde simultaan met de ankerkuil gevist. Op de IJzendoorn locatie is meestal alleen aan bakboord zijde gevist in verband met de aanwezig commerciële scheepvaart aan stuurboordzijde. In 2020 is bij IJzendoorn ook af toe aan de stuurboordzijde gevist.

De stroomsnelheid bij de ankerkuilbevissing is bepaald met een stroomsnelheidsmeter, 30 cm onder de waterspiegel. Per dag duurde de meting ca 3 minuten. Van de ankerkuilmetingen in nov 2018 en sept en okt 2019 is de dieptegemiddelde stroomsnelheid met behulp van modelberekeningen afgeleid van de waterstand bij Tiel, betrekkinglijnen en de Q-h relatie bij Lobith (memo RWS).

2.4 Larvennetten op meerdere dieptes

De door ATKB ontwikkelde monitoringstechniek bestaat uit drie larvennetten op verschillende dieptes, die ieder zijn voorzien van een stroomsnelheidsmeter (Figuur 2.4) en een gewicht. Ze zijn voor het eerst getest op de Niederrhein in oktober 2020. Na die test is het larvennet ook eind oktober 2020 toegepast op de Waal, waarbij simultaan met de ankerkuil is gevist. Elk van de drie larvennetten is rond en heeft een diameter van 1 m (Figuur 2.5, zie ook Hop, 2020). De gemiddelde monitoringsduur was 63 minuten.



Figuur 2.4: Getekende weergave van de drie larvennetten boven elkaar vanuit een zijaanzicht.

Door de kleine oppervlakte van het larvennet en de fijne maaswijdte werd maar zeer beperkt vis gevangen. Het monster werd uit het larvennet gespoeld over een 500 micron zeef. Vervolgens is het monster integraal bewaard per bemonsteringsdiepte. De larvennetten die niet vanaf het vissersschip zijn gebruikt, werden ingezet vanaf een kleine boot met lier, in de stroom gelegen aan een kade of stijger.



Figuur 2.5: De drie larvennetten uit het water net na een bemonstering (Foto: M.M. Schoor).

2.5 Verwerking plastic materiaal

Al het verzamelde plastic materiaal van 2020 is per individueel monster gewassen om het organisch materiaal te verwijderen. Het wassen is uitgevoerd boven een 500 micron zeef om zeker te zijn dat geen plastic verloren ging (de bemonsterde ondergrens van 500 micron is gebaseerd op de mazen van het larvennet). Grote stukken organisch materiaal zijn handmatig verwijderd na een inspectie of er geen plastic meer verweven was met het organisch materiaal. Het materiaal aanwezig in de zeef is vervolgens in een witte uitzoekbak gelegd en gesorteerd in drie grootte klassen: macroplastic (> 25 mm), mesoplastic (≥ 5 mm ≤ 25 mm) en microplastic (< 5 mm). Tijdens het uitzoekwerk is met een hand held digitale microscoop gecheckt of plastic materiaal werd gemist. Aan het einde van het uitzoeken is een laatste check uitgevoerd door met een UV-lamp om te controleren of al het microplastic was verzameld. Onder UV lamp licht het plastic op en kan het makkelijk onderscheiden worden van bijvoorbeeld zandkorrels.

2.6 Analyse

2.6.1 Categorieën

Elk individueel stuk plastic is geclassificeerd volgens de River-OSPAR methode gebaseerd op de mariene-OSPAR methodiek (OSPAR commission 2010). Vóór 2020 zijn sanitaire doekjes niet meegenomen in het onderzoek, in 2020 is dit wel gebeurd. Indien mogelijk is het land van oorsprong bepaald en het jaar van oorsprong / vervaldatum. Vervolgens zijn de betreffende gegevens gebruikt om een aantal analyses uit te voeren, separaat voor macro- en mesoplastic:

- 1) Bepaling aantal verzamelde categorieën. Middels een 'Rarefaction Curve (RC)' is bepaald hoeveel categorieën van de River-OSPAR zijn waargenomen in relatie tot het aantal verzamelde stukjes plastic (Tabel 2.2). Dit is gebeurd in R statistics (R Core Team 2020) middels het 'vegan' package (Oksanen et al. 2019). De RC is gemaakt met de 'rarefaction' methode.
- 2) Relatieve abundantie vergelijking. Eerst is het percentage plastic items per categorie bepaald voor verschillende monster combinaties (bijv. ankerkuil visserij 2019; larvennet boven waal). Vervolgens is middels een lineaire regressie bepaald of er een significante relatie is tussen de waargenomen categorieën in één subset met een andere relevante subset (bijv. boven in de waterkolom versus onder in de waterkolom). Om vast te stellen of de relatie afwijkt van een verwachte 1:1 lijn (geen verschil in dominantie van categorieën) is de 1:1 lijn in de visualisatie opgenomen.
- 3) Land van oorsprong. Per waargenomen land van oorsprong is de relatieve abundantie bepaald. Tevens is, indien herleidbaar, het jaar van oorsprong / verloopdatum bepaald. Vervolgens is de betreffende oorsprong jaar data gevisualiseerd middels een histogram in R statistics (R Core Team 2020).

2.6.2 Concentratie

Ankerkuil gegevens

De plastic concentratie is berekend gebruik makend van de methode beschreven in Oswald et al. (2020). De berekening bestond uit een aantal stappen:

- 1) Vaststellen macro- en mesoplastics per monster.
- 2) Berekenen daadwerkelijke stukjes plastic rekening houdend met de vangst efficiëntie van het net. De vangst efficiëntie van de ankerkuil is bepaald door Oswald et al. (2020) middels het loslaten van hard en zacht macro- en mesoplastic voor het net (zie Oswald et al. 2020 voor een gedetailleerde beschrijving). De efficiëntie voor hard en zacht macroplastic is 95% en 8.75%. De mesoplastic efficiëntie was 9.38% en 5.63% voor hard en zacht plastic.
- 3) Vaststellen van het bemonsterde volume. Hierbij is voor de ankerkuil de oppervlakte van het net bepaald (8 meter breed x de lokale waterdiepte) en vermenigvuldigd met de lokaal gemeten stroomsnelheid. In 2018, 2019 en 2020 is de diepte gemiddelde stroomsnelheid bepaald door Rijkswaterstaat Oost Nederland.
- 4) Per grootte klasse is vervolgens de concentratie bepaald door het aantal aangetroffen stukjes plastic gedurende de bemonstering te delen door het totaal bemonsterde volume resulterend in plastics / m³.

Larvennet gegevens

De plastic concentratie is berekend gebruik makend van de methode beschreven in Oswald et al. (2020). De berekening bestond uit een aantal stappen:

- 1) Vaststellen aantal stukjes macro-, meso- en microplastics per monster.
- 2) Berekenen daadwerkelijke stukjes plastic rekening houdend met de vangst efficiëntie van het larvennet. Hierbij is een vangst efficiëntie gebruikt van 100% vanwege de kleine maaswijdte en gebruikte zeef van 0,5 mm.
- 3) Vaststellen van het bemonsterde volume. Bemonsterd volume bepaling bij het larvennet is gebeurd door het doorstroomoppervlak van het larvennet ($1 \text{ m} \cdot \pi^2$) te vermenigvuldigen met de gemeten afgelegde weg in het midden voor elk larvennet (de aanwezige meters meten niet de stroomsnelheid maar de totale afgelegde weg gedurende de bemonsteringstijd). Wanneer het bovenste larvennet niet volledig onder water was is een oppervlak correctie toegepast.
- 4) Per grootte klasse is vervolgens de concentratie bepaald door het aantal aangetroffen stukjes plastic gedurende de bemonstering te delen door het totaal bemonsterde volume resulterend in plastics / m³.

Statistische methode

De plastic concentraties zijn geanalyseerd door middel van een generalized linear model (GLM) met een gamma verdeling en een log link in R statistics (R Core Team 2020). Een gamma verdeling is gebruikt omdat de ruwe data niet normaal verdeeld waren. Omdat er ook 0-waarden voorkomen (en log 0 niet bestaat), is een +0.001 transformatie op de gehele dataset uitgevoerd. Een toevoeging van 0.001 is verwaarloosbaar klein. Afhankelijk van de specifieke analyse zijn verschillende verklarende factoren gebruikt (Jaar; Locatie; Periode; Diepte; Tabel 2.1). Er zijn meerdere modellen gefit van toenemende complexiteit: in eerste instantie werd elke factor apart gebruikt. Vervolgens zijn ook interacties tussen factoren meegenomen. Modelselectie vond plaats op basis van de laagste AIC waarde ('Akaike's information criterion'; de verhouding tussen verklarende fractie en complexiteit van model) en AICc waarde ('Corrected Akaike's information criterion'; specifiek voor kleine

datasets). Tevens is geanalyseerd of er sprake was van een significante verbetering van de door het model verklaarde variatie. Indien er een hoofdeffect was van een van de meegenomen factoren of van een interactie tussen beide, is een Tukey post-hoc analyse uitgevoerd.

Een beperkt aantal datasets wordt gekarakteriseerd door een normale verdeling en is door middel van een lineair model (LM) geanalyseerd. Voor het vergelijk tussen de ankerkuil en het larvennet zijn de concentraties van de drie verschillende dieptes van het larvennet gezamenlijk vergeleken met de ankerkuil concentratie, daar de drie dieptes in totaal dezelfde diepte gradiënt bemonsteren als de ankerkuil.

2.6.3 Overzicht analyses

Gebaseerd op de bovengenoemde analyses zijn de zeven gepostuleerde onderzoeksvragen geanalyseerd. Per vraag is een verschillende subset aan data gebruikt (zie Tabel 2.2).

Tabel 2.2: Overzicht van monsterlocaties, monstermethodiek en de plastic bemonstering in de Rijntakken. Voor het aantal monsters zie Tabel 2.1.

Vraag	Bemonsteringsmethode	Meegenomen data	Locatie	Plastic grootte	Analyses		
					'SAC'*	Signatuur	Concentraties
1. Temporele verschil in plastic	Ankerkuil	2019 en 2020	hoofdgeul en oevergeul Waal	macro	x	x	x
				meso	x	x	x
2. Vergelijk methodes	Ankerkuil en larvennet	28 en 29 oktober - 2020	hoofdgeul Waal	macro	x	x	x
3. Variatie in één rijntak	Larvennet	december - 2020	kade Doesburg;	macro	x	x	x
			kade Deventer;	meso	x	x	x
			kade Kampen	micro	-	-	x
4. Variatie tussen rijntakken	Larvennet	december - 2020; januari - 2021	kade Tolkamer;	macro	x	x	x
			kade Nijmegen;	meso	x	x	x
			kade Doesburg	micro	-	-	x
5. Diepte gradiënt plastic concentratie	Larvennet	oktober - 2020	hoofdgeul Waal	macro	x	x	x
			meso	x	x	x	
		december - 2020; januari - 2021	kade Tolkamer;	macro	x	x	x
			kade Nijmegen;	meso	x	x	x
		december - 2020	kade Doesburg	micro	-	-	x
			kade Doesburg;	macro	-	-	x
kade Deventer	meso	-	-	x			
micro	-	-	x				
6. Land van oorsprong en ouderdom	Ankerkuil en larvennet	2018, 2019, 2020, 2021	alle locaties	macro + meso	n.v.t	n.v.t	n.v.t

*: 'Rarefaction curve'

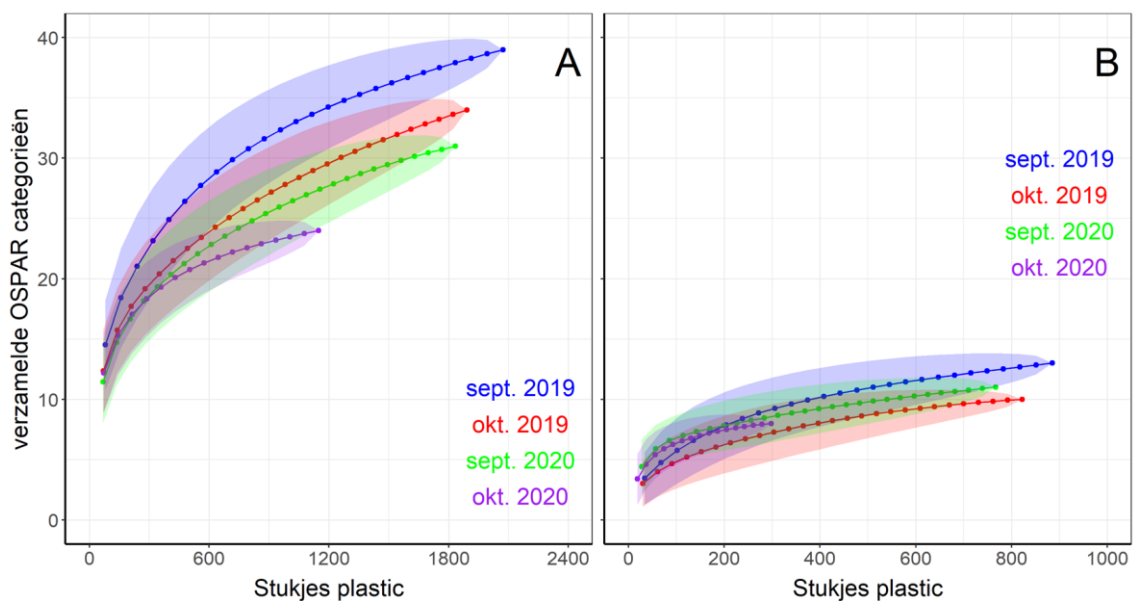
3. Resultaten

3.1 Temporele variatie in plastic

3.1.1 Categorieën

Macroplastic

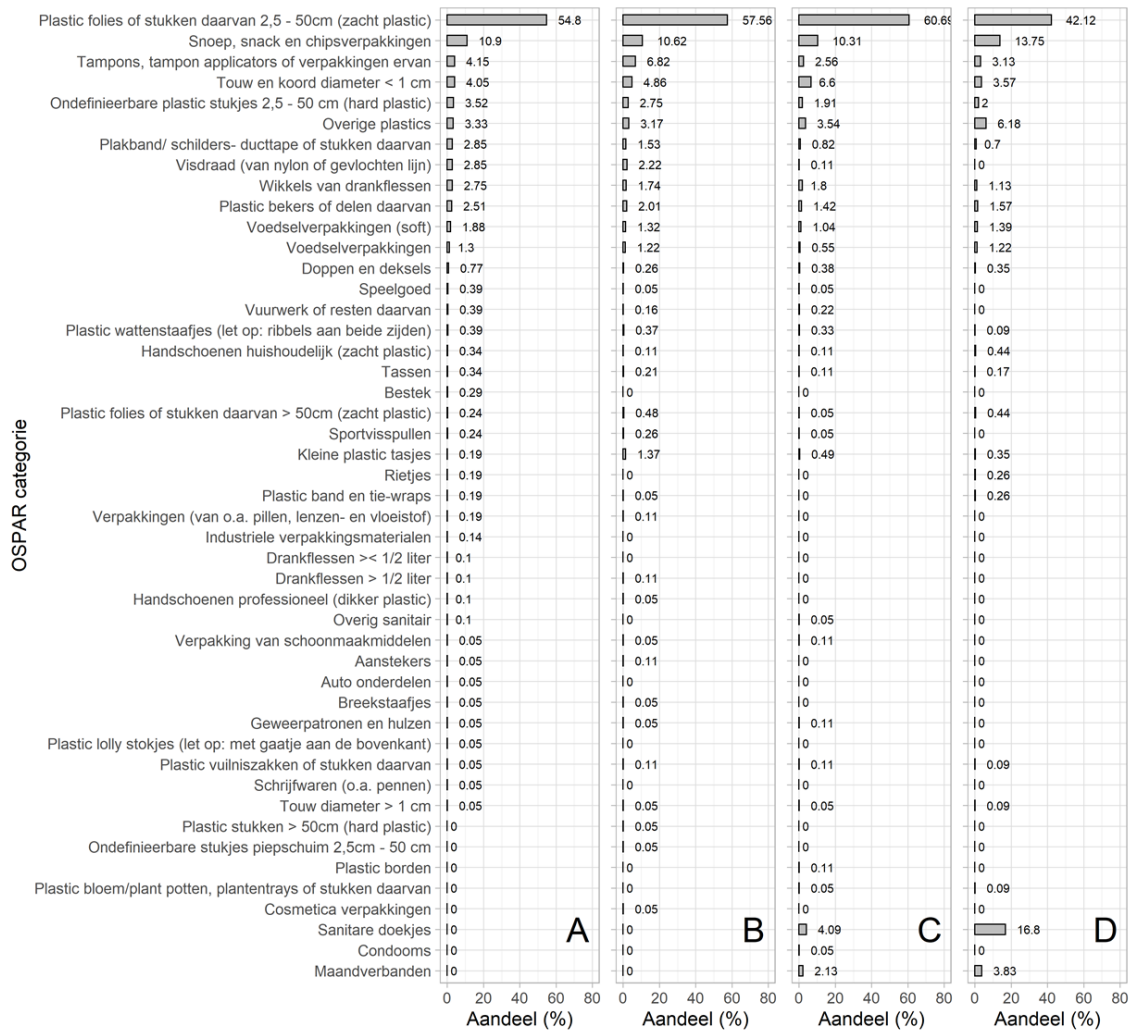
Gedurende de monitoring op de Waal middels de ankerkuil nam het aantal waargenomen macroplastic categorieën in relatie tot het aantal verzamelde stukjes macroplastic af in de tijd (Figuur 3.1A). In september 2019 zijn 39 macroplastic categorieën aangetroffen, terwijl in oktober 2020 maar 24 macroplastic categorieën zijn aangetroffen.



Figuur 3.1: 'Rarefaction curve' van de cumulatief waargenomen macro- (A) en mesoplastic (B) OSPAR categorieën in relatie tot het aantal verzamelde stukjes plastic voor de verschillende maanden en bemonsteringsjaren met de ankerkuil op de Waal.

De relatieve abundantie van de waargenomen macroplastic categorieën verschilde niet tussen september en oktober 2019, noch tussen oktober 2019 en september 2020 (Figuur 3.2; Bijlage 1, Figuur B1.1A), de categorieën hadden bij elke bemonstering een vergelijkbaar aandeel. Er was wel een verschil in relatieve abundantie tussen september en oktober 2020 (Figuur 3.2; Bijlage 1, Figuur B1.1C). Dit wordt veroorzaakt door de categorie 'Plastic folies of stukken daarvan 2,5 – 50 cm (zacht plastic)' waarvan het relatieve aandeel in oktober 2020 daalde tot 42.1% waar het in september 2020 nog 60.7% was. Tevens verviervoudigde het aandeel van 'Sanitaire doekjes' in oktober 2020 ten opzichte van september 2020 tot 16.8% (Figuur 3.2). Mogelijk is de afname in het absolute aantal waargenomen macroplastic categorieën en de verandering in relatieve abundantie een effect van de corona pandemie, die na september 2020 weer oplaaide in zowel Nederland als Duitsland. De september bemonstering vond plaats van 7 tot 10 september, zowel in Nederland als Duitsland waren de gemiddelde corona cijfers in die week relatief laag met 51,2

en 15,4 gevallen per 100.000 inwoners. Eind oktober tijdens de bemonstering waren de cijfers in beide landen per 100.000 inwoners en factor 10 hoger met gemiddeld 559,8 en 161,1 voor Nederland en Duitsland respectievelijk (www.ourworldindata.org). Met name de toename in 'Sanitaire doekjes' tussen september 2020 en oktober 2020 geeft een sterke indicatie van een direct effect van de pandemie op de waargenomen macroplastic. In 2019 is de categorie 'Sanitaire doekjes' niet onderscheiden.

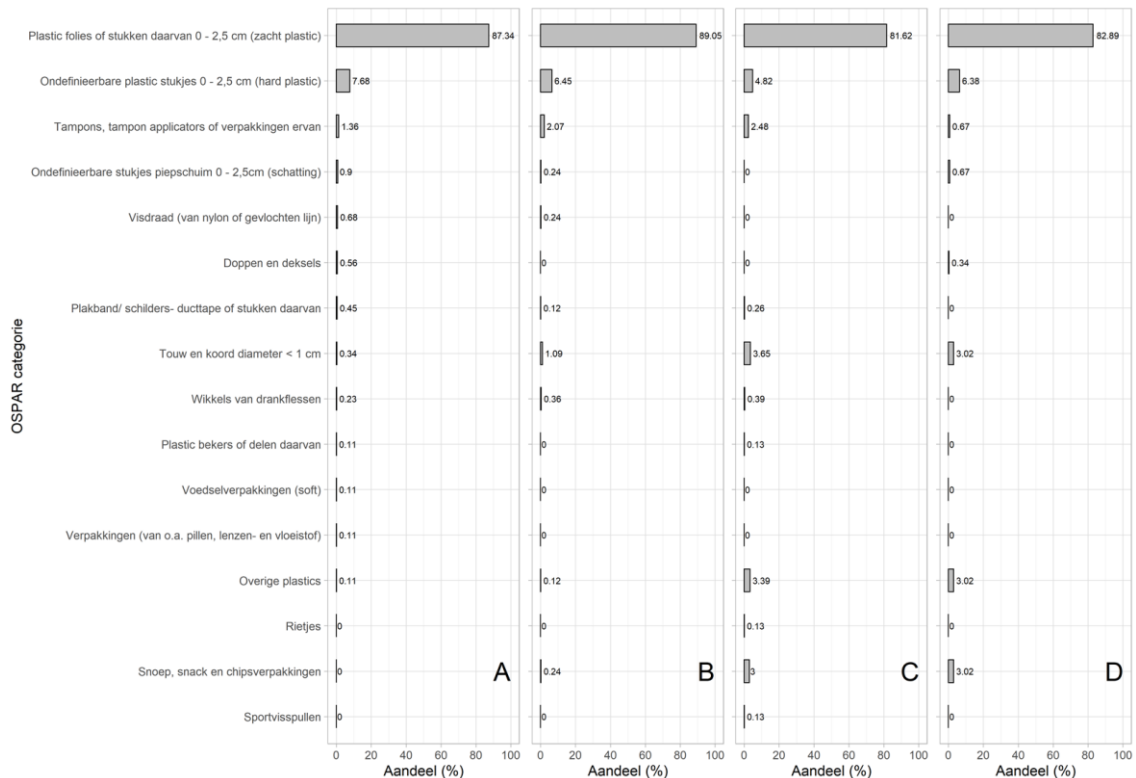


Figuur 3.2: De waargenomen macroplastic OSPAR categorieën gedurende de ankerkuil visserij op de Waal in september 2019 (A; n = 2073), oktober 2019 (B; n = 1892), september 2020 (C; n = 1834) en oktober 2020 (D; n = 1149).

