



Haalbaarheidsstudie voor de detectie van microplastics via humane biomonitoring

Dit rapport bevat de mening van externe auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys, secretaris-generaal
Departement Omgeving
Koning Albert-II laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)
vlaanderen.be/omgeving

Een uitgave van het Departement Omgeving, Vlaams planbureau voor Omgeving
vpo.omgeving@vlaanderen.be

Auteurs

Nelly Saenen, Tim Nawrot, Karen Smeets – Centrum voor Milieukunde (CMK), Universiteit Hasselt
Ann Colles – Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, VITO Health
Patrick De Boever – Centrum voor Milieukunde (CMK), Universiteit Hasselt; Universitair Ziekenhuis Antwerpen (UZA)
Team VPO, Departement Omgeving

Voor de pilootstudie danken wij Prof. dr. Marja Lamoree (VU Amsterdam), Martin van Velzen (VU Amsterdam), Prof. dr. Maarten Roeffaers (KU Leuven) en Iris van den Eede (KU Leuven) voor de samenwerking met betrekking tot hun MP's detectiemethoden in de pilotstudie en daarbij aangeleverde inzichten. Tevens danken wij Nelle Scheepers voor haar waardevolle bijdrage aan de literatuurstudie.

Publicatiedatum

15 september 2025

Depotnummer

D/2025/3241/325

Partners



INHOUDSTAFEL

1	Inleiding	4
2	Stand van zaken in de literatuur omtrent microplastics detectie in humane stalen	5
2.1	Literatuur zoekcriteria	5
2.2	Literatuur analyse microplastics detectie in humane stalen	5
2.2.1	Detectie van Microplastics in humane stalen	6
2.2.2	Gedetecteerde Polymeerclusters en Concentraties	8
2.2.3	Kwaliteit van Onderzoek en Conclusie Literatuuronderzoek	9
3	Pilotstudie naar mP detectie in bloed met complementaire methoden	10
3.1.1	Staalverzameling	10
3.1.2	Methodologie voor Microplasticdetectie met Pyr-GC-MS (VU Amsterdam)	11
3.1.3	Methodologie voor Microplasticdetectie met Fluorescentiemicroscopie (KU Leuven)	11
3.1.4	MP detectie in Bloedmonsters met Complementaire Methoden - Resultaten	12
3.1.5	Conclusie van de Pilotstudie	15
4	Implementatie van microplastics detectie in humane biomonitoring.....	15
4.1	Selectie van de humane matrix	15
4.1.1	Bemonsteringsprocedure voor Perifeer Bloed	16
4.1.2	Microplastic Detectie in humane bloedmonsters	17
4.2	Vragenlijst informatie	18
4.3	Marktanalyse en integratie in vlaanderen	18
4.4	aanbevelingen	19
	Referenties.....	20

1 INLEIDING

Microplastics (MP's), alomtegenwoordig in ons leefmilieu, vormen een groeiende zorg voor de humane gezondheid (FDA, 2024; Geyer et al., 2017; Vethaak & Legler, 2021). Deze kleine plasticdeeltjes (< 5 mm) worden aangetroffen in lucht, water, bodem en voedsel (Cox et al., 2019; Ossmann et al., 2018; Prata, 2018; Prata et al., 2020). De nog kleinere deeltjes, in het bereik van 1 tot 100 nanometer (nm) of soms 1 tot 1000 nm, worden nanoplastics genoemd; over de exacte definitie hiervan bestaat momenteel echter nog geen wetenschappelijke consensus. Voor dit rapport nemen we de definitie van 1-1000 nm aan voor nanoplastics. Blootstelling van de mens is onvermijdelijk, maar de interne lichaamslast en de daaraan gekoppelde gezondheidsrisico's zijn nog grotendeels onbekend. Humane biomonitoring (HBM), het meten van polluenten in humane stalen zoals bloed of urine, is een cruciaal instrument om de interne blootstelling van een populatie in kaart te brengen en de link met gezondheidseffecten te onderzoeken.

In de context van het Steunpunt Omgeving en Gezondheid en het Vlaams Humaan Biomonitoring programma (FLEHS) werd de vraag gesteld of het meten van MP's reeds kan worden opgenomen in grootschalige HBM-studies. De complexiteit van de analyse – de deeltjes zijn chemisch divers, variabel in grootte en vorm, en aanwezig in lage concentraties in complexe biologische stalen – vormt een aanzienlijke wetenschappelijke uitdaging.

Dit rapport heeft als doel de haalbaarheid te onderzoeken van het monitoren van MP's in de Vlaamse bevolking. De centrale vraag is: Zijn de huidige analysemethoden voor MP's in humane stalen voldoende matuur, betrouwbaar en gestandaardiseerd om te worden toegepast in een grootschalig, beleidsrelevant HBM-programma?

Om deze vraag te beantwoorden, combineert de studie twee onderdelen:

- Een **literatuurstudie** naar de huidige stand van zaken van analysemethoden en HBM-studies voor MP's.
- Een **pilotstudie** waarbij een beperkt aantal humane stalen werd geanalyseerd door twee gespecialiseerde laboratoria met verschillende, complementaire technieken.

