



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Pilot monitoring drijvend zwerfafval en macroplastics in rivieren

Tim van Emmerik, Sjoukje de Lange

DATUM
29 juni 2021

AUTEUR
Tim van Emmerik en Sjoukje
de Lange

Colofon

Tim van Emmerik, Assistant Professor Hydrologic Sensing, Hydrologie en Kwantitatief Waterbeheer, Wageningen University & Research (tim.vanemmerik@wur.nl)

Sjoukje de Lange, PhD-kandidaat Riviermorfologie, Hydrologie en Kwantitatief Waterbeheer, Wageningen University & Research (sjoukje.delange@wur.nl)

Versie: juni 2021

Dit rapport is geschreven in opdracht van Rijkswaterstaat.

Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding 4.0 Internationaal-licentie \(CC BY 4.0\)](#).

© 2021 T.H.M. van Emmerik en S.I. de Lange

Referentie:

van Emmerik, T. & S. de Lange (2021). *Pilot monitoring drijvend zwerfafval en macroplastics in rivieren*. Wageningen University, Report. 50 pp., <https://doi.org/10.18174/549319>

Keywords: zwerfafval, macroplastics, plasticvervuiling, monitoring, rivieren

Wageningen University report
ISBN: 978-94-6395-870-7
<https://doi.org/10.18174/549319>

Voorwoord

Dit rapport presenteert de resultaten van de pilot monitoring drijvend zwerfafval en macroplastics in rivieren, die tussen januari en juni 2021 is uitgevoerd. Dit project is uitgevoerd door de WUR in opdracht van Rijkswaterstaat (WVL). Zwerfafval en macroplastics is een groeiend probleem, vooral in en rondom riviersystemen. Het blijft onbekend hoeveel zwerfafval door de Nederlandse rivieren stroomt en hoeveel daarvan uiteindelijk in zee terechtkomt. Betrouwbare monitoring van zwerfafval en macroplastics in en rondom rivieren is essentieel om geschikte maatregelen te nemen. Het ontwerpen en implementeren van een langetermijnstrategie voor monitoring is echter niet triviaal, en hangt sterk af van welke vragen (vanuit beleid, beheer, kennis) en doelen de hoogste prioriteit hebben. In dit kader heeft Rijkswaterstaat WVL dit jaar de routekaart monitoring zwerfafval en macroplastics in rivieren opgesteld, die de basis vormt voor de te ontwikkelen monitoringstrategie en die handvatten biedt om concrete projecten te formuleren. Deze pilot is een voorbeeld van een dergelijk project, en heeft als doel om ervaring op te doen met het monitoren van drijvend zwerfafval en macroplastics op nationale schaal. We bedanken Eric Copius Peereboom, Nadieh Kamp en Bert Bellert van Rijkswaterstaat WVL voor de prettige samenwerking en waardevolle input.

Tot slot willen onze grote dank uitspreken naar alle studenten, collega's en vrijwilligers die zich de afgelopen maanden hebben ingezet, in weer en wind, voor de brug- en oevermetingen: Louise Schreyers, Yvette Mellink, Rose Pinto, Tom Barendse, Romi Lotcheris, Niels Janssens, Paolo Tasseron, Nonna Joosse, Vivien Vos, Joel Kampen, Gijs Roosen, Roos Kolkman, Paul Vriend, Eric Hamers, Roy Frings, Ansje Löhr, Finn Begemann, Zhang Jiaheng, Anna Schwarz, Rosalie Mussert, Lisanne Middelbeek, Willem de Rooij en Kryss Waldschläger.

Wageningen, 14 juni 2021

Samenvatting

Zwerfafval en macroplastics in en rondom rivieren is een groeiend probleem vanwege de negatieve impact op ecosystemen, biodiversiteit en de menselijke leefomgeving. Om beter te kunnen kwantificeren waar, hoe en wanneer het zwerfafval en macroplastics wordt getransporteerd in en door rivieren, is het belangrijk om een inschatting te hebben van de ordegrrootte van zwerfafvaltransport.

In dit project zetten we een eerste stap in de richting van een de ontwikkeling van een geschikt protocol voor langetermijnmonitoring van drijvend zwerfafval in Nederlandse rivieren, en maken wij een eerste inschatting van het zwerfafvaltransport. Maandelijks metingen op acht verschillende locaties langs de Rijn, Maas en IJssel zijn gebruikt om de input en output van drijvend zwerfafval te berekenen voor de Nederlandse rivieren. De monitoring vond plaats via telmetingen vanaf bruggen, en leverden een inschatting op van het transport aan het wateroppervlakte. Via de oevermetingen hebben we statistiek opgebouwd op over de samenstelling en verdeling van de massa per deeltje. Dit heeft een uniek dataset opgeleverd van de maandelijks variatie in drijvend zwerfafval en meer dan 10,000 geanalyseerde afvaldeeltjes in de Nederlandse Rijn, Maas en IJssel.

Er is een duidelijke maandelijks variantie, waarbij er een duidelijk verband is met de hoge afvoer. Er is echter geen directe correlatie met waterhoogte te kwantificeren. De benedenstroomse locaties hebben een 2 tot 3 keer groter zwerfafvaltransport, wat duidt op een inbreng van afval vanuit Nederland. Het grootste deel van het drijvende afval is plastic (90%) waarvan zacht plastic domineerde (55%). Zwerfafval op de oevers bestaat voornamelijk uit plastic (70%). De gevonden items zijn relatief gelijk per maand, maar variëren sterk per locatie en type oever.

De resultaten laten zien dat met betrekkelijk eenvoudige meetmethoden een goed gedetailleerd beeld kan worden gekregen van de hoeveelheid zwerfafvaltransport, de variatie over ruimte en tijd, en de samenstelling. Deze informatie is absoluut cruciaal voor het ontwerpen van een langetermijnstrategie voor monitoring, en voor het optimaliseren van zwerfafvalreductie maatregelen.

Summary in English

Floating anthropogenic litter and macroplastics in and around rivers is a growing global challenge due to its negative impact on ecosystems, biodiversity and human livelihood. To better quantify where, how and when macrolitter is transported into and through rivers, it is important to estimate the order of magnitude of litter transport.

In this project we took a first step in the development of a suitable protocol for long-term monitoring of floating litter, and made a first estimate of the total litter transport through Dutch rivers. Monthly measurements at eight locations along the Rhine, Meuse and IJssel rivers have been used to estimate the input and output of floating litter for the Dutch rivers. Monitoring has been done through visual counting observations from bridges, and yielded an estimate of the litter transport at the water surface. Additional riverbank sampling was done to build statistics on composition and the item-mass distribution. This project has resulted in a unique dataset of monthly floating litter and over 10,000 analyzed litter items in the Dutch Rhine, Meuse and IJssel rivers.

We found a clear monthly variation in floating litter transport, which was largely explained by the variation in river discharge. This was especially observed during the peak discharge even in February, 2021. There was however no correlation found between water level and floating litter transport. The downstream locations in each river had 2 to 3 times higher litter transport, which suggests a clear contribution of litter into the rivers from the Netherlands. The majority of floating litter was plastic (90%), of which soft plastics was dominant (55%). Riverbank litter was mainly plastic (70%), but varies considerably per location and riverbank type.

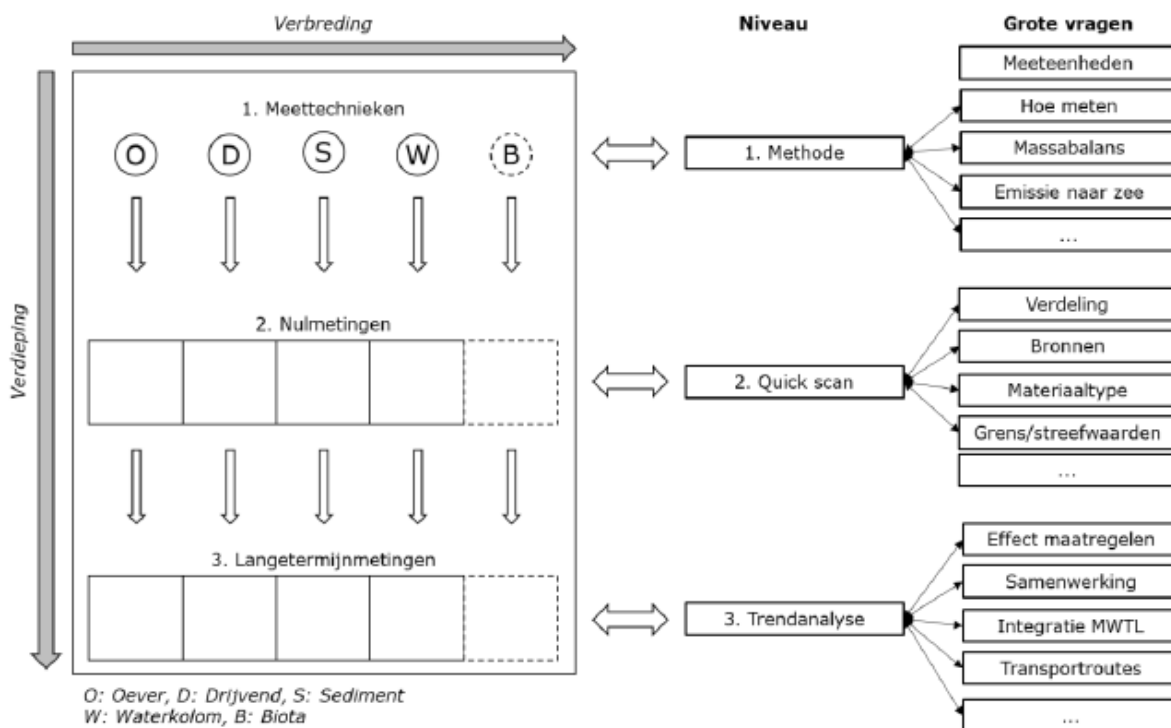
The results of this project demonstrate that with a fairly simple measurement method, a detailed insight in riverine litter transport can be gained. Furthermore, it provided a first quantification in litter transport variation over time and space, and its composition. Such information is crucial for the design of a long-term monitoring strategy, and to optimize litter prevention and reduction measures.

Inhoud

| | |
|---|----|
| Voorwoord | 3 |
| Samenvatting | 5 |
| Summary in English | 7 |
| 1 | 12 |
| 1.1 | 12 |
| 1.2 | 14 |
| 1.3 | 14 |
| 1.4 | 15 |
| 1.5 | 17 |
| 1.6 | 19 |
| 1.7 | 19 |
| 1.8 | 20 |
| 2 | 22 |
| 2.1 | 22 |
| 2.2 | 22 |
| 2.3 | 22 |
| 2.4 | 23 |
| 2.5 | 24 |
| 2.6 | 25 |
| 2.7 | 27 |
| 2.8 | 28 |
| 2.9 | 30 |
| 2.10 | 31 |
| 3 | 35 |
| 3.1 | 35 |
| 3.2 | 36 |
| 4 | 38 |
| 4.1 | 38 |
| 4.2 | 40 |
| 4.3 | 40 |
| 4.4 | 43 |
| 4.5 | 45 |
| Literatuur | 40 |
| Appendices | 40 |
| Appendix A: meetlocaties | 40 |
| Appendix B: statistieken van de oevermetingen | 40 |
| Appendix C: rivieroeveren | 43 |
| Appendix D: turflijst rivieroevermetingen van Schone Rivieren | 45 |

1 Introductie

Zwerfafval en macroplastics in en rondom rivieren is een groeiend probleem vanwege de negatieve impact op ecosystemen, biodiversiteit en de menselijke leefomgeving. Vooral macroafval (>0.5 cm) zorgt voor letsel en sterfte onder dieren en planten, hinder voor scheepvaart en infrastructuur, economische verliezen (toerisme, visserij, landbouw, natuurbeheer, gebieds- en vastgoedwaarde, drinkwaterbedrijven, waterkrachtcentrales en sectoren afhankelijk van schone waterinname) ten gevolge van schade en ergernis en hinder bij mensen. Om beter te kunnen kwantificeren waar, hoe en wanneer het zwerfafval en macroplastics vandaan komt, en hoe het wordt getransporteerd, is het belangrijk om een inschatting te hebben van de ordegrrootte van het zwerfafvalprobleem. Kleinschalige onderzoeken (e.g. Vriend et al., 2020) laten een urgent probleem zien. Het is echter onduidelijk welke rivieren in Nederland voor de grootste zwerfafval/macroplastics input (vanuit het buitenland) en output (naar zee) zorgen, waar het accumuleert en onder welke afvoercondities (hoog/laagwater, seizoen, wind, stroming) deze variabelen het grootst zijn. Het beter begrijpen van bronnen, accumulatiezones, massabalans, effecten en transportpaden van zwerfafval en macroplastics zal uiteindelijk bijdragen aan het sneller en efficiënter oplossen van dit probleem. Deze inzichten zijn nodig om de belangrijkste beleids- en beheersvragen te kunnen beantwoorden. Een essentiële stap hierin is het ontwerpen en implementeren van een langetermijnmonitoringsstrategie.



Figuur 1: De Routekaart voor zwerfafvalmonitoring in en rondom Nederlandse rivieren. De Routekaart kan in twee richtingen (verbreiding en verdieping) gebruikt worden. Ten eerste kan worden afgelopen welke vragen kunnen worden beantwoord op welk niveau van monitoring. Daarnaast kan worden gezien welk monitoringsniveau moet worden bereikt voor een specifieke vraag kan worden beantwoord. Voor een compleet beeld geldt dat dit voor alle compartimenten moet worden doorlopen (van Emmerik & Vriend, 2021).

Begin 2021 is de routekaart monitoring zwerfafval/macroplastics Nederlandse rivieren gepubliceerd (van Emmerik & Vriend, 2021), waarin een raamwerk is gepresenteerd dat aangeeft wat nodig is om tot een geschikte langetermijnmonitoringsstrategie te komen. Uit de routekaart zijn een aantal concrete voorstellen gekomen die bijdragen aan het beantwoorden van een aantal grote vragen (op het gebied van beleid, beheer, kennis). Een vraag met hoge prioriteit gaat over hoe in de Nederlandse rivieren het beste drijvend zwerfafval gemeten kan worden. Het is bekend dat

zwerfafval/macroplastics ook onder het wateroppervlakte wordt getransporteerd, maar het wordt algemeen verondersteld dat drijvend zwerfafval/macroplastics voor een groot, of zelfs het grootste, deel bijdraagt aan het totale zwerfafvaltransport in rivieren. In dit project zetten we een eerste stap in de richting van een de ontwikkeling van een geschikt protocol voor het monitoren van drijvend zwerfafval en macroplastics in Nederlandse rivieren.

De pilot monitoring drijvend zwerfafval en macroplastics in rivieren heeft de voldoende doelen:

- Het ontwikkelen van een geschikte meettechniek en -protocol voor drijvend zwerfafval en macroplastics in Nederlandse rivieren;
- Het uitvoeren van de eerste maandelijkse referentiemetingen op een aantal strategische locaties (bruggen) in de Rijn, Maas en IJssel, om zo de seizoensvariatie tijdens verschillende rivierafvoercondities te kwantificeren;
- Het ontwikkelen van een methode om het massatransport en de massabalans op te stellen van zwerfafval en macroplastics in Nederlandse rivieren;
- Het opstellen van een eerste orde-grootte massabalans van totaal zwerfafvaltransport voor de Nederlandse rivieren;
- Bepalen van de samenstelling van drijvend zwerfafval/...;
- Het verkennen van eventuele relaties tussen zwerfafvaltransport en hydrologie, zoals waterstand en afvoer;
- Het verkennen van de mogelijkheden tot extrapolatie van de meetgegevens tot jaarlijkse inschattingen van de input (hoeveel komt er binnen), output (hoeveel gaat er uit) en throughput (hoe groot is het transport) in de Nederlandse rivieren;

In dit project worden bestaande en geteste meetmethoden voor het eerst gecombineerd voor maandelijkse metingen in Nederland. We combineren (1) telmetingen vanaf bruggen op relevante en representatieve locaties via de *visual counting*-methode (van Emmerik et al., 2018) met (2) oevermetingen naast de bruggen volgens het Rivier-OSPAR-protocol (van Emmerik et al., 2020a). De telmetingen vanaf bruggen leveren een snelle inschatting op van het deeltjestransport op het wateroppervlak. De oevermetingen worden gebruikt om de gemiddelde massa per afvalvoorwerp te bepalen, om de telmetingen om te zetten naar massatransport. De metingen zijn uitgevoerd door medewerkers en studenten van Wageningen University & Research, TU Delft, Open Universiteit en Rijkswaterstaat Zuid-Nederland. Voor het pilotproject zijn zeven strategische locaties (bruggen) geselecteerd, bovenstrooms en benedenstrooms van de Rijn, Maas en IJssel.