Mesoplastic

Het aantal waargenomen mesoplastic categorieën ten opzichte van het aantal verzamelde stukjes mesoplastic middels de ankerkuil monitoring op de Waal varieerde maar zeer beperkt gedurende de bemonsteringsperiode 2019 – 2020 (Figuur 3.1B). De volgorde van absoluut aantal waargenomen mesoplastic categorieën was hetzelfde als de volgorde van macroplastic categorieën: de meeste categorieën zijn waargenomen in september 2019 en de minste in oktober 2020. De relatieve abundantie van mesoplastic categorieën verschilde niet tussen de

verschillende maanden (Figuur 3.3; Bijlage 1, Figuur B1.2A, B en C). De meest dominante categorie was 'Plastic folies of stukken daarvan 0 - 2,5 cm (zacht plastic)' waarvan het relatieve aandeel varieerde tussen de 89% en 81.6% (Figuur 3.3). Het aandeel 'Touw en koord' en 'Snoep-, snack- en chipsverpakkingen' lijkt met de tijd iets toe te nemen (Figuur 3.3).



Figuur 3.3: De waargenomen mesoplastic OSPAR categorieën gedurende de ankerkuil visserij op de Waal in september 2019 (A; n = 885), oktober 2019 (B; n = 822), september 2020 (C; n = 767) en oktober 2020 (D; n = 298).

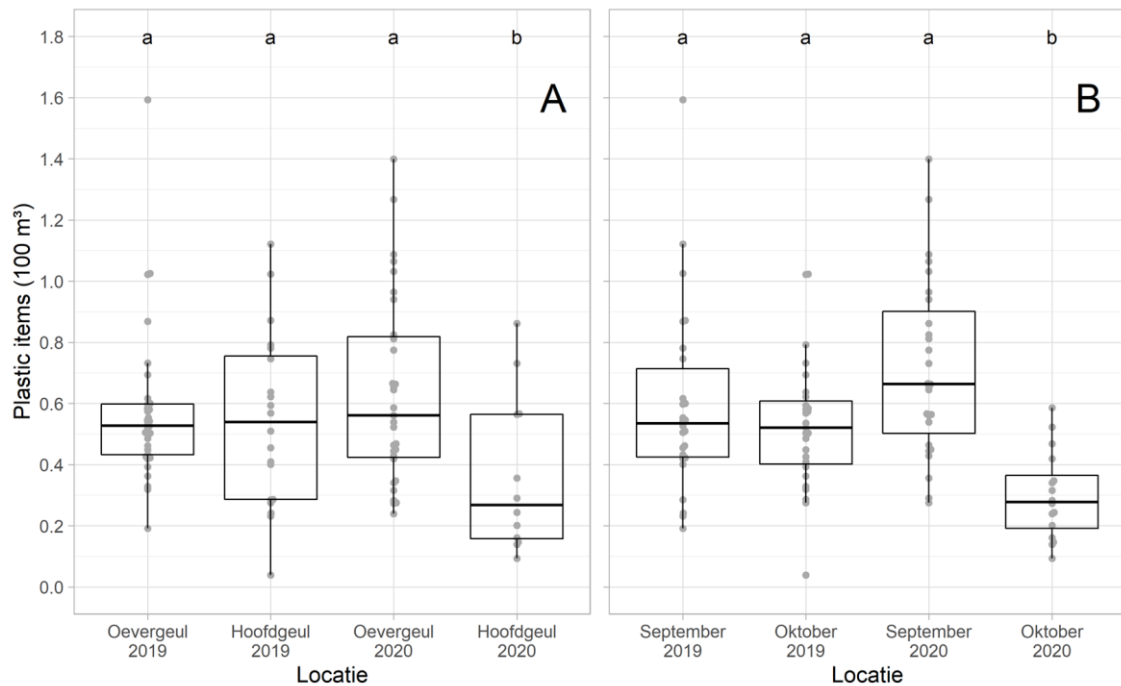
3.1.2 Concentraties

Macroplastic

Alleen in 2020 was er een verschil in macroplastic concentratie tussen de hoofdgeul en de oevergeul, deze was in de oevergeul toen significant hoger (Figuur 3.4A; Bijlage 1). De macroplastic concentratie in oktober 2020 was significant lager dan in oktober 2019 (Figuur 3.4B; Bijlage 1) en dan september 2020 (Figuur 3.4B). In 2019 was er geen verschil in macroplastic concentratie tussen september en oktober.

Het waargenomen significante verschil tussen hoofdgeul en oevergeul impliceert dat er in 2020 in de breedte van de rivier een verschil was in macro- en mesoplastic concentratie in de waterkolom. Daar dit effect in 2019 niet is gevonden is nadere monitoring noodzakelijk van de variatie in plastic concentratie in de waterkolom over de gehele breedte van de rivier. De lagere concentratie in de maand oktober 2020 sluit aan bij de waargenomen afname in macroplastic categorieën (Figuur 3.1). Er was een groot verschil in zowel Nederland als Duistland betreffende de intensiteit

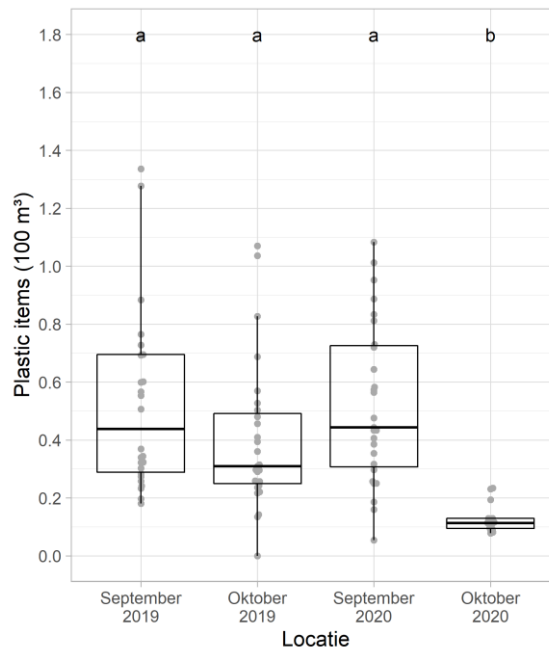
van de corona pandemie tussen september 2020 en oktober 2020 (zie p. 16). Dit kan een mogelijke verklaring zijn voor de afname in plastic vervuiling.



Figuur 3.4: De waargenomen macroplastic concentraties per 100 m³ gedurende de ankerkuil monitoring op de Waal in de jaren 2019 en 2020. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Mesoplastic

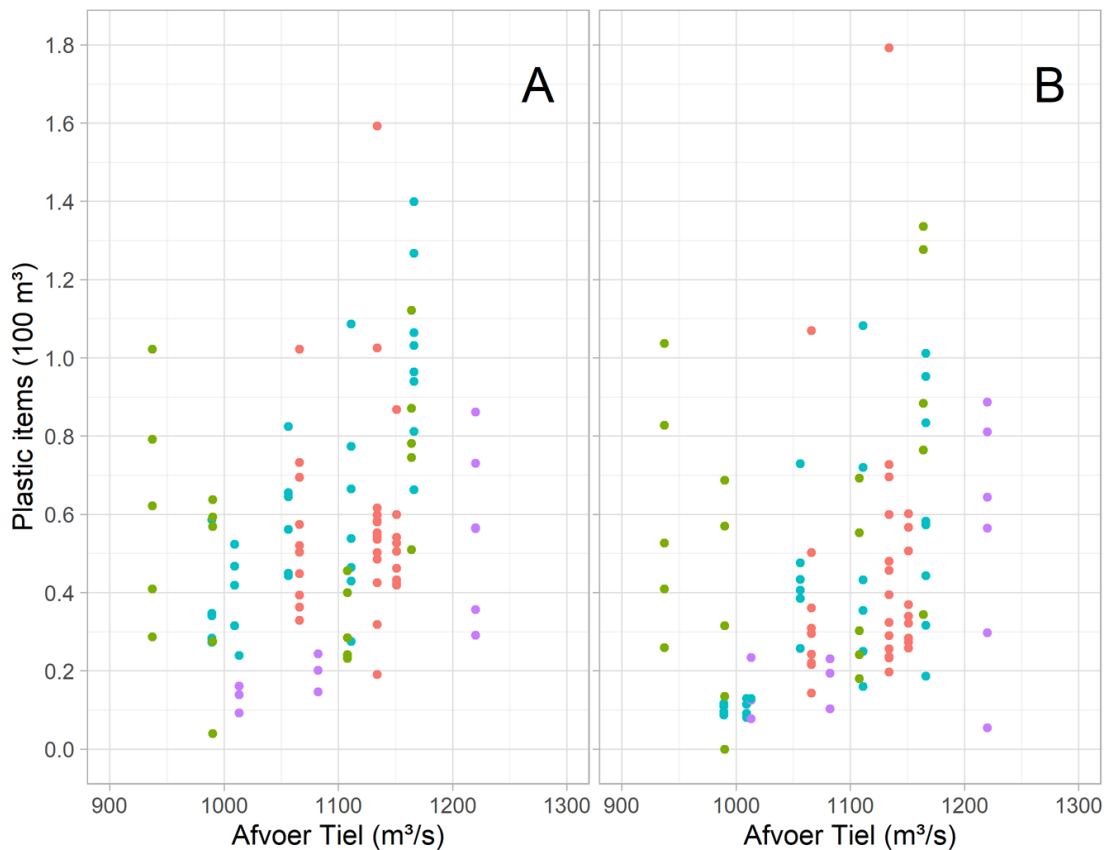
De mesoplastic concentratie was niet significant verschillend in oevergeul of hoofdgeul (Bijlage 6, tabel B6.1). Net als bij macroplastic was in 2020 de mesoplastic concentratie in oktober significant kleiner dan in september (Figuur 3.5; Bijlage 1). In 2019 was er geen verschil in mesoplastic concentratie tussen september en oktober (Figuur 3.5; Bijlage 1). Ook hier zien we mogelijk een effect van de maatregelen om mensen binnen te houden vanwege een toename in de intensiteit van de corona pandemie in Nederland en Duitsland.



Figuur 3.5: De mesoplastic concentratie per 100 m³ gedurende de ankerkuil monitoring op de Waal in de jaren 2019 en 2020. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

3.1.3 Relatie plastic concentraties en rivierafvoeren

De Ankerkuil visserij in 2019 en 2020 vond plaats tijdens lage rivierafvoeren (bandbreedte 937 – 1220 m³/s bij Tiel ;1218 – 1593 m³/s bij Lobith). Zowel voor macro- als mesoplastic (Figuur 3.6A en B) is er geen relatie zichtbaar tussen de rivierafvoer en de plastic concentratie. Er kunnen dus geen conclusies getrokken worden of een toename in afvoer resulteert in een verdunning van de plastic concentratie in de waterkolom of in een toevoeging van plastic. Het ontbreken van een relatie kan ook een gevolg zijn van de beperkte variatie van afvoeren waarbij monitoring van macro- en mesoplastic heeft plaatsgevonden. Om wel een conclusie over de relatie tussen afvoer en concentratie te kunnen trekken is het noodzakelijk om ook bij hogere afvoeren (> 2000 m³/s bij Lobith) de plastic concentratie in de gehele waterkolom vast te stellen.



Figuur 3.6: De relatie tussen macro- (A) en mesoplastic (B) concentratie en de lokale afvoer van de Waal in de jaren 2019 en 2020. Rood: oevergeul 2019; groen: hoofdgeul 2019; blauw: oevergeul 2020; paars: hoofdgeul 2020.

3.1.4 Conclusie

Zowel de verscheidenheid als de concentratie van macro- en mesoplastic in de waterkolom van de Waal is recent afgenomen. Daar de meetreeks gebaseerd is op slechts twee jaar met elk 2 meetperioden (september en oktober) is het lastig om vast te stellen waardoor de afname werd veroorzaakt. Gebaseerd op de toename in relatieve abundantie van 'Sanitaire doekjes' is een effect van de corona pandemie aannemelijk. Daarnaast was er een ruimtelijk verschil in macroplastic concentratie in de waterkolom tussen de hoofdgeul en de oevergeul, dit effect vereist nadere monitoring.

3.1.5 Discussie

Het specifieke verschil tussen de maanden september en oktober 2020 in waargenomen plastic categorieën en plastic concentratie gecombineerd met een sterke toename in het aantal corona gevallen in Nederland en Duitsland in dezelfde maanden lijkt verband met elkaar te houden. Het precieze verband is onduidelijk en is geen onderdeel van voorliggende studie maar zou kunnen komen door:

- Een 'lockdown' resulteert in minder mensen op straat waardoor minder zwerfafval op straat en in het riool beland en vervolgens minder plastic op de rivier wordt geloosd.

- Door stortbuien spoelt het afval ook deels naar de rivier. Mogelijk dat er in oktober minder stortbuien waren. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat een stortbui ook voor meer water in de rivier zorgt, een toename van plastic input door een stortbui hoeft dus niet te resulteren in een hogere plastic concentratie.
- Het aantal vaarbewegingen wordt naar alle waarschijnlijkheid ook beïnvloed door een 'lockdown' waarbij de verwachting is dat in ieder geval tijdelijk de vraag naar transport via de rivier af neemt.
- Gedurende geheel 2020 is het aantal riviercruises minimaal hetgeen eventuele plastic input van dit specifieke type schepen minimaliseert.

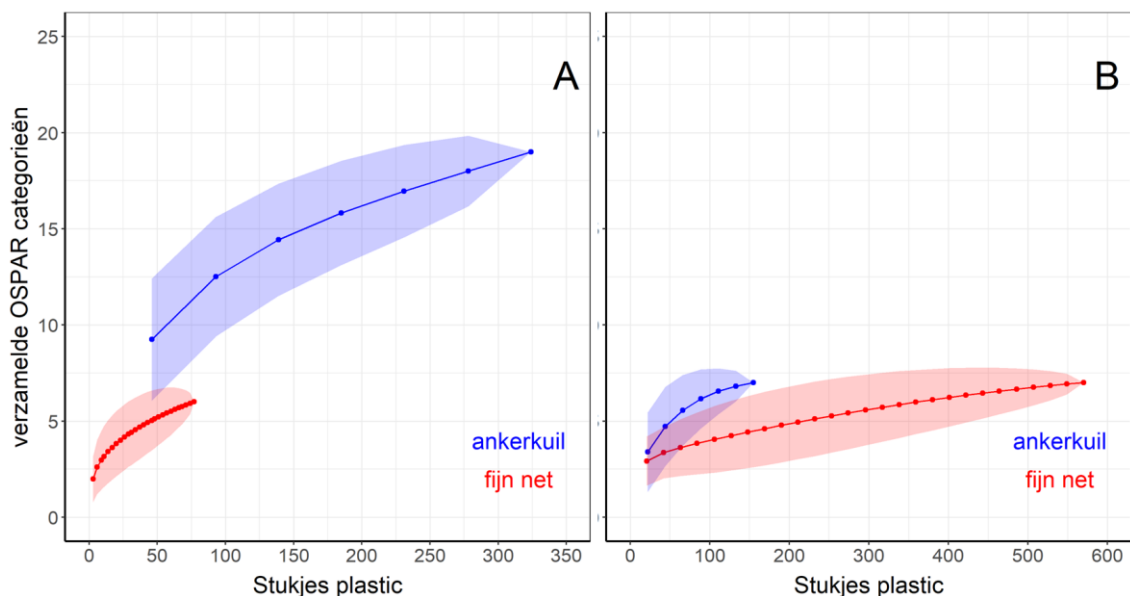
3.2 Vergelijking methodes

3.2.1 Categorieën

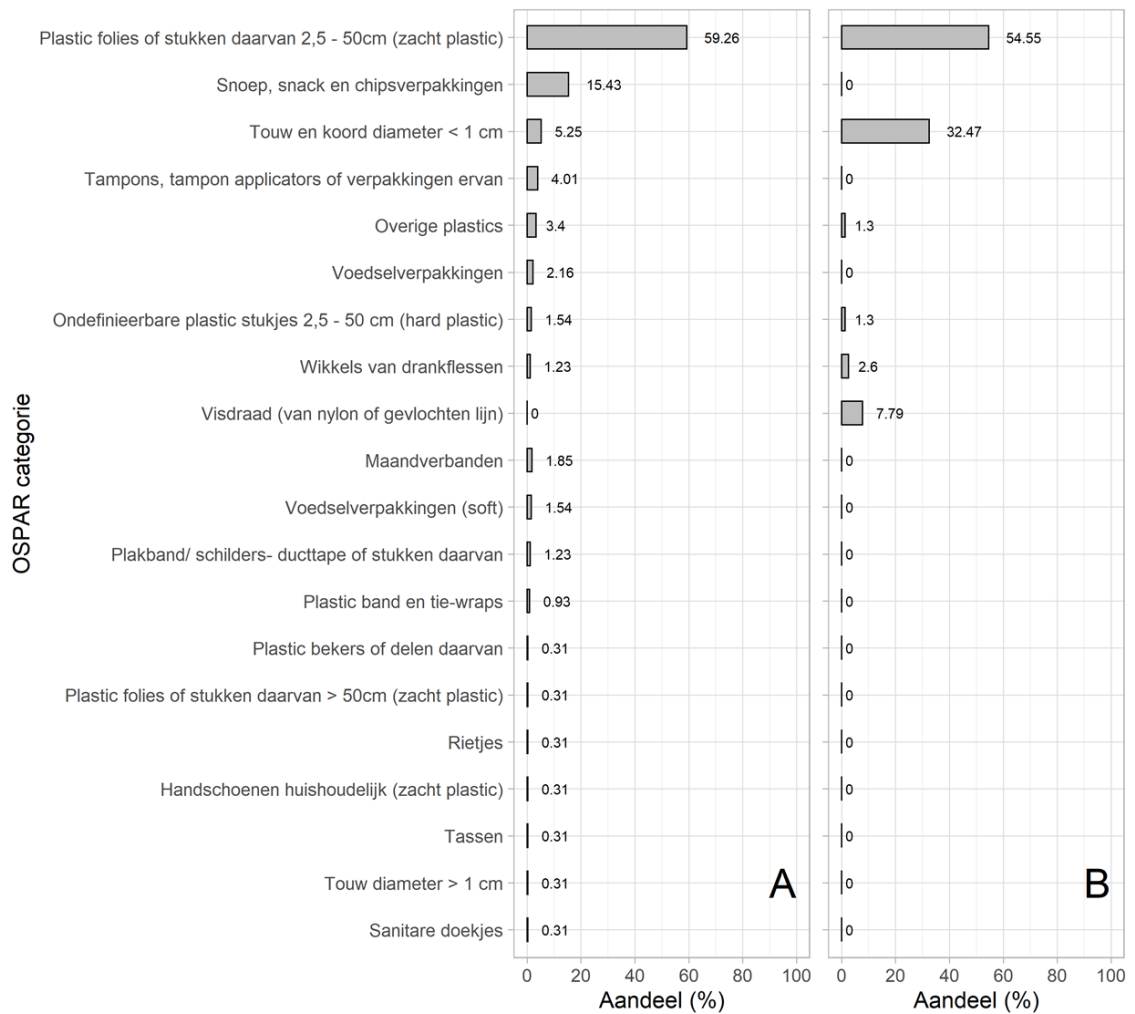
Macroplastic

Er is een verschil tussen het aantal verzamelde categorieën op 28 en 29 oktober 2020 in relatie tot het aantal verzameld stukjes plastic met de ankerkuil en het larvennet, waarbij de ankerkuil meer categorieën verzameld (Figuur 3.7A). Het verschil tussen de twee technieken geeft aan dat een deel van de macroplastic categorieën zeldzaam zijn. Het vangen van de betreffende categorieën is random en wordt vergroot door een groter oppervlak te monitoren, hetgeen de ankerkuil doet ten opzichte van het larvennet.

De relatieve abundantie van de OSPAR categorieën van het verzamelde macroplastic met de ankerkuil en het larvennet verschilt niet van elkaar (Figuur 3.8, Bijlage 2, Figuur B2.1A). De meest dominante categorie voor beide methodes was 'Plastic folies of stukken daarvan 2,5 – 50 cm (zacht plastic)'. Er zijn een aantal opvallende verschillen. Het larvennet heeft geen 'Snoep-, snack- en chipsverpakkingen' verzameld, terwijl bij de gelijktijdige ankerkuil monitoring 15,4% van het gevangen plastic 'Snoep-, snack- en chipsverpakking' waren. Het aandeel 'Touw en koord diameter < 1 cm' en 'Visdraad' was in het larvennet vele malen hoger (40% t.o.v. 5%) dan in de ankerkuil (Figuur 3.8). Dit impliceert dat de ankerkuil een groot deel van het draadvormige macroplastic mist.