2.1 LITERATUUR ZOEKCRITERIA

Studies moesten voldoen aan de volgende criteria:

- Geëxtraheerde gegevens omvatten onder andere monstertype, staalhoeveelheid of volume, voorbewerking, detectietechniek, gebruik van referentiematerialen, terugwinningspercentages van MP's na voorbewerking, gedetecteerde polymeerclusters (polyamide (PA), polyethyleen (PE), polyethyleentereftalaat (PET), polypropyleen (PP), polystyreen (PS), polyvinylchloride (PVC)), polymeermassa of deeltjesaantal, kwaliteitscontrole (QA/QC) en detectie-/kwantificatielimieten (LOD/LOQ).

De methodologische kwaliteit werd beoordeeld aan de hand van een risico op bias (RoB) instrument over zes domeinen: staalname, voorbereiding, referentiematerialen, terugwinning, QA/QC en transparantie van LOD/LOQ. Elk criterium kreeg een kleurcode (groen=laag risico, geel=gemiddeld, rood=hoog risico) gebaseerd op de volledigheid en duidelijkheid van de rapportage. Een scoresysteem werd toegepast om het algehele risico op bias te kwantificeren.

Tabel 1. Scoresysteem voor risico op bias analyse

SCORING	Laag risico	Medium risico	Hoog risico
Staalname	2	1	0
Voorbewerking	1	0.5	0
Referentiematerialen	2	1	0
Terugwinning	2	1	0
QA/QC	1	0.5	0
LOD/LOQ	2	1	0

QA/QC= Kwaliteitsborging/Kwaliteitscontrole

$$LOD/LOQ = \text{Detectielimiet} / \text{Kwantificatielimiet}$$

Deze literatuuranalyse omvat een evaluatie van 80 wetenschappelijke artikelen gepubliceerd tussen 2021 en april 2025, die de aanwezigheid van MP's in humane stalen onderzochten (**Figuur 1**). Omdat sommige studies meerdere staaltypes analyseerden, resulteerde dit in een totaal van 98

Year	Fluids	Tissues
2021	5	6
2022	7	6
2023	11	7
2024	17	19
2025	13	7

Figuur 1: Distributie van studies per monstertype en jaar – Distributie van studies volgens monstertype (n=98) per publicatiejaar en primair monstertype. De balken geven het aantal studies weer die vloeistoffen (lavendelkleurig) of weefsels (magenta) als belangrijkste monstermatrix gebruikten, gepubliceerd tussen 2021 en april 2025. Detection of microplastics in human body samples

2.2.1 Detectie van Microplastics in humane stalen

- Vroege levensfase (22,40%)
- Cardiovasculair (15,30%)
- Spijsverteringsstelsel (15,30%)
- Voortplantingsstelsel (12,20%)
- Ademhalingsstelsel (11,20%)

pagina 6 van 20

Mass Spectrometry

Year	LC-MS-MS	Py-GC-MS
2021	1	0
2022	1	0
2023	2	0
2024	0	11
2025	0	9

Optical Microscopy

Year	SEM	LM	FM
2021	1	3	3
2022	1	2	3
2023	2	2	0
2024	8	2	1
2025	1	4	0

Vibrational Spectroscopy

Year	RS	NIR	LDIR	FTIR
2021	7	0	0	3
2022	5	0	4	3
2023	3	0	9	4
2024	14	1	8	12
2025	8	0	4	1

De zes meest voorkomende polymeertypes die in de studies werden geïdentificeerd, waren PP > PE >

		PE	PP	PET	PS	PVC	PA
Bloed	Deeltjes						
	/g	30.0 (0.00)	10.0 (0.00)	20.0 (0.00)	4.0 (0.00)	10.0 (0.00)	
	/mL	2.12 (1.42)	1.17 (0.23)	0.30 (0.00)	1.15 (0.56)	0.94 (0.00)	0.96 (0.93)
	/monster	0.24 (0.00)	0.13 (0.00)			110 (0.00)	33.03 (0.00)
	Massa						
	µg/g	12.4 (0.00)	0.64 (0.00)	12.4 (0.00)	4.71 (3.96)	34.1 (1.97)	3.61 (0.00)
	µg/mL	4.54 (2.14)	2.58 (2.34)	4.89 (5.10)	1.69 (2.20)	2.39 (1.91)	
Urine	Deeltjes						
	/g		0.02 (0.00)	0.01 (0.00)			
	/mL	0.63 (0.00)	0.01 (0.00)	0.07 (0.00)	0.09 (0.00)	0.06 (0.00)	0.08 (0.00)
	/monster	2.00 (1.00)	1.50 (0.50)		1.00 (0.00)	1.00 (0.00)	
	Massa						
	µg/g	1.96 (0.00)				0.12 (0.00)	0.02 (0.00)
	Speeksel	Deeltjes					
/monster							
			23.0 (0.00)	35.0 (0.00)	3.0 (0.00)	1.0 (0.00)	
Ontlasting	Deeltjes						
	/g	1.29 (0.35)	3.07 (1.77)	1.96 (0.87)	3.64 (3.74)	0.97 (0.80)	3.54 (4.36)
	/monster	0.04 (0.03)	0.06 (0.04)	0.15 (0.13)	0.01 (0.00)	0.08 (0.80)	0.30 (0.19)
	Massa						
	µg/g	208 (0.00)	6.66 (3.53)	113 (170.04)	6.47 (2.74)	321 (0.00)	

De resultaten van de RoB-analyse toonden aan (Voorbeeld van RoB in **Tabel 3**):

- Terugwinningsprocedures: 52 studies hadden een hoog risico.
- Rapportage/bepaling van LOD/LOQ: 42 studies hadden een hoog risico.