In dit rapport presenteren wij eerst de ontwikkelde methoden en protocollen voor telmetingen vanaf bruggen en oevers, gevolgd door een beschrijving van de toepassing op de Rijn, Maas en IJssel (Hoofdstuk 2). Daarna worden de resultaten van de pilot gepresenteerd en geëvalueerd (Hoofdstuk 3). Tot slot presenteren we de belangrijkste conclusies, en aanbevelingen voor vervolgonderzoek en de toekomstige monitoringsstrategie van Rijkswaterstaat (Hoofdstuk 4).

2 Methoden

Voor het project hebben we gebruik gemaakt van een combinatie van bestaande monitoringsmethoden voor (1) drijvend zwerfafval en macroplastic, (2) zwerfafval en macroplastic op oevers, en (3) opstellen van massatransport. Het drijvend zwerfafval is gemeten middels telmetingen vanaf bruggen op elke representatieve locatie. Deze zijn aangevuld met oevermetingen langs de bruggen waarbij afval volgens het Rivier-OSPAR-protocol (van Emmerik et al., 2020a) is verzameld en vervolgens in het laboratorium in detail is gekarakteriseerd. De resultaten van de telmetingen en oevermetingen zijn vervolgens gecombineerd om tot een inschatting van het massatransport te komen. Elke methode is in de onderstaande secties in meer detail uitgewerkt. Alle metingen zijn tussen januari en mei 2021 uitgevoerd met een maandelijkse frequentie. We hebben een extra meetronde gedaan begin februari in verband met de hoogwatergolf, aangezien recentelijk onderzoek laat zien dat hoogwater en overstromingen een belangrijke factor zijn in het mobiliseren van zwerfafval in en door rivieren (Roebroek et al., 2021).

2.1 Meetlocaties

Voor het project zijn zeven representatieve meetlocaties geselecteerd, bovenstrooms en benedenstrooms van de Rijn, Maas en IJssel (zie Figuur 2). De belangrijkste criteria voor het selecteren van de locaties waren (1) de aanwezigheid van een brug waarvan veilig gemeten kan worden, (2) eenvoudige toegang tot een rivieroever dicht bij de brug, en (3) een plek zo dicht mogelijk bij de meest bovenstroomse en benedenstroomse punt van de rivieren. Aanvankelijk was een meetlocatie vlak over de grens in Emmerich am Rhein geselecteerd, omdat hier representatief buitenlandse aanvoer via Rijnstroomgebied gemeten kan worden voor de splitsing in de Waal en het Pannerdensch Kanaal. In verband met de reisbeperkingen is hier uiteindelijk geen meting gedaan.

Voor Rijnstroomgebied zijn twee meetpunten geselecteerd in Nijmegen (bovenstrooms) en Rotterdam (Benedenstrooms). Voor Maasstroomgebied is op drie punten gemeten, in Maastricht (bovenstrooms), Ravenstein (middenstrooms) en Moerdijk (benedenstrooms). Voor de vertakking van Rijnstroomgebied via IJssel is gemeten in Arnhem (bovenstrooms) en Kampen (benedenstrooms).

Tijdens elke maandelijkse meetronde zijn alle locaties binnen een periode van drie dagen gemeten, met uitzondering van Maastricht (gemeten vanaf maart). Tot slot is er in januari een extra meting gedaan in de Nederrijn (Rijnstroomgebied) bij Arnhem. Vanwege de lage afvoer (12%) en beperkte middelen is deze locatie verder niet gemeten.



| Meet-locatie | Plaats | Rivier | Naam brug | Coördinaten | Commentaar |
|--------------|---------------------|-------------|-------------------------|---------------------|--|
| 1 | Lobith/ Emmerich | Rijn | Rheinbrücke Emmerich | 51.828926, 6.226301 | In Duitsland, niet bereikbaar ivm Covid. |
| 1a | Arnhem | IJssel | Brugweg | 51.969409, 5.959129 | Alternatief voor locatie 1 |
| 2 | Maastricht | Maas | St. Servaasbrug | 50.846234, 5.697250 | |
| 2a | Ravenstein | Maas | A50 | 51.794507, 5.663464 | |
| 3 | Nijmegen | Rijn (Waal) | De Oversteek | 51.858235, 5.841230 | |
| 4 | Kampen | IJssel | Stadsbrug | 52.559602, 5.918914 | |
| 5 | Rotterdam | Rijn | Erasmusbrug | 51.909284, 4.486466 | |
| 6 | Moerdijk | Maas | Moerdijkbrug | 51.718369, 4.636068 | |

Figuur 2: Overzicht van de meetlocaties verspreid over de Nederlandse takken van de Rijn, Maas en IJssel (links), en de details van de meetlocaties (rechts).

2.2 Drijvend zwerfafval en macropalstics

Drijvend zwerfafval is op elke locatie gemeten middels de *visual counting*-methode vanaf bruggen. Deze methode is ontwikkeld door González-Fernández & Hanke (2017) en Van Emmerik et al. (2018), en wordt sindsdien toegepast voor monitoringstudies in vele rivieren in binnen- en buitenland (zie bijvoorbeeld Van Calcar & Van Emmerik (2019) en het RIMMEL-project (González-Fernández et al., 2021)).

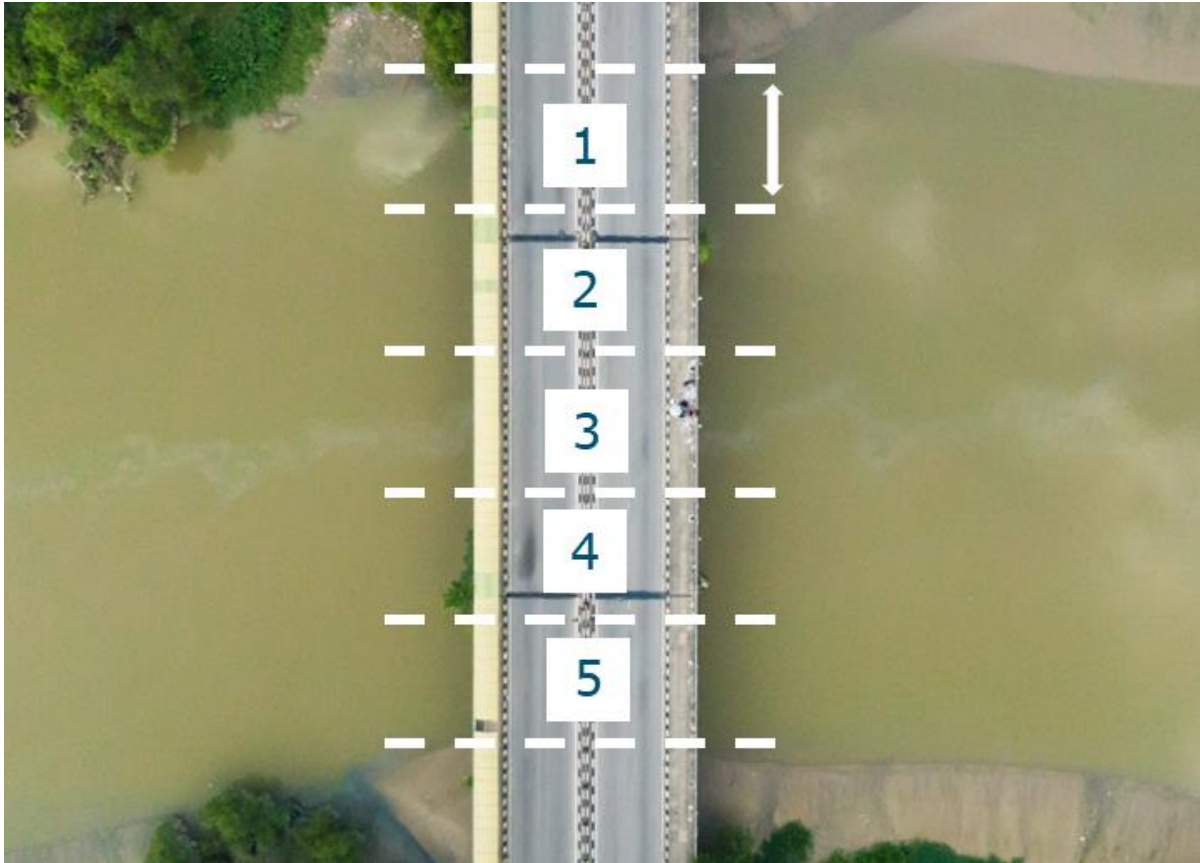
Elke meting bestaat uit het tellen van voorbijdrijvend zwerfafval voor een bepaalde duur vanaf een brug, voor een gedeelte van de doorsnede van de rivier (segment). Deze segmenten zijn doorgaans 15 meter breed. In Figuur 3 is een voorbeeld te zien van het opdelen van de rivierbreedte in vijf segmenten. De hoeveelheid segmenten hangt af van de breedte van de rivier, en varieerde in dit project tussen 3 (IJssel, Arnhem) en 12 (Maas, Moerdijk). Elk segment voor één voor één gemeten, totdat ieder segment gemeten is. In dit project duurde elke meting vijf minuten, en is tijdens elke maandelijkse meetronde ieder segment vier keer gemeten.

Het gemiddelde dagelijkse transport kan met de onderstaande formule berekend worden:

$$t_p = \frac{\sum c}{N} \cdot \frac{60}{d} \cdot \frac{B}{15}$$

Met het drijvend zwerfafvaltransport $t_{p,i}$ [# / uur], de som van getelde aantal voorwerpen c , het aantal observaties N , lengte van de meting d (vijf minuten) [min] en rivierbreedte B [m]. Het getal 60 is om van transport per minuut naar transport per uur te komen. Het getal 15 is de breedte van het gemeten segment, wat wordt vermenigvuldigd met de rivierbreedte om het totale transport te berekenen.

De afstand van de brug tot het wateroppervlak was tussen de 6 en 15 meter. Over het algemeen konden voorwerpen vanaf 1 cm goed gezien worden op elke locatie, maar dit is deels afhankelijk van de hoeveelheid golven, wind en lichtreflecties op het water. Sommige metingen zijn gedaan met behulp van verrekijkers voor extra observatiecapaciteit.



Figuur 3: Voorbeeld van een rivierdoorsnede waarbij vijf segmenten zijn aangewezen als meetlocaties voor de telmetingen. Dit voorbeeld is voor de Klangrivier in Maleisië, met een totale rivierbreedte van ca. 100 m. Voor bredere rivieren zijn meer segmenten nodig, die uiteindelijk niet de gehele doorsnede bedekken.

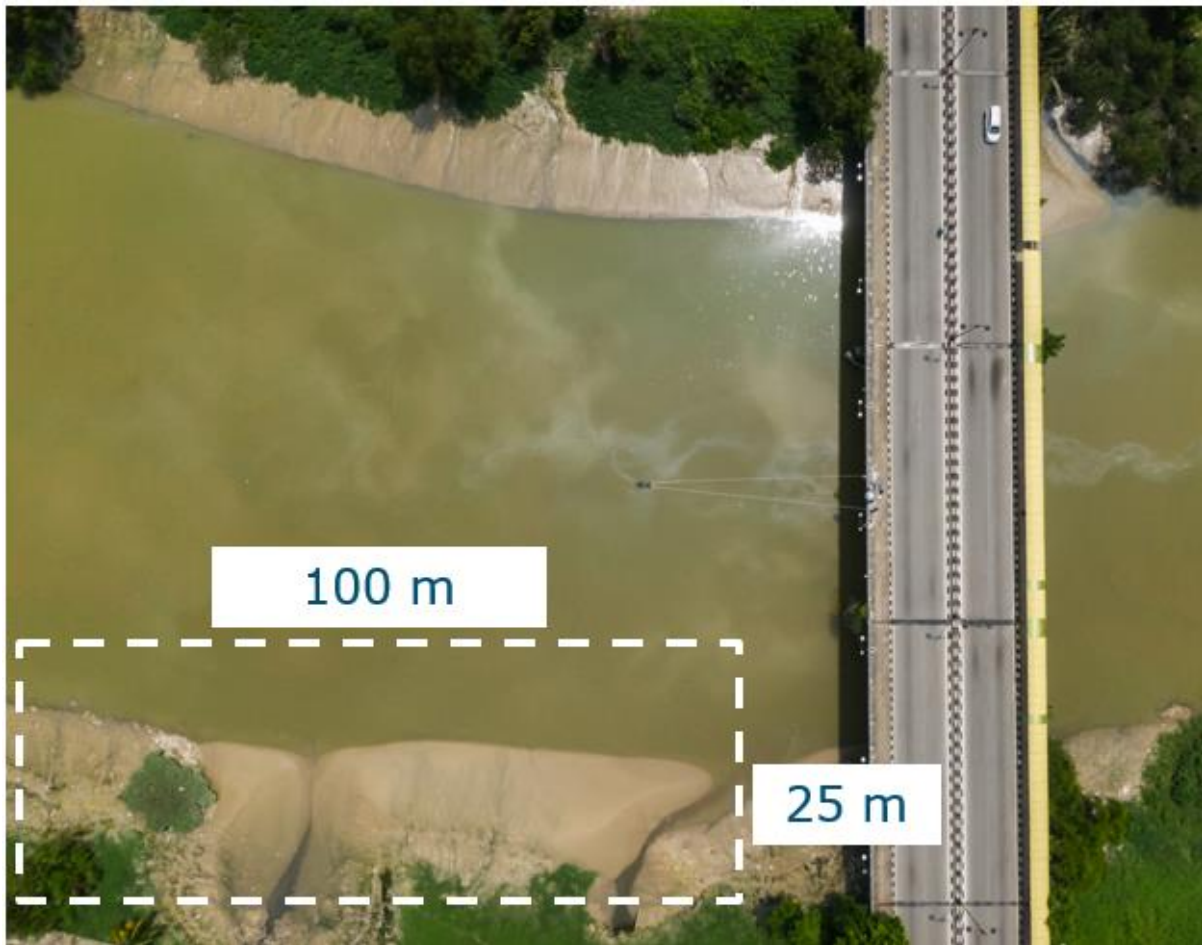
Naast het tellen van de totale hoeveelheid objecten, kan elk object worden gecategoriseerd in een van de zeven plasticcategorieën of acht materiaalcategorieën (Vriend et al., 2020). De plasticcategorieën zijn gebaseerd op productgroepen die over het algemeen dezelfde tot dezelfde polymeergroep behoren. De categorieën PO soft en PO hard omvatten zowel voorwerpen van PP en PE, en worden geïnclassificeerd op basis of ze hard of zacht zijn. De materiaalcategorieën zijn gebaseerd op de Rivier-OSPAR-methode. In Tabel 1 is een overzicht te vinden met alle categorieën, beschrijvingen en enkele voorbeelden.

