



Vlaanderen
is bodembewust



VERKENNENDE MEETCAMPAGNE LANGS LIJNTRAJECTEN

DIFFUSE BODEMVERONTREINIGING

**SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER**

OVAM

OVAM.VLAANDEREN.BE

VERKENNENDE MEETCAMPAGNE LANGS LIJNTRAJECTEN –

publicatiedatum / 19.12.2025



DOCUMENTBESCHRIJVING

- | | |
|---|---|
| 1 <i>Titel van publicatie:</i>
Verkennde meetcampagne langs
lijntrajecten - Diffuse bodemverontreiniging | 2 <i>Verantwoordelijke Uitgever:</i>
OVAM |
| 3 <i>Wettelijk Depot nummer:</i> D/2025/5024/44 | 4 <i>Trefwoorden:</i>
Diffuse verontreiniging, lijntrajecten,
snelwegen, spoorwegen, emergent
contaminanten, opkomende stoffen,
microplastics |
| 5 <i>Samenvatting:</i>
Deze brochure bevat de resultaten van een verkennende meetcampagne opgezet om diffuse
verontreiniging langs wegen en spoorwegen te onderzoeken.. | |
| 6 <i>Aantal bladzijden:</i> 142 | 7 <i>Aantal tabellen en figuren:</i> 23 tabellen, 54
figuren |
| 8 <i>Datum publicatie:</i> | 9 <i>Prijs*:</i> / |
| 10 <i>Begeleidingsgroep en/of auteur:</i>
Dorien Gorteman, Marie Van Hoeyweghen,
Sarah Blockx, Karen Van Geert (Arcadis)
Laetitia Six, Griet Van Gestel (OVAM) | 11 <i>Contactpersonen:</i>
Laetitia Six, Griet Van Gestel (OVAM) |
| 12 <i>Andere titels over dit onderwerp:</i> / | |

U hebt het recht deze brochure te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website:
ovam.vlaanderen.be

* Prijswijzigingen voorbehouden.

INHOUD

Samenvatting.....	12
Summary.....	14
1 Inleiding.....	16
1.1 Aanleiding	16
1.2 Doelstelling	16
1.3 Leeswijzer	17
2 Literatuurstudie	18
2.1 Verdachte stoffen	18
2.1.1 Zware metalen	18
2.1.2 Polyaromatische koolwaterstoffen (PAK)	20
2.1.3 Fenolen	21
2.1.4 Minerale olie	23
2.1.5 Pesticiden	23
2.1.6 Polychloordifenylen (PCB)	27
2.1.7 Dioxines	27
2.1.8 PFAS	27
2.1.9 Asbest	27
2.1.10 Cyanides en chlorides	28
2.1.11 Microplastics en rubberpartikels	29
2.1.12 Gebromeerde vlamvertragers	31
2.1.13 Additieven in autobanden	32
2.2 Verspreidingsroutes	37
2.2.1 Via het wegwater	38
2.2.2 Atmosferische depositie en “droge” verwaaiing	39
2.2.3 Directe toepassing op bodem	40
2.2.4 Uitloging naar het grondwater	40
2.3 Eigenschappen van de autoweg of spoorweg	41
2.4 Invloedzones	42
2.5 Relevante achtergrondinformatie wegen/spoorwegen	44
2.5.1 Spoorwegen	44
2.5.2 Autowegen	44
2.6 Evaluatie bestaande data	46
3 Onderzoeksvragen	48
3.1 Spoorwegen	48
3.2 Autowegen	48
4 Plan van aanpak meetcampagne	49
4.1 verdachte stoffen en analysemogelijkheden	49
4.1.1 Target analyses	49
4.1.2 Microplastics en rubber	50

4.1.3	Suspect screening en non target analyses	51
4.2	Selectie locaties	52
4.2.1	Spoorwegen	52
4.2.2	Snelwegen	53
4.3	Staalname- en analyseplan	57
4.3.1	Spoorwegen	57
4.3.2	Snelwegen	59
5	Uitvoering meetcampagne	62
5.1	Spoorwegen	62
5.1.1	Veiligheid werken nabij spoorwegen	62
5.1.2	Staalname	62
5.1.3	Vaststellingen veldwerk	63
5.1.4	Analyses	63
5.2	Snelwegen	63
5.2.1	Veiligheid werken nabij snelwegen	64
5.2.2	Staalname	64
5.2.3	Maatregelen i.k.v. microplastic analyses	64
5.2.4	Vaststelling veldwerk	64
5.2.5	Analyses	64
6	Resultaten kwantitatieve analyses.....	65
6.1	Spoorwegen	65
6.1.1	Zware metalen	66
6.1.2	Polyaromatische koolwaterstoffen (PAK)	68
6.1.3	Minerale olie	71
6.1.4	Pesticiden	74
6.1.5	Polychloordifenylen (PCB)	76
6.2	Snelwegen	78
6.2.1	Resultaten gidsparameters standaard analysepakket	79
6.2.2	Opkomende stoffen	89
7	Resultaten Suspect screening / non-target.....	97
7.1	Spoorwegen	99
7.2	Snelwegen	102
7.2.1	DART-HRMS methode	102
7.2.2	LC-HRMS screening	105
8	Overzicht resultaten.....	107
9	Besluit en Aanbevelingen.....	110
9.1	Spoorwegen	110
9.2	Snelwegen	111
9.3	Aanbevelingen	113

10	Bibliografie	116
Bijlagen	122	
Bijlage 1	Eigenschappen selectie relevante opkomende stoffen, geselecteerd in literatuurstudie	123
Bijlage 2	Fiche en foto's staalnamelocaties spoorwegen	125
Bijlage 3	Fiche en foto's staalnamelocaties snelwegen	126
Bijlage 4	Boorbeschrijvingen	127
Bijlage 5	Toetsingstabellen kwantitatieve analyses	128
Bijlage 6	Analysecertificaten	129
Bijlage 7	resultaten Non-target analyses	130
Bijlage 8	Detectiefrequentie parameters DART-HRMS	131
Bijlage 9	gedetecteerde componenten LC-HRMS	135
Bijlage 10	Overzichtsmatrix geanalyseerd componenten	142

TABELLEN

Tabel 2-1. De richtwaarden milieukwaliteitsnorm (MKN) gemiddeld, MKN max en ICGS(indelingscriterium gevaarlijke stoffen) en de minimale en maximale meetwaarden voor de verschillende PAK (totale concentraties in ng/L) (8).	20
Tabel 2-2. Overzicht van de verontreinigingsbron met concentraties voor fenolen.	22
Tabel 2-3. Meetwaarden voor apolaire koolwaterstoffen (KWS) in wegwater (in µg/L) en de verdeling van de fracties (in %) ter hoogte van de locatie met de hoogst gemeten concentratie....	23
Tabel 2-4. Verbruik van herbiciden, waarvan glyfosaat door Infrabel op de Belgische spoorwegen (parlementaire vraag nr 521 in de Kamer van Volksvertegenwoordigers op 30 juni 2020 door Kim Buyst aan de minister van Mobiliteit).....	26
Tabel 2-5. In de literatuur vaak vermelde additieven in banden	34
Tabel 2-6. Overzicht van informatie betreffende invloedzones langs lijntrajecten. Aw staat voor de plaatselijk achtergrondwaarde	43
Tabel 4-1. Samenvatting verdachte stoffen en analysemogelijkheden in het vaste deel van de aarde	49
Tabel 4-2: Voordelen en nadelen van beide technieken	50
Tabel 4-3: Samenvatting staalnamelocaties spoorwegen	52
Tabel 4-4: Samenvatting staalnamelocaties snelwegen	55
Tabel 4-5. Samenvatting analysestrategie langs spoorwegen.	59
Tabel 4-6. Samenvatting analysestrategie langs snelwegen.....	60
Tabel 5-1: Overzicht uitgevoerd veldwerk langs de spoorwegen.	62
Tabel 5-2: Overzicht uitgevoerd veldwerk langs de snelwegen.	63
Tabel 6-1: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor zware metalen is vastgesteld.	66
Tabel 6-2: Gemiddelde concentratie zware metalen langs spoorwegen t.o.v. de streefwaarden in mg/kg ds.	67
Tabel 6-3: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwege waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor PAK is vastgesteld.....	69
Tabel 6-4: Gemiddelde concentratie PAK langs spoorwegen t.o.v. de streefwaarden in mg/kg ds..	70
Tabel 6-5 Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor PCB is vastgesteld.	77
Tabel 6-6: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor zware metalen is vastgesteld.	80
Tabel 6-7: Gemiddelde concentratie zware metalen langs snelwegen t.o.v. de streefwaarden in mg/kg ds.	80
Tabel 6-8: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor PAK is vastgesteld.....	82
Tabel 6-9: Gemiddelde concentratie PAK langs snelwegen t.o.v. de streefwaarden in mg/kg ds. ...	82
Tabel 6-10: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor minerale olie is vastgesteld.....	85

Tabel 6-11: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor PCB (som 7) is vastgesteld.	87
Tabel 7-1: Het aantal detecties van stoffen uit de TIRECHEM lijst (DART-HRMS) langs snel- en spoorwegen ter hoogte van de twee dichtst gelegen meetpunten (B1 en B2) op de dieptes 0 – 0,1 m-mv en 0,1 – 0,3 m-mv.	97
Tabel 7-2. Stoffen die zijn aangetroffen in elk topstalen (A8B1, A7B1 en A4B2) (LC-HRMS).	105
Tabel 8-1. Overzicht per stofgroep van de verwachtingen o.b.v. de literatuurstudie en de resultaten uit voorliggende meetcampagne. Stofgroepen die niet onderzocht zijn via resp. analysetechniek zijn aangeduid door middel van grijze vakken.	108

FIGUREN

Figuur 2-1. De evolutie van het pesticidegebruik langs snel- en gewestwegen en fietspaden in de periode 2004 – 2022 door het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) (23), (24), (20).	25
Figuur 2-2. Evolutie van het pesticidegebruik door Infrabel In Vlaanderen voor de periode 2015-2022 in kilogram werkzame stof (20).....	26
Figuur 2-3. Verdeling van rubberpartikels afkomstig van banden naar de omgeving (57).....	30
Figuur 2-4. De belangrijkste componenten van een autoband (68).....	32
Figuur 2-5. Structuurformules voor p-fenyleendiamine, 6PPD-Q en 6PPD (71).	33
Figuur 2-6. De structuurformules van typische antioxidanten en verwante omzettingsproducten: (i) a – h voor amine antioxidanten, i – k voor fenol antioxidanten, l – p voor hetrocyclische antioxidanten, q en r voor fosfiet antioxidanten, s voor nikkelzouten antioxidanten; (ii) A – E voor verwante omzettingsproducten. De rode elementen vertegenwoordigen de vergelijkbare structuur van hetzelfde type antioxidant (70).....	36
Figuur 2-7. Verspreidingsroutes vanaf de weg. Afspoelend wegwater als gevolg van run-off en opspattend wegwater (verwaaiing). Grootschalige verspreiding als gevolg van atmosferische depositie is afhankelijk van de windrichting (75).	37
Figuur 2-8. Schematische weergave ‘Hydrologie Op en in de Omgeving van Snelwegen’ (HOOS) (115).....	39
Figuur 2-9. Samenvatting veranderingen rond de wegencategorisering vastgelegd in het Verzameldecreet MOW (7 november 2020) (91).	45
Figuur 2-10. Verband tussen minerale olie en zink en tussen zink en lood gehalten in bodem op basis van gegevens van technische verslagen langs snelwegen (n=53).	46
Figuur 4-1. Locatie staalnamepunten langs spoorwegen.	53
Figuur 4-2: Verkeersdruktekaart (59). Als verkeersindicator werd verzadiging geselecteerd, waarbij de gemiddelde waarden uit 2023 als basis dienden.....	54
Figuur 4-3. Verkeersdruktekaart (99). Als verkeersindicator werd verkeersvolume geselecteerd, waarbij de gemiddelde waarden uit 2023 als basis dienden.	55
Figuur 4-4. Locaties staalname langs snelwegen.....	56
Figuur 4-5. Schematische voorstelling staalnameplan langs spoorwegen met boringen op 5 (B1), 10 (B2) en 20 meter (B3) van de spoorweg).	58
Figuur 4-6. Schematische voorstelling staalnameplan langs snelwegen met boringen op 1 (B1), 4 (B2) en 10 meter (B3) van de spoorweg). Indien er een gracht aanwezig is, wordt deze eveneens bemonsterd.....	60
Figuur 6-1: Algemeen overzicht van de aangetroffen stofgroepen in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.....	65
Figuur 6-2: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid zware metalen aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen over alle meetlocaties.	66
Figuur 6-3: Zware metalen in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.	67

Figuur 6-4: Spreiding meetwaarden lood en zink op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen ($R^2 = 0,2245$). Beide parameters zijn ter hoogte van ieder meetpunt aangetroffen. Resultaten onder de rapportagegrens zijn niet meegenomen in deze figuur.	68
Figuur 6-5: PAK in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.	69
Figuur 6-6: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid PAK aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen over alle meetlocaties.	71
Figuur 6-7: Verdeling van de fracties van de opgetelde hoeveelheid minerale olie aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen over alle meetlocaties heen.	72
Figuur 6-8: Verschillende fracties minerale olie in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.	72
Figuur 6-9: Spreiding meetwaarden minerale olie en zink op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen ($R^2 = 0,2345$).	73
Figuur 6-10: Organo chloorbestrijdingsmiddelen (OCB) in mg/kg ds voor de meetlocaties SP2, SP3 en SP5 op een diepte van 0 – 0,1 m-mv. Naast topstalen (0,0 – 0,1 m-mv) werden ook diepere stalen (0,1 – 0,3 m-mv) onderzocht op de aanwezigheid van OCB's. Cm-bgl staat voor <i>cm below groundlevel</i> oftewel cm beneden maaiveld.	74
Figuur 6-11: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid OCB aangetroffen op de dieptes 0 – 0,1 m-mv en 0,1 – 0,3 m-mv langs spoorwegen over de meetlocaties SP2, SP3 en SP5 heen.	75
Figuur 6-12: Glyfosaat en gerelateerd afbraakproduct AMPA in mg/kg ds op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.	75
Figuur 6-13: PCB in mg/kg ds op een diepte van 0 – 0,1 m-mv voor iedere meetlocatie langs spoorwegen.	76
Figuur 6-14: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid PCB aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen over alle meetlocaties.	77
Figuur 6-15: Algemeen overzicht van de aangetroffen stofgroepen in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv (topstalen) langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.	78
Figuur 6-16: Zware metalen in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.	79
Figuur 6-17: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid zware metalen aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen over alle meetlocaties.	81
Figuur 6-18: Spreiding meetwaarden lood en zink op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen ($R^2 = 0,5973$). Beide parameters zijn ter hoogte van ieder meetpunt aangetroffen. Er werden twee outliers verwijderd.	81
Figuur 6-19: PAK in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.	83
Figuur 6-20: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid PAK aangetroffen langs snelwegen over alle meetlocaties op een diepte van 0 – 0,1 m-mv.	84
Figuur 6-21: Verdeling van de fracties van de opgetelde hoeveelheid minerale olie aangetroffen langs snelwegen over alle meetlocaties op een diepte van 0 – 0,1 m-mv.	85

Figuur 6-22. Verschillende fracties minerale olie in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.	85
Figuur 6-23: Spreiding meetwaarden minerale olie en zink op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen ($R^2 = 0,4175$). Resultaten onder de rapportagegrens zijn niet meegenomen in deze figuur. Er werd één outlier verwijderd.....	86
Figuur 6-24: PCB in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.....	87
Figuur 6-25: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid PCB aangetroffen langs snelwegen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv over alle meetlocaties heen.	87
Figuur 6-26: Vrije en niet-chloorafbreekbare cyanide in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.	88
Figuur 6-27: Microplastics (27 – 1.000 μm) in $\mu\text{g/kg}$ ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.	90
Figuur 6-28: Verdeling van de soorten van de opgetelde hoeveelheid microplastics aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv over alle meetlocaties langs snelwegen heen.....	90
Figuur 6-29: Rubberpartikels ($> 27 \mu\text{m}$) in $\mu\text{g/kg}$ ds voor de meetlocaties A1, A5 en A8 ter hoogte van meetpunten B1 en B2 op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen.	91
Figuur 6-30: Verdeling van de soorten van de opgetelde hoeveelheid rubberpartikels aangetroffen over de meetlocaties A1, A5 en A8 ter hoogte van meetpunten B1 en B2 op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen heen.	92
Figuur 6-31: Gebromeerde vlamvertragers in $\mu\text{g/kg}$ ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv. Resultaten onder de rapportagegrens zijn niet meegenomen in deze figuur.....	94
Figuur 6-32: Verdeling van de soorten van de opgetelde hoeveelheid gebromeerde vlamvertragers aangetroffen over alle meetlocaties heen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv.	94
Figuur 7-1: Detectiefrequentie van de stofgroepen lang snelwegen en spoorwegen (DART-HRMS). Een stofgroep wordt beschouwd als gedetecteerd als minstens 1 component van de stofgroep aanwezig is in het staal.....	98
Figuur 7-2: Aantal gedetecteerde stoffen uit de verschillende stofgroep aangetroffen langs spoorwegen (DART-HRMS).....	100
Figuur 7-3: Detectiefrequentie van parameters langs spoorwegen (DART-HRMS). Enkel parameters met een frequentie $> 25\%$ zijn weergegeven.	101
Figuur 7-4: Aantal detecties van een stof uit de verschillende stofgroep aangetroffen langs snelwegen (DART-HRMS).	103
Figuur 7-5: Detectiefrequentie van parameters langs snelwegen (DART-HRMS). Enkel parameters met een frequentie $> 25\%$ zijn weergegeven.	104
Figuur 7-6: Het aantal gedetecteerde stoffen onderverdeeld per stofgroep voor de meetpunten A4.B2, A7.B1 en A8.B1 langs snelwegen met de stofgroep “andere” (bovenaan) en zonder deze stofgroep (onderaan) (LC-HRMS).....	106

SAMENVATTING

Sinds 1995 is het Bodemdecreet van kracht, met als doel het beheren en saneren van bodemverontreiniging in Vlaanderen, inclusief diffuse bodemverontreiniging. Het karakteriseren van diffuse verontreiniging is vaak niet éénvoudig omwille van de grote geïmpacteerde oppervlaktes, de interferentie met eventuele andere verontreinigingen en het ontbreken van een duidelijke puntbron. Een eerste inventarisatiestudie duidde onder meer lijntrajecten zoals wegen en spoorwegen aan als een mogelijke bron van diffuse bodemverontreiniging. Dit werd echter nog niet geverifieerd aan de hand van effectieve metingen.

Er werd daarom een specifieke meetcampagne opgezet om de diffuse verontreiniging door transport langs wegen en spoorwegen in kaart te brengen. Deze opdracht focust op diffuse bodemverontreiniging door zowel standaardparameters als opkomende stoffen langs autowegen en spoorwegen.

Er werd een gefaseerde aanpak gehanteerd. Om het plan van aanpak voor de meetcampagne op te stellen, werd als eerste stap een literatuurstudie uitgevoerd om inzicht te krijgen in de verdachte stoffen, verspreidingsroutes, eigenschappen van de autoweg en spoorweg en invloedzones. Vervolgens werden de onderzoeksvragen verfijnd en werd een staalname- en analyseplan opgesteld. De onderzoeksmethodologie bestond uit target analyses en suspect screening om de mate van diffuse verontreiniging en aanwezigheid van opkomende stoffen te onderzoeken.

Spoorwegen

In voorliggend onderzoek ligt de focus op de omvang van de invloedzone van de verdachte stoffen rond de sporenwegen. Er zijn vijf locaties geselecteerd waar grondmonsters zijn genomen op 5, 10 en 20 meter van het spoor om de omvang van de invloedzone vast te stellen. De analyses bevestigen de aanwezigheid van zware metalen, polyaromatische koolwaterstoffen (PAK), minerale olie, pesticiden en polychloordifenylen (PCB) in de bodem van bermen langs spoorwegen, waarbij de concentraties over het algemeen laag (lager dan de bodemsaneringsnorm voor woonzone en lager dan de concentraties langs de snelwegen) zijn. Binnen de onderzochte zone nemen de gemeten concentraties meestal niet af met toenemende afstand tot het spoor. De omgeving van de sporen bleek bovendien vaak sterk vergraven, puinhoudende gronden wat ook een invloed kan hebben op de resultaten.

Uit de DART-HRMS analyse blijkt dat er langs spoorwegen verschillende parameters uit de TIRECHEM lijst (ftalaten, PPD etc.) voorkomen. Het betreft stoffen waarvan de aanwezigheid niet verwacht wordt langs spoorwegen.

Snelwegen

Betreffende snelwegen ligt de focus in voorliggend onderzoek op de aanwezigheid van verdachte stoffen, inclusief opkomende stoffen die gerelateerd kunnen zijn aan wegen. Er zijn acht locaties met een hoog verkeersvolume gekozen. Hier zijn grondmonsters genomen op 1, 5 en 10 meter van de snelweg, en indien aanwezig werd ook de grachtbodem bemonsterd. Via target analyses zijn microplastics, rubbers, gebromeerde vlamvertragers, ftalaten, bisfenol A, glyfosaat en andere pesticiden (zoals DDT) kwantitatief vastgesteld in de bodem van de bermen. Globaal gezien nemen de concentraties in de af met toenemende afstand van de snelweg. Daarnaast is met suspect screening, via DART-HRMS en LC-HRMS, de aanwezigheid van onder andere stoffen zoals ftalaten, thiazolen/triazolen, PPD's (zoals 6PPD), fenolen, diverse additieven, pesticiden (zoals fipronil), farmaceutische producten, glycolen, VOCl en PFAS kwalitatief aangetoond.

De resultaten tonen aan dat opkomende verontreinigende stoffen aanwezig zijn in de bodem van bermen langs snelwegen. Sommige stoffen kunnen op basis van hun gebruik direct worden gelinkt aan verkeer en infrastructuur, zoals ftalaten en rubber. Voor andere gedetecteerde stoffen is dit verband minder voor de hand liggend. Hoewel suspect screening de aanwezigheid van diverse nieuwe stoffen aantoont, kan deze methode geen uitspraken doen over de concentraties en ernst hiervan. Bijkomend onderzoek is noodzakelijk om na te gaan welke van de opkomende stoffen algemeen diffuus voorkomen in de bodem en welke gelinkt kunnen worden aan de snelwegen.

SUMMARY

Since 1995, the Soil Decree aims to manage and remediate soil contamination in Flanders, including diffuse soil contamination. Characterizing diffuse contamination is often not straightforward due to the large impacted areas, interference from other potential sources of contamination, and the absence of a clear point source. An initial inventory study identified linear infrastructure such as roads and railways as a possible source of diffuse soil contamination¹. However, this had not yet been verified by means of actual measurements.

Therefore, a specific measurement campaign was set up to map diffuse contamination caused by transport via roads and railways. This study focuses on diffuse soil contamination from both standard parameters and emerging substances along highways and railways.

A step-wise approach was used. To design the measurement campaign, a literature review was conducted to gain insight into the suspected contaminants, dispersion routes, characteristics of highways and railways, and zones of influence. Based on this, the research questions were refined and a sampling and analysis plan was developed. The research methodology consisted of target analyses and suspect screening to investigate the extent of diffuse contamination and the presence of emerging substances.

Railways

This study focuses on the extent of the zone of impact of the suspected substances around the railway tracks. Five locations were selected where soil samples were taken at 5, 10, and 20 meters from the track to determine the extent of the impact zone. Target analyses confirmed the presence of heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), mineral oil, pesticides, and polychlorinated biphenyls (PCBs) in the soils along railways, generally at low concentrations. Within the investigated area, concentrations usually did not decrease with greater distance from the tracks. Note that the surroundings of the tracks were often found to contain heavily disturbed, rubble-containing soils, which may also influence the results.

The DART-HRMS analysis indicates the presence of various compounds from the TIRECHEM list (such as phthalates, PPD, etc.) in samples collected along railways. The detection of these substances is unexpected in this context, as their presence is typically not associated with railway environments.

Highways

Regarding highways, the focus of this study is on the presence of suspected substances, including emerging substances that may be related to roads. Eight locations with high traffic volumes were selected. Soil samples were taken at 1, 5, and 10 meters from the highway, and if present, the soil at the bottom of the roadside ditch was also sampled. Through target analyses, microplastics, rubbers, brominated flame retardants,

¹ <https://www.vlaanderen.be/publicaties/pfas-suspected-activities-for-soil-groundwater-and-sediment-contamination>

phthalates, bisphenol A, glyphosate, and other pesticides (such as DDT) were quantitatively detected in the soils of highway embankments. Additionally, suspect screening using DART-HRMS and LC-HRMS qualitatively demonstrated the presence of phthalates, thiazoles/triazoles, PPDs (such as 6PPD), phenols, various additives, pesticides (such as fipronil), pharmaceutical products, glycols, CVOC, and PFAS.

The results show that emerging contaminants are present in the soil of roadside verges along highways. Generally, concentrations decrease with increasing distance from the highway. Some substances, such as phthalates and rubber, can be directly linked to traffic and road infrastructure based on their use. For other detected substances, this link is less obvious. While suspect screening confirms the presence of various new substances, this method does not provide information on their concentrations or significance. Additional research is necessary to determine which of these substances are generally present in soil and which can be specifically linked to highways.

1 INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Sinds 1995 is het Bodemdecreet van kracht, met als doel het beheren en saneren van bodemverontreiniging in Vlaanderen. Hieronder vallen alle vormen van verontreiniging van bodem, sediment en grondwater. Echter, de juridische instrumenten uitgewerkt in de regelgeving zijn in de eerste plaats gericht op bodemverontreiniging die onmiddellijk kan worden gelinkt aan een duidelijk identificeerbare en te lokaliseren bron of risicoactiviteit. Het Bodemdecreet is echter bedoeld voor alle vormen van bodemverontreiniging, inclusief **diffuse bodemverontreiniging**.

De term diffuse verontreiniging verwijst naar de verspreiding van verontreinigende stoffen over een groter gebied zonder een specifieke bron of een moeilijk te bepalen punt van oorsprong. Met diffuse bodemverontreiniging wordt bedoeld:

- Bodemverontreiniging te wijten aan allerlei (vaak kleinschalige) ambachtelijke activiteiten (inclusief het storten en verbranden van afval), vaak uit het (verre) verleden, en waarvan de gegevens over bron en oorzaak meestal verloren zijn gegaan;
- Bodemverontreiniging veroorzaakt door ruimtelijk verspreide bronnen, bv. door atmosferische depositie, emissies van verkeer en transport, landbouwpraktijken (meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen), lozingen, overstromingen, ... ;
- Bodemverontreiniging die grote arealen beslaat, vaak moeilijk is af te bakenen en potentiële risico's kan inhouden, bv. de verontreiniging met zware metalen in de Kempen, ...

Het karakteriseren van diffuse verontreiniging is vaak niet éénvoudig omwille van de grote geïmpacteerde oppervlaktes, de interferentie met eventuele andere verontreinigingen en het ontbreken van een duidelijke puntbron.

1.2 DOELSTELLING

Om op termijn te komen tot een beheer en aanpak van alle bodemverontreiniging in Vlaanderen, wenst OVAM beleidsacties uit te werken gericht op de aanpak van diffuse bodemverontreiniging. In 2020 werd daarom in opdracht van OVAM een inventarisatie gemaakt van alle gegevensbronnen van diffuse bodemverontreiniging in Vlaanderen (1). In dit rapport werd eveneens de omvang en impact van de problematiek beschreven: data en meetgegevens werden opgesomd, en een beknopte impactanalyse werd uitgevoerd. Tot slot werd er een plan van aanpak voor diffuse bodemverontreiniging in Vlaanderen uitgewerkt. In overleg met de sectoren en belanghebbenden werden de prioriteiten gedefinieerd. Prioritair aan te pakken thema's omwille van hun mogelijk grote diffuse impact op bodem zijn o.a.: transport, landbouw, bouwmaterialen en infrastructuur.

De mate van impact van bepaalde sectoren/parameters werd in voorgenoemde studie kwalitatief bepaald op basis van:

- De uitstoot van de betreffende parametergroep door de betrokken bron;
- De beschikbare directe en indirecte meetgegevens;
- De verwachte oppervlakte van de impact (verspreid over Vlaanderen, eerder lokaal of regionaal);
- (Toxicologische) effecten van de betrokken parameter(groep) voor mens en milieu (persistent, lage toxicologische (drempel)waarde ...);
- Het bereiken van gevoelige receptoren (mogelijke blootstelling).

Echter, een groot deel van deze criteria werden nog niet geverifieerd aan de hand van effectieve metingen van de desbetreffende stoffen in de bodem. Daarom werd in het actieplan de validatie aan de hand van specifieke meetcampagnes voor diffuse bodemverontreiniging opgenomen als een prioritaire actie. Gerichte meetcampagnes per sector/bron zullen waardevol zijn om de impact van bepaalde sectoren/bronnen te bepalen.

