



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

# **Pilot monitoring drijvend zwerfafval en macroplastics in rivieren: Jaarmeting 2021**

Tim van Emmerik, Sjoukje de Lange

DATUM

17 maart 2022

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:** maart 2022

Dit rapport is geschreven in opdracht van Rijkswaterstaat WVL.

Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding 4.0 Internationaal-licentie \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

© 2022 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: Jaarmeting 2021*. Wageningen University, Report. 51 pp., <https://doi.org/10.18174/566475>

Keywords: zwerfafval, macroplastics, plasticvervuiling, monitoring, rivieren

Wageningen University report

ISBN: 978-94-6447-143-4

<https://doi.org/10.18174/566475>

## Voorwoord

In dit rapport presenteren wij de resultaten van de pilot monitoring drijvend zwerfafval en macroplastics in rivieren, die tussen januari en december 2021 is uitgevoerd. Het rapport is een aanvulling op het rapport gepubliceerd in 2021 op basis van de metingen in de eerste helft van 2021. 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 terecht komt. 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 voor de hand liggende opgave, en hangt sterk af van welke vragen (vanuit beleid, beheer, kennis) en doelen de hoogste prioriteit hebben. In dit kader heeft Rijkswaterstaat WVL in 2021 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 Nadieh Kamp, Eric Copius Peereboom, Paul Vriend 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: Roy Frings, Louise Schreyers, Heleen Aalderink, Joshua Leusink, Finn Begemann, Eric Hamers, Rahel Hauk, Peter Jansson, Niels Janssens, Nonna Joosse, Dana Kelder, Tim van der Kuijl, Romi Lotcheris, Ansje Löhr, Yvette Mellink, Rose Pinto, Paolo Tasseron, Vivien Vos, Paul Vriend, Tom Barendse, Boaz Kuizenga, Jiaheng Zheng, Titus Kruyssen, Belle Holthuis, Aline Looijen, Siebolt Folkertsma, Lianita Suryawinata, Kryss Waldschläger, Anna Schwarz, Rosalie Mussert, Lisanne Middelbeek, Roos Kolkman, Joël Kampen, Gijs Roosen, Evelien Castrop, Maartje Wadman, Olga Dondoli, Khoa Thi, Wessel van der Meer, Tijme Rijkers, Laura Wilson, Berte Mekonen, Willen de Rooij, Pepijn van Aubel en Ida Meyenberg.

Wageningen, 15 maart 2022



## Samenvatting

Zwerfafval en macroplastics in en rondom rivieren is een groeiend probleem vanwege de negatieve impact op ecosystemen, biodiversiteit, economische activiteiten 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 over betrouwbare monitoringsdata te beschikken. Deze informatie is cruciaal om passende strategieën te ontwikkelen voor preventie en reductie van zwerfafval en macroplastics in rivieren. Dit rapport presenteert de resultaten van de eerste jaarmeting van drijvend zwerfafval en macroplastic in Nederlandse rivieren.

### De verzamelde data

In dit project zetten we een eerste stap in de richting van de ontwikkeling van een geschikte meetmethode voor langetermijnmonitoring van drijvend zwerfafval en macroplastics in Nederlandse rivieren. Tussen januari en december 2021 zijn in totaal 3190 metingen (268 uur aan observaties) gedaan van drijvend zwerfafval en macroplastic, waarbij 7537 voorwerpen zijn geteld. Daarnaast zijn 16.488 voorwerpen gevonden op rivieroeveren geïdentificeerd, waarvan er 14.052 verzameld en geanalyseerd zijn (184 kg). Alle observaties tezamen hebben een eerste dataset opgeleverd van de maandelijkse en ruimtelijke variatie in drijvend zwerfafval en macroplastics, en de massastatistiek (categorie, massa, afmetingen) voor de Nederlandse Rijn, Maas en IJssel.

### Brugtelmetingen en oevermetingen

Maandelijkse metingen op zeven verschillende locaties langs de Rijn, Maas en IJssel zijn gebruikt om het transport drijvend zwerfafval en macroplastics 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. Extra metingen zijn uitgevoerd tijdens de hoogwatergolven in februari 2021 en juli 2021. Daarnaast zijn op 26 locaties langs de Rijn en Maas brugtelmetingen gedaan in drie maanden tussen juni en december om inzicht te krijgen in de variatie van drijvend zwerfafval en macroplastics over de lengte van de Rijn en Maas. Via de oevermetingen hebben we data verzameld over de samenstelling en verdeling van de massa per item.

### Zwerfafval- en macroplastictransport varieert sterk over ruimte en tijd

Er is een maandelijkse variatie in drijvend transport, waarbij er duidelijk meer drijvend transport is tijdens hoge afvoer. Op vier van de vijf geteste locaties is een positieve correlatie gevonden tussen rivierafvoer en drijvend transport. De precieze relatie tussen afvoer en transport varieert van plek tot plek, waardoor het duidelijk is dat er geen triviaal verband is tussen afvoer en transport. Het drijvend transport is twee keer zo hoog op de benedenstroomse locaties als de bovenstroomse locaties. Dit wordt verklaard door de extra input van zwerfafval en macroplastics in de rivieren binnen Nederland, en de accumulerende functie van de getijdegebieden. Drijvend transport varieert ook sterk in de langsrichting van de Rijn en de Maas, wat deels verklaard kan worden door de vertakkingen van de rivieren, afvoerdynamiek en locaties van stedelijk gebied. Het grootste deel van het drijvende afval is plastic (87%) waarvan zacht plastic domineerde (57%). 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.

### Een eerste inschatting van jaarlijks massatransport

Wij presenteren een eerste inschatting van het item- en massatransport van zwerfafval en macroplastics gebaseerd op een volledig jaar aan observaties. De transportwaarden van de Rijn en Maas zijn tijdens de piekmaanden vergelijkbaar met vervuilde rivieren in Europa, Azië en Afrika. Tijdens de hoogwatergolf in de Maas zijn waarden gemeten die wereldwijd tot de hoogste ooit behoren. Dit laat zien hoe belangrijk piekafvoer is in de mobilisatie en transport van zwerfafval en macroplastics in rivieren. Het totale transport in de benedenstroomse gebieden is geschat op 40-150 ton/jaar voor de Rijn, Maas en IJssel.

### **Aanbevelingen voor de toekomst**

Voor de verdere verbetering van langetermijnmonitoring bevelen verder fundamenteel onderzoek aan naar de rol van hydrologie in transport van zwerfafval en macroplastics in Nederlandse rivieren. Het is met name cruciaal om beter inzicht te krijgen in (1) de connectiviteit tussen boven- en benedenstroomse locaties, (2) de relatie tussen afvoer en transport, (3) de transportdynamiek in getijdengebieden voor het berekenen van nettotransport naar zee, en (4) rol van piekafvoer op de transport dynamiek. De resultaten laten zien dat met betrekkelijk eenvoudige meetmethoden een goed gedetailleerd beeld kan worden verkregen 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

Anthropogenic litter and macroplastics in and around river systems is a growing challenge due to the negative impact on ecosystems, biodiversity, economic activities and human livelihoods. To better quantify where, how, and when anthropogenic litter and macroplastics are transported into and through rivers, reliable monitoring data are crucial. This information is crucial to develop effective strategies to prevent and reduce anthropogenic litter and macroplastics in rivers. This report presents the results of the first full-year measurement effort to quantify floating anthropogenic litter and macroplastics in Dutch rivers.

### The collected data

With this project we take a first step for the development of an effective long-term monitoring method for floating anthropogenic litter and macroplastics in Dutch rivers. From January to December, 2021, we conducted 3190 measurements (268 hours of observations) of floating anthropogenic litter and macroplastics, during which 7537 items were observed. We classified 16,488 items on riverbanks, of which 14,052 were collected and analyzed (184 kg). All observations have resulted in a first dataset of monthly and spatial variation in floating anthropogenic litter and macroplastics, and mass statistics (category, mass, length and width) for the Dutch Rhine, Meuse and IJssel rivers.

### Visual counting measurements from bridges and riverbank sampling

Monthly measurements at seven locations along the Rhine, Meuse and IJssel were used to calculate the total anthropogenic litter and macroplastic transport in the Dutch rivers. Monitoring was done through visual counting measurements from bridges, and resulted in an estimate of the total floating transport. Additional measurements were done during high discharge events in February and July, 2021. We conducted supplementary measurements at 26 locations along the Rhine and Meuse during three months between June and December to generate insights in the longitudinal variation in anthropogenic litter and macroplastic transport. Through the riverbank measurements we collected data on the composition and mass statistics of anthropogenic litter and macroplastics.

### Anthropogenic litter and macroplastic transport varies over time and space

We found a clear monthly variation in floating transport, with increased transport during periods of high river discharge. At four out of five tested locations we found a strong positive correlation between discharge and floating transport. The exact relation between discharge and transport varies between locations, showing that there is no trivial or generic relation between the two. Floating transport was two times higher at the downstream locations compared to the upstream locations. This is explained by the additional input of anthropogenic litter and macroplastics within the Netherlands, and accumulation of anthropogenic litter and macroplastics within the tidal zone. Floating transport also varies in the longitudinal direction of the Rhine and Meuse, what is partially explained by the confluences and bifurcations, the discharge dynamics, and the locations of urban areas. The largest part of floating anthropogenic litter and macroplastics is plastics (87%), of which soft plastics dominated (57%) the total sample. Riverbank anthropogenic litter and macroplastic mainly consisted of plastics (70%) as well. The composition of the found items was relatively similar in time, and varied mainly in space and per riverbank type.

### First estimates of annual mass transport

We present the first estimates of the item and mass transport of anthropogenic litter and macroplastics based on a full year of observations. The transport values in the Rhine and Meuse during the peak months are similar to those of heavy polluted rivers in Europe, Asia and Africa. During the summer flood peak in the Meuse, we measured floating anthropogenic litter and macroplastics values that are among the highest measured to date globally. This emphasizes the importance of peak discharge in the mobilization and transport of anthropogenic litter and macroplastics in and through rivers. The total transport in the downstream areas is estimated to be 40-66, 27-53 and 22-32 t/year for the Rhine, Meuse and IJssel, respectively.

## **Recommendations**

For further improvement of long-term monitoring of (floating) anthropogenic litter and macroplastic in Dutch rivers, we recommend further fundamental research about the role of hydrology in anthropogenic litter and macroplastic transport. We suggest to specifically invest in increasing the understanding of (1) the connectivity between upstream and downstream areas, (2) the relation between discharge and transport, (3) the transport dynamics in tidal areas for calculating net transport into the ocean, and (4) the role of peak discharge on transport dynamics. The results show that by using a relatively simple measurement method, we can provide a reliable assessment of the magnitude, composition and variation of anthropogenic and macroplastic transport. This information is a crucial ingredient for the design of long-term strategies for monitoring, and the optimisation of prevention and reduction strategies.



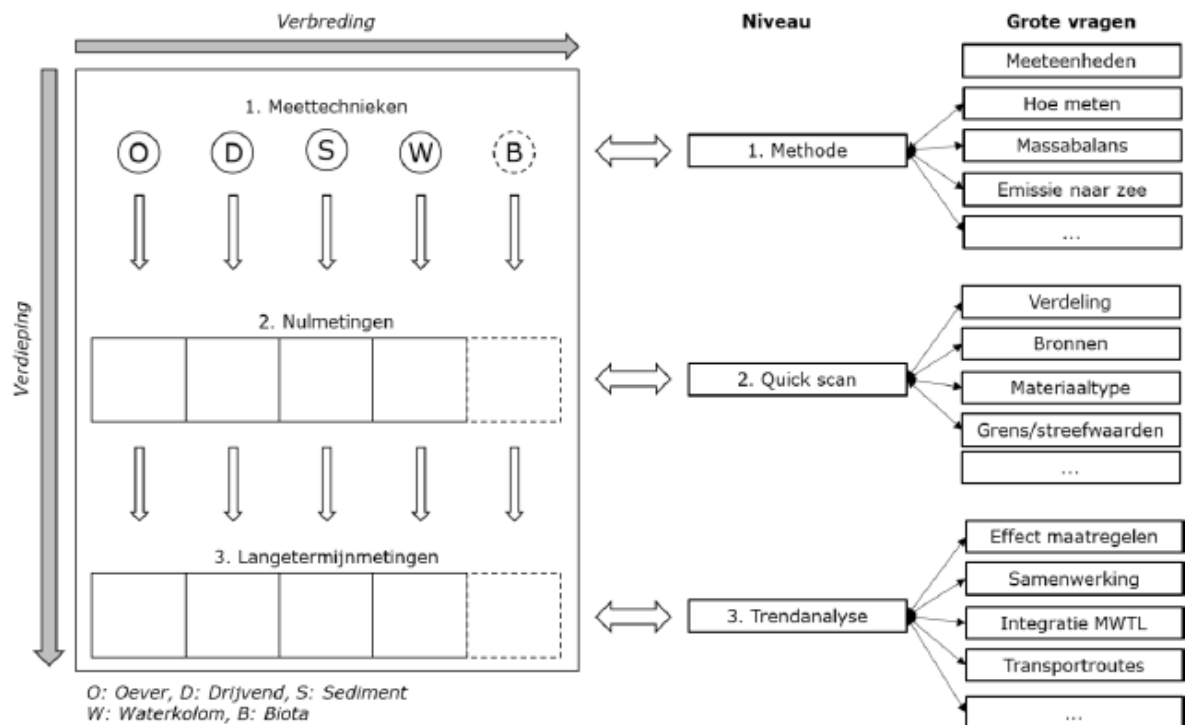
## Inhoud

Voorwoord	3	
Samenvatting	5	
Summary in English	7	
1	Introductie	11
2	Methoden	14
2.1	Meetlocaties	14
2.2	Drijvend zwerfafval en macroplastics	15
2.3	Oevermetingen	18
2.4	Laboratoriumanalyse	19
2.5	Massatransport drijvend zwerfafval en macroplastics	20
2.6	Relatie met hydrologie	21
3	Resultaten en discussie	22
3.1	Drijvend zwerfafval en macroplastics	22
3.1.1	Variatie door het jaar heen	22
3.1.2	Variatie over de doorsnede	23
3.1.3	Variatie in de lengterichting van de rivieren	23
3.1.4	Samenstelling van drijvend zwerfafvalafval	24
3.2	Oevermetingen	25
3.2.1	Algemene databeschrijving	25
3.2.2	Meest voorkomend zwerfafval	26
3.2.3	Type zwerfafval	28
3.2.4	Dichtheid zwerfafval en macroplastics op rivieroever	29
3.2.5	Grootte zwerfafval en macroplastic	30
3.2.6	Invloed van samplegrootte en betrouwbaarheid	32
3.3	Massatransport drijvend zwerfafval en macroplastic	35
3.4	Relatie tussen transport en afvoer	36
4	Conclusie en aanbevelingen	38
4.1	Conclusies	38
4.2	Aanbevelingen	39
Literatuur	41	
Appendices	43	
Appendix A: meetlocaties	43	
Appendix B: statistieken van de oevermetingen	44	
Appendix C: rivieroever	46	
Appendix D: turflijst rivieroevermetingen van Schone Rivieren	48	



# 1 Introductie

Zwerfafval en macroplastics in en rondom rivieren is een groeiend probleem vanwege de negatieve impact op ecosystemen, biodiversiteit, economische activiteiten 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, opruimkosten van gebiedsbeheerders) 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. Het is echter onduidelijk welke rivieren in Nederland verantwoordelijk zijn voor de grootste transport en mobilisatie van zwerfafval en macroplastics, en de mogelijke emissies naar de Noordzee. Het beter begrijpen van bronnen, accumulatiezones, massabalans, effecten en transportmechanismen 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 in verschillende compartimenten. De Routekaart kan in twee richtingen (verbreiding en verdieping) gebruikt worden. Ten eerste kan worden afgelopen welke beleids- en beheers- en kennisvragen 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 et al., 2022b).*

Begin 2021 is de routekaart monitoring zwerfafval/macroplastics Nederlandse rivieren gepubliceerd (Figuur 1; van Emmerik et al., 2022b), waarin een raamwerk is gepresenteerd dat aangeeft wat nodig is om tot een geschikte langetermijnmonitoringsstrategie te komen. Uit de routekaart is 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 (van Emmerik & Schwarz, 2020; Broere et al., 2021). 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 volgende doelen:

- Het ontwikkelen van een geschikte meettechniek en -protocol voor drijvend zwerfafval en macroplastics in Nederlandse rivieren;
- Het verkennen van geschikte locaties voor langetermijnmonitoring van drijvend zwerfafval en macroplastics vanaf bruggen;
- Het uitvoeren van de eerste maandelijkse metingen voor een volledig jaar op een aantal strategische locaties (bruggen) in de Rijn, Maas en IJssel, om zo de variatie tijdens het jaar en als gevolg van afvoerdynamiek te kwantificeren;
- Het ontwikkelen en toepassen van een methode om een inschatting van het massatransport en de massabalans op te stellen van zwerfafval en macroplastics in Nederlandse rivieren;
- Bepalen van de variatie van drijvend zwerfafval en macroplastics in de lengterichting van de Nederlandse rivieren;
- Bepalen van de samenstelling van drijvend zwerfafval en macroplastics;
- Het verkennen van correlaties tussen zwerfafvaltransport en hydrologie, tijdens normale omstandigheden en tijdens hoogwater;
- 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., 2020).