Tabel 1: Overzicht van de gebruikte categorieën voor de telmetingen vanaf bruggen. De voorbeelden zijn een kleine selectie.

| Categorie | Beschrijving | Voorbeelden |
|--------------------------|---|--|
| Plastic - PET | Polyethyleentereftalaat. Altijd doorzichtig. | Drinkflesjes, saladebakjes |
| Plastic - PO soft | Polyolefin, zacht. Gekeurd, folies en zakken, wasachtig oppervlak. | Tasjes, zakken |
| Plastic - PO hard | Polyolefin, hard. Wasachtig oppervlak. | Shampooeflesjes, ijsbakken, lunchdozen |
| Plastic - PS | Polystyreen. Rigide, glazig, helder. | Speelgoed, bestek, Cd-hoezen |
| Plastic - ML | Multilayer, meerlaagse folies. Flexibel, geprinte folies. | Chipszakken, voedselverpakking |
| Plastic - EPS | Expanded polystyreen. Schuimig. | Piepschuim, schuimige bekers, vleesverpakking |
| Plastic - Overig | Overig plastic | |
| Rubber | | Ballonnen, banden |
| Textiel | | Kleding, schoenen |
| Papier | | Drankkartons, sigaretten, kranten |
| Hout | Bewerkt hout | IJstokjes, kurk |
| Metaal | | Drankblikjes, vislood, metalen doppen |
| Glas | | Flessen, lampen |
| Sanitair | | Wattenstaafjes, condooms |
| Medisch | | Injectiespuiten, verpakkingen |
| Overig | | |

2.3 Oevermetingen

Aanvullende metingen van het zwerfafval op de rivieroeveren zijn gedaan om het soort zwerfafval en de gemiddelde massa van het zwerfafval te kunnen vaststellen. Hiermee kan een beeld worden geschetst van de statistieken en voorkomen van soorten afval. De locatie van de oever is geselecteerd op nabijheid bij de brug, en waar via natuurlijke processen drijvend zwerfafval kan worden afgezet (hoge kades zijn bijvoorbeeld niet geschikt). Wanneer er in de omgeving van de brug geen natuurlijke oever is (zoals in Maastricht en Rotterdam), dan wordt de meest dichtstbijzijnde geschikte oever geselecteerd. Het collectiegebied is maximaal 100m lang, en reikt van de waterlijn tot de hoogwaterlijn, met een maximum breedte van 25m (Figuur 4). De hoogwaterlijn is herkenbaar door depositie van natuurlijk materiaal zoals takjes en bladeren, en een ander soort vegetatie. Een oevermeting duurt maximaal 45 minuten met 3 personen, of wordt gestopt wanneer er twee volle 40L zakken zijn verzameld. De totale lengte en breedte van het collectiegebied wordt genoteerd (Tabel 2).



Figuur 4. Voorbeeld van een studiegebied voor rivieroeveranalyse. In principe wordt er altijd uitgegaan van een gebied van 100 m lengte en maximaal 25 m breed. De exacte breedte hangt af van de afstand van de waterlijn tot de hoogwaterlijn.

Tabel 2. Oppervlakte van collectiegebied.

| ID | Locatie | Januari | | Februari | | Maart | | Arpil | | Mei | |
|----|------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| | | Length (m) | Width (m) | Length (m) | Width (m) | Length (m) | Width (m) | Length (m) | Width (m) | Length (m) | Width (m) |
| 1b | Arnhem Nederrijn | 80 | 4 | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 1a | Arnhem IJssel | 100 | 3.5 | 110 | 3.5 | 100 | 2 | 100 | 3.5 | 100 | 3.5 |
| 2 | Maastricht | x | x | 30 | 2.5 | 30 | 2.5 | 30 | 2.5 | 100 | 2.5 |
| 2a | Ravenstein | 50 | 8 | 67 | 4.5 | 67 | 3 | 20 | 10 | 50 | 4 |
| 3 | Nijmegen | 70 | 3 | 105 | 10 | 97 | 6 | 100 | 2.5 | 100 | 2 |
| 4 | Kampen | 40 | 2 | 10.5 | 1.5 | 56 | 2 | 90 | 2 | 90 | 2 |
| 5 | Rotterdam | 50 | 4 | 50 | 4 | 10 | 4 | 50 | 3 | 10 | 1 |
| 6 | Moerdijk | 12.5 | 8 | 63 | 4 | 10 | 5 | 10 | 5 | 5 | 4 |

2.4 Laboratoriumanalyse

In het Kraaijenhof van der Leur Water- en Sedimentlaboratorium van Wageningen University, wordt het verzamelde zwerfafval gewogen, de lengte en breedte gemeten en gecategoriseerd. Het materiaal wordt grof schoongemaakt door het verwijderen van sediment en plantaardige resten. Het materiaal wordt niet gedroogd.

Items worden tegelijkertijd gewogen en het gemiddelde wordt genomen wanneer de individuele items te licht zijn om te wegen, of wanneer de items extreem uniform zijn (bijvoorbeeld 20 bierflesdopjes). Categorisering wordt gedaan via het Rivier-OSPAR-protocol, waarin 109 categorieën zijn opgenomen (Appendix D). Deze categorieën zijn grofweg te bundelen op basis van type (plastic, rubber, textiel, papier, hout, metaal, glas, sanitaire producten, medische producten) of op basis van samenstelling (PO soft, PO hard, PET, PS, EPS, Multilayer, ander plastic, geen plastic) (Tabel 1).

2.5 Massabalans

De telmetingen en de laboratoriummetingen zijn gecombineerd om een schatting te maken van het drijvend zwerfafval. De gebruikte methode is gebaseerd op Vriend et al. (2020), welke gebruik maakt van de volgende formule:

$$T_p = t_p \cdot \bar{m}$$

Met totaal massatransport T_p [kg/uur], totaal gemeten transport t_p [# / uur] en gemiddelde massa per voorwerp [gram/#]. Het gemeten transport is zowel berekend door de mediaan en het gemiddelde te gebruiken voor elke meetlocatie. Voor de gemiddelde massa zijn twee waarden gebruikt, (1) de gemiddelde massa per voorwerp op elke locatie en (2) de gemiddelde massa van alle geanalyseerde voorwerpen.

Om het totale transport M_p [kg/uur] te berekenen gebruiken we een correctiefactor a_o om rekening te houden met het zwerfafval onder het oppervlak, tot aan de bodem:

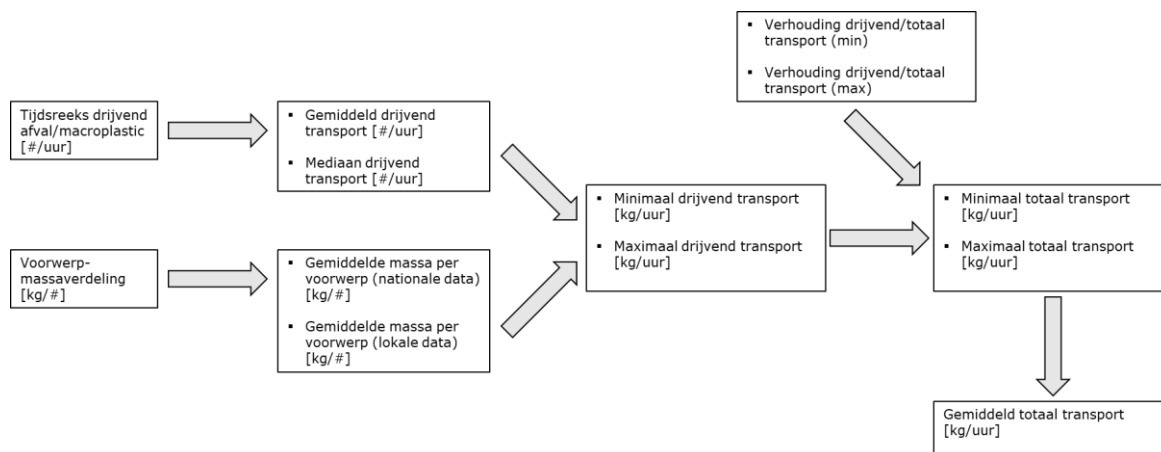
$$M_p = T_p \cdot a_o$$

In dit project doen we de berekening met een waarde van a_o tussen de 1.25 en 1.5, gebaseerd op metingen in de waterkolom in de Donau (Hohenblum et al., 2015). Hieruit is afgeleid dat tussen de 67% en 80% van het zwerfafval aan het oppervlakte wordt getransporteerd. Vervolgens is de massabalans voor elke rivier en voor alle rivieren gecombineerd met de volgende formule:

$$\Delta M = M_{in} - M_{out}$$

Met netto massatransport ΔM [kg/uur], bovenstrooms massatransport M_{in} [kg/uur] in Maastricht, Nijmegen en Arnhem, en benedenstrooms massatransport M_{out} [kg/uur] in Rotterdam, Moerdijk en Kampen.

We houden rekening met de onzekerheid door in elke stap een waarde te berekenen met de minimale en de maximale waarde (mediaan/gemiddelde transport, lokaal/nationale massa per voorwerp, minimale/maximale a_o). Vanuit de maximale en minimale schatting bepalen we het gemiddelde, wat de waarde is die uiteindelijk gerapporteerd wordt.



Figuur 5: Methode om het totale transport uit te rekenen, op basis van de tijdsreeks van gemeten drijvend afval en macroplastic, en de voorwerp-massaverdeling.

2.6 Relatie met hydrologie

Hydrologische data (waterhoogte en debiet) zijn verkregen via de Rijkswaterstaat-website waterinfo.rws.nl. Waterhoogte wordt gemeten bij stations nabij de zeven meetlocaties (Tabel 3) en bestaat uit tien-minuten gemiddelde. Waterhoogte wordt gebruikt als proxy voor de hydrologische situatie. Bovenstrooms is dit aannemelijk, echter benedenstrooms in de getijden-beïnvloede zone is dit geen werkbare aanname. Meetstations waar ook debiet wordt gemeten, of wordt afgeleid uit waterstands-afvoer-relaties, zijn aanwezig in de buurt van iedere meetlocatie. De gemeten data wordt door Rijkswaterstaat nog verwerkt en zal in juli 2022 worden gepubliceerd. De debietgegevens waren tijdens het schrijven van dit rapport dus nog niet beschikbaar.

Tabel 3. Waterstandsstations die corresponderen met de zeven meetlocaties.

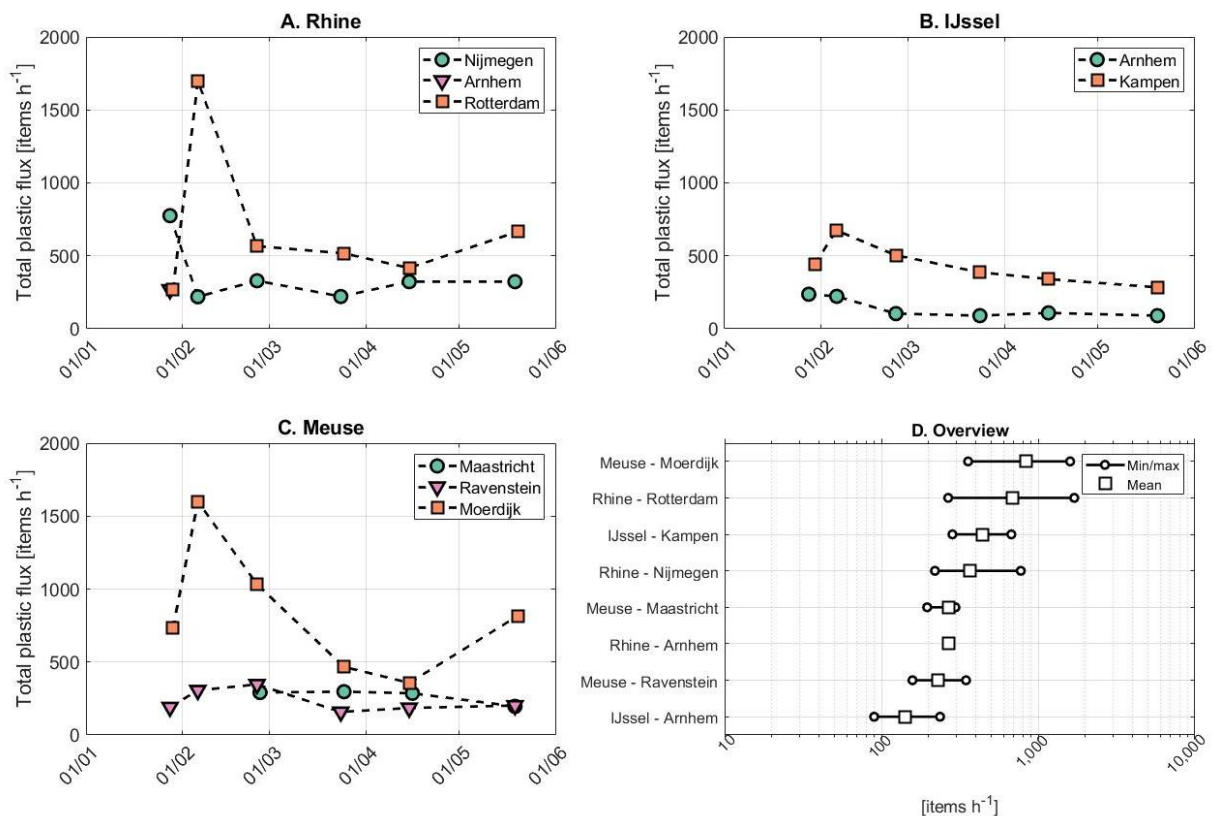
| ID | Locatie | Waterstandsstation |
|----|------------------|--------------------|
| 1a | Arnhem IJssel | Westervoort |
| 1b | Arnhem Nederrijn | Arnhem |
| 2 | Maastricht | Sint Pieter Noord |
| 2a | Ravenstein | Grave Beneden |
| 3 | Nijmegen | Nijmegen haven |
| 4 | Kampen | Kampen |
| 5 | Rotterdam | Rotterdam |
| 6 | Moerdijk | Moerdijk |

3 Resultaten en discussie

3.1 Drijvend zwerfafval

3.1.1 Seizoensale variatie

Het drijvend zwerfafvaltransport laat op elke locatie een duidelijke maandelijkse variatie zien. Op alle benedenstroomse locaties is de hoogste waarde gemeten in februari, met waarden van 675 #/uur (IJssel, Kampen), 1700 #/uur (Rijn, Rotterdam) en 1600 #/uur (Maas, Moerdijk). De jaarlijkse hoogwatergolf is hier waarschijnlijk de oorzaak van. Verhoogde afvoer zorgt voor zowel extra input van zwerfafval in de rivieren, als voor hermobilisatie van zwerfafval dat onder normale omstandigheden op oevers en op uiterwaarden ligt. Een tweede piekwaarde was gemeten in de Rijn en Maas in mei, maar niet in de IJssel. In de weken voorafgaand aan de meten was er veel neerslag gevallen, wat tot extra mobilisatie van zwerfafval heeft kunnen leiden. Gemiddeld was het transport op de benedenstroomse locaties hoger (268-689 #/uur) dan op de bovenstroomse locaties (142-365 #/uur). Opmerkelijk is dat voor de Maas het transport in Maastricht in maart en april hoger was (268-297 #/uur) dan in Ravenstein (158-185 #/uur).

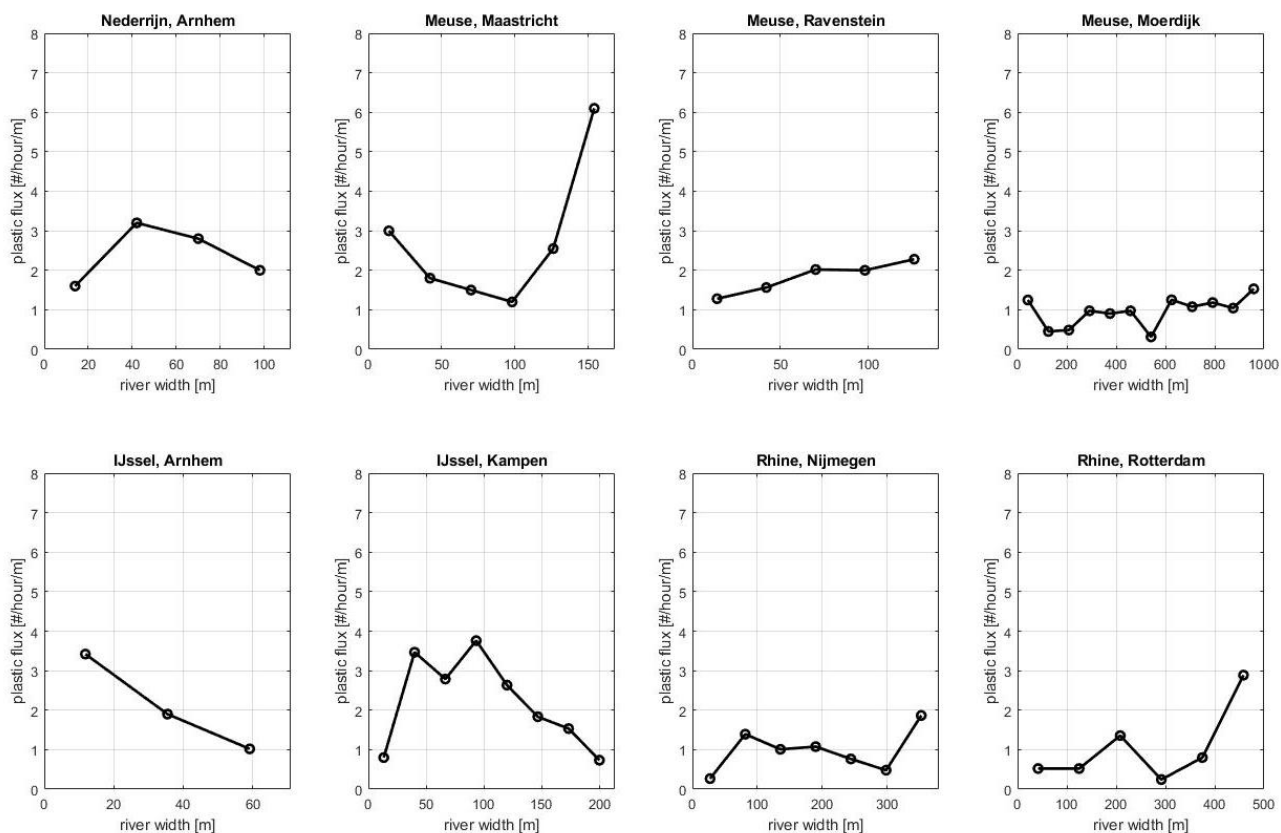


Figuur 6: Tijdsreeksen van het gemeten drijvend zwerfafval transport in the A. Rijn, B. IJssel en C. Maas, en D. de gemiddelden per locatie.