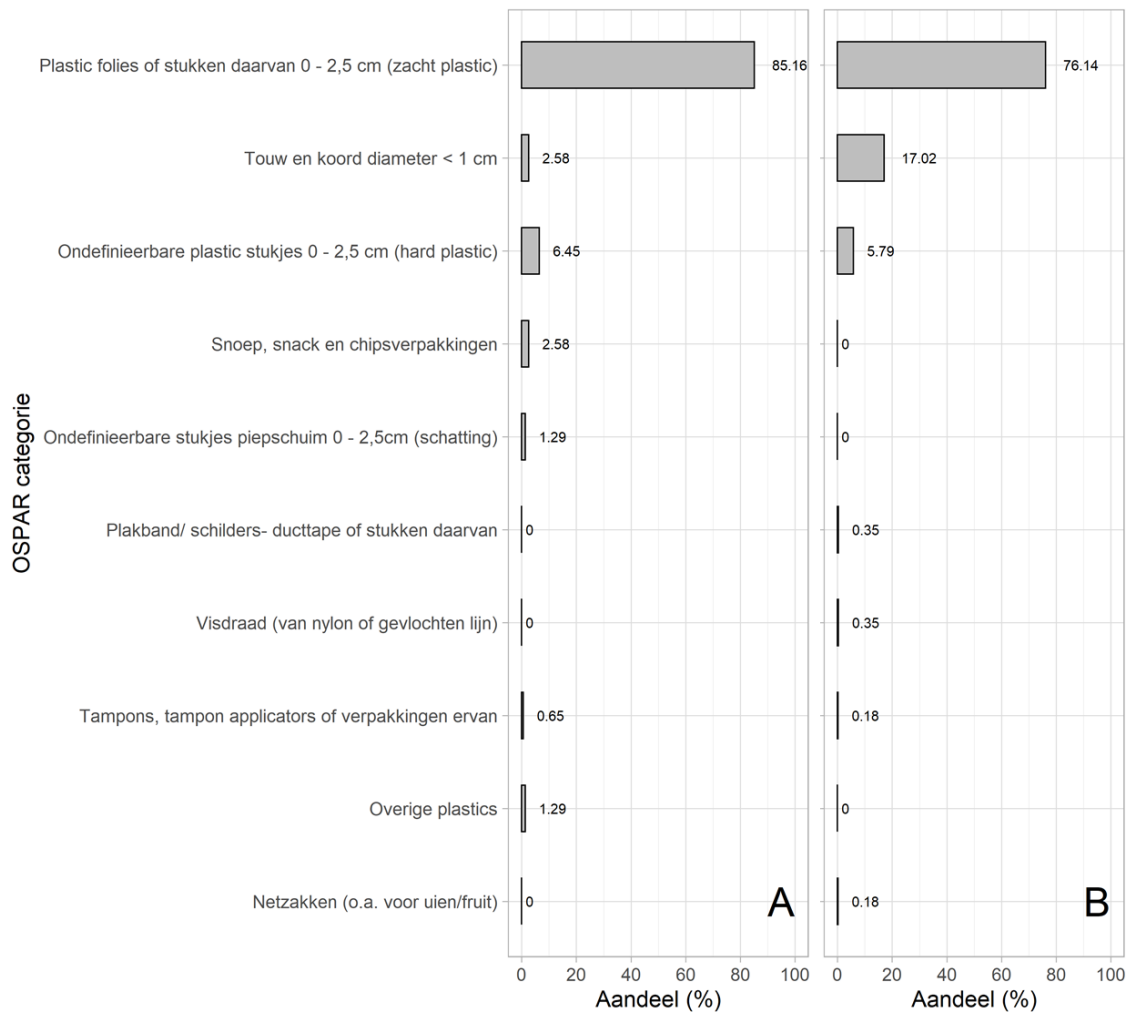
Figuur 3.7: 'Rarefaction curve' van de cumulatief waargenomen macro- (A) en mesoplastic (B) OSPAR categorieën in relatie tot het aantal verzamelde stukjes plastic de ankerkuil en de larvennet monitoring op 28 en 29 oktober 2020 op de Waal.



Figuur 3.8: De waargenomen macroplastic OSPAR categorieën gedurende de (A) ankerkuil visserij (n = 324) en (B) larvennet monitoring (n = 77) op 28 en 29 oktober 2020 op de Waal.

Mesoplastic

Het aantal categorieën mesoplastic dat is verzameld bij bemonstering met de ankerkuil of de larvennetten is vergelijkbaar (Figuur 3.7B). De relatieve abundantie van mesoplastic categorieën per methode verschilde niet onderling (Figuur 3.9, Bijlage 2, Figuur B2.1B). De meest dominante categorie bij beiden is 'Plastic folies of stukken daarvan 0 – 2,5 cm (zacht plastic)'. Het grootste verschil tussen beide is dat het larvennet procentueel meer 'Touw en koord diameter < 1 cm' vangt dan de ankerkuil (Figuur 3.9).



Figuur 3.9: De waargenomen mesoplastic OSPAR categorieën gedurende de (A) ankerkuil visserij ($n = 155$) en (B) larvennet monitoring ($n = 570$) op 28 en 29 oktober 2020 op de Waal.

3.2.2 Concentraties

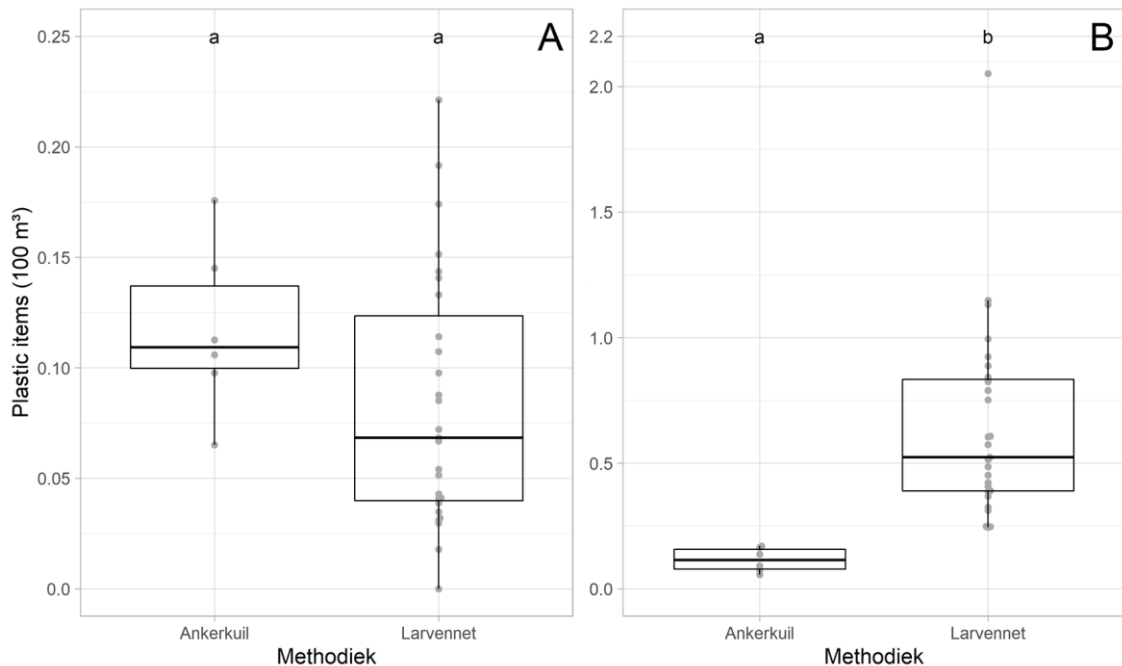
Macroplastic

De macroplastic concentratie verschilde niet significant tussen de twee monitoringsmethodieken (Figuur 3.10A; Bijlage 2). Wel valt op dat de spreiding met de larvennetten veel groter is en de mediane waarde een stuk lager. De gemiddelde macroplastic concentratie en standaard deviatie waargenomen middels de ankerkuil per 100 m^3 is $0,12 \pm 0,04$ en voor het larvennet $0,08 \pm 0,06$.

Mesoplastic

De mesoplastic concentratie per 100 m^3 was significant hoger bij bemonstering met het fijne net dan met de ankerkuil (Figuur 3.10B; Bijlage 2). De gemiddelde mesoplastic concentratie en standaard deviatie waargenomen met de ankerkuil per 100 m^3 is $0,12 \pm 0,05$ en voor het larvennet $0,65 \pm 0,39$. Gemiddeld gezien resulteerde het larvennet in een 5,6 x zo hoge concentratie als de ankerkuil. Dit komt

naar alle waarschijnlijkheid door een onderschatting van de vangst efficiëntie van de ankerkuil (zie paragraaf 2.5.2) daar de fijnmazigere larven netten een 100% vangst-efficiëntie hebben. Voor de berekening van de plastic concentratie gebaseerd op de ankerkuil is nu nog uitgegaan van een vangst efficiëntie van 9,38 en 5,63% voor hard en zacht mesoplastic. In werkelijkheid is de vangst efficiëntie van hard en zacht mesoplastic echter 1,67 en 1,00% gebaseerd op de 5,6 x zo hoge concentratie uit metingen met het larvennet.



Figuur 3.10: De waargenomen macro- (A) en mesoplastic (B) concentraties per 100 m³ middels de ankerkuil en larvennet monitoring op de Waal op 28 en 29 oktober 2020. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

3.2.3 Conclusie

Er zijn inherente verschillen tussen de ankerkuil methode en de larvennet methodiek.

Ankerkuil:

- De ankerkuil verzamelt een groter aantal macroplastic categorieën dan het larvennet.
- De concentraties van macroplastic in de gehele waterkolom kunnen goed worden bepaald met de ankerkuil.
- Draadvormige macro- en mesoplastics worden onderschat bij gebruik van de ankerkuil.
- De vangst efficiëntie van de ankerkuil betreffende mesoplastic is 1,67 en 1,00% voor hard en zacht mesoplastic.

Larvennet:

- Maakt het mogelijk de concentratie mesoplastic te bepalen in de gehele waterkolom.
- Geeft een goede indicatie van draadvormige macro- en mesoplastic types.

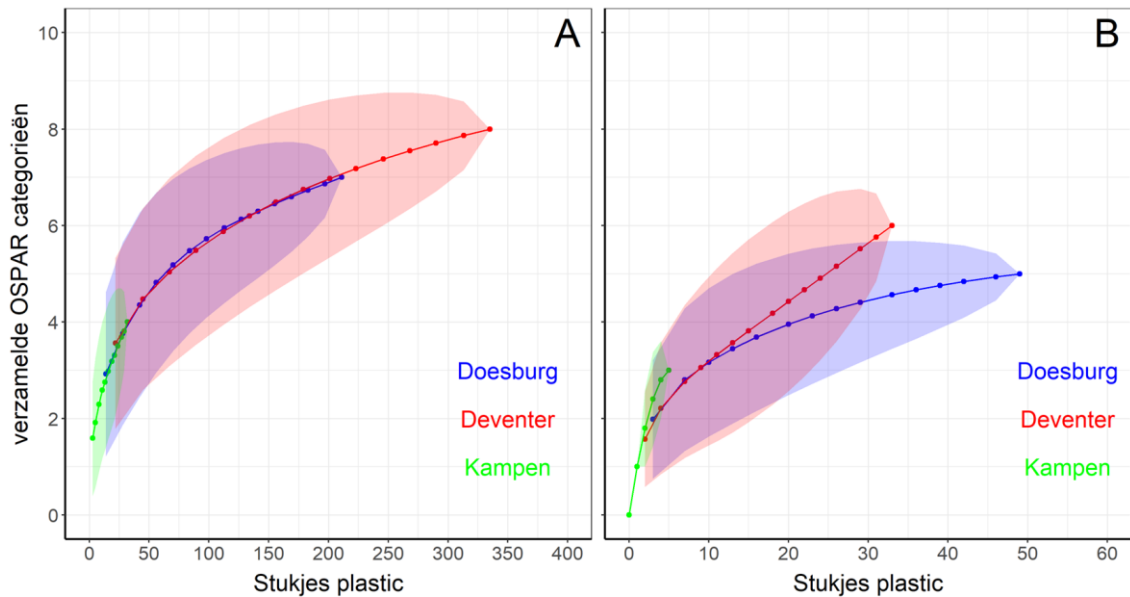
- Vereist langdurige te water lating om een volledig beeld van de plastic categorieën te krijgen, dit is waarschijnlijk lastig te realiseren daar het larvennet op den duur zal volslibben door de kleine maaswijdte. Eventueel kunnen dubbele netten worden gebruikt om een groter oppervlak te bemonsteren.

3.3 Variatie in één rijntak, de IJssel

3.3.1 Categorieën

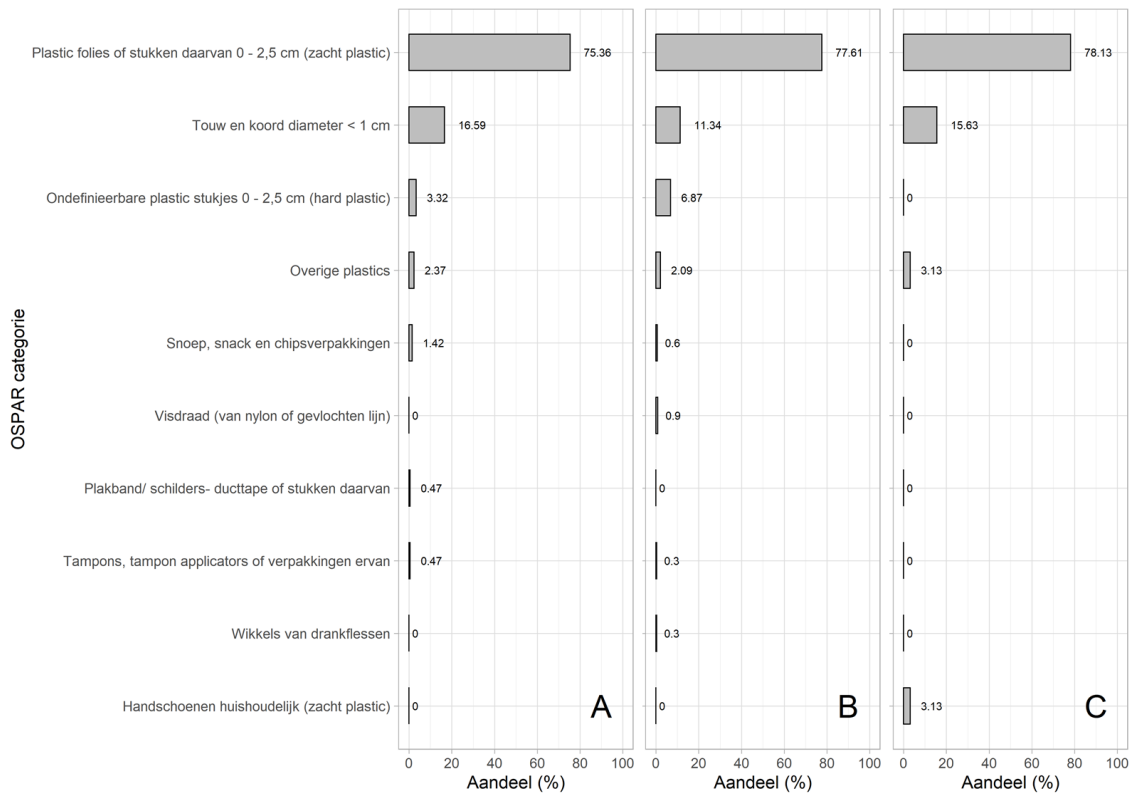
Mesoplastic

Het aantal verzamelde categorieën mesoplastic in de IJssel in relatie tot het aantal verzamelde stukjes plastic is bij de drie locaties hetzelfde (Figuur 3.11A). Verder stroomafwaarts op de IJssel monitoren resulteert niet in een toe- of afname in het aantal mesoplastic categorieën.



Figuur 3.11: 'Rarefaction curve' van de cumulatief waargenomen meso- (A) en macroplastic (B) OSPAR categorieën in relatie tot de verzamelde stukjes plastic met het larvennet op de IJssel bemonsterd in december 2020.

De relatieve abundantie van het verzamelde mesoplastic op meerdere locaties in de IJssel verschilt niet van elkaar (Figuur 3.12, Bijlage 3, Figuur B3.1A, B en C). De meest dominante categorie was 'Plastic folies of stukken daarvan 0 – 2,5 cm (zacht plastic)' en er zijn verder geen opvallende verschillen in relatieve abundantie van mesoplastic categorieën (Figuur 3.12).

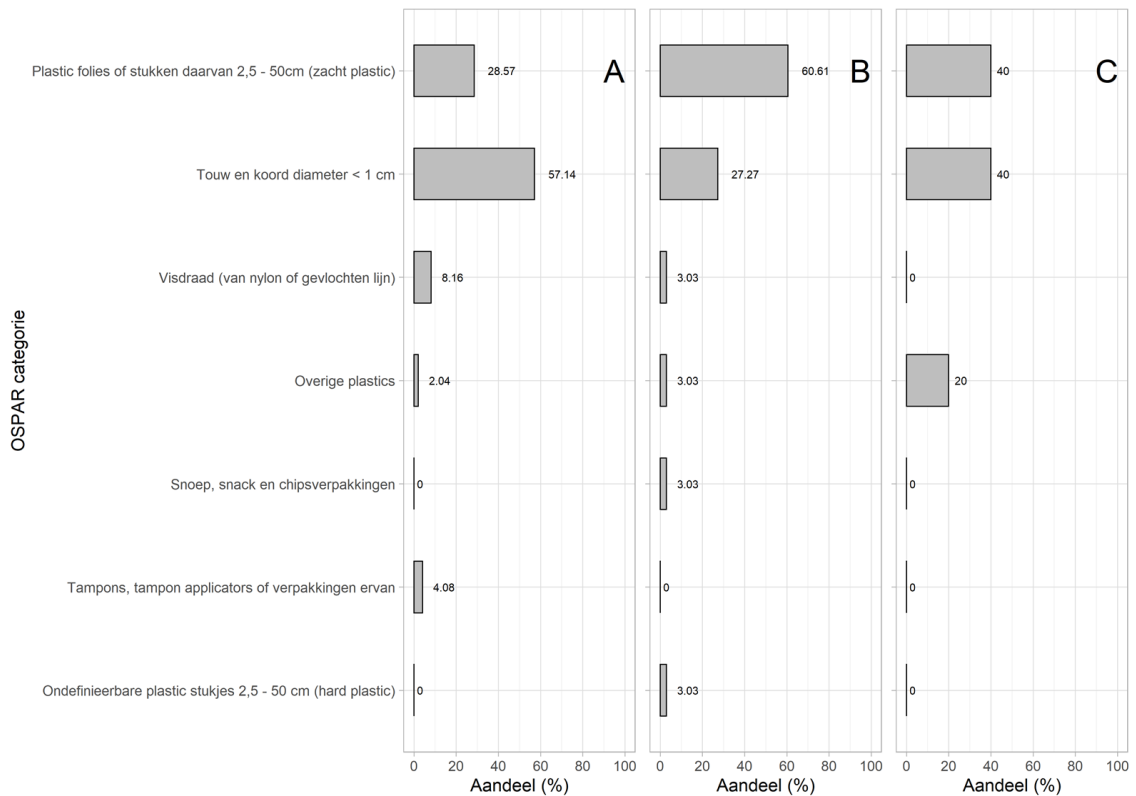


Figuur 3.12: De waargenomen mesoplastic OSPAR categorieën gedurende de larvennet monitoring in de IJssel ter hoogte van Doesburg (A; n = 211), Deventer (B; n = 335) en Kampen (C; n = 32) in december 2020.

Macroplastic

Het aantal verzamelde categorieën macroplastic in de IJssel in relatie tot het aantal verzamelde stukjes macroplastic is hoger bij Deventer dan bij Doesburg (Figuur 3.11B), hetgeen een mogelijke indicatie is van een input van nieuw plastic tussen beide meetpunten. Vanwege een beperkt bemonsterd volume in Kampen is het aantal categorieën daar laag en lastig vergelijkbaar met de andere twee locaties. Het valt wel op dat het aantal verzamelde OSPAR categorieën bij Kampen ondanks het beperkt aantal stukjes plastic het hoogst is van de drie locaties.

Er is een significant verschil tussen het plastic dat bij Doesburg en Deventer bemonsterd is. De relatieve abundantie van macroplastic categorieën is niet hetzelfde (Figuur 3.13; Bijlage 3, Figuur B3.2). Kampen is niet aantoonbaar anders dan Deventer of Doesburg, waarschijnlijk vanwege het lage aantal waarnemingen. De larvennetten vangen macroplastic minder effectief waardoor stochastiek een grote rol speelt. Het verschil in relatieve abundantie wordt veroorzaakt door een verschil in aandeel van 'Touw en koord diameter < 1 cm' zijnde 57.1 en 27.3% te Doesburg en Deventer, respectievelijk. Tegelijkertijd is het aandeel 'Plastic folies of stukken daarvan 2,5 – 50 cm (zacht plastic)' in Doesburg 28.6% en in Deventer 60.6% (Figuur 3.13). In Kampen zijn nog minder macro categorieën verzameld (n = 5).

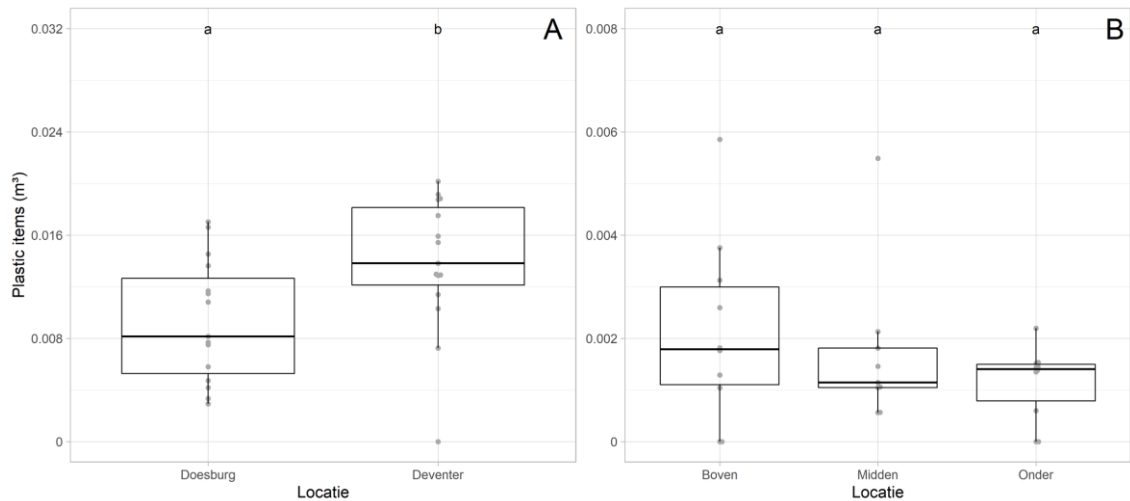


Figuur 3.13: De waargenomen macroplastic OSPAR categorieën gedurende de larvennet monitoring in de IJssel ter hoogte van Doesburg (A; n = 49), Deventer (B; n = 33) en Kampen (C; n = 5) in december 2020.

3.3.2 Concentraties

Mesoplastic

De concentratie van mesoplastic was significant hoger in Deventer dan in Doesburg (Figuur 3.14A; Bijlage 3). De 'bemonsteringsdiepte' had geen verklarende waarde (Figuur 3.14B, Bijlage 6, Tabel B6.1), in de verschillende waterlagen zat evenveel plastic. De gemiddelde concentratie per m³ was $0,0093 \pm 0,0047$ en $0,0148 \pm 0,0038$ in Doesburg en Deventer, respectievelijk. De hogere concentratie van mesoplastic in Deventer zou verklaard kunnen worden enerzijds door additionele input van mesoplastic (bijv. door waterzuiveringsinstallaties) of anderzijds door het uiteenvallen van macroplastic resulterend in meer mesoplastic. Kampen is niet meegenomen in de analyse daar de stroomsnelheid te laag was en geen goede inschatting kon worden verkregen van het bemonsterde volume.