- De telmetingen vanaf bruggen leveren een snelle inschatting op van het itemtransport op het wateroppervlak, zodat dat uitvoerige bemonstering nodig is.
- 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 voor de maandelijkse metingen. Op 18 aanvullende locaties zijn metingen gedaan om de variatie in de lengterichting van de rivieren in kaart te brengen. De zeven locaties zijn de meest boven- en benedenstroomse locaties. De overige locaties zijn alle beschikbare bruggen op de hooftakken van de Maas en Rijn/Waal.

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 ontwikkelde protocol is te vinden in Wadman & van Emmerik (2022). Het drijvend zwerfafval is gemeten middels telmetingen vanaf bruggen op representatieve locaties (Figuur 2). Deze zijn aangevuld met oevermetingen langs de bruggen waarbij afval volgens het Rivier-OSPAR-protocol (van Emmerik et al., 2020) is verzameld en vervolgens in het laboratorium in detail is gesorteerd, gemeten en gewogen (Figuur 3). De resultaten van de telmetingen en oevermetingen zijn vervolgens gecombineerd om tot een inschatting van het massatransport te komen. Deze methoden zijn in de onderstaande secties in meer detail uitgewerkt. Alle metingen zijn tussen januari en december 2021 uitgevoerd met een maandelijkse frequentie. We hebben extra meetrondes gedaan in februari en juli in verband met de hoogwatergolf en overstroming, 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).

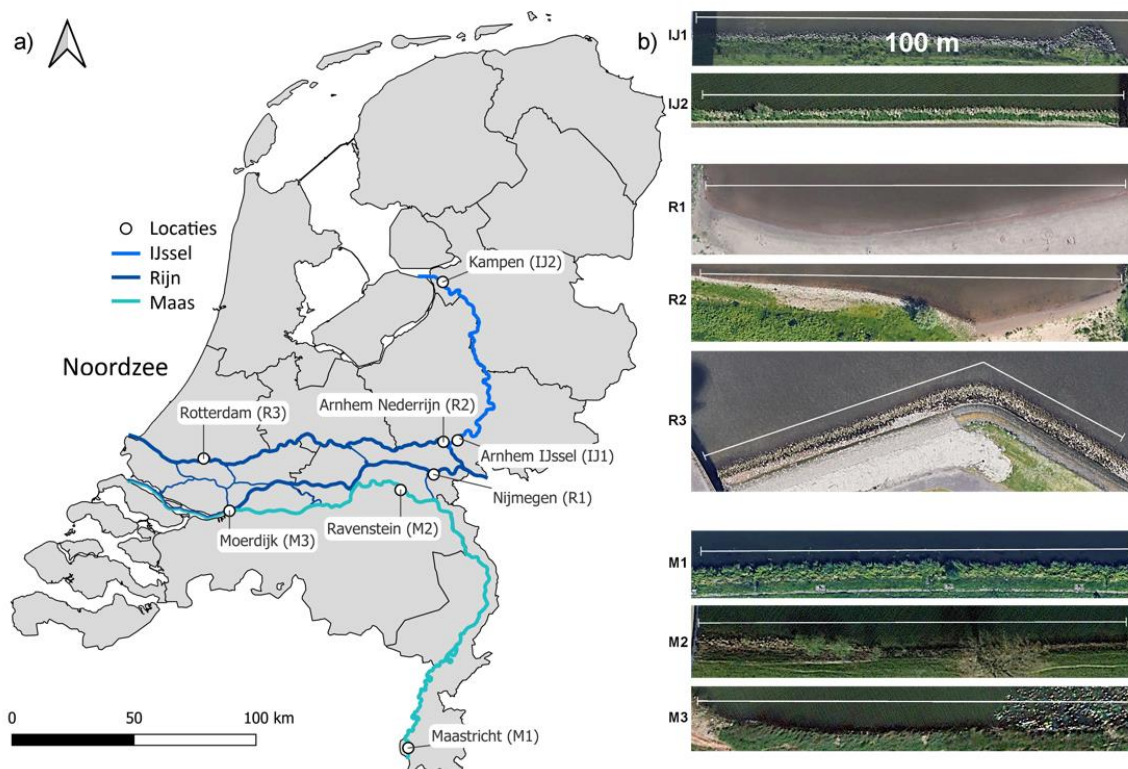
### 2.1 Meetlocaties

Voor de maandelijkse metingen zijn zeven meetlocaties geselecteerd, bovenstrooms en benedenstrooms van de Rijn (Waal), Maas en IJssel (witte stippen in 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.

- Voor het Rijnstroomgebied zijn drie meetpunten geselecteerd in Nijmegen (bovenstrooms; R1), in de Nederrijn (R2) en Rotterdam (Benedenstrooms; R3).
- Voor het Maasstroomgebied is op drie punten gemeten, in Maastricht (bovenstrooms; M1), Ravenstein (middenstrooms; M2) en Moerdijk (benedenstrooms; M3). Voor de vertakking van Rijnstroomgebied via IJssel is gemeten in Arnhem (bovenstrooms; IJ1) en Kampen (benedenstrooms; IJ2). 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.
- Voor de langsprofielen (variatie in de lengterichting) in de Rijn en Maas zijn op in totaal 26 locaties metingen gedaan. Voor de Maas zijn deze in juni, september en december uitgevoerd. Voor de Rijn in juli, oktober en december.



Figuur 2: Overzicht van alle meetlocaties tijdens het project. Op locaties met een grote stip zijn de maandelijkse brugtellingen en de rivieroevermetingen uitgevoerd.



Figuur 3: Overzicht van de meetlocaties waar de maandelijkse brugtellingen en rivieroevermetingen zijn uitgevoerd. Aan de rechterkant zijn alle rivieroeveren afgebeeld, wat laat zien dat we oevers met verschillende karakteristieken hebben meegenomen. De witte lijn geeft de lengte van 100 m aan.

## 2.2 Drijvend zwerfafval en macroplastics

Drijvend zwerfafval is op de geselecteerde locaties 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

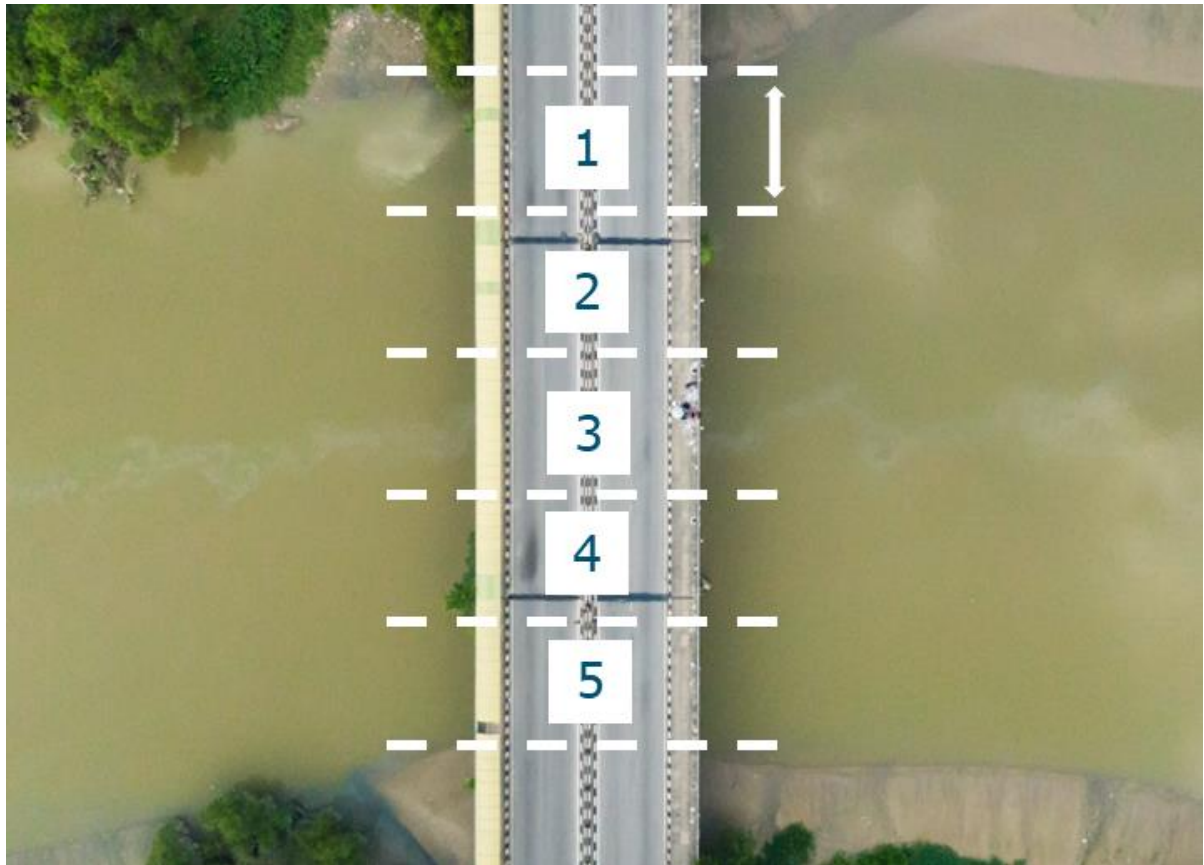
buitenland (zie bijvoorbeeld Van Calcar & van Emmerik (2019) en het RIMMEL-project (González-Fernández et al., 2021)).

Elke meting bestaat uit het tellen en categoriseren van voorbijrijvend zwerfafval voor een bepaalde duur vanaf een brug, voor een gedeelte van de doorsnede van de rivier (segment). Deze segmenten zijn doorgaans 10 tot 25 meter breed, afhankelijk van de hoogte en kijkhoek van de surveillant. Het is belangrijk om voor elk segment de breedte te meten. In Figuur 4 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). Er is geen richtlijn voor het aantal segmenten, maar over het algemeen wordt aangenomen dat wanneer ten minste 25% van de breedte wordt gemeten de observaties betrouwbaar zijn. 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:

$$f_i = \frac{\sum c}{d} \cdot 60$$
$$F = \sum_{i=1}^s \frac{f_i}{w_i} \cdot \frac{1}{S} \cdot W \cdot T$$

Met het drijvend zwerfafvaltransport  $f_i$  [# / uur] voor segment  $i$ , de som van getelde aantal voorwerpen  $c$ , lengte van de meting  $d$  (5 minuten) [min], het totale zwerfafvaltransport  $F$  voor de hele doorsnede, segmentbreedte  $w$  [m], rivierbreedte  $W$  [m] en eventuele tijdcorrectiefactor  $T$  (voor # / dag of # jaar). Het getal 60 is om van transport per minuut naar transport per uur te komen. De afstand van de brug tot het wateroppervlak was tussen de 6 en 15 meter, en over het algemeen kunnen 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 4: 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.*

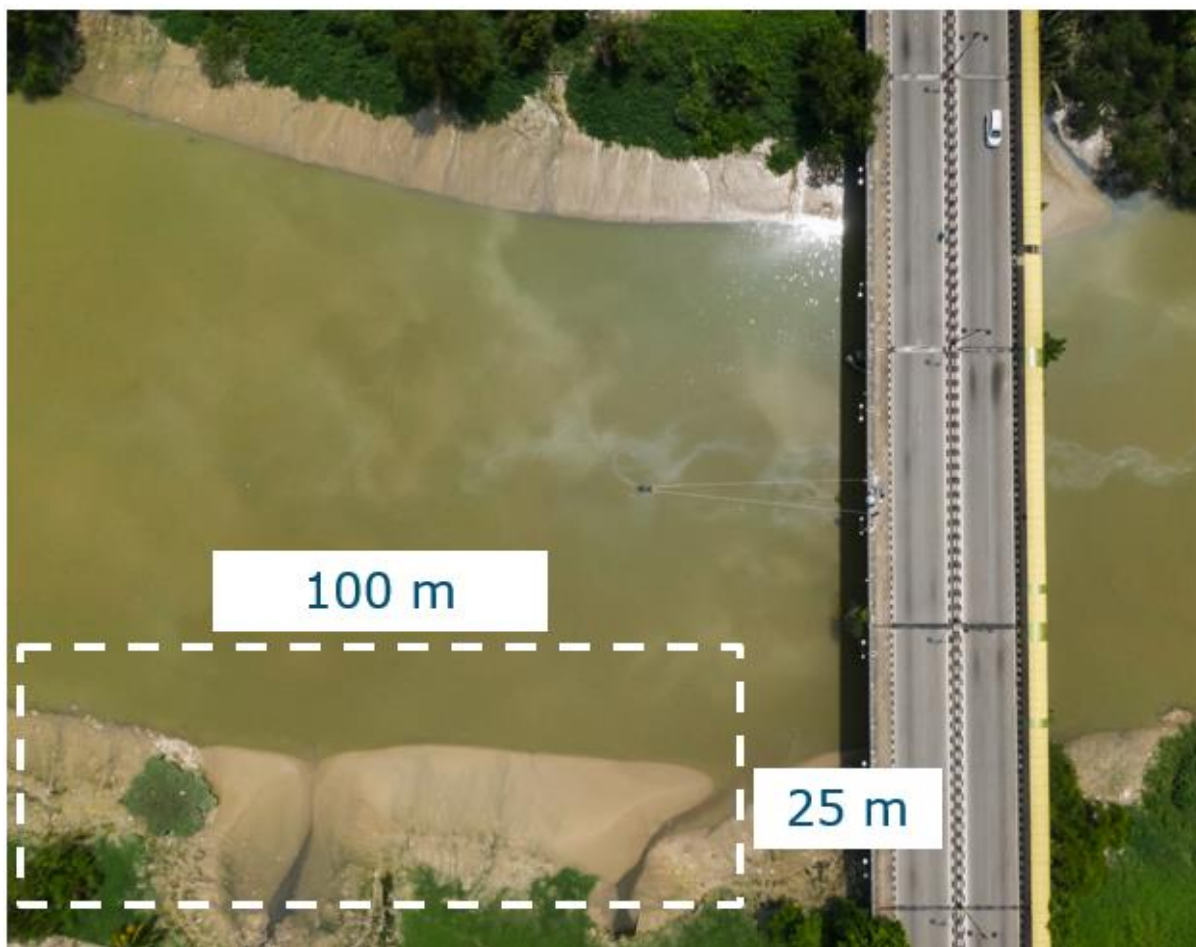
Naast het tellen van de totale hoeveelheid objecten, kan elk object worden gecategoriseerd in een van de zeven plasticcategorieën of acht materiaalcategorieën (Vriend et al., 2020). De plasticcategorieën zijn gebaseerd op productgroepen die over het algemeen tot dezelfde polymeergroep behoren. De categorieën PO soft en PO hard omvatten zowel voorwerpen van PP en PE, en worden geclassificeerd op basis of ze hard of zacht zijn. De materiaalcategorieën zijn gebaseerd op de Rivier-OSPAR-methode (van Emmerik et al., 2020). 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
<b>Plastic - PET</b>	Polyethyleentereftalaat. Altijd doorzichtig.	Drinkflesjes, saladebakjes
<b>Plastic - PO soft</b>	Polyolefine, zacht. Gekeurd, folies en zakken, wasachtig oppervlak.	Tasjes, zakken
<b>Plastic - PO hard</b>	Polyolefine, hard. Wasachtig oppervlak.	Shampooflesjes, ijsbakken, lunchdozen
<b>Plastic - PS</b>	Polystyreen. Rigide, glazig, helder.	Speelgoed, bestek, Cd-hoezen
<b>Plastic - ML</b>	Multilayer, meerlaagse folies. Flexibel, geprinte folies.	Chipszakken, voedselverpakking
<b>Plastic - EPS</b>	Expanded polystyreen. Schuimig.	Piepschuim, schuimige bekers, vleesverpakking
<b>Plastic - Overig</b>	Overig plastic	
<b>Rubber</b>		Ballonnen, banden
<b>Textiel</b>		Kleding, schoenen
<b>Papier</b>		Drankkartons, sigaretten, kranten
<b>Hout</b>	Bewerkt hout	IJstokjes, kurk
<b>Metaal</b>		Drankblikjes, vislood, metalen doppen
<b>Glas</b>		Flessen, lampen
<b>Sanitair</b>		Wattenstaafjes, condooms
<b>Medisch</b>		Injectiespuiten, verpakkingen
<b>Overig</b>		

### 2.3 Oevermetingen

Aanvullende zijn er metingen van het zwerfafval op de rivieroeveren gedaan om het soort zwerfafval en de gemiddelde massa van het zwerfafval te kunnen vaststellen. Hiermee kan een beeld worden geschetst van de karakteristieken en voorkomen van soorten afval. Oevers in nabijheid van de bruggen zijn geselecteerd, 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 100 m lang, en reikt van de waterlijn tot de hoogwaterlijn, met een maximum breedte van 25m (Figuur 5). De hoogwaterlijn is herkenbaar door afzetting 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 zakken van 35 L zijn verzameld. Deze criteria zijn gebaseerd op de beschikbare capaciteit in het veld en in het lab. Voor elke meting is de totale lengte en breedte van het collectiegebied genoteerd (Tabel 2).