3.1.2 Variatie over de doorsnede

De hoeveelheid getransporteerd drijvend zwerfafval laat een duidelijk profiel zien over de doorsnede (zie Figuur 7). De vorm van het profiel verschilt echter per locatie. In de Nederrijn bij Arnhem en in de IJssel bij Kampen volgt het transport het profiel van de stroomsnelheid. Aan de oevers is het transport relatief laag, en het meeste wordt via het midden getransporteerd. In de Maas bij Maastricht en de Rijn in Nijmegen en Rotterdam is dit niet het geval. Hier is duidelijk de invloed van scheepvaart te zien, dat het zwerfafval naar de kanten laat stromen. Op deze locaties zijn de (relatieve) pieken daarom aan de oevers gemeten. In de Maas bij Ravenstein en de IJssel bij Arnhem is het afwijkende profiel te verklaren door het meanderen van de rivieren. In beide gevallen is de hoge transportwaarde gemeten in de buitenbocht, waar over het algemeen ook de hoogste stroomsnelheid is. Tot slot laat

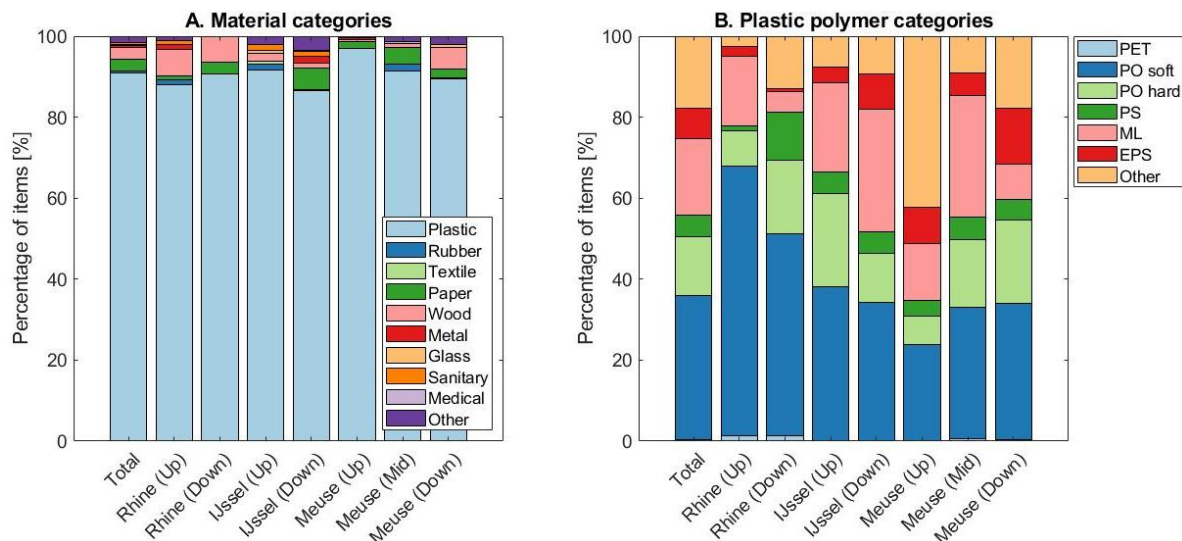
de Maas bij Moerdijk een redelijk uniforme verdeling zien, wat zou kunnen komen door de complexe getijdynamiek en de scheepvaart.



Figuur 7: Profielen over de rivierbreedte van alle meetlocaties op de Rijn, IJssel en Maas.

3.1.3 Samenstelling van drijvend zwerfafvalafval

Het overgrote deel van het drijvende zwerfafval bestaat uit plastic (90%), gevolgd door papier (2.9%, inclusief sigaretten) en hout (2.8%), zie Figuur 8. Er zijn kleine verschillen gemeten tussen locaties (88% in Nijmegen tot 97% in Maastricht), maar het aandeel plastic was overal verreweg het grootste. De soorten plastic varieerden wel aanzien tussen de meetlocaties. Gemiddeld gezien werd PO soft het meest geteld (35.5%), gevolgd door Multilayer (19%) en overig (18%). De totale hoeveelheid zachte plastics (PO soft en Multilayer samen) was wel redelijk stabiel. Dit zou kunnen impliceren dat deze twee categorieën soms lastig te scheiden zijn, wat ook aangemerkt is in vorige studies (bijv. van Emmerik et al. (2019)). Vooral in Maastricht is veel overig plastic gemeten (42%), wat voor enige onzekerheid zorgt. Over het algemeen kan dit worden verminderd door herhaaldelijke training van de personen die de metingen uitvoeren. Wat verder opvalt is het lage aantal PET-voorwerpen (0.3%).



Figuur 8: Samenstelling van het drijven rivierafval op alle meetlocaties, onderverdeeld in de A. materiaalcategorieën en B. de plastic polymeercategorieën. De percentages van de plastic polymeercategorieën zijn toepasbaar op het totale aantal plastic voorwerpen.

3.2 Oevermetingen

In totaal is zijn er 10,751 stukken zwerfafval gecategoriseerd, gewogen en opgemeten. Het totale gewicht van de artikelen bedraagt 137 kilogram (met een gemiddelde massa van 13 gram en mediaan van 0.55 gram). In de maand januari is het meeste afval gevonden (3226 artikelen), gevolgd door februari (2386), maart (2082), april (1862) en mei (815). De gemiddelde en mediaan massa gedurende verschillende meetperiodes is nagenoeg constant. Het verschil in hoeveelheid zou kunnen worden verklaard door de afname van overstromingsfrequentie gedurende de meetperiode. Bovendien is in januari ook zwerfafval verzameld wat zich in de maanden daarvoor heeft opgehoopt. Dit zou daarom geen representatieve sample kunnen zijn. De gemiddelde en de mediaan massa zijn erg verschillend (Tabel 4). Dit kan worden verklaard doordat de meest voorkomende artikelen kleine lichte items zijn, waardoor een enkel zwaar item (zoals een stuk metaal) de gemiddelde massa sterk beïnvloedt.

De oppervlakte van het collectiegebied is afhankelijk van de mate van vervuiling (zie Tabel 2). Zo is het gemeten oppervlakte in Moerdijk kleiner dan dat in Arnhem (IJssel), doordat de gemiddelde hoeveelheid artikelen per oppervlakte groter is. Een meting wordt gestopt als er twee 35 liter zakken vol zijn. Er is geen trend te ontdekken tussen locatie (boven- of benedenstrooms) en hoeveelheid artikelen per oppervlakte.

Tabel 4. Hoeveelheid gevonden artikelen op de rivierbanken van de meetlocaties, en hun gemiddelde en mediaan massa.

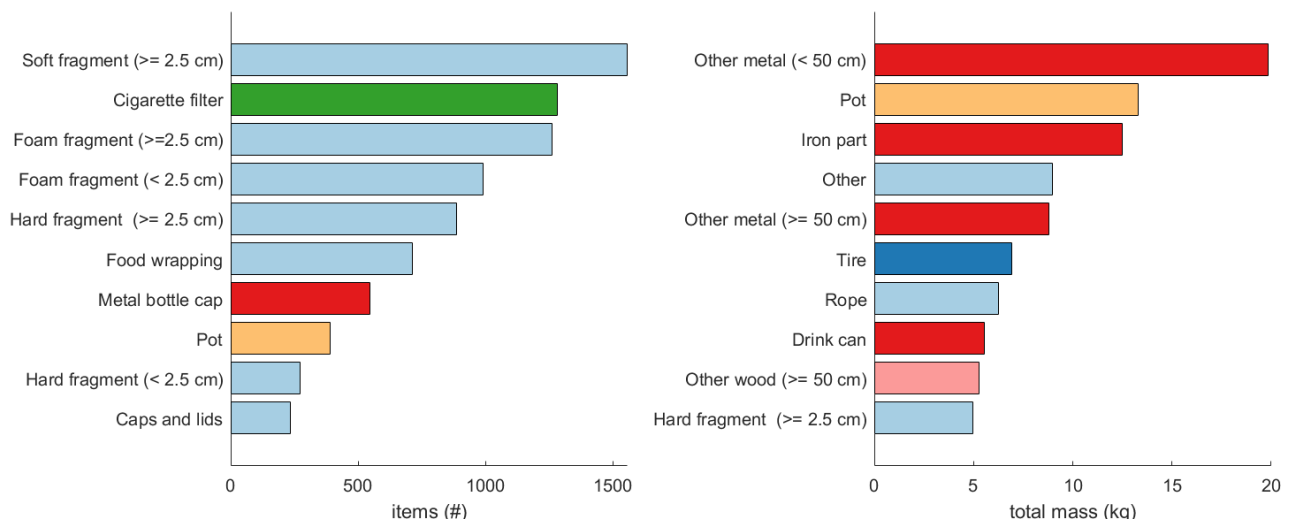
| Locatie | Hoeveelheid artikelen (totaal) | Aantal meetperiodes | Gemiddelde hoeveelheid artikelen per oppervlakte (#/m ²) | Gemiddelde massa (g) | Mediaan massa (g) |
|-----------------------|--------------------------------|---------------------|--|----------------------|-------------------|
| IJssel, Arnhem | 364 | 5 | 0.2 | 94 | 0.55 |
| Rijn, Arnhem | 354 | 1 | 1.1 | 3 | 0.55 |

| | | | | | |
|-------------------------|------|---|-----|----|------|
| Maas, Ravenstein | 1087 | 5 | 0.8 | 22 | 0.63 |
| Maas, Maastricht | 2699 | 5 | 4.5 | 3 | 0.47 |
| Rijn, Nijmegen | 2315 | 5 | 1.0 | 2 | 0.54 |
| IJssel, Kampen | 1160 | 5 | 2.0 | 9 | 0.35 |
| Rijn, Rotterdam | 633 | 5 | 1.1 | 51 | 5.33 |
| Maas, Moerdijk | 2139 | 5 | 4.1 | 10 | 0.53 |

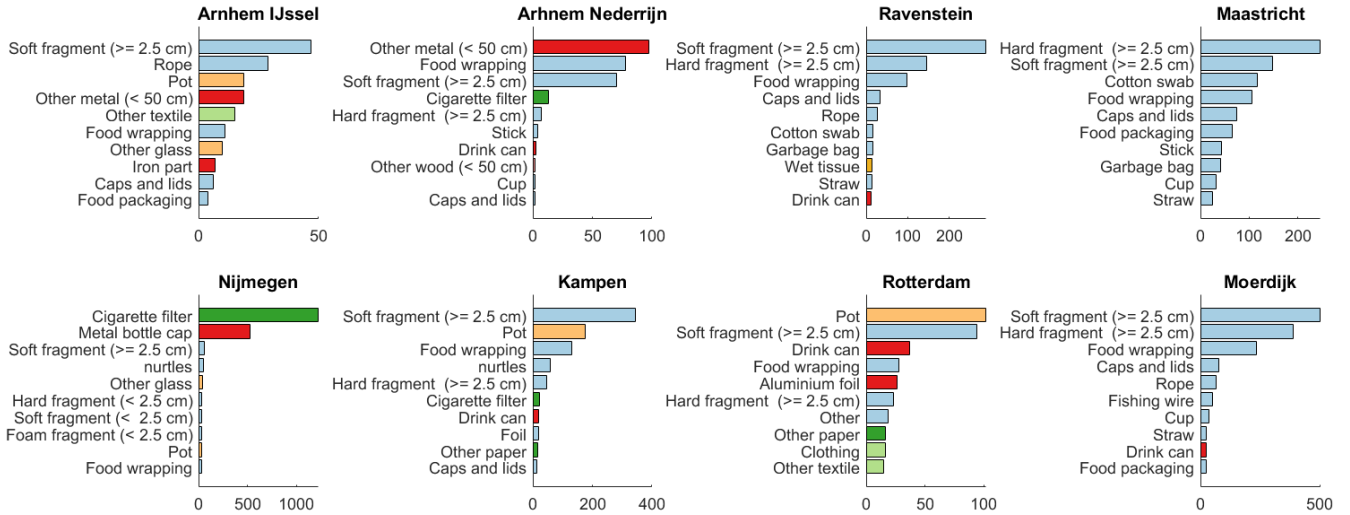
3.2.1 Meest voorkomend zwerfafval

Het meest gevonden zwerfafval wordt weergegeven in Figuur 9 (rechts), waarvan 7 van de 10 items plastic is. De niet-plastic items, sigarettenfilters, bierflesdoppen en potten, komen terug in deze statistiek door het hoge voorkomen op een enkele bepaalde locatie (Nijmegen, Nijmegen en Rotterdam, respectievelijk), zie ook Figuur 10. Ondanks dat sigarettenfilters volgens de Rivier-OPSAR methode worden gezien als papier, bestaat dit ook gedeeltelijk uit plastic en zou ook in de plastic categorie kunnen worden ingedeeld. De meest voorkomende artikelen zijn fragmenten (van hard plastic, zacht plastic en schuim) en het resultaat van consumptie (sigarettenfilters, (bier)doppen en voedselverpakkingen). Deze figuren geven een indicatie op wel type zwerfafval gefocust zou moeten worden voor het ontwikkelen van monitorings- of afvangstrategieën.