Tabel 3 Voorbeeld van resultaat van het risico op bias toegepast in dit rapport.

	Sampling method	Pre-processing	Analysis - reference	Analysis - Recovery	QA /QC	LOD / LOQ	Overall
Abbasi S et al. 2021	1	1	0	0	1	1	3.5
Amato-Lourenco et al. 2021	2	1	1	0	1	1	5.5
Amereh F et al. 2022	2	1	2	0	1	1	7

De literatuurstudie bevestigt dat vibrationele spectroscopie de meest gebruikte detectietechniek is voor microplastics in humane stalen, gevolgd door optische microscopie en massaspectrometrie. Echter, een aanzienlijk stijgende trend doorheen de jaren is geobserveerd voor massaspectrometrie. De literatuuranalyse benadrukt significante methodologische beperkingen, met name de inconsistente rapportage van terugwinningspercentages na voorbereiding en LOD/LOQ, wat de betrouwbaarheid en vergelijkbaarheid van blootstellingsschattingen beperkt. PE en PP zijn de meest gedetecteerde polymeren, wat overeenkomt met hun hoge wereldwijde productie en wijdverspreide gebruik. Er moet echter voorzichtig worden omgegaan met de interpretatie, aangezien massa-gebaseerde detectiemethoden bepaalde polymeren (zoals PE en PVC) verkeerd kunnen identificeren door gevoeligheidsproblemen en matrixinterferentie. Dit onderstreept de noodzaak van multimodale benaderingen, die vibrationele spectroscopie, optische microscopie en/of massaspectrometrie combineren om hun respectievelijke sterke punten en beperkingen in evenwicht te brengen voor een nauwkeurigere en uitgebreidere detectie. De literatuurstudie benadrukt een cruciale behoefte aan gestandaardiseerde detectieprotocollen, inclusief robuuste QA/QC-maatregelen en gevalideerde referentiematerialen. Zonder dergelijke standaardisatie blijven blootstellingsgegevens moeilijk te interpreteren of te vergelijken tussen studies. Toekomstig onderzoek zou gericht moeten zijn op het ontwikkelen van geharmoniseerde en complementaire methodologieën met gedegen validatie en transparante rapportagepraktijken om de betrouwbaarheid van MP-blootstellingsbeoordelingen in studies naar humane gezondheid te verbeteren.

3 PILOTSTUDIE NAAR MP DETECTIE IN BLOED MET COMPLEMENTAIRE METHODEN

Deze pilotstudie onderzocht de aanwezigheid en kwantificering van MP's in perifeer bloed van 25 vrouwen uit het ENVIRONAGE-cohort, verzameld tijdens een routinecontrole op de kraamafdeling. De studie maakt gebruik van twee complementaire detectiemethoden: Pyrolyse-Gaschromatografie-Massaspectrometrie (Pyr-GC-MS) en Fluorescentiemicroscopie. Het doel was om de detectie van microplastics in humane bloedmonsters te vergelijken met behulp van deze twee benaderingen, die respectievelijk massa- en deeltjes gebaseerde metingen opleveren.