Figuur 5. 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 (L = lengte, B = breedte, O = oppervlakte).

Locatie	Januari			Februari			Maart			April			Mei			Juni		
	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )
R1	70	3	210	105	10	1050	97	6	582	100	3	250	100	2	200	100	2	150
R2	80	4	320	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
R3	50	4	200	50	4	200	10	4	40	50	4	200	10	1	10	58	3	174
M1	x	x	x	30	3	75	30	3	75	30	3	75	30	3	75	30	3	75
M2	50	8	400	67	5	302	67	3	201	20	10	200	50	4	200	50	1	50
M3	13	8	100	63	4	252	10	5	50	5	10	50	5	4	20	12	6	72
IJ1	100	4	350	110	4	385	100	2	200	100	4	350	100	4	350	100	3	300
IJ2	40	2	80	11	2	16	56	2	112	90	2	180	90	2	180	80	3	240
	Juli			Augustus			September			Oktober			November			December		
	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )	L (m)	W (m)	O (m <sup>2</sup> )
R1	65	3	163	100	6	600	100	6	600	130	3	390	100	4	400	100	6	600
R2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	36	8	288
R3	51	7	357	100	2	200	54	7	378	61	6	366	41	2	82	60	5	300
M1	30	3	75	30	3	75	30	3	75	30	3	75	30	3	75	30	3	75
M2	45	1	45	50	4	200	100	2	200	50	2	100	113	4	452	95	5	475
M3	8	6	48	7	3	18	7	4	28	9	6	54	8	5	40	30	4	120
IJ1	100	4	350	100	3	300	100	7	700	100	4	400	100	4	400	90	2	180
IJ2	56	2	112	17	3	51	56	2	112	70	3	210	70	3	210	30	2	60

## 2.4 Laboratoriumanalyse

In het Kraaijenhof van der Leur Water- en Sedimentlaboratorium van Wageningen University, wordt het verzamelde zwerfafval gewogen, de lengte en breedte van items gemeten en gecategoriseerd. Dit

is in de maanden januari tot mei, augustus, en september uitgevoerd. 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 Massatransport drijvend zwerfafval en macroplastics

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:

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

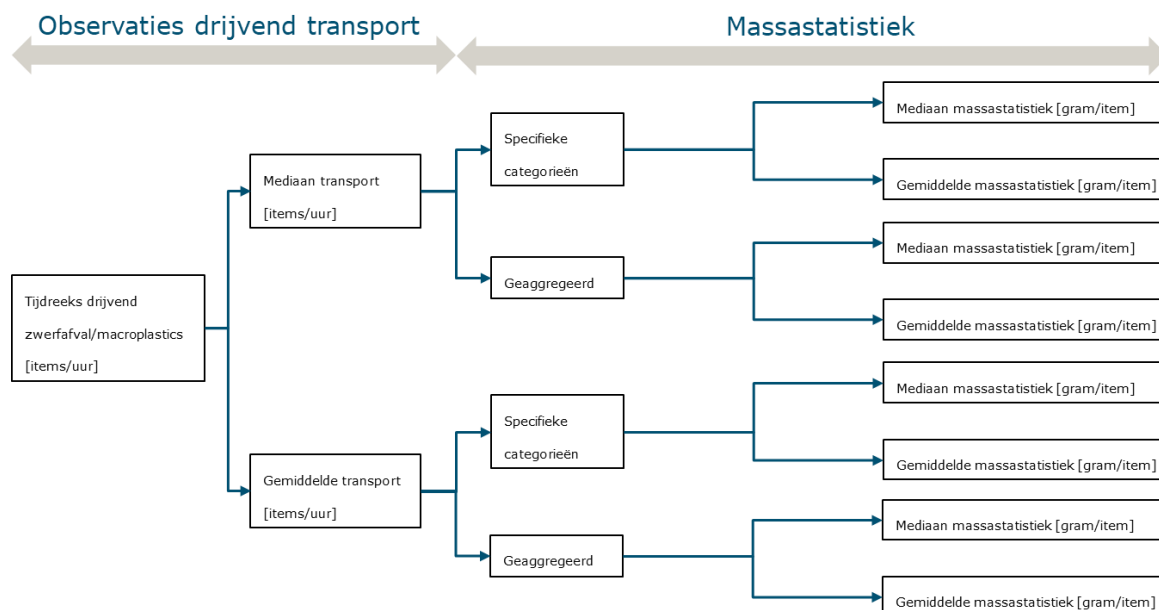
Met totaal massatransport  $T_p$  [kg/uur], totaal gemeten itemtransport  $F$  [# / uur] en massa per voorwerp [gram/#]. Het gemeten transport is zowel berekend door de mediaan en het gemiddelde te gebruiken voor elke meetlocatie. Voor de massa zijn twee waarden gebruikt, (1) de gemiddelde massa per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

Een tweede methode om het massatransport te bepalen is door de massastatistiek van elke categorie te gebruiken, in plaats van de aggregierte statistiek. Dit kan met de volgende formule:

$$T_p = \sum F_j \cdot \bar{m}_j$$

Met massatransport voor de verschillende categorieën  $j$  en de massastatistiek per categorie  $j$ . Voor deze analyse hebben we de categorieën van de brugtelmetingen gebruikt.

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. Een overzicht van de verschillende berekeningen is te vinden in Figuur 6.



Figuur 6: Methode om het totale transport uit te rekenen, op basis van de tijdreeks van gemeten drijvend afval en macroplastic, en de voorwerp-massaverdeling.

## 2.6 Relatie met hydrologie

Hydrologische data (rivierafvoer) zijn verkregen via de Rijkswaterstaat-website [waterinfo.rws.nl](http://waterinfo.rws.nl). Alleen voor de locaties Maastricht, Ravenstein, Arnhem IJssel, Kampen en Nijmegen was afvoerdata beschikbaar. In Rotterdam en Moerdijk wordt de afvoer mede bepaald door de getijden, en daarom is het niet mogelijk om een eenvoudige inschatting te doen van de afvoer om deze locaties. Voor deze locaties is geen afvoerdata beschikbaar en zijn niet meegenomen in de analyses.

Tabel 3. Meetstations die corresponderen met de zeven meetlocaties.

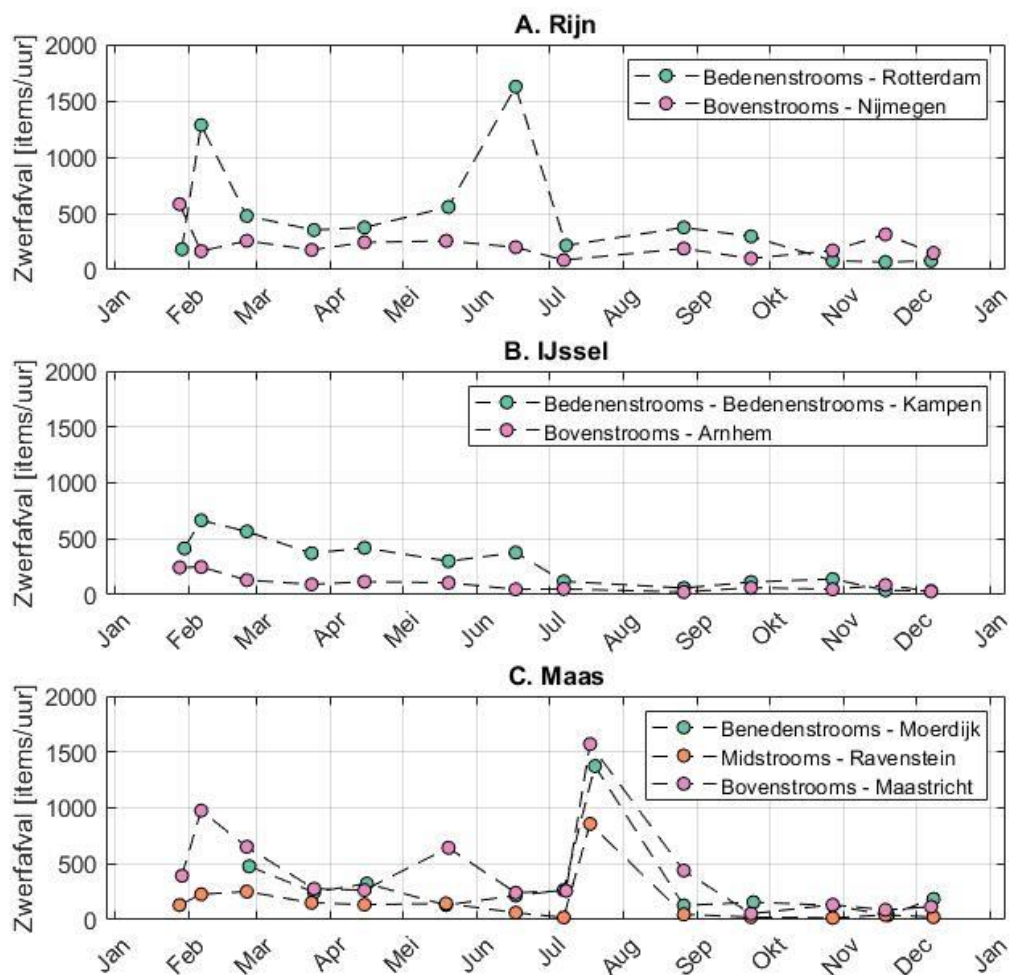
ID	Locatie	Waterstandsstation
1a	Arnhem IJssel	Westervoort
2	Maastricht	Sint Pieter Noord
2a	Ravenstein	Grave Beneden
3	Nijmegen	Nijmegen haven
4	Kampen	Kampen

### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Drijvend zwerfafval en macroplastics

##### 3.1.1 Variatie door het jaar heen

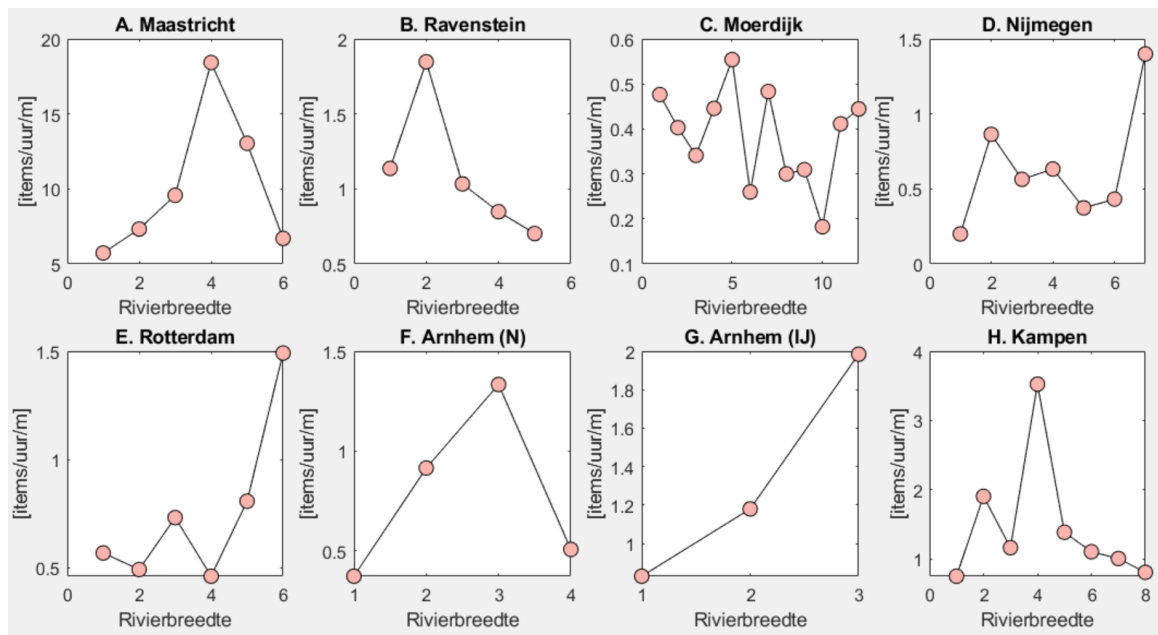
Het drijvend zwerfafvaltransport laat op elke locatie een duidelijke maandelijkse variatie zien (Figuur 7). Op alle benedenstroomse locaties is een piek gemeten in februari, met waarden van 666 #/uur (IJssel, Kampen), 1284 #/uur (Rijn, Rotterdam) en 976 #/uur (Maas, Moerdijk). De jaarlijkse hoogwatergolf is hier waarschijnlijk de oorzaak van. De extra metingen voor de Maas laten een tweede piek zien in Maastricht (1374 #/uur), Ravenstein (857 #/uur), en Moerdijk (1571 #/uur). 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 in juni (1625 #/uur). In de weken voorafgaand aan de meten was er veel neerslag gevallen, wat tot extra mobilisatie van zwerfafval heeft kunnen leiden. Extra menselijke activiteit in Rotterdam kan ook een verklaring zijn voor verhoogde transportwaarden. Gemiddeld was het transport op de benedenstroomse locaties hoger (278-459 #/uur) dan op de bovenstroomse locaties (101-306 #/uur). Opmerkelijk is dat voor de Maas het transport in Maastricht over het algemeen hoger is (306 #/uur) dan in Ravenstein (153 #/uur).



Figuur 7: Tijdsreeksen van het gemeten drijvend zwerfafval transport in de A. Rijn, B. IJssel en C. Maas.

### 3.1.2 Variatie over de doorsnede

De hoeveelheid getransporteerd drijvend zwerfafval laat een duidelijk profiel zien over de rivier doorsnede (zie Figuur 8). De vorm van het profiel verschilt echter per locatie. We onderscheiden drie soorten verdelingen: (1) piek in het midden, (2) piek rond de oever, (3) geen piek. Locaties zoals Maastricht (A), Ravenstein (B), Arnhem (Nederrijn)(F) en Kampen (H) hebben een duidelijk verhoogd transport in het midden van de rivier. Hier is over het algemeen de stroomsnelheid ook het hoogste, zeker voor secties met weinig meandering. Locaties zoals Nijmegen, Rotterdam en Arnhem (IJssel) hebben een sterk verhoogde transportwaarde aan een van de oevers. Dit kan komen door bijvoorbeeld het stroomprofiel in een meander, of door verhoogde toevoer van zwerfafval en macroplastics vanaf de oevers. Tot slot is het transport op locaties zoals Moerdijk redelijk uniform verdeeld, zonder duidelijk verhoogde waarden in het midden of zijkanten. Dit kan komen door sterke vermenging in deze secties van de rivier, bijvoorbeeld door de getijdenstroming.

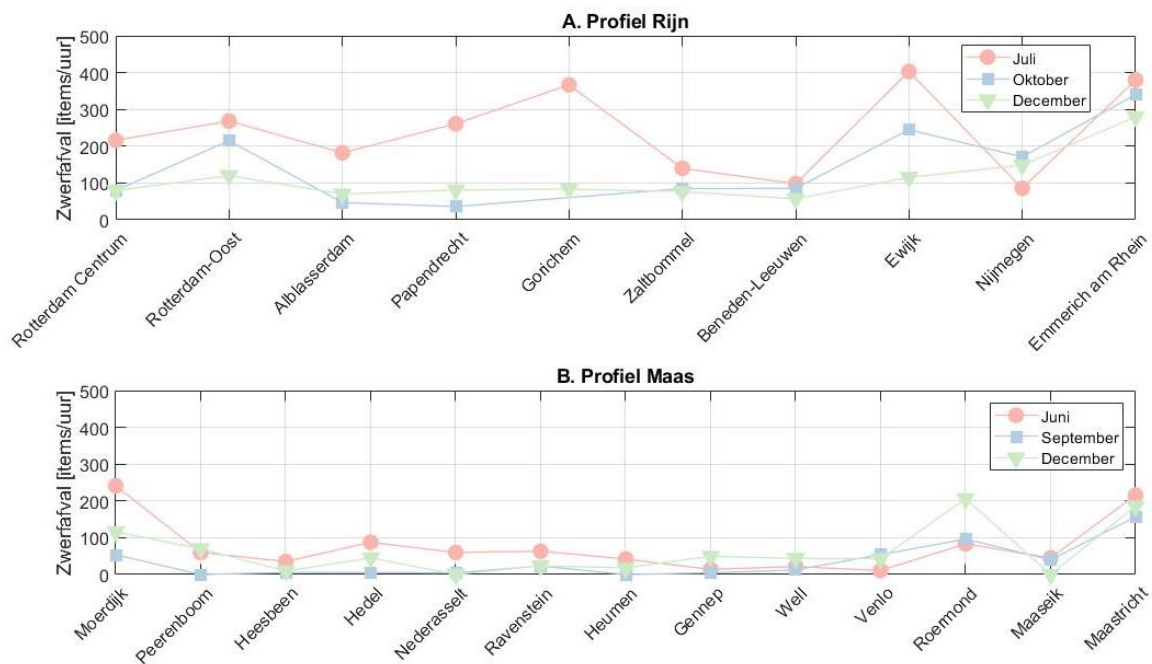


Figuur 8: Profielen over de rivierbreedte van alle meetlocaties op de Rijn, IJssel en Maas.