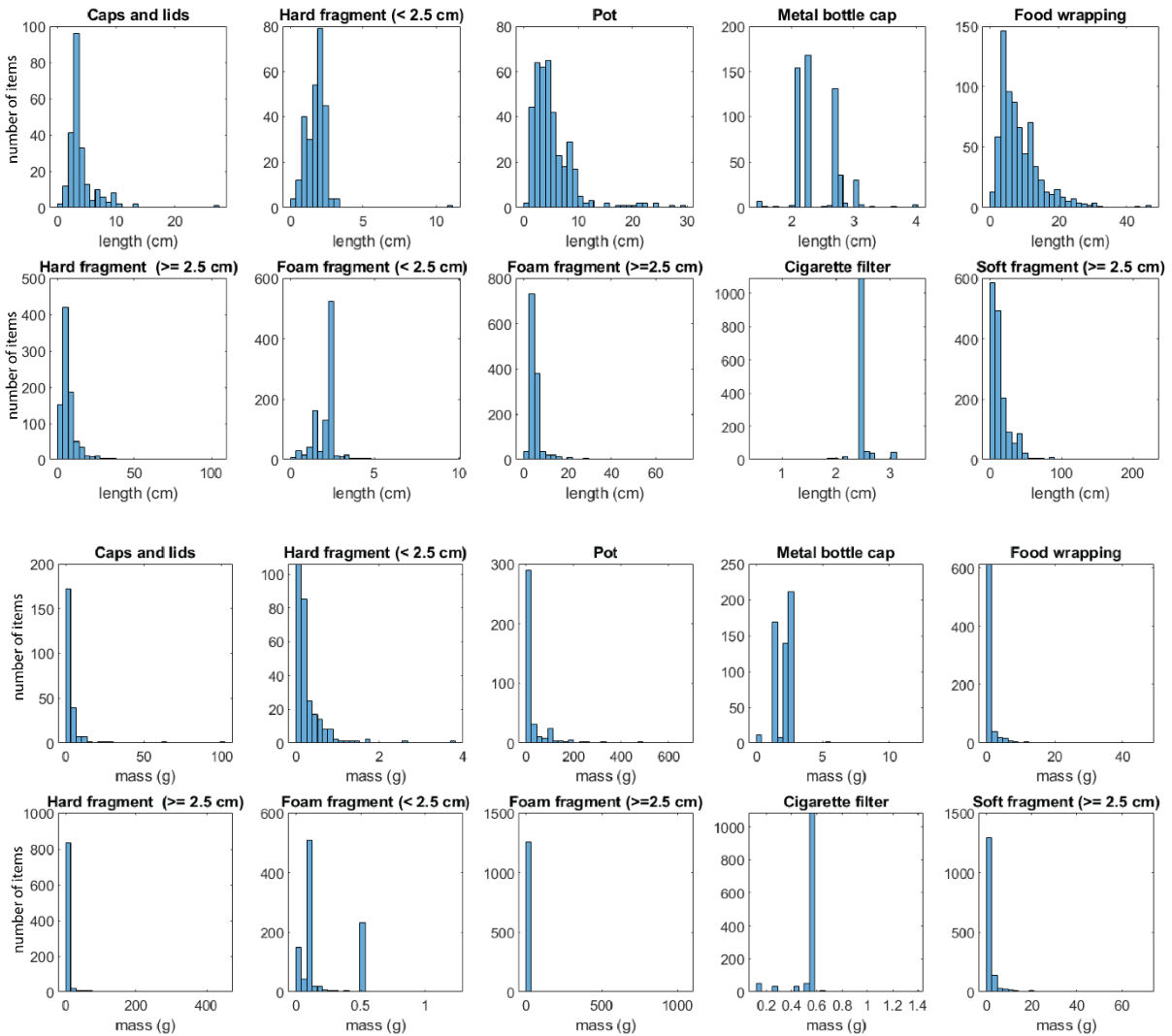
De massa en lengtedistributie van de tien meest voorkomende items is te zien in Figuur 11. De distributies zijn ongeveer normaal verdeeld, met enkele uitschieters. Items met een eenduidige dimensies, zoals bierflesdoppen of sigarettenfilters, hebben een nauwe verdeling, terwijl fragmenten of verpakkingen een ruimere verdeling laten zien. De verdeling van grootte en massa van zwerfafval kan belangrijk zijn voor het voor monitoring en afvangen van drijvend zwerfafval. De top 10 veelvoorkomende items gebaseerd op massa laat en ander beeld zien, waarin metalen voorwerpen domineren (Figuur 9 rechts).



Figuur 9. Top 10 meest voorkomende types zwerfafval, gebaseerd op voorkomen (A) en massa (B). Deze top 10 is gebaseerd op al het gekarakteriseerde zwerfafval. De categorieën 'other' bestaan uit voorwerpen die niet kunnen worden gecategoriseerd via rivier-OSPAR, zie appendix D.



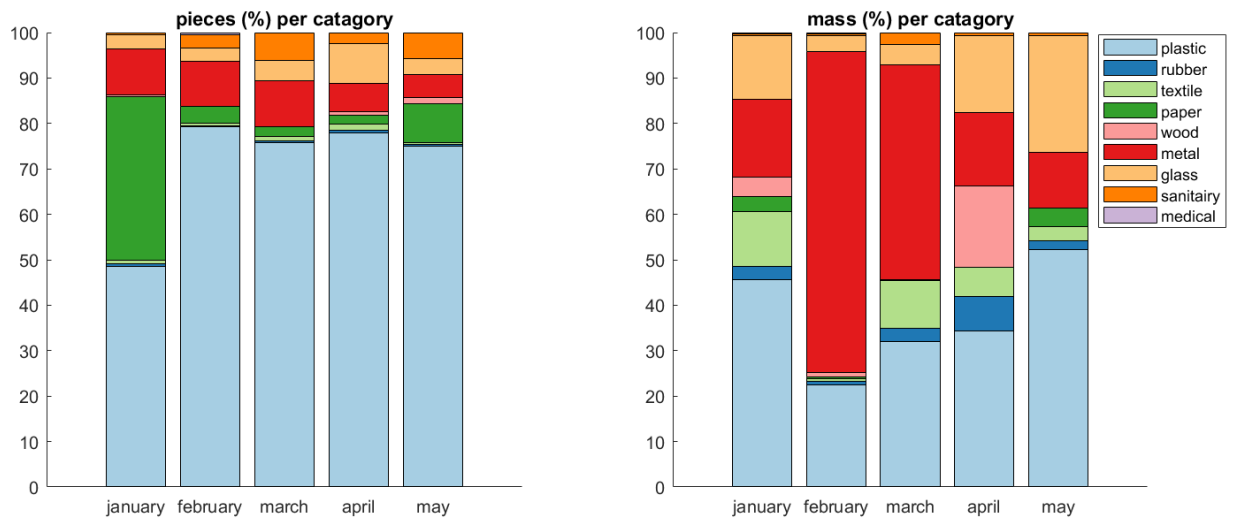
Figuur 10. Top 10 meest voorkomende types zwerfafval per locatie, gebaseerd voorkomen.



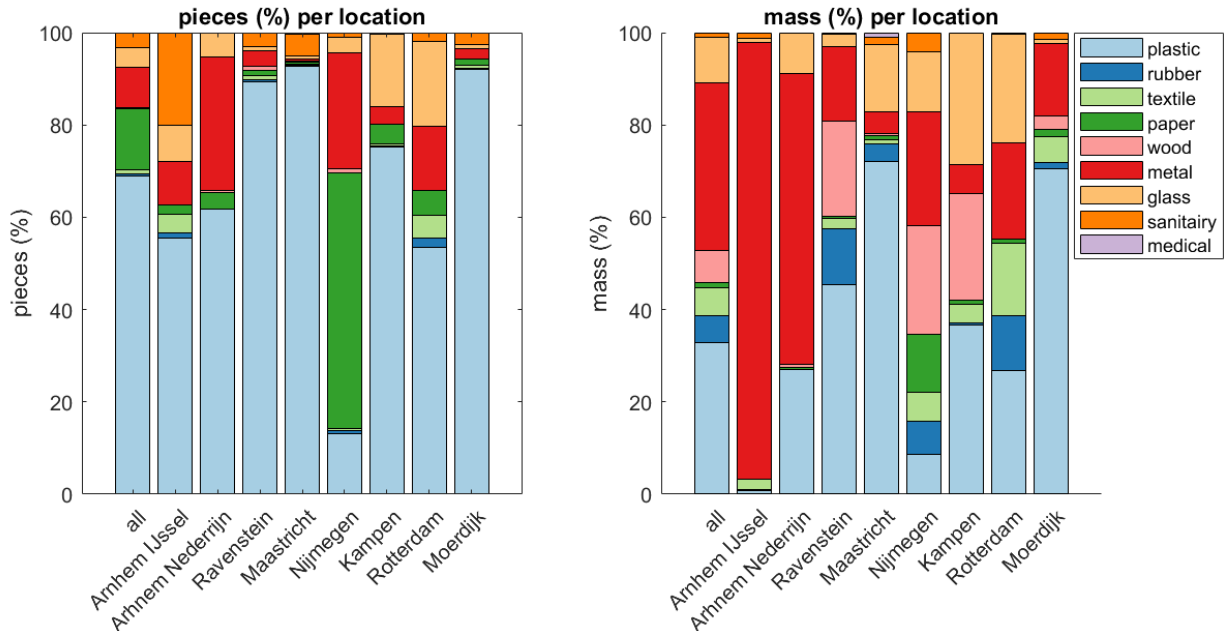
Figuur 11. Distributie van massa en lengte van de tien meest voorkomende items.

3.2.2 Type zwerfafval

Met uitzondering van de maand januari, waarin veel sigarettenfilters werden gevonden in Nijmegen, bestaat het zwerfafval voor meer dan 75% uit plastic (Figuur 12), gevolgd door metaal. Het overgrote deel van de plastic artikelen zijn SUP artikelen (single use plastic). Het type zwerfafval verschilt echter sterk per locatie (Figuur 13). Mondkapjes zijn niet of nauwelijks gevonden (categorie overig sanitair). De massa per maand en per locatie varieert sterk door het al dan niet vinden van gewoonlijke artikelen, zoals als een metalen fiets (februari, IJssel te Arnhem), industrieel afval van metaal, of relatief zware stukken textiel of glas.



Figuur 12. Relatieve bijdrage van soorten zwerfafval per maand, gebaseerd op voorkomen (links) en massa (rechts).

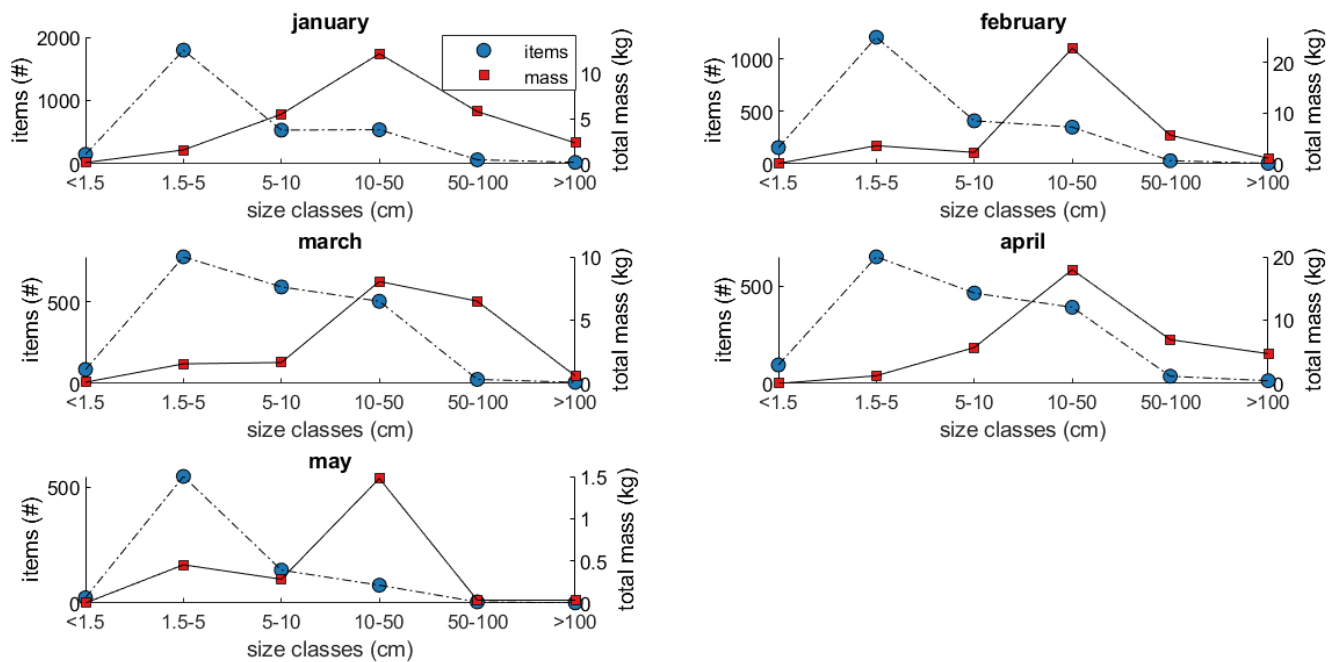


Figuur 13. Relatieve bijdrage van soorten zwerfafval per locatie, gebaseerd op voorkomen (links) en massa (rechts).

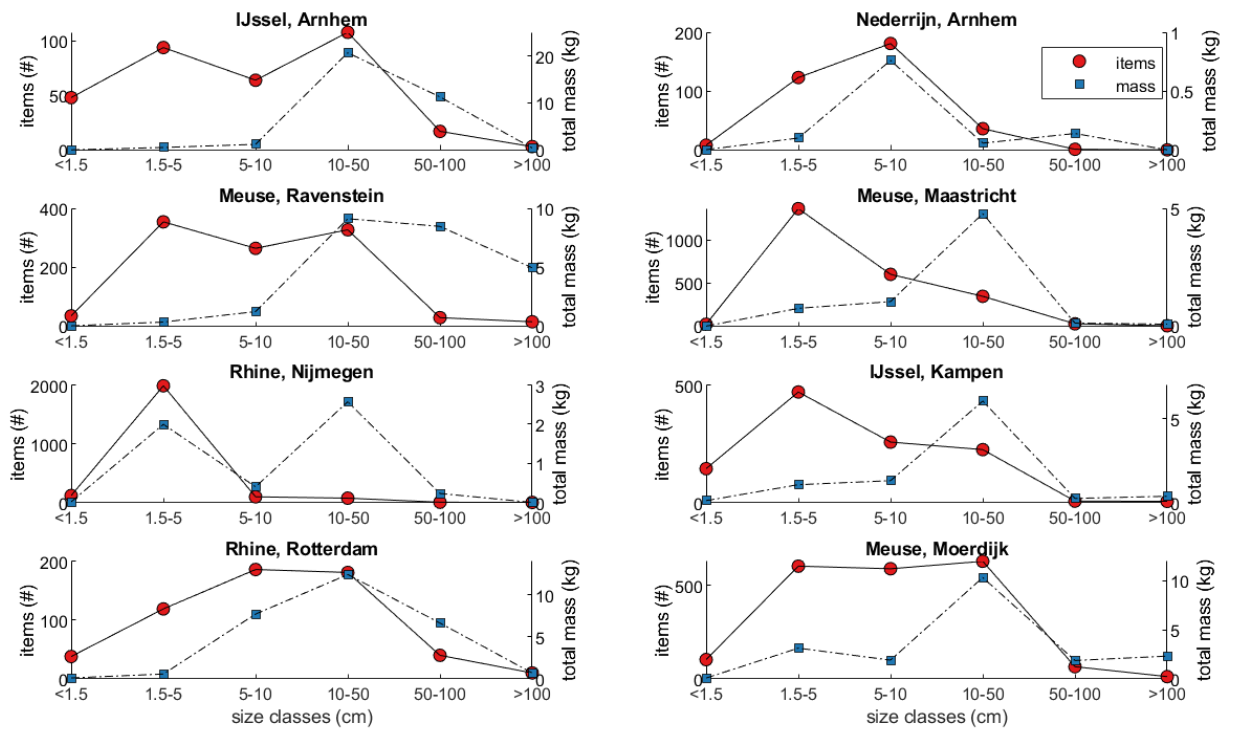
3.2.3 Grootte zwerfafval

De verdeling van de grootte en het gewicht van het zwerfafval is relatief constant over de meetrondes (Figuur 14). De meeste items zijn tussen de 1.5 en 5 cm, terwijl het meeste gewicht in de categorie 10-50 cm zit. Deze zelfde verdeling is terug te zien als er een opsplitsing wordt gemaakt tussen de meetlocaties (Figuur 15). Opmerkelijk genoeg, en in tegenstelling tot bevindingen in van drijvend zwerfafval in oceanen, zit het meeste gewicht niet in de grootste lengteklasse. Praktisch gezien betekent dit: wanneer de afvangstrategie zich richt op het verminderen van massa, zal op een andere groottecategorie moeten worden gefocust dan wanneer deze strategie zich richt op het verminderen van hoeveelheid. Bovendien, levert dit soort gedetailleerde informatie van een uitgebreide dataset, betrouwbare kentallen op voor vervolgonderzoek en extrapolaties.