3.1.1 Staalverzameling

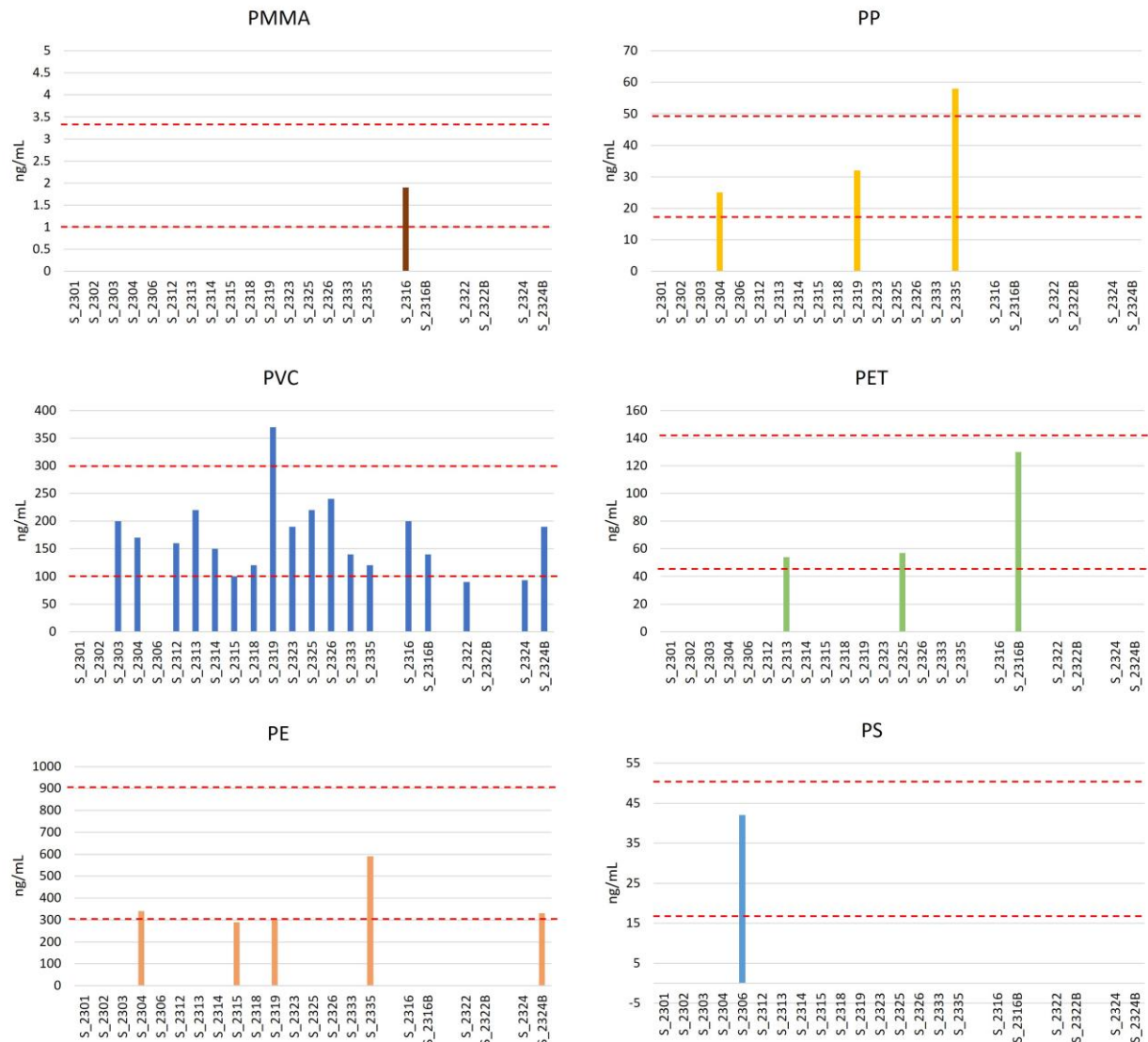
Bloedmonsters werden verzameld in glazen heparinebuizen en onmiddellijk na afname 10 keer gekanteld. De stalen werden 24 uur bij 4°C bewaard, gevolgd door invriezen bij -20°C. Voor verwerking door twee verschillende laboratoria (VU Amsterdam en KU Leuven) met duplicaten en triplicaten, werden aliquots bereid onder strikte voorzorgsmaatregelen om besmetting te minimaliseren:

- Ontdooien bij 4°C gedurende de nacht.
- Labassistent droeg 100% katoenen labjas, waste handen grondig, en droeg nitril handschoenen.
- Werken in een biosafety kast, gereinigd met 70% ethanol, met alleen gespecificeerd glaswerk en pipetpunten.
- Homogenisatie van het bloedmonster door 10 keer te zwenken voor aliquotering van 1 mL bloed in glazen vials.
- Voor elke 5-10 bloedmonsters werd een blanco (MilliQ water) meegenomen.
- Aliquots werden 24 uur bij 4°C bewaard, gevolgd door invriezen bij -20°C en transport op droogijs.

- ### 3.1.4 MP detectie in Bloedmonsters met Complementaire Methoden - Resultaten

De concentratie van microplasticpolymeren in bloedmonsters werd bepaald in ng/mL (figuur 4). De gerapporteerde waarden zijn gecorrigeerd voor de gemiddelde blanco waarde (gemiddelde van 9 blanco's). De meeste gedetecteerde concentraties lagen onder de LOD of tussen LOD en LOQ.

- **PMMA:** Nauwelijks detecteerbaar, behalve in één monster (S_2316), met een concentratie tussen LOD en LOQ (1.8 ng/mL). Duplicaten toonden echter geen detectie.
- **PVC:** Vaak gedetecteerd en gekwantificeerd tussen LOD en LOQ in de meeste monsters. Concentraties varieerden van net boven LOD tot bijna 350 ng/mL, meestal tussen 100 en 250 ng/mL. Dit bevestigt PVC als een consistent aanwezig microplastic in de bloedstroom, zij het in lage concentraties.
- **PE:** Gedetecteerd in slechts 5/22 monsters, met meer bescheiden massaconcentraties, variërend van rond LOD tot ongeveer 600 ng/mL in één monster (S_2335).
- **PP:** Veel non-detecties; indien gedetecteerd, variabele detectie, met 1 monster (S_2335) dat de LOQ overschreed (bijna 60 ng/mL).
- **PET:** Gedetecteerd in 3/22 monsters, met concentraties rond 50 ng/mL. Eén monster (S_2316) vertoonde een hogere concentratie van bijna 130 ng/mL.
- **PS:** Slechts duidelijk gedetecteerd in één monster (S_2306) met een concentratie van net onder 40 ng/mL.