### 3.1.3 Variatie in de lengterichting van de rivieren

In Figuur 9 is te zien dat er sterke variatie in drijvend zwerfafval en macroplastic geobserveerd is voor de Rijn en de Maas. Opvallend is dat voor beide rivieren de hoogste waarden bovenstrooms en benedenstrooms gemeten zijn. De bovenstroomse verhoogde waarden kan worden verklaard door twee factoren. Ten eerste kan het transport reeds hoog zijn wanneer het Nederland binnenstroomt. Ten tweede is het ook aannemelijk dat op beide plekken veel materiaal in de rivier terecht komt, aangezien beide bovenstroomse meetpunten in sterk verstedelijk gebied liggen. De verhoogde waarden benedenstrooms zijn ook door een aantal factoren te verklaren. Ten eerste zijn ook deze locaties gelegen in sterk verstedelikt of industrieel gebied. Het is daarom aannemelijk dat ook hier extra materiaal de rivieren inkomt. Daarnaast zorgt de getijdendynamiek voor complexe stroming, wat ervoor zorgt dat relatief weinig zwerfafval en macroplastic het systeem daadwerkelijk verlaat (van Emmerik et al., 2022a; Meijer et al., 2021). De getijdegebieden zouden daarom kunnen werken als (tijdelijke) accumulatiezones. Tot slot zijn deze plekken het letterlijke afvoerputje van de stroomgebieden. In de lengteprofielen is echter geen gradueel stijgend transport gemeten, dus deze verklaring is niet erg waarschijnlijk. Naast de pieken boven- en benedenstrooms zijn er nog een aantal pieken gevonden die waarschijnlijk gelinkt zijn aan stedelijk gebied (Roermond, Nijmegen) of door de architectuur van het rivienetwerk (vertakkingen, inlaten, samenkomst zijrivier).





Figuur 9: Lengteprofiel van drijvend zwerfafval en macroplastics voor de A. Rijn en B. Maas. Voor de Rijn zijn de profielen gemeten in juli, oktober en december 2021. Voor de Maas zijn de profielen gemeten in juni, september en december 2021.

### 3.1.4 Samenstelling van drijvend zwerfafvalafval

Het overgrote deel van het drijvende zwerfafval bestaat uit plastic (87%), gevolgd door papier (4%, inclusief sigaretten) (Tabel 4). Sigaretten worden in andere studies soms ook als plastic aangemerkt. Overige categorieën zijn in totaal 10%. Er zijn kleine verschillen gemeten tussen locaties waar maandelijks gemeten is (85% in Kampen tot 92% in Maastricht), maar het aandeel plastic was overal verreweg het grootste. Voor de overige locaties is de spreiding is groter, van 79% (Roermond) tot 100% (Nederasselt). De soorten plastic varieerden wel aanzien tussen de meetlocaties. Gemiddeld gezien werd PO soft het meest geteld (34%), gevolgd door Multilayer (15%) en PO hard (13%). De totale hoeveelheid zachte plastics (PO soft en Multilayer samen) was wel redelijk stabiel (57%). 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)). Op sommige locaties is tot 20% overig plastic en 17% overig materiaal geteld, 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 (1%).



Tabel 4: 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.

	Percentage [%]											
	Plastic							Overig				
	PET	PO soft	PO hard	PS	ML	EPS	Overig plastic	Papier	Overig	Plastic	Zacht	Hard
<b>Rijn</b>												
Emmerich am Rhein	0	40	15	5	7	8	20	1	4	95	49	29
Nijmegen	1	48	10	2	21	3	3	4	9	86	68	16
Ewijk	4	43	12	6	14	2	10	6	4	90	57	24
Beneden-Leeuwen	0	32	12	3	9	15	15	0	15	85	41	29
Zaltbommel	2	43	7	5	10	5	19	5	5	90	52	19
Gorinchem	11	41	15	15	0	0	7	0	11	89	41	41
Papendrecht	2	48	21	2	7	2	12	5	0	95	55	29
Alblasserdam	0	48	14	5	10	7	5	10	2	88	57	26
Rotterdam East	0	48	25	2	8	1	7	2	6	92	56	29
Rotterdam Center	1	34	12	7	12	8	9	3	13	84	46	28
<b>IJssel</b>												
Arnhem	0	34	18	5	16	3	8	4	11	85	50	26
Kampen	0	31	11	5	23	8	8	6	8	85	54	23
<b>Maas</b>												
Maastricht	1	35	11	5	14	7	18	3	5	92	50	24
Maaseik	0	35	12	0	35	0	0	12	6	82	71	12
Roermond	0	29	2	8	35	0	6	6	15	79	63	10
Venlo	0	22	11	17	39	0	6	0	6	94	61	28
Weill	13	13	19	6	31	0	6	13	0	88	44	38
Gennep	0	25	17	0	42	0	0	0	17	83	67	17
Heumen	0	60	20	0	0	0	0	10	10	80	60	20
Ravenstein	2	28	23	6	15	5	7	4	9	87	44	36
Nederasselt	0	11	11	0	67	11	0	0	0	100	78	22
Hedel	0	42	13	8	17	0	17	4	0	96	58	21
Heesbeen	0	30	30	20	10	0	0	10	0	90	40	50
Peerenboom	0	62	31	0	0	0	0	0	8	92	62	31
Moerdijk	1	35	14	4	9	9	14	3	11	86	45	28
<b>Totaal</b>	<b>1</b>	<b>34</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>87</b>	<b>57</b>	<b>30</b>

## 3.2 Oevermetingen

### 3.2.1 Algemene databeschrijving

In totaal is zijn er 16.488 stukken zwerfafval verzameld, gecategoriseerd, gewogen en opgemeten. Het totale gewicht van de artikelen bedraagt 184 kilogram, met een gemiddelde massa van 11.1 gram (6.1 gram voor plastics) en mediaan van 0.55 gram (0.53 voor plastics). In de maand januari is het meeste afval gevonden (3226 artikelen), doordat er toen afval van meerdere maanden op de rivierbanken lag geaccumuleerd. Dit zou daarom geen representatief monster kunnen zijn. De gemiddelde en de mediaan massa zijn erg verschillend (Tabel 5). Dit kan worden verklaard doordat de meest voorkomende artikelen kleine lichte (gefragmenteerde) items zijn, waardoor een enkel zwaar item (zoals een stuk metaal) de gemiddelde massa sterk beïnvloedt.

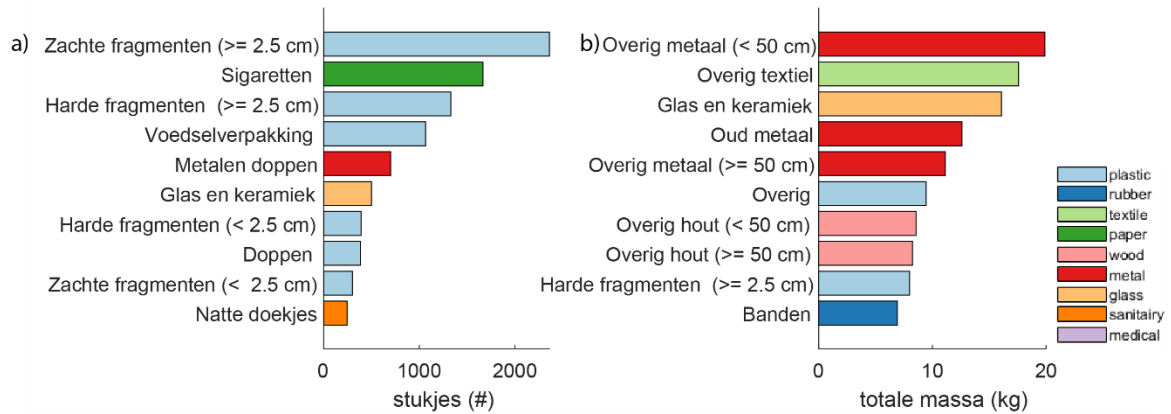
De oppervlakte van het collectiegebied is afhankelijk van de mate van vervuiling (zie Tabel 2). Zo is het gemeten oppervlakte in Moerdijk kleiner dan dat in Arnhem (IJssel), doordat de gemiddelde hoeveelheid artikelen per oppervlakte groter is. Een meting wordt gestopt als er twee 40 liter zakken vol zijn. Er is geen trend te ontdekken tussen locatie (boven- of benedenstrooms) en hoeveelheid artikelen per oppervlakte.

Tabel 5. Hoeveelheid gevonden artikelen op de rivierbanken van de meetlocaties, en hun gemiddelde en mediaan massa. \*: waarvoor ook laboratoriumanalyse is gedaan

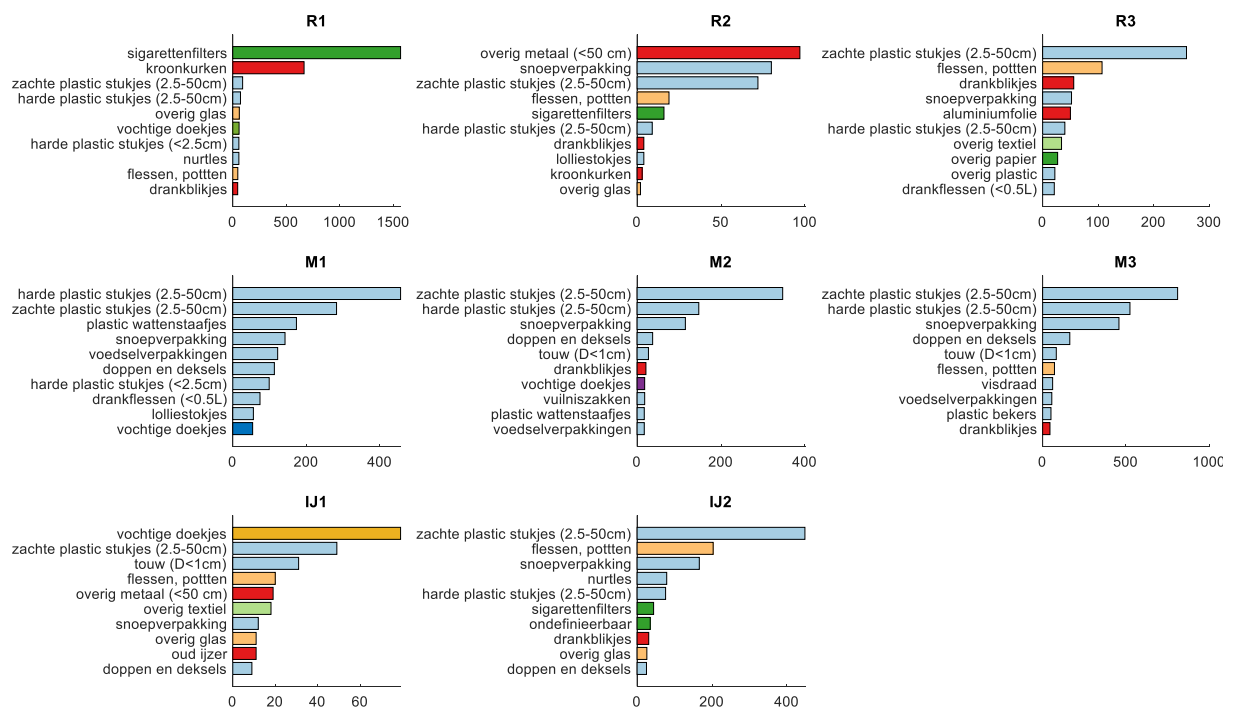
Locatie	Meet-periode n*	Meest gevonden items	Totale hoeveelheid items	Totale massa (kg)	Totale hoeveelheid plastic items	Totale massa plastic items (kg)	Mediaan massa (g)	Gemiddelde massa (g)
<b>Totaal</b>	-	Zachte fragmenten plastic (>=2.5 cm) (14%)	16,488	184	11596 (70%)	61 (33%)	0.55	11.1
<b>R1</b>	12 (7)	Sigarettenfilter (49%)	3193	12	471 (15%)	2.7 (22%)	0.55	4.8
<b>R2</b>	2 (1)	Overig metaal (<50 cm) (26%)	378	1	231 (61%)	0.3 (27%)	0.55	3.1
<b>R3</b>	12 (7)	Zachte fragmenten plastic (>=2.5 cm) (23%)	1141	47	702 (62%)	10 (22%)	3.30	48.5
<b>M1</b>	11 (9)	Harde fragmenten plastic (>=2.5 cm) (9%)	4983	20	4540 (91%)	13 (66%)	0.53	4.3
<b>M2</b>	12 (7)	Zachte fragmenten plastic (>=2.5 cm) (27%)	1286	33	1130 (88%)	12 (38%)	0.70	28.2
<b>M3</b>	12 (7)	Zachte fragmenten plastic (>=2.5 cm) (24%)	3429	25	3119 (91%)	17 (69%)	0.49	9.3
<b>IJ1</b>	12 (7)	Vochtige doekjes (19%)	422	35	231 (55%)	0.4 (1%)	0.67	89.6
<b>IJ2</b>	12 (7)	Zachte fragmenten plastic (>=2.5 cm) (27%)	1656	11	1172 (71%)	4 (36%)	0.30	8.4

### 3.2.2 Meest voorkomend zwerfafval

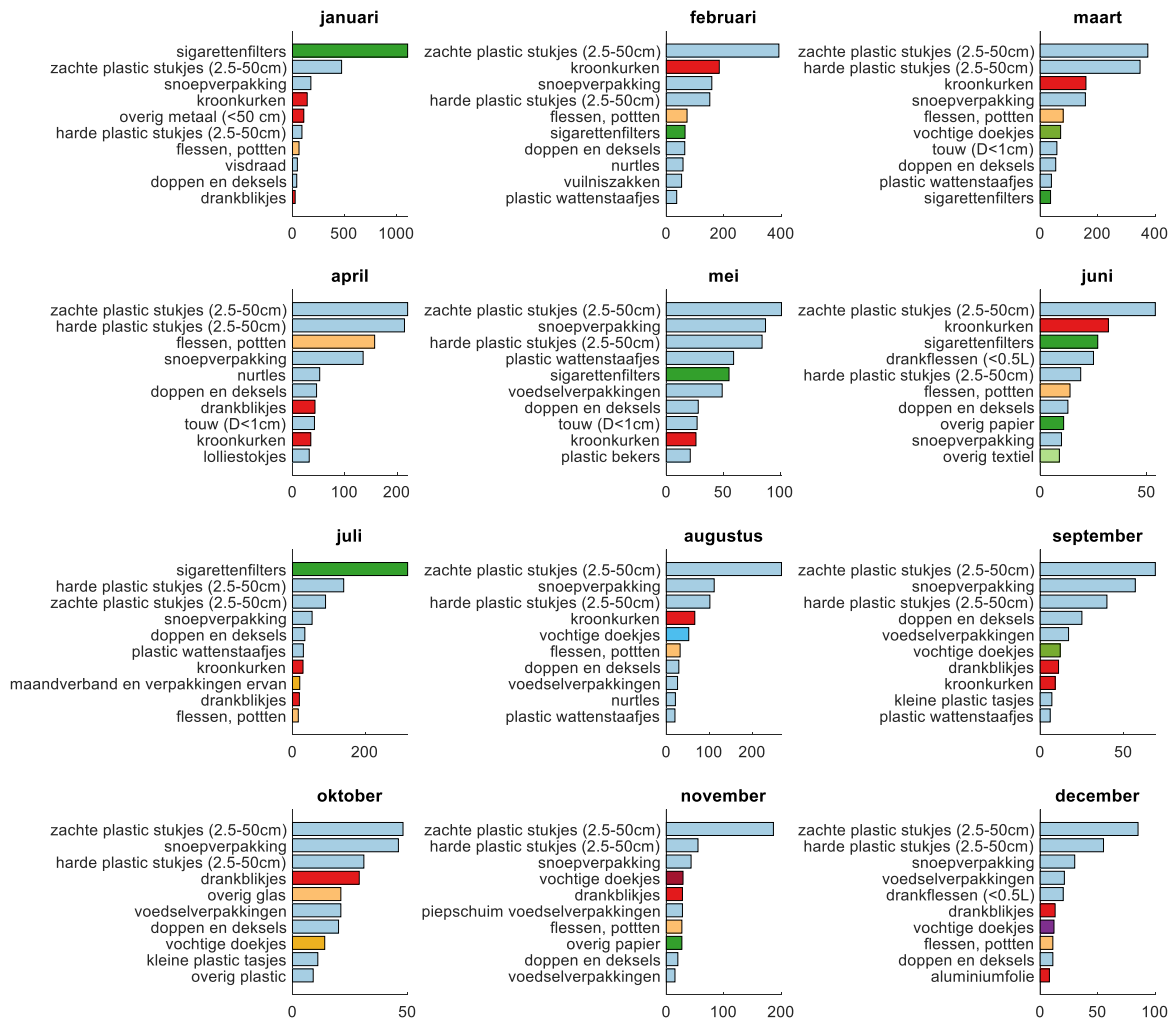
Het meest gevonden zwerfafval wordt weergegeven in Figuur 10A, waarvan 7 van de 10 items plastic is. De niet-plastic items, sigarettenfilters, bierflesdoppen en potten, komen terug in deze statistiek door het hoge voorkomen op een enkele bepaalde locatie (Nijmegen, Nijmegen en Rotterdam, respectievelijk), zie ook Figuur 11. 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 (zoals in de SUP-richtlijn). 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. Behalve de hoeveelheid sigarettenfilters, is de top 10 per maand redelijk constant (Figuur 12). De top 10 veelvoorkomende items gebaseerd op massa laat en ander beeld zien, waarin metalen voorwerpen domineren (Figuur 10 rechts).