Bijgevolg werd er een specifieke meetcampagne opgezet om de **diffuse verontreiniging door transport** in kaart te brengen. De focus van deze opdracht betreft diffuse bodemverontreiniging van zowel standaardparameters als opkomende stoffen **langsheen lijntrajecten, meer specifiek langs autowegen en spoorwegen**. Diffuse verontreiniging ten gevolge van water- of luchttransport (bv. boten en vliegtuigen) maakt geen onderdeel uit van deze studie.

1.3 LEESWIJZER

Hoofdstuk 2 houdt een beknopte literatuurstudie in. Er wordt onder meer ingegaan op de verdachte stoffen langs spoor- en autowegen, de mogelijke verspreidingsroutes van deze stoffen en de verwachte invloedzones langs spoor- en autowegen. In hoofdstuk 3 worden de onderzoeksvragen geformuleerd. In hoofdstuk 4 wordt besproken welke verdachte stoffen en analysemogelijkheden geselecteerd werden, alsook de selectie van de meetlocaties en de uitgevoerde monsternames en analyses. De uitvoering van de meetcampagne komt aan bod in hoofdstuk 5. De resultaten van de kwantitatieve analyses worden vervolgens besproken in hoofdstuk 6. De resultaten van de kwalitatieve analyses komen aanbod in hoofdstuk 7. Een overzicht van de resultaten is opgenomen in hoofdstuk 8. Tot slot worden in hoofdstuk 9 conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

2 LITERATUURSTUDIE

Om het plan van aanpak voor de meetcampagne op te stellen, is als eerste stap een literatuurstudie uitgevoerd. Deze heeft als doel om inzicht te krijgen in de verdachte stoffen, verspreidingsroutes, eigenschappen van de autoweg en spoorweg en invloedzones.

2.1 VERDACHTE STOFFEN

Bij het inventariseren van de verdachte stoffen gelinkt aan wegen en spoorwegen is zowel gekeken naar oude als nieuwe stoffen die worden gebruikt in voertuigen (zoals banden en brandstof) en in of langs weg- of spoorweginfrastructuur (zoals het type asfalt). Daarnaast is er ook aandacht besteed aan gidsstoffen, metabolieten en afbraakproducten.

Of de aanwezigheid van een stof(groep) verwacht wordt langs spoor- en/of autowegen is opgenomen in het overzicht in Bijlage 10.

2.1.1 Zware metalen

2.1.1.1 Autowegen

Zware metalen kunnen vrijkomen bij verschillende activiteiten gerelateerd aan autowegen (1): corrosie van metalen voertuigonderdelen, slijtage van banden, remmen, wegverhardingen en vangrails, en in het verleden ook loodhoudende benzine.

De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) ontwikkelde het *Water Emission Inventory Support System (WEISS)* model² om significante bronnen, waaronder wegverkeer, en hun bijdrage aan de waterverontreiniging in Vlaanderen in kaart te brengen. In Nederland werd in opdracht van Rijkswaterstaat een rekenmethode ontwikkeld om de emissie (in kg) van fijnstof, grof stof, metalen, PAK en nonylfenolen ten gevolge van de slijtage van banden te berekenen (2). Vooral de emissie van zink naar oppervlaktewater (WEISS) en de bodem als gevolg van slijtage van banden blijkt hieruit aanzienlijk. Van de totale zinkemissie bij auto(snel)wegen is circa 90% afkomstig van autobanden. Aangetoond is dat verwerking van verzinkte geleiderails een minder grote bedreiging voor het milieu vormt dan eerder werd aangenomen. Door de afname van de zuurgraad van de regen neemt de laagdikte van de beschermende zinklaag minder snel af dan voorheen werd gedacht. (3)

Lood langs snelwegen kan afkomstig zijn van verschillende bronnen. Tot 1986 werd lood algemeen gebruikt als antiklop middel in benzine. Sinds 1 januari 2000 is lood in benzine volledig verboden, maar de omgeving in de buurt van drukke verkeerswegen is nog steeds vervuild met lood afkomstig uit loodhoudende benzine (4). De

² Te raadplegen via [WEISS Geoloket](#)

FAO vermeldt dat via deze bron wereldwijd ca. 10 miljoen ton lood in de omgeving is terechtgekomen. Hieraan gerelateerde bodemverontreiniging concentreert zich rond wegen en dit vooral in stedelijke omgevingen. (5)

In 2016 en 2018 was verkeer de grootste emissiebron van koper en de op één na grootste emissiebron van lood, zink en chroom naar de lucht in Vlaanderen, en dit vooral door de slijtage van de remmen waarbij metaaldeeltjes vrijkomen. Gezien de dichtheid van het wegennet in Vlaanderen, moet koper zo wijdverspreid op de bodem zijn terechtgekomen. (6) (7)

Ook molybdeen zou vrijkomen bij slijtage van de remmen (6).

In opdracht van VMM werd in 2019 een studie uitgevoerd naar de saneringsmogelijkheden van wegwater. Hierbij werden stalen van wegwater geanalyseerd op het voorkomen van o.a. zware metalen. Hieruit blijkt dat voornamelijk de metalen koper en zink in concentraties voorkomen die de milieukwaliteitsdoelstellingen (resp. 21 en 60 µg/L) overschrijden. Andere metalen die in relevante concentraties voorkomen (vaak tussen de gemiddelde en maximale grens voor milieukwaliteitsdoelstelling) zijn barium, cadmium, kobalt, chroom en vanadium. Er wordt opgemerkt dat de vuilvracht van wegwater afhankelijk is van verschillende factoren zoals droogte- en regenperiode. (8)

2.1.1.2 Spoorwegen

De meeste metalen langs spoorwegen komen vrij als gevolg van o.a. de wrijving tussen de trainrails, de onderdelen van de treinstellen en de bovenleidingen (9). De slijtage van wielen, sporen en stroomvoorziening kan ervoor zorgen dat metalen vrij komen in aerosols en zo de wijdere omgeving van de spoorwegen vervuilen.

Daarnaast zijn wasplaatsen en bijsporen³ vervuilende bronzones: concentraties lood, koper, zink, ijzer, chroom en kwik kunnen verschillende malen hoger zijn in vergelijking met relatief propere controlegebieden (10).

Lood, koper en zink worden beschouwd als de belangrijkste anorganische pollutanten langs spoorwegen. Studies hebben aangetoond dat het treinverkeer de hoeveelheid koper in nabijgelegen bodem tot wel 20 keer doet stijgen. Op bestudeerde locaties was de concentratie aan koper gewoonlijk hoger in de bovenste bodemlagen: er werden concentraties gemeten tot 565 mg/kg ds in de toplaag (0 – 10 cm), waarbij de concentratie afnam met de diepte. (10)

Een studie uit Zwitserland naar de emissie gerelateerd aan spoorwegen vermeldt ook mangaan (remmen en rails), boor, tin en antimoon (ijzersinter) en molybdeen en vanadium (wielen) als mogelijke anorganische pollutanten (11).

³ Een bijspoor is een spoorgedeelte dat aan lage snelheid bereden wordt. Het is gescheiden van een lopende lijn of doorgaande route zoals een hoofdlijn, aftakking of uitloper. Het kan aansluiten op doorgaand spoor of op andere opstelsporen aan beide uiteinden. Nevensporen hebben vaak lichtere rails, bedoeld voor lagere snelheid of minder zwaar verkeer, en weinig of geen seinen.

2.1.2 Polyaromatische koolwaterstoffen (PAK)

PAK worden voornamelijk uitgestoten via de uitlaatgassen van voertuigen zoals motorvoertuigen en locomotieven van treinen voor de elektrificatie van de spoorlijnen (zie paragraaf 2.5.1).

2.1.2.1 Autowegen

Verkeersemisatie, ondermeer door verbrandingsmotoren op fossiele brandstoffen, zijn de belangrijkste antropogene bronnen van PAK in het milieu (5). PAK worden namelijk gevormd bij de onvolledige verbranding van organisch materiaal (5). Daarnaast worden PAK-emissies van voertuigen in verband gebracht met het gebruik van diesel, olie en smeerolie. (12)

Tot 2009 mochten PAK-bevattende oliën gebruikt worden in autobanden. Sinds 2010 is er een Europese limiet bepaald voor het gebruik van PAK-bevattende oliën in autobanden (12).

Raffinageprocessen zoals het *coken* van kool en het kraken van petroleum produceren producten zoals cokes, brandstoffen, was en olie. De assen die in deze processen geproduceerd worden, worden verbrand of kunnen gebruikt worden als bouw materiaal in wegen. Indien PAK niet verwijderd worden uit deze assen voordat ze gebruikt worden als constructiemateriaal, komen ze terecht in het milieu. Ook pek en teer worden gebruikt als bindmiddelen in oppervlaktes gemaakt van asfalt, bestratingen en dakbedekking. (13)

In een studie in opdracht van VMM (8) werd de concentratie aan PAK in wegwater gemeten (Tabel 2-1).

Tabel 2-1. De richtwaarden milieukwaliteitsnorm (MKN) gemiddeld, MKN max en ICGS(indelingscriterium gevaarlijke stoffen) en de minimale en maximale meetwaarden voor de verschillende PAK (totale concentraties in ng/L) (8).

Parameter	MKN gemiddeld	MKN max	ICGS	Gemeten concentratie in wegwater (ng/L)	
	(ng/L)	(ng/L)	(ng/L)	Minimum	Maximum
Naftaleen	2.000	130.000	2.000	65	290
Acenaftyleen	4.000	-	4.000	5	39
Acenafteen	60	-	60	5	79
Fluoreen	2.000	-	2.000	15	130
Fenantreen	100	-	100	150	1.200
Antraceen	100	100	100	15	170
Fluorantheen	6,3	120	RG	200	2.600
Pyreen	40	-	40	180	2.700
Benz(a)anthraceen	300	-	300	67	1.230
Chryseen	1.000	-	1.000	103	1.920
Benzo(b)fluorantheen	17	17	-	81	1.700
Benzo(k)fluorantheen	17	17	-	41	900
Benzo(a)pyreen	0,17	270	-	60	1.600
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	-	-	-	53	2.500
Dibenzo(a,h)anthraceen	500	-	500	13	410
Benzo(g,h,i)peryleen	8,2	8,2	-	70	2.100

Parameter	MKN gemiddeld	MKN max	ICGS	Gemeten concentratie in wegwater (ng/L)	
Som 16 PAK	-	-	-	1.144	19.448

2.1.2.2 Spoorwegen

Vanaf de jaren '50 verschenen elektrische- en diesellocomotieven ten tonele op de Belgische spoorwegen. Aanvankelijk waren dieseltreinen een groter succes dan elektrische treinen gezien de hoge kostprijs van de aanleg van bovenleidingen die de trein voorzien van elektriciteit (14). Diesellocomotieven gebruiken een verbrandingsmotor, en net zoals bij wegverkeer komen hier PAK bij vrij. (10). Het aantal diesellocomotieven nam de afgelopen 70 jaar sterk af gezien de Belgische spoorwegen doorheen de tijd meer en meer werden geëlektrificeerd uit milieu- en comfortoverwegingen (14).

Aangezien PAK toxisch zijn voor organismen zoals schimmels, worden ze gebruikt in de conservering van hout. Creosoot, wat afkomstig is van koolteer, wordt hiervoor vaak gebruikt. Creosoot kan nog steeds gebruikt worden voor de behandeling van houten dwarsliggers bij spoorwegen (1). In een Poolse studie werden significant hogere concentraties aan PAK gevonden in de bodem van de spoorwegbedding. De concentraties aan PAK waren tot ca. 155 keer hoger dan de concentraties gemeten op controlelocaties (1). Houten dwarsliggers van spoorwegen geven tijdens de gebruiksduur van gemiddeld 26 jaar ongeveer één derde van hun totale gehalte aan creosoot vrij, wat terechtkomt in het milieu (13). Een studie uit Zwitserland (15) schatte dat elke houten dwarsligger tijdens een levensduur van ca. 20-30 jaar 5 kg creosoot uitstoot. De jaarlijkse totale emissie aan PAK als gevolg van houten dwarsliggers zou in Zwitserland (spoornet van ca. 3.000 km) ca. 139 ton bedragen. Het aandeel houten dwarsliggers neemt jaar na jaar af ten opzichte van betonnen dwarsliggers.⁴

2.1.3 Fenolen

2.1.3.1 Autowegen

Alkylfenolen (zoals nonylfenol en octylfenol) en bisfenol A (BPA) worden gebruikt als additieven in kunststoffen, detergenten etc. (Tabel 2-2). Zo wordt bisfenol A in remvloeistof, banden en PVC toegepast als antioxidant. In de carrosserie van voertuigen wordt bisfenol A toegepast als verfverharder.

In een Franse studie (16) werden verschillende bouwmaterialen en auto-onderdelen getest via uitloogproeven om te onderzoeken of fenolen hieruit uitlogen naar het water. De resultaten toonden dat de componenten bisphenol A en nonylfenol het sterkst uitlogen. Ook werden de polymeren polycarbonaat en PVC, banden en sommige types carrosserie vastgesteld als grootste emissiebronnen voor bisfenol A (10 tot 300 ng/g). De grootste emissiebronnen voor nonylfenol zijn PVC, sommige betonsoorten, SBS-bitumen en carrosserie. Bij banden werd een sterke emissie van octylfenol vastgesteld.

Deze bevindingen worden bevestigd in het Franse project Roulépur: nonylfenol en bisfenol A werden gemeten in run-off water van parkings (17). In dezelfde Franse studie (16) werden ook vloeistoffen gebruikt in voertuigen

⁴ Via de website [Type dwarsligger op hoofdsporen — Infrabel - Open Data](#) geraadpleegd op 28 oktober 2025.

(koel-, rem- en ruitenwisservloeistof) getest op de aanwezigheid van fenolen. Dit toonde de aanwezigheid van bisfenol A in de remvloeistof en sporen van alkylfenolen en bisfenol A in koel- en ruitenwisservloeistof. Tabel 2-2 geeft een overzicht van de verontreinigingsbron met concentraties uit de literatuur voor fenolen.

Tabel 2-2. Overzicht van de verontreinigingsbron met concentraties voor fenolen.

Fenol	Verontreinigingsbron	Concentraties in bron	Referentie
Nonylfenolen	Koelvloeistof	1,1 tot 7,5 µg/l	(16)
	Ruitenwisservloeistof	2,2 tot 5,2 µg/l	(16)
	Remvloeistof	2.400 tot 3.900 µg/l	(16)
	PVC	1 tot 12 ng/g	(16)
	Beton	2 tot 93 ng/g	(16)
	SBS-bitumen	400 tot 2.400 ng/g	(16)
	Carrosserie	0,1 tot 39 ng/cm ²	(16)
	Run-off parkings	0,42 tot 5,82 µg/l	(17)
Bisfenol A	Remvloeistof	300 tot 5.500 µg/l	(16)
	Koelvloeistof	0 tot 1.700 µg/l (afh van type koelvloeistof)	(16)
	Polycarbonaat ⁵	140 ng/g	(16)
	Banden	11 tot 43 ng/g	(16)
	Carrosserie	26 tot 2.000 ng/cm ²	(16)
	PVC	4 tot 70 ng/g	(16)
	Run-off parkings	0,23 tot 1,91 µg/l	(17)
Bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	Run-off parkings	4,56 tot 83,17 µg/l	(17)

2.1.3.2 Spoorwegen

Een Zwitserse studie (15) schatte dat de jaarlijkse totale emissie aan fenolen als gevolg van dwarsliggers ca. 4 ton zou bedragen.

⁵ Polycarbonaat kan gebruikt worden in verschillende auto-onderdelen (koplampen, knipperlichten, spiegelbehuizingen, panoramadaken, etc.)

2.1.4 Minerale olie

2.1.4.1 Autowegen

Enkele onderzoeken duiden als voornaamste bron hierbij de carterolie aan, die gebruikt wordt in een deel van de verbrandingsmotor, maar ook smeerolie afkomstig van andere delen van de voertuigen kunnen vrijkomen.

In een studie in opdracht van VMM (8) werden concentraties aan apolaire koolwaterstoffen in wegwater gemeten tot 7.200 µg/L. De verschillende fracties minerale olie varieert.

Tabel 2-3. Meetwaarden voor apolaire koolwaterstoffen (KWS) in wegwater (in µg/L) en de verdeling van de fracties (in %) ter hoogte van de locatie met de hoogst gemeten concentratie.

Fracties	Wegwater 1		Wegwater 2	
	Concentratie (µg/L)	%	Concentratie (µg/L)	%
KWS C10 – C12	288	4	434	14
KWS C12 – C20	648	9	961	31
KWS C20 – C30	3.672	51	837	27
KWS C30 – C40	2.520	35	868	28
Apolaire KWS	7.200	100	3.100	100

2.1.4.2 Spoorwegen

Ook langs spoorwegen is de aanwezigheid van minerale olie in grond aangetoond. Jung et al. (2003) stelden vast dat de belangrijkste bronnen langs sporen de volgende zijn: druppels olie die vanuit de treintoestellen op de grond terechtkomen en het gebruik van smeermiddelen aan spoorwissels (18).

2.1.5 Pesticiden

Langs wegen en spoorwegen worden ook pesticiden, voornamelijk herbiciden voor onkruidbestrijding, gebruikt. Sinds enkele jaren rapporteren openbare diensten in Vlaanderen jaarlijks hun pesticidegebruik aan VMM. Vanaf 2015 is er een principieel verbod op gebruik van pesticiden door openbare diensten, (dit geldt ook voor wegen en spoorwegen) waarvan slechts in bepaalde gevallen mag worden afgeweken.

Uitzonderingen werden aangevraagd voor de bestrijding van uitheemse soorten langs gewestwegen en de bestrijding van onkruid langs spoorwegen: spoorwegbedding en naastliggend dienst- of veiligheidspiste (met behulp van een “sproeitrein” langs de hoofdlijnen), seinposten, perrons, stationsomgeving en stelposten.

Het rapport “duurzaam gebruik van pesticiden” geeft een overzicht van het pesticidgebruik van openbare besturen (19) (20). Algemeen kan gesteld worden dat het pesticidgebruik van openbare diensten tussen 2010 en 2017 afnam van 15,7 ton werkzame stof naar 4,1 ton werkzame stof. Dit nam in 2022 verder af tot 2,2 ton werkzame stof, met een kleine stijging ten opzichte van 2021 (20).

De herbicide met als actieve stof glyfosaat werd het meest toegepast en maakte in 2022 60% uit van het pesticidegebruik, gevolgd door perlargonzuur (15,5%), 2,4-D (8%), trifloxistrobine (7%), MCPA (4%), *Bacillus thuringiensis subsp kurstaki* (2%), fluroxypyr (0,8%), flazasulfuron (0,6%) en clopyralid (0,4%) (20). Glyfosaat wordt door bodemfauna gemakkelijk afgebroken tot aminomethylfosfonzuur (AMPA), dat net als glyfosaat sterk adsorbeert aan vaste stoffen in de bodem.

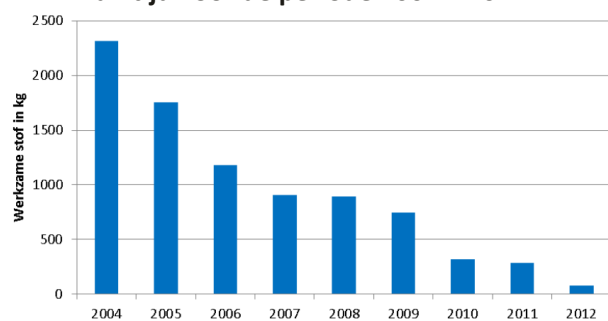
Leefomgeving Brussel onderzocht run-off water afkomstig van autowegen in Brussel in het kader van het Europees project LIFE Belini. Ondanks de afwezigheid van landbouw en ondanks het verbod op het gebruik voor lokale overheden werd in 91% van de stalen (n = 57) glyfosaat aangetroffen. Het afbraakproduct AMPA werd in 81% van de stalen (n = 57) aangetroffen. De rapportagegrens bedroeg in beide gevallen 0,05 µg/l. (21)

Het gebruik van pesticiden is een mogelijke bron voor de diffuse verspreiding van PFAS (voornamelijk ultrakorte keten PFAS waaronder TFA). Fluorhoudende bouwstenen worden namelijk gebruikt in de productie van deze chemicaliën. (22)

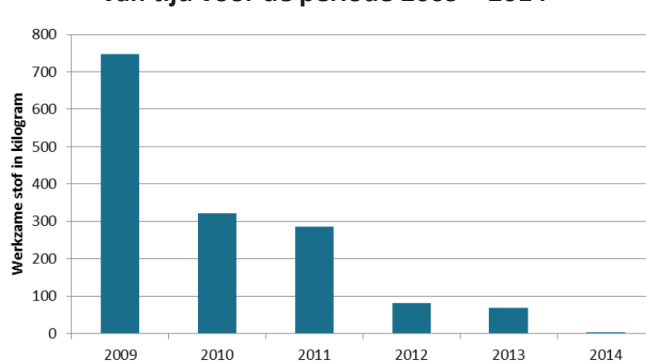
2.1.5.1 Autowegen

Langs autowegen worden pesticiden gebruikt. Wanneer gekeken wordt naar de wegen beheerd door het Agentschap Wegen en Verkeer (19) (20) dan wordt hier de laatste jaren een laag verbruik van pesticiden gerapporteerd. Enkel de processierups wordt nog actief bestreden met een bacteriepreparaat. Oudere rapporten omtrent het pesticideverbruik (23) (24) vermelden een sterke afbouw van het gebruik van glyfosaat voor het onderhoud van wegen. Het gebruik van actieve bestanddelen van pesticiden tussen 2004 en 2014 is sterk gedaald, van meer dan 2.300 kg naar nauwelijks enkele kg. In het rapport is niet gespecificeerd welke producten werden gebruikt langs wegen maar algemeen was glyfosaat het meest gebruikte product in Vlaanderen bij de openbare besturen.

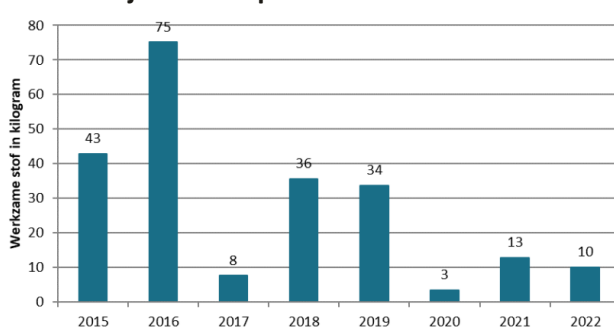
Gebruik van werkzame stof door AWW in functie van tijd voor de periode 2004 – 2012



Gebruik van werkzame stof door AWW in functie van tijd voor de periode 2009 – 2014



Gebruik van werkzame stof door AWW in functie van tijd voor de periode 2015 – 2022



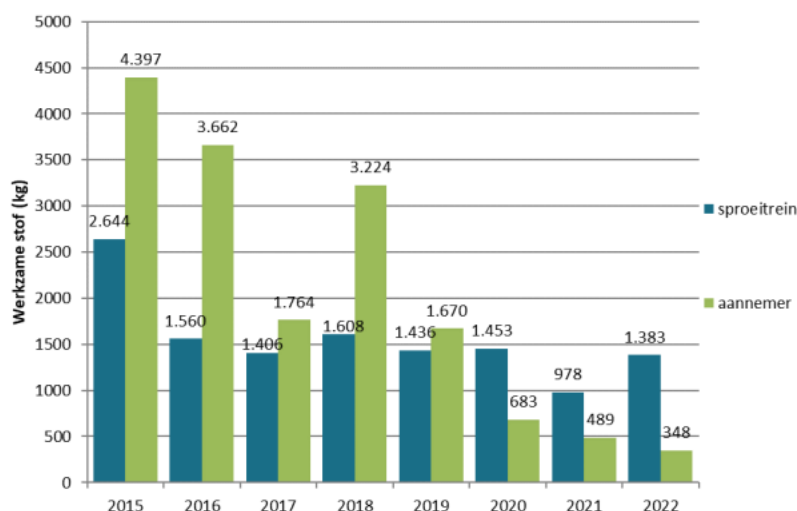
Figuur 2-1. De evolutie van het pesticidegebruik langs snel- en gewestwegen en fietspaden in de periode 2004 – 2022 door het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) (23), (24), (20).

2.1.5.2 Spoorwegen

Infrabel gebruikt pesticiden die door de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu toegelaten zijn voor spoorwegdomein (zoals producten die glyfosaat bevatten) (25). In Vlaanderen heeft VMM een algemene afwijking voor het gebruik van pesticiden toegekend voor de periode 2021 – 2023 voor spoorwegen, maar de voorwaarden zijn ondertussen wel verstrengd. Zo mag Infrabel geen glyfosaat gebruiken in tractieonderstations en zijn er meer beperkingen waar de sporen in de buurt lopen van oppervlaktewater of door beschermingszones voor grondwater (26).

Op basis van gegevens op de website van Infrabel worden voornamelijk de hoofdsporen gericht behandeld met de sproeitrein (27). Aannemers behandelen de bijsporen. Langs installaties voor de exploitatie (dienstpaden, seinketen, overwegen, ...) worden alternatieve en preventieve technieken gebruikt. Infrabel gebruikte de afgelopen jaren ca. 1.500 kg werkzame stof via de sproeitrein op de hoofdsporen. Het aantal kg werkzame stof gebruikt door de aannemers op de bijsporen daalde sinds 2015 van 4.400 kg naar 350 kg in

2022 (Figuur 2-2). Een overzicht van de werkzame stoffen toegepast op de Vlaamse spoorwegen is niet beschikbaar.



Figuur 2-2. Evolutie van het pesticidegebruik door Infrabel in Vlaanderen voor de periode 2015-2022 in kilogram werkzame stof (20).

Uit een parlementaire vraag uit 2020⁶ kan afgeleid worden hoeveel herbiciden tussen 2015 en 2019 gebruikt werden op het volledige Belgische spoorwegnet door Infrabel en hoeveel hiervan uit glyfosaat bestaat (Tabel 2-4). Uit deze gegevens blijkt dat voor het spoorwegonderhoud opnieuw voornamelijk glyfosaat (80% van het totale verbruik in 2019) gebruikt wordt. Het is niet duidelijk welke andere stoffen (20%) werden gebruikt.

Tabel 2-4. Verbruik van herbiciden, waarvan glyfosaat door Infrabel op de Belgische spoorwegen (parlementaire vraag nr 521 in de Kamer van Volksvertegenwoordigers op 30 juni 2020 door Kim Buyst aan de minister van Mobiliteit).

	2015	2016	2017	2018	2019
Totaal actieve stof (kg)	11.113	8.255	6.388	6.832	4.736
Waarvan glyfosaat (kg)	8.345	7.014	5.131	5.566	3.798

⁶ [De Kamer van Volksvertegenwoordigers - Schriftelijke vraag en antwoord nr 55-521 : Infrabel. - Pesticidenge... - Strada lex](#)

2.1.6 Polychloordifenylen (PCB)

PCB werden gebruikt in smeeroliën. Een ander transport gerelateerde toepassing is weekmaker in rubbers en afdichtingen die ook in voertuigen werden gebruikt. Deze toepassingen gelden zowel voor autowegen als voor spoorwegen.

2.1.6.1 Autowegen

Sommige bronnen vermelden ook het gebruik van PCB in asfalt. PCB werden ook gebruikt als additief in bouwmaterialen zoals beton. (1)

2.1.6.2 Spoorwegen

PCB werden verwerkt in kabels en transformatoren als vlamvertrager. PCB werden toegevoegd aan de isolatie van de kabel of aan de verf van de kabel. Kabels gevuld met PCB-houdende olie worden vaak teruggevonden in elektriciteitscabines en andere plaatsen waar elektriciteit wordt geproduceerd of getransporteerd. (28)

2.1.7 Dioxines

2.1.7.1 Autowegen

Dioxines (PCDD en PCDF) kunnen gevormd worden bij onvolledige verbranding en kunnen bijgevolg aanwezig zijn in uitlaatgassen. Volgens het jaarrapport van VMM is verkeer verantwoordelijk voor ca. 7% van de uitstoot van dioxines naar lucht (1). De concentraties aan PCDD en PCDF die in de atmosfeer terechtkomen, nemen af met de tijd als gevolg van fotodegradatie en depositie (29).

2.1.8 PFAS

Op PFAS-gebaseerde brandblusschuimen worden sinds de jaren 1970 gebruikt voor het blussen van brand. Mogelijk werden deze ook gebruikt voor het blussen van brandende voertuigen. Dit zou dan eerder aanleiding geven tot een lokale verontreinigde zone, niet voor wijdverspreide diffuse verontreiniging in de wegbermen. PFAS werden ook gebruikt in plastic, textiel, was en smeermiddelen voor transportmiddelen (auto's, vliegtuigen, treinen, ...) (30).