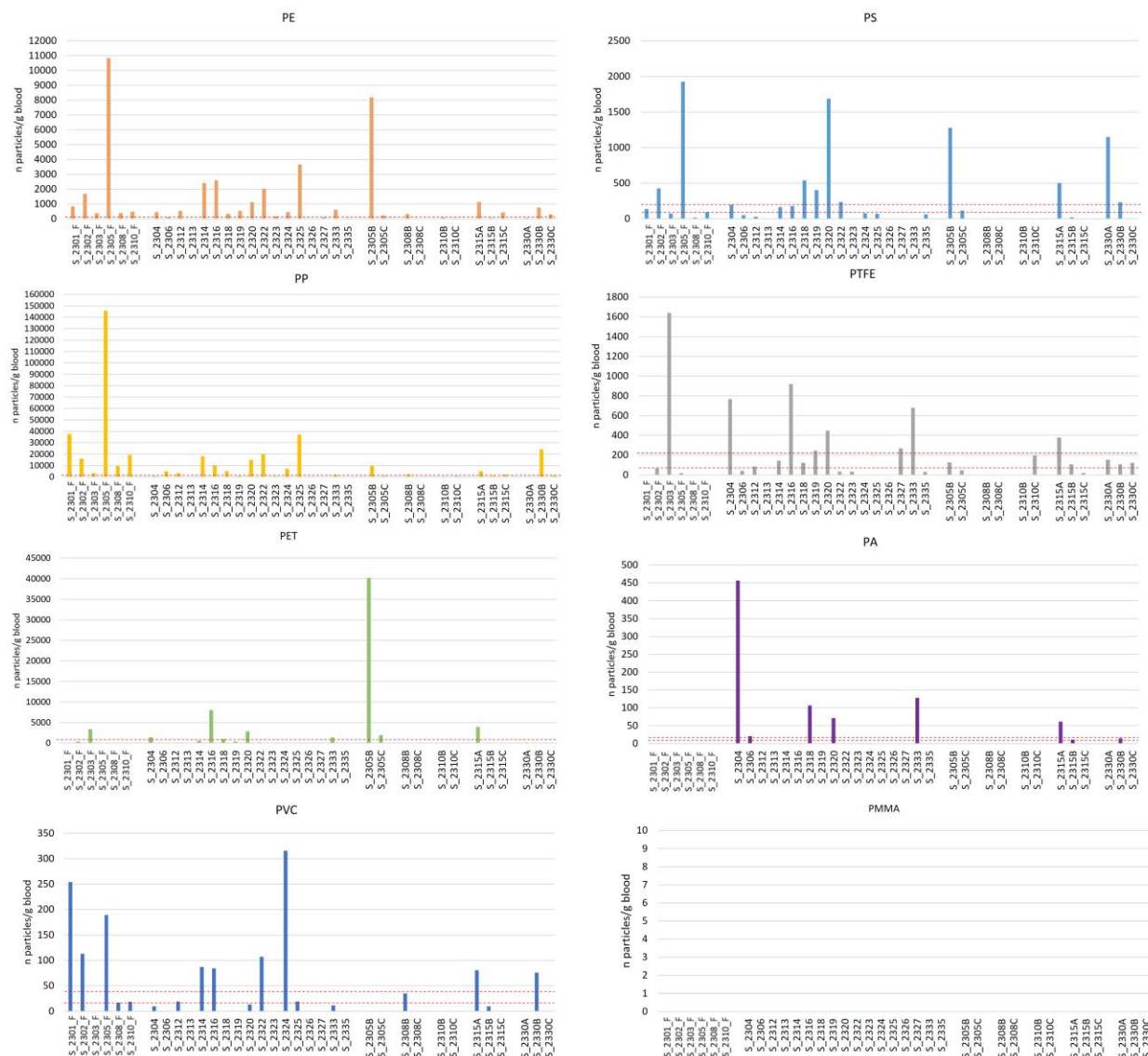
Figuur 4 – Microplastic concentraties (ng/mL) in pilotstudie bloedstalen voor polymeerclusters. Rode stippellijnen representeren LOD en LOQ waarden.

3.1.4.2 Fluorescentiemicroscopie-gebaseerde Methode (deeltjes-gebaseerd)

Deze methode kwantificeerde PMMA, PVC, PE, PA, PP, PET, PS en PTFE in deeltjes per gram bloed (figuur 5). De waarden zijn gecorrigeerd voor de gemiddelde blancowaarde (n=6).

- **PE:** Hoge prevalentie en deeltjesaantal. Verschillende monsters bevatten meer dan 1.000 deeltjes/g, sommige zelfs meer dan 3.500. Dit suggereert een wijdverspreide aanwezigheid van PE als belangrijke verontreiniging.
- **PP:** Ook in grote aantallen gevonden, met meerdere monsters die meer dan 10.000 deeltjes/g vertoonden, wat duidt op vergelijkbare wijdverspreide aanwezigheid.
- **PET:** Over het algemeen op lagere niveaus, met de meeste monsters onder 5.000 deeltjes/g. Eén monster (S_2305B) vertoonde een opmerkelijke piek (~40.000 deeltjes/g), wat wijst op een geïsoleerde hoge blootstelling, die echter niet in het biologische duplicaat werd waargenomen.
- **PVC:** Gedetecteerd in een matig aantal monsters (9/35 >LOQ, 4/35 tussen LOD en LOQ). De aanwezigheid in replicaten varieerde sterk.
- **PS:** Gedetecteerd op matige niveaus in een breed scala aan monsters, met deeltjesaantallen tussen 100 en 500 deeltjes/g.

De **totale microplasticdeeltjesaantal (n deeltjes/g bloed)** varieerde van 0 tot 60.000 deeltjes/g bloed. PP was het meest prevalent, gevolgd door PET, PTFE, PE en PS. PVC en PA werden ook gedetecteerd, maar in aanzienlijk lagere aantallen. Duplicaten en triplicaten lieten wederom verschillende deeltjesaantallen en polymeerverdelingen zien voor hetzelfde bloedmonster.