Figuur 10. 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.



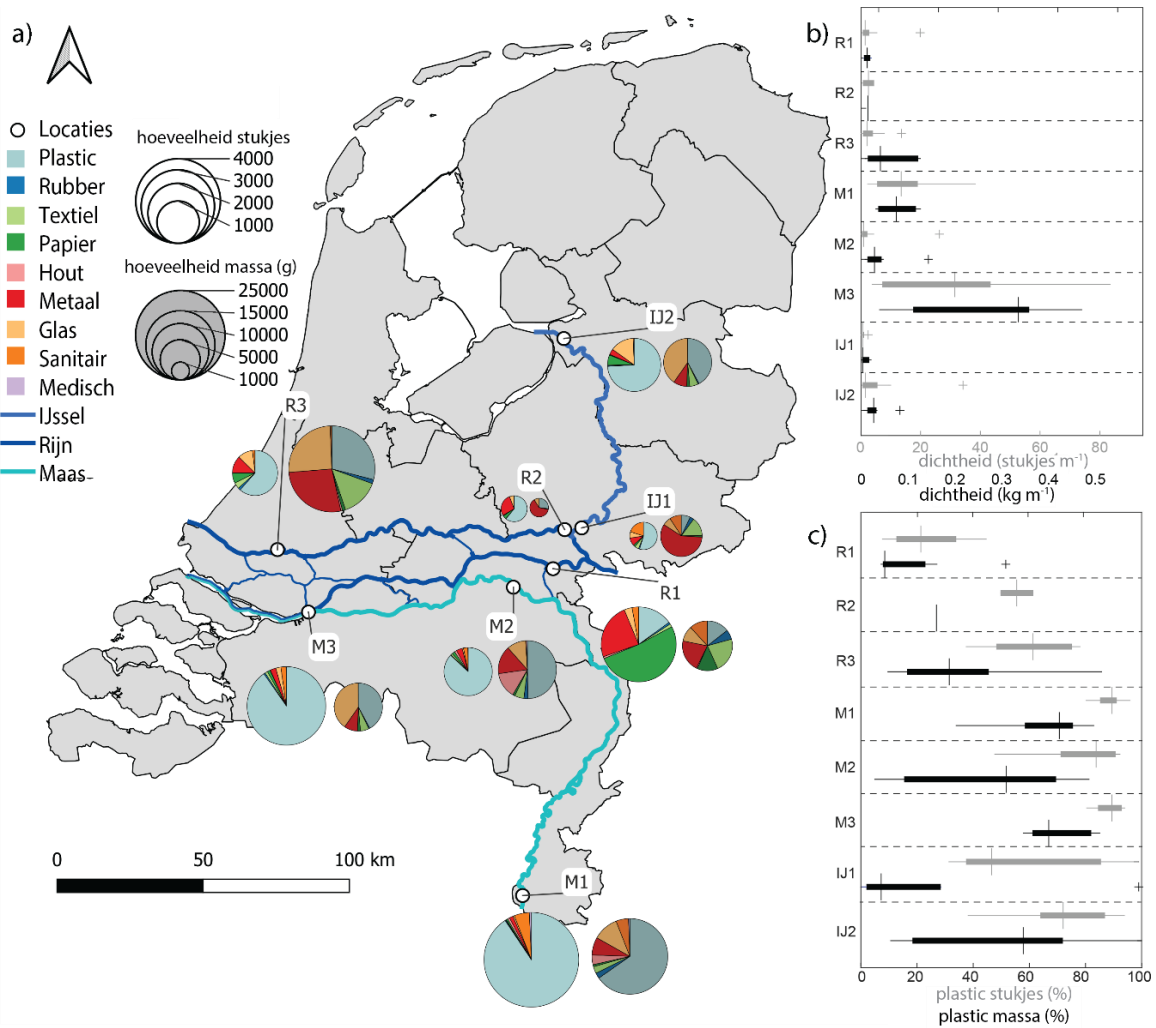
Figuur 11. Top 10 meest voorkomende types zwerfafval per locatie, gebaseerd voorkomen.



Figuur 12. Top 10 meest voorkomende types zwerfafval per locatie, gebaseerd op voorkomen.

### 3.2.3 Type zwerfafval

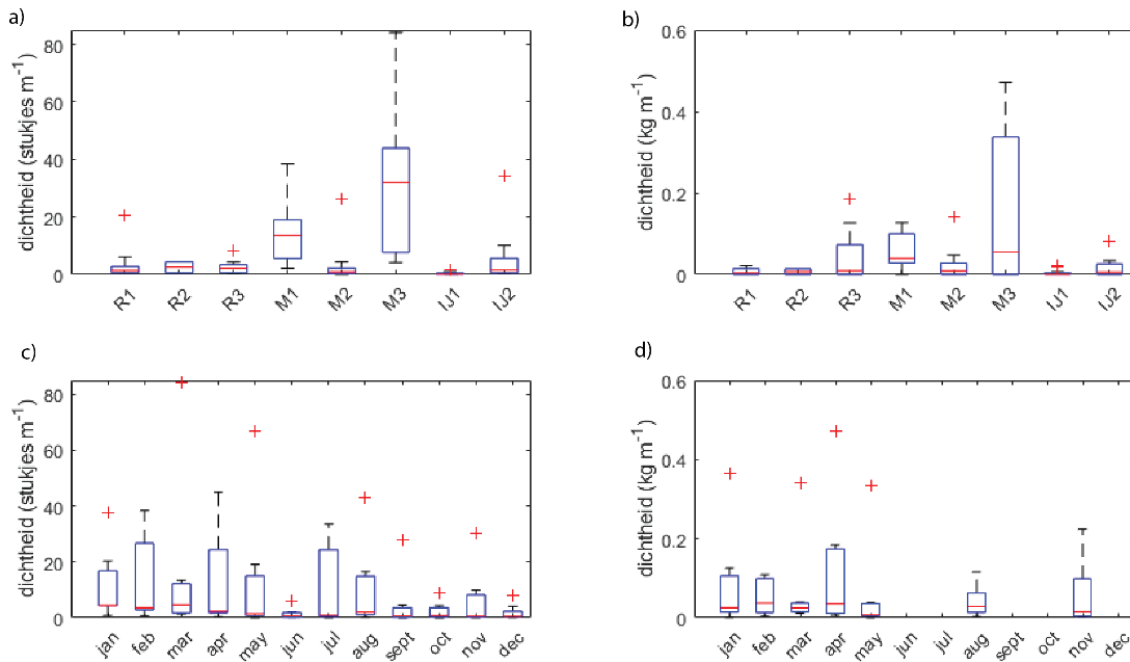
Met uitzondering van de maand januari en juli, waarin veel sigarettenfilters werden gevonden in Nijmegen, bestaat het zwerfafval voor meer dan 75% uit plastic (Figuur 13a en c), gevolgd door metaal. Het overgrote deel van de plastic artikelen zijn SUP artikelen (single use-plastic). Het type zwerfafval verschilt echter sterk per locatie. Mondkapjes zijn niet of nauwelijks gevonden (categorie overig sanitair). De variatie in ruimte is groter dan de variatie in tijd (Figuur 13b). De breedte van de boxplot per locatie (indicatie voor temporele variatie) is lager dan de variatie tussen de locaties. Het is dus belangrijker om meer locaties te meten, dan om de meetfrequentie te vergroten.



Figuur 13. a) Een kaart die de acht oeverlocatie langs de Nederlandse Rijn (R1, R2, R3), Maas (M1, M2, M3) en IJssel (IJ1 en IJ2) laat zien. Op iedere locatie, de totale hoeveelheid afvalitems (linker cirkeldiagram) en de totale massa afvalitems (rechter cirkeldiagram) voor de negen hoofdcatgorieën is weergegeven. De diameter van de cirkeldiagrammen geeft de totale hoeveelheid items en massa van de items aan. b) boxplot van de afvaldichtheid in items en kilogram per meter rivieroever. De centrale verticale lijn geeft de mediaan aan, de box het 25 en 75 percentiel, en het + symbool geeft outliers aan. c) Boxplot van het (massa) percentage plastic items.

### 3.2.4 Dichtheid zwerfafval en macroplastics op rivieroever

De dichtheid van het zwerfafval varieert meer tussen de locaties dan in tijd (Figuur 14b). Bijvoorbeeld, de gemiddelde dichtheid in Nijmegen is 20 keer lager dan in Moerdijk (1,4 en 32 stukjes per meter, respectievelijk). Echter in sommige locaties/maanden (e.g. M3, april) is er een grote variatie in massadichtheid, door de vondst van enkele grote stukken afval, zoals stukken oud metaal of oude fietsen. Deze items zijn veel zwaarder dan de bovenste 1% (>215g), en het weglaten van deze items uit de dichtheidsberekeningen verlaagd de standaarddeviatie van 215 g/m naar 130 g/m. Er kan een maandelijkse variatie in dichtheid zijn (Figuur 14), doordat in de zomermaanden de dichte vegetatie het bemonsteren bemoeilijkte.

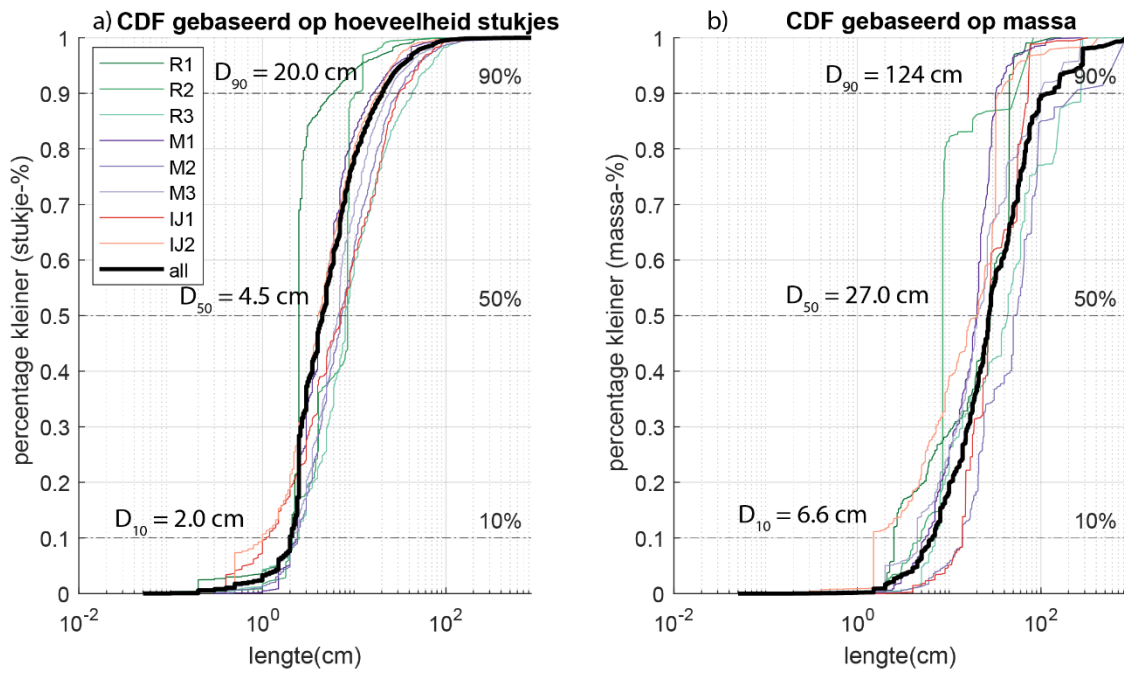


Figuur 14. Zwerfafvaldichtheid in stukjes per meter en massa per meter, per locatie en per maand.

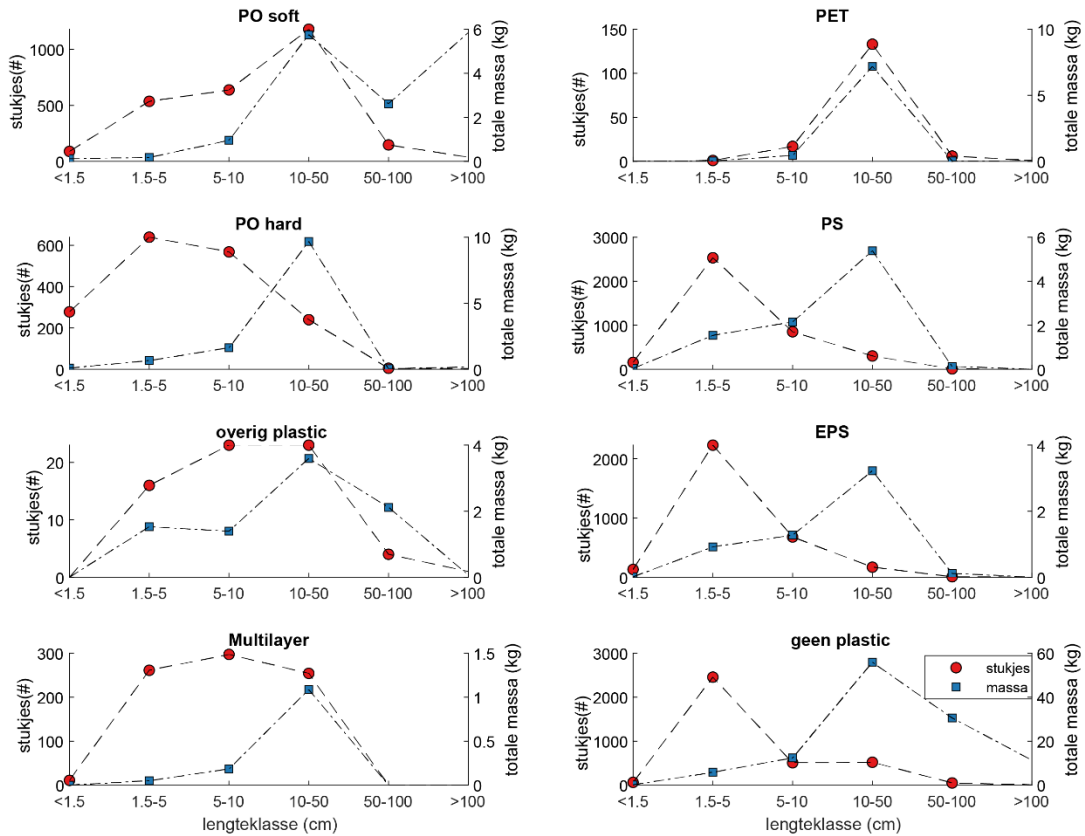
### 3.2.5 Grootte zwerfafval en macroplastic

De lengte van stukjes afval is een belangrijk karakteristiek van het afval, omdat het de mate van overlast bepaald (bijvoorbeeld inslikbaarheid door kinderen of vissen). Bovendien is het essentieel om te weten wanneer je monitoringsstrategieën ontwikkelt, een voorbeeld daarvan is de maaswijdte van een net voor netmetingen. We analyseren daarom de lengteverdeling van het afval gemeten op de oevers. De cumulatieve lengtedistributie van item hoeveelheid en massa is weergegeven in Figuur 156. Om alle items tussen het 10 en 90-percentiel te monitoren, zal de monitoringstrategie moeten worden gefocust op item groottes tussen de 2 en 20 cm. Dit is echter maar 36% van de totale hoeveelheid massa. Om de massa in hetzelfde bereik te monitoren, moet de focus liggen op items tussen de 6.6 en 124 cm. 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. Opmerkelijk genoeg, en in tegenstelling tot bevindingen in van drijvend zwerfafval in oceanen, zit het meeste gewicht niet in de grootste lengteklasse, wat je duidelijker terug kunt zien in Figuur 15. Het verschil tussen de lengtedistributie per locatie, e.g. locatie R1 (Nijmegen) heeft meer kleiner materiaal, kan een indicatie geven voor fragmentatie, of een andere bron van vervuiling. Het is daarom belangrijk om de specifieke lengtedistributie van een gebied in overweging te nemen wanneer een monitoringsstrategie wordt ontwikkeld, zoals het bepalen van de maaswijdte voor netmetingen.