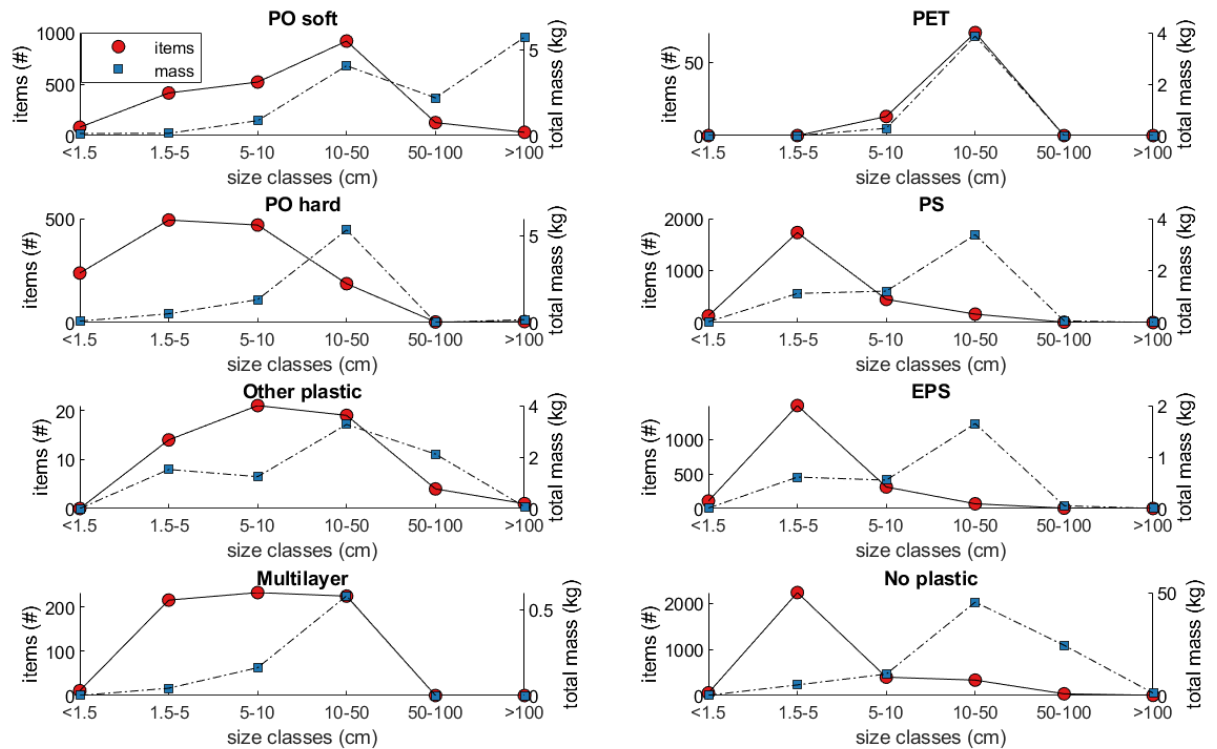
De verdeling van de grootte en het gewicht van verschillende soorten plastic polymeer types is weergegeven in Figuur 16. Dit geeft ons inzicht in de eigenschappen van de verschillende soorten plastic zwerfafval. Zo heeft PET een sterk geconcentreerde distributie waarbij artikelen tussen de 10-50 cm dominant zijn. Dit correspondeert met plastic flessen tussen de 0.5 en 1 liter. PO hard en Multilayer bestaat voornamelijk uit lichte kleine stukjes afval (<10 cm), terwijl er van PO soft vaker grotere artikelen worden gevonden (10-50 cm). EPS zijn voornamelijk kleine lichte stukjes piepschuim, echter niet veel voorkomende grotere stukken schuim leveren de belangrijkste bijdrage aan het gewicht (waarschijnlijk doordat zij volgezogen zijn met water). Dit verschijnsel komt op iedere locatie voor, en er is geen trend per maand te vinden.



Figuur 14. Verdeling van hoeveelheid en massa over lengte van het item, onderverdeeld per maand.



Figuur 15. Verdeling van hoeveelheid en massa over lengte van het item, onderverdeeld per locatie.



Figuur 16. Verdeling van hoeveelheid en massa over lengte van het item, onderverdeeld per plastic polymeer groep.

3.3 Massabalans

Afhankelijk van de gebruikte statistiek lopen de schattingen van het massatransport sterk uiteen. Voor sommige locaties variëren de absoluut maximale en minimale schattingen met twee ordegrotten. Deze onzekerheid is vaker gerapporteerd bij soortgelijke studies, zoals in een aantal Duitse rivieren (Schöneich-Argent et al., 2020) en in een recente mondiale studie (Meijer et al., 2021). In dit rapport baseren we de discussie vooral op de middelwaarden op basis van de nationale zwerfafvalstatistiek (rechterkolom in Tabel 5), zie Hoofdstuk 2 voor meer toelichting.

Tabel 5: Schattingen van het jaarlijkse massatransport op elke meetlocatie. Voor elke locatie is een minimale, maximale en middelwaarde bepaald. Daarnaast zijn de berekeningen gemaakt met zowel de lokale beschikbare statistiek (massa per voorwerp), als de nationale statistiek.

| | Boven-/ benedenstroms | Lokaal [t/jaar] | | | Nationaal [t/jaar] | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------|-------|-------|-----------------------|-------|------|
| | | min | max | mid | min | max | mid |
| Arnhem | Bovenstroms | 0.8 | 184.9 | 92.9 | 0.8 | 24.9 | 12.8 |
| Kampen | Benedenstroms | 1.5 | 53.4 | 27.4 | 2.2 | 74.2 | 38.2 |
| Nijmegen | Bovenstroms | 1.8 | 11.5 | 6.6 | 0.6 | 25.3 | 13.0 |
| Rotterdam | Benedenstroms | 23.7 | 464.8 | 244.3 | 2.4 | 116.2 | 59.3 |
| Maastricht | Bovenstroms | 1.1 | 9.7 | 5.4 | 1.2 | 45.1 | 23.2 |
| Ravenstein | Middel | 1.4 | 71.6 | 38.0 | 1.2 | 40.5 | 20.8 |
| Moerdijk | Benedenstroms | 2.3 | 111.9 | 57.1 | 2.4 | 142.6 | 72.5 |

Het massatransport is het hoogste in de Maas bij Moerdijk (72.5 t/jaar), gevolgd door de Rijn bij Rotterdam (59.3 t/jaar) en de IJssel bij Kampen (38.2 t/jaar). Op de bovenstroomse locaties is het transport lager, tussen de 12.8-23.2 t/jaar. Voor elke rivier is het transport benedenstroms aanzienlijk hoger dan bovenstroms. Voor de IJssel en Maas is benedenstroms drie keer zoveel transport als bovenstroms. Voor de Rijn is dit zelfs vijf keer zo veel. Deze resultaten suggereren dat het meeste zwerfafval dat benedenstroms van de rivieren wordt gemeten in Nederland de rivier inkomt. Dit beeld wordt bekrachtigd door de massabalans (Tabel 6), die laat zien dat er een netto influx moet zijn in elke rivier in Nederland. Er stroomt inmiddels meer zwerfafval benedenstroms dan bovenstroms.

De inschattingen van massatransport en de massabalans zijn wel beïnvloed door een aantal factoren van onzekerheid. Ten eerste wordt voor de conversie van transport in voorwerpen naar massatransport gebruikgemaakt van statistiek die gebaseerd is op zwerfafval op oevers. Het is nog onduidelijk of dit een goede benadering is. Toekomstig onderzoek zou kunnen overwegen om ook drijvend zwerfafval te bemonsteren en te analyseren, bijvoorbeeld met netten of vangsystemen. Ten tweede is de extrapolatie naar de gehele waterkolom gebaseerd op kentallen van de Donau, omdat deze voor de Nederlandse rivieren nog niet bekend zijn. Er is veel aandacht voor metingen in de waterkolom, en dit rapport benadrukt het belang van deze metingen om de schattingen van het totale massatransport te verbeteren. Dit zou kunnen worden bereikt door (1) waterkolommetingen met bestaande technieken, zoals ankerkuilnetten of sleepnetten op verschillende diepten, en (2) investeren in de ontwikkeling van nieuwe onderwaterplasticmonitoringstechnieken, zoals sonar (Broere et al., 2021).

Tabel 6: Inschatting van de jaarlijkse massabalans voor de Rijn, Maas, IJssel en gecombineerd. Hiervoor zijn de middelwaarden op basis van de nationale statistiek gebruikt.

| | Bovenstrooms [t/jaar] | Benedenstrooms [t/jaar] | Balans [t/jaar] |
|---------------|--|--|----------------------------------|
| IJssel | 12.8 | 38.2 | -25.4 |
| Rijn | 13.0 | 59.3 | -46.4 |
| Maas | 23.2 | 72.5 | -49.3 |
| Totaal | 49.0 | 170.0 | -121.1 |

De schattingen van het transport in de riviermonden komt goed overeen met recente modelgebaseerde schattingen (Meijer et al., 2021). Dit model heeft op mondiale schaal voor elke rivier het transport ingeschat door gebruik te maken van (1) eigenschappen van het landschap (landgebruik, helling), en (2) kentallen van hydrometeorologische drijvers van transport (regen, wind, rivierafvoer). De Rijn komt het best overeen (hier: 59.3 t/y, model: 56.2 t/jaar), gevolgd door de IJssel (hier: 38.2 t/y, model: 23.7 t/jaar) en de Maas (hier: 72.5 t/y, model: 22.7 t/jaar). De toegevoegde waarde van de schattingen op basis van observaties is dat er ook een eerste inzicht is in de maandelijkse variatie, en in het gevolg van de hoogwaterpiek.

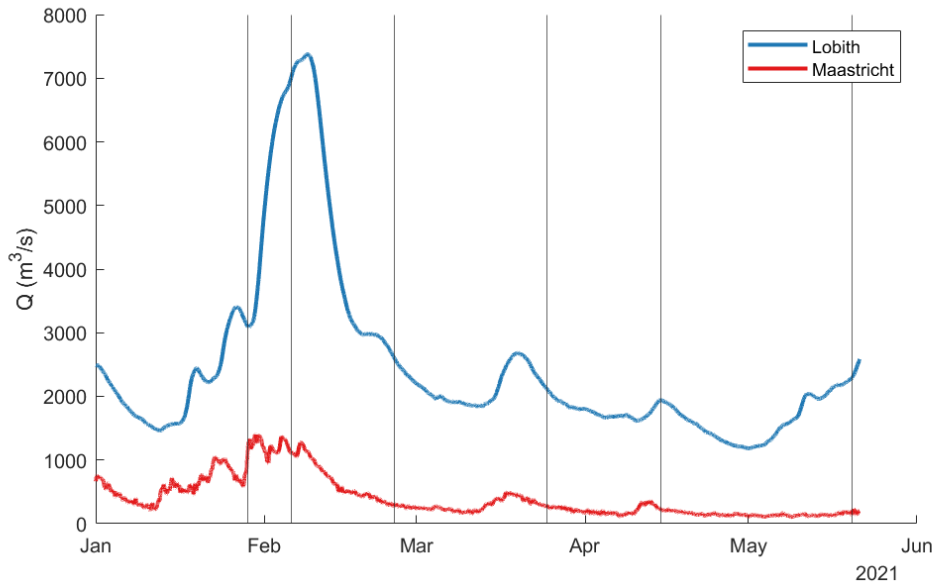
3.4 Relatie met hydrologie

De perioden van snelle stijgingen naar piekafvoeren (Figuur 17) in Lobith (Rijn) en Maastricht (Maas) werden eind januari 2021 gemeten, waarna de afvoer daalde en constante lage waardes bleef aanhouden. Ook eind maart en eind mei 2021 is een lichte toename in debiet gemeten. Figuur 18 relateert het waterniveau met de drijvend zwerfafvalflux. Het waterniveau wordt gezien als een benadering van de afvoer. Deze aanname is onvermijdelijk aangezien wij op dit moment geen afvoerdata van de meetlocaties tot onze beschikking hebben. Deze zullen naar verwachting vanaf juli 2022 worden gepubliceerd op waterinfo.rws.nl. De aanname heeft als gevolg dat wij geen kwantitatieve analyse kunnen doen, maar dat in het niet-getijden beïnvloede gebied van de rivieren er wel kwalitatieve relaties kunnen worden getrokken.

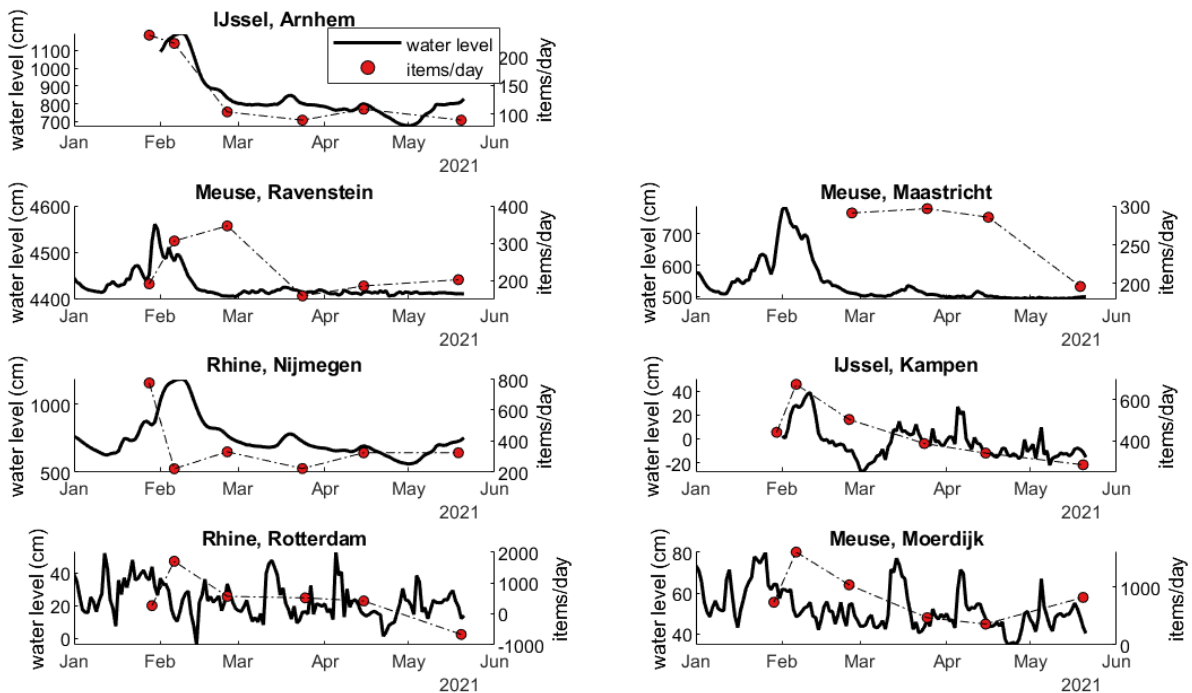
In de IJssel in Arnhem en Kampen corresponderen de hoogste waterstanden met de hoogste afvalflux. In Nijmegen is de afvalflux tijdens de piekafvoer juist heel laag, waarschijnlijk doordat het meeste afval enkele dagen daarvoor is doorgespoeld naar benedenstrooms. De Maas in Maastricht en Ravenstein laat een minder sterke relatie tussen waterstand en afvalflux zien. De Maas is een gestuwde rivier, en de piekafvoer in de Maas was lager dan in de Rijn (Figuur 17).

De sterkte van de correlatie en de afvalflux is weergegeven in

Tabel 7. Hoe dichterbij de waarde 1, hoe sterker de correlatie. De p-waarde geeft significantie aan. Hoe lager de p-waarde, hoe significanter de correlatie, en moet kleiner zijn dan 0.05 (5%) om een significante relatie aan te tonen. Hieruit blijkt dat alleen in de IJssel er een duidelijke relatie tussen waterhoogte en afvalflux is. Dit zou kunnen worden verklaard door het eenvoudige karakter van de IJssel, zonder veel splitsingspunten en samenvloeiingen, en een relatief natuurlijk afvoerregime.



Figuur 17. Afvoercondities gedurende de meetperiode voor de Rijn (Lobith) en Maas (Maastricht). Verticale lijnen laten de data van de 6 veldmetingen tussen januari en mei 2021 zien.



Figuur 18. Relatie tussen waterniveau en de hoeveelheid drijvend plastic per dag.

Tabel 7. Correlatie en significantie tussen het waterniveau en de hoeveelheid items per dag. Statistisch significante waarden ($p < 0.05$) en correlatiecoëfficiënten boven de 0.5 zijn groen gekleurd.

| Location | Correlatiecoëfficiënt | p-waarde |
|---------------|-----------------------|----------|
| Arnhem Ijssel | 0.99 | 0.0017 |
| Maastricht | 0.70 | 0.29 |
| Ravenstein | 0.22 | 0.67 |
| Nijmegen | -0.05 | 0.91 |
| Kampen | 0.85 | 0.065 |
| Rotterdam | -0.06 | 0.90 |
| Moerdijk | 0.03 | 0.94 |

4 Conclusie en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Voor het eerst is er kwantitatieve data over de maandelijkse variatie in drijvend zwerfafvaltransport in de Nederlandse Rijn, Maas en IJssel. Voor alle drie rivieren is er een duidelijke variatie gevonden tussen maanden, die het grootste is in de benedenstroomse meetlocaties. De piekwaarden in de Maas en Rijn van 1600-1700 #/uur zijn bijna twee ordegrootten groter dan tot nu toe gemeten, en is van gelijke orde als Aziatische rivieren in Thailand en Vietnam.