Figuur 5 - Microplastic particle counts (n particles/g blood) in pilot study blood samples for each polymer type. Red lines represent LOD and LOQ values calculated per polymer type.

3.1.5 Conclusie van de Pilotstudie

De pilotstudie toont aan dat massa-gebaseerde en deeltjes-gebaseerde methoden complementaire, maar soms uiteenlopende beelden geven van microplasticconcentraties in humane bloedmonsters:

- **Massa-gebaseerd (Pyr-GC-MS):** PVC was de meest consistent gedetecteerde polymeer, vaak boven LOD maar onder LOQ, tot ongeveer 350 ng/mL. PE, PP en PET werden minder algemeen, maar wel in geselecteerde monsters boven LOD gedetecteerd. PS en PMMA waren zeldzaam of ondetecteerbaar. Dit suggereert dat **PVC en PE de grootste bijdrage leveren aan de microplasticmassa in bloed**. De methode is geoptimaliseerd om matrixinterferentie te minimaliseren.
- **Deeltjes-gebaseerd (Fluorescentiemicroscopie):** PE en PP waren de meest voorkomende polymeren qua deeltjesaantal, vaak in duizenden deeltjes per gram bloed. PET vertoonde ook aanzienlijke aantallen in enkele monsters. PVC en PS waren matig aanwezig, terwijl PA sporadisch werd gedetecteerd en PMMA niet detecteerbaar was.

De **discrepanantie tussen massa- en deeltjesaantallen** (bijv. veel PE/PP deeltjes maar relatief lagere massa, versus minder PVC deeltjes maar hogere massa) moet verder worden onderzocht. Dit kan wijzen op verschillen in de grootte of dichtheid van de deeltjes: veel kleine/lichte PE/PP deeltjes versus minder grote/dichte PVC deeltjes. Het ontbreken van informatie over deeltjesgrootte beperkt de interpretatie.

Deze bevindingen benadrukken de **noodzaak van het integreren van complementaire detectiestrategieën** om de blootstelling en accumulatie van microplastics in humane bloedmonsters volledig te karakteriseren. De waargenomen variabiliteit tussen duplicaten en triplicaten wijst op de behoefte aan verder onderzoek naar analytische reproduceerbaarheid, hoewel dit ook deels kan worden toegeschreven aan verschillen in blootstelling, opname, overdrachtssnelheden en deeltjeskarakteristieken.

4 IMPLEMENTATIE VAN MICROPLASTICS DETECTIE IN HUMANE BIOMONITORING

4.1 SELECTIE VAN DE HUMANE MATRIX

Uit een literatuuranalyse van 80 artikelen werden 47 studies geselecteerd die MP's meten in gemakkelijk verkrijgbare humane matrices. De keuze van de matrix hangt af van de doelpopulatie en of men geïnteresseerd is in interne of externe blootstelling. De classificatie van interne versus externe dosis is in dit rapport gebaseerd op de vraag of de MP's een biologische barrière (bijv. long-, darm- of huidbarrière) is gepasseerd.

Matrices beschikbaar in de algemene bevolking:

- **Interne dosis (na barrièrepassage):** Bloed (10 artikelen), urine (3), sputum (3).
- **Externe dosis (geen barrièrepassage):** Haar (1), speeksel (1), neusholte (1), ontlasting (10), huid (1).

Matrices specifiek voor vrouwen/zwangere vrouwen:

- **Interne dosis:** Placenta (10), meconium (5), vruchtwater (3), moedermelk (3), navelstrengbloed (1), endometrium (1).

Matrices specifiek voor mannen:

- **Interne dosis:** Sperma (1).

Voor humane biomonitoring is de meting van **interne blootstelling** (bijv. in bloed, urine, placenta) van groot belang, omdat dit de MP's reflecteert die daadwerkelijk door het lichaam zijn opgenomen en interacties kunnen aangaan met lichaamsprocessen.

Voorkeursmatrix:

Bloed wordt beschouwd als de voorkeursmatrix voor het meten van interne blootstelling in de algemene bevolking, omdat het de MP's reflecteert die via ingestie, inhalatie of huidcontact het lichaam zijn binnengedrongen en in de bloedbaan zijn opgenomen. Urine en sputum reflecteren slechts een deel van de interne blootstelling (respectievelijk gefilterd door de nieren of geaccumuleerd in de luchtwegen).

4.1.1 Bemonsteringsprocedure voor Perifeer Bloed

Om kruiscontaminatie te minimaliseren, zijn strikte voorzorgsmaatregelen cruciaal.

Informatie uit de literatuur:

- **Vorbereiding:** Wassen van materialen met gedestilleerd water, spoelen met ethanol, voorverwarmen van glaswerk, werken onder laminaire flowkasten, dragen van stofvrije katoenen labjassen en nitril/katoenen handschoenen, bemonstering in een schone ruimte met gesloten ramen en deuren, en handhygiëne met alcohol.
- **Bloed/navelstrengbloed:** Meestal veneus volbloed, verzameld in glazen vacutainers met anticoagulantia. De naald wordt bij voorkeur direct op de vial aangesloten om contaminatie door plastic slangen te voorkomen. Monsters worden direct na afname verzegeld en op -20°C (soms eerst 4°C, dan -20°C) of -80°C (navelstrengbloed) bewaard.
- **Urine:** Middenstroomurine verzameld in glazen flessen en verzegeld. Opslag bij 4°C of bevroren.
- **Moedermelk:** Handmatig afgekolfd in glazen containers en bevroren bewaard (-20°C of -80°C).
- **Procedurele blanks:** Gebruik van MilliQ water dat dezelfde procedure doorloopt als de monsters om contaminatie te controleren.