De verdeling van de grootte en het gewicht van verschillende soorten plastic polymertypes 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 15. Cumulatieve dichtheidsfunctie (CDF) gebaseerd op hoeveelheid items (a) en item massa (b). D10, D50 en D90 van de totale hoeveelheid items (de som van alle gebieden) is weergegeven.

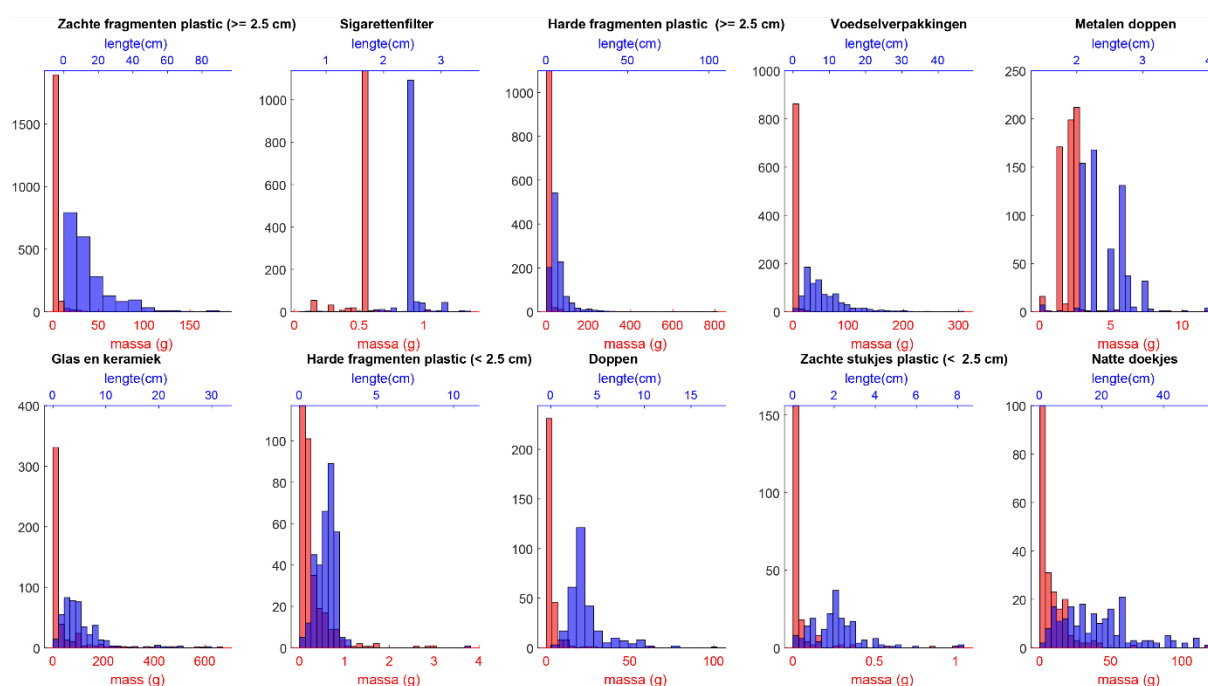


Figuur 16. Grootteverdeling van plastic polymeer categorie gebaseerd op de hoeveelheid items en de hoeveelheid massa.

### 3.2.6 Invloed van samplegrootte en betrouwbaarheid

Het is belangrijk om te weten hoeveel stukjes je moet verzamelen om tot een representatief beeld van de massastatistiek te komen. Hieronder beschrijven we een methode om dit te doen, en geven we een aanbeveling van de hoeveelheid te verzamelen stukjes om een representatief beeld van de gemiddelde massa te verkrijgen.

De massa en lengtedistributie van de tien meest voorkomende items is te zien in Figuur 17. 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.



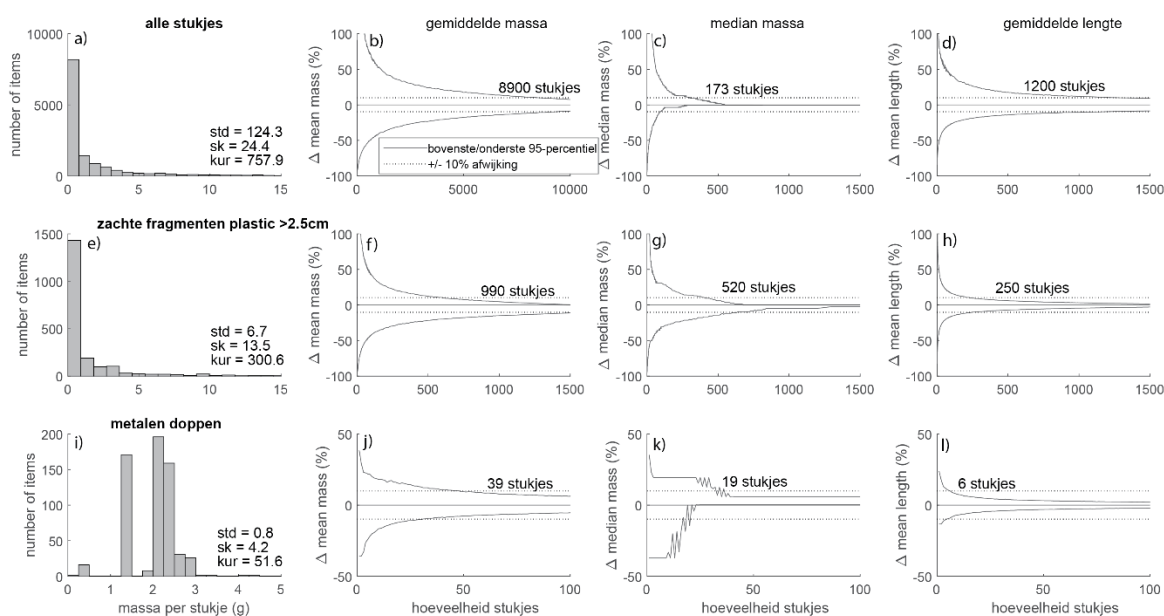
Figuur 17. Massa en lengtedistributie van de tien meest voorkomende items.

Om de relatie tussen statistische onzekerheid en de hoeveelheid item samples te bestuderen, voerden we een Monte Carlo analyse uit. Deze analyse geeft aan hoeveel items er minimaal nodig zijn om een representatieve waarde van de gemiddelde massa van de items te verkrijgen. We namen willekeurig een subset van de data en berekenden daar de gemiddelde massa van. De grootte van de subset varieerde van 1 tot de maximale grootte van de set. Dit experiment herhaalden we 10,000 keer. Voor deze runs berekenden we de 50, 75, 90 en 95 percentiel, waarbij een afwijking van 5, 10 of 20% van de eigenlijke gemiddelde waarde kan worden toegestaan. Dit is samengevat in Tabel 6. De hoeveelheid te bemonsteren items per categorie in onze database die meer dan 10 items bevat. De aanbeveling is gegeven voor verschillende betrouwbaarheidsintervallen en afwijkingen van het gemiddelde. Rode vakjes geven aan dat de hoeveelheid items die nodig is om de gemiddelde massa accuraat weer te geven, gelijk is aan de totale hoeveelheid verzamelde items. N/A betekent dat dit niveau van onzekerheid nooit is gehaald. In beide gevallen zullen meer items moeten worden verzameld. Tenslotte herhaalde we dezelfde analyse voor mediaan massa en gemiddelde lengte voor alle items samen, zachte fragmenten en metalen (bier)doppen (Figuur 18)



Om de gemiddelde massa van alle items te beschrijven (met een maximale afwijking van 10%, en een betrouwbaarheidsinterval van 90%), moet ten miste 8,900 (63% van de totale hoeveelheid gewogen items in onze database) items worden verzameld (Figuur 18). Om de gemiddelde lengte te beschrijven, zijn maar 1,200 (9%) items zijn nodig, en maar 173 (1%) items zijn nodig om de mediaan massa accuraat weer te geven (Figuur 18). Voor de categorie "zachte fragmenten groter dan 2,5cm", zijn minder items nodig voor een accurate representatie, omdat deze categorie minder divers is dan alle items samen (Figuur 17 en 18). Ditzelfde geldt voor de nog uniformere categorie "metalen (bier) dopjes".

Afhankelijk van het doel van het onderzoek, is een bepaalde nauwkeurigheid gewenst. Daarom hebben wij in Tabel 66 de hoeveelheid te bemonsteren items per categorie weergegeven gebaseerd op een accurate inschatting van de gemiddelde massa. De aanbeveling is gegeven voor verschillende betrouwbaarheidsintervallen en afwijkingen van het gemiddelde. Rode vakjes geven aan dat de hoeveelheid items die nodig is om de gemiddelde massa accuraat weer te geven, gelijk is aan de totale hoeveelheid verzamelde items. N/A betekent dat dit niveau van onzekerheid nooit is gehaald. In beide gevallen zullen meer items moeten worden verzameld om representatieve kentellen te verkrijgen.



Figuur 18. Voorbeeld van hoeveelheid te bemonsteren items, gebaseerd op alle items (a-d), zachte fragmenten (e-h) en metalen (bier) dopjes. De hoeveelheid heeft betrekking op de gemiddelde massa, mediaan massa en gemiddelde lengte, en is gebaseerd op een 95% betrouwbaarheidsinterval. De gestippelde horizontale lijn laat een afwijking van +/- 10% zien. In figuur A, E en I is de standaarddeviatie (std), skewness (sk) en kurtosis (kur) van de distributie weergegeven, wat een indicatie voor uniformiteit geeft.

Tabel 6. De hoeveelheid te bemonsteren items per categorie in onze database die meer dan 10 items bevat. De aanbeveling is gegeven voor verschillende betrouwbaarheidsintervallen en afwijkingen van het gemiddelde. Rode vakjes geven aan dat de hoeveelheid items die nodig is om de gemiddelde massa accuraat weer te geven, gelijk is aan de totale hoeveelheid verzamelde items. N/A betekent dat dit niveau van onzekerheid nooit is gehaald. In beide gevallen zullen meer items moeten worden verzameld.

OSPAR-ID	Naam	Totale hoeveelheid stukjes	Gemiddelde massa (g)	Std massa (g)	Afwijking van gemiddelde															
					20%				10%				5%							
					Betrouwbaarheidsinterval															
					0.5	0.75	0.9	0.95	0.5	0.75	0.9	0.95	0.5	0.75	0.9	0.95	0.5	0.75	0.9	0.95
3	kleine plastic tasje	44	20.6	15.5	30	36	39	40	34	39	42	43	38	41	43	44				
4.1	drankflessen (>0.5L)	34	143.0	32.5	1	1	29	30	1	32	34	34	30	32	34	34				
4.2	drankflessen (<0.5L)	127	51.3	53.8	34	63	82	90	74	110	120	120	110	120	N/A	N/A				
4.3	wikkels van drankflessen	23	4.2	6.8	18	21	22	23	21	22	23	23	22	23	23	23				
6	voedselverpakkingen	170	14.3	18.6	42	79	110	120	95	140	150	160	150	160	170	170				
7	cosmeticaverpakkingen	19	20.7	15.0	8	13	15	16	14	17	18	18	18	19	19	19				
15	doppen en deksels	300	3.6	5.7	50	130	170	190	160	220	250	260	240	270	290	300				
16	aanstekers	38	11.1	2.0	1	3	6	8	4	10	16	18	12	22	28	30				
20	speelgoed	18	65.9	97.0	14	16	18	18	15	17	18	18	17	18	18	18				
21	plastic bekertjes	116	3.1	5.0	51	77	90	95	88	110	110	N/A	110	110	N/A	N/A				
31	touw (D>1cm)	29	143.1	123.5	16	22	25	26	24	27	28	29	28	29	29	29				
32	touw (D<1cm)	170	15.5	44.6	1	150	170	170	130	150	170	170	140	160	170	170				
35	sportvisspullen	20	6.7	3.8	6	11	14	16	13	17	18	19	18	20	20	20				
40	industriële verpakkingsmateriaal	39	54.4	68.0	1	35	38	38	32	35	38	38	35	37	39	39				
117.1	harde plastic stukjes (<2.5cm)	323	0.3	0.3	21	56	96	130	74	150	210	230	180	250	290	300				
46.1	harde plastic stukjes (2.5-50cm)	1140	10.2	32.0	310	590	760	820	660	910	1000	1100	980	1100	N/A	N/A				
117.2	zachte plastic stukjes (<2.5cm)	197	0.1	0.1	1	110	140	150	1	170	180	190	180	190	N/A	N/A				
46.2	zachte plastic stukjes (2.5-50cm)	2045	1.9	5.0	81	310	560	690	410	880	1300	1400	1100	1600	1800	1900				
48	overig plastic	73	113.1	248.0	41	58	63	65	62	67	70	72	69	71	73	73				
1172	piepschuim (<2.5cm)	1127	0.1	0.1	12	33	65	89	45	130	230	300	170	370	560	670				
462	piepschuim (2.5-50cm)	2399	2.5	13.0	1	1400	1500	1600	1800	2100	2300	N/A	1800	2200	2300	N/A				
6.1	piepschuim voedselverpakkingen	53	3.7	2.9	1	39	43	46	44	49	51	52	47	50	52	53				
47.1	zachte plastic stukjes (>50cm)	69	35.7	45.9	36	48	54	57	53	61	66	68	60	65	67	68				
47.2	harde plastic stukjes (>50cm)	19	378.6	9.7	1	17	19	19	15	17	19	19	16	17	19	19				
22.1	rietjes	78	1.6	1.2	39	57	64	67	63	71	75	77	71	75	77	78				
19	snoepverpakking	882	2.5	7.2	500	620	690	730	670	780	850	870	730	810	850	870				
39.1	kunststof band tiewraps	41	2.6	2.6	17	27	32	34	30	37	38	39	38	40	41	41				
39	lollystokjes	110	0.3	0.2	4	14	26	34	20	42	60	70	50	78	92	97				
19.1	vuilniszakken	82	27.9	24.0	30	51	63	67	57	72	76	77	75	79	80	81				
2.1	schrijfwaren	10	4.7	1.6	2	4	6	7	5	8	9	9	8	9	10	10				
35.1	visdraad	85	1.0	2.0	37	58	67	71	65	76	80	81	77	81	83	85				
39.1	plakband new	25	3.0	3.4	19	22	24	25	20	23	24	25	23	24	25	25				
49	ballonnen	23	2.4	0.4	5	10	14	16	12	18	20	21	19	22	22	22				
53	overig rubber	34	36.3	57.5	18	26	29	30	27	32	33	34	33	34	34	34				
54	kleding	31	117.6	61.0	12	19	24	25	22	27	29	29	29	31	31	31				
59	overig textiel	102	124.2	295.4	1	84	91	94	89	96	100	N/A	91	97	100	N/A				
61	karton	11	30.7	5.3	7	9	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11				
64	sigarettenfilters	1308	0.5	0.2	1	1	3	7	1	1	11	19	1	1	47	67				
67	2x1 cell	75	5.0	4.7	19	36	49	54	42	59	66	68	64	70	73	73				
62.1	drankkarton	11	46.3	11.9	6	8	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11				
67	ongedefinieerd papier	85	1.6	1.6	10	22	36	43	29	50	64	68	57	72	78	81				
68	kurk	34	7.5	4.9	4	12	17	19	16	24	28	29	26	30	33	34				
74	overig hout (>50 cm)	38	479.6	123.4	26	32	34	35	34	36	38	38	35	37	38	38				
81	aluminiumfolie	98	5.1	6.4	54	71	81	84	77	87	94	96	86	92	95	96				
78	drankblikjes	172	42.6	43.5	33	69	98	120	82	130	150	160	140	160	170	170				
83	oud ijzer	18	597.3	623.5	14	16	18	18	14	16	18	18	16	17	18	18				
77	kroonkurken	616	4.1	1.0	2	3	8	17	4	14	38	54	19	69	130	170				
89	overig metaal (<50 cm)	159	150.7	199.1	1	130	140	150	1	150	N/A	N/A	1	N/A	N/A	N/A				
90	overig metaal (>50 cm)	12	882.5	566.8	7	10	10	11	12	12	12	12	12	12	12	12				
91	flessen, potten	452	42.8	67.3	53	130	200	240	160	280	350	370	310	390	420	430				
93	overig glas	73	62.7	76.6	1	63	67	68	64	69	72	73	64	69	72	73				
7	cosmetica	19	20.7	15.0	8	12	15	16	14	17	18	18	18	19	19	19				
98	plastic wattenstaafjes	215	0.6	4.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N/A				
102.2	vochtige doekjes	209	6.9	7.1	18	53	85	100	69	130	160	170	140	180	200	200				
99	maandverband(verpakkingen)	31	2.5	1.7	9	16	21	23	18	25	28	29	27	30	30	31				
100	tampons en tamponapplicators	12	1.2	0.0	1	1	12	12	1	11	12	12	10	11	12	12				
102	overig sanitair	13	9.1	9.7	9	12	13	13	11	12	13	13	13	13	13	13				
105	overig medisch	22	8.9	0.4	1	16	18	18	1	20	21	22	1	20	21	22				
0	nurtles	140	0.0	0.0	4	22	38	48	26	57	83	94	70	110	120	130				

### 3.3 Massatransport drijvend zwerfafval en macroplastic

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 waarden gebaseerd op de gemiddelde massa per item.