Het drijvend zwerfafvaltransport laat een duidelijk verband zien met hoge afvoer. De piekwaarden in februari zijn het gevolg van de hoogwatergolf, waardoor (1) extra zwerfafval in de rivier gekomen is, en (2) zwerfafval op oevers en uiterwaarden opnieuw gemobiliseerd is. Ook de tweede piek in de Rijn en Maas in mei is het gevolg van verhoogde regen en afvoer.

Het massatransport is benedenstrooms twee tot drie keer zo groot. Dit duidt op een duidelijk inbreng van zwerfafval in Nederland zelf. De Rijn, Maas en IJssel transporteren respectievelijk 59.3 t/jaar, 72.5 t/jaar en 38.2 t/jaar naar de Noordzee, Holland Diep/Haringvliet en het IJsselmeer. Dit komt goed overeen met recente modelstudies.

Verreweg het meeste drijvend zwerfafval bestaat uit plastic voorwerpen en deeltjes (90%). Er zijn kleine verschillen tussen locaties, met het grootste en kleine aandeel plastic in respectievelijk Maastricht (97%) en Nijmegen (88%). Van het plastic was het meeste gecategoriseerd als zacht plastics, zoals zakken, folies, en voedselverpakkingen (55%). PET werd als minste gevonden (0.3%).

De dwarsprofielen van het drijvend zwerfafvaltransport verschillen sterk van locatie tot locatie. Op plekken met weinig scheepvaart wordt het meeste getransporteerd in het midden (Arnhem, Kampen). Bij sterker meanderen van de rivier is het meeste gevonden in de buitenbocht (Ravenstein, Arnhem). Scheepvaart leidt tot een sterk veranderd profiel, met de hoogste transportwaarden dicht bij de oevers (Maastricht, Nijmegen).

De drijvende afvalflux kan niet direct worden gecorreleerd aan waterhoogte. Alleen voor de rivier IJssel, zowel bij Arnhem als bij Kampen, is er een sterke relatie. De IJssel is een hydraulisch simpele rivier zonder stuwen of grote vertakkingen. Hierdoor is de relatie met waterniveau duidelijker. In de Rijn en de Maas kan de flux niet direct worden gecorreleerd aan waterhoogte, waarschijnlijk door het gestuwde karakter (Maas), vele aftakkingen (Rijn en Maas) en de grote bijdrage van uiterwaarden bij hoogwater waardoor waterhoogte geen goede proxy is voor afvoer (Rijn).

Het zwerfafval gevonden op de oevers bestaat voornamelijk uit plastic (70%), en dit draagt bij aan 35% van de totale massa. De top 10 meest voorkomend zwerfafval wordt gedomineerd door fragmenten hard plastic, zacht plastic (zowel van voedselverpakkingen als ondefinieerbaar), schuim, bierflesdoppen en sigarettenfilters.

Het meeste zwerfafval is tussen de 1.5 en 5 cm groot, echter het meeste gewicht zit in de categorie 10-50 cm. Deze statistieken zijn constant per maand, maar variëren per locatie. Zo worden er benedenstrooms meer grote items gevonden. Dit duidt op een grotere variabiliteit in plaats dan in tijd.

Samenvattend laten de resultaten van de pilot zien dat met betrekkelijk eenvoudige en kosteneffectieve meetmethoden een goed en gedetailleerd beeld kan worden gekregen van de hoeveelheid zwerfafvaltransport, de variatie over ruimte en tijd, en de samenstelling. Deze informatie

is absoluut cruciaal voor het ontwerpen van een langetermijnstrategie voor monitoring, en voor het optimaliseren van zwerfafvalreductiemaatregelen.

4.2 Aanbevelingen

Ondanks dat de metingen eenvoudig van aard zijn, blijven ze arbeidsintensief. Voor elke meetronde zijn met de huidige opzet minstens tien personen nodig die twee volle dagen bezig zijn met veldwerk en de lab-analyse. Toekomstig onderzoek moet laten zien in hoeverre de metingen kunnen worden versimpeld of worden afgeschaald, zonder dat dit ten koste gaat aan de waardevolle statistiek. Het wordt aanbevolen om te onderzoeken of met minder meetronden per locatie, en met minder meetpunten per locatie, nog steeds dezelfde inzichten worden verkregen. Hiermee zou de werklust potentieel een factor twee tot vier lager kunnen worden.

Betere hydrologische data is nodig om de relatie tussen drijvend zwerfafvalflux en afvoer te maken. In vele gevallen is waterstand geen goede benadering voor de hydrologische situatie. Vooral in de getijdegebieden is betere stromingsdata cruciaal om een inschatting te kunnen geven van het nettotransport naar de zee. Afvoerdata wordt zal naar verwachting in juli 2022 door Rijkswaterstaat worden gepubliceerd.

Waterkolommetingen zouden tegelijkertijd met telmetingen van bruggen kunnen worden uitgevoerd. Op deze manier kan een inzicht worden verkregen van de bijdrage van het zwerfafvaltransport op diepte. Voor de langere termijn zou dit kunnen resulteren in extrapoleerbare kentallen, zodat het totale zwerfafvaltransport kan worden bepaald op basis van drijvend zwerfafvalmetingen.

Het is voor het eerst aangetoond dat hoge rivierafvoer resulteert in sterk verhoogd zwerfafvaltransport. Het exacte transportmechanisme blijft echter nog onbekend. Toekomstig onderzoek zal moeten aantonen hoe belangrijk extreme afvoer is voor het jaarlijkse transport. Het wordt aanbevolen om dit als meerjarig academisch onderzoeksprogramma vorm te geven, omdat nog veel fundamentele kennis ontbreekt. De robuustheid van de data over meetcampagnes laat zien dat de maandelijkse frequentie geschikt is om variatie in kaart te brengen. Voor de langetermijnstrategie zou dit kunnen betekenen dat metingen met een vast tijdsinterval moeten worden gecombineerd met aanvullende metingen rondom hoge afvoer.

De rol van het estuarium moet verder worden onderzocht om meer inzicht te geven in de daadwerkelijke emissie van zwerfafval van de Nederlandse rivieren naar de zee. Vanwege de complexiteit van de dynamiek, en het gebrek aan geschikte data, wordt ook hier aanbevolen om vervolgonderzoek als meerjarig academisch onderzoeksproject vorm te geven. Onderzoek laat zien dat er benedenstrooms verhoogd transport is, maar ook verhoogde hoeveelheden geaccumuleerd zwerfafval op oevers en uiterwaarden. Doelgerichte monitoring kan meer inzicht geven in de relatie tussen getijdedynamiek en zwerfafvaltransport en -accumulatie.

In deze pilot is elke rivier op slechts twee of drie locaties gemeten. De resultaten van de Maas, met drie locaties, laten zien dat het verloop van zwerfafvaltransport over de lengte van een rivier niet triviaal is. Er is niet altijd een gradueel toenemend of aflopend verloop in de hoeveelheid zwerfafval. Daarom wordt aanbevolen om een onderzoeksproject te definiëren om de variatie van drijvend en oeverzwerfafval over de lengte van rivieren beter in kaart te brengen, en vast te stellen welke factoren hier een bepalende rol spelen. In eerste instantie kan dit met simpele data-analyse, GIS-analyse, en conceptuele modellen. Pas als de basis goed wordt begrepen wordt aanbevolen om complexere modelstudies uit te voeren.

Het type oever lijkt invloed te hebben op de hoeveelheid en type zwerfafval wat accumuleert. Bovendien kan de locatie van de oever (in een bocht, tussen kribben) sterk variëren. Dit maakt

vergelijking tussen de oevers op verschillende locaties lastig. Desalniettemin zijn de trends over tijd constant. Om meer inzicht te krijgen in de invloed van oevertype en accumulatie, en een betere vertaling van flux naar massatransport te kunnen maken, zal de ruimtelijke sampledichtheid moeten worden vergroot. Hiervoor zou gebruik kunnen worden gemaakt van de Schone Rivieren-dataset, die wel uitgebreid moet worden met informatie over specifieke oeverkarakteristieken van de meetlocaties.

Extra meetlocaties in benedenstroomse regio's kunnen een beter inzicht geven in de verdeling over de riviertakken in de complexe Nederlandse delta. Vooral voor de Maas is het onduidelijk waar het zwerfafval heen stroomt nadat het Moerdijk gepasseerd is. Een volledig beeld van de transportstromen van zwerfafval in de Nederlandse delta zal bijdragen in het ontdekken van bronnen, accumulatiezones, en helpen om preventie- en reductiestrategieën te optimaliseren.

Literatuur

González-Fernández, D., & Hanke, G. (2017). Toward a harmonized approach for monitoring of riverine floating macro litter inputs to the marine environment. *Frontiers in Marine Science*, 4, 86.

González-Fernández, D., Cózar, A., Hanke, G., Viejo, J., Morales-Caselles, C., Bakiu, R., ... & Tourgeli, M. (2021). Floating macrolitter leaked from Europe into the ocean. *Nature Sustainability*, 4(6), 474-483.

Hohenblum, P., Frischenschlager, H., Reisinger, H., Konecny, R., Uhl, M., Mühlegger, S., ... & Rindler, R. (2015). Plastik in der Donau-Untersuchung zum Vorkommen von Kunststoffen in der Donau in Österreich. Umweltbundesamt-BOKU Report REP, 547, 1-120.

Meijer, L. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), eaaz5803.

Roebroek, C. T., Harrigan, S., Van Emmerik, T. H., Baugh, C., Eilander, D., Prudhomme, C., & Pappenberger, F. (2021). Plastic in global rivers: are floods making it worse?. *Environmental Research Letters*, 16(2), 025003.

Schöneich-Argent, R. I., Dau, K., & Freund, H. (2020). Wasting the North Sea?—A field-based assessment of anthropogenic macrolitter loads and emission rates of three German tributaries. *Environmental Pollution*, 263, 114367.

van Calcar, C. J., & Van Emmerik, T. H. M. (2019). Abundance of plastic debris across European and Asian rivers. *Environmental Research Letters*, 14(12), 124051.

van Emmerik, T., Kieu-Le, T. C., Loozen, M., van Oeveren, K., Strady, E., Bui, X. T., ... & Tassin, B. (2018). A methodology to characterize riverine macroplastic emission into the ocean. *Frontiers in Marine Science*, 5, 372.

van Emmerik, T., Loozen, M., Van Oeveren, K., Buschman, F., & Prinsen, G. (2019). Riverine plastic emission from Jakarta into the ocean. *Environmental Research Letters*, 14(8), 084033.

van Emmerik, T., & Schwarz, A. (2020). Plastic debris in rivers. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7(1), e1398.

van Emmerik, T., Vriend, P., & Roebroek, J. (2020a). An evaluation of the River-OSPAR method for quantifying macrolitter on Dutch riverbanks. Wageningen University.

van Emmerik, T., Roebroek, C., De Winter, W., Vriend, P., Boonstra, M., & Hougee, M. (2020b). Riverbank macrolitter in the Dutch Rhine–Meuse delta. *Environmental Research Letters*, 15(10), 104087.

van Emmerik, T., & Vriend, P. (2021). Routekaart Zwerfafvalmonitoring Nederlandse rivieren. Wageningen University.

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.

Vriend, P., Roebroek, C. T., & van Emmerik, T. (2020). Same but different: A framework to design and compare riverbank plastic monitoring strategies.

Appendices

Appendix A: meetlocaties

De meetlocaties kunnen worden gevonden in het google maps document in deze [link](#). Iedere locatie en ieder segment heeft een nummer. Bijvoorbeeld, locatie 2.4 refereert naar het vierde segment van de tweede locatie. 2.B refereert naar de locatie van de rivieroever, en 2.P suggereert een parkeerplek.

Appendix B: statistieken van de oevermetingen






Zie appendix D voor uitleg van categorieën.

| catagory | ospar ID | amount | mean weight | std weight | mean length | std length | mean width | std width |
|----------|----------|--------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|
| plastic | 15 | 233 | 3.66 | 5.93 | 4.02 | 2.22 | 3.37 | 2.27 |
| | 4.2 | 63 | 42.65 | 59.41 | 16.85 | 5.59 | 8.27 | 2.91 |
| | 4.1 | 21 | 51.61 | 65.33 | 25.71 | 3.78 | 10.34 | 3.52 |
| | 40 | 34 | 54.75 | 68.47 | 74.39 | 63.66 | 24.81 | 12.46 |
| | 3 | 34 | 7.41 | 5.98 | 26.67 | 11.05 | 20.57 | 9.96 |
| | 117.1 | 273 | 0.26 | 0.29 | 1.70 | 0.81 | 1.11 | 0.46 |
| | 46.1 | 887 | 4.76 | 11.36 | 6.79 | 5.88 | 3.54 | 4.45 |
| | 47.2 | 17 | 56.42 | 12.87 | 105.24 | 3.46 | 5.53 | 1.84 |
| | 1172 | 993 | 0.11 | 0.13 | 1.88 | 0.69 | 1.64 | 0.66 |
| | 462 | 1262 | 2.38 | 12.66 | 4.97 | 3.87 | 4.14 | 4.57 |
| | 472 | 5 | 8.21 | 0.23 | 71.50 | 14.85 | 5.05 | 0.00 |
| | 6.1 | 25 | 3.56 | 2.57 | 10.83 | 3.09 | 9.15 | 1.15 |
| | 212 | 0 | | | | | | |
| | 21 | 90 | 3.91 | 6.04 | 8.14 | 2.51 | 6.17 | 3.42 |
| | 117.2 | 171 | 0.06 | 0.09 | 2.24 | 0.87 | 1.28 | 0.59 |
| | 46.2 | 1559 | 1.86 | 3.88 | 14.85 | 15.33 | 7.57 | 8.06 |
| | 47.1 | 54 | 62.71 | 20.47 | 61.49 | 16.49 | 29.08 | 13.86 |
| | 22.1 | 70 | 1.49 | 1.49 | 13.20 | 2.85 | 1.86 | 1.00 |
| | 22.2 | 2 | 0.36 | 0.21 | 8.25 | 3.89 | 0.75 | 0.35 |
| | 19 | 714 | 2.17 | 4.18 | 9.63 | 6.40 | 5.63 | 4.74 |
| | 6 | 116 | 16.08 | 20.15 | 10.75 | 5.60 | 8.08 | 3.85 |
| | 4.3 | 17 | 2.46 | 3.40 | 13.94 | 6.90 | 9.67 | 5.96 |
| | 5 | 5 | 28.10 | 25.23 | 20.33 | 5.16 | 9.83 | 1.75 |
| | 1 | 4 | 3.57 | 0.43 | 19.50 | 1.12 | 11.42 | 3.33 |
| | 16 | 29 | 12.64 | 2.24 | 6.73 | 1.07 | 2.61 | 0.66 |
| | 14 | 5 | 110.87 | 45.66 | 13.48 | 4.22 | 5.88 | 2.85 |
| | 22 | 6 | 1.53 | 0.57 | 7.08 | 1.01 | 3.78 | 0.13 |
| | 22.1 | 70 | 1.49 | 1.49 | 13.20 | 2.85 | 1.86 | 1.00 |
| | 481 | 0 | | | | | | |
| | 36 | 2 | 2.72 | 1.57 | 14.70 | 8.06 | 0.40 | 0.00 |
| | 38 | 3 | 148.38 | 119.64 | 24.33 | 1.94 | 17.18 | 1.94 |
| | 38.1 | 6 | 61.11 | 55.30 | 14.04 | 6.50 | 11.96 | 4.53 |
| | 43 | 4 | 2.82 | 0.20 | 4.40 | 0.92 | 2.20 | 0.28 |
| | 25 | 3 | 6.47 | 2.87 | 12.30 | 2.33 | 11.40 | 6.93 |