Als gevolg van de afbraak van lange PFAS ketens kunnen ultrakorte PFAS-verbindingen ontstaan. Hiermee verwijst men meestal naar perfluorverbindingen met een koolstofketenlengte van twee of drie koolstofatomen. Een voorbeeld van een ultrakorte PFAS-verbinding is trifluorazijnzuur (TFA). TFA is een afbraakproduct van zeer veel chemicaliën waaronder farmaceutica, pesticiden, polymeren en HFC's en HCFC's die na de uitfasering van de CFK's (chloorfluorkoolstofverbindingen) geïntroduceerd zijn als koelmiddel onder meer in voertuigen (31). Ze zijn even persistent als langere ketens (32).

2.1.9 Asbest

Asbest werd in het verleden gebruikt in de productie van remmen, afdichtingen en andere wrijvingsmaterialen in verschillende transportmiddelen zoals auto's, treinen en vliegtuigen. Meestal gaat het om chrysotiel. In België werd asbest in 1 % van dergelijke onderdelen teruggevonden (1).

2.1.9.1 Autowegen

In de meeste auto's werd asbest gebruikt in remvoeringen en koppelingsplaten. Daarnaast komt asbest veelal voor in pakingsmaterialen zoals plaatpakkingen in motoren. Rondom het uitlaatsysteem werd regelmatig asbest toegepast in hitteschilden. In een aantal modellen is asbest gebruikt als isolatiemateriaal tegen de onderzijde van de motorkap. In plastic en kunststof onderdelen kan eveneens asbest zijn vermengd. In uitzonderlijke gevallen is asbest verwerkt in bekleding en/of vloermatten. (33) (34)

Asbesthoudende remblokken kunnen leiden tot een verspreiding van asbestvezels naar de omgevingslucht. Met name in parkeergarages en tunnels kan dit hoge concentraties asbestvezels opleveren. Door TNO zijn in de jaren '80 reeds metingen in de buitenlucht uitgevoerd. Hieruit bleek dat in grote steden, en dan met name bij kruispunten, de concentratie aan asbestvezels veel hoger lag dan op het platteland. De hoogste concentraties werden gemeten in de IJ-tunnel in Amsterdam. Daar zijn concentraties tot 80.000 vezels per m³ gemeten. Dat is 40 keer hoger dan de huidige grenswaarde in Nederland. Als hoofdoorzaak werd verwezen naar de aanwezigheid van asbesthoudende rem- en frictiematerialen in de voertuigen die gebruikmaakten van de tunnel (33) (34).

In oktober 2005 heeft Rijkswaterstaat de tien meest intensief bereden weggedeelten van Nederland laten onderzoeken op de aanwezigheid van asbestvezels conform de NEN 5707 (Bodem - Inspectie, monsterneming en analyse van asbest in bodem). Bij dit onderzoek wordt aangetoond dat wegbermen ten gevolge van het wegverkeer geen asbestrisico vormen. Hier zijn twee redenen voor: (i) het gebruik van asbesthoudende remvoering is sinds 1995 door de EU verboden en (ii) door het afschrappen van de wegbermen om de 5 jaar, is het opbouwen van een significante concentratie van asbestvezels voorkomen (35). Het afschrappen van de wegbermen is in Vlaanderen geen gangbare methode om deze te onderhouden.

2.1.9.2 Spoorwegen

De belangrijkste mogelijke bron van asbest langs spoorwegen is de slijtage asbesthoudende rem- en wrijvingsmaterialen en verf in treinstellen. Voor 1993 werden voetblokjes van bovenleidingspalen soms behandeld met asbesthoudende (chrysotiel) teerverf. Intussen zijn een belangrijk deel van deze bovenleidingspalen vervangen waarbij bij de verwijdering rekening gehouden werd met de aanwezigheid van asbesthoudende verf op de voetblokjes. Het verband tussen spoorwegen en diffuse asbestverontreiniging wordt minder vaak aangehaald in de literatuur. Mogelijk zijn vooral zones waar de treinen remmen, zoals voor spoorwegstations of wissels relevant.

2.1.10 Cyanides en chlorides

2.1.10.1 Autowegen

Er zijn verschillende soorten dooimiddelen die toegepast worden langs autowegen maar de meest gebruikte in België is natriumchloride, wat zowel in vloeibare als vaste vorm kan worden aangebracht. In Vlaanderen wordt jaarlijks gemiddeld 41.500 ton zout gestrooid (gemiddelde sinds 1982) (36). Echter, 75-90% hiervan zou terecht komen in de berm als run-off, spatten via voorbijrijdende wagens of via verwaaiing als aerosol. De depositie na verwaaiing gebeurt vooral binnen de 10 m van de weg (37). Een verhoogde blootstelling van de bodem aan zout kan op lange termijn leiden tot een verhoging in bodem pH en een interferentie met

belangrijke microbieel gestuurde stikstof processen (38). Ook werd reeds aangetoond dat zware metalen makkelijker uitlogen wanneer blootgesteld aan verhoogde zoutconcentraties (39).

Strooizout bevat naast NaCl ook cyanides als antiklontermiddel. Een rapport van RIVM vermeldt concentraties van 15 – 60 mg CN/kg strooizout (40).

2.1.11 Microplastics en rubberpartikels

2.1.11.1 Autowegen

Microplastics zijn plastic deeltjes die kleiner zijn dan 5.000 µm, nanoplastics zijn kleiner dan 1 µm. Plastics worden reeds gevonden in bodems – in die mate dat sommige dit een nieuwe historische tijdschaal noemen: het plasticceen. Er is nog weinig begrip over hun effect in het milieu (41). Microplastics zijn een uiterst heterogene groep. Verschillende soorten polymeren en copolymeren hebben zeer verschillende kenmerken zoals dichtheid, chemische additieven, oplosbaarheid, structuur etc. Dit maakt dat er tot op heden geen consensus is over hoe microplastics gedefinieerd worden (42). Dit maakt het betrouwbaar extraheren en nauwkeurig kwantificeren van microplastics in bodem een uitdaging (43).

Als bronnen van microplastics langs de weg verwijst men vaak naar bandenslijtage, (fragmentatie van) plasticafval (macroplastics), slijtage van de weg zelf (“polymer modified bitumen”) en verwerking van wegmarkeringen als belangrijkste bronnen (44) (45). Hoewel bandenslijtage als grootste bron van microplastics langs wegen wordt aangeduid (46) (47). De partikels die hierbij vrijkomen noemt men mengsel van band- en wegslijtage deeltjes of *tire-road wear particle mixtures* (TWRP) (48). Een band verliest ongeveer 10% van zijn massa (49). Bandenpartikels die vrijkomen als gevolg van slijtage van banden zijn een mengsel rubber en andere aardoliepolymeren (50):

- De meest gebruikte synthetische rubbers voor banden zijn styreen-butadieen-rubber (SBR) en butadieen rubber (BR). In wegverharding wordt het meest styreen-butadieen-styreen rubber gebruikt (SBS) (51). Rubber is volgens de ISO richtlijnen geen plastic maar andere wetenschappelijke bronnen beschouwen plastics als alle materialen gemaakt door mensen, waar rubbers dus ook onder vallen (52). De meeste analyse technieken gebruikt voor het meten van plastic polymeren zijn niet geschikt voor het meten van rubber partikels. Enkel thermo-analytische technieken zijn mogelijk. Deze technieken kan echter het aantal partikels niet bepalen enkel de concentratie aan rubber. (47)
- Bandenpartikels bestaan naast rubber ook uit andere aardoliepolymeren (plastic) zoals polyethyleen (PE), polyethyleentereftalaat (PET), polypropyleen (PP), polyvinylchloride (PVC) en polystyreen (PS) (53) (54).

De totale hoeveelheid bandenpartikels die als gevolg van de slijtage van autobanden in Europa in het milieu terecht komt bedraagt naar schatting 503.586 ton per jaar (49) (55). Volgens een rapport van VMM komt er in België jaarlijks 49.188 ton bandenpartikels op het wegdek terecht (52). De Universiteit Gent en VITO maakten een inschatting van de totale hoeveelheid bandenpartikels die door personenverkeer in Vlaanderen wordt geproduceerd. Voor heel Vlaanderen resulteerde de schatting in ongeveer 4.351 ton bandenpartikels die jaarlijks vrijkomen (22). In deze studie worden geen uitspraken gedaan over het aandeel bandenpartikels als gevolg van personenverkeer of vrachtverkeer. Deze geschatte emissies van bandenpartikels variëren sterk.

Ondanks dat de schaal (Europa, België, Vlaanderen) in de drie onderzoeken verschilt, neemt de geschatte hoeveelheid bandenpartikels niet evenredig af. Het modelleren of berekenen van deze emissie is geen exacte wetenschap en hangt sterk af van de vooropgestelde uitgangspunten waardoor verschillende studies verschillende hoeveelheden kunnen opleveren.

In een studie van de VMM (52) werden op vijf locaties langs Vlaamse snelwegen stalen van het run-off water verzameld om de emissie van bandenpartikels te schatten. Daarnaast werd een inschatting gemaakt van de atmosferische depositie van rubberpartikels en microplastics naast de snelweg:

- Er werd gemiddeld 1,85 mg rubber gemeten per liter run-off per dag. Er waren geen statistisch significante verschillen tussen de verschillende meetlocaties. Er werd ook geen verband gevonden met de verhouding vrachtwagens ten opzichte van personenwagens of het verhard afstroomoppervlak.
- In de stalen (aantal = 2) genomen om atmosferische depositie te bepalen werd geen waarneembare hoeveelheid rubber gemeten.
- Microplastics werden teruggevonden in bijna de helft van de run-off stalen (44%). Gemiddelde waren 0,91 partikels per liter per dag gemeten, of 0,48 mg/l per dag. Deze bestonden enkel uit PP (81%) en PE (19%).
- In de depositiestalen werden wel gemiddeld 3,2 deeltjes microplastics/m² per dag teruggevonden (PET - 56%, PP - 31% en PS - 13%) (52).
- Er werd berekend dat er een bruto-emissie is van rubberpartikels van 10,82 mg rubber per gereden voertuigkilometer.

Als gevolg van de elektrificatie van het wagenpark kan verwacht worden dat de hoeveelheid bandenpartikels die in het milieu langs autowegen terecht komt zal toenemen gezien elektrische wagens zwaarder zijn en sneller accelereren dan wagens met een verbrandingsmotor (56).

Een Zwitserse studie schatte via modellering in dat er jaarlijks 0,96 kg/capita aan rubberpartikels in de omgeving terechtkomt, waarvan 74% in de wegbermen (tot 5 m naast de weg) (Figuur 2-3) (57).



Figuur 2-3. Verdeling van rubberpartikels afkomstig van banden naar de omgeving (57).

2.1.12 Gebromeerde vlamvertragers

2.1.12.1 Autowegen

Vlamvertragers zijn chemische stoffen of mengsels van chemische stoffen die aan producten toegevoegd worden om de ontvlambaarheid te verminderen en dus de veiligheid van het product te verbeteren. Sommige vlamvertragers zijn chemisch gebonden aan het materiaal van het product, andere zijn additieven (niet-chemisch gebonden) en kunnen dus makkelijk uit het product lekken. Er zijn drie belangrijke klassen van synthetische organische vlamvertragers: chemische stoffen met broom (Br), chloor (Cl), fosfaat (P). (58)

Gebromeerde vlamvertragers worden toegepast in voertuigen. Het zijn stoffen met persistentie, toxiciteit en bioaccumulerend vermogen (58). Ze worden vaak gemixt met een polymeer, en kunnen zo gedurende hun levensduur uitlogen naar het milieu (1). Moderne voertuigen zouden voor 150 kg bestaan uit harde kunststoffen en schuim, waarvan 16% gebromeerd is (59). Maar ook de interieurbekleding van voertuigen (stoelbekleding, veiligheidsgordel, vloerbedekking etc.) zouden deze vlamvertragers bevatten (60) (61). Hierbij wordt BDE 209 het vaakst toegepast (60). Polygebromeerde difenylethers (PBDE) is een vlamvertrager, behorende tot deze gebromeerde vlamvertragers.

Literatuur over de aanwezigheid van gebromeerde vlamvertragers in grond langs wegen is schaars. In de Japanse studie die onderzocht of het mogelijk is om additieven van microplastics te gebruiken als tracer om de aanwezigheid van microplastics in wegmarkeringen en in 'stof van de weg'⁷ na te gaan, werden er organofosfor vlamvertragers aangetroffen in zowel de wegmarkering als in het stof (62).

Verschillende Chinese onderzoeken troffen eveneens gebromeerde vlamvertragers aan in stof van de weg.

- Een onderzoek uit 2017 mat 292 en 184 µg/kg ds gebromeerde vlamvertragers in stof afkomstig van resp. verkeersknooppunten en hoofdwegen in de stad Xinxiang. Er is geanalyseerd op 13 gebromeerde vlamvertragers. Naast bis(2-ethyl-1-hexyl) tetrabromoftalaat 49 (BEH-TEBP) worden voor BDE 209 de hoogste concentraties gemeten. De concentratie aan gebromeerde vlamvertragers bleek af te nemen met afnemende verkeersdichtheid (aantal voertuigen per km) (63).
- Een recenter onderzoek uit 2024 mat 10,25 µg/kg ds gebromeerde vlamvertragers in stof afkomstig van snelwegen in de stad Harbin. Daarnaast werd de grond langs verschillende soorten wegen onderzocht op de aanwezigheid van gebromeerde vlamvertragers. De concentraties varieerden van 8,07 tot 195,33 µg/kg ds (mediaan: 38,19 µg/kg ds). Zowel in het stof van de weg als in de grond werden de hoogste concentraties gemeten voor tetrabromobisfenol A (TBBPA), goed voor 99% van de som van de geanalyseerde gebromeerde vlamvertragers in grond (64).

Een onderzoek in Koeweit trof gebromeerde vlamvertragers aan in het stof in auto's met concentraties van 99,2 tot 15.614,41 µg/kg ds (mediaan: 838,6 µg/kg ds) aan gebromeerde vlamvertragers (65). Een Vietnamees onderzoek trof voornamelijk BDE 209 aan in stof van de weg. Daarnaast werd o.a. BDE 206 aangetroffen in bijna al de onderzochte stofstalen. Ook o.a. BDE 99 werd geregeld aangetroffen in stof van de weg in stedelijke en industriële omgevingen (66).

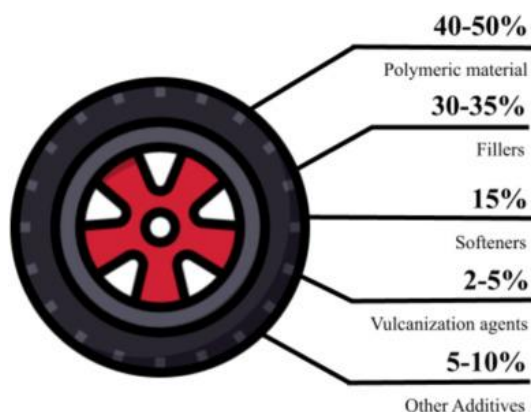
⁷ 'Stof van de weg' is een vrije vertaling van *road dust* uit het Engels. Het wordt in het wegdek gevormd door een sedimentair proces van zwevende deeltjes die voornamelijk afkomstig zijn van atmosferische depositie, verkeer en bouw- en industriële activiteiten onder invloed van wind, water en zwaartekracht (63).

In deze onderzoeken worden uitlaatgassen van voertuigen en het ventilatiesysteem van voertuigen dat vlamvertragers vanuit het interieur van de wagen naar buiten blaast als mogelijke bron voor gebromeerde vlamvertragers aangeduid (64; 63). BDE 209 zou voornamelijk toegepast worden in slijtvaste materialen (67).

2.1.13 Additieven in autobanden

Autobanden hebben een (vaak ongekende) complexe samenstelling die afhankelijk is van het bandenmerk. De belangrijkste componenten van een autoband zijn (68):

- Basismateriaal (40 – 50 % van de totale massa): natuurlijk of synthetisch rubber (bv. styreen-butadiëen rubber);
- Opvulmiddel (30-35 % van de totale massa): koolstof (C), silica (SiO_2) of kalk (CaCO_3);
- Weekmakers (15 % van de totale massa): olie en hars;
- Vulkanisatiemiddelen (2 - 5 % van de totale massa): zwavel (S) en zinkoxide (ZnO);
- Overige additieven (5 - 10 % van de totale massa): de samenstelling hiervan is meestal onbekend en specifiek per type band.



Figuur 2-4. De belangrijkste componenten van een autoband (68).

Een overzicht van additieven gelinkt aan banden is verderop opgenomen in Tabel 2-5. De additieven kunnen ruwweg verdeeld worden in drie categorieën (69):

- Vulkanisatieadditieven
- Beschermende additieven (antioxidanten en antiozonanten)
- Verwerkingsadditieven

2.1.13.1 Vulkanisatieadditieven

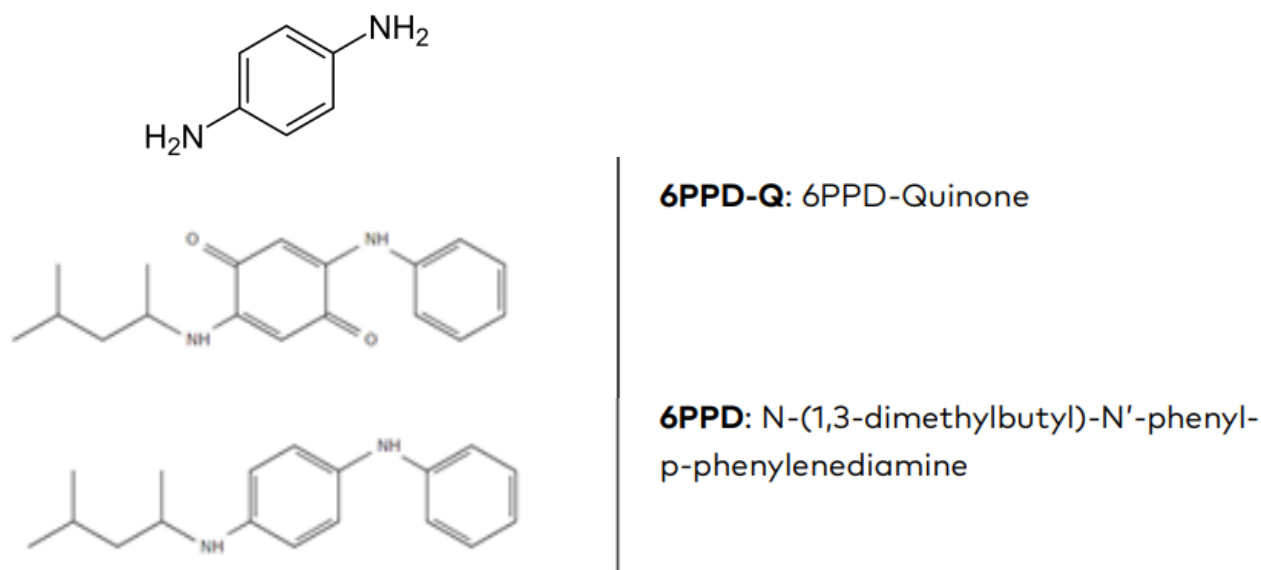
De meest gebruikte vulkanisatieadditieven zijn thiazolen, thiuramen, sulfenamides, en guanidines (zoals 2-mercaptobenzothiazole (MBT), thiram (TMTD), N-Cyclohexyl-2-benzothiazolesulfenamide (CBS), 1,3-

Difenylguanidine (DPG)) (51). Zij versnellen de vulkanisatiereactie en verbeteren de fysische en mechanische eigenschappen van het rubber.

2.1.13.2 Antioxidanten en antiozonanten

De beschermende additieven zijn antioxidant en antiozonant. Antioxidanten worden gebruikt in autobanden om deze te beschermen tegen de schadelijke effecten van oxidatie zoals veroudering en degradatie. Oxidatie kan namelijk leiden tot verlies van flexibiliteit, barsten en verminderde grip van banden (51). Enerzijds helpt het gebruik van antioxidant bij het verminderen van milieu-effecten van autobandafval gezien het de duurzaamheid van banden verhoogt maar anderzijds kunnen deze antioxidant bij slijtage ook in de bodem terecht komen, waarbij run-off van wegen de voornaamste verspreidingsroute is (70).

Een voorbeeld van een antioxidant gebruikt bij de productie van autobanden is 6PPD, dewelke door slijtage ook op de weg terecht kan komen. Deze stof behoort tot de p-fenyleendiamine oxidanten, deze zijn bij de vroegst ontwikkelde beschermende additieven. Deze groep van oxidanten bevatten een fenyleendiamine groep (Figuur 2-5) met verschillende zijketens gekoppeld aan de beide stikstofatomen. Deze stoffen oxideren gemakkelijk tot hun overeenkomstige quinonen en beschermen zo het rubber tegen oxidatie. Vaak genoemde stoffen van deze familie zijn naast 6PPD, ondermeer 77PD, IPPD en TPPD. (71)



Figuur 2-5. Structuurformules voor p-fenyleendiamine, 6PPD-Q en 6PPD (71).

Een Canadese studie wees uit dat 6PPD door weersomstandigheden vanaf de weg naar de berm worden gespoeld en daardoor in de nabijgelegen watergang kan gedetecteerd worden. Dit kan nadelige gevolgen hebben voor de biodiversiteit van de waterloop in kwestie gezien de geoxideerde vorm van 6PPD, 6PPD-Q,

toxisch is bewezen bij o.a. zalm. De stof werd recent aangeduid als de oorzaak van massale sterfte van Coho zalm in de USA (72). Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat 6PPD en 6PPD-Q aanleiding kunnen geven tot een groot aantal transformatieproducten. Door ozonisatie van puur 6PPD konden 19 metabolieten worden geïdentificeerd. Een andere studie kon 32 transformatieproducten aan 6PPD of 6PPD-Q linken (70).

In de run-off stalen die in het kader van het onderzoek van VMM naar microplastics werden verzameld, werd ook telkens 6-PPD teruggevonden in de stalen die rubber bevatten. Een kwantitatieve bepaling van de hoeveelheid 6-PPD was echter niet mogelijk (52).

2.1.13.3 Verwerkingsadditieven

Verwerkingsadditieven omvatten dispergeermiddelen, homogenisatiemiddelen, weekmakers en bindmiddelen die de kwaliteit van het product verbeteren zoals dibutylftalaat (DBP) en hexamethoxymethylamine (HMMM). (28). In het project Roulépur werd ook di-2ethylhexylftalaat (DEHP), gemeten in run-off van parkings (17). DEHP is de meest gebruikelijke weekmaker van de ftalaten groep en kan gebruikt worden in banden.

2.1.13.4 Overzicht

Vele van de additieven worden teruggevonden in run-off, afvalwater en oppervlaktewater en sediment (69). Een Japanse studie ging na of het mogelijk was om additieven van microplastic te gebruiken als tracer voor microplastics in stof van de weg (62). Ze vonden een verband tussen vijf additieven (weekmakers en vlamvertragers nl. dioctyl-adipaat, 2-ethylhexyl-difenyfosfaat, DEHP, 2-ethylhexyl-2 cyano-3,3-difenyacrylaat en 2-hydroxy-4n-octyloxybenzophenon) die zowel in het stof als in wegmarkeringen werden teruggevonden.

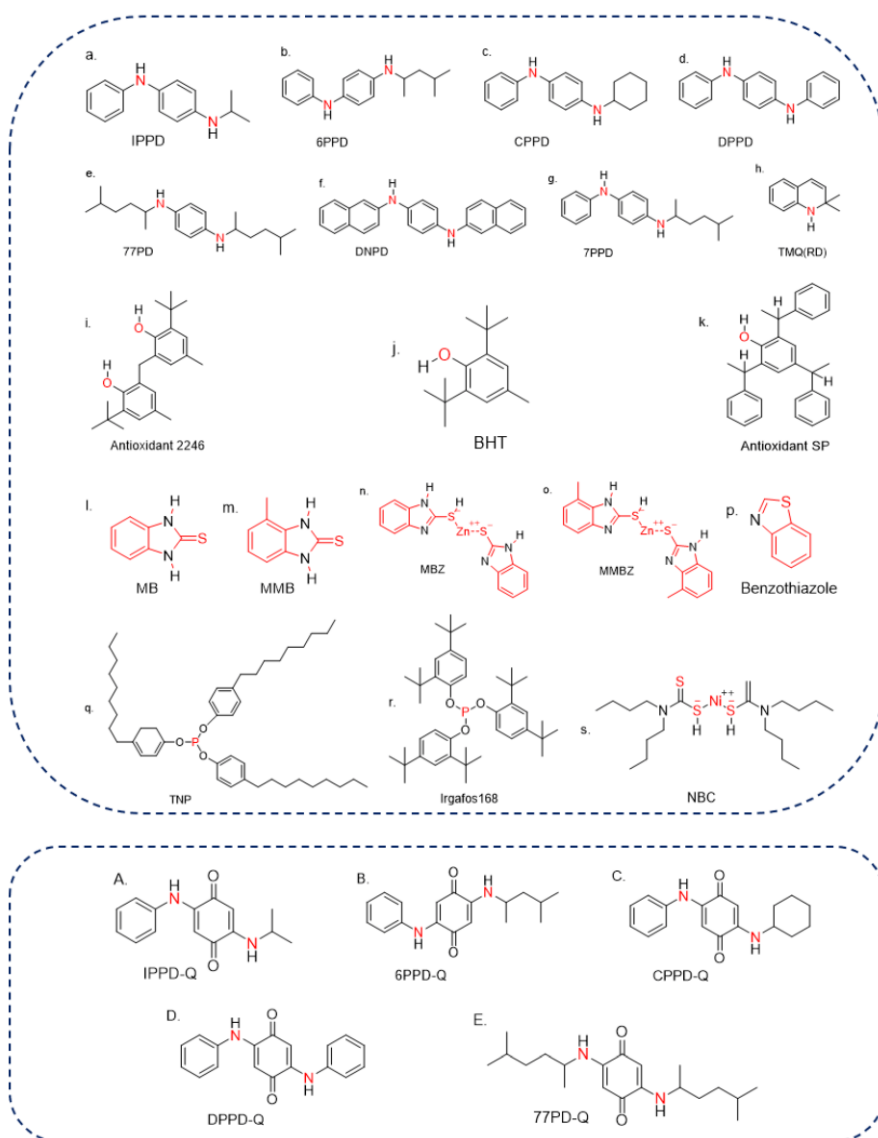
Tabel 2-5 geeft een overzicht van vaak in de literatuur vermelde additieven in autobanden.

Tabel 2-5. In de literatuur vaak vermelde additieven in banden

Afkorting	Stof	Functie	Literatuur bron
	Amine oxidanten		
6PPD of antioxidant 4020	N-fenyl-N'-(1,3-dimethylbutyl)-p-fenyleendiamine	antiozonant/antioxidant	(69), (70), (73), (69), (71)
6PPD-Q	6PPD-quinone	afbraakproduct 6PPD	(69), (70), (73), (69), (71)
77PD	N,N0-bis(1,4-dimethylpentyl)-p-fenylenediamine	antioxidant	(70), (71)
44PD	N,N'-Di-2-butyl-1,4-fenylenediamine	antioxidant	(71)
PPDTZ	tris-(N-dimethylpentyl-p-fenylenediamine)-N,N0,N00-1,3,5-triazine	antioxidant	(70)
TMPPD	1,3,5-Triazine-2,4,6-triamine, N,N0,N00-tris [4-[(1,4-dimethylpentyl)amino]fenyl]	antioxidant	(70)
IPPD	N-isopropyl-N0-fenylenediamine	antioxidant	(70), (51), (69), (71)
TPPD	N-fenyl-N'-tolyl-fenylenediamine	antioxidant	(71)
TMQ	Trimethyl-dihydroquinoline	antioxidant	(51), (70)
RD	Poly(1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline)	antioxidant	(69)

Afkorting	Stof	Functie	Literatuur bron
CPPD	N-cyclohexyl-N'-fenyl-p-fenylenediamine	antioxidant	(69), (71)
DPPD	N,N'-Difenyl-1,4-fenylenediamine	antioxidant	(69), (71)
DNPD	N,N'-Di-2-naphthyl-p-fenylenediamine	antioxidant	(69), , (71)
DTPD	Bis(methylfenyl)-1,4-benzenediamine	antioxidant	(69)
DCA	N,N-Dicyclohexylmethylamine	afbraakproduct	(69)
DPU	diphenurea	afbraakproduct	(69)
Fenolische antioxidanten			
antioxidant 2246	2,20-methylenebis (6-tert-butyl-4-methyl-phenol)	antioxidant	(70)
BHT 264	2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol	antioxidant	(70)
antioxidant SP	styrenated phenol	antioxidant	(70)
Heterocyclische antioxidanten			
MB	2-mercaptobenzimidazole (MB)	antioxidant	(70)
MMB	2-mercaptomethylbenzimidazole (MMB)	antioxidant	(70)
MBZ	2-mercaptobenzimidazole zinc salt (MBZ)	antioxidant	(70)
MMBZ	mercaptomethylbenzimidazole zinc salt (MMBZ)	antioxidant	(70)
Fosfiet antioxidanten			
TNP	Tris(nonylfenyl) phosphate (TNP)	antioxidant	(70)
GW-540	Tris(1,2,2,6,6-pentamethylpiperidiny) phosphite (GW-540)	antioxidant	(70)
Irgafos168	Tris(2,4-di-tert-butylfenyl) phosphite	antioxidant	(70)
Overige additieven			
DPG	Difenylguanidine	vulkanisatieversneller	(73), (51), (69), (69)
HMMM	Hexamethoxymethylamine	crosslinking agent	(73), (70)
DBP	Dibutylftalaat	weekmaker	(69)
DEHP	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	weekmaker	(17)
BPA	Bisfenol A	weekmaker	(17)
BTZ/BTH	Benzothiazol	vulkanisatieversneller	(73), (69) (69)
2-ABTH	2-Aminobenzothiazol	afbraakproduct BTH	(69)
2-OH-BTH	2-Hydroxybenzothiazole	afbraakproduct BTH	(69)
2-Me-S-BTH	2-Methylthio-benzothiazole	afbraakproduct BTH	(69)
MBT	Mercaptobenzothiazol	vulkanisatieversneller	(51), (69)
DM	Dibenzothiazol disulfide	vulkanisatieversneller	(69)
CBS	N-cyclohexyl-2-benzothiazole sulfenamide	vulkanisatieversneller	(51), (69)
DCBS	N,N-Dicyclohexyl-2-benzothiazolsulfene amide	vulkanisatieversneller	(69)
NOBS	2-Benzothiazolyl-N-morpholinosulfide	vulkanisatieversneller	(69)
TBBS	N-tert-butyl-2-benzothiazol sulfenamide	vulkanisatieversneller	(51), (69)
TMTD	Thiram	vulkanisatieversneller	(69)

Afkorting	Stof	Functie	Literatuur bron
ZnO	Zinkoxide	vulkanisatieversneller	(51)
NBC	Nikkel dibutyldithiocarbamaat	antioxidant	(70)
BLE	9,10-dihydro-9,9-dimethyl-acridine	vulkanisatieversneller	(69)



Figuur 2-6. De structuurformules van typische antioxidanten en verwante omzettingsproducten: (i) a – h voor amine antioxidanten, i – k voor fenol antioxidanten, l – p voor hetrocyclische antioxidanten, q en r voor fosfiet antioxidanten, s voor nikkelzouten antioxidanten; (ii) A – E voor verwante omzettingsproducten. De rode elementen vertegenwoordigen de vergelijkbare structuur van hetzelfde type antioxidant (70).