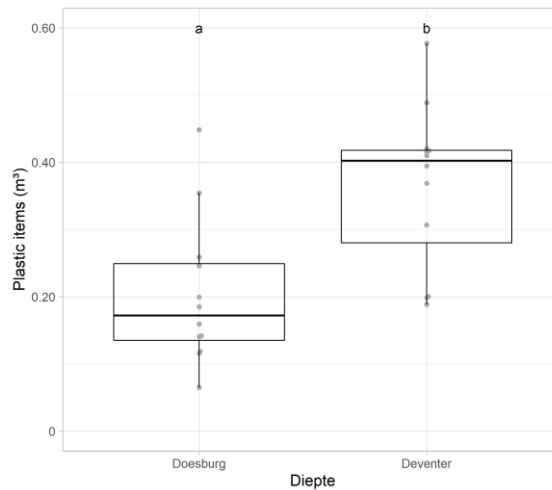
Figuur 3.14: De waargenomen meso- (A) en macroplastic (B) concentraties per m³ te Doesburg en in Deventer bemonsterd met het larvennet op de IJssel in december 2020. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Macroplastic

De macroplastic concentratie verschilde niet tussen de verschillende dieptes (Figuur 3.14B; Bijlage 3). De gemiddelde concentratie en standaard deviatie per m³ was $0,0021 \pm 0,0018$; $0,0017 \pm 0,0015$ en $0,0011 \pm 0,0007$ boven, midden en onder in de waterkolom, respectievelijk. De waargenomen macroplastic concentratie was niet significant anders in Deventer dan in Doesburg (Bijlage 6, Tabel B6.1). Kampen is niet meegenomen in de analyse daar de stroomsnelheid te laag was en geen goede inschatting kon worden verkregen van het bemonsterde volume.

Microplastic

De concentratie van microplastic was significant hoger in Deventer dan in Doesburg met een gemiddelde concentratie per m³ van $0,20 \pm 0,11$ en $0,37 \pm 0,12$ in Doesburg en Deventer, respectievelijk (Figuur 3.15; Bijlage 3). De 'bemonsteringsdiepte' had geen verklarende waarde, er was echter wel een (niet significante) trend zichtbaar van hogere concentraties bij de bodem. Het verschil tussen Deventer en Doesburg zou enerzijds kunnen komen door een input van microplastics tussen Doesburg en Deventer en anderzijds door een verdere versnippering van mesoplastics. Kampen is niet meegenomen in de analyse daar de stroomsnelheid te laag was en geen goede inschatting kon worden verkregen van het bemonsterde volume.



Figuur 3.15: De waargenomen microplastic concentraties per m³ te Doesburg en in Deventer bemonsterd middels het larvennet op de IJssel in december 2020. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

3.3.3 Conclusie

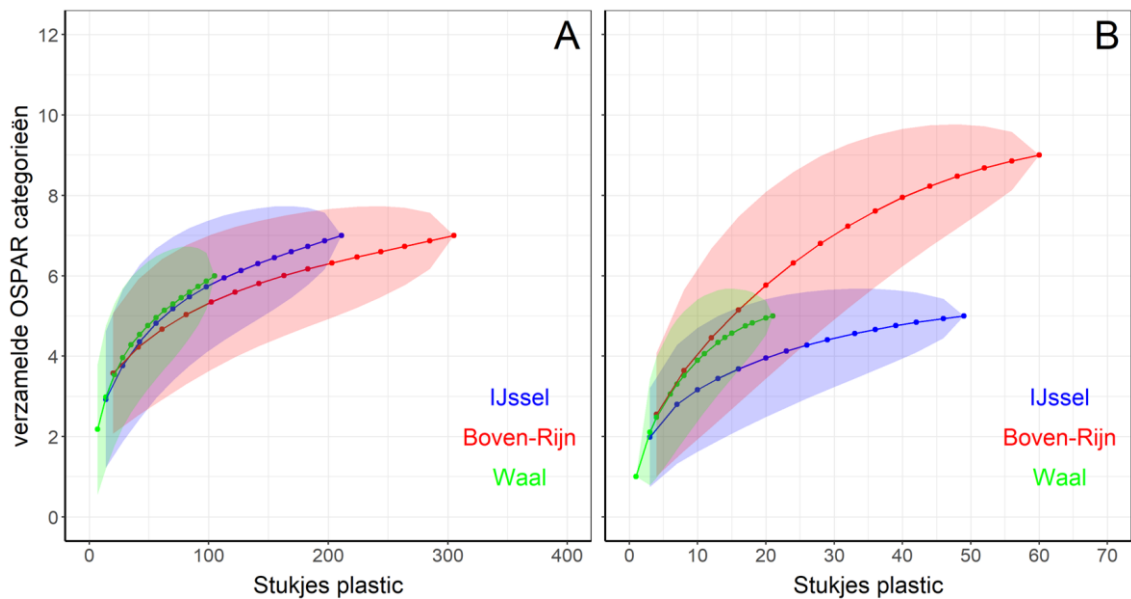
Verder stroomafwaarts in de IJssel worden meer categorieën macroplastic voor hetzelfde aantal stukjes plastic waargenomen. Voor mesoplastic is deze relatie er niet. De relatieve abundantie van de verschillende categorieën mesoplastic verandert niet, de toename in categorieën betreft 'zeldzame' waarnemingen. Dit kan enerzijds komen door een mogelijk lokale input van nieuw plastic of door verdere versnippering van macroplastic. Een effect van versnippering wordt tegengesproken door het ontbreken van een significant effect op macroplastic concentratie stroomafwaarts, er is echter wel een trend zichtbaar van minder macroplastic. Een kleine afname van macroplastic kan resulteren in een relatief grotere toename van mesoplastic. Het aantal waargenomen categorieën macroplastic verschilt minimaal tussen de verschillende locaties. Voor een volledige beoordeling van de longitudinale gradiënt van macro- en mesoplastic in de waterkolom is echter een additioneel meetpunt verder stroomafwaarts van Deventer noodzakelijk. Het huidige meetpunt bij Kampen voldoet niet door de te lage stroomsnelheid waardoor het niet mogelijk is om het bemonsterde volume goed te bepalen. Wellicht is bepaling van de stroomsnelheid op een andere manier dan de huidige wel mogelijk. Ook bemonstering op meer momenten maakt verschillen en overeenkomsten wellicht duidelijker.

3.4 Variatie tussen Rijntakken

3.4.1 Categorieën

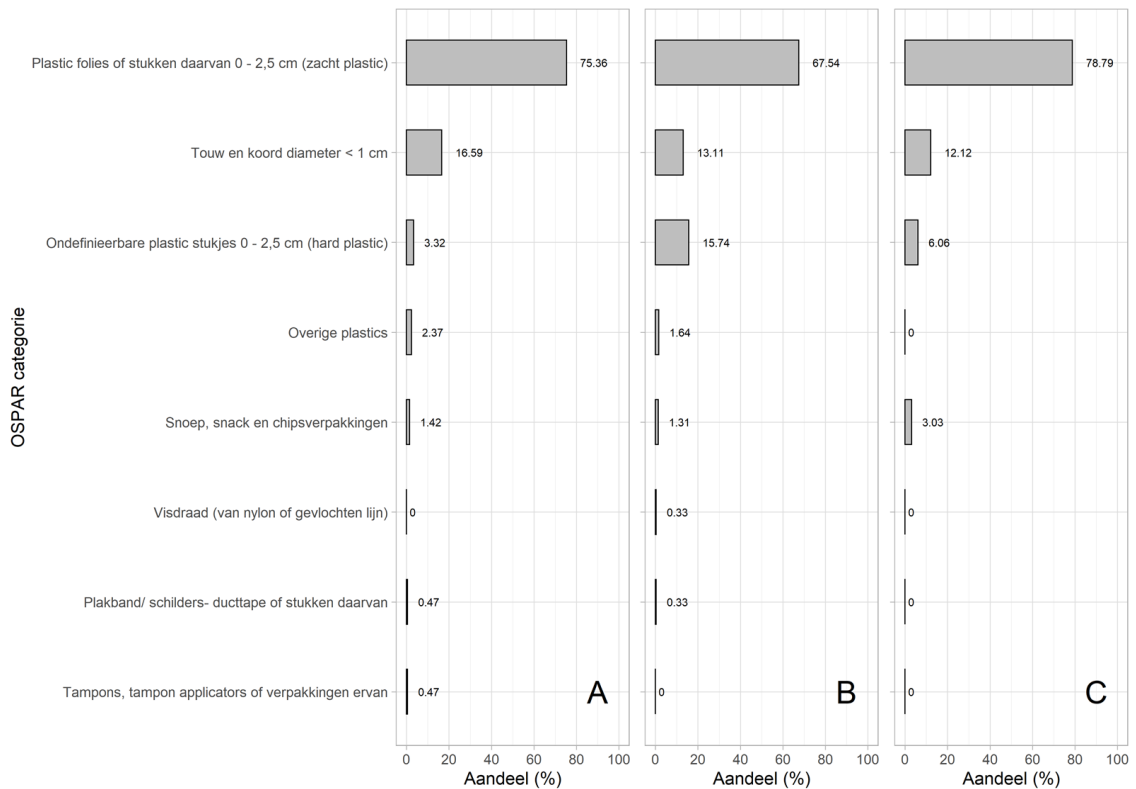
Mesoplastic

Tussen de verschillende Rijntakken is het aantal verzamelde OSPAR categorieën in relatie tot verzameld stukjes plastic nagenoeg gelijk (Figuur 3.16A). Dit sluit aan bij de resultaten voor de IJssel waarbij tussen de verschillende locaties geen verschil zichtbaar was in het aantal verzamelde mesoplastic OSPAR categorieën in relatie tot de verzamelde stukjes plastic.



Figuur 3.16: 'Rarefaction curve' van de cumulatief waargenomen meso- (A) en macroplastic (B) OSPAR categorieën in relatie tot aantal verzamelde stukjes plastic voor de verschillende bemonsterde Rijntakken middels larvennet monitoring in de periode december 2020 – januari 2021.

Generiek gezien zijn er geen grote verschillen in de relatieve abundantie van het waargenomen mesoplastic tussen de verschillende Rijntakken (Figuur 3.17; Bijlage 4, Figuur B4.1A, B en C). Op alle drie de locaties was 'Plastic folies of stukken daarvan 0 – 2,5 cm (zacht plastic)' de meest aangetroffen categorie. Er is een opvallend verschil en dat is dat op de Boven-Rijn locatie het aandeel 'Ondefinieerbare plastic stukjes 0 – 2,5 cm (hard plastic) hoger was dan op de Waal en IJssel locatie (Figuur 3.17).

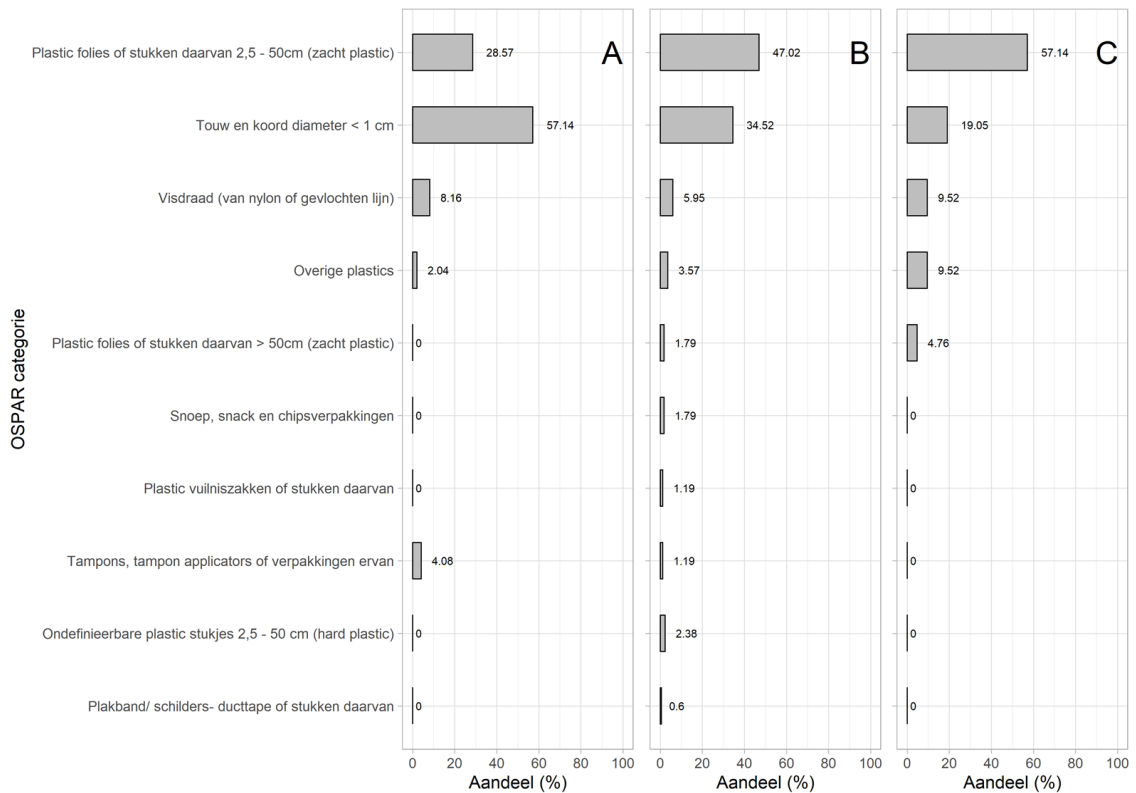


Figuur 3.17: De waargenomen mesoplastic OSPAR categorieën gedurende de larvennet monitoring in de IJssel (A; n = 211), Boven-Rijn (B; n = 305) en Waal (C; n = 105) bemonsterd in de hoogwater periode december 2020 – januari 2021.

Macroplastic

Het hoogste aantal macroplastic categorieën in relatie tot het aantal verzamelde stukjes plastic is waargenomen in de Boven-Rijn (Figuur 3.16B). Het laagste aantal categorieën in relatie tot de verzamelde stukjes plastic is waargenomen in de IJssel. De Waal zit tussen de IJssel en Boven-Rijn in (Figuur 3.16B). Opgemerkt dient te worden dat de monitoring in de IJssel bij een hogere afvoer heeft plaatsgevonden dan in de Boven-Rijn en Waal. Om zo efficiënt mogelijk een beeld te krijgen van het aantal categorieën macroplastic in de waterkolom is het waardevoller om bij de Boven-Rijn te bemonsteren.

Zowel in de Boven-Rijn als Waal was de categorie 'Plastic folies of stukken daarvan 2,5 – 50 cm (zacht plastic)' het meest dominante macroplastic type (Figuur 3.18; Bijlage 4, Figuur 4.2A, B en C). In de IJssel was met 44.8% het meest dominante macroplastic type 'Touw en koord diameter < 1 cm'. Dezelfde macroplastic categorie in de Boven-Rijn betrof 34.5% en in de Waal 19%. Een mogelijke verklaring voor de variatie in relatieve abundantie tussen de Boven-Rijn en IJssel enerzijds en de Waal anderzijds is dat de Waal monitoring op de linkeroever heeft plaatsgevonden en de IJssel en Boven-Rijn monitoring op de rechteroever. Het is wenselijk om over de gehele breedte van de Boven-Rijn meerdere monsters te verzamelen om horizontale variatie in plastic samenstelling en de eventuele correlatie met rivierbocht en rivieroever vast te kunnen stellen.



Figuur 3.18: De waargenomen macroplastic OSPAR categorieën gedurende de larvennet monitoring in de IJssel (A; n = 49), Boven-Rijn (B; n = 60) en Waal (C; n = 21) bemonsterd in de hoogwater periode december 2020 – januari 2021.

3.4.2 Concentraties

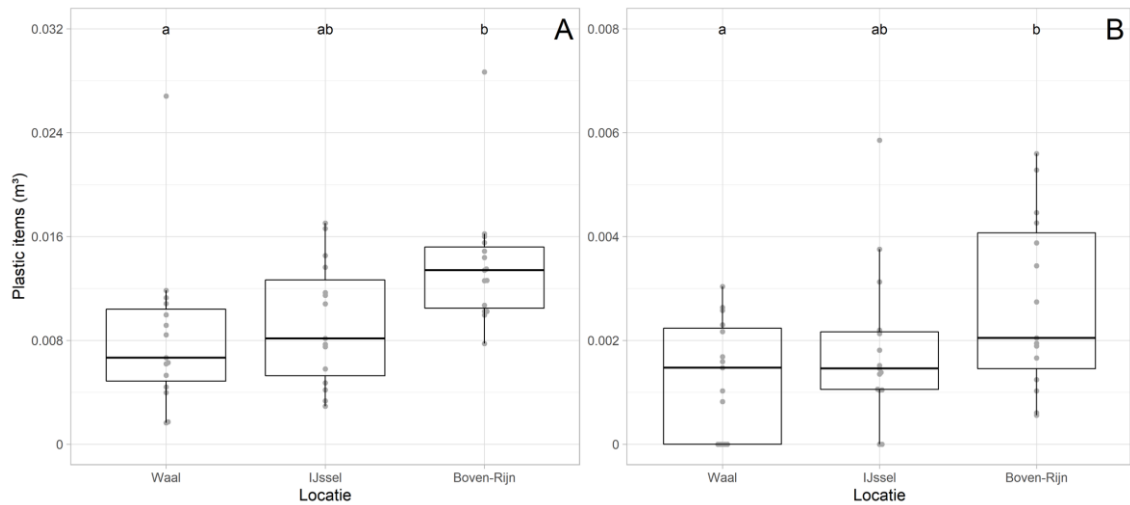
Mesoplastic

De mesoplastic concentratie in de Boven-Rijn was significant hoger dan in de Waal (Figuur 3.19A, Bijlage 4). De concentratie van mesoplastic in de IJssel verschilde niet significant van de Boven-Rijn of van de Waal. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de verklarende waarde van het model beperkt was (Nagelkerke $R^2 = 0,17$). De gemiddelde concentratie per m^3 was $0,014 \pm 0,005$, $0,009 \pm 0,005$ en $0,008 \pm 0,006$ voor de Boven-Rijn, IJssel en Waal, respectievelijk. Het toevoegen van 'bemonsteringsdiepte' had geen verklarende waarde voor de waargenomen mesoplastic concentratie (Bijlage 6, Tabel B6.1), het verschil tussen de takken was groter dan het verschil in diepte.

Macroplastic

De concentratie van macroplastic was significant hoger in de Boven-Rijn ten opzichte van de Waal (Figuur 3.19B, Bijlage 5). Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de verklarende waarde van het model beperkt was (Nagelkerke $R^2 = 0,16$). De concentratie van macroplastic in de IJssel verschilde niet significant van de Boven-Rijn noch van de Waal. De gemiddelde concentratie per m^3 was $0,0027 \pm 0,0017$, $0,0018 \pm 0,0015$ en $0,0013 \pm 0,0011$ voor de Boven-Rijn, IJssel en Waal, respectievelijk. Het toevoegen van 'bemonsteringsdiepte' had geen verklarende

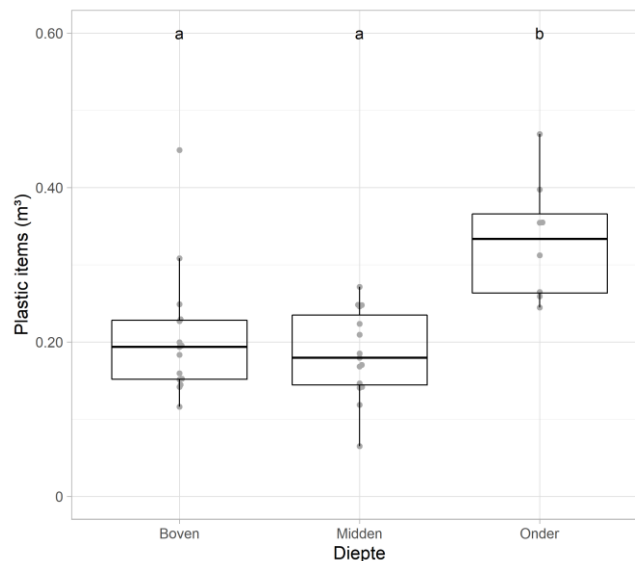
waarde voor de waargenomen macroplastic concentratie (Bijlage 6, Tabel B6.1), het verschil tussen de takken was groter dan het verschil in diepte.



Figuur 3.19: De waargenomen meso- (A) en macroplastic (B) concentraties per m³ in de Waal, IJssel en Boven-Rijn bemonsterd middels het larvennet in de periode december 2020 – januari 2021. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Microplastic

De microplastic concentratie was significant hoger onder in de waterkolom dan boven en midden in de waterkolom (Figuur 3.20; Bijlage 4). Er was geen verschil in microplastic concentratie tussen boven en het midden van de waterkolom. De gemiddelde concentratie per m³ was $0,21 \pm 0,08$, $0,18 \pm 0,06$ en $0,33 \pm 0,08$ voor boven, midden en onder, respectievelijk. Het effect van diepte op de microplastic concentratie verschilde niet tussen de Rijntakken (Bijlage 6, Tabel B6.1), er waren geen significantie verschillen in concentratie microplastic tussen de Boven-Rijn en de Waal bij Nijmegen of de IJssel Doesburg.