*Tabel 7: Schattingen van het jaarlijkse massatransport op elke meetlocatie. Voor elke locatie is de berekening gedaan met het gemiddelde en de mediaan van het itemtransport, het gemiddelde en mediaan van de massastatistiek, en de geaggregeerde of specifieke massastatistiek.*

Locatie		Drijvend zwerfafvaltransport									
		F [miljoen items/jaar]		M [ton/jaar]							
				gemiddelde massa/item				mediaan massa/item			
		gem.	med.	per categorie		geaggregeerd		per categorie		geaggregeerd	
		gem. F	med. F	gem. F	med. F	gem. F	med. F	gem. F	med. F	gem. F	med. F
<b>Rijn</b>											
Nijmegen	Zwerfafval	4.0	3.1	32.4	24.9	25.5	19.6	5.7	4.4	1.1	0.8
	Plastic	3.5	2.7	28.1	24.4	8.9	7.8	5.0	4.3	0.7	0.6
Rotterdam	Zwerfafval	1.9	1.6	65.5	50.2	52.7	40.4	8.2	6.3	2.2	1.7
	Plastic	1.7	1.4	56.8	49.2	18.5	16.0	7.1	6.2	1.5	1.3
<b>IJssel</b>											
Arnhem	Zwerfafval	0.9	0.8	10.5	8.1	11.6	8.9	1.7	1.3	0.5	0.4
	Plastic	0.8	0.7	9.1	7.9	4.1	3.5	1.5	1.3	0.3	0.3
Kampen	Zwerfafval	2.4	2.6	28.6	22.0	32.0	24.5	5.8	4.4	1.3	1.0
	Plastic	2.1	2.3	24.8	21.5	11.2	9.7	5.0	4.3	0.9	0.8
<b>Maas</b>											
Maastricht	Zwerfafval	2.7	1.8	38.9	29.8	35.2	27.0	5.9	4.5	1.5	1.1
	Plastic	2.3	1.5	33.7	29.2	12.3	10.7	5.1	4.5	1.0	0.8
Ravenstein	Zwerfafval	1.3	0.8	20.1	15.4	17.5	13.4	3.8	2.9	0.7	0.6
	Plastic	1.2	0.7	17.4	15.1	6.1	5.3	3.3	2.8	0.5	0.4
Moerdijk	Zwerfafval	3.8	2.4	52.5	40.3	50.1	38.4	7.3	5.6	2.1	1.6
	Plastic	3.3	2.1	45.5	39.5	17.6	15.3	6.4	5.5	1.4	1.2

Het massatransport is het hoogste in de Rijn bij Rotterdam (40.4-65.5 t/jaar), gevolgd door de Maas in Moerdijk (27.0-38.9 t/jaar) en de IJssel bij Kampen (24.5-28.6 t/jaar), zie Tabel 7. Op de bovenstroomse locaties in de Rijn en IJssel het transport lager, tussen de 8.9-32.4 t/jaar. Voor elke rivier is het transport benedenstrooms aanzienlijk hoger dan bovenstrooms. Voor de Rijn, IJssel en Maas is benedenstrooms twee tot drie keer zoveel transport als bovenstrooms. Deze resultaten suggereren dat het meeste zwerfafval dat benedenstrooms van de rivieren wordt gemeten in Nederland de rivier inkomt, of dat benedenstrooms veel zwerfafval en macroplastics accumuleren. Dit is deels te verklaren door de getijdendynamiek, die waarschijnlijk resulteert in een lage emissie van zwerfafval en plastic naar zee (van Emmerik et al., 2022a). Dit beeld wordt bekrachtigd door de massabalans (Tabel 7).

De inschattingen van massatransport en de massabalans zijn wel indicatief en 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 hebben we alleen drijvend zwerfafval- en macroplastictransport berekend. Onder het oppervlakte kan ook transport plaatsvinden (Broere et al., 2021). 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 8: Inschatting van de jaarlijkse massabalans voor de Rijn, Maas, IJssel en gecombineerd. Hiervoor zijn de middelenwaarden op basis van de nationale statistiek gebruikt. Een positieve balans betekent een toename tussen bovenstrooms en benedenstrooms.

	<b>Bovenstrooms</b> <b>[t/jaar]</b>	<b>Benedenstrooms</b> <b>[t/jaar]</b>	<b>Balans</b> <b>[t/jaar]</b>
<b>Rijn</b>	19.6-32.4	40.4-65.5	20.8-33.1
<b>IJssel</b>	8.1-11.6	22.0-32.0	19.9-20.4
<b>Maas</b>	27.0-38.9	38.4-52.5	11.4-11.6
<b>Totaal</b>	54.7-82.9	100.8-150.0	46.1-67.1

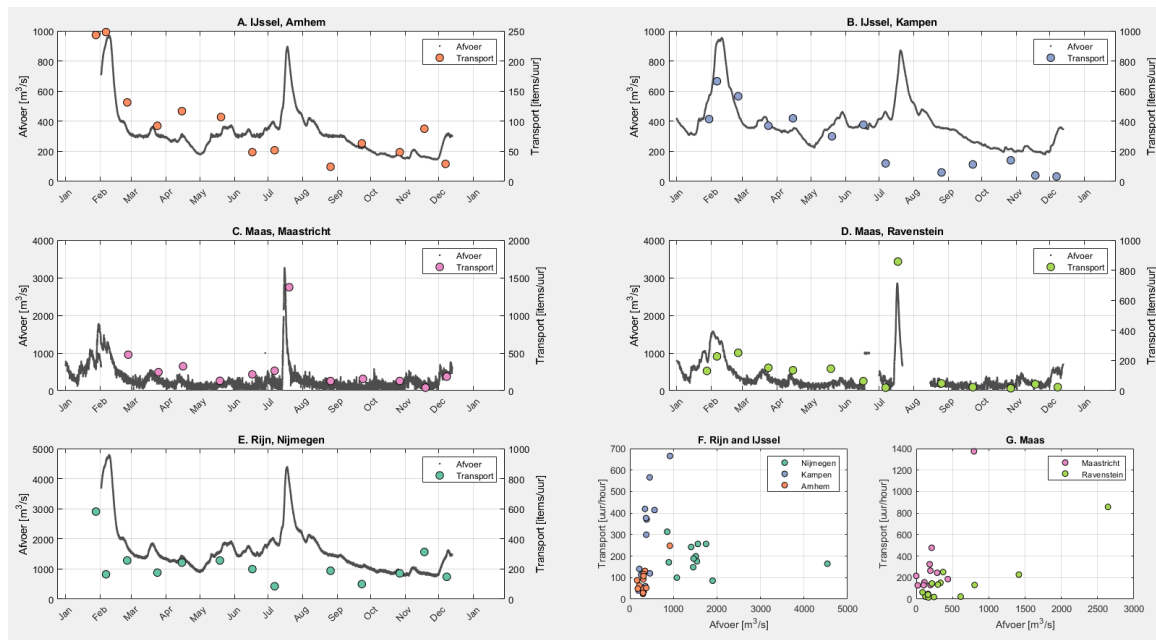
De schattingen van het transport in de riviermonden komt goed overeen met recente modelgebaseerde schattingen (Meijer et al., 2021). Dit model heeft op mondiale schaal voor elke rivier het transport ingeschat door gebruik te maken van (1) eigenschappen van het landschap (landgebruik, helling), en (2) kentallen van hydrometeorologische drijvers van transport (regen, wind, rivierafvoer). De Rijn komt het best overeen (hier: 40.4-65.5 t/y, model: 56.2 t/jaar), gevolgd door de IJssel (hier: 22.0-37.0 t/y, model: 23.7 t/jaar) en de Maas (hier: 38.4-52.5 t/y, model: 22.7 t/jaar). Onze inschatting voor de Maas is hoger, omdat we ook twee hoogwaterpieken hebben kunnen meenemen in de analyse. In het referentiemodel is alleen de normale omstandigheden meegenomen in de berekening.

### 3.4 Relatie tussen transport en afvoer

Op vijf locaties hebben we de correlatie tussen afvoer en transport kunnen bepalen. Op de overige locaties was geen afvoerdata beschikbaar. Op vier van de vijf locaties hebben we een sterke positieve correlatie gevonden tussen afvoer en transport, voor hogere afvoer neemt het transport toe (Figuur 19 en Tabel 9). De mate van correlatie varieert wel sterk, maar is in deze gevallen wel significant. De hoogste correlaties zijn gevonden in Maastricht en Arnhem (IJssel), gevolgd door Ravenstein en Kampen. In Nijmegen is een niet-significante negatieve correlatie gevonden. De sterke correlatie tussen transport en afvoer is te danken aan de beschikbare metingen tijdens de hoogwaterpieken.

De correlaties lijken uniek te zijn per locatie. Hierdoor is het niet betrouwbaar om voor een nieuwe plek het transport in te schatten met alleen de afvoer. Dit is te vergelijken met een Q-h-kromme uit de hydrologie, de relatie tussen afvoer en waterniveau. Op een specifieke plek kan deze relatie vastgesteld worden als beiden gemeten zijn, maar dit kan veranderen zodra de rivierkarakteristieken of de toevoer van zwerfafval en macroplastic verandert.

Twee punten zijn belangrijk voor toekomstig onderzoek en monitoring. Ten eerste laten onze resultaten zien hoe belangrijk de hoogwaterpiek is voor het jaarlijkse transport. Als deze pieken worden gemist worden de schattingen van jaarlijks transport erg onbetrouwbaar. Daarom bevelen wij aan om te anticiperen op hoogwaterpieken door monitoringsteams klaar te hebben staan in het geval van extreme afvoer. Ten tweede blijft de relatie tussen afvoer en transport onbekend in de getijdegebieden. Afvoer heeft hier complexere dynamiek, en door het gebrek aan afvoer data is het tot op heden niet mogelijk om verdere (cor)relaties met transport te verkennen. Aanvullend fundamenteel onderzoek naar de rol van getijdynamiek op het transport en emissies van zwerfafval en macroplastic is daarom essentieel.



Figuur 19. Correlatie tussen afvoer en de zwerfafval- en macroplastictransport voor vijf geteste locaties. Voor de Maas is er tijdens het hoogwater van juli gemeten, voor de Rijn is deze piek gemist. Voor alle locaties behalve Nijmegen is er een sterke correlatie gevonden tussen afvoer en transport, wat betekent dat er aantoonbaar meer transport is bij verhoogde afvoer.

Tabel 9. Correlatie en significantie tussen rivierafvoer en itemtransport. De Spearman correlatie test de aanwezigheid van een monotone correlatie, Pearson van een lineaire correlatie. De p-waarden geven een beeld van de mate van significantie. Voor waarden van 0.05 en lager gaan we uit van statistische significantie.

	Spearman		Pearson	
	$\rho$	p	$\rho$	p
Nijmegen	-0.16	0.61	-0.19	0.55
Rotterdam	-	-	-	-
Arnhem	0.59	0.05	0.81	0.00
Kampen	0.66	0.02	0.74	0.00
Maastricht	0.57	0.06	0.83	0.00
Ravenstein	0.60	0.03	0.76	0.00

## 4 Conclusie en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

#### **Zwerfafval- en macroplastic transport en rivierafvoer**

Voor het eerst is er voor een volledig jaar drijvend zwerfafval en macroplastic gemeten in de Nederlandse Rijn, Maas en IJssel. Voor alle drie rivieren is er een duidelijke variatie gevonden tussen de maanden, waarbij de hoogste waarden gemeten zijn tijdens de afvoerpieken. De piekwaarden in de Maas en Rijn van >1000 #/uur zijn substantieel hoger dan tot nu toe gemeten, en is vergelijkbaar met vervuilde rivieren in Europa, Azië en Afrika.

Drijvend transport is in vier van de vijf geteste locaties sterk positief gecorreleerd met rivierafvoer. De correlaties variëren sterk tussen locaties, en een de plaatselijke correlaties kunnen niet zomaar worden toegepast op andere locaties. Het is echter niet duidelijk of er ook een correlatie is tussen afvoer en drijvend transport in getijdengebieden.

Het drijvend zwerfafvaltransport laat een duidelijk verband zien met hoge afvoer. De piekwaarden in februari en juli zijn het gevolg van de hoogwatergolven, waardoor (1) extra zwerfafval in de rivier gekomen is, en (2) zwerfafval op oevers en uiterwaarden opnieuw gemobiliseerd is. Vooral de extreme afvoer in juli heeft tot een sterke vermenigvuldiging en drijvend transport geleid in de Maas. Dit effect dempt echter uit in de richting van de riviermond, wat suggereert dat er dispersie en accumulatie van drijvend zwerfafval en macroplastic optreedt.

#### **Transport varieert sterk tussen locaties en over de rivierdoorsnede**

Het transport varieert sterk in de lengterichting van de Rijn en Maas. Verhoogde waarden zijn gevonden in zowel de meest boven- en benedenstroomse meetlocaties. De reden hiervoor blijft onduidelijk, maar aannemelijke verklaringen zijn de aanwezigheid van stedelijk en industrieel gebied, en accumulatie in de getijdenezones. Overige pieken zijn gevonden rond stedelijke gebieden en complexe punten in het rivierennetwerk, zoals de samenkomst van zijtakken.

Het item- en massatransport is benedenstrooms twee tot drie keer zo groot als bovenstrooms. Dit duidt op een (1) inbreng van zwerfafval in Nederland zelf en/of (2) ophoping van zwerfafval en macroplastics in de getijdegebieden. De Rijn, Maas en IJssel transporteren respectievelijk 40-4-65.5 t/jaar, 38.4-52.5 t/jaar en 24.5-28.6 t/jaar in de meest benedenstroomse gebieden. Deze waarden komen goed overeen met recente modelstudies. Een deel daarvan kan eventueel verder getransporteerd worden naar de Noordzee, Holland Diep/Haringvliet en het IJsselmeer, maar het is aannemelijk dat een groot deel hiervan in de getijdegebieden ophoopt. Meer onderzoek is nodig om in kaart te brengen waar het zwerfafval en macroplastic exact heen stroomt.

De dwarsprofielen van het drijvend zwerfafvaltransport verschillen sterk per locaties. Er zijn drie type verdelingen te onderscheiden. Ten eerste profielen met de hoogste waarden in het midden van de rivieren. Dit zijn plekken met weinig bochten en de hoogste stroomsnelheid in het midden. Ten tweede de profielen met de hoogste waarden aan een van de oevers. Dit kan duiden op toevoer vanaf de oevers, of het volgen van het stroomsnelheidsprofiel in bochten. Tot slot zijn er de uniforme profielen, waarbij geen duidelijk pieken gevonden zijn. Dit komt door goed mixen in o.a. getijdengebieden.

#### **Het meeste zwerfafval is plastic**

Verreweg het meeste drijvend zwerfafval bestaat uit plastic voorwerpen en deeltjes (87%). Er zijn kleine verschillen tussen locaties, met het grootste en kleine aandeel plastic in respectievelijk Maastricht (92%) en Kampen (85%). Van het plastic was het meeste gecategoriseerd als zacht plastics, zoals zakken, folies, en voedselverpakkingen (57%). PET werd als minste gevonden (1%).

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 2 en 20 cm groot, echter het meeste gewicht zit in de categorie 6.6-124 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.

### **Tot slot**

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 zwerfafval- en macroplastictransport, de variatie over ruimte en tijd, en de samenstelling. Deze informatie is cruciaal voor het ontwerpen van een langetermijnstrategie voor monitoring, en voor het optimaliseren van reductiemaatregelen voor zwerfafval en macroplastic.