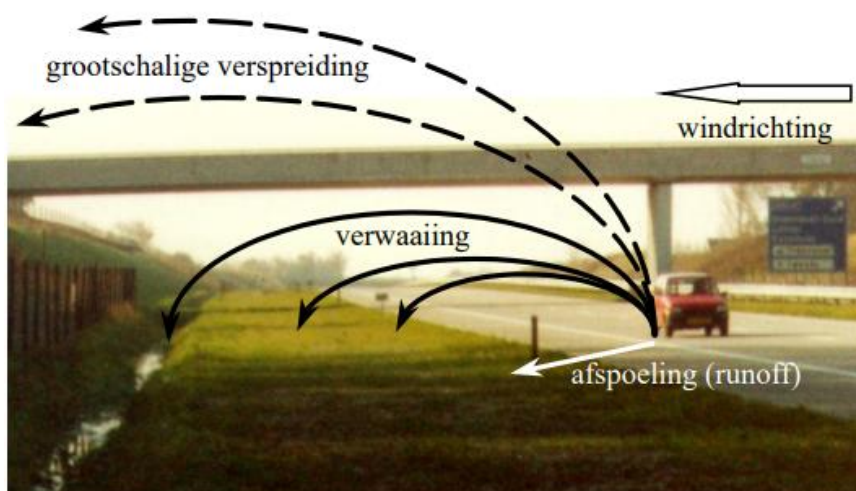
2.2 VERSPREIDINGSROUTES

Vanaf het lijntraject (spoorweg of autoweg) kunnen de componenten via verschillende routes terechtkomen in de bodem of waterbodem, vanwaar ze ook kunnen uitlogen naar het grondwater.

We onderscheiden:

- Via het wegwater
 - Het afspoelen van wegwater (run-off);
 - “Natte” verwaaiing van opspattend wegwater
- Atmosferische depositie; en “droge” verwaaiing als stofdeeltjes in droge toestand van het wegdek waaien;
- Het direct toepassen van de stoffen op de bodem (bv. gebruik van pesticiden in de berm).

Figuur 2-7 geeft de verspreidingsroutes langs autowegen weer.



Figuur 2-7. Verspreidingsroutes vanaf de weg. Afspoelend wegwater als gevolg van run-off en opspattend wegwater (verwaaiing). Grootschalige verspreiding als gevolg van atmosferische depositie is afhankelijk van de windrichting (75).

Bijvoorbeeld bij microplastics komen de kleinste partikels microplastics vrij in de atmosfeer. Grotere partikels komen op het wegoppervlak terecht en kunnen in de berm opstapelen en vandaar met het regenwater verder verspreiden naar nabijgelegen waterlopen en omliggende bodem (Figuur 2-7). Een Duitse studie geeft aan dat het merendeel van deze partikels binnen een afstand van twee meter van de weg wordt afgezet (74).

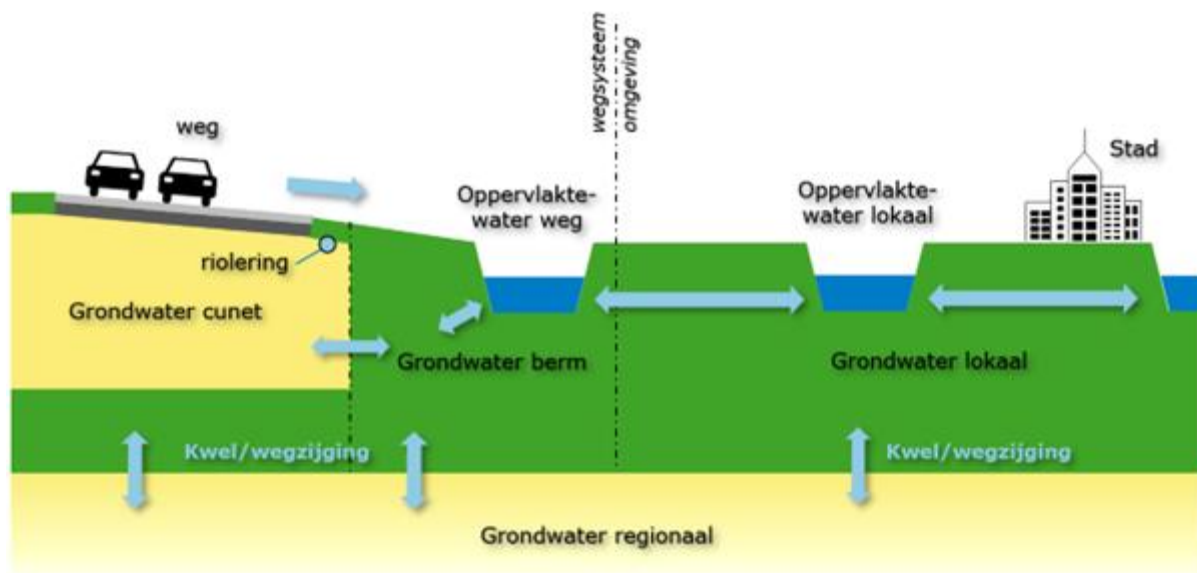
2.2.1 Via het wegwater

De verontreiniging via wegwater volgt hoofdzakelijk twee routes, namelijk afspoeling van het wegdek (run-off) en verwaaiing (via opspattend water). De verhouding run-off tot “natte” verwaaiing wordt bepaald door de aard van de verharding van het wegdek. Uit een Nederlandse studie blijkt dat dit eveneens de belangrijkste verontreinigingsroute bepaalt (8).

- In het geval van zeer open asfaltbeton (ZOAB) wordt een aanzienlijk deel van het hemelwater geabsorbeerd, waarna het na verzadiging afspoelt in aangrenzende bermen of goten. Deze hogere absorptie resulteert in minder opspattend wegwater wat ertoe leidt dat bij ZOAB het overgrote deel van de verontreiniging door wegwater afkomstig is van run-off. Gemiddeld genomen is in het geval van ZOAB 70-80% van de verontreiniging afkomstig van run-off en de overige 20-30% van de verontreiniging van opspattend wegwater (75).
- Door de verlengde verblijftijd van het hemelwater in de poriën van ZOAB, zal een deel van de verontreiniging achterblijven in het wegdek. Als gevolg hiervan dient men een ZOAB-wegdek periodiek te reinigen door het opzuigen van het slib uit het wegdek en het afvoeren hiervan. Door deze absorptie in de poriën van het wegdek zullen de concentraties van vervuilende stoffen in het run-off water beduidend lager liggen ten opzichte van het run-off water dat rechtstreeks afstroomt (75).
- Bij het gebruik van zeer dicht asfaltbeton (DAB) stroomt het wegwater sneller af en treedt er een sterkere opspatting van wegwater op. Als gevolg hiervan is het grootste aandeel van verontreiniging, meer bepaald 70-80%, afkomstig van het opspattende wegwater. Doordat de bovenste laag van DAB gesloten en minder poreus is, worden er tevens geen verontreinigingen geabsorbeerd door het wegdek. Hierdoor liggen de concentraties aan minerale oliën, PAK en zware metalen in het wegwater hoger dan bij ZOAB (8).
- Wanneer er geen vluchtstrook aanwezig is, speelt verspreiding via opspattend wegwater naar de bermen een grotere rol. In een Nederlands onderzoek werd gemeten dat 90% van de totale verkeersemissie verspreid wordt via opspattend wegwater en 10% door run-off (75).

Momenteel wordt ZOAB vooral in Nederland gebruikt omwille van de vermindering in verkeerslawaaai. Een nadeel is de hogere kosten die ermee gepaard gaan gezien onderhoud hoger ligt dan bij de toepassing van een dicht asfaltmengsel. In Vlaanderen wordt weinig ZOAB, maar wel DAB toegepast (76).

Afhankelijk van de afvoer van het wegwater, eindigt het afgespoelde water in de berm langs de weg, in de riolering of in een langsgrecht (Figuur 2-8). In Vlaanderen wordt het wegwater vaak centraal afgevoerd via een riolering (8). Verwacht wordt dat de gewestelijke Hemelwaterverordening 2023 het meeste van dit water in de toekomst naar de berm zal worden afgevoerd, waarbij ingezet wordt of infiltratie of na afkoppeling via de regenwaterriolering al dan niet vertraagd (bijvoorbeeld bufferbekkens) in de waterlopen terecht komt (77).



Figuur 2-8. Schematische weergave 'Hydrologie Op en in de Omgeving van Snelwegen' (HOOS) (115).

Voor het wegennetwerk in Londen is een interactieve kaart ontwikkeld waarop de locaties van wegen met de zwaarste run-off vervuiling naar de Thames zichtbaar zijn (78). Dergelijke cartografische hulpmiddelen kunnen waardevol zijn bij het identificeren van gebieden waar maatregelen moeten worden genomen, bijvoorbeeld door het implementeren van buffersystemen.

2.2.2 Atmosferische depositie en "droge" verwaaiing

Stoffen in uitlaatgassen (PAK, zware metalen,...) of asbestvezels (uit bv. remmen van treinen) zullen eerder door depositie langs de weg of spoorweg terecht komen.

Uit een studie langs Vlaamse spoorwegen bleek rechtstreekse opname van Al, Fe, Mo, en Zn uit atmosferische depositie de belangrijkste opnameroute in gewassen. Cd, Co en Cu werden eerder opgenomen in gewassen via de bodem (9).

Een Franse studie onderzocht de depositie van zware metalen naast een snelweg. In deze studie werden verhoogde concentraties tot 25 m van de snelweg aangetroffen, waarbij er een duidelijke afname was in concentratie naargelang de afstand van de weg. Ook werd de variatie in concentratie (binnen 0,5 m van de snelweg) doorheen het jaar gemonitord. Hierbij werd een correlatie tussen regenval en depositie vastgesteld voor lood en koper (79).

2.2.3 Directe toepassing op bodem

Verontreinigingen kunnen ook rechtstreeks op de bodem toegepast worden langsheen lijntrajecten. Het gebruik van pesticiden op en naast spoorwegen voor het onderhouden van de sporen is hier een voorbeeld van. Ook het toepassen van strooizout kan bij verspreiding door de daartoe voorziene instanties, deels in de berm terecht komen. Hierdoor kunnen cyaniden de bodem rechtstreeks verontreinigen (36).

2.2.4 Uitloging naar het grondwater

In de literatuur wordt vermeld dat het grootste deel van de verontreinigingen accumuleert in de toplaag van de bodem. De meer mobiele verontreinigingen hechten zich minder goed aan de bodem en kunnen daarom op langere termijn het grondwater bereiken (Figuur 2-8). In een Nederlandse studie van de Commissie Integraal Waterbeheer werd vooral uitloging berekend voor zink, minerale olie en een aantal organische stoffen (75).

De infiltratie van afstromend wegwater in de bodem lijkt in tegenspraak met het milieukundig uitgangspunt dat milieuproblemen niet van het ene op het andere milieucompartment moeten worden afgewenteld. Toch werd deze aanpak voorgesteld door de Commissie Integraal Waterbeheer in Nederland (2002, (75)). Zij zagen volgende redenen om voor deze route te kiezen:

- Wanneer de bermbodem een voldoende bindend vermogen heeft, zullen de hierin geïnfiltreerde verontreinigingen in de bovenste centimeters worden vastgehouden. Deze laag kan, wanneer de verontreinigingsgraad een bepaald niveau heeft bereikt, worden verwijderd en gecontroleerd worden afgevoerd.
- Bovendien hebben veel organische verontreinigingen, zoals PAK, in de bovenste zuurstofrijke bodemlaag de tijd om te degraderen tot niet-schadelijke componenten.
- Tenslotte draagt het infiltreren van wegwater bij aan het aanvullen van de grondwatervoorraad.

Het afvoeren van wegwater naar oppervlaktewater kent deze voordelen niet. Eenmaal geloosd op oppervlaktewater verspreiden de verontreinigingen zich snel in afnemende concentraties over een steeds groter gebied en zijn hieruit niet meer te verwijderen.

Essentieel is dat de infiltratie gecontroleerd gebeurt: via onderhoud en door de verspreiding van stoffen onder controle houden (75). Dit vraagt een extra inzet ten aanzien van monitoring en verantwoorde afvoer van grond. De samenstelling van de toplaag moet een compromis zijn tussen doorlatendheid en het vermogen de verontreinigingen te binden. Om te bereiken dat de run-off in de eerste meters naast de weg tot infiltratie komt en de termijnen dat doorslag van verontreiniging plaatsvindt beperkt blijven, worden in de studie “afstromende wegwater” (75) de volgende ontwerpcriteria aanbevolen:

- De toplaag van de berm over een afstand van 3 - 5 meter vanaf de verharding een kleigehalte van 3 - 5 % en een organisch stofgehalte van 2 - 4 %;
- Dikte toplaag 0,2 - 0,3 meter.

2.3 EIGENSCHAPPEN VAN DE AUTOWEG OF SPOORWEG

De omvang van de invloedzone en de mate van verontreiniging afkomstig van wegen en spoorwegen is sterk afhankelijk van de verspreidingsroute, de contaminant en zijn affiniteit voor de bodem, maar ook van de eigenschappen van de weg of spoorweg:

- Het type verharding speelt een rol
- De trajecten kunnen zijn opgehoogd, op gelijke hoogte liggen of uitgegraven zijn ten opzichte van het omringende landschap:
 - Bij ophoging zal ook de kwaliteit van de aangevoerde grond van de ophoging een rol spelen, waardoor verhoogde concentraties niet altijd gelinkt zijn aan het (spoor)verkeer. Bij spoorwegen gebeurden ophogingen in het verleden vaak met asballast met mogelijk licht verhoogde concentraties aan zware metalen en PAK (TUC Rail).
 - Er werd ook vastgesteld dat bij uitgegraven spoorwegen of bij spoorwegen gelegen in een dal begrensd door steile hellingen de invloedzone voor zware metalen kleiner is dan 10 m. De helling fungeert als een barrière tegen de verspreiding van emissies en zorgt voor depositie in de onmiddellijke omgeving van de spoorweg. De afvloeiing van regenwater van de hellingen draagt bij tot verhoogde concentraties verontreiniging aan de onderkant van het dal. Bij spoorwegen op vlakke of verhoogde taluds daalt de concentratie geleidelijk met de toenemende afstand tot het spoor. (9)
- Specifieke omgevingen of delen van een traject kunnen een invloed hebben op diffuse verontreiniging:
 - Grenzend aan de sporen is soms een goederenkoer of parking aanwezig waar ook asballast als funderingsmateriaal is gebruikt (TUC Rail).
 - Zones waar versneld of vertraagd wordt, zoals knooppunten van wegen, op- en afritten, overwegen, treinwissels en stationsomgevingen. Een Zwitserse studie uit 2008 berekende specifiek voor spoorwegen dat slijtage van de remmen verantwoordelijk zou zijn voor 70% van de uitstoot. Het grootste deel hiervan is gerelateerd aan de remmen van vrachttreinen – gezien deze “G-brakes” bestaande uit ijzer gebruikten. (11)
 - Spoorwegbundels: typisch zones waar ophoging met asballast plaatsgevonden heeft (zoals een goederenkoer of parking), zeker als de bundels op minder draagkrachtige gronden aangelegd werden.(TUC Rail).
 - Lijntrajecten ter hoogte van regiogebonden verontreinigingen (Bv. door regio gebonden verontreiniging met zware metalen in Limburg).

De aan- of afwezigheid van riolering en/of langsgrachten om het afstromend water op te vangen is van belang. Afvoergrachten worden vaak niet alleen voor afvoer vanaf de spoorbedding of autoweg gebruikt. Ook andere lozingspunten komen op de grachten uit. De kwaliteit van slib wordt dus niet enkel bepaald door oppervlakkig afstromend water van het lijntraject.

Daarnaast speelt de ouderdom van het traject een rol. In Nederland werd vastgesteld dat er voornamelijk langs oudere autosnelwegen sprake was van een hoog loodgehalte. Bij de nieuwe wegen werd deze belasting nauwelijks vastgesteld als gevolg van het gebruik van loodvrije benzine (75).

2.4 INVLOEDZONES

In de literatuur werd voornamelijk onderzoek teruggevonden naar de invloedzones van zware metalen en PAK afkomstig van wegen of spoorwegen. Er worden enkele criteria samengevat in Tabel 2-1.

De meeste studies rapporteren een afname van de concentraties met toenemende afstand van de weg of spoorweg. Zo wordt voor PAK een non-lineaire afname met toenemende afstand tot de bron vastgesteld met een maximale afstand van 50 meter (80). Bovendien worden deze PAK ook aangetroffen in de bodem onder de spoorwegbedding, waarbij verhoogde concentraties tot dieptes van één meter onder de bedding worden gerapporteerd (80). De hoogste concentraties worden aangetroffen in de toplaag, vaak de bovenste 10 cm.

Een rapport van het Europese Joint Research Centre heeft op basis van de bestaande literatuur een gemiddelde afstand gedefinieerd waarbinnen verontreiniging kan verwacht worden. Voor transportassen en bijbehorende infrastructuur (bijvoorbeeld stations en perrons) werd deze waarde, los van het type verontreiniging, vastgelegd op een afstand van 100 meter (81).

Tabel 2-6. Overzicht van informatie betreffende invloedzones langs lijntrajecten. Aw staat voor de plaatselijk achtergrondwaarde

Type traject	Land	Parameters	Maximale concentraties	Afstand met verhoogde concentraties	Diepte hoogste concentraties	Referentie
Snelweg	Nederland	PAK en zware metalen	2-3 x referentiestaal	<10 m	0 - 40 cm	(75)
Snelweg	Duitsland	Pb, Cd, Zn, Cu, Ni en Cr	20 x referentiestaal	Onbekend	0 - 10 cm	(82)
Landelijke snelweg	Frankrijk	Zn, Pb, Cu	Zn: 338 mg/kg Pb: 364 mg/kg Cu: 173 mg/kg	Tot 25 m Hoogste: 0-5 m	Onbekend	(79)
Snelwegen	Zweden	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn	3 tot 16 x regionale Aw	5-7 m	0 - 10 cm	(83)
Snelweg	Duitsland	Zn, en bandenpartikels	Banden: > 100 x Aw Zn: > 7 x Aw	0,3 m	0 - 2cm	(74)
Snelweg	Duitsland	PAK	PAK: ca. 3 x Aw	Tot 5 m	0 - 10 cm	(84)
Wegen met verschillende drukte	Nigeria	Zn, Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Mn	Tot 2 x referentiestaal	Tot 100 à 150 m	Zn, Cu, Cd, Cr : 0 - 40 cm Pb, Ni, Mn : 0 - 20 cm	(85)
Snelweg, langs landbouwgebied	Egypte	Pb, Ni	Pb: Tot 253 mg/kg Ni: 140 mg/kg ds	250 tot 300 m	0 - 40 cm	(86)
Spoorweg	Zwitserland	Zware metalen	/	5-10 m	/	(11)
Spoorweg	Litouwen	Pb, Cd, Zn	Pb: 50 mg/kg ds Cd: 1,8 mg/kg ds	Pb: 5 m Cd, Zn: 15 m	0 - 10 cm	(87)
Spoorweg	Servië	PCB en zware metalen	Cu: 215,7 mg/kg (8 x Aw) Zn 191,4 mg/kg (2.5 x Aw) PCB : 0,02 ppm	Tot 1 km	0 - 30 cm	(88)
Spoorweg en snelweg	Tsjechië	Zware metalen	Hg: 0,181 mg/kg (spoorweg) Cu: 31 mg/kg (weg), 10 x Aw (spoorweg)	Tot 10 m	0 - 15 cm	(10)

2.5 Relevante achtergrondinformatie wegen/spoorwegen

2.5.1 Spoorwegen

De Belgische spoorwegen bestaan intussen bijna 190 jaar. De rijke geschiedenis van de trein in België startte op 5 mei 1835, op dat moment wordt de eerste spoorweglijn tussen Brussel en Mechelen ingehuldigd. Dit was de eerste spoorweglijn op het Europese continent. Het aantal spoorwegen neemt hierna sterk toe tot 5.061 km in 1912. De eerste elektrische trein reed in 1935 tussen Antwerpen en Brussel en vanaf 1965 werden de spoorwegen ingezet voor goederenvervoer (14).

Vandaag is België één van de dichtst bespoorde landen in Europa. De spoorinfrastructuur in het Vlaamse Gewest bestaat op eind 2023 uit 1.850 kilometer spoorlijnen. Die spoorlijnen tellen elk 1 of 2 sporen, in totaal goed voor 3.294 kilometer hoofdsporen. Daarnaast telt het gewest ook nog 1.048 kilometer bijsporen (89). Daarnaast is het Belgische spoornet ook één van de drukst bereden netten in Europa. In 2024 werden er door de NMBS (Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen) 245 miljoen reizigers vervoerd (90). Er zijn drie reizigersoperatoren en dertien goederenoperatoren actief, waarvan er dagelijks 4.325 treinen rijden (9).

2.5.2 Autowegen

Het Vlaams wegennetwerk werd tot voor kort ingedeeld in vier wegcategorieën, namelijk hoofdwegen, primaire wegen, secundaire wegen en lokale wegen. Deze indeling werd recent aangepast. De nieuwe wegencategorisering bestaat uit drie lagen met telkens twee categorieën, die werden vastgelegd in het Verzameldecreet MOW (Mobiliteit en Openbare Werken) van 7 november 2020. Figuur 2-9 vat de veranderingen rond de wegencategorisering samen. Het hoofdwegennet betreft internationale en nationale verbindingen terwijl het dragend wegennet gewestelijke en regionale verbindingen en interlokale verbindingen tussen niet-aanpalende gemeenten betreft. (91)

Op de website van het Vlaams Verkeerscentrum zijn overzichtscijfers beschikbaar van de drukte op de Vlaamse snelwegen. Deze website is te raadplegen via [Verkeersindicatoren \(verkeerscentrum.be\)](https://verkeersindicatoren.verkeerscentrum.be).

Oude wegcategorisering		Nieuwe wegcategorisering			
Wegcategorie	Netwerkstructuur	Netwerkniveau	Wegcategorie	Netwerkstructuur	Mazen
Hoofdwegen	Boomstructuur	Hoofdwegen net	Europese hoofdwegen (EHW)	Rasterstructuur EHW	Europese mazen
Primaire wegen type I			Vlaamse hoofdwegen (VHW)	Rasterstructuur VHW	Vlaamse mazen
Primaire wegen type II		Dragend netwerk	Regionale wegen (RW)	Rasterstructuur RW	Regionale mazen
Secundaire wegen type I			Interlokale wegen (IW)	Rasterstructuur IW	Interlokale mazen
Secundaire wegen type II		Lokaal wegennet	Ontsluitingswegen (OW)	Boomstructuren OW + EW	
Secundaire wegen type III			Erftoegangswegen (EW)		
Lokale wegen type I					
Lokale wegen type II					
Lokale wegen type III					

Figuur 2-9. Samenvatting veranderingen rond de wegcategorisering vastgelegd in het Verzameldecreet MOW (7 november 2020) (91).

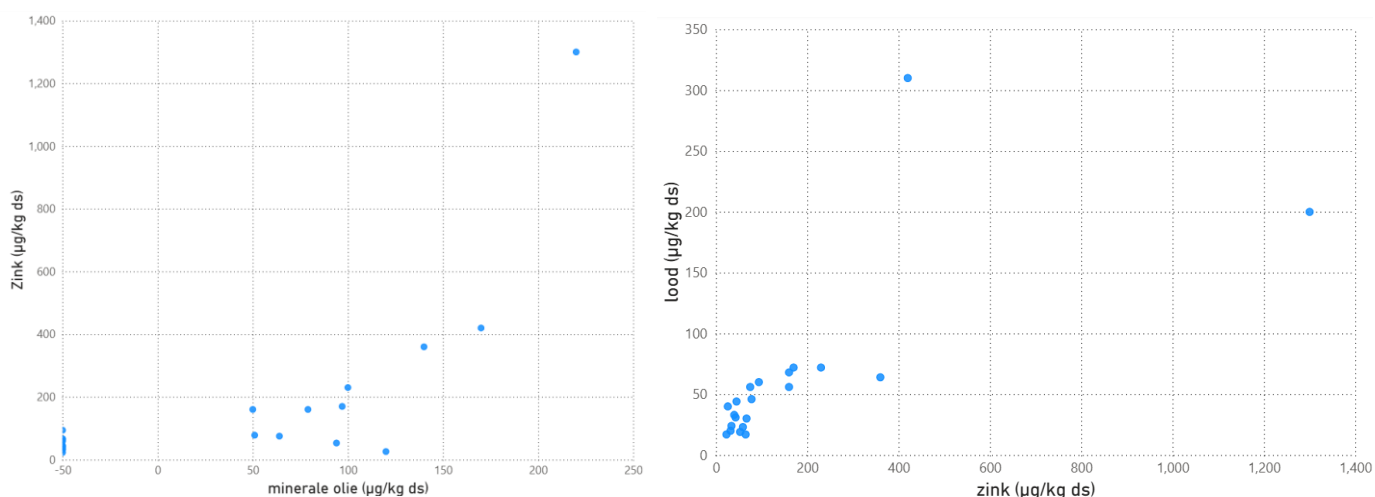
2.6 EVALUATIE BESTAANDE DATA

In het kader van grondwerken langs wegen of spoorwegen zijn er binnen Vlaanderen reeds analyseresultaten van de bodem beschikbaar die werden verzameld bij de opmaak van technische verslagen in kader van grondverzet.

Op basis van gegevens van enkele van deze projecten is kort nagegaan wat werd vastgesteld. Hierbij wordt opgemerkt dat het in grondverzetsprojecten vaak gaat om mengmonsters van verschillende stalen, die op een specifieke set van standaardparameters worden geanalyseerd: minerale olie, PAK, zware metalen, klei, pH, organische stofgehalte en bij recentere projecten ook PFAS. In specifieke gevallen worden ook PCB geanalyseerd, zoals van het vaste deel van de aarde onder (spoor)wegenis.

Uit een screening van 53 mengmonsters langs wegen – waarvan 18 mengmonster afkomstig van onverharde topstalen (0-30 cm -mv), kon het volgende worden vastgesteld:

- Stalen afkomstig uit wegbermen hadden vaak verhoogde concentraties voor PAK en zware metalen – soms waren dit echter puinhoudende stalen, dit kan ook een effect hebben op het gehalte aan PAK en zware metalen.
- PFAS werden voornamelijk gevonden vlakbij gekende bronnen (industriële activiteiten) en minder langs onverdachte stukken weg.
- Vaak komen bepaalde stoffen samen voor zoals zink en minerale olie, of lood en zink (Figuur 2-10).
- De mediane gehalten aan minerale olie, zware metalen en PAK zijn hoger in mengmonsters samengesteld uit stalen vanaf het maaiveld ten opzichte van mengmonsters samengesteld met stalen dieper dan 1 m-mv.