Figuur 3.20: De waargenomen microplastic concentraties per m³ op verschillende bemonsterde dieptes middels het larvennet in de periode december 2020 – januari 2021. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

3.4.3 Conclusie

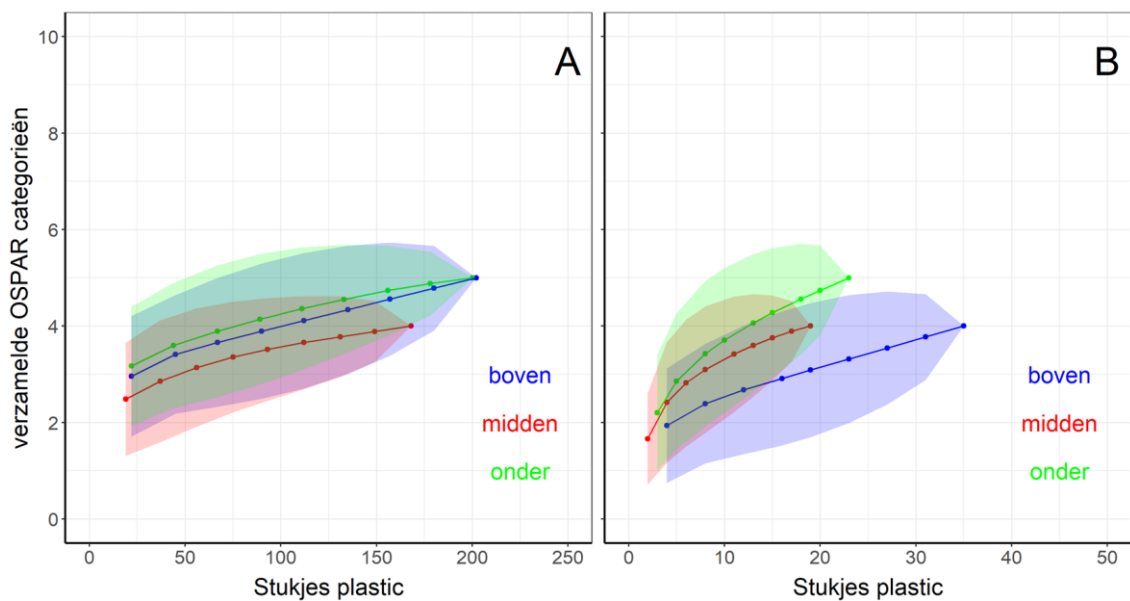
Zowel het aantal macroplastic categorieën als de concentratie van macro- en mesoplastic was het hoogste in de Boven-Rijn. Opvallend is dat de concentratie stroomafwaarts ten opzichte van de Boven-Rijn niet toeneemt waar dat in de IJssel tussen Doesburg en Deventer wel het geval was (zie paragraaf 3.3). De hoge macro- en mesoplastic concentratie bij de Boven-Rijn is logisch gezien het hoge aandeel van het plastic dat uit Duitsland komt (70,4 – 77,8%). De microplastic concentratie was bij alle drie de Rijntakken het hoogst bij de bodem en verschilde niet significant tussen de Rijntakken. Een mogelijke verklaring voor de verschillen tussen de Rijntakken in relatieve abundantie kan de kant van de rivier zijn die bemonsterd is. Zowel de Boven-Rijn als de IJssel zijn aan de rechteroever bemonsterd terwijl de Waal aan de linkeroever is bemonsterd. Mogelijk is er sprake van variatie in plastic concentratie in de breedte van de rivier. De dataset van de Rijntakken is een eerste analyse van ruimtelijke verschillen. Er zijn echter een aantal vragen die niet beantwoord kunnen worden met de betreffende dataset: 1) wat is de variatie in samenstelling en concentratie van plastic in de breedte van de rivier; 2) hoe verandert de plastic samenstelling en concentratie in stroomafwaartse richting en 3) wat is het effect van variatie in rivierafvoer tussen monitoringsmomenten.

3.5 Diepte gradiënt plastic

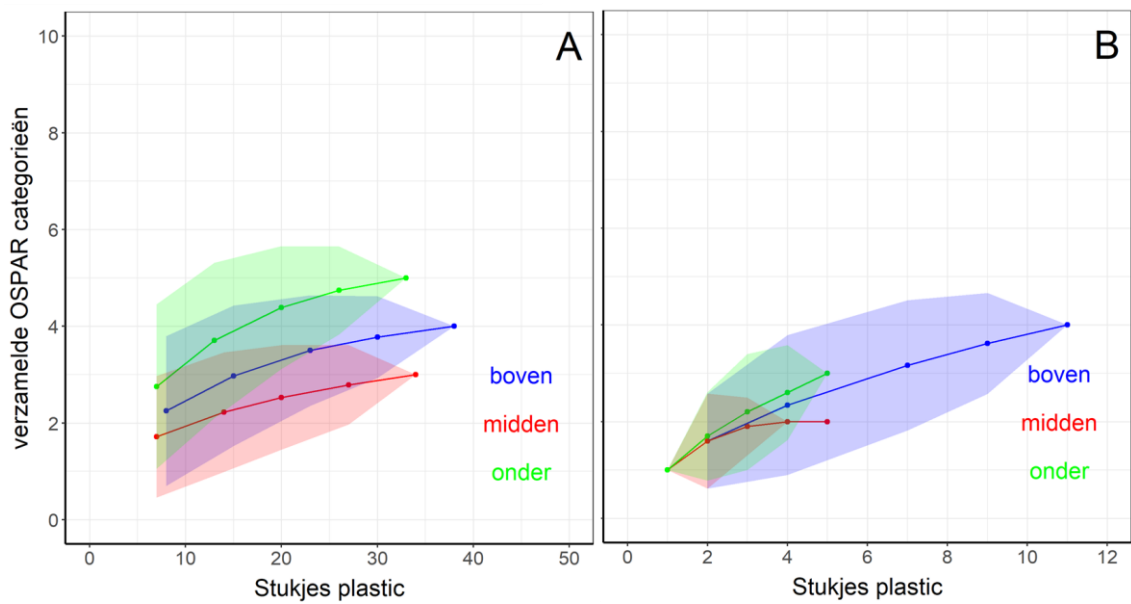
3.5.1 Categorieën

Mesoplastic

Het diepte patroon van mesoplastic categorieën in relatie tot het aantal bemonsterde stukjes plastic in de hoofdgeul van de Waal was hetzelfde tussen de drie dieptes (Figuur 3.21A). Het laagste aantal categorieën is verzameld in het midden van de waterkolom. Langs de kade van de Waal zijn de meeste mesoplastic categorieën verzameld onder in de waterkolom gevolgd door boven in en het midden van de waterkolom (Figuur 3.22A).

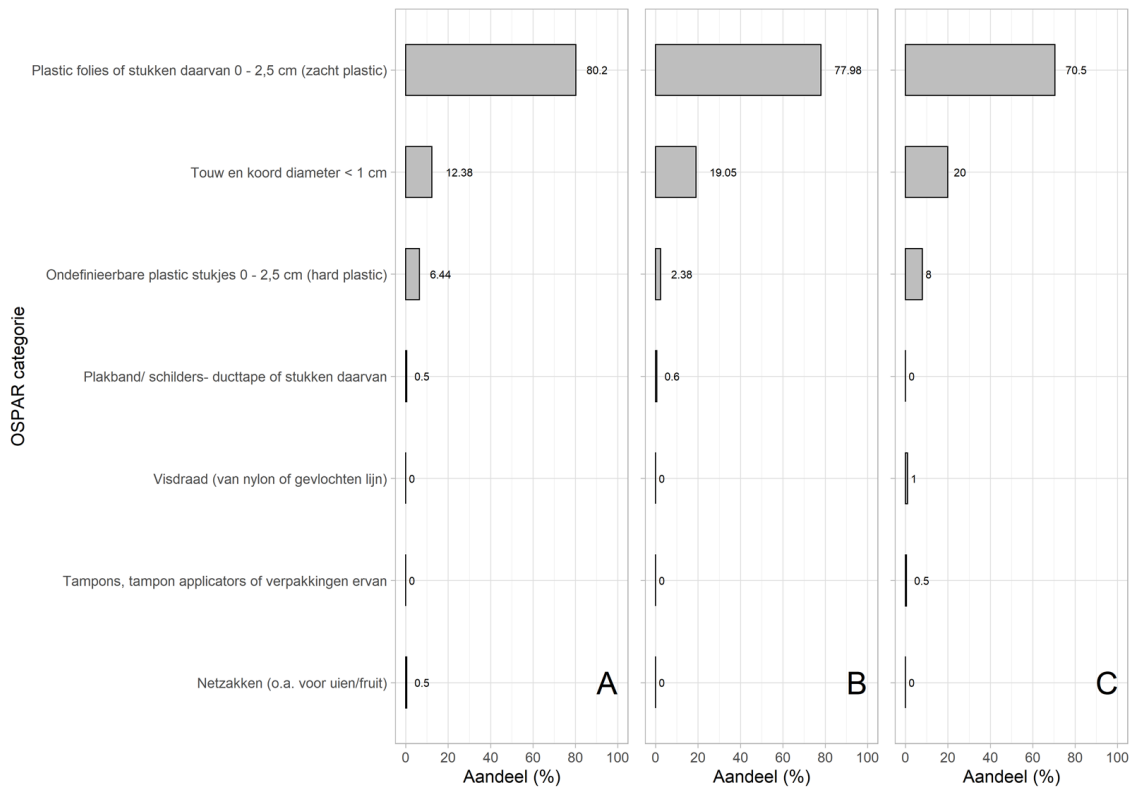


Figuur 3.21: 'Rarefaction curve' van de cumulatief waargenomen meso- (A) en macroplastic (B) OSPAR categorieën in relatie tot het aantal verzamelde stukjes plastic op verschillende dieptes tijdens de larvennet monitoring in oktober 2020 op de Waal bij Tiel.



Figuur 3.22: 'Rarefaction curve' van de cumulatief waargenomen meso- (A) en macroplastic (B) OSPAR categorieën in relatie tot het aantal verzamelde stukjes plastic op verschillende dieptes tijdens de larvennet monitoring in januari 2021 op de Waal bij Nijmegen.

De meest dominante categorie voor alle drie de dieptes was 'Plastic folies of stukken daarvan 0 – 2,5 cm (zacht plastic)' (Figuur 3.23). Daarnaast waren zowel 'Touw en koord diameter < 1 cm' en 'Ondefinieerbare plastic stukjes 0 – 2,5 cm (hard plastic)' relatief even abundant op de verschillende dieptes. De relatieve abundantie van mesoplastic categorieën verschilde niet tussen de verschillende dieptes (Figuur 3.23). De bemonstering langs de kade van de Boven-Rijn, Waal en IJssel worden allemaal gekarakteriseerd door een vergelijkbare relatieve abundantie van mesoplastic categorieën op de verschillende dieptes (Bijlage 5, Figuur B5.1, B5.2, B5.3, B5.4).

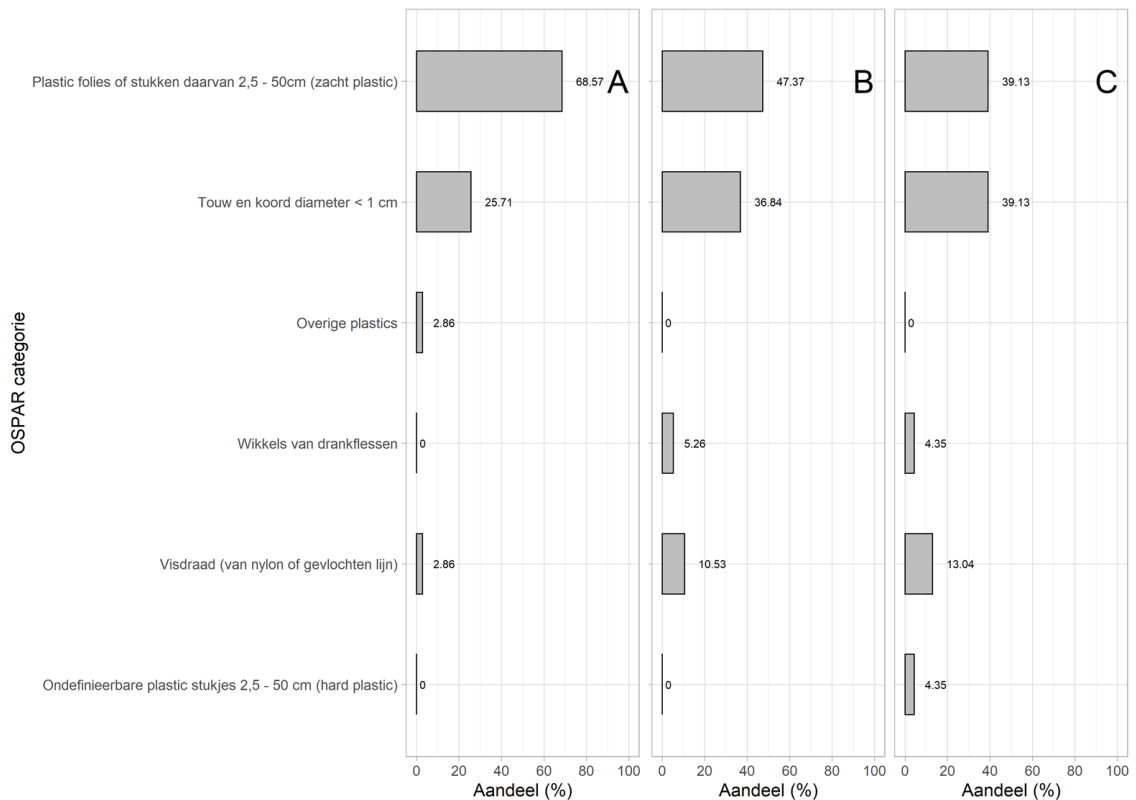


Figuur 3.23: De waargenomen mesoplastic OSPAR categorieën gedurende de larvennet monitoring boven in de waterkolom (A; n = 202), in het midden van de waterkolom (B; n = 168) en onder in de waterkolom (C; n = 200) in oktober 2020 op de Waal.

Macroplastic

Het aantal verzamelde categorieën macroplastic in relatie tot het aantal verzamelde stukjes plastic was het hoogst onder in de waterkolom (Figuur 3.21B). Het laagste aantal categorieën is aangetroffen boven in de waterkolom. Bij de bemonstering aan de kade van Nijmegen in de Waal met het larvennet is er geen verschil in verzamelde categorieën tussen de dieptes (Figuur 3.22B). Dit kan mogelijk komen door een hogere waterdynamiek bij de kade waardoor menging optreedt.

Het aandeel 'Touw en koord diameter < 1 cm' en 'Visdraad' neemt toe naarmate dieper wordt bemonsterd (Figuur 3.24). Tevens neemt het aandeel 'Wikkels van Drankflessen' toe wanneer dieper wordt bemonsterd (Figuur 3.24). De relatieve abundantie van macroplasticcategorieën verschilde tussen boven en midden (Figuur 3.24). Er was geen verschil tussen boven en onder en midden en onder (Bijlage 5, Figuur B5.5). De verschillen in relatieve abundantie waren anders bij de monitoring van de Waal langs de kade in Nijmegen (Bijlage 5, Figuur B5.6), ook dit komt waarschijnlijk door de andere lokale hydrodynamiek dan in de hoofdgeul van de Waal. Ook bij de IJssel en Boven-Rijn bemonstering langs de kade was het effect van diepte anders dan waargenomen in de hoofdgeul van de Waal (Bijlage 5, Figuur B5.7, B5.8).



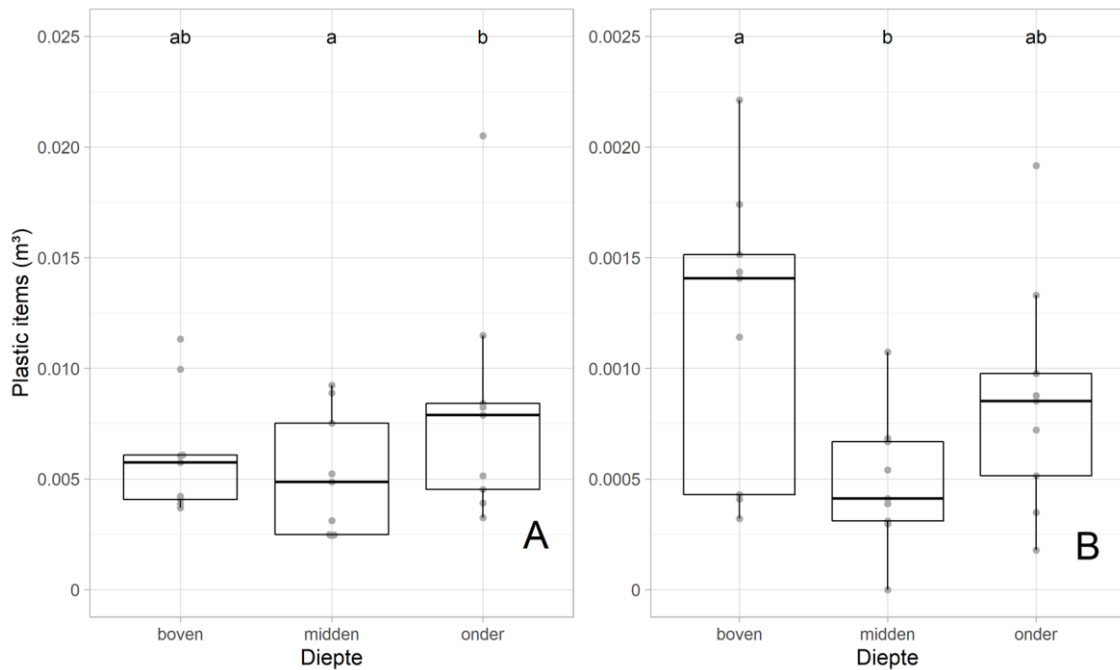
Figuur 3.24: De waargenomen macroplastic OSPAR categorieën gedurende de larvennet monitoring boven in de waterkolom (A; n = 35), in het midden van de waterkolom (B; n = 19) en onder in de waterkolom (C; n = 23) in oktober 2020 op de Waal.

3.5.2 Concentraties

Mesoplastic

De mesoplastic concentratie was significant hoger onder in de waterkolom ten opzichte van het midden van de waterkolom (Figuur 3.25A; Bijlage 5). De concentratie boven in van de waterkolom verschilde niet significant van de concentratie onder in en in het midden van de waterkolom (Figuur 3.25A; Bijlage 5). De gemiddelde concentratie per m³ was 0,006 ± 0,003, 0,005 ± 0,003 en 0,008 ± 0,005 voor boven, midden en onder, respectievelijk.

Zowel de dataset gebaseerd op de verschillende locaties in de IJssel en de dataset betreffende de meetlocaties op de Boven-Rijn, Waal en IJssel laten geen effect van diepte zien op de mesoplastic concentratie. Dit verschil in effect van diepte komt waarschijnlijk tot stand door de lokale hydrodynamiek nabij een kade, waar bemonsterd is met het larvennet. In de hoofdgeul is de hydrodynamiek anders hetgeen resulteert in een diepte verschil van mesoplastic.



Figuur 3.25: De waargenomen meso- (A) en macroplastic (B) concentraties per m³ op de drie bemonsterde dieptes middels het larvennet op de Waal in oktober 2020. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

Macroplastic

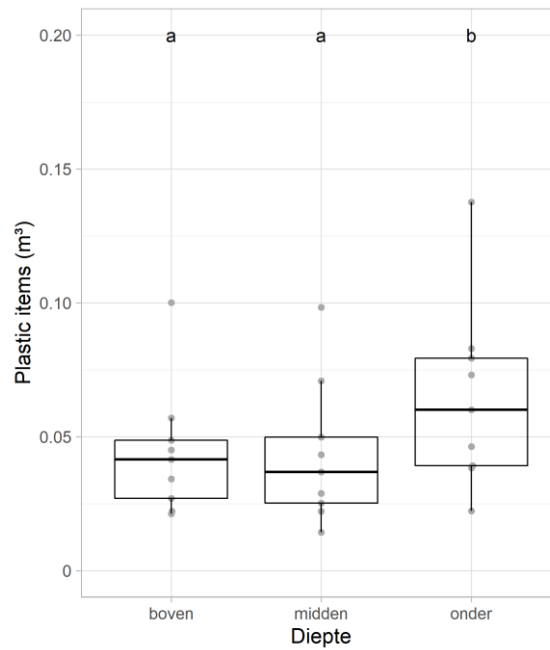
De macroplastic concentratie was boven in de waterkolom significant hoger dan in het midden van de waterkolom (Figuur 3.25B, Bijlage 5). De concentratie onder in de waterkolom verschilde niet significant van de concentratie boven en in het midden van de waterkolom (Figuur 3.25B). De gemiddelde concentratie per m³ was $0,0012 \pm 0,0007$, $0,0005 \pm 0,0003$ en $0,0009 \pm 0,0005$ voor boven, midden en onder, respectievelijk.

Zowel de dataset gebaseerd op de verschillende locaties in de IJssel en de dataset betreffende de meetlocaties op de Boven-Rijn, Waal en IJssel laten geen effect van diepte zien op de macroplastic concentratie. Dit verschil in effect van diepte komt waarschijnlijk tot stand door de lokale hydrodynamiek nabij een kade, waar bemonsterd is met het larvennet. In de hoofdgeul is de hydrodynamiek anders hetgeen resulteert in een diepte verschil van macroplastic.

Microplastic

De concentratie van microplastic was significant hoger onder in de waterkolom dan boven en midden in de waterkolom (Figuur 3.26; Bijlage 5). Er was geen verschil in microplastic tussen boven en midden in de waterkolom. De gemiddelde concentratie per m³ was $0,04 \pm 0,02$, $0,04 \pm 0,03$ en $0,06 \pm 0,03$ voor boven, midden en onder, respectievelijk.

De dataset gebaseerd op de verschillende meetlocaties op de Boven-Rijn, Waal en IJssel laten eenzelfde effect van diepte zien op de microplastic concentratie. In de IJssel dataset was dit effect niet aanwezig, al was er wel een trend zichtbaar.



Figuur 3.26: De waargenomen microplastic concentraties per m³ op de drie bemonsterde dieptes middels het larvennet op de Waal in oktober 2020. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

3.5.1 Conclusie

In de hoofdgeul van de Waal is een duidelijke diepte gradiënt aanwezig in plastic concentratie aanwezig (Tabel 3.1). De macroplastic concentratie is het hoogste aan de oppervlakte, gevolgd door de bodem en het midden van de waterkolom. Bij mesoplastic is het effect omgedraaid, het meeste plastic bevindt zich onder in de waterkolom, vervolgens boven in en in het midden van de waterkolom. Er is echter wordt geen dieptegradiënt gevonden wanneer langs kades werd bemonsterd. De lokale hydrodynamiek zorgt waarschijnlijk voor een toename in menging. In het geval van microplastic wordt wel zowel op de hoofdgeul als langs de kade een duidelijk gradiënt aangetroffen waarbij het meeste microplastic onder in de waterkolom aanwezig is. Microplastic komt vele malen meer voor dan meso- en macroplastic, en het tijdaspect speelt daar geen rol meer.