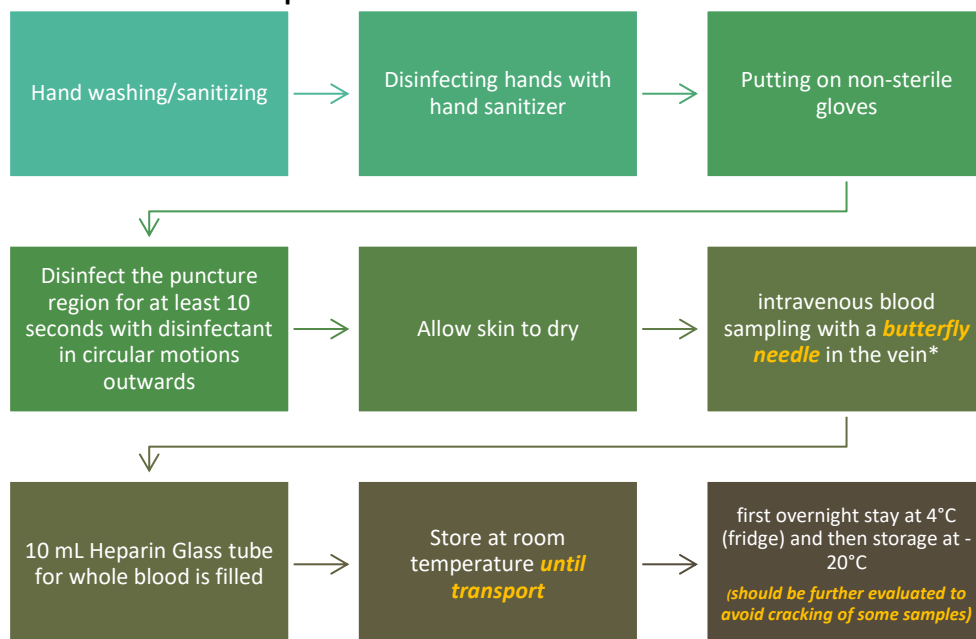
Ervaring uit de pilotstudie:

- **Glazen 10 ml heparinebuizen** werden aanbevolen voor bloedafname, omdat ze directe bloedafname via venapunctie mogelijk maken met minimale blootstelling aan externe plastic contaminatie.
- Blanco analyses toonden een **lage achtergrondcontaminatie** van deze buizen en tijdens het aliquoteren.
- Echter, ongeveer 10% van de glazen buizen barstte tijdens het invriezen, wat leidde tot monsterverlies. Dit vereist verdere evaluatie van de opslagprocedure.
- Het gebruik van plastic bloedbuizen is alleen te overwegen als kan worden aangetoond dat hun achtergrondcontaminatie vergelijkbaar of beter is dan die van glazen buizen.

Aanbevolen bemonsteringsprocedure voor bloed:

- Gebruik van **glazen 10 ml heparinebuisen** met directe verbinding van naald naar buis.
- Inclusief **3-5 procedurele blanks** per studie.
- De opslagstrategie (invriezen) moet verder worden geoptimaliseerd om barsten van de buizen te voorkomen.

Advies voor staalnameprocedure:



***Voor bloedafname bij jonge kinderen of indien een groot volume bloed moet worden afgenomen waarbij verschillende tubes moeten gevuld worden voor analyse van meerdere biomerkers. Voeg 3-5 procedurale blanco's toe**

4.1.2 Microplastic Detectie in humane bloedmonsters

De detectie van microplastics in humane bloedmonsters is complex en vereist aandacht voor staalvolume, blanco-analyse en detectiemethoden.

Staalvolume:

- 1 ml bloed is geen "gouden standaard" voor MP-analyse door de heterogene verdeling van MP's.
- De pilotstudie toonde **hoge variabiliteit** in MP-aantallen en polymeertypen bij duplo/triplo metingen, mogelijk door voorverwerkingsprocedures, methodologische beperkingen of lage concentraties.
- Een **groter bloedvolume (2-3 ml)** kan overwogen worden voor een nauwkeuriger beeld, maar dit vereist compatibiliteit met bestaande procedures, filterbaarheid en beheersing van achtergrondcontaminatie. Toekomstige studies moeten de haalbaarheid van grotere volumes evalueren.

Blanco-analyse en detectiegrenzen (LOD/LOQ):

- De resultaten van de pilotstudie voor Pyr-GC/MS-blanco's waren consistent met eerdere projecten, wat duidt op stabiele achtergrondcontaminatie.
- Voor fluorescentiemicroscopie (nieuw toegepast op bloed) waren de blanco-analyses laag.
- Het is essentieel om in elke studie **minimaal 3-5 procedurele blanks** op te nemen om de LOD- en LOQ-waarden per polymeertype adequaat te bepalen.