Figuur 2-10. Verband tussen minerale olie en zink en tussen zink en lood gehalten in bodem op basis van gegevens van technische verslagen langs snelwegen (n=53).

In een screening van 81 monsters uit technische verslagen afkomstig van zones langs spoorwegen werden geen PFAS aangetroffen. Ook hier lag de mediane concentraties van de gemeten stoffen hoger in stalen afkomstig van het maaiveld tot 40 cm-mv ten opzichte van stalen dieper dan 1 m-mv. Hier werden vooral zware metalen en PAK vastgesteld.

3 ONDERZOEKSVRAGEN

Voorliggende studie betreft een verkennend onderzoek naar diffuse verontreiniging langs lijntrajecten. Uit de voorgaande hoofdstukken blijkt dat tal van factoren hierbij een rol spelen: (i) er is een breed gamma aan mogelijke verdachte stoffen met elk hun eigen stofspecifieke eigenschappen, (ii) er zijn verschillende mogelijke verspreidingsroutes, (iii) de omgeving en (iv) het specifiek ontwerp van de weg of spoorweg zijn van belang.

Gezien in deze verkennende studie slechts een beperkt aantal locaties onderzocht kunnen worden, werd de onderzoeksvraag verfijnd. Zowel voor de snelwegen als de spoorwegen wordt hierbij de focus gelegd op een analyse van de bodem. In deze verkennende studie worden geen grondwaterstalen geanalyseerd.

3.1 SPOORWEGEN

Bij spoorwegen zijn diffuse verontreinigingen met betrekking tot klassieke parameters, zoals zware metalen en PAK, reeds uitgebreid gedocumenteerd in de literatuur. Daarnaast zijn er echter ook minder onderzochte contaminanten, zoals herbiciden (vanwege het gebruik van sproeitreinen langs spoorlijnen). Blootstelling aan verontreinigingen en de invloedzone langs spoorwegen zijn hier belangrijke aandachtspunten, aangezien spoorlijnen vaak dicht bij tuinen, landbouwpercelen of andere locaties waar menselijke blootstelling mogelijk is gelegen zijn.

De onderzoeksvragen voor spoorwegen richten zich daarom op:

1. In welke mate komen **de verdachte stoffen** voor in de bodem langs spoorwegen?
2. Wat is de omvang van de **invloedzone** rond spoorwegen? Met andere woorden, tot op welke afstand vinden we verhoogde concentraties die gelinkt kunnen worden aan de spoorwegen?

3.2 AUTOWEGEN

Ook voor autowegen is uit de literatuur veel bekend over klassieke verontreinigingsparameters. Voor dit onderzoek ligt de nadruk echter op een verkennende meetcampagne, waarbij het doel niet is om een significant effect van variabelen zoals verkeersdrukke, wegmateriaal, ouderdom van de weg, ophoogmateriaal of andere lokale bronnen aan te tonen. Hiervoor zijn er niet voldoende staalnamelocaties opgenomen. De focus ligt in plaats daarvan op **verdachte stoffen, inclusief opkomende stoffen** die gerelateerd kunnen zijn aan wegen. De studie wil nagaan of deze stoffen aanwezig zijn langs de Vlaamse wegen. Daarom worden locaties geselecteerd waar de kans op het aantreffen van autoweg-gerelateerde stoffen het grootst is. Hierbij worden locaties gekozen aan drukke snelwegen, met veel verkeer (zowel vracht- als personenvervoer) en een hoge verzadigingsgraad.

De onderzoeksvraag voor autowegen richt zich daarom op:

1. Welke verdachte stoffen, inclusief opkomende stoffen, komen voor in bodem langs autowegen?

4 PLAN VAN AANPAK MEETCAMPAGNE

4.1 VERDACHTE STOFFEN EN ANALYSEMOGELIJKHEDEN

4.1.1 Target analyses

Op basis van de literatuurstudie werd een oplistijng gemaakt van mogelijk verdachte stoffen langs snelwegen of spoorwegen. Voor de opkomende stoffen, voornamelijk gerelateerd aan banden, waar geen analysemethode beschikbaar is volgens het CMA⁸, werden een aantal fysico-chemische eigenschappen zoals de verdelingscoëfficiënt organische koolstof-water (Koc), de oplosbaarheid, de dampspanning, de verdelingscoëfficiënt octanol-water (Kow), de toelaatbare dagelijkse inname (TDI) en de carcinogeniteit opgesteld, om de meest relevante stoffen te kunnen bepalen. Daarnaast werd er nagegaan of deze stoffen vermeld worden op bestaande lijsten met zorgwekkende stoffen (ZS)⁹. Vervolgens werden verschillende laboratoria gecontacteerd om te bevragen voor welke parameters een analyse technisch mogelijk is. Deze lijst is opgenomen in Bijlage 1. De relevante verdachte stoffen of stofgroepen worden in Tabel 4-1 samengevat.

Tabel 4-1. Samenvatting verdachte stoffen en analysemogelijkheden in het vaste deel van de aarde

Stof(groep)	Verdacht spoorweg	Verdacht snelweg	Analyses volgens CMA	Andere target analysemethode
Minerale olie	Ja	Ja	Ja	-
Zware metalen	Ja	Ja	Ja	-
PAK	Ja	Ja	Ja	-
Cyanide	Neen	Ja	Ja	-
PCB	Ja	Ja	Ja	-
Fenolen	Ja (creosoot)	Ja (nonylphenolen, bisfenol A)	Deels	Ja (bisfenol A)
Dioxines	Neen	Ja	Ja	-
Asbest	Ja	Ja	Ja	-
Microplastics en rubbers	Neen	Ja	Neen	Ja
Pesticiden	Ja	Ja	Ja (enkel voor OCB), neen voor overig	- Ja, voor glyfosaat en AMPA
Ftalaten	Neen	Ja	Ja	-
PFAS	Neen	Ja (autowax, smeermiddelen)	Ja (niet voor TFA)	-
Andere additieven uit banden	Neen	Ja	Neen	Deels – zie Bijlage 1

⁸ Compendium voor monsterneming en analyses van afvalstoffen en bodem

⁹ PREMISS, NORMAN, Surface water watch list, contaminant candidate list CCL 5, Stockholm Conventie, lijst prioritaire stoffen EU

4.1.2 Microplastics en rubber

Voor microplastics en rubbers is er geen universele methode beschikbaar om de hoeveelheid in de bodem te kwantificeren, waardoor gegevens in de literatuur moeilijk te vergelijken zijn. Het doel van deze studie is voornamelijk nagaan of deze stoffen worden aangetroffen in de wegbermen. Er werd daarom nagegaan wat een haalbare meetmethode is. De twee voornaamste methodes zijn FTIR en pyrolyse. Beide technieken worden met elkaar vergeleken Tabel 4-2.

FTIR

Fourier transformation infrared spectroscopy is één van de courante methodes om microplastics te analyseren (92). Na het verzamelen van de monsters worden de monsters gedroogd en gezeefd om de grotere deeltjes en organisch materiaal te verwijderen. Vervolgens worden via een dichtheidsscheiding (bv. met een zinkchloride-oplossing) de microplastics gescheiden en gefilterd. Deze worden overgebracht naar een FTIR analyse-unit waar vervolgens via infraroodlicht de absorptie van de verschillende golflengtes wordt gemeten. Gezien elk type kunststof een soort vingerafdruk heeft, kan aan de hand van een database geïdentificeerd worden om welk soort kunststof het gaat en in welke hoeveelheid. Het resultaat is dus type + hoeveelheid van een bepaalde plastic. De heterogene samenstelling van een bandenpartikel gecombineerd met de gevormde heteroaggregaten (combinatie met partikels van het wegdek, remmen, omgeving) maakt echter wel dat de gebruikte FTIR-spectroscopische methode niet geschikt is voor de analyse van rubberpartikels (52), (47). Een van de redenen waarom FTIR minder geschikt is voor rubber partikels is de toevoeging van koolstof aan banden (UV-protectie) dewelke sterk absorbeert, maar met de juiste referentie standaard kan dit wel gedetecteerd worden (93).

Pyrolyse

De monstervoorbereiding is in essentie gelijkaardig aan die van FTIR en bevat een zeef- en filterstap. Na filtering worden de plastics verhit tot zeer hoge temperaturen (tussen 500 – 1.000°C) in een zuurstofvrije omgeving zodat de plastics kunnen geanalyseerd worden als vluchtige fragmenten, met behulp van gaschromatografie, gevolgd door massaspectrometrie. Ook hier kan op basis van de massa-ladingverhouding, het type kunststof achterhaald en gekwantificeerd worden (93).

Tabel 4-2: Voordelen en nadelen van beide technieken

FTIR	Pyrolyse
Niet destructief, het is mogelijk om de monsters na analyse te behouden.	Destructief
Snelle analysetijd	Langere analysetijd
Beperkte gevoeligheid, zeer kleine hoeveelheden worden mogelijk niet gedetecteerd	Hogere gevoeligheid dan FTIR
Deeltjes <20 µm zijn moeilijk te analyseren	Ook geschikt voor nanoplastics
Niet altijd even geschikt voor rubberpartikels maar met de juiste standaard wel mogelijk (93)	Ook geschikt voor rubberpartikels
Rapporteert het aantal deeltjes	Rapporteert de aanwezig massa

Omdat de pyrolyse techniek beter geschikt is voor het meten van rubber (94), werd gekozen voor deze methode.

Verder kan er ook gebruik gemaakt worden van merkers of gidsstoffen om de hoeveelheid rubber in te schatten. Voor banden wordt hiervoor vaak naar zink gekeken omwille van het vrij hoge gehalte aan zink (> 1%) in het rubber van banden (95). Door dit hoge zinkgehalte kan bandenslijtage ook een significante bron zijn van zink in de directe omgeving van wegen, hetgeen mogelijks tot verontreiniging kan leiden. Aangezien banden niet de enige bron van zink kunnen zijn in een verkeerscontext worden in sommige studies andere en meer specifieke merkers voorgesteld, zoals bijvoorbeeld 6-PPD (68). (96)

4.1.3 Suspect screening en non target analyses

Naast de target analyses werd een selectie stalen ook via een gecombineerde suspect/non-target screening geanalyseerd. Hiervoor worden de stalen eerst gemeten met DART-HRMS, te starten met de bodemstalen het dichtst bij het lijntraject. DART-HRMS staat voor “direct analysis in real time – high resolution mass spectrometry”. Hierbij worden de aanwezige stoffen rechtstreeks in het staal geïoniseerd door plasma ionisatie en gedetecteerd met een hoge resolutie massaspectrometer. De techniek laat een snelle analyse toe van stalen in verschillende media, zonder voorbehandelen en onder atmosferische druk.

Via standaarden van de verdachte stoffen uit de literatuur, die aanwezig zijn in het labo, kunnen een aantal componenten worden geïdentificeerd (suspect screening). Overige stoffen kunnen via online bibliotheken worden bepaald. De sterkte van het signaal kan een indicatie geven over de hoeveelheid van een component die aanwezig is (semi-kwantitatief), hiervoor is een calibratiecurve nodig. De meting geeft in deze studie enkel aan of een stof aanwezig is of niet, maar zegt niets over de aanwezige concentraties.

Bij non target analyses wordt een lijst gemaakt van de gemeten m/z waarden (massa/lading van het ion). Op basis hiervan kan de elementaire samenstelling worden bepaald van deze stoffen. Indien de stoffen gekend zijn in de database van het labo kunnen deze worden geïdentificeerd. Deze meting geeft opnieuw enkel aan of een stof al dan niet aanwezig is, maar geeft geen informatie over de aanwezige concentraties. De meeste abundante pieken worden verder bekeken, met een bijkomende LC-HRMS meting. LC-HRMS staat voor “liquid chromatography – high resolution mass spectrometry”.

4.2 SELECTIE LOCATIES

Langs spoorwegen en snelwegen werden resp. vijf en acht onderzoeklocaties aangeduid. In beide gevallen werd gekeken naar de meest relevante locaties, rekening houdend met het vermijden van andere potentiële verontreinigingsbronnen en praktische overwegingen zoals bereikbaarheid en veiligheid bij staalname.

4.2.1 Spoorwegen

Voor spoorwegen werden locaties geselecteerd op basis van de volgende criteria:

- Bemonstering langs hoofdlijnen
- Geen bemonstering op privéterreinen (anders dan Infrabel) omwille van praktische en juridische redenen.
- Vermijden van andere mogelijke verontreinigingsbronnen:
 - Gekende bodemdossiers (met gekende verontreinigingen)
 - Stortplaatsen
 - Industriële terreinen
 - Regionale verontreinigingen
 - Ophogingen en recent aangelegde bermen of locaties waar recentelijk werkzaamheden plaatsvonden.
 - Uitsluiting van landbouwgronden, aangezien deze een extra bron van pesticiden kunnen vormen en de resultaten kunnen vertekenen.
 - Indien mogelijk: vermijden van asballast en ophogingen, gezien deze ook verhoogde concentraties aan zware metalen en PAK kunnen veroorzaken. Idealiter dus spoorwegen die gelijkliggen met het omliggende landschap.

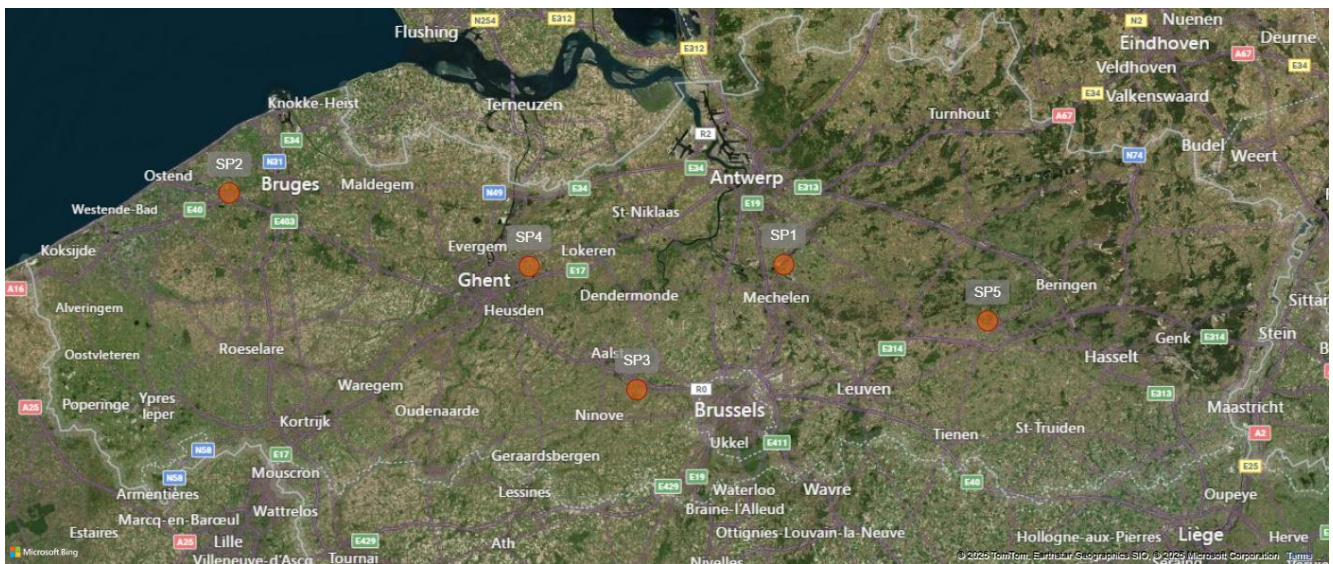
De selectie werd ondersteund door diverse informatiebronnen:

- Geoloket OVAM (97): Voor het identificeren van locaties met bekende bodemverontreinigingen.
- Geopunt (98): Met specifieke lagen voor stortplaatsen, industrie, langsrachten, rioleringen en historische luchtfoto's.
- Google Street View: Voor visuele controle van ophogingen en recente werkzaamheden.

Op basis van deze criteria werden vijf meetlocaties geselecteerd (Tabel 4-3). Per locatie werden drie boringen op toenemende afstand van het spoor uitgevoerd tot maximaal 1 m-mv. De ligging van de vijf meetlocaties is weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

Tabel 4-3: Samenvatting staalnamelocaties spoorwegen

Traject	Code meetlocatie	Locatie
L27B: Antwerpen – Brussel	SP1	Kievitlaan te Duffel
L50A: Brugge – Oostende	SP2	Bekedijkstraat te Jabbeke
L50C: Gent – Brussel	SP3	Sluisvijverstraat te Ternat
L59: Gent – Antwerpen	SP4	Burgstraat te Destelbergen
L35: Leuven – Hasselt	SP5	Fabrieksstraat te Diest



Figuur 4-1. Locatie staalnamepunten langs spoorwegen.

4.2.2 Snelwegen

Voor de autowegen ligt de focus op de aanwezigheid van opkomende stoffen en de potentiële verspreiding hiervan. Om dit te onderzoeken, werden locaties gekozen waar de kans op het aantreffen van deze stoffen het grootst is. Hierbij lag de nadruk op **drukke snelwegen**. Tegelijkertijd is het belangrijk om **andere mogelijke bronnen van verontreiniging te vermijden**. Locaties met aanwezigheid van onderstaande dienden aldus vermeden te worden:

- Gekende bodemdossiers (met gekende verontreinigingen)
- Stortplaatsen
- Industriële terreinen
- Regionale verontreinigingen
- Ophogingen en recent aangelegde bermen of locaties waar recentelijk werkzaamheden plaatsvonden.
- Uitsluiting van landbouwgronden, aangezien deze een extra bron van pesticiden kunnen vormen en de resultaten kunnen vertekenen

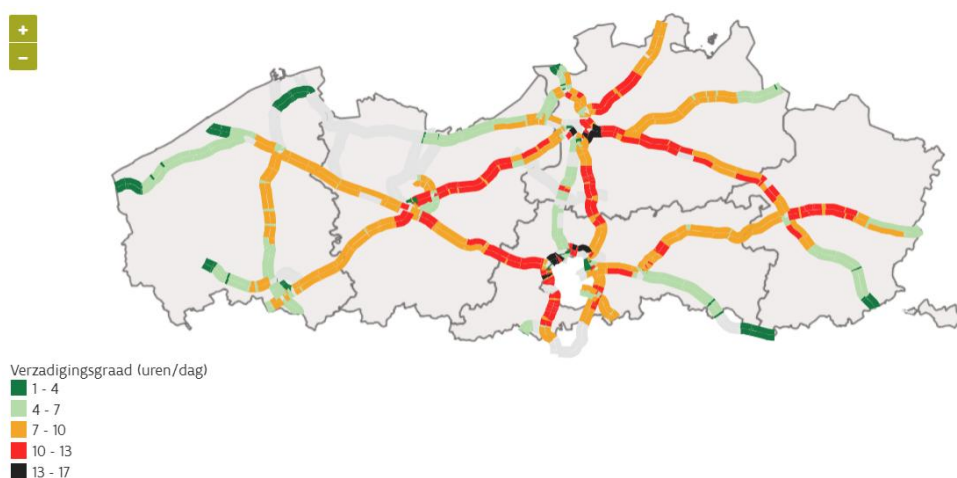
Een belangrijk praktisch criterium was **bereikbaarheid**. Locaties moesten veilig bemonsterd kunnen worden, wat betekende dat uitsluitend gebieden die konden bereikt worden vanuit het lokale wegennet en achter vangrails werden gekozen.

De selectie werd ondersteund door diverse informatiebronnen:

- Verkeersdruktekaarten (99): Deze website werd gebruikt om verschillende verkeersindicatoren te evalueren. Een belangrijke tool hierbij was het analyseren van filezwaarte en verkeersvolume, omdat dit inzicht geeft in drukke wegen en knooppunten (Figuur 4-3 en Figuur 4-2).

- Geoloket OVAM (97): Voor het identificeren van locaties met bekende bodemverontreinigingen.
- Geopunt (98): Met specifieke lagen voor stortplaatsen, industrie, langsrachten en rioleringen.
- Google Street View: Voor visuele controle van ophogingen en recente werkzaamheden.

Op basis van deze gegevens werden acht meetlocaties geselecteerd (Tabel 4-4). De ligging van de meetlocaties is weergegeven in Figuur 4-4.



Figuur 4-2: Verkeersdruktekaart (59). Als verkeersindicator werd verzadiging geselecteerd, waarbij de gemiddelde waarden uit 2023 als basis dienden.



Figuur 4-3. Verkeersdruktekaart (99). Als verkeersindicator werd verkeersvolume geselecteerd, waarbij de gemiddelde waarden uit 2023 als basis dienden.

Tabel 4-4: Samenvatting staalnamelocaties snelwegen

Snelweg	Code meet-locatie	Locatie	Langsgracht aanwezig?	Vangrail aanwezig?	Materiaal toplaag aangrenzende snelweg ¹
E40	A1	Dilbeek - Richting Brussel	Neen	Ja, metaal	Doorgaand gewapend platenbeton
	A2	Aalst- Richting Gent	Neen	Nee	Splitmastiekasfalt
	A3	Wetteren – Richting Gent	Ja	Ja, metaal	Splitmastiekasfalt
E17	A4	Laarne - Richting Gent	Ja	Ja, metaal	Splitmastiekasfalt
	A5	Waasmunster- Richting Antwerpen	Ja	Ja, metaal	Asfaltbeton
E313	A6	Ranst- Richting Antwerpen	Ja	Ja, metaal	Asfaltbeton
E19	A7	Rumst - Richting Brussel	Ja	Ja, metaal	Splitmastiekasfalt
	A8	Rumst - Richting Antwerpen	Ja	Ja, metaal	Splitmastiekasfalt

¹ Via de website [Geopunt | Digitaal Vlaanderen](#) (kaartlaag 'Toplagen') geraadpleegd op 13 maart 2025.

Voor meer details en foto's van de locaties wordt verwezen naar Bijlage 3.



Figuur 4-4. Locaties staalname langs snelwegen.

4.3 STAALNAME- EN ANALYSEPLAN

Na selectie van de staalnamelocaties en oplijsting van de verdachte stoffen en analysemogelijkheden werd een staalname en analyseplan opgemaakt. Er werd gekozen voor een stapsgewijze analyse aanpak, om het beschikbare budget te optimaliseren in functie van de onderzoeksvraag. Bij elke stap werd een reeks stalen en stoffen geselecteerd voor analyse. Afhankelijk van de resultaten werd vervolgens bekeken waar het nuttig was om bijkomende analyses op extra stoffen of extra stalen uit te voeren. Om deze aanpak mogelijk te maken werden tijdens het veldwerk verschillende staalnamerecipiënten gevuld voor elk boorpunt en op elke staalnamediepte.

4.3.1 Spoorwegen

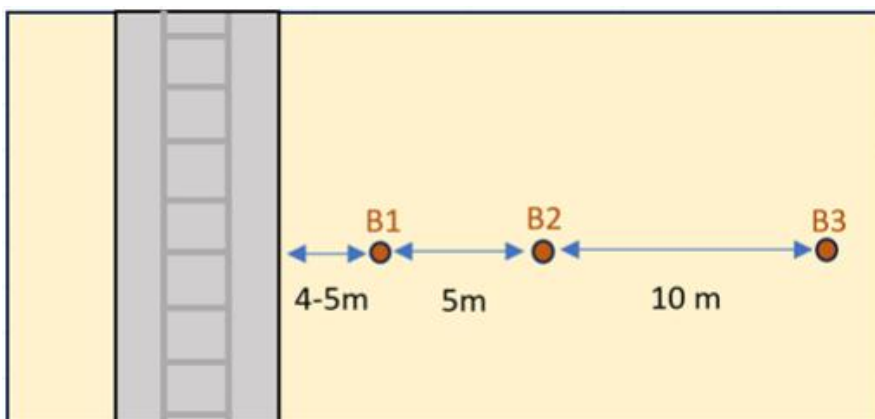
Om een antwoord te bieden op de onderzoeksvragen (zie paragraaf 3.1) ligt de focus van het staalname -en analyseplan op:

1. Welke **verdachte stoffen** komen voor in de bodem langs spoorwegen?
2. Wat is de omvang van de **invloedzone** rond spoorwegen?

Ter plaatse van iedere locatie worden daarom drie boringen uitgevoerd met toenemende afstand van het spoor, telkens tot een diepte van maximaal 1 meter beneden maaiveld (m-mv). De boringen worden hierbij respectievelijk gepositioneerd op ca. 5 meter (B1), 10 meter (B2) en 20 meter (B3) afstand van de spoorweg (Figuur 4-5). Gezien de gevarenzone waar geen derden zonder bijkomende veiligheidsmaatregelen mogen komen zich tot een afstand 4,5 m van de sporen strekt, worden de boringen het dichtst bij de sporen op een afstand van 5 meter uitgevoerd (zie paragraaf 5.1.1).

Per boring wordt voorzien om volgende dieptes te bemonsteren:

Topstaal	0 – 0,1 m-mv
	0,1 – 0,3 m-mv
Onderliggende stalen	0,3 – 0,5 m-mv
	0,5 – 1 m-mv



Figuur 4-5. Schematische voorstelling staalnameplan langs spoorwegen met boringen op 5 (B1), 10 (B2) en 20 meter (B3) van de spoorweg).

De analyses worden uitgevoerd zoals samengevat in Tabel 4-5. In functie van de beschikbare middelen werden een selectie gemaakt van de te analyseren parameters voor targetanalyse.

- De parameters van het uitgebreid standaardanalysepakket (voor de spoorwegen) werden gekozen als gidsparameters voor de eerste analyseronde. Deze analyses werden uitgevoerd op alle topstalen.
- Daarnaast worden ook glyphosaat en AMPA meegenomen in de eerste ronde. Deze stoffen werden geanalyseerd op de topstalen van de boring het dichtst bij het spoor.

Voor selectie van de analyses van de tweede ronde wordt gekeken naar de resultaten van de eerste ronde. Op locaties waar verhoogde waarden van de stoffen uit de eerste ronde worden aangetroffen wordt overwogen of het aangewezen is om eventuele dieperliggende stalen bijkomend te analyseren op deze parameters.

De term 'pesticiden' omvat een zeer uitgebreide groep chemische producten die in diverse vormen in het milieu voorkomen. In voorliggend onderzoek vertegenwoordigen, glyphosaat en aminomethylfosfonzuur (AMPA) de groep van de pesticiden. Organochloorbestrijdingsmiddelen (OCB's) maken deel uit van het uitgebreide standaard analysepakket bodem in Vlaanderen en werden daarom eveneens meegenomen in de analyses.

Er werd gekozen om asbest en fenolen niet mee te nemen in het analysepakket. Fenolen zijn een zeer brede groep die ook zal worden gedetecteerd via de non-target analyses. Staalnames voor analyse op asbest werden om praktische en economische redenen niet opgenomen in het analyseplan van voorliggende verkennende meetcampagne.

Tabel 4-5. Samenvatting analysestrategie langs spoorwegen.

Ronde	Pakket	Parameters	Stalen
1 ^{ste} ronde	SAP + PCB + OCB's	Klei Droge stof pH Organisch materiaal Zware metalen (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn) Minerale olie PAK PCB OCB	Topstaal per boring
	Pesticiden	Glyfosaat AMPA	Topstaal boring B1
2 ^{de} ronde	Pesticiden	Glyfosaat AMPA	Wanneer in topstaal aanwezig: - Dieper staal van B1 in kwestie - Verder staal (B2) van die locatie
	OCB	OCB	Wanneer in topstaal aanwezig: onderliggend staal (10-30 cm-mv)
Verklaringen			
SAP	Standaard analysepakket (PAK, 8 ZM, minerale olie)		
pH	Zuurtegraad		
PCB	Polychloorbifenylen: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, PCB (som 7), PCB (som 6)		
OCB	Organo chloorbestrijdingsmiddelen: alfa-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, delta-HCH, hexachloorbenzeen, heptachloor, heptachloorepoxide, hexachloorbutadiëen, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, telodrin, alfa-endosulfan, beta-endosulfan, alfa-endosulfansulfaat, alfa-chloordaan, gamma-chloordaan, o,p-DDT, p,p-DDT, o,p-DDE, p,p-DDE, o,p-DDD, p,p-DDD, HCH (som), drins (som), DDT/DDE/DDD (som), OCB (som)		
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen: naftaleen, acenaftyleen, acenafteen, fluoreen, fenanthreen, anthraceen, fluorantheen, pyreen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, dibenzo(ah)anthraceen, benzo(ghi)peryleen, indeno(123-cd)pyreen, PAK totaal OVAM (10), PAK totaal EPA (16)		
AMPA	Aminomethylfosfonzuur		

4.3.2 Snelwegen

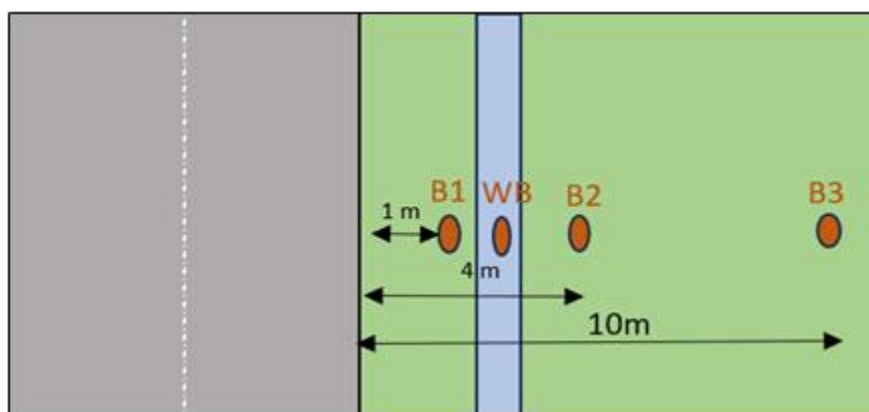
Om een antwoord te bieden op de onderzoeksvragen (zie paragraaf 3.2) ligt de focus van het staalname -en analyseplan op de mogelijke aanwezigheid van opkomende stoffen, vandaar dat voor het boorplan de meest verdachte locaties (drukke wegen, en topstalen) geselecteerd worden.