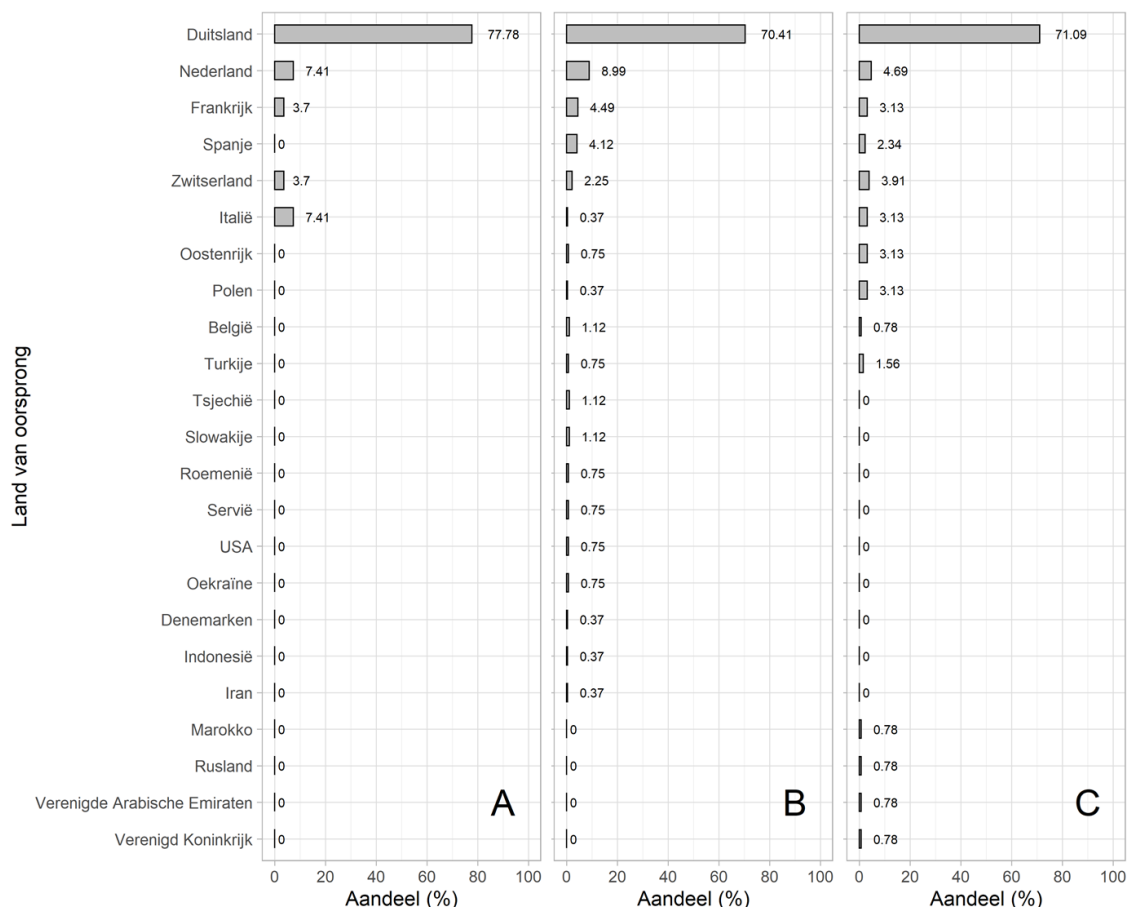
Tabel 3.1: De waargenomen verschillen in plastic concentratie tussen verschillende bemonsteringsdieptes.

Rivier	Dataset	Periode	Plastic grootte	boven vs midden	midden vs onder	boven vs onder
Waal	Hoofdgeul	oktober - 2020	Macro	>	=	=
			Meso	=	<	=
			Micro	=	<	<
IJssel	kade Doesburg; kade Deventer	december - 2020	Macro	=	=	=
			Meso	=	=	=
			Micro	=	=	=
Rijntakken	kade Tolkamer; kade Nijmegen; kade Doesburg	december - 2020; januari - 2021	Macro	=	=	=
			Meso	=	=	=
			Micro	=	<	<

3.6 Land van oorsprong en ouderdom

3.6.1 Land van oorsprong

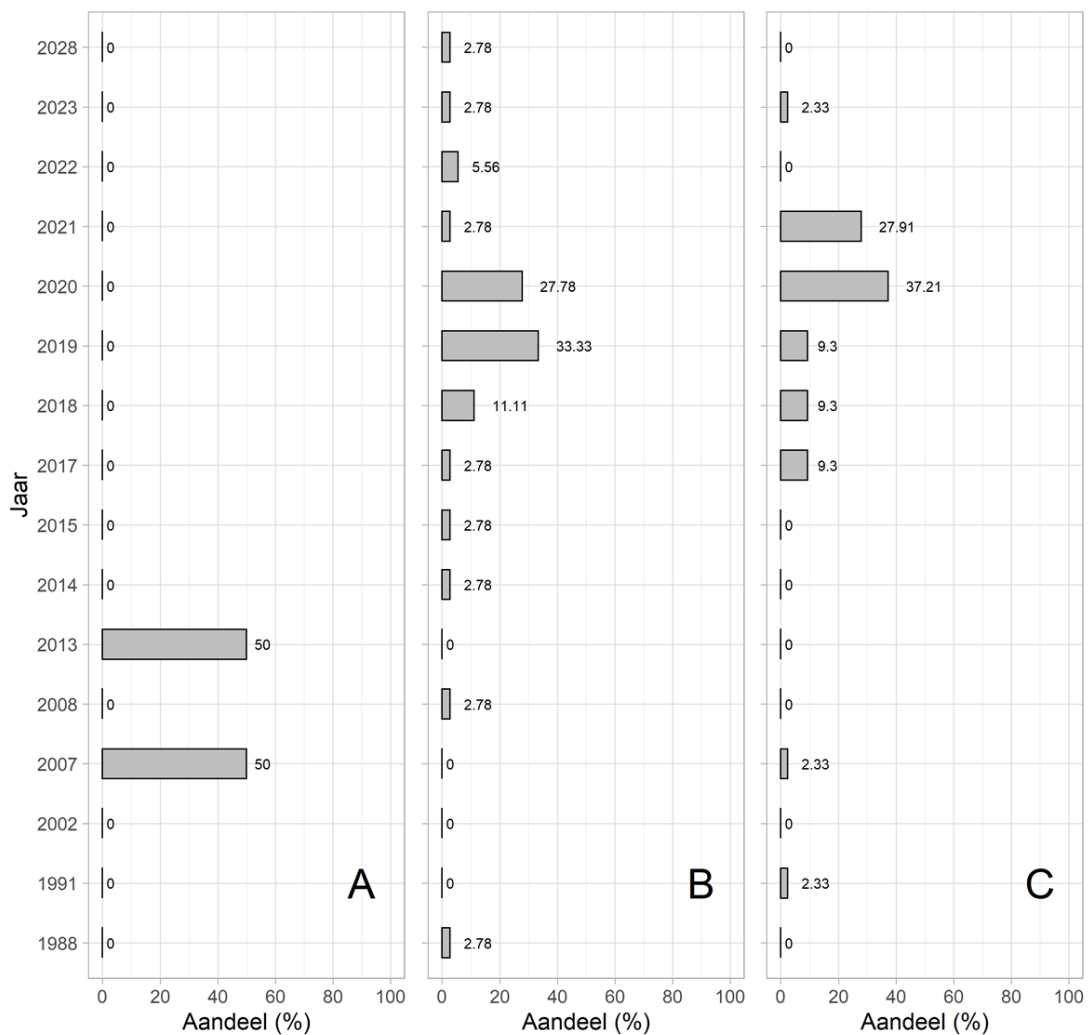
Van alle verzamelde stukken macro- en mesoplastic in de periode november 2018 tot en met januari 2021 kon van 422 stukjes worden vastgesteld wat het land van oorsprong was. Dit betrof 3% van het totaal aantal verzamelde macro- en mesoplastic (13.105 stuks). In totaal is plastic uit 23 landen aangetroffen, van vier continenten zijnde Europa (n = 17), Afrika (n = 1), Azië (n = 4; excl. Rusland) en Noord Amerika (n = 1) (Figuur 3.27A, B en C). Het merendeel van het plastic komt uit landen in het stroomgebied van de Rijn (Duitsland, Nederland, Oostenrijk, Zwitserland, Frankrijk). Daarnaast is er relatief veel plastic uit Oost-Europa aangetroffen. Mogelijk is dit een logisch gevolg van het feit dat een groot aandeel van de binnenvaart vloot Oost-Europese bemanning aan boord heeft. Daarnaast is er ook plastic uit de USA hetgeen mogelijk kan komen door toeristische activiteiten, enerzijds op het water (bijv. riviercruises) anderzijds op het land. De dominante landen in de verschillende jaren zijn vergelijkbaar met het meeste plastic uit Duitsland gevolgd door Nederland, Frankrijk, Spanje en Zwitserland (Figuur 3.27).



Figuur 3.27: Het aandeel verzamelde stukken macro- en mesoplastic onafhankelijk van de gebruikte methode noch de bemonsterde diepte of locatie dat herleidbaar was tot een land van oorsprong voor plastic verzameld in 2018 (A), 2019 (B) en 2020 (C).

3.6.2 Product jaar

De ouderdom kon worden vastgesteld van 88 stukjes van de 13.105 stukjes verzameld plastic, 0,7%. Het meest dominant zijn recente stukken plastic die aansluiten bij de bemonsterde periode van 2018 tot en met 2021 (Figuur 3.28A, B en C). In 2018 kon maar van twee plastic stukken de ouderdom worden bepaald waardoor het betreffende jaar niet representatief is. Gebaseerd op de vervaldatum van 2028 kan worden berekend dat de bandbreedte van 'consumptie' 9 jaar is gebaseerd op het jaar waarin het betreffende stuk plastic is verzameld (2019). Het oudste plastic waargenomen was herleidbaar tot 1988, dit impliceert dat plasticvervuiling van minstens 33 jaar geleden nog steeds aangetroffen kan worden in het water van de rivieren. Tevens laat de leeftijd van het plastic zien dat het merendeel van het plastic recent is en opschuift met het bemonsteringsjaar (Figuur 3.28B en C). In het bemonsteringsjaar 2019 kwam 72,2% van het plastic uit de periode 2018 – 2020. Dit was 74,4% in het bemonsteringsjaar 2020 (periode 2019 – 2021). Dit impliceert dat een afname van de input van plastic snel merkbaar moet zijn in de concentratie plastic die in de waterkolom van de rivier wordt waargenomen. Dit sluit ook aan bij de waargenomen afname in plastic concentratie wanneer de input door de corona pandemie afneemt.



Figuur 3.28: Het aandeel verzamelde stukken macro- en mesoplastiek onafhankelijk van de gebruikte methode noch de bemonsterde diepte of locatie dat herleidbaar was tot een jaar van oorsprong voor plastic verzameld in 2018 (A), 2019 (B) en 2020 (C).

4. Discussie

De gepresenteerde resultaten betreffende de larvennetten zijn gebaseerd op een beperkt aantal monsters. Tevens is de spreiding tussen opeenvolgende monsters groot en is in sommige gevallen sprake van een zeer beperkte verklarende waarde (Bijlage 6, Tabel B6.1). Het is aannemelijk dat met een groter aantal monsters de beschreven effecten versterken of eventueel veranderen. In het geval van macroplastic bemonstering is het wenselijk om de monitoringsduur per monster langer te maken zodat het aantal macroplastic stukken toeneemt. In het geval van hoge algenconcentratie kan dat lastig zijn, dat verstopt het net binnen 30 a 45 minuten (Hop, in voorbereiding). In dat geval wordt aanbevolen vaker te lichten.

Daarnaast zijn er een aantal vragen die niet beantwoord kunnen met voorliggende dataset:

- 1) Wat is de variatie in samenstelling en concentratie van plastic in de breedte van de rivier;
- 2) Hoe verandert de plastic samenstelling en concentratie in de Waal in stroomafwaartse richting;
- 3) Wat is het effect van variatie in rivierafvoer tussen monitoringsmomenten voor zowel de ankerkuil als larvennetten monitoring.

Sinds Januari 2021 zijn een aantal additionele bemonsteringen met de ankerkuil en de larvennetten uitgevoerd die deels gebruikt kunnen worden om onder andere bovenstaande vragen te beantwoorden:

- Nevengeul monsters ADW 2020 (2 x 11 monsters van 11 metingen)
- Week 5, metingen met larvennetten bij hoogwater bij Kampen en Tolkamer
- week 7, metingen met larvennetten bij hoogwater bij Tolkamer
- week 13: drie dagen larvennetmonitoring bij Tolkamer
- Week 15 en 16: 9 dagen ankerkuil monitoring door Sportvisserij Nederland waarbij links en rechts in een bocht werd bemonsterd.
- Week 15 en 16: Tijdens de ankerkuil bemonstering 3 dagen monitoring met larvennetten op 3 hoogten (door ATKB i.o.v. RWS)
- Week 15 en 16: 6 dagen kor-netbemonstering (maaswijdte 7mm) met Schip de Stern, Rijksrederij door RWS CIV op de Boven-Rijn bij Spijk, links midden en rechts in de vaargeul
- Week 15: Tijdens de kornet bemonstering 3 dagen monitoring met larvennetten op 3 hoogten (door ATKB i.o.v. RWS)
- Week 17: 3 dagen larvennetmonitoring IJssel bij Deventer

De monsters zullen door de RU geanalyseerd worden. Naar verwachting geeft dit meer of betrouwbare informatie over:

- 1) de relatie tussen rivierafvoer en plastic concentratie /samenstelling
- 2) de invloed van waterdiepte
- 3) de relatie met rivierbochten
- 4) de relatie tussen metingen aan de kade en metingen vanaf een schip

- 5) de vangstefficiëncy van het nieuwe Kor-net
- 6) de stroomafwaartse relatie tussen Boven-Rijn en Waal bij Tiel, IJssel bij Olst

Tevens kan de informatie gebruikt worden om:

- 1) een permanente monitoring op te zetten;
- 2) de gegevens van deze permanente monitoring om te rekenen naar een totale plastic belasting van de rijn;
- 3) informatie geven over hoe plastic het beste te onderscheppen is vóóordat het de zee bereikt

5. Conclusie

Top-5 plastic categorieën

- Macroplastic (gebaseerd op ankerkuil monitoring)
 1. Plastic folies of stukken daarvan 2,5 – 50cm (zacht plastic)
 2. Ondefinieerbare plastic stukjes 2,5 – 50 cm (hard plastic)
 3. Tampons, tampon applicators of verpakkingen ervan
 4. Touw en koord diameter < 1 cm
 5. Snoep-, snack- en chipsverpakkingen

- Mesoplastic (gebaseerd op larvennetmonitoring)
 1. Plastic folies of stukken daarvan 0 – 2,5 cm (zacht plastic)
 2. Touw en koord diameter < 1 cm
 3. Ondefinieerbare plastic stukjes 0 – 2,5 cm (hard plastic)
 4. Overig plastic
 5. Snoep-, snack- en chipsverpakkingen

Temporele variatie in plastic concentratie gedurende de periode 2018 – 2020:

In 2020 was de concentratie macro- en mesoplastic in het water lager dan in 2019. Dat was met name in oktober het geval. Het is aannemelijk dat er een relatie is met de coronamaatregelen waarbij er na half maart 2020 geen riviercruises hebben gevaren hebben. In oktober was er bovendien sprake van verdergaande 'lockdown' waardoor mensen weer binnen bleven en er daardoor mogelijk minder afval op staat terecht kwam.

Op basis van uitgevoerde ankerkuil monitoring t/m oktober 2020 kan geen uitspraak gedaan worden over de invloed van hoge afvoer op de samenstelling en concentratie van plastic in de waterkolom. Door vaker bij verschillende afvoeren te meten op een vast punt (bv Tolkamer) kan dat later wel.

Vergelijking methodes

De larvennetten vangen 100% van al het plastic >0,5 mm, maar de metingen hebben een korte duur. De ankerkuil monitoring vangt door de grootte van het net en de lengte van de vangstperiode veel meer macroplastic dan de larvennetten en geeft daarmee een beter beeld van de macroplastic categorieën. Voor een bepaling van de meso- en microplastic concentratie zijn de larvennetten wel geschikt.

Op basis van vergelijking van de mesoplastic concentratie bij ankerkuil en larvennetten blijkt de in de berekening gebruikte ankerkuil net efficiëntie van 9,38 en 5,63% voor hard en zacht mesoplastic nog tot een onderschatting met een factor 5,6 lijdt. De net efficiëntie van het ankerkuilnet voor mesoplastics, lijkt dus eerder slechts 1,67 en 1% te zijn voor hard en zacht mesoplastic.

Bij ankerkuilmonitoring is het aandeel draad veel lager dan bij de larvennetten monitoring. Draadjes (zowel macro als meso) hebben een grotere kans door de mazen van het ankerkuilnet te glippen. Op basis van de larvennetten metingen blijkt het aandeel draad ca

19-57% te zijn (in plaats van 5% op basis van ankerkuilgegevens). De larvennetmetingen zijn betrouwbaarder.

Variatie in één riviertak (IJssel)

Bij vergelijking van monsters tussen Doesburg en Deventer blijkt dat de concentratie meso- en microplastic stroomafwaarts significant toeneemt. De macroplastic concentratie blijft ongeveer gelijk. Het aantal waargenomen categorieën neemt iets toe stroomafwaarts voor macroplastic maar blijft voor mesoplastic hetzelfde.

Variatie tussen de Rijntakken

Het aantal waargenomen mesoplastic categorieën verschilt niet tussen de Rijntakken, het aantal macroplastic categorieën daarentegen is het hoogste in de Boven-Rijn. Zowel voor macro- en mesoplastic wordt in de Boven-Rijn de hoogste concentratie aangetroffen. Dit is logisch gezien het hoge aandeel van plastic uit Duitsland (orde grootte 70,4 – 77,8%). In de Boven-Rijn worden door de hogere stroomsnelheid per tijdseenheid meer categorieën plastic bemonsterd. Dat maakt de Boven-Rijn het meest geschikt voor efficiënte monitoring. Ook de concentratie macro- en mesoplastic is het grootst in de Boven-Rijn.

Diepte gradiënt plastic

Met larvennetten is het plastic op drie hoogtes in de waterkolom goed te bemonsteren. In de hoofdgeul is de meso- en microplastic concentraties hoger bij de bodem, macroplastic concentratie is hoger aan het oppervlakte. In het midden van de waterkolom is de concentratie meestal het laagst. De diepte gradiënt voor macro- en mesoplastic is echter afwezig wanneer de bemonstering plaats vindt aan de kade, dit hangt mogelijk samen met de andere hydrodynamiek nabij de kade waardoor menging optreedt. Een mogelijke verklaring voor de diepte variatie in plastic concentratie kan zijn dat 1) na verloop van tijd water wordt opgenomen door het plastic waardoor het zwaarder wordt, 2) plastic uiteen valt in steeds kleinere stukjes en 3) plastic zwaarder wordt door de biofilm die ontwikkelt wanneer plastic in het water is. Meso- en microplastics zijn waarschijnlijk langer in het water aanwezig dan macroplastic.

Land van oorsprong

Het merendeel van het plastic heeft een Duitse oorsprong. Het aandeel Duits plastic varieerde tussen de 70,4 en 77,8%. Het merendeel van het plastic waargenomen is afkomstig uit landen uit het stroomgebied van de Rijn.

Leeftijd

Het merendeel van het plastic heeft een leeftijd van ± 1 jaar rondom het monitoringsjaar (respectievelijk 72,2 en 74,4% in 2019 en 2020). Dit impliceert dat een afname van de input van plastic snel merkbaar moet zijn in de concentratie macro en mesoplastic in de waterkolom.

6. Dankwoord

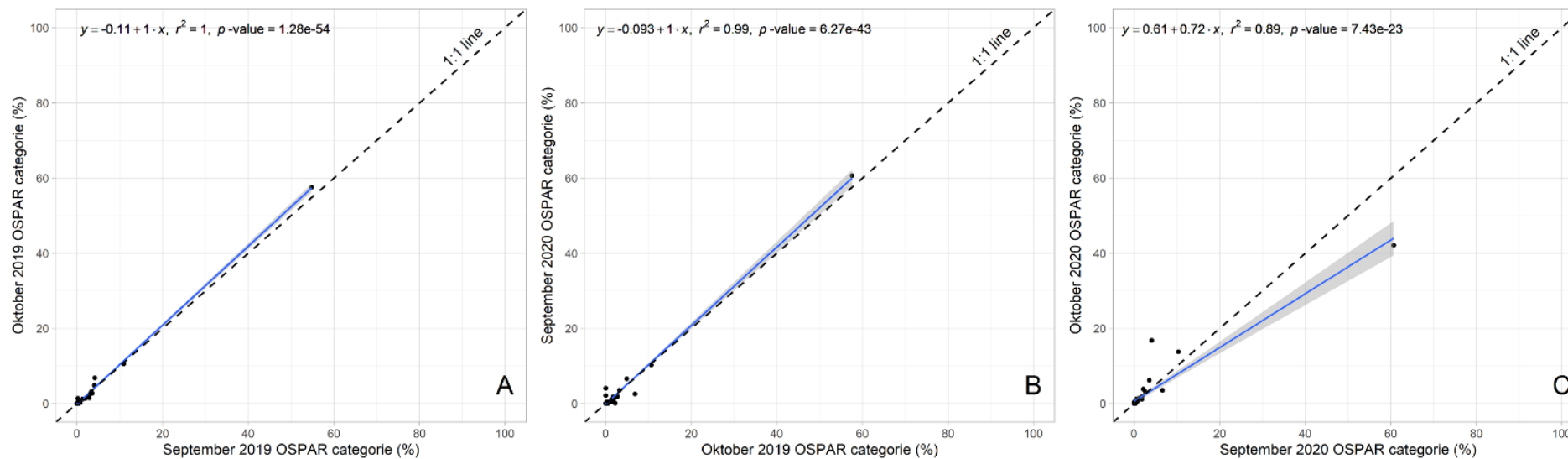
Dank gaat uit naar Roland van Alderen (SNL) voor het organiseren van de ankerkuil visserij. Daarnaast de Familie Bout en bemanning voor het daadwerkelijk uitvoeren van de ankerkuil visserij op de Waal en Jochem Hop (ATKB) voor het uitvoeren van de nieuwe monitoringmethodiek met de drie larvennetten. Ook dank aan Grad van de Marel, Adna Steinmann en Simone Runtulalo voor het assisteren bij het verzamelen van het plastic materiaal. In het bijzonder willen we het Europese Groen Blauwe Rijn Alliantie project bedanken voor het mogelijk maken van de ankerkuil visserij en de larvennet monitoring. Onze dank gaat ook uit naar Nicole Scheifhacken van de Bezirksregierung Düsseldorf, Andreas Scharbert van Rheinischer Fischereiverband von 1880 e.V. en Rudi Hell van de Waalschokker in Grieth voor samenwerking bij de bemonstering van plastic in de Duitse Niederrhein.