## **4.2 Aanbevelingen**

### **Onzekerheid in massatransport verkleinen door meer metingen**

De grootste onzekerheid in het inschatten van het massatransport blijft de massastatistiek van het zwerfafval en macroplastic. We laten zien dat de keuze voor het gebruik van de mediaan of de gemiddelde waarde een enorm verschil kan hebben op de berekening van massatransport. Extra metingen van drijvend zwerfafvalconcentraties via netten zou hier extra zicht op kunnen bieden op de specifieke eigenschappen van drijvend zwerfafval en macroplastic. Deze netmetingen kunnen direct vergeleken worden met de berekeningen op basis van brugtelmetingen, om tot een betrouwbaardere conversie van itemtransport naar massatransport te komen. Onze dataset kan echter ook gebruikt worden voor toekomstig onderzoek en nieuwe berekeningen. Voor de meeste voorwerpen hebben we genoeg monsters geanalyseerd voor betrouwbare statistiek. Er moet echter nog steeds een keuze worden gemaakt voor het gebruik van de mediaan of het gemiddelde voor het transport van de massa van de voorwerpen. Een alternatief is het verkennen van het gebruik van probabilistische modellen, waarbij verdelingen in plaats van vaste waarden gebruikt worden.

### **Aanvullend onderzoek naar de rol van estuaria nodig**

Betere hydrologische data zijn cruciaal om beter te kwantificeren en te begrijpen hoe afvoer het drijvend transport beïnvloed. Vooral in de getijdegebieden is nu geen zicht op de correlatie tussen afvoer en transport. Hierdoor is het nog niet mogelijk om betrouwbare inschattingen te maken van het nettotransport van zwerfafval en macroplastics richting de zee. We raden aan om ook extra fundamenteel onderzoek te doen naar de transportdynamiek in estuaria. Er zijn sterke aanwijzingen dat veel zwerfafval en macroplastic ophoopt in deze gebieden, maar goede observaties en conceptuele modellen ontbreken nog. Dit is nodig om betere keuzes te maken voor langetermijnmonitoring. 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.

### **Zwerfafval en macroplastic moet geanalyseerd worden op systeemsgaal**

Ook is er meer onderzoek nodig naar de connectiviteit in de langsrichting van rivieren. De variatie in drijvend transport is nog moeilijk te verklaren, en dat maakt het ook lastig om in te schatten wat er gebeurt met het geobserveerde zwerfafval en macroplastic op een bepaalde locatie. De kans is groot dat dit niet ver getransporteerd wordt, maar de factoren die dit bepalen zijn nog grotendeels onbekend. Aanvullend onderzoek zou kunnen onthullen op welke manier stedelijk gebied, zijtakken, en verschillend landgebruik de longitudinale variatie verklaart.

### **Investeer in (door)ontwikkeling meettechnieken**

Om het totale massatransport in te schatten zijn simultane metingen nodig van zwerfafval en macroplastic dat drijft en dat zich in de waterkolom bevindt. Deze metingen kunnen gedaan worden met netten, vangconstructies, of nieuwe technieken zoals sonar. 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 transport van zwerfafval en macroplastic kan worden bepaald op basis van brugtelmetingen.

### **De rol van hoogwater moet beter onderzocht worden**

Wij tonen voor het eerst aan dat hoge rivierafvoer resulteert in sterk verhoogd transport, voor zowel de jaarlijkse afvoerpiek als extreem hoogwater. De exacte transport- en retentiedynamiek 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 tijdens de huidige meetcampagne laat zien dat de maandelijks 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. Eventueel kan de meetfrequentie tijdens normale omstandigheden verlaagd worden met oog op het efficiënt inzetten van middelen, zo lang er maar gemeten wordt tijdens de afvoerpieken.

### **Meer onderzoek nodig naar het verband tussen rivieroever en zwerfafvalaccumulatie**

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.

### **Optimalisatie meetlocaties**

Op basis van de extra meetlocaties kan de selectie van locaties voor de langetermijnmonitoring verder worden geoptimaliseerd. Het benedenstroomse transport van de Rijn kan beter worden ingeschat als een extra locatie wordt toegevoegd voor de Oude Maas, bijvoorbeeld in Spijkenisse. Samen met de locatie in Rotterdam wordt zo de totale uitstroom van de Rijn gemeten. Daarnaast zou de locatie Moerdijk herzien kunnen worden, omdat hier zowel de Maas als een deel van de Rijn in uitmondt. Een alternatief zou kunnen zijn om de Maas in Peerenboom te meten, de Rijn in Gorinchem, en een extra locatie bij het Haringvliet toe te voegen.



## Literatuur

Broere, S., van Emmerik, T., González-Fernández, D., Luxemburg, W., de Schipper, M., Cózar, A., & van de Giesen, N. (2021). Towards Underwater Macroplastic Monitoring Using Echo Sounding. *Frontiers in Earth Science*, 9.

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., Roebroek, C., De Winter, W., Vriend, P., Boonstra, M., & Hougee, M. (2020). 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.

van Emmerik, T., Mellink, Y., Hauk, R., Waldschläger, K., & Schreyers, L. (2022a). Rivers as plastic reservoirs. *Frontiers in Water*, 3, 786936.

van Emmerik, T., Vriend, P., & Copius Peereboom, E. (2022b). Roadmap for Long-Term Macroplastic Monitoring in Rivers. *Frontiers in Environmental Science*, 716.

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.

Wadman, M., & van Emmerik, T. (2022). Meetprotocol drijvend zwerfafval en macroplastic in rivieren. Wageningen University & Research.

## 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.

Nearby city	Location	coordinates	River	Location along river	Distance to mouth (km)	Bank type	Number of measurements (incl dimensions and weight)
Nijmegen	R1	51.85359, 5.85864	Rijn (Waal)	Upstream	130	Sand floodplain	12 (7)
Arnhem	R2	51.95984, 5.93776	Rijn (Nederrijn)	Midpoint	130	Sandy floodplain, light vegetation	2 (1)
Rotterdam	R3	51.8981, 4.4674	Rijn	Downstream	30	Embanked, stones and lightly vegetated	12 (7)
Maastricht	M1	50.85363, 5.6976	Maas	Upstream	250	Vegetated	11 (9)
Ravenstein	M2	51.79533, 5.66357	Maas	Midpoint	138	Vegetated	12 (7)
Moerdijk	M3	51.71166, 4.63603	Maas	Downstream	56	Vegetated, stones	12 (7)
Arnhem	IJ1	51.96666, 5.95598	IJssel	Upstream	125	Sandy floodplain, light vegetation.	12 (7)
Kampen	IJ2	52.5603, 5.91998	IJssel	Downstream	16	Embanked, stones and reed vegetation	12 (7)



## Appendix B: statistieken van de oevermetingen

Zie appendix D voor uitleg van categorieën.

catagory	Name	ospar ID	amount	mean weight	std weight	mean length	std length	mean width	std width
plastic	Caps and lids	15	385	3.56	5.67	4.06	2.25	3.48	2.42
	Bottle (< 0.5 L)	4.2	169	51.34	53.77	16.77	7.45	10.65	3.21
	Bottle (>= 0.5 L)	4.1	49	142.97	32.51	25.74	2.52	10.45	2.18
	Industrial packaging	40	49	54.42	67.96	66.28	56.53	24.79	12.45
	Small bag	3	74	20.55	15.55	25.55	9.58	18.64	9.10
	Hard fragment (< 2.5 cm)	117.1	393	0.27	0.30	1.70	0.80	1.12	0.49
	Hard fragment (>= 2.5 cm)	46.1	1329	10.24	32.05	7.02	6.43	3.82	4.95
	Hard fragment (>50 cm)	47.2	25	378.57	9.65	74.93	23.10	25.00	1.59
	Foam fragment (< 2.5 cm)	1172	1178	0.11	0.13	1.88	0.75	1.58	0.70
	Foam fragment (>=2.5 cm)	462	2615	2.49	13.01	5.09	3.80	4.06	4.43
	Foam (> 50 cm)	472	8	14.79	9.52	77.49	23.32	7.80	3.89
	Foam food packaging	6.1	55	3.66	2.94	10.75	3.27	9.01	1.46
	Foam cup	212	2	5.63	2.72	5.00	0.00	5.00	0.00
	Cup	21	130	3.07	4.97	8.40	2.51	6.02	3.75
	Soft fragment (< 2.5 cm)	117.2	302	0.08	0.12	2.17	0.96	1.30	0.65
	Soft fragment (>= 2.5 cm)	46.2	2359	1.88	5.03	14.39	14.47	7.52	8.10
	Soft fragment (>50 cm)	47.1	75	35.75	45.89	63.33	25.22	29.24	19.69
	Straw	22.1	89	1.60	1.24	15.68	3.23	1.25	1.13
	Swizzle stick	22.2	4	0.38	0.12	8.70	2.90	0.80	0.28
	Food wrapping	19	1065	2.48	7.16	9.61	6.44	5.55	4.72
	Food packaging	6	228	14.31	18.61	10.06	5.27	7.72	3.61
	Bottle label	4.3	30	4.15	6.80	14.46	8.05	10.76	7.86
	Cleaning product packaging	5	6	28.10	25.23	20.33	5.16	9.83	1.75
	Six pack ring	1	4	3.57	0.43	19.50	1.12	11.42	3.33
	Lighter	16	41	11.11	1.96	7.47	1.23	3.93	0.89
	Car part	14	7	110.87	45.66	13.48	4.22	5.88	2.85
	Cutlery	22	10	1.53	0.57	7.08	1.01	3.78	0.13
	Straw	22.1	89	1.60	1.24	15.68	3.23	1.25	1.13
	Water filter	481	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Glowstick	36	5	2.72	1.57	14.70	8.06	0.40	0.00
	Bucket	38	4	101.85	79.76	19.55	1.30	14.78	1.30
	Plastic plant pot	38.1	10	52.31	49.64	15.15	6.31	11.70	4.30
	Rifle cartridge case	43	6	2.82	0.20	4.40	0.92	2.20	0.28
	Cleaning glove	25	3	6.47	2.87	12.30	2.33	11.40	6.93
	Glove	113	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Helmet	42	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Jerrycan	10	2	201.19	0.00	31.00	0.00	19.75	0.00
	Caulking nozzle	11	1	84.50	0.00	21.50	0.00	6.00	0.00
	Plastic crate	13	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Cable tie	39	44	2.61	2.56	44.12	41.56	16.18	24.59
	Tape	39.1	30	2.98	3.41	9.37	5.35	7.80	3.52
	Lollipop stick	19.1	126	0.35	0.21	6.18	1.68	1.39	0.94
	Motor oil packaging (< 50 cm)	8	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Motor oil packaging (>= 50 cm)	9	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Net bag	24	6	3.63	0.23	25.10	1.06	5.70	0.00
	Garbage bag	2.1	86	27.90	24.00	42.74	26.80	29.93	20.08
	Pen	17	10	4.69	1.58	7.43	2.48	4.43	0.18
	Toy	20	20	65.90	97.03	7.74	5.96	6.32	6.45
	Fishing gear	35	33	6.74	3.83	7.67	6.31	6.67	4.27
	Plastic bag	2	11	72.74	17.09	51.96	3.57	41.26	4.88
	Rope D>1cm	31	38	143.09	123.53	141.45	73.32	3.12	4.65
	Rope D<1cm	32	190	15.47	44.59	39.07	44.26	3.77	8.74
	Fishing wire	35.1	93	0.98	1.97	33.41	14.81	1.46	2.61
	Firework	43.1	10	7.12	3.39	7.33	2.18	1.71	0.80
	Nurdles	0	140	0.02	0.01	0.34	0.02	0.31	0.03
	Other	48	103	113.07	248.02	23.71	37.71	13.98	26.83

<b>rubber</b>	Balloon	49	35	2.42	0.43	8.67	1.55	4.94	1.00
	Tire	52	11	646.79	315.76	46.11	14.81	17.41	11.15
	Other rubber	53	51	36.33	57.50	14.21	9.28	4.03	3.43
<b>textile</b>	Clothes	54	40	117.60	60.95	25.04	7.30	19.36	9.89
	Shoes, boots, flipflops	57	3	116.38	0.00	21.70	0.00	7.50	0.00
	Pieces of carpet	55	1	220.00	0.00	96.00	0.00	34.00	0.00
	Other unidentifiable textile it	59	141	124.23	295.43	47.25	58.47	16.62	19.72
<b>paper</b>	Drink carton	62.1	14	46.29	11.86	17.07	4.59	10.54	2.84
	Other paper	67.1	93	1.59	1.63	6.79	5.14	4.30	3.39
	Cigarette filter	64	1665	0.50	0.19	2.36	0.38	0.91	0.29
	Cigarette pack	63	15	7.60	1.64	12.73	1.93	8.47	0.47
	Cartboard	61	19	30.68	5.32	15.60	1.36	9.00	3.41
	Cartboard cup	65	9	21.57	3.28	11.18	2.01	10.31	1.00
	Newspaper	66	3	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Paper bag	60	3	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Other paper	67	96	5.00	4.70	9.92	3.89	12.70	6.29
<b>wood</b>	Popsicle stick	72	2	2.03	0.40	11.00	1.41	1.00	0.00
	Cork	68	35	7.52	4.88	3.75	0.99	2.53	1.16
	Paintbrush	73	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Pellet	69	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Other wood (< 50 cm)	74	50	479.62	123.41	15.12	5.38	9.70	3.32
	Other wood (>= 50 cm)	75	10	986.94	501.02	45.45	5.35	4.88	0.75
<b>metal</b>	Aluminium foil	81	109	5.14	6.44	4.91	3.15	3.04	1.50
	Metal capsule	81.1	5	10.21	0.00	4.47	0.00	4.93	0.00
	Drink can	78	243	42.55	43.47	9.71	3.36	7.14	2.35
	Electrical wire	79	6	4.79	0.16	14.12	0.52	0.96	0.40
	Old iron scrap	83	25	597.34	623.46	59.06	45.15	24.50	21.82
	Metal bottle cap	77	700	4.09	1.03	2.73	0.34	2.42	0.64
	Oil drum	84	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Barbed wire	88	2	3.46	1.84	37.75	42.78	0.15	0.07
	Spray can	76	12	137.42	69.88	17.22	3.47	8.39	3.15
	Paint can	86	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Fish lead	80	2	38.83	0.00	14.10	0.00	2.30	0.00
	Food can	82	7	22.19	6.08	7.07	1.60	8.95	2.05
	Single use grill	120	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Other metal (< 50 cm)	89	177	150.69	199.11	13.43	10.00	4.87	3.50
	Other metal (>= 50 cm)	90	15	882.52	566.82	58.68	29.70	20.69	12.00
<b>glass</b>	Glass bottles and ceramics	91	501	42.77	67.28	6.11	4.50	3.86	3.09
	Tube lamp	92	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Other glass	93	119	62.70	76.61	5.14	2.80	3.53	2.10
<b>sanitary</b>	Cosmetics	7	21	20.65	14.98	10.07	2.84	4.34	1.77
	Cotton swab	98	220	0.65	4.23	6.44	1.50	0.24	0.06
	Carton cotton swab	982	4	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Wet tissue	102.2	247	6.87	7.09	18.99	8.88	7.21	5.10
	Condom	97	1	0.21	0.00	4.50	0.00	4.50	0.00
	Sanitary towel	99	42	2.47	1.74	18.06	8.36	7.02	3.68
	Hair brush	18	0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
	Tampon (applicator)	100	14	1.22	0.05	5.51	0.32	1.79	0.19
	Toilet paper	102.3	6	3.83	1.85	12.67	4.04	4.17	1.04
	Toilet refresher	101	1	9.86	0.00	11.50	0.00	10.30	0.00
	Other sanitary	102	18	9.07	9.70	15.21	5.87	8.36	6.28
<b>medical</b>	Medical packaging	103	10	4.90	9.38	5.96	2.15	2.49	1.07
	Syringe	104	8	10.65	10.34	9.35	1.75	2.45	0.28
	Other medical	105	25	8.86	0.42	8.29	3.25	10.09	0.99

## 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><b>IJssel, Kampen</b></p>	<p>Riet, harde oever (stenen talud en stortsteen)</p>	
<p><b>Rijn, Rotterdam</b></p>	<p>Stenen talud en stortsteen</p>	
<p><b>Maas, Moerdijk</b></p>	<p>Vegetatie, stortsteen</p>	

## Appendix D: turflijst rivieroevermetingen van Schone Rivieren



Naam rivier	
Provincie	
Gebiedscode (Vul hier ontvangen code van het tracé in)	
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 lijst staan. (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)	
117.2	Ondefinieerbare stukjes piepschuim 0 - 2,5 cm (schatting)	
46.2	Ondefinieerbare stukjes piepschuim 2,5cm - 50 cm	
47.1	Piepschuim > 50 cm	
6.1	Piepschuim voedselverpakkingen (o.a. hamburger)	
212	Piepschuim bekertjes of delen daarvan	
21	Plastic bekertjes 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	8-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	Sportvisspullen (o.a. dobbers, aasbakjes, verpakkingen van sportvisproducten)	
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)	
<b>Ospar ID</b>	<b>Rubber</b>	<b>Aantal</b>
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	IJsstokjes	
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	