Microplasticdetectiemethode:

- De literatuur en pilotstudie benadrukken de voordelen en beperkingen van verschillende methoden (vibratiespectroscopie, optische microscopie, massaspectrometrie).
- De pilotstudie toonde aan dat **polyethyleen (PE)** en **polypropyleen (PP)** domineren in deeltjesaantallen, terwijl **polyvinylchloride (PVC)** de hoogste massabelasting

vertegenwoordigde. Dit wijst op het belang van **multimodale benaderingen** om zowel deeltjesaantallen als massa te kwantificeren.

- Gebrek aan informatie over deeltjesgroottes beperkte verdere analyse.
- **Standaardisatie van protocollen, kwaliteitscontrole/kwaliteitsborging (QA/QC) en transparante rapportage** zijn cruciaal om inconsistenties en variabiliteit te verminderen.
- Een geharmoniseerde, multimodale detectiestrategie wordt sterk aanbevolen om de nauwkeurigheid en vergelijkbaarheid van MP-blootstellingsgegevens te verbeteren, hoewel dit de kosten per monster zal verhogen.

4.2 VRAGENLIJST INFORMATIE

Informatie over vragenlijsten om mogelijke bronnen van blootstelling aan microplastics te onderzoeken, beschikbaar in publicaties over microplastics in bloed, urine en moedermelk, werd vergeleken met de vragenlijsten van het H2020-AURORA project (dat een geboortecohort- en huishoudstudie omvatte) en van FLEHS-5 (5^{de} cyclus van het Vlaamse humane-biomonitoringprogramma). De meerderheid van de geïnventariseerde vragen zijn reeds geïmplementeerd in FLEHS-5 en zijn vergelijkbaar met de vragen die worden gebruikt voor de interpretatie van interne blootstellingsniveaus van bisfenolen, ftalaten, PFAS en vlamvertragers. Dit zijn chemische stoffen die op of in microplastic kunnen aanwezig zijn. De geïnventariseerde vragen hebben betrekking op de algemene kenmerken van de deelnemers, de kenmerken van hun leefomgeving (vb: aanwezigheid van specifieke industrie, afstand tot de weg), gebruik van plastic voorwerpen (vb. servies, bewaardozen, kookgerei, kleding, speelgoed), gebruik van verzorgingsproducten en make-up, voeding- en drankconsumptie, kenmerken van de woning (vb. aanwezige decoratiematerialen, luchtverfrissers, drogen van de was, ventilatie van de woning).

4.3 MARKTANALYSE EN INTEGRATIE IN VLAANDEREN

Interviews met experts en bedrijven:

- Wetenschappelijke experts benadrukten uitdagingen in monsterpreparatie, referentiematerialen en de detectie van de allerkleinste microplastics en nanoplastics. De detectiestrategie moet vroegtijdig worden gedefinieerd met aandacht voor voordelen en beperkingen.
- Bedrijven gespecialiseerd in MP-detectie in milieumonsters zien beperkte commerciële prikkels om te investeren in detectie in humane matrices vanwege de lage vraag. Zij suggereren dat extrapolatie van externe blootstelling (bijv. via ontlasting) praktischer en kosteneffectiever kan zijn.

Integratie van de microplasticmeetmethode in Vlaanderen:

Verschillende bevraagde Vlaamse instituten en laboratoria beschikken over methoden voor MP-detectie waaronder:

- **Roefiaers lab KU Leuven (Vlaanderen):** Fluorescentiemicroscopie (flessenwater, placenta, humane bloedmonsters in ontwikkeling), 10 samples/week, indicatieve kost van €120/sample.
- **BlueGrowth lab UGent (Vlaanderen):** μ FTIR (milieumonsters), ontwikkelingstijd afhankelijk van matrix.

REFERENCES

- FDA. (2024). *Microplastics and Nanoplastics in Foods* Retrieved 20/02/2025 from <https://www.fda.gov/food/environmental-contaminants-food/microplastics-and-nanoplastics-foods>
- Aslam, I., Wouters, Q., Eede, I. V. D., Vandezande, W., Yuan, H., & Roeffaers, M. B. J. (2025). Efficient and Scalable Detection of Microplastics in Drinking Water Using Fluorescence High-Content Imaging. *Small Methods*, e2500465. <https://doi.org/10.1002/smt.202500465>
- Brits, M., van Velzen, M. J. M., Sefiloglu, F. Ö., Scibetta, L., Groenewoud, Q., Garcia-Vallejo, J. J., Vethaak, A. D., Brandsma, S. H., & Lamoree, M. H. (2024). Quantitation of micro and nanoplastics in human blood by pyrolysis-gas chromatography–mass spectrometry. *Microplastics and Nanoplastics*, 4(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s43591-024-00090-w>
- Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019). Human Consumption of Microplastics. *Environ Sci Technol*, 53(12), 7068-7074. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Ossmann, B. E., Sarau, G., Holtmannspotter, H., Pischetsrieder, M., Christiansen, S. H., & Dicke, W. (2018). Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Res*, 141, 307-316. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.027>
- Prata, J. C. (2018). Airborne microplastics: Consequences to human health? *Environ Pollut*, 234, 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.043>
- Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Sci Total Environ*, 702, 134455. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>
- Vethaak, A. D., & Legler, J. (2021). Microplastics and human health. *Science*, 371(6530), 672-674. <https://doi.org/10.1126/science.abe5041>