7. Literatuur

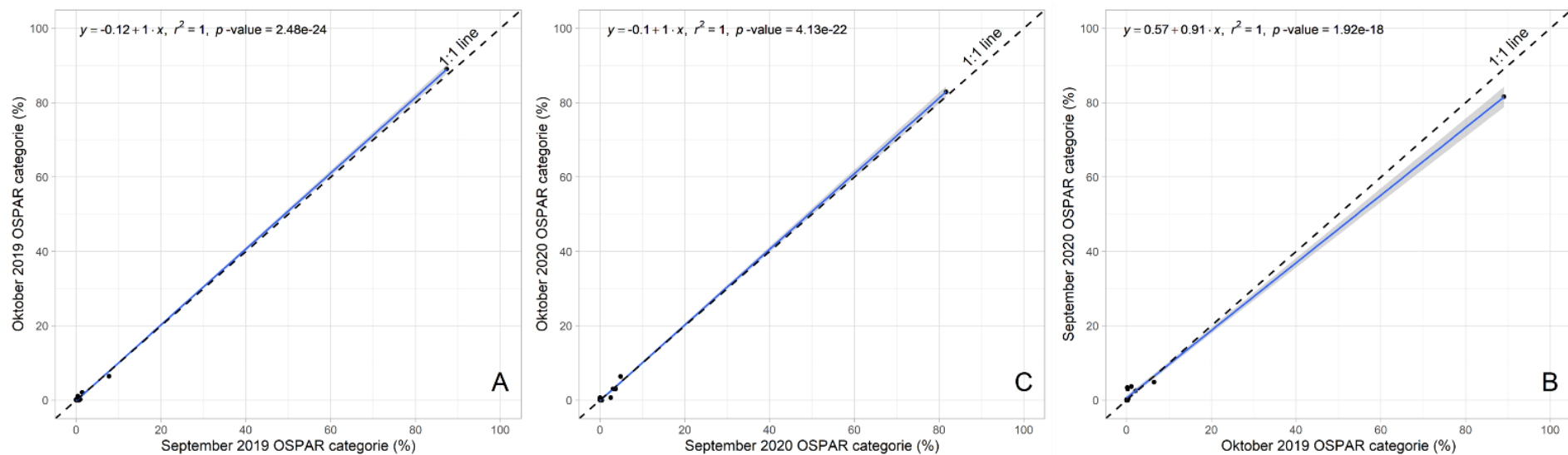
- Ganita Mare. (2017). Beschikbaar op: <https://www.historischekringgente.nl/wp-content/uploads/2018/03/Ganita-mare-2017-1-optimized.pdf>.
- Nienhuis, P. H. (2008) Environmental history of the Rhine-Meuse delta: an ecological story on evolving human-environmental relations coping with climate change and sea-level rise. Springer Netherlands, Dordrecht, The Netherlands, pp. 640.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. (2019) Vegan: community ecology package. R package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- OSPAR Commission. (2010). Guideline for monitoring Marine Litter on the Beachers in the OSPAR Maritime Area.
- Oswald, S.B., Collas, F.P.L., Schoor, M.M., Buschman, F., Leuven, R.S.E.W. (2020) Abundance and composition of macro- and mesoplastic in the Waal river, the Netherlands. Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2020-5, Radboud Universiteit, Nijmegen, Nederland, pp 44.
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Van Emmerik, T., Schwarz, A. (2020) Plastic debris in rivers. WIREs Water, 2020;7:e1398. <https://doi.org/10.1002/wat2.1398>.
- Van Emmerik, T., Roebroek, C., De Winter, Winnie, Vriend, P., Boonstra, M., Hougee, M. (2020) Riverbank macrolitter in the Dutch Rhine-Meuse delta. Environmental Research Letters 15, 104087. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb2c6>.
- Vriend, P., Van Calcar, C., Kooi, M., Landman, H., Pikaar, R., Van Emmerik, T. (2020) Rapid assessment of floating macroplastic transport in the Rhine. Frontiers in Marine Science, 7, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00010>.

8. Bijlages

8.1 Bijlage 1: Temporele verschil in plastic



Figuur B1.1: Lineaire regressie tussen het relatieve aandeel van de waargenomen macroplastic categorieën voor de ankerkuil bemonsteringsperioden op de Waal van september en oktober 2019 (A), oktober 2019 en september 2020 (B) en september en oktober 2020 (C).



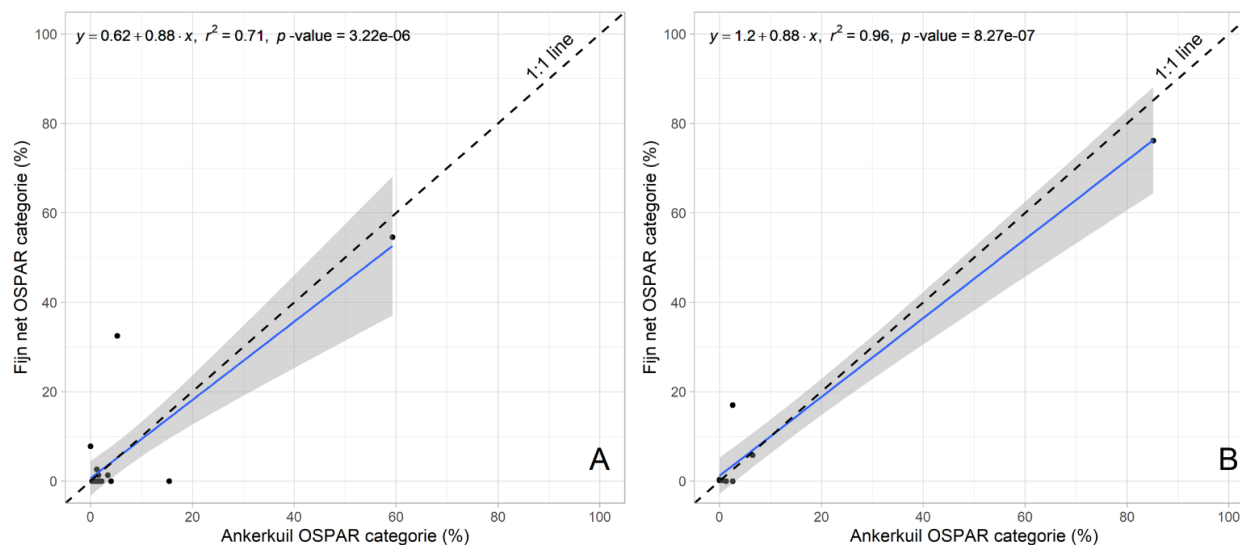
Figuur B1.2: Lineaire regressie tussen het relatieve aandeel van de waargenomen mesoplastic categorieën voor de ankerkuil bemonsteringsperioden op de Waal van september en oktober 2019 (A), oktober 2019 en september 2020 (B) en september en oktober 2020 (C).

Statistiek concentraties

De concentratie van macroplastic werd significant verklaard door een interactie tussen 'monitoring locatie' en 'jaar' ($\chi^2 = 1,1259$; DF = 1; P-waarde < 0,05) en een interactie tussen 'maand' en 'jaar' ($\chi^2 = 3,0527$; DF = 1; P-waarde < 0,001). Alleen in 2020 was er een significant verschil in macroplastic concentraties tussen de oevergeul en hoofdgeul (z.ratio = 3,543; P-waarde < 0,001). Tevens was er alleen in 2020 een significant verschil in macroplastic concentratie tussen de maanden september en oktober (z.ratio = 6,193; P-waarde < 0,001).

De 'bemonstering locatie' had geen verklarende waarde voor de waargenomen mesoplastic concentratie. De concentratie van mesoplastic werd significant verklaard door een interactie tussen 'maand' en 'jaar' ($\chi^2 = 6,1978$; DF = 1; P-waarde < 0,001). Alleen in 2020 was er een significant verschil in mesoplastic concentraties tussen de maanden september en oktober (z.ratio = 7,512; P-waarde < 0,001).

8.2 Bijlage 2: Vergelijk methodes



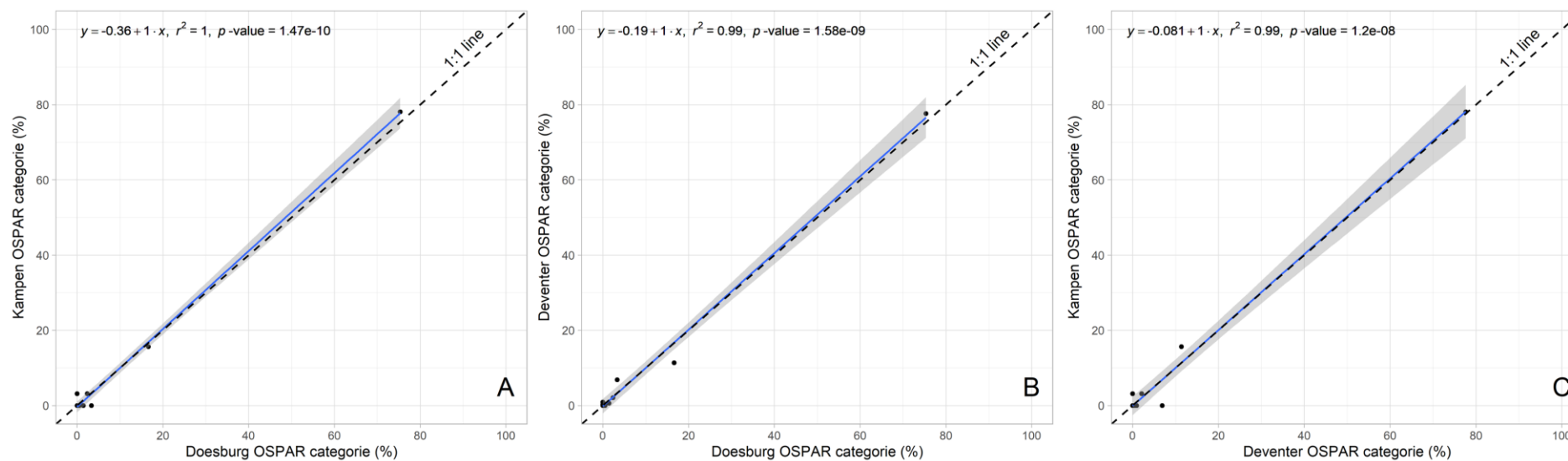
Figuur B2.1: Lineaire regressie tussen het aandeel macro- (A) en mesoplastic (B) per categorie waargenomen tijdens de ankerkuil en larvennet monitoring in oktober 2020 op de Waal.

Statistiek concentraties

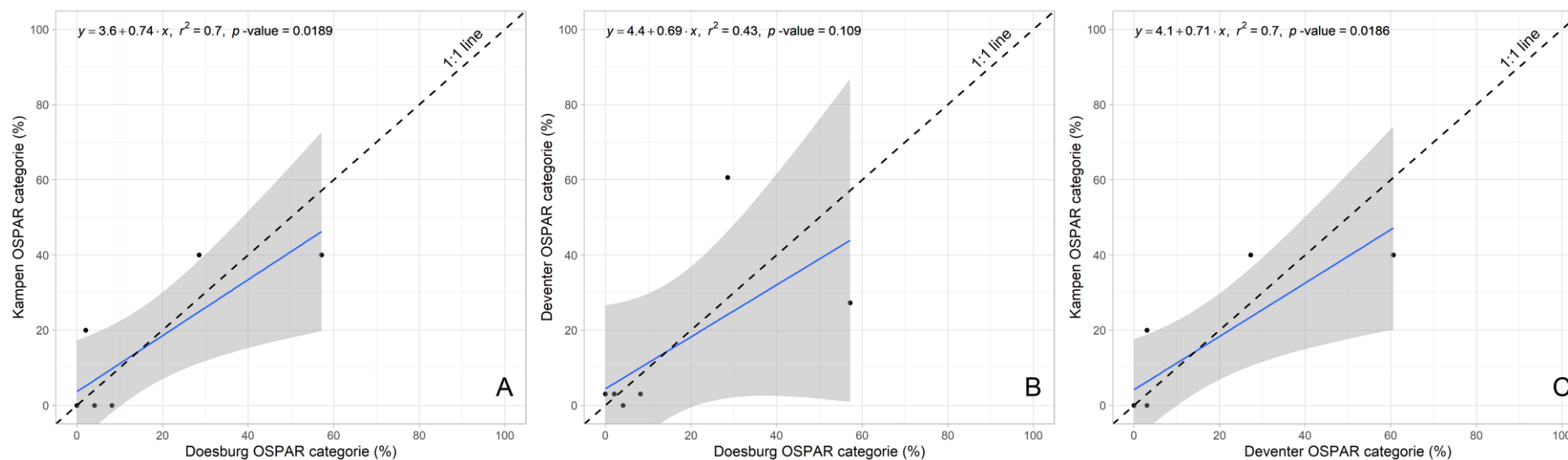
Wanneer de macroplastic concentraties worden vergeleken tussen de ankerkuil en de larvennetten dan is er geen significant verschil tussen de methodes ($\chi^2 = 0,47195$, DF = 1, P-waarde = 0,23).

De concentratie van het mesoplastic verschilde significant tussen beide monitoringsmethodieken ($\chi^2 = 10,002$; DF = 1; P-waarde < 0,001).

8.3 Bijlage 3: Variatie in één rijntak



Figuur B3.1: Lineaire regressie tussen het aandeel mesoplastic bemonsterd middels het larvennet voor Kampen en Doesburg (A), Deventer en Doesburg (B) en Kampen en Deventer (C) tijdens de larvennet monitoring in december 2020 op de IJssel.



Figuur B3.2: Lineaire regressie tussen het aandeel macroplastic bemonsterd middels het larvennet voor Kampen en Doesburg (A), Deventer en Doesburg (B) en Kampen en Deventer (C) tijdens de larvennet monitoring in december 2020 op de IJssel.

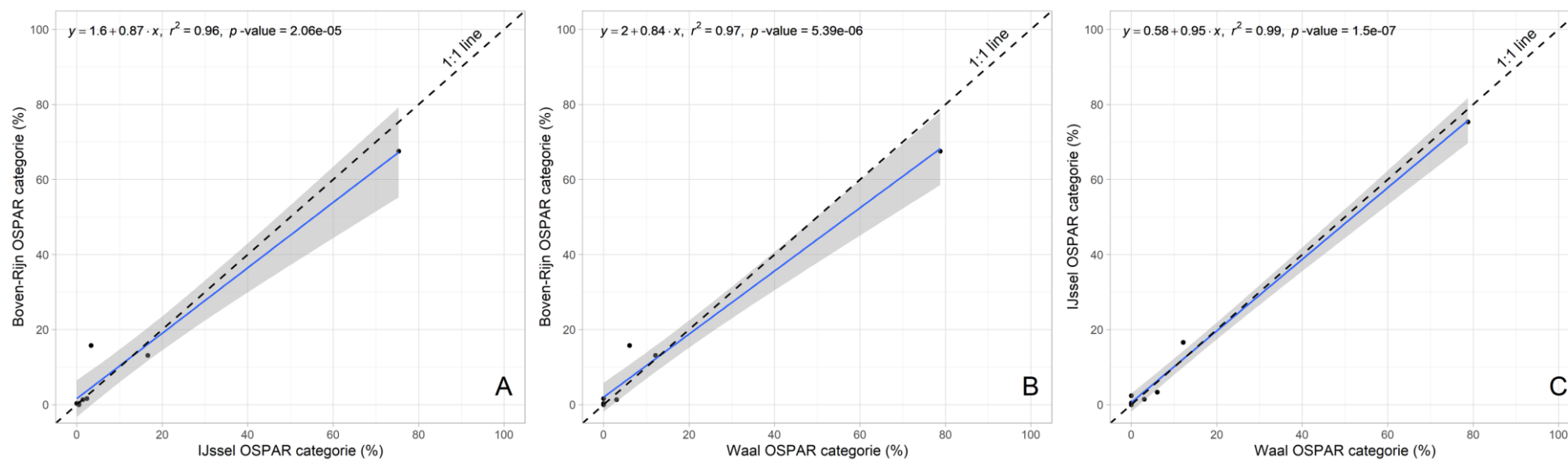
Statistiek concentraties

De concentratie van mesoplastic was significant hoger in Deventer dan in Doesburg (F-waarde = 11,607; DF = 1; P-waarde < 0,01).

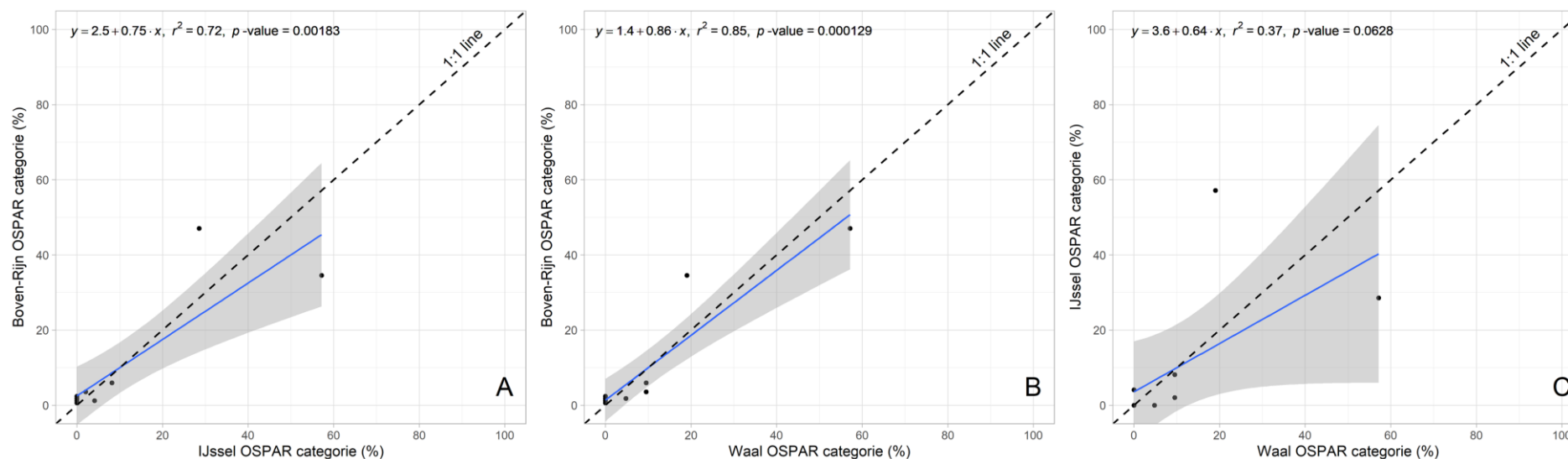
Er was geen significant verschil in waargenomen macroplastic concentratie tussen de verschillende dieptes ($\chi^2 = 0,70436$; DF = 1; P-waarde = 0,24).

De concentratie van microplastic was significant hoger in Deventer dan in Doesburg (F-waarde = 11,2086, DF = 1, P-waarde < 0,01). De 'bemonsteringsdiepte' had geen verklarende waarde (Bijlage 6, Tabel B6.1),

8.4 Bijlage 4: Variatie tussen Rijntakken



Figuur B4.1: Lineaire regressie tussen het aandeel mesoplastic bemonsterd voor de IJssel en Boven-Rijn (A), Waal en Boven-Rijn (B) en Waal en IJssel (C) tijdens de larvennet monitoring in de periode december 2020 – januari 2021.



Figuur B4.2: Lineaire regressie tussen het aandeel macroplastic bemonsterd voor de IJssel en Boven-Rijn (A), Waal en Boven-Rijn (B) en Waal en IJssel (C) tijdens de larvennet monitoring in de periode december 2020 – januari 2021.

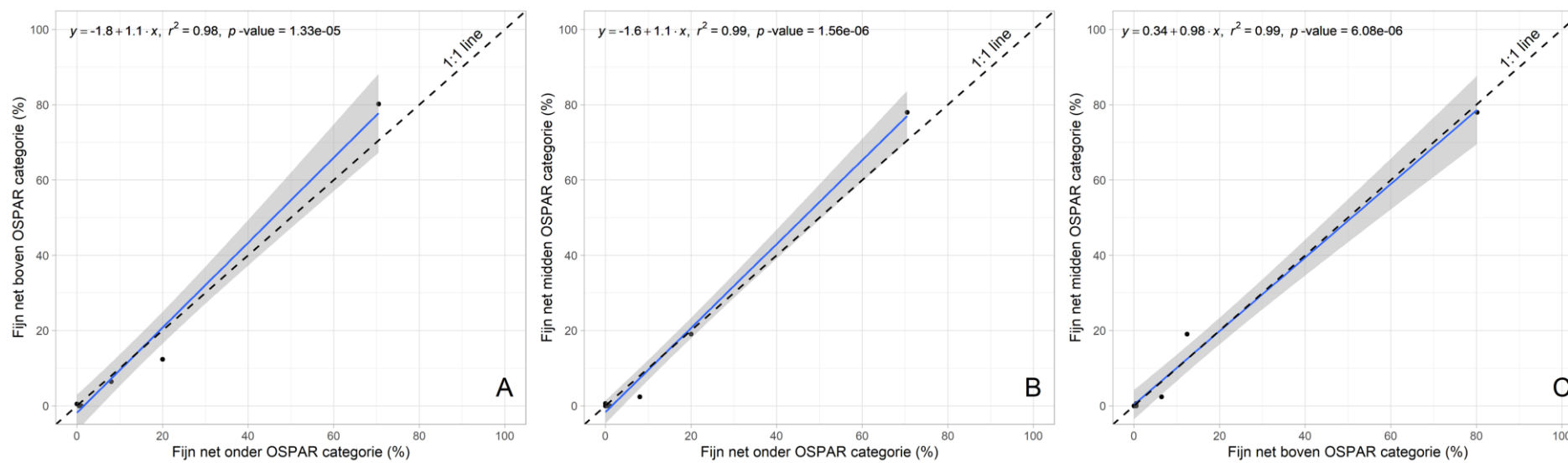
Statistiek concentraties

De concentratie van macroplastic verschilt significant tussen de Rijntakken ($\chi_2 = 0,10699$; DF = 2; P-waarde < 0,05). Gebaseerd op de post-hoc analyse was de macroplastic concentratie in de Boven-Rijn significant hoger dan in de Waal (z-waarde = 2,722; P-waarde < 0,05). De concentratie van macroplastic in de IJssel verschilde niet significant van de Boven-Rijn noch van de Waal.