Per locatie worden drie boringen uitgevoerd, telkens tot een diepte van 0,3 m-mv. De boringen worden hierbij respectievelijk gepositioneerd op ca. 1 meter (B1), 4 meter (B2) en 10 meter (B3) afstand van de snelweg.

Indien er een gracht aanwezig is, wordt deze eveneens bemonsterd tot 0,3 m-mv (Figuur 4-6). Deze stalen krijgen het label “WB”.

Per boring wordt voorzien om volgende dieptes te bemonsteren:

Topstaal	0 – 0,1 m-mv
Onderliggend staal	0,1 – 0,3 m-mv



Figuur 4-6. Schematische voorstelling staalnameplan langs snelwegen met boringen op 1 (B1), 4 (B2) en 10 meter (B3) van de spoorweg). Indien er een gracht aanwezig is, wordt deze eveneens bemonsterd.

Ook hier wordt gekozen voor een stapsgewijze analyseaanpak (Tabel 4-6). Tijdens de eerste ronde worden op alle topstalen (0-10 cm) analyses uitgevoerd op courante parameters als eerste screening van de stalen. Het gaat om de parameters van het standaardanalysepakket, PCB en cyanide. Locaties waar verhoogde concentraties worden aangetroffen zullen in eerste instantie bijkomend geanalyseerd worden op microplastics en rubbers ter hoogte van het topstaal het dichtst bij de weg. Voor de keuze van de locaties waar microplastics geanalyseerd worden, wordt bijvoorbeeld zink als merker gebruikt.

Op locaties waar de aanwezigheid van rubberpartikels wordt bevestigd worden bijkomende analyses uitgevoerd op een selectie van additieven gelinkt aan banden en op pesticiden.

Tabel 4-6. Samenvatting analysestrategie langs snelwegen.

Ronde	Pakket	Parameters	Stalen
1^{ste} ronde	SAP + PCB	Klei Droge stof pH Organisch materiaal Zware metalen (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn) Minerale olie	Topstaal per boring (ook waterbodemstaal)

Ronde	Pakket	Parameters	Stalen
		PAK PCB	
	Cyanides	Cyanide vrij Cyanide niet- chloorafbreekbaar Cyanide totaal	Topstaal per boring (ook waterbodestaal)
2 ^{de} ronde	Microplastics en rubbers	-	5 topstalen met hoogste zink-concentratie, dicht bij de weg, 1 waterbodestaal met hoge zink concentratie, 1 staal met hoge minerale olie concentratie
3 ^e ronde	Additieven en OCB	OCB, ftalaten, MBT/BTH, 6PPD, 6PPD-Q, bisfenol A, nonylfenol	3 topstalen op de locaties met verhoogde concentraties aan rubber ter hoogte van de 2e boringen ten opzichte van de rand van de weg
	Microplastics en rubbers	-	

Verklaringen

SAP	Standaard analysepakket (PAK, 8 ZM, minerale olie)
pH	Zuurtegraad
PCB	Polychloorbifenylen: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180, PCB (som 7), PCB (som 6)
OCB	Organo chloorbestrijdingsmiddelen: alfa-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, delta-HCH, hexachloorbenzeen, heptachloor, heptachloorepoxide, hexachloorbutadiëen, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, telodrin, alfa-endosulfan, beta-endosulfan, alfa-endosulfansulfaat, alfa-chloordaan, gamma-chloordaan, o,p-DDT, p,p-DDT, o,p-DDE, p,p-DDE, o,p-DDD, p,p-DDD, HCH (som), drins (som), DDT/DDE/DDD (som), OCB (som)
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen: naftaleen, acenaftyleen, acenaften, fluoreen, fenantheen, anthraceen, fluorantheen, pyreen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, dibenzo(ah)anthraceen, benzo(ghi)peryleen, indeno(123-cd)pyreen, PAK totaal OVAM (10), PAK totaal EPA (16)
Ftalaten	Dimethylftalaat, diethylftalaat, di-isobutylftalaat, dibutylftalaat, butylbenzylftalaat, bis(ethylhexyl)ftalaat, di-n-octylftalaat, ftalaten (som)
MBT	2-mercaptobenzothiazol
BTH	1,3-benzothiazol
6PPD	N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-fenyl-p-fenylenediamine
6PPD-Q	6PPD-quinone

5 UITVOERING MEETCAMPAGNE

5.1 SPOORWEGEN

De staalname werd uitgevoerd in de periode van 2 tot 3 oktober 2024 door de veldwerkers van Arcadis Belgium nv. Het veldwerk werd begeleid door de projectleider of projectingenieur van Arcadis Belgium nv. Een fiche waarin voor iedere locatie de coördinaten, het adres, de ligging en een fotorapportage zijn opgenomen in Bijlage 2.

Een overzicht van het uitgevoerd veldwerk langs de spoorwegen is opgenomen in Tabel 5-1.

Tabel 5-1: Overzicht uitgevoerd veldwerk langs de spoorwegen.

Code meetlocatie	Traject	Uitgevoerd veldwerk
SP1	L27B: Antwerpen – Brussel	2 boringen tot 1,0 m-mv: SP1.B1, SP1.B3 1 boring tot 0,3 m-mv: SP1.B2*
SP2	L50A: Brugge – Oostende	3 boringen tot 1,0 m-mv: SP2.B1, SP2.B2, SP2.B3
SP3	L50C: Gent – Brussel	1 boring tot 1,0 m-mv: SP3.B1 1 boring tot 0,5 m-mv: SP3.B2* 1 boring tot 0,3 m-mv: SP3.B3*
SP4	L59: Gent – Antwerpen	3 boringen tot 1,0 m-mv: SP4.B1, SP4.B2, SP4.B3
SP5	L35: Leuven – Hasselt	3 boringen tot 1,0 m-mv: SP5.B1, SP5.B2, SP5.B3

* Deze boringen is gestaakt op een diepte van 0,3 tot 0,5 m-mv door de aanwezigheid van grind, stenen en puin.

5.1.1 Veiligheid werken nabij spoorwegen

Voor de uitvoering van het veldwerk werd het specifiek veiligheidsplan goedgekeurd door de veiligheidscoördinator van TUC Rail. Bij de uitvoering van het veldwerk werd voor iedere locatie een toolbox meeting gehouden met notie van de afspraken en aanwezigen. Bestaande rioleringen/leidingen en kabels werden gelokaliseerd o.b.v. KLIP/KLIM plannen, aangevuld met een leidingscan.

Er werd steeds gewerkt op een afstand van minstens 4,5 meter van de buitenste rail. Bij locaties SP1, SP2 en SP5 vormt de aanwezige afsluiting of gracht een fysieke barrière met het spoor. Omdat dit bij locaties SP3 en SP4 niet het geval is, was naast de begeleiding door Arcadis Belgium nv, een contactpersoon van TUC Rail aanwezig.

5.1.2 Staalname

Als gevolg van de aanwezigheid van bodemvreemd materiaal (zoals wortels, keien, baksteen, ballast) in de eerste 0,5 tot 0,7 m-mv werden de boringen tot deze diepte gegraven aan de hand van schop. Op grotere diepte werd gebruikt gemaakt van een edelmanboor. Staalname van de monsters bedoeld voor de kwantitatieve analyse gebeurde conform CMA. Zo werd de boorapparatuur na iedere staalname en na iedere meetlocatie telkens gereinigd en grondig schoongespoeld met zuiver water (drinkwaterkwaliteit) om

kruiscontaminatie te vermijden. In het veld is de vrijgekomen grond per boring beoordeeld op de bodemkundige samenstelling, zoals weergegeven op de boorprofielen (cf. Bijlage 4). Daarnaast is gelet op het voorkomen van puin, slakken, kolengruis en dergelijke en op afwijkingen van geur en kleur, die kunnen duiden op de aanwezigheid van bodemverontreiniging.

5.1.3 Vaststellingen veldwerk

Hoewel de meetlocaties werden gekozen met als doel ongeroerde grond nabij spoorwegen te bemonsteren, werd bij de meerderheid van de boringen puin en ballaststenen vastgesteld. Dit was niet enkel het geval bij de boringen het dichtst gelegen bij de sporen, maar ook bij de boringen gelegen op een grotere afstand van de sporen. De bijmengingen per boring zijn opgenomen in Bijlage 4. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij het interpreteren van de resultaten.

5.1.4 Analyses

De kwantitatieve analyses werden uitgevoerd Eurofins. De DART-HRMS analyse werden uitgevoerd door het VITO.

5.2 SNELWEGEN

De staalname werd uitgevoerd in de periode van 8 en 9 oktober 2024 door de veldwerkers van Arcadis Belgium nv. Het veldwerk werd begeleid door projectingenieurs van Arcadis Belgium nv. Een fiche waarin voor iedere locatie de coördinaten, het adres, de ligging en een fotorapportage zijn opgenomen in Bijlage 3.

Een overzicht van het uitgevoerde veldwerk langs de spoorwegen is opgenomen in Tabel 5-2.

Tabel 5-2: Overzicht uitgevoerd veldwerk langs de snelwegen.

Code meet-locatie	Locatie	Uitgevoerd veldwerk
A1	Dilbeek - Richting Brussel	3 boringen tot 0,3 m-mv: A1.B1, A1.B2, A1.B3
A2	Aalst- Richting Gent	3 boringen tot 0,3 m-mv: A2.B1, A2.B2, A2.B3
A3	Wetteren – Richting Gent	3 boringen tot 0,3 m-mv: A3.B1, A3.B2, A3.B3 1 boring waterbodembodem tot 0,5 m-mv: A3.WB ¹
A4	Laarne - Richting Gent	3 boringen tot 0,3 m-mv: A4.B1, A4.B2, A4.B3 1 boring waterbodembodem tot 0,3 m-mv: A4.WB
A5	Waasmunster- Richting Antwerpen	3 boringen tot 0,3 m-mv: A5.B1, A5.B2, A5.B3 1 boring waterbodembodem tot 0,17 m-mv: A5.WB ²
A6	Ranst- Richting Antwerpen	3 boringen tot 0,3 m-mv: A6.B1, A6.B2, A6.B3 2 boringen waterbodembodem tot 0,3 m-mv: A6.WB, A6.WB_N
A7	Rumst - Richting Brussel	3 boringen tot 0,3 m-mv: A7.B1, A7.B2, A7.B3 1 boring waterbodembodem tot 0,3 m-mv: A7.WB
A8	Rumst - Richting Antwerpen	3 boringen tot 0,3 m-mv: A8.B1, A8.B2, A8.B3 1 boring waterbodembodem tot 0,3 m-mv: A8.WB

¹ Deze boring is gestaakt op een betonnen verharding op een diepte van 0,17 m-mv.

² Door de vloeibare consistentie van het slib was het niet mogelijk om deze gracht gelaagd te bemonsteren.

5.2.1 Veiligheid werken nabij snelwegen

Er werd steeds achter de vangrail gewerkt, weg van de snelweg. Hierdoor waren geen bijkomende locatie-specifieke veiligheidsvoorschriften noodzakelijk.

5.2.2 Staalname

De boringen werden uitgevoerd met een edelmanboor. Indien dit niet mogelijk was als gevolg van de aanwezigheid van bodemvreemd materiaal (zoals wortels, keien, ...) werden gebruik gemaakt van een schop. Staalname van de monsters bedoeld voor de kwantitatieve analyse gebeurde conform het CMA. Zo werd de boorapparatuur na iedere staalname en na iedere meetlocatie telkens gereinigd en grondig schoongespoeld met zuiver water (drinkwaterkwaliteit) om kruiscontaminatie te vermijden. In het veld is de vrijgekomen grond per boring beoordeeld op de bodemkundige samenstelling, zoals weergegeven op de boorprofielen (cf. Bijlage 4). Daarnaast is gelet op het voorkomen van puin, slakken, kolengruis en dergelijke en op afwijkingen van geur en kleur, die kunnen duiden op de aanwezigheid van bodemverontreiniging.

5.2.3 Maatregelen i.k.v. microplastic analyses

Gezien de mate van aanwezigheid van microplastics en rubbers in voorliggend onderzocht wordt, werden maatregelen genomen te worden om kruiscontaminatie (*cross-contamination*) met plastics te vermijden:

- Vermijden van plastic-houdende kleding (zoals fleece);
- Het oppervlak waarop de bodem werd gedeponeerd bestaat uit jute stof i.p.v. plastic;
- Er werd (indien nodig) een aluminium emmer gebruikt bij het opmengen van stalen;
- Contact tussen de grondstalen en de staalnemer werd zo veel mogelijk vermeden, de grond werd enkel met roestvrij materiaal gemanipuleerd, niet met handschoenen;
- Bij de glazen staalnamepotten die aangewend zijn voor microplastic onderzoek werd een vel aluminiumfolie geplaatst tussen deksel (bestaande uit plastic) en bodemmateriaal.

5.2.4 Vaststelling veldwerk

In het kader van praktische uitvoerbaarheid en veiligheid zijn de voorziene boorpunten bij enkele locaties minimaal verschoven vanwege omgevings- en terreinkenmerken. Dit was het geval bij locatie A1 (Dilbeek), locatie A2 (Aalst) en locatie A3 (Wetteren). De verplaatsingen waren beperkt van aard en hebben geen invloed op de interpretatie van de locaties of de betrouwbaarheid van de resultaten.

5.2.5 Analyses

De kwantitatieve analyses werden uitgevoerd Eurofins. De DART-HRMS en LC-HRMS analyse werden uitgevoerd door het VITO.

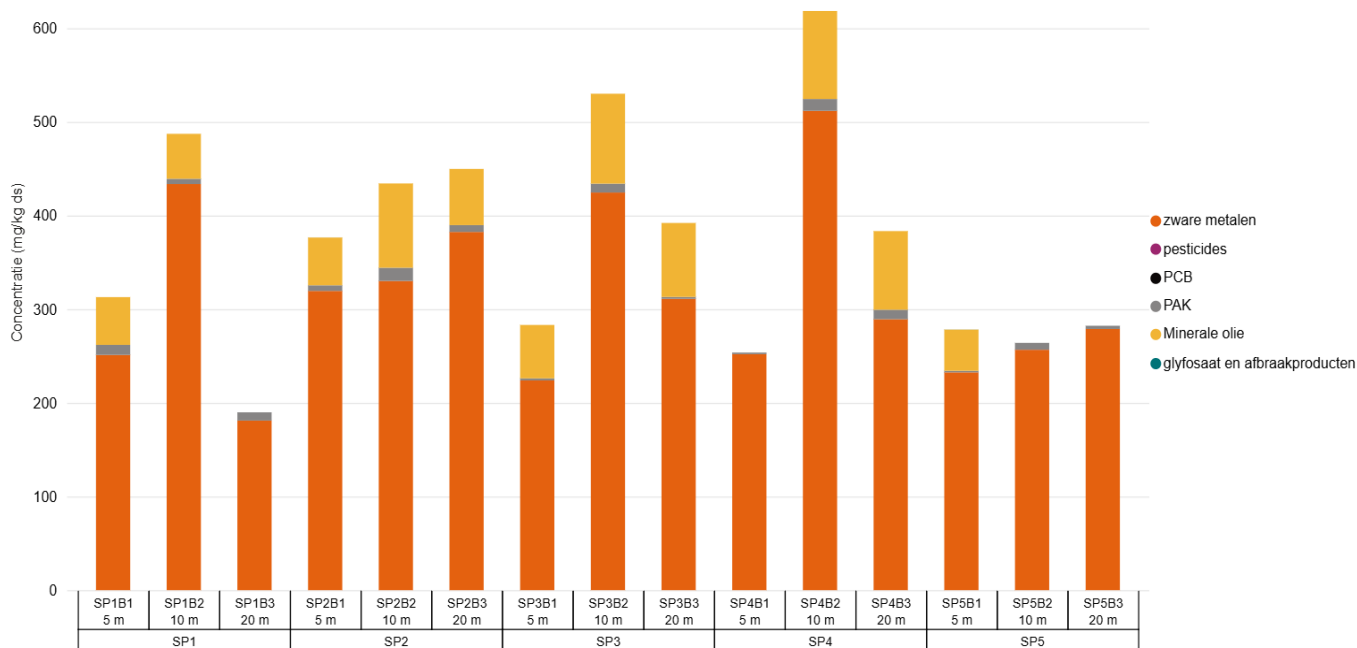
6 RESULTATEN KWANTITATIEVE ANALYSES

Een overzicht van de kwantitatieve analyseresultaten inclusief rapportagegrens voor iedere parameter is opgenomen in Bijlage 5. Voor parameters opgenomen in het VLAREBO worden deze resultaten getoetst aan de streefwaarde, richtwaarde en de bodemsaneringsnorm (BSN) type II (agrarisch gebied) en type III (woongebied) bij een standaard bodem.

6.1 SPOORWEGEN

Figuur 6-1 geeft een samenvatting weer van de concentraties (in mg/kg ds) van de geanalyseerde stofgroepen langs spoorwegen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv (topstalen) van de drie uitgevoerde boringen (meetpunten 1 t.e.m. 3 in toenemende afstand van de spoorweg: 5, 10 en 20 m) per meetlocatie (SP1 t.e.m. SP5).

Binnen de bemonsterde zone van 20 meter, wordt op drie locaties (SP1, SP3 en SP4) de hoogste concentratie aangetroffen in de boring op 10 meter afstand van de spoorweg (B2) en worden lagere concentraties aangetroffen op 20 meter afstand (B3). Op de overige twee meetlocaties (SP2 en SP5) zijn de concentraties binnen de bemonsterde zone van 20 meter gelijkaardig en is er geen verschil met toenemende afstand van de spoorweg. In geen van de analyses waarvoor normen beschikbaar zijn, wordt de bodemsaneringsnorm voor bestemmingstype III overschreden.



Figuur 6-1: Algemeen overzicht van de aangetroffen stofgroepen in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.

6.1.1 Zware metalen

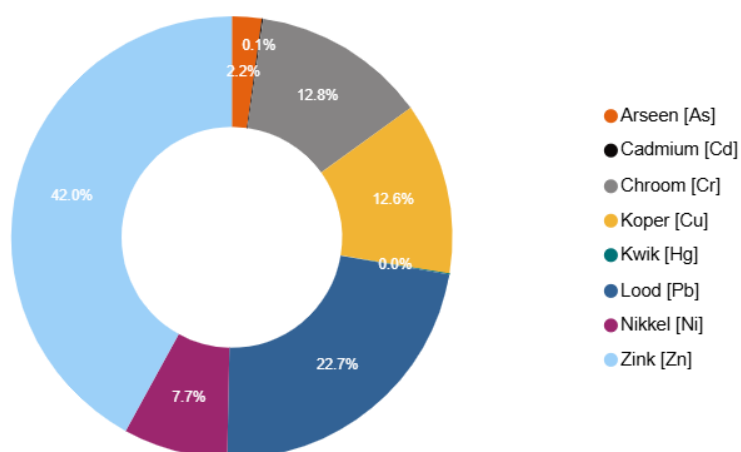
De aanwezigheid van zware metalen werd vastgesteld ter hoogte van ieder meetpunt op een diepte van 0 – 0,1 m-mv. De zware metalen die opgeteld over de verschillende locaties in de hoogste hoeveelheden zijn aangetroffen langs spoorwegen zijn zink (42%), lood (23%), chroom (13%) en koper (13%) (Figuur 6-2). Ter hoogte van SP3 is er een relatief groot aandeel aan nikkel (92 mg/kg ds) aangetroffen.

Globaal gezien is er geen duidelijke trend met toenemende afstand vanaf de spoorweg. Voor drie van de vijf meetlocaties (SP1, SP3 en SP4) geldt dat de hoogste concentraties aan zware metalen gemeten worden ter hoogte van het tweede meetpunt (ca. 10 m van de spoorweg). In het geval van SP2 en SP5 worden de hoogste concentraties zware metalen gemeten ter hoogte van het derde meetpunt (ca. 20 m van de spoorweg) (Figuur 6-3). In vier gevallen is de richtwaarde voor één van de zware metalen overschreden (Tabel 6-1). De bodemsaneringsnormen II en III voor zware metalen zijn niet overschreden.

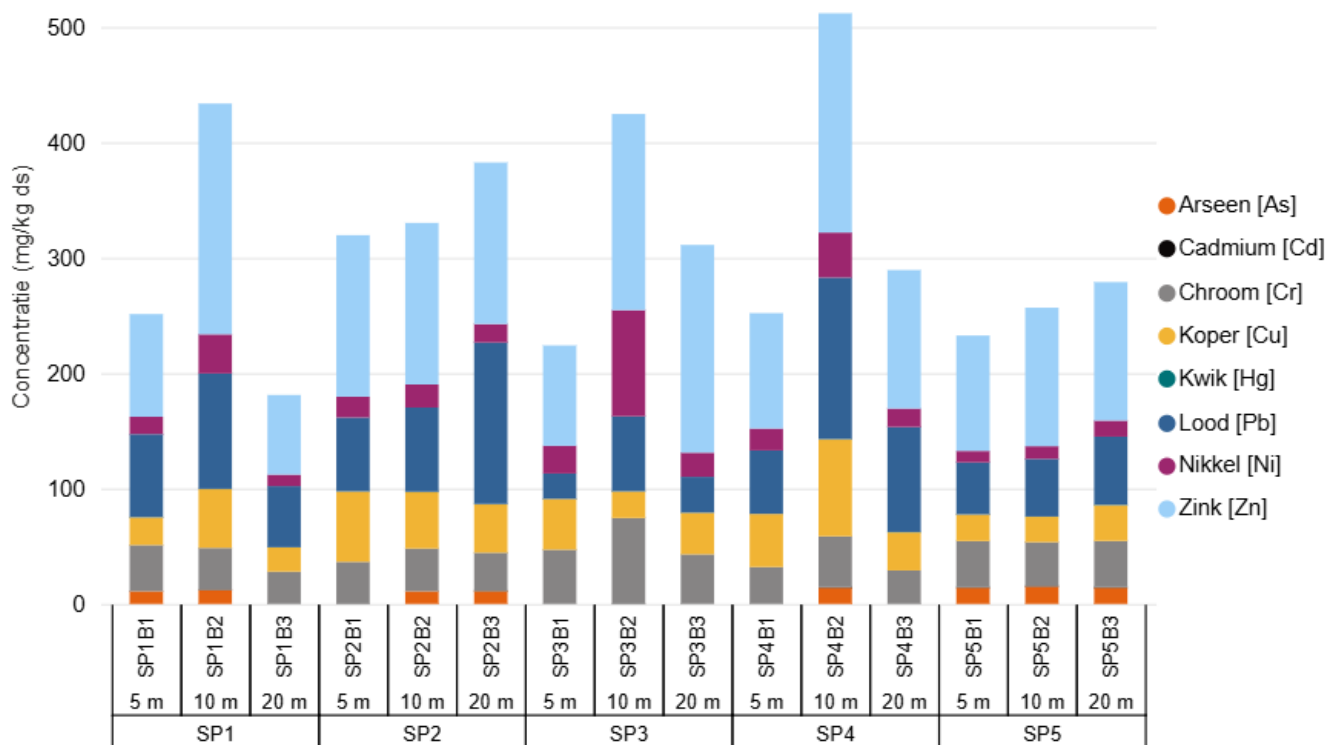
Ter hoogte van de meetlocaties bleek er vaak geroerde grond met puin en ballaststenen aanwezig te zijn. Deze bijmengingen kunnen ook bijdragen aan het gemeten gehalte voor zware metalen (100).

Tabel 6-1: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor zware metalen is vastgesteld.

Parameter	> RW	> BSN type II	> BSN type III
Koper	SP4B2	-	-
Lood	SP2B3, SP4B2	-	-
Nikkel	SP3B2	-	-



Figuur 6-2: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid zware metalen aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen over alle meetlocaties.



Figuur 6-3: Zware metalen in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.

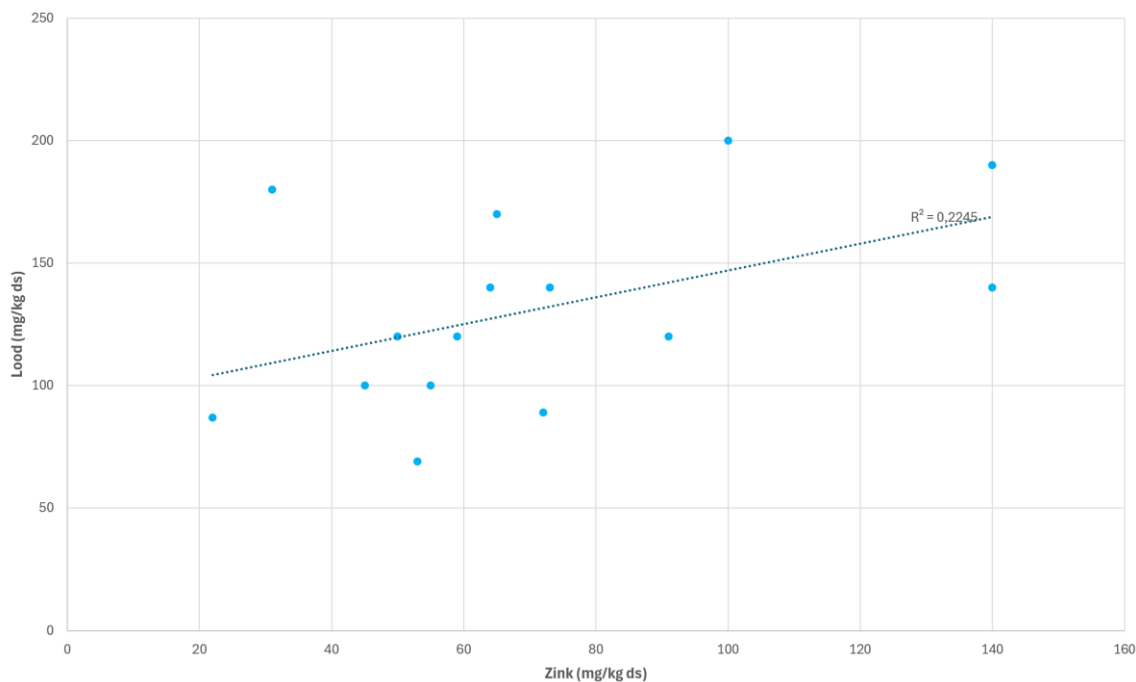
Wanneer de gemiddelde waarden aan zware metalen langs spoorwegen vergeleken worden met de streefwaarden wordt opgemerkt dat de gemiddelde waarden voor zink, lood en koper hoger zijn dan de streefwaarden. De gemiddelde waarde voor chroom ligt eerder lager dan de streefwaarden.

Tabel 6-2: Gemiddelde concentratie zware metalen langs spoorwegen t.o.v. de streefwaarden in mg/kg ds.