| | | | | | | | | |
|----------------|------|------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | 113 | 0 | | | | | | |
| | 42 | 0 | | | | | | |
| | 10 | 1 | 101.33 | 0.00 | 33.00 | 0.00 | 22.00 | 0.00 |
| | 11 | 1 | 84.50 | 0.00 | 21.50 | 0.00 | 6.00 | 0.00 |
| | 13 | 0 | | | | | | |
| | 39 | 36 | 2.68 | 2.42 | 47.28 | 43.53 | 15.44 | 19.01 |
| | 39.1 | 20 | 2.71 | 3.80 | 10.41 | 5.99 | 5.87 | 4.77 |
| | 19.1 | 99 | 0.34 | 0.21 | 6.17 | 1.70 | 1.39 | 0.94 |
| | 8 | 0 | | | | | | |
| | 9 | 0 | | | | | | |
| | 24 | 2 | 3.10 | 0.00 | 27.20 | 0.00 | 5.40 | 0.00 |
| | 2.1 | 75 | 24.44 | 18.55 | 43.60 | 28.57 | 29.06 | 20.91 |
| | 17 | 9 | 4.50 | 1.49 | 7.23 | 2.67 | 4.41 | 0.18 |
| | 20 | 15 | 62.60 | 95.17 | 7.49 | 5.41 | 6.28 | 6.66 |
| | 35 | 19 | 6.88 | 4.12 | 6.86 | 4.89 | 6.82 | 4.80 |
| | 2 | 5 | 59.29 | 25.64 | 45.44 | 5.36 | 39.39 | 7.32 |
| | 31 | 27 | 179.38 | 139.67 | 172.45 | 82.53 | 3.47 | 5.41 |
| | 32 | 152 | 21.99 | 54.15 | 41.22 | 47.68 | 4.88 | 9.21 |
| | 35.1 | 74 | 1.30 | 2.23 | 34.45 | 13.71 | 1.23 | 2.24 |
| | 43.1 | 5 | 7.12 | 3.39 | 7.33 | 2.18 | 1.71 | 0.80 |
| | 48 | 65 | 116.82 | 254.31 | 24.12 | 38.32 | 14.64 | 27.69 |
| rubber | 49 | 15 | 2.16 | 0.53 | 7.78 | 1.40 | 4.68 | 1.19 |
| | 52 | 9 | 646.79 | 315.76 | 46.11 | 14.81 | 17.41 | 11.15 |
| | 53 | 29 | 35.88 | 35.18 | 14.48 | 6.79 | 3.74 | 3.07 |
| textile | 54 | 23 | 103.07 | 39.20 | 24.35 | 5.08 | 16.11 | 4.88 |
| | 44 | 0 | | | | | | |
| | 55 | 1 | 220.00 | 0.00 | 96.00 | 0.00 | 34.00 | 0.00 |
| | 59 | 68 | 61.30 | 118.68 | 42.99 | 53.49 | 14.15 | 15.58 |
| paper | 62.1 | 7 | 50.04 | 13.07 | 18.38 | 6.01 | 11.50 | 2.83 |
| | 67.1 | 59 | 1.47 | 1.57 | 7.58 | 5.17 | 4.89 | 3.67 |
| | 64 | 1284 | 0.49 | 0.22 | 2.37 | 0.38 | 0.91 | 0.24 |
| | 63 | 5 | 7.60 | 1.64 | 12.73 | 1.93 | 8.47 | 0.47 |
| | 61 | 9 | 24.69 | 5.57 | 14.62 | 1.55 | 7.57 | 1.49 |
| | 65 | 3 | 28.69 | 1.84 | 10.00 | 2.83 | 10.15 | 1.77 |
| | 66 | 0 | | | | | | |
| | 60 | 0 | | | | | | |
| | 67 | 36 | 3.69 | 3.31 | 9.27 | 2.61 | 11.03 | 4.44 |
| wood | 72 | 2 | 2.03 | 0.40 | 11.00 | 1.41 | 1.00 | 0.00 |
| | 68 | 8 | 8.14 | 1.89 | 3.72 | 0.38 | 2.88 | 0.35 |
| | 73 | 0 | | | | | | |
| | 69 | 0 | | | | | | |
| | 74 | 28 | 484.61 | 41.13 | 13.25 | 2.39 | 8.40 | 2.03 |
| | 75 | 4 | 1081.27 | 826.84 | 49.12 | 2.00 | 5.13 | 1.18 |
| metal | 81 | 67 | 4.68 | 4.93 | 5.15 | 3.16 | 3.03 | 1.56 |
| | 81.1 | 2 | 14.58 | 0.00 | 5.20 | 0.00 | 5.90 | 0.00 |
| | 78 | 124 | 44.74 | 42.86 | 9.76 | 3.36 | 7.43 | 2.24 |

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-----|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 79 | 6 | 4.79 | 0.16 | 14.12 | 0.52 | 0.96 | 0.40 |
| | 83 | 17 | 587.11 | 608.99 | 52.96 | 36.52 | 27.73 | 17.25 |
| | 77 | 546 | 4.42 | 0.94 | 2.76 | 0.29 | 2.46 | 0.34 |
| | 84 | 0 | | | | | | |
| | 88 | 2 | 3.46 | 1.84 | 37.75 | 42.78 | 0.15 | 0.07 |
| | 76 | 7 | 155.26 | 46.79 | 16.66 | 2.31 | 8.39 | 2.98 |
| | 86 | 0 | | | | | | |
| | 80 | 2 | 38.83 | 0.00 | 14.10 | 0.00 | 2.30 | 0.00 |
| | 82 | 2 | 20.75 | 17.89 | 5.50 | 0.71 | 5.50 | 0.71 |
| | 120 | 0 | | | | | | |
| | 89 | 149 | 176.16 | 229.40 | 15.53 | 12.13 | 4.86 | 3.89 |
| | 90 | 11 | 774.59 | 363.69 | 57.63 | 30.25 | 17.80 | 6.75 |
| glass | 91 | 390 | 35.35 | 58.29 | 5.50 | 3.99 | 3.68 | 2.76 |
| | 92 | 0 | | | | | | |
| | 93 | 66 | 2.93 | 3.43 | 2.85 | 1.02 | 1.75 | 0.59 |
| sanitary | 7 | 18 | 20.43 | 14.84 | 10.23 | 2.78 | 4.35 | 1.79 |
| | 98 | 154 | 0.19 | 0.05 | 6.34 | 1.38 | 0.22 | 0.04 |
| | 982 | 0 | | | | | | |
| | 102.2 | 123 | 5.60 | 6.14 | 18.25 | 8.31 | 6.22 | 4.72 |
| | 97 | 1 | 0.21 | 0.00 | 4.50 | 0.00 | 4.50 | 0.00 |
| | 99 | 4 | 1.13 | 0.82 | 11.25 | 2.97 | 11.38 | 3.01 |
| | 18 | 0 | | | | | | |
| | 100 | 7 | 0.14 | 0.02 | 2.93 | 0.52 | 1.77 | 0.13 |
| | 102.3 | 0 | | | | | | |
| | 101 | 1 | 9.86 | 0.00 | 11.50 | 0.00 | 10.30 | 0.00 |
| | 102 | 12 | 7.04 | 6.35 | 15.41 | 5.90 | 7.90 | 5.83 |
| medical | 103 | 9 | 4.90 | 9.38 | 5.96 | 2.15 | 2.49 | 1.07 |
| | 104 | 5 | 11.23 | 10.86 | 9.30 | 1.32 | 2.35 | 0.31 |
| | 105 | 4 | 9.73 | 0.43 | 15.50 | 3.50 | 12.17 | 1.53 |

Appendix C: rivieroevers

| Locatie | Type oever | |
|------------------|--|--|
| IJssel, Arnhem | Uiterwaard, zand, lichte vegetatie, kribben |  |
| Rijn, Arnhem | Uiterwaard, zand, lichte vegetatie, kribben. Met recreatief gebruik. |  |
| Maas, Ravenstein | Uiterwaard, gras en struiken |  |
| Maas, Maastricht | Harde oever, gras en struiken |  |
| Rijn, Nijmegen | Uiterwaard. Zandstrand tussen kribben, geen vegetatie. Met recreatief gebruik. |  |

| | | |
|-------------------------------|--|---|
| <p>IJssel, Kampen</p> | <p>Riet, harde oever (stenen taluut en stortsteen)</p> |  |
| <p>Rijn, Rotterdam</p> | <p>Stenen taluut en stortsteen</p> |  |
| <p>Maas, Moerdijk</p> | <p>Vegetatie, stortsteen</p> |  |

Appendix D: turflijst rivieroevermetingen van Schone Rivieren

| | |
|---|---------------------------|
| Naam rivier | |
| Provincie | |
| Gebiedscode (Vul hier ontvangen code van het tracéin) | |
| Oeverzijde | Linker/ rechter/ onbekend |
| Datum monitoring | |
| Naam onderzoeker 1 | |
| E-mail onderzoeker 1 | |
| Naam onderzoeker 2 | |
| E-mail onderzoeker 2 | |

| | |
|--|--------|
| Kon de meting worden uitgevoerd? Ja/ nee | Ja/Nee |
| Zo nee, beschrijf hier waarom | |

| | |
|---|--------|
| Is er afgeweken van de vooraf bepaalde 100 meter? Geef lengte en breedte aan. | Ja/Nee |
| Zo ja, beschrijf hier waarom | |

| | |
|---|--|
| Waren er nog bijzonderheden? Noteer hier ook herkenbare items die niet op de lijststaan. (gelieve omschrijving per gevonden item en hoeveelheid) | |
|---|--|

| Ospar ID | Plastic en piepschuim | Aantal |
|----------|---|--------|
| 15 | Doppen en deksels | |
| 4.2 | Drankflessen << 1/2 liter | |
| 4.1 | Drankflessen > 1/2 liter | |
| 40 | Industriële verpakkingsmaterialen (o.a. plastic zeil, bouwplastic, landbouwplastic) | |
| 3 | Kleine plastic tasjes | |
| 117.1 | Ondefinieerbare plastic stukjes 0 - 2,5 cm (hard plastic) | |
| 46.1 | Ondefinieerbare plastic stukjes 2,5 - 50 cm (hard plastic) | |
| 47.2 | Plastic stukken > 50cm (hard plastic) | |
| 1172 | Ondefinieerbare stukjes piepschuim 0 - 2,5 cm (schatting) | |
| 462 | Ondefinieerbare stukjes piepschuim 2,5cm - 50 cm | |
| 472 | Piepschuim > 50 cm | |
| 6.1 | Piepschuim voedselverpakkingen (o.a. hamburger) | |
| 212 | Piepschuim bekers of delen daarvan | |

| | | |
|-------|---|--|
| 21 | Plastic bekers of delen daarvan | |
| 117.2 | Plastic folies of stukken daarvan 0 - 2,5 cm (zacht plastic) | |
| 46.2 | Plastic folies of stukken daarvan 2,5 - 50 cm (zacht plastic) | |
| 47.1 | Plastic folies of stukken daarvan > 50cm (zacht plastic) | |

| | | |
|-------|---|--|
| 22.1 | Rietjes | |
| 22.2 | Roerstaafjes | |
| 19 | Snoep, snack en chips verpakkingen | |
| 6 | Voedselverpakkingen (o.a. yoghurt, ketchup, boter, frietbakjes etc.) | |
| 4.3 | Wikkels van drankflessen | |
| 5 | Verpakking van schoonmaakmiddelen (o.a. afwasmiddel, allesreiniger etc.) | |
| 1 | 6-pack ringen | |
| 16 | Aanstekers | |
| 14 | Auto onderdelen | |
| 22 | Bestek | |
| 22.1 | Plastic borden | |
| 481 | Biofilm/waterfiltertjes | |
| 36 | Breekstaafjes | |
| 38 | Emmers of stukken daarvan | |
| 38.1 | Plastic bloem/plant potten, plantentrays of stukken daarvan | |
| 43 | Geweerpatronen en hulzen | |
| 25 | Handschoenen huishoudelijk (zacht plastic) | |
| 113 | Handschoenen professioneel (dikker plastic) | |
| 42 | Helmen | |
| 10 | Jerry cans | |
| 11 | Kitspuiten | |
| 13 | Kratten of stukken daarvan | |
| 39 | Plastic band en tie-wraps | |
| 39.1 | Plakband/ schilders- ducttape of stukken daarvan | |
| 19.1. | Plastic lolly stokjes (let op: met gaatje aan de bovenkant) | |
| 8 | Motorolie verpakkingen < 50 cm | |
| 9 | Motorolie verpakkingen > 50 cm | |
| 24 | Netzakken (o.a. voor uien/fruit) | |
| 2.1. | Plastic vuilniszakken of stukken daarvan | |
| 17 | Schrijfwaren (o.a. pennen) | |
| 20 | Speelgoed | |
| 35 | Sportvispullen (o.a. dobbers, aasbakjes, verpakkingen vansportvisproducten) | |
| 2 | Tassen | |
| 31 | Touw diameter > 1 cm | |
| 32 | Touw en koord diameter < 1 cm | |
| 35.1 | Visdraad (van nylon of gevlochten lijn) | |
| 43.1 | Vuurwerk of resten daarvan (alleen plastic of gecombineerd met karton) | |
| 48 | Overige plastics (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |

| Ospar ID | Rubber | Aantal |
|----------|--|--------|
| 49 | Ballonnen of resten van ballonnen (incl. sierlinten) | |
| 52 | Banden (o.a. auto/fiets) | |

| | | |
|----|--|--|
| 53 | Overig rubber (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |
|----|--|--|

| Ospar ID | Textiel | Aantal |
|----------|---|--------|
| 54 | Kleding | |
| 57/44 | Schoenen, laarzen en slippers | |
| 55 | Vloerbedekking | |
| 59 | Overig textiel (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |

| Ospar ID | Papier | Aantal |
|----------|--|--------|
| 62.1 | Drankkartons (o.a. sap, melk, yoghurtdrink) | |
| 67.1. | Ondefinieerbare stukjes papier 0 > 50cm | |
| 64 | Sigarettenfilters | |
| 63 | Sigarettenverpakking of delen daarvan (plastic verpakking hier ook turven) | |
| 61 | Karton (o.a. delen van verpakking) | |
| 65 | Kartonnen bekers | |
| 66 | Kranten | |
| 60 | Tassen | |
| 67 | Overig papier (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |

| Ospar ID | Hout | Aantal |
|----------|--|--------|
| 72 | IJstokjes | |
| 68 | Kurken | |
| 73 | Kwasten | |
| 69 | Pallets | |
| 74 | Overig hout < 50 cm (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |
| 75 | Overig hout > 50 cm (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |

| Ospar ID | Metaal | Aantal |
|----------|----------------------------------|--------|
| 81 | Aluminium folies en verpakkingen | |
| 81.1. | Capsules (o.a. koffie/ chocomel) | |
| 78 | Drankblikjes | |
| 79 | Elektriciteitsdraden | |

| | | |
|----|--|--|
| 83 | Industrieel oud ijzer (o.a. kabels, pijp etc.) | |
| 77 | Kroonkurken & metalen doppen (o.a. bierdoppen) | |
| 84 | Oliedrums | |
| 88 | Omheingsdraad, prikkeldraad | |
| 76 | Spuitbussen | |
| 86 | Verfblikken | |
| 80 | Vislood | |
| 82 | Voedselblikken | |

| | | |
|-----|--|--|
| 120 | Wegwerp BBQs | |
| 89 | Overig metaal < 50 cm (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |
| 90 | Overig metaal > 50 cm (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |

| Ospar ID | Glas | Aantal |
|----------|--|--------|
| 91 | Flessen, potten of stukken daarvan | |
| 92 | Lampen en TL lampen | |
| 93 | Overig glas (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |

| Ospar ID | Sanitair | Aantal |
|----------|--|--------|
| 7 | Cosmetica verpakkingen (o.a. shampoo, deodorant, zonnebrand) | |
| 98 | Plastic wattenstaafjes (let op: ribbels aan beide zijden) | |
| 982 | Kartonnen wattenstaafjes | |
| 102.2 | Sanitaire/vochtige doekjes | |
| 97 | Condooms | |
| 99 | Maandverbanden, inlegkruisjes of verpakkingen ervan | |
| 18 | Plastic kam of borstel | |
| 100 | Tampons, tampon applicators of verpakkingen ervan | |
| 102.3 | Toiletpapier of stukken daarvan | |
| 101 | Toiletverfrissers | |
| 102 | Overig sanitair (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |

| Ospar ID | Medisch | Aantal |
|----------|---|--------|
| 103 | Verpakkingen (van o.a. pillen, lenzen- en vloeistof) | |
| 104 | Injectiespuiten | |
| 105 | Overig medisch (indien herkenbaar, noteer omschrijving per gevonden item in opmerkingen veld) | |

| Ospar ID | Plastic korrels (nurdles) | Aantal plastic korrels |
|----------|--|------------------------|
| | Detail meting 50x50 cm x strooisellaag | |