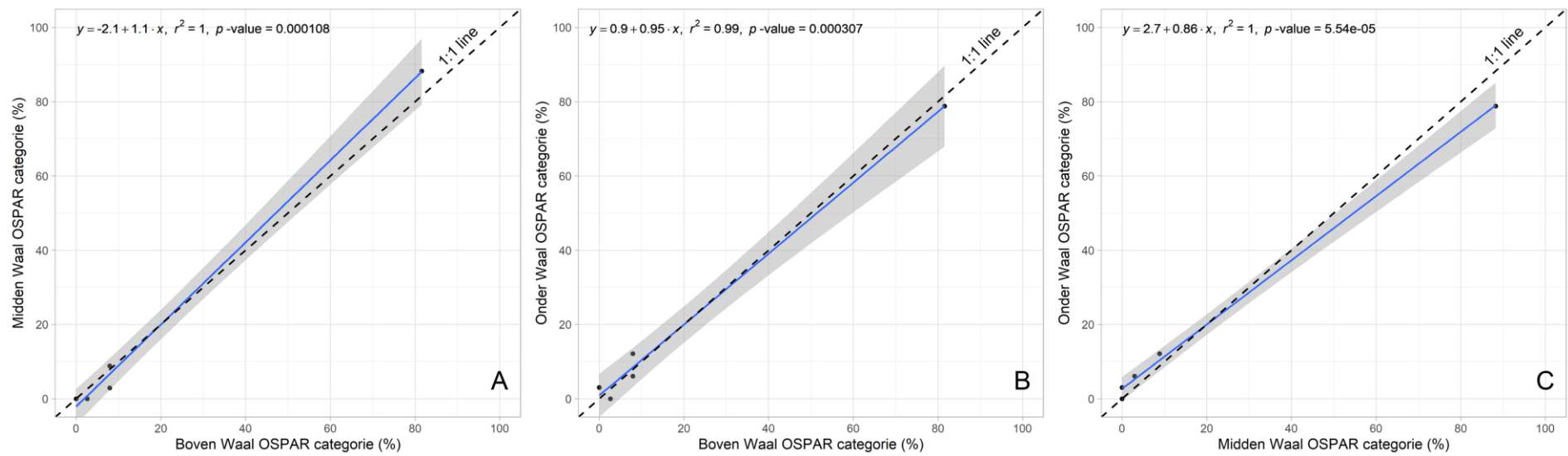
Net als bij de macroplastic verschilde de concentratie van mesoplastic significant tussen de Rijntakken ($\chi_2 = 2,1789$; DF = 2; P-waarde < 0,05). De mesoplastic concentratie in de Boven-Rijn was significant hoger dan in de Waal (z-waarde = 2,511; P-waarde < 0,05). De concentratie van mesoplastic in de IJssel verschilde niet significant van de Boven-Rijn noch van de Waal.

De microplastic concentratie verschilde significant tussen de bemonsterde dieptes (F-waarde = 9,4773; DF = 2; P-waarde < 0,001). De concentratie was significant hoger onder in de waterkolom dan boven en midden (z-waarde = 3,494; P-waarde < 0,01; z-waarde = 4,248; P-waarde < 0,001, respectievelijk). Er was geen verschil in microplastic concentratie tussen boven en het midden van de waterkolom (z-waarde = -0,904; P-waarde = 0,64).

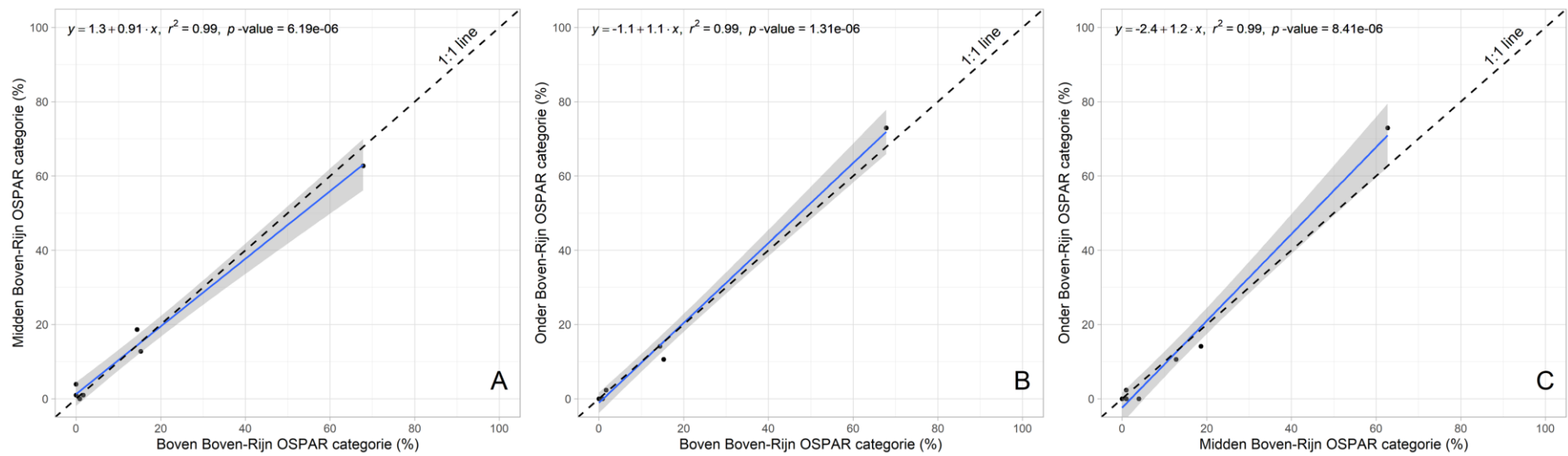
8.5 Bijlage 5: Diepte gradiënt



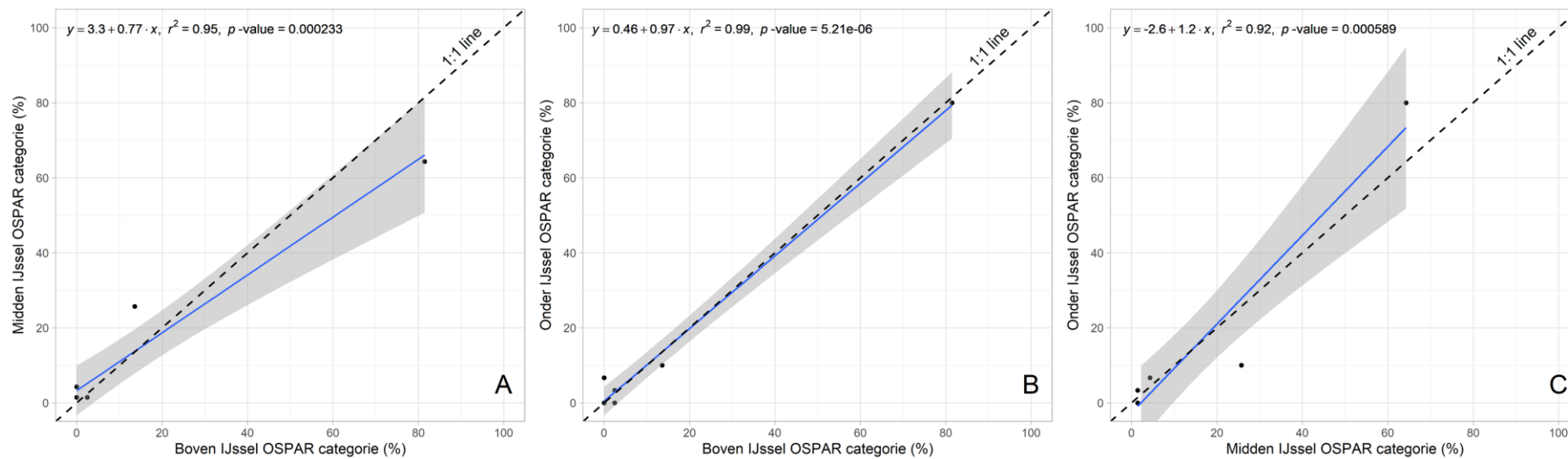
Figuur B5.1: Lineaire regressie tussen het aandeel mesoplastic bemonsterd middels het larvennet voor het bovenste en onderste net (A), het onderste en middelste net (B) en het bovenste en middelste net (C) tijdens de larvennet monitoring in oktober 2020 op de Waal.



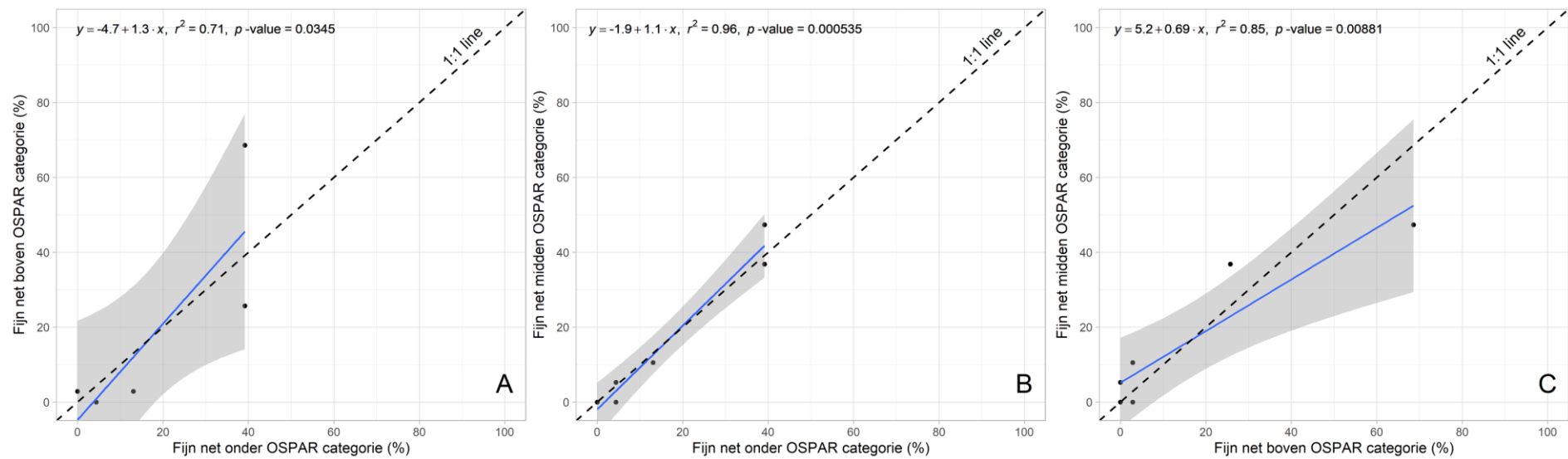
Figuur B5.2: Lineaire regressie tussen het aandeel mesoplastic bemonsterd middels het larvennet voor het middelste en bovenste net- (A), het onderste en bovenste net (B) en het middelste en onderste net (C) tijdens de larvennet monitoring in januari 2021 op de Waal.



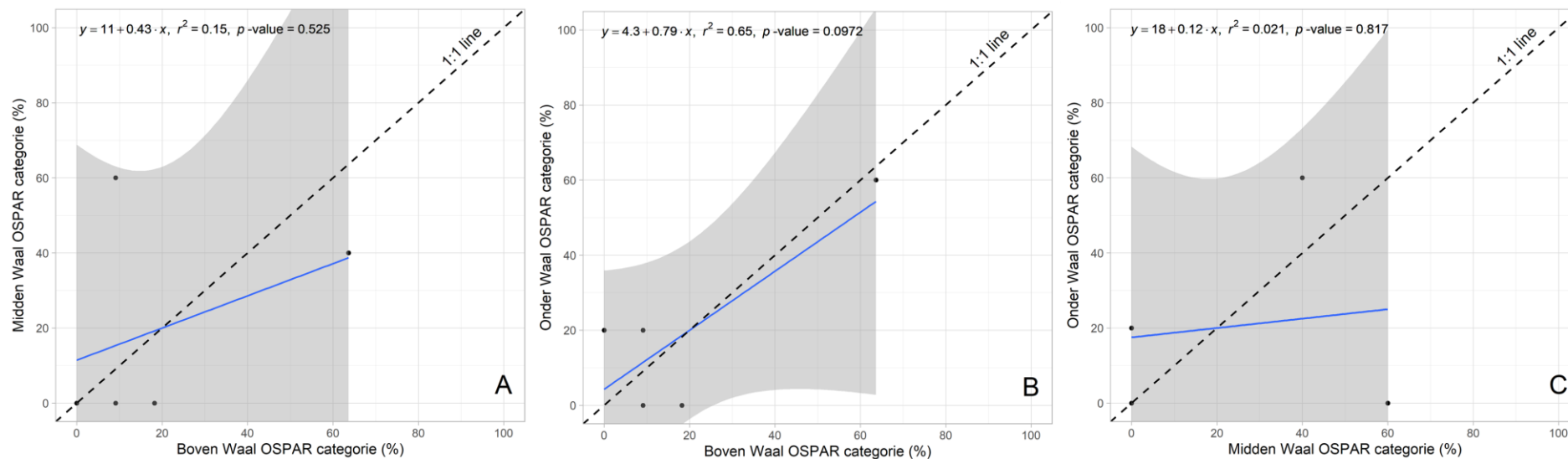
Figuur B5.3: Lineaire regressie tussen het aandeel mesoplastic bemonsterd middels het larvennet voor het middelste en bovenste net- (A), het onderste en bovenste net (B) en het middelste en onderste net (C) tijdens de larvennet monitoring in januari 2021 op de Boven-Rijn.



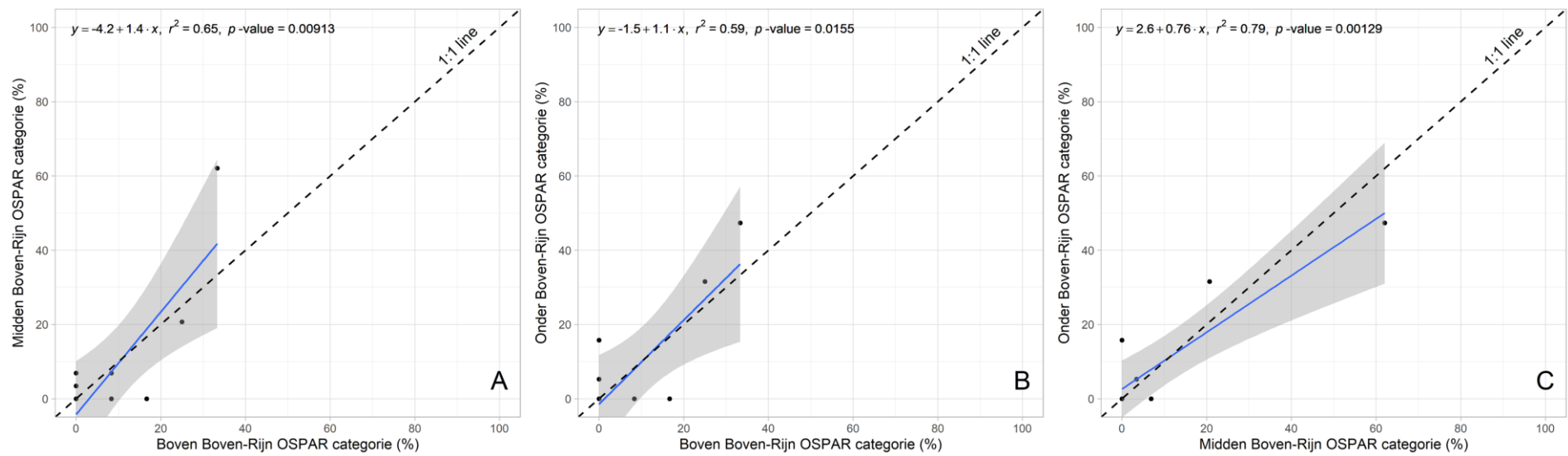
Figuur B5.4: Lineaire regressie tussen het aandeel mesoplastic bemonsterd middels het larvennet voor het middelste en bovenste net- (A), het onderste en bovenste net (B) en het middelste en onderste net (C) tijdens de larvennet monitoring in december 2020 op de IJssel.



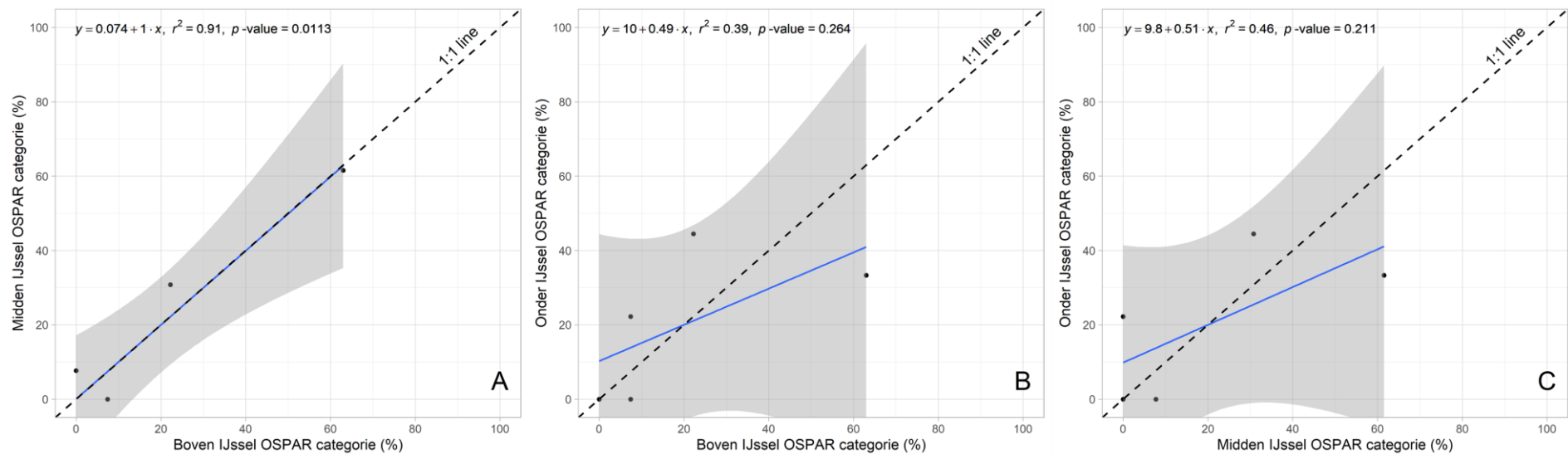
Figuur B5.5: Lineaire regressie tussen het aandeel macroplastic bemonsterd middels het larvennet voor het bovenste en onderste net (A), het onderste en middelste net (B) en het bovenste en middelste net (C) tijdens de monitoring in oktober 2020 op de Waal.



Figuur B5.6: Lineaire regressie tussen het aandeel macroplastic bemonsterd middels het larvennet voor het middelste en bovenste net- (A), het onderste en bovenste net (B) en het middelste en onderste net (C) tijdens de larvennet monitoring in januari 2021 op de Waal.



Figuur B5.7: Lineaire regressie tussen het aandeel macroplastic bemonsterd middels het larvennet voor het middelste en bovenste net- (A), het onderste en bovenste net (B) en het middelste en onderste net (C) tijdens de larvennet monitoring in januari 2021 op de Boven-Rijn.



Figuur B5.8: Lineaire regressie tussen het aandeel macroplastic bemonsterd middels het larvennet voor het middelste en bovenste net- (A), het onderste en bovenste net (B) en het middelste en onderste net (C) tijdens de larvennet monitoring in december 2020 op de IJssel.

Statistiek concentraties

De waargenomen macroplastic concentratie op de hoofdgeul van de Waal verschilde significant tussen bemonsterde dieptes ($\chi^2 = 0,65599$; DF = 2; P-waarde < 0,05). De macroplastic concentratie bovenin was significant hoger dan in het midden (z-waarde = -3,037; P-waarde < 0,01). De concentratie onderin verschilde niet significant van boven nog van het midden.

De mesoplastic concentratie verschilde significant tussen bemonsterde dieptes (F-waarde = 4,5858; DF = 2; P-waarde < 0,05). De mesoplastic concentratie onderin was significant hoger dan in het midden (z-waarde = 3,211; P-waarde < 0,01). De concentratie bovenin verschilde niet significant van onderin nog van het midden.

De concentraties van microplastic verschilde significant tussen bemonsterde dieptes (F-waarde = 16,7659; DF = 2; P-waarde < 0,001). De microplastic concentratie onderin was significant hoger dan in het midden en bovenin (z-waarde = 5,685; P-waarde < 0,001; z-waarde = 4,855; P-waarde < 0,001, respectievelijk). De concentratie bovenin verschilde niet significant van het midden (z-waarde = -0,830; P-waarde = 0,68).

8.6 Bijlage 6: Overzicht gebruikte statistische modellen

Tabel B6.1: Overzicht van het definitieve model gebruikt per vraag plastictype combinatie en de eigenschappen van het betreffende model.

Vraag	Methode	Subset	Plastictype	Verklarende factoren									Model eigenschappen		
				locatie	maand	jaar	dag	methode	diepte	maand:jaar	locatie:jaar	Random effecten	Verdeling	AIC	R ²
1. Temporele verschil	Ankerkuil	Waal	Macro	< 0,05	< 0,001	0,97	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	< 0,001	< 0,05	n.v.t.	Gamma (+0,001)	-8,13	0,37**
			Meso	-	< 0,001	< 0,05	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	< 0,001	-	n.v.t.	Gamma (+0,001)	-16,76	0,41**
2. Vergelijk methodes	Ankerkuil vs Fijn net	Waal	Macro	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	0,23	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Gamma (+0,001)	-94,02	0,05**
			Meso	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	< 0,001	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Gamma	-1,05	0,60**
3. Variatie in één rijntak*	Fijn net	kade Doesburg; kade Deventer	Macro	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0,24	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Gamma (+0,001)	-304,00	0,11**
			Meso	< 0,01	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Normaal	-229,56	0,30
			Micro	< 0,01	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Normaal	-31,65	0,32
4. Variatie tussen rijntakken*	Fijn net	kade Nijmegen; kade Doesburg; kade Tolkamer	Macro	< 0,05	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Gamma (+0,001)	-464,78	0,16**
			Meso	< 0,05	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Gamma	-345,01	0,17**
			Micro	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	< 0,001	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Normaal (log10)	-33,93	0,35
5. Diepte gradiënt plastic concentratie	Fijn net	Waal	Macro	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	n.v.t.	< 0,05	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Gamma (+0,001)	-331,37	0,28**
			Meso	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	n.v.t.	< 0,05	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	dag monster	Normaal (log10)	-6,31
			Micro	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	-	n.v.t.	< 0,001	n.v.t.	n.v.t.	dag monster	Normaal (log10)	-24,85	0,59***

*: Analyse geeft ook antwoord op vraag 5: diepte gradiënt plastic

** : Nagelkerke R²

*** : Conditional R²

n.v.t.: niet van toepassing