Zware metalen	Gemiddelde concentratie langs spoorwegen (mg/kg ds)	Streefwaarde (mg/kg ds)
Arseen	6,00	16
Cadmium	0,27	0,7
Chroom	39,8	62
Koper	39,33	20
Kwik	0,15	0,1
Lood	70,67	31
Nikkel	23,93	16
Zink	131	77

Op basis van de evaluatie van beschikbare gegevens uit reeds uitgevoerde technische verslagen langs spoor- en snelwegen (zie paragraaf 2.6) werd een verband vastgesteld tussen de aanwezigheid van lood en zink in

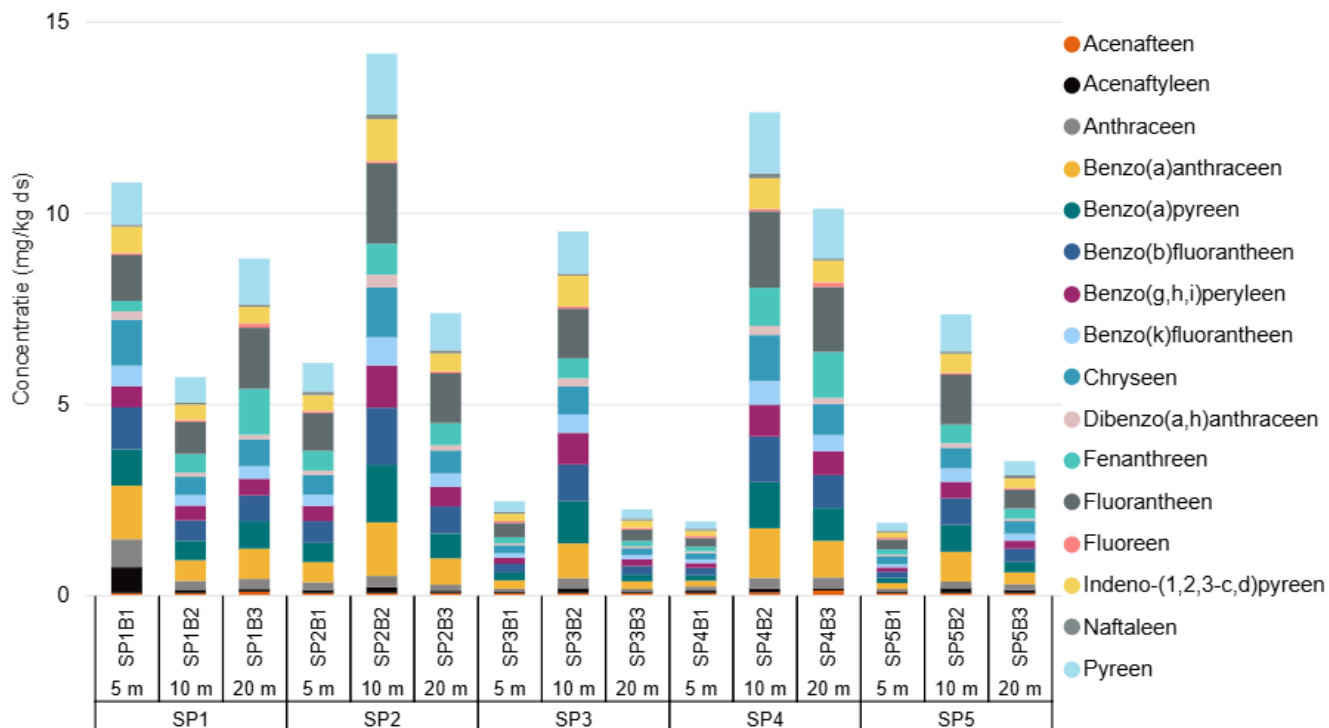
mengmonsters. De resultaten uit voorliggende verkennende meetcampagne, bevestigen dit verband in topstalen genomen langs Vlaamse spoorwegen (Figuur 6-4) al is de correlatiecoëfficiënt (R^2) laag.



Figuur 6-4: Spreiding meetwaarden lood en zink op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen ($R^2 = 0,2245$). Beide parameters zijn ter hoogte van ieder meetpunt aangetroffen. Resultaten onder de rapportagegrens zijn niet meegenomen in deze figuur.

6.1.2 Polyaromatische koolwaterstoffen (PAK)

Net zoals bij de zware metalen worden ter hoogte van ieder meetpunt op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs de spoorwegen PAK aangetroffen. De PAK die cumulatief in de hoogste concentraties zijn aangetroffen langs spoorwegen zijn fluorantheen (15,5%), pyreen (12%), benzo(a)anthraceen (10%), benzo(b)fluorantheen (10%) en benzo(a)pyreen (9%) (Figuur 6-6). Maar de verhouding tussen deze PAK varieert tussen de meetlocaties en meetpunten.



Figuur 6-5: PAK in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.

De bodemsaneringsnorm type II wordt voor benzo(a)pyreen ter hoogte van negen meetpunten overschreden. Ter hoogte van meetpunt SP2B2 wordt deze toetsingswaarde ook voor indeno-(1,2,3-c,d)pyreen overschreden. De bodemsaneringsnorm type III wordt in geen geval overschreden (Tabel 6-3).

Globaal gezien is er geen duidelijke trend met toenemende afstand vanaf de spoorweg (Figuur 6-5). Voor vier van de vijf meetlocaties (SP2, SP3, SP4 en SP5) geldt dat de hoogste concentraties aan PAK gemeten worden ter hoogte van het tweede meetpunt (ca. 10 m van de spoorweg). In het geval van SP1 worden de hoogste concentraties PAK gemeten ter hoogte van het eerste meetpunt (ca. 5 m van de spoorweg).

Tabel 6-3: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwege waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor PAK is vastgesteld.

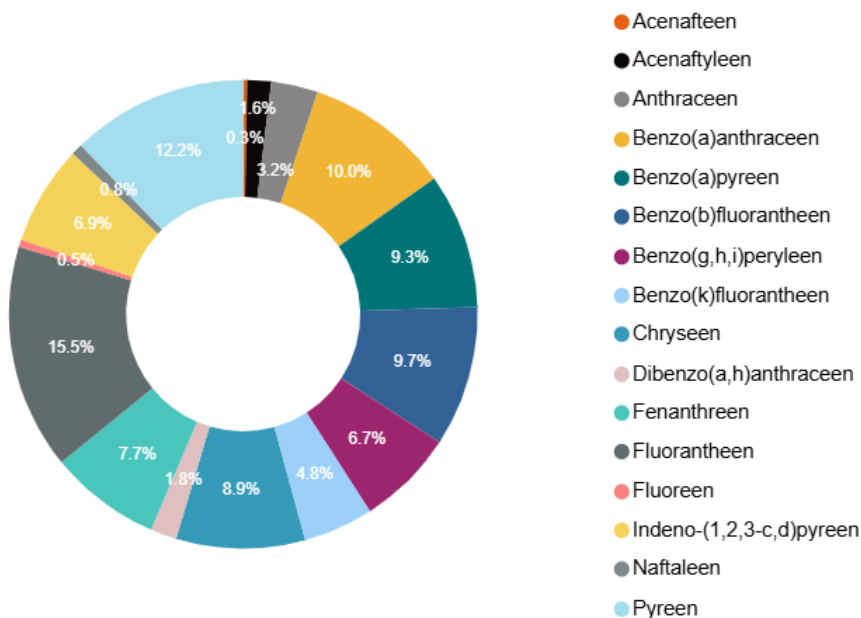
Parameter	> RW	> BSN type II	> BSN type III
Benzo(a)pyreen	SP2B1	SP1B1, SP1B2, SP1B3, SP2B2, SP2B3, SP3B2, SP4B2, SP4B3, SP5B2	-
Fluoranthreen	SP2B2	-	-
Benzo(b)fluorantheen	SP2B2, SP4B2	-	-
Benzo(k)fluorantheen	SP2B2, SP4B2	-	-

Parameter	> RW	> BSN type II	> BSN type III
Benzo(g,h,i)peryleen	SP1B1, SP1B2, SP1B3, SP2B1, SP2B2, SP2B3, SP3B2, SP4B2, SP4B3, SP5B2	-	-
Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	SP2B2, SP3B2, SP4B2	SP2B2	-
Dibenzo(a,h)anthraceen	SP2B2	-	-
Acenaftyleen	SP1B1	-	-

De gemiddelde concentratie gemeten ter hoogte van de spoorwegen is hoger dan de streefwaarde voor de meeste PAK. Enkel voor fluoreen en acenaftyleen ligt het gemiddelde lager dan de streefwaarden (Tabel 6-4).

Tabel 6-4: Gemiddelde concentratie PAK langs spoorwegen t.o.v. de streefwaarden in mg/kg ds.

PAK	Gemiddelde concentratie langs spoorwegen (mg/kg ds)	Streefwaarde (mg/kg ds)
Naftaleen	0,05	0,1
Benzo(a)pyreen	0,64	0,1
Fenanthreen	0,53	0,08
Fluorantheen	1,06	0,2
Benzo(a)anthraceen	0,69	0,06
Chryseen	0,61	0,15
Benzo(b)fluorantheen	0,66	0,2
Benzo(k)fluorantheen	0,33	0,2
Benzo(g,h,i)peryleen	0,46	0,1
Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	0,47	0,1
Anthraceen	0,22	0,1
Fluoreen	0,03	0,1
Dibenzo(a,h)anthraceen	0,12	0,1
Acenafteen	0,02	0,2
Acenaftyleen	0,11	0,2
Pyreen	0,84	0,1



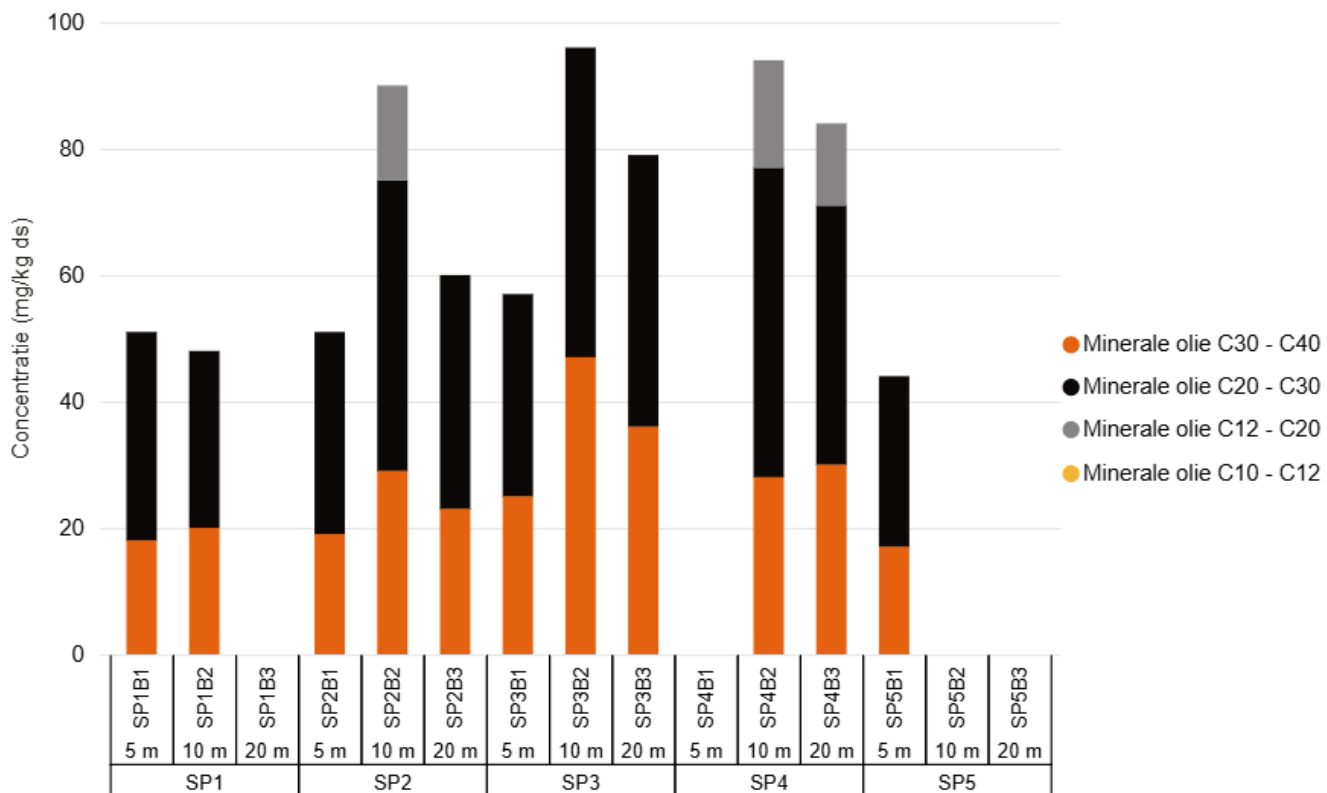
Figuur 6-6: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid PAK aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen over alle meetlocaties.

6.1.3 Minerale olie

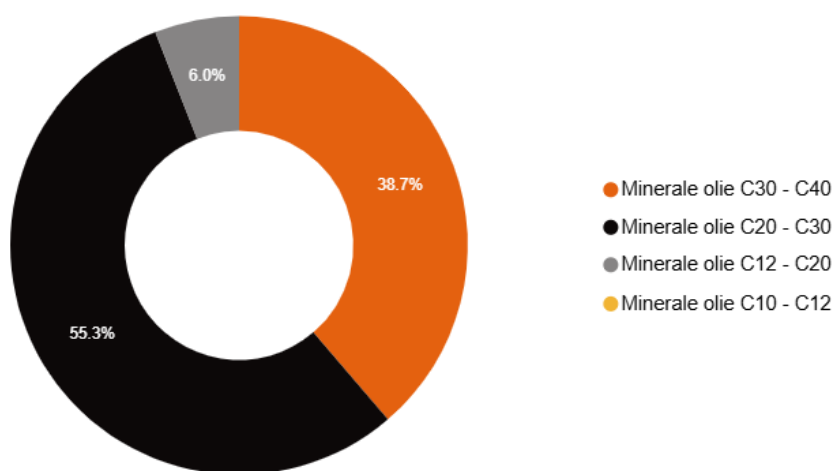
Ter hoogte van iedere meetlocatie wordt op een diepte van 0 – 0,1 m-mv minerale olie aangetroffen, weliswaar niet ter hoogte van ieder meetpunt (Figuur 6-8). In de meeste gevallen worden de hoogste concentraties aan minerale olie gemeten ter hoogte van het tweede meetpunt (B2, ca. 10 m van de spoorweg). In geen geval worden de richtwaarde (300 mg/kg ds) en bodemsaneringsnorm type III en II (beiden 1.000 mg/kg ds) voor minerale olie overschreden.

Over het algemeen zijn het voornamelijk de zwaardere fracties (C20 – C30, C30 – C40) die aangetroffen worden (Figuur 6-7). Slechts op drie meetpunten (SP2B2, SP4B2 en SP4B3) zijn ook de lichtere fractie (C12 – C20) aangetroffen.

De gemiddelde concentratie aan minerale olie bedraagt 26 mg/kg ds. Dit is lager dan de streefwaarde (50 mg/kg ds).

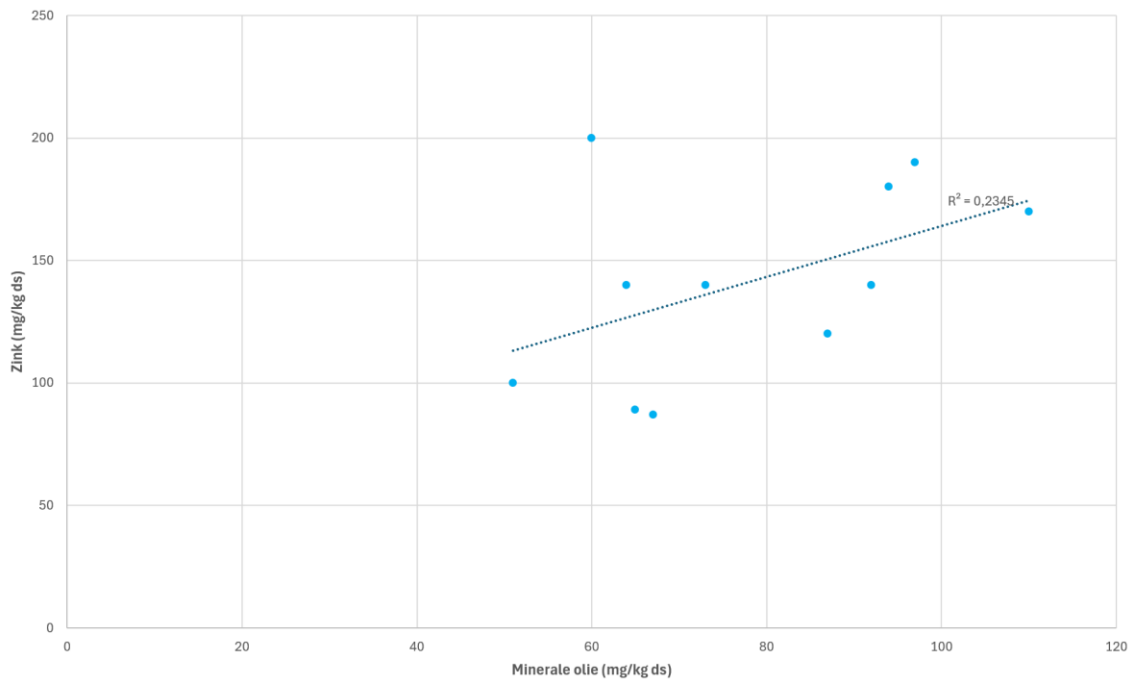


Figuur 6-8: Verschillende fracties minerale olie in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.



Figuur 6-7: Verdeling van de fracties van de opgetelde hoeveelheid minerale olie aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen over alle meetlocaties

In paragraaf 2.6 wordt een verband vastgesteld tussen de aanwezigheid van minerale olie en zink in mengmonsters in het kader van grondverzet langs spoor- en snelwegen. Voorliggende resultaten bevestigen een verband in topstalen genomen langs Vlaamse spoorwegen(Figuur 6-9) al is de correlatiecoëfficiënt (R^2) laag.

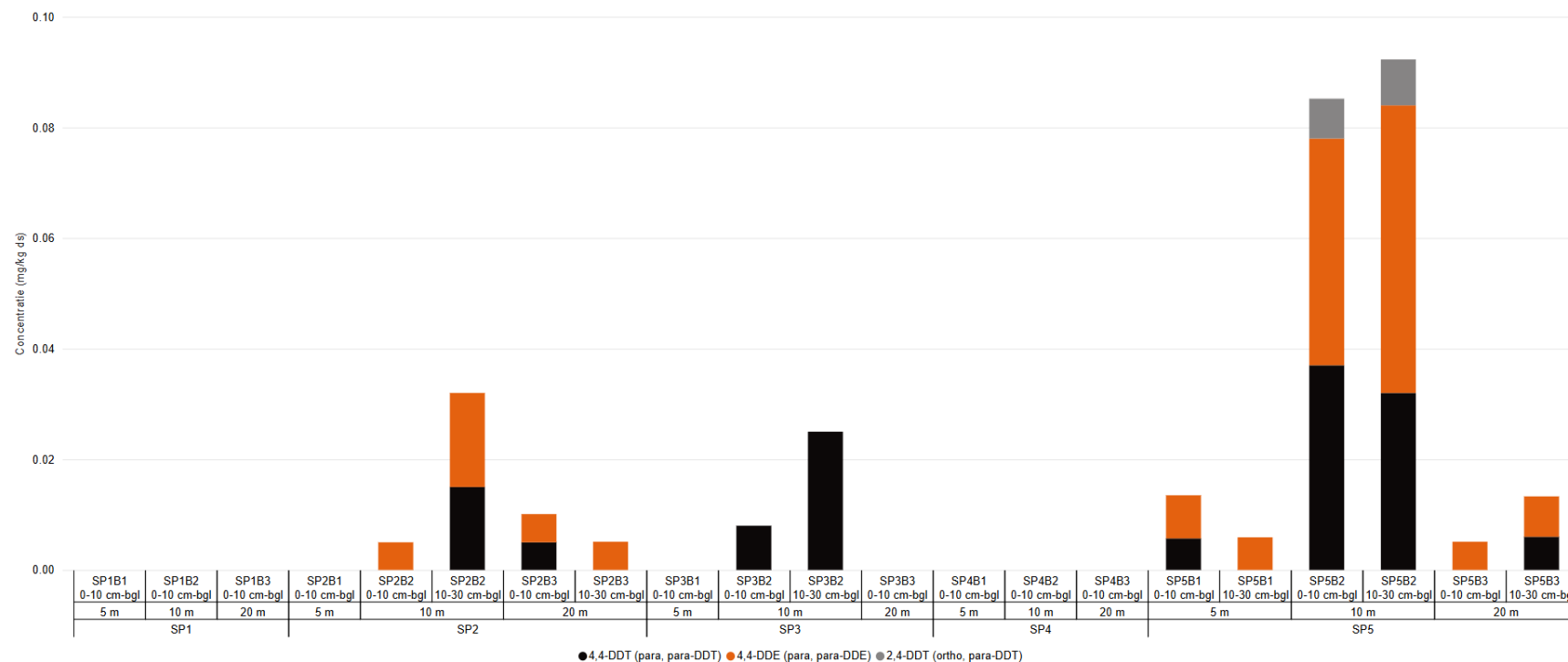


Figuur 6-9: Spreiding meetwaarden minerale olie en zink op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen ($R^2 = 0,2345$).

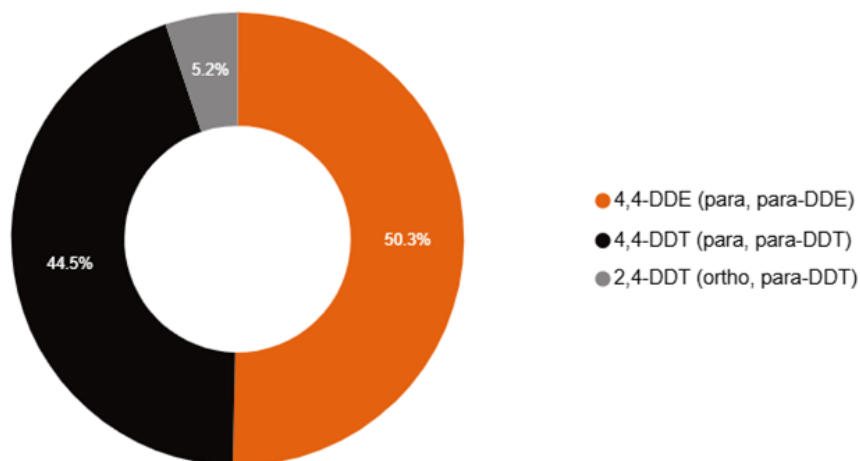
6.1.4 Pesticiden

Organochloorbestrijdingsmiddelen (OCB)

Ter plaatste van drie meetlocaties zijn OCB in de topstalen (0 – 0,1 m-mv) aangetroffen: SP2 (thv B2 en B3), SP3 (thv B2) en SP5 (t.h.v. B1, B2 en B3). Als OCB aangetroffen werden in de topstalen, zijn de diepere stalen (0,1 – 0,3 m-mv) aanvullend geanalyseerd op deze stofgroep. In de helft van de stalen waar OCB zijn aangetroffen, gaat het om 4,4-DDE (p,p-DDE) (Figuur 6-10). Op alle drie de meetlocaties is de aanwezigheid van 4,4-DDT (p,p-DDT) vastgesteld (Figuur 6-10). Ter hoogte van de twee overig meetlocaties is de aanwezigheid van 4,4-DDE (p,p-DDE) en 2,4-DDT (o,p-DDT) vastgesteld. Deze laatste twee parameters zijn beide afbraakproducten van p,p-DDT. De gemeten concentraties in de diepere stalen zijn niet consequent hoger of lager. Wel worden in de diepere stalen geen extra parameters waargenomen. De gemeten concentraties zijn relatief laag en liggen niet veel hoger dan de rapportagegrens. Globaal gezien nemen de concentraties aan OCB niet af met toenemende afstand van de spoorweg.



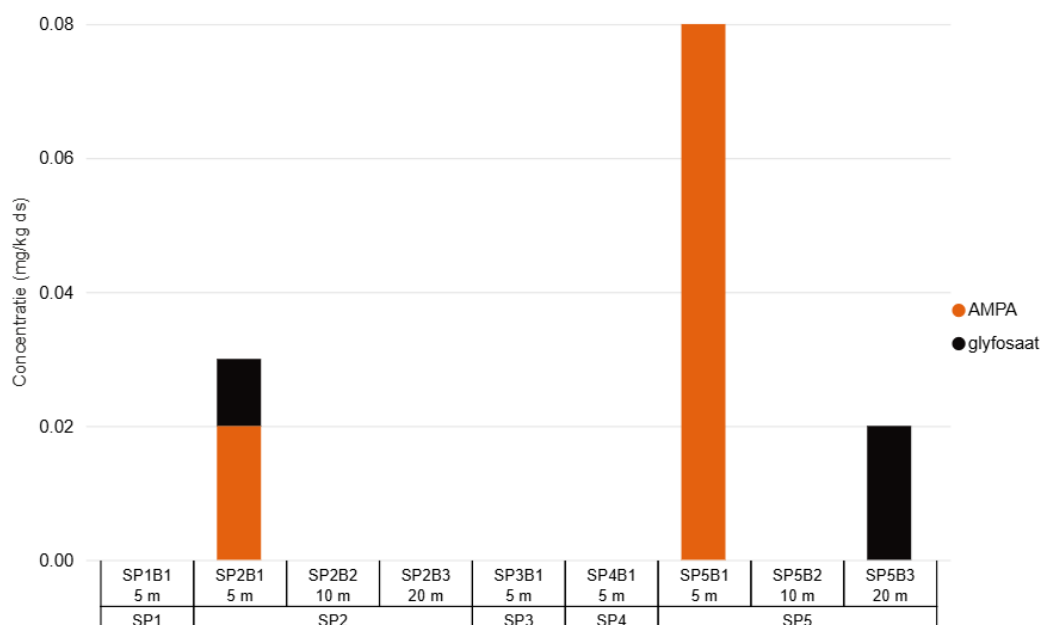
Figuur 6-10: Organo chloorbestrijdingsmiddelen (OCB) in mg/kg ds voor de meetlocaties SP2, SP3 en SP5 op een diepte van 0 – 0,1 m-mv. Naast topstalen (0,0 – 0,1 m-mv) werden ook diepere stalen (0,1 – 0,3 m-mv) onderzocht op de aanwezigheid van OCB's. Cm-bgl staat voor *cm below groundlevel* oftewel cm beneden maaiveld.



Figuur 6-11: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid OCB aangetroffen op de dieptes 0 – 0,1 m-mv en 0,1 – 0,3 m-mv langs spoorwegen over de meetlocaties SP2, SP3 en SP5 heen.

Glyfosaat en afbraakproducten

Glyfosaat is in twee stalen (SP2B1 en SP5B3) op een diepte van 0 – 0,1 m-mv aangetroffen. Het afbraakproduct AMPA is eveneens in twee stalen (SP2B1 en SP5B1) aangetroffen (Figuur 6-12). Er werden ook diepere stalen onderzocht op de aanwezigheid van glyfosaat en gerelateerde afbraakproducten, maar deze werden er niet aangetroffen. Waar glyfosaat en AMPA zijn aangetroffen betreft het relatief lage concentraties en liggen de gemeten concentraties niet of niet veel hoger dan de rapportagegrens (0,01 mg/kg ds).



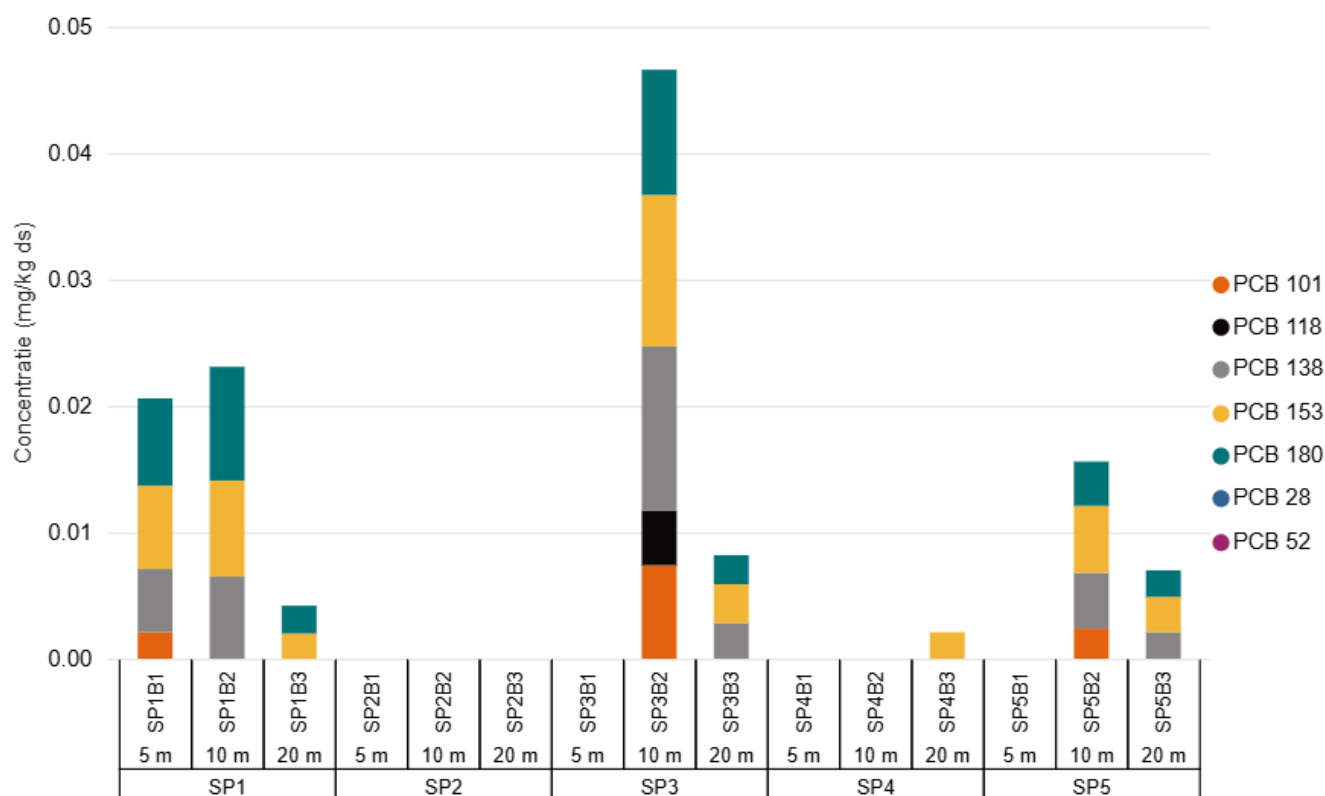
Figuur 6-12: Glyfosaat en gerelateerd afbraakproduct AMPA in mg/kg ds op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen.

6.1.5 Polychloordifenylen (PCB)

Ter hoogte van meetlocatie SP2 werden geen PCB gemeten. Ter hoogte van de overige vier meetlocaties worden PCB ook telkens in de laatste boring (B3, ca. 20 meter van de spoorweg) aangetroffen. De hoogste gemeten concentraties aan PCB worden voornamelijk ter hoogte van de tweede boring (B2, ca. 10 meter van de spoorweg) vastgesteld (Figuur 6-13). De PCB die opgeteld over de verschillende locaties in de hoogste hoeveelheden zijn aangetroffen langs spoorwegen zijn PCB 153 (33%), PCB 180 (28%) en PCB 138 (26,5%) (Figuur 6-14).

De richtwaarde voor PCB (som 7) (0,033 mg/kg ds) wordt ter hoogte van SP3B2 overschreden. Voor PCB (som 7) is geen bodemsaneringsnorm II en III voorhanden. Er wordt getoetst aan de normen opgenomen in het rapport “voorstel tot onderbouwing normen voor PCB in baggerspecie met het oog op hergebruik als bodem” (101). Als equivalent voor de bodemsaneringsnorm II en III wordt respectievelijk 0,044 en 0,91 mg/kg ds aangehouden. Deze waarden worden in geen geval overschreden (Tabel 6-5).

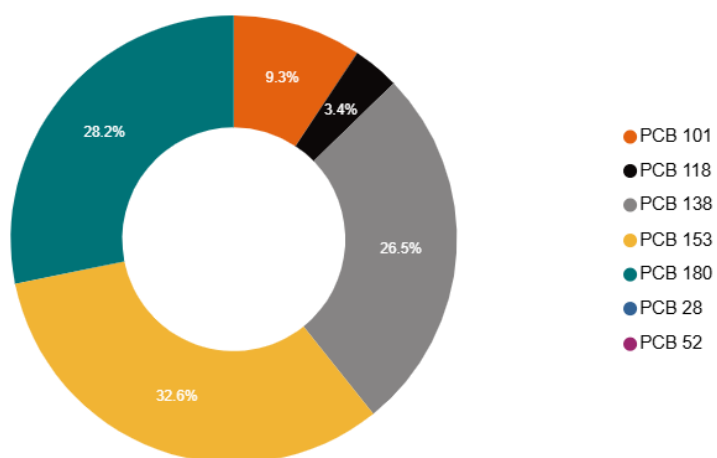
De gemiddelde gemeten concentratie voor de som van de 7 PCB (0,008 mg/kg ds) ligt onder de streefwaarde (0,011 mg/kg ds).



Figuur 6-13: PCB in mg/kg ds op een diepte van 0 – 0,1 m-mv voor iedere meetlocatie langs spoorwegen.

Tabel 6-5 Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor PCB is vastgesteld.

Parameter	> RW	> BSN type II	> BSN type III
PCB (som 7)	SP3B2	-	-



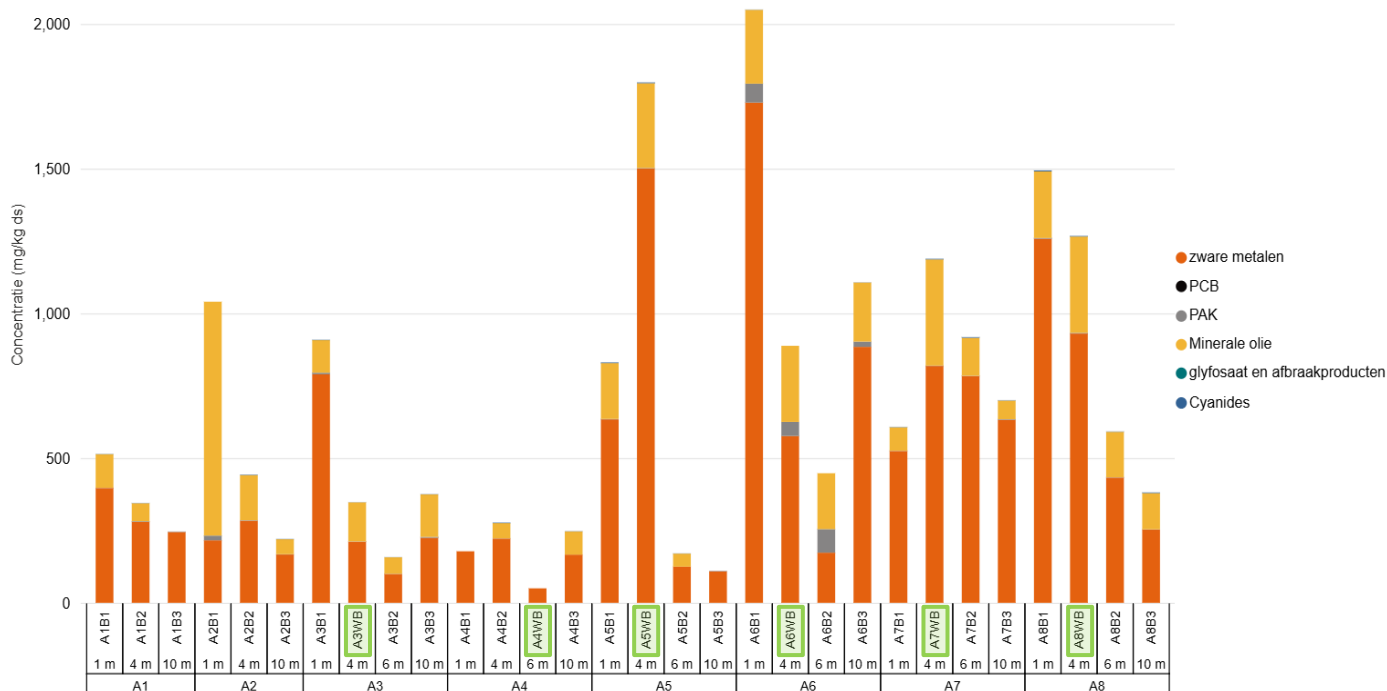
Figuur 6-14: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid PCB aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs spoorwegen over alle meetlocaties.

6.2 SNELWEGEN

Figuur 6-15 geeft een samenvatting weer van de concentraties (in mg/kg.ds) van de geanalyseerde stofgroepen langs snelwegen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv (topstalen) van de drie tot vier uitgevoerde boringen (meetpunten 1 t.e.m. 3 in toenemende afstand van de snelweg en eventueel een grachtstaal) per meetlocatie (A1 t.e.m. A8).

Globaal gezien nemen de concentraties in de meeste gevallen af met toenemende afstand van de snelweg. Langs snelwegen worden voornamelijk zware metalen en minerale olie aangetroffen. De gemeten concentraties op een diepte van 0 – 0,1 cm-mv voor deze twee stofgroepen liggen langs snelwegen hoger dan langs spoorwegen.

Ter hoogte van de meetlocaties A3 t.e.m. A8 is een gracht aanwezig. Deze grachten zijn telkens bemonsterd (zie WB stalen). De meetpunten in een gracht zijn in Figuur 6-15 aangeduid in het groen. Er is geen duidelijk verband waar te nemen tussen gemeten concentraties bij het al dan niet aanwezig zijn van een gracht.



Figuur 6-15: Algemeen overzicht van de aangetroffen stofgroepen in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv (topstalen) langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.

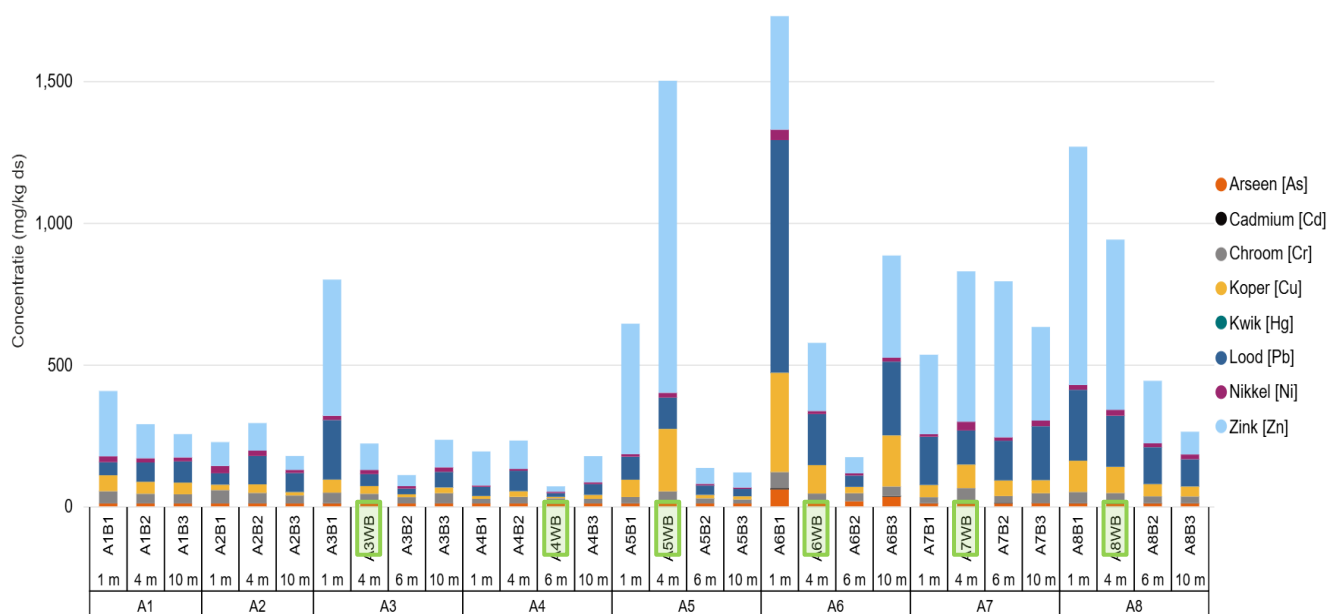
6.2.1 Resultaten gidsparameters standaard analysepakket

6.2.1.1 Zware metalen

De aanwezigheid van zware metalen werd vastgesteld ter hoogte van ieder meetpunt op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs de snelwegen. De zware metalen die opgeteld over de verschillende locaties in de hoogste hoeveelheden zijn aangetroffen langs snelwegen zijn zink (53%), lood (25%) en koper (12%) (Figuur 6-17).

Behalve voor de meetlocatie A1 en A8 is er geen duidelijke afnemende trend met toenemende afstand vanaf de snelweg. Voor de helft van de meetlocaties (A1, A3, A6 en A8) geldt dat de hoogste concentratie aan zware metalen gemeten worden ter hoogte van het eerste meetpunt (ca. 1 m van de snelweg). In de overige gevallen wordt de hoogste concentratie gemeten ter hoogte van het tweede meetpunt (ca. 4 m van de snelweg) of ter hoogte van de gracht (Figuur 6-16).

In het geval van de meetlocatie A5 ligt de concentratie aan zware metalen ter hoogte van meetpunt 2, oftewel meetpunt A5WB, een stuk hoger dan ter hoogte van de overige meetpunten op deze meetlocatie. Dit meetpunt is gelegen in de gracht langs de snelweg waar een uitlaat van een riolering op uitkomt. De omschrijving van het type water uit deze riolering luidt 'regenwater of biologisch gezuiverd water' afkomstig van de wijk gelegen ten zuiden van deze meetlocatie.



Figuur 6-16: Zware metalen in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.

Bij vijf van de acht zware metalen is de richtwaarde, bodemsaneringsnorm II en/of bodemsaneringsnorm III overschreden (Tabel 6-6).

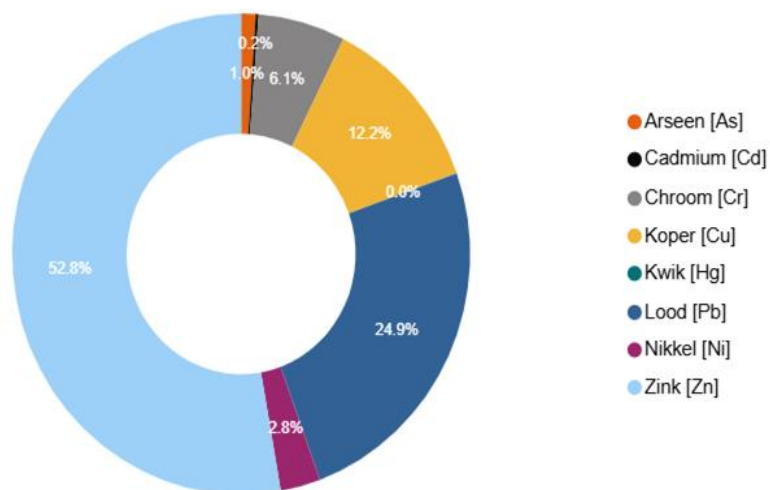
Tabel 6-6: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor zware metalen is vastgesteld.

Parameter	>RW	> BSN type II	>BSN type III
Arseen	-	A6B1	-
Cadmium	A6B1, A6B3, A8WB	-	-
Koper	A6WB, A7WB, A8B1, A8WB	A5WB, A6B3	A6B1
Lood	A6WB, A7B1, A7B2, A7B3, A8WB, A8B2	A3B1, A6B3, A8B1	A6B1
Zink	A6B1, A6B3, A7B1, A7B3	-	A3B1, A5B1, A5WB, A7WB, A7B2, A8B1, A8WB

De gemiddelde concentratie langs de snelwegen ligt hoger dan de streefwaarden voor cadmium, chroom, koper, lood en zink (Tabel 6-7).

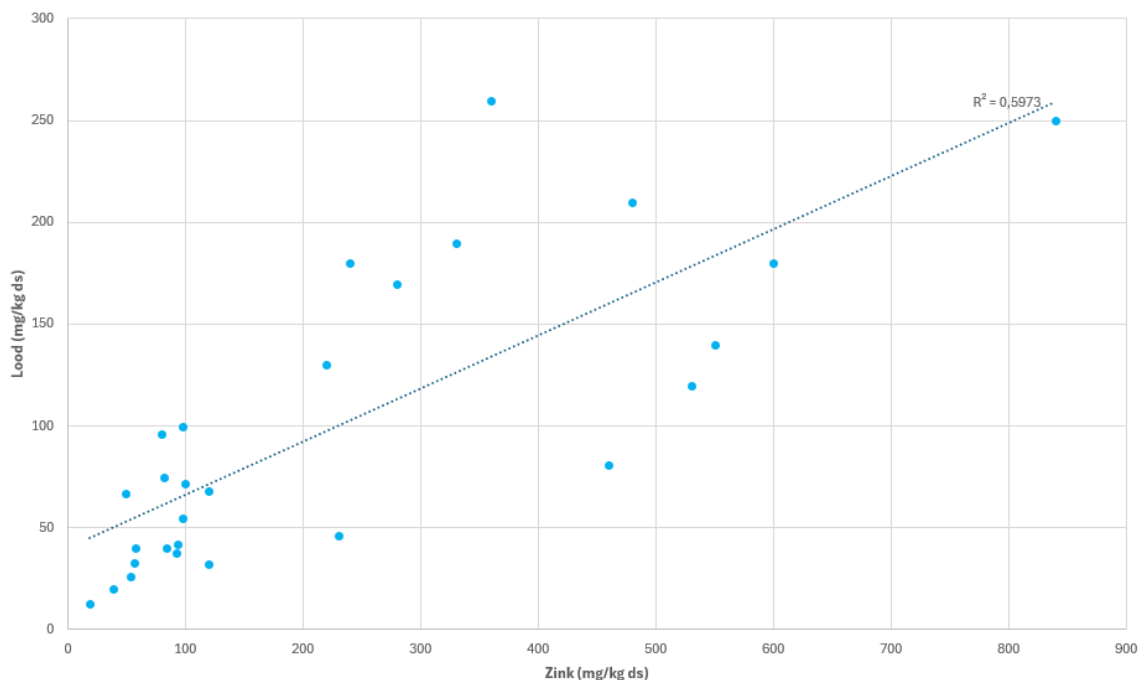
Tabel 6-7: Gemiddelde concentratie zware metalen langs snelwegen t.o.v. de streefwaarden in mg/kg ds.

Zware metalen	Gemiddelde concentratie langs snelwegen(mg/kg ds)	Streefwaarde (mg/kg ds)
Arseen	5,03	16
Cadmium	1,05	0,7
Chroom	30,43	62
Koper	60,33	20
Kwik	0,11	0,1
Lood	123	31
Nikkel	14,05	16
Zink	262	77



Figuur 6-17: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid zware metalen aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen over alle meetlocaties.

In paragraaf 2.6 wordt een verband vastgesteld tussen de aanwezigheid van lood en zink in mengmonsters in het kader van grondverzet langs spoor- en snelwegen. Voorliggende resultaten bevestigen dit verband in topstalen genomen langs Vlaamse snelwegen (Figuur 6-18).



Figuur 6-18: Spreiding meetwaarden lood en zink op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen ($R^2 = 0,5973$). Beide parameters zijn ter hoogte van ieder meetpunt aangetroffen. Er werden twee outliers verwijderd.

6.2.1.2 Polyaromatische koolwaterstoffen (PAK)

Ter hoogte van de meeste meetpunten werden op een diepte van 0 – 0,1 m-mv PAK aangetroffen. De PAK die opgeteld over de verschillende locaties in de hoogste hoeveelheden zijn aangetroffen langs snelwegen zijn fluorantheen (15%), pyreen (12%), benzo(a)anthraceen (10%), benzo(a)pyreen (9,5%), benzo(a)pyreen (9%) en chryseen (9%) (Figuur 6-20).

Ter hoogte van meetlocatie A6 werden aanzienlijk hogere concentraties aan PAK gemeten. De bodemsaneringsnormen II en III worden, met uitzondering van naftaleen ter hoogte van meetpunt A2B1, uitsluitend ter hoogte van meetlocatie A6 overschreden (Tabel 6-8).

Er is geen afnemende trend in concentraties aan PAK met toenemende afstand van de weg. De concentratie aan PAK langs snelwegen ligt, met uitzondering van locatie A6, lager dan langs spoorwegen (Figuur 6-19).

Tabel 6-8: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor PAK is vastgesteld.

Parameter	> RW	> BSN type II	> BSN type III
Naftaleen	-	A2B1	-
Benzo(a)pyreen	A3B1	A6B3	A6B1, A6WB, A6B2
Fluorantheen	A6B1, A6WB, A6B2, A6B3	-	-
Benzo(a)anthraceen	-	A6B1, A6WB, A6B2	-
Chryseen	A6B1, A6WB, A6B2	-	-
Benzo(b)fluorantheen	-	A6B1, A6WB, A6B3	A6B2
Benzo(k)fluorantheen	-	A6B1, A6WB, A6B2, A6B3	-
Benzo(g,h,i)peryleen	A3B1, A3B3, A6B1, A6WB, A6B2, A6B3	-	-
Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	-	A6B1, A6WB, A6B2, A6B3	-
Dibenzo(a,h)anthraceen	A6B3	A6B1, A6WB, A6B2	-

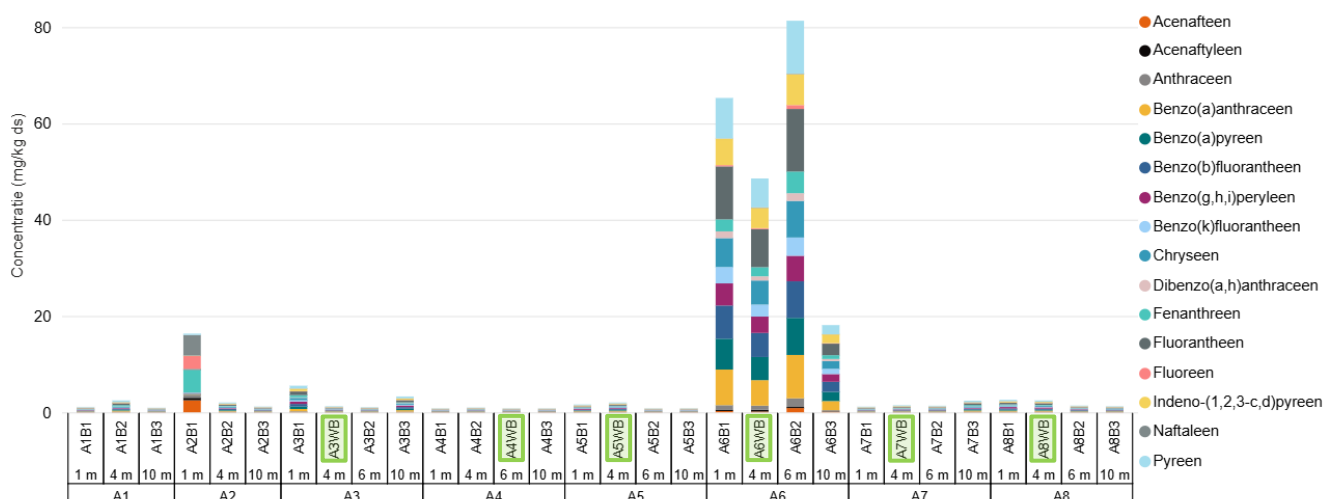
In Tabel 6-9 wordt de gemiddelde concentratie gemeten ter hoogte van de snelwegen vergeleken met de streefwaarde. Meetpunt A6 werd voor deze vergelijking buiten beschouwing gelaten..

Voor fluorantheen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, anthraceen, dibenzo(a,h)anthraceen, acenafteen en acenaftyleen ligt het gemiddelde lager dan de streefwaarden.

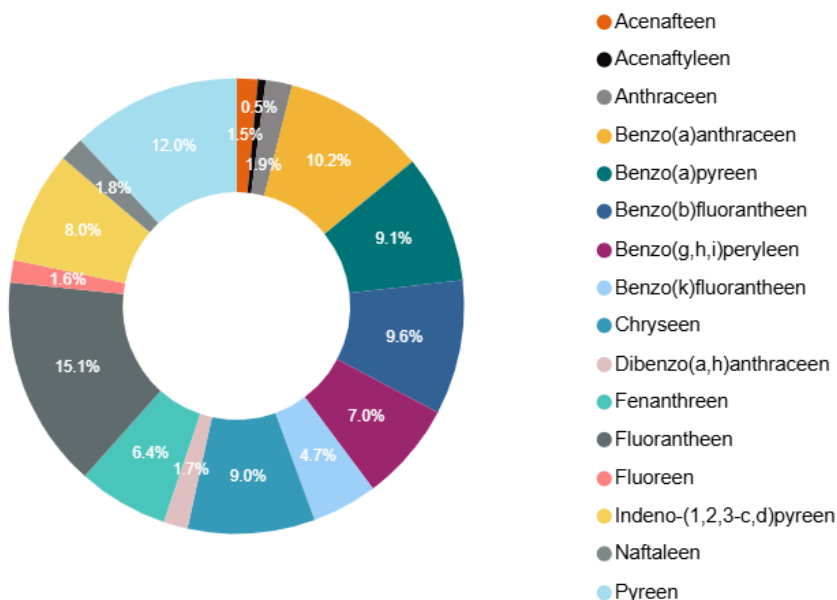
Tabel 6-9: Gemiddelde concentratie PAK langs snelwegen t.o.v. de streefwaarden in mg/kg ds.

PAK	Gemiddelde concentratie langs spoorwegen (mg/kg ds)	Streefwaarde (mg/kg ds)
Naftaleen	0,17	0,1
Benzo(a)pyreen	0,11	0,1
Fenanthreen	0,27	0,08
Fluorantheen	0,19	0,2
Benzo(a)anthraceen	0,11	0,06

PAK	Gemiddelde concentratie langs spoorwegen (mg/kg ds)	Streefwaarde (mg/kg ds)
Chryseen	0,13	0,15
Benzo(b)fluorantheen	0,13	0,2
Benzo(k)fluorantheen	0,05	0,2
Benzo(g,h,i)peryleen	0,13	0,1
Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	0,11	0,1
Anthraceen	0,04	0,1
Fluoreen	0,11	0,1
Dibenzo(a,h)anthraceen	0,01	0,1
Acenafteen	0,10	0,2
Acenaftyleen	0,02	0,2
Pyreen	0,16	0,1



Figuur 6-19: PAK in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.



Figuur 6-20: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid PAK aangetroffen langs snelwegen over alle meetlocaties op een diepte van 0 – 0,1 m-mv.

6.2.1.3 Minerale olie

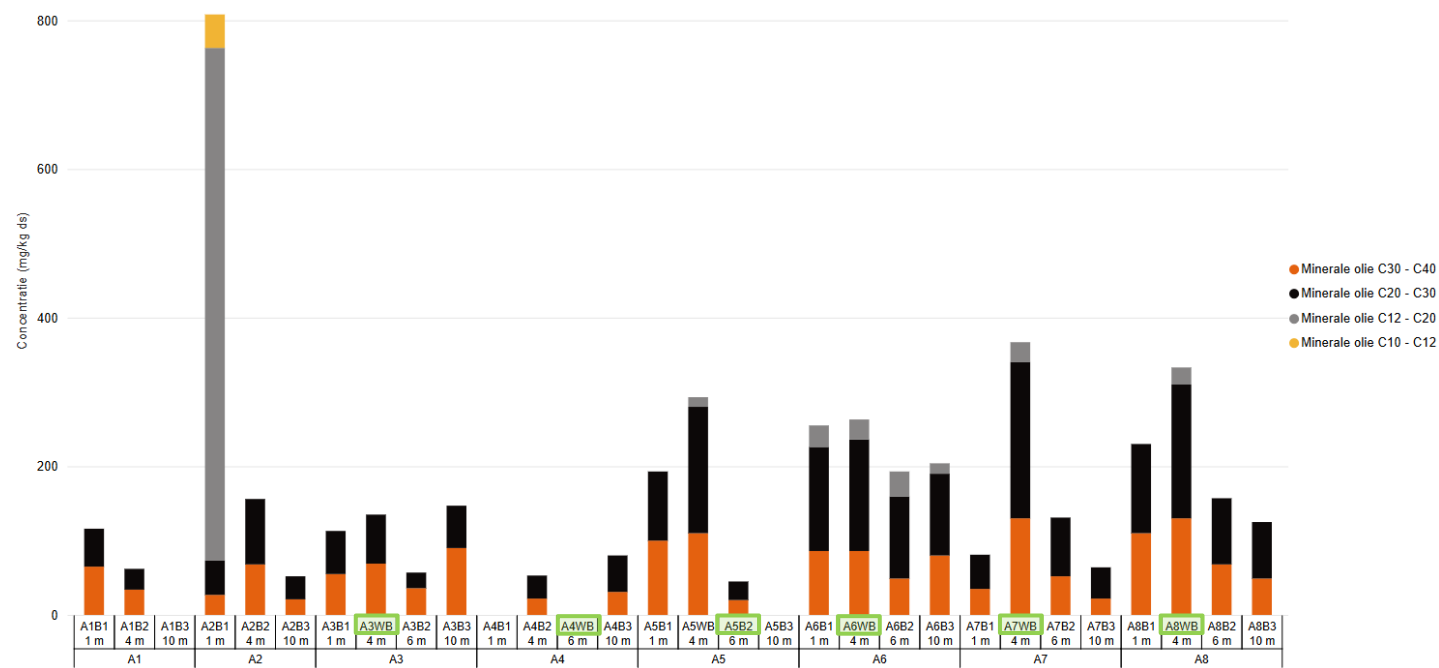
Ter hoogte van ieder meetpunt op iedere meetlocatie wordt op een diepte van 0 – 0,1 m-mv minerale olie aangetroffen. De concentratie aan minerale olie vertoont een dalende trend met toenemende afstand vanaf de weg. De richtwaarde voor minerale olie (300 mg/kg ds) wordt ter hoogte van drie meetpunten overschreden (Tabel 6-10).

Over het algemeen zijn het voornamelijk de zwaardere fracties (C20 – C30, C30 – C40) die aangetroffen worden (Figuur 6-21 en Figuur 6-22). Dit is te verwachten door het gebruik van smeerolie en motorolie in voertuigen. Deze vaststelling geldt niet voor het meetpunt A2.B1. Hier worden voornamelijk de lichtere fractie (C12 – C20) aangetroffen. Deze fracties worden verwacht bij bijvoorbeeld dieselolie en benzine. Mogelijk heeft ter hoogte van dit meetpunt in het verleden een verkeersongeluk plaatsgevonden waarbij één of meerdere van deze stoffen gelekt met een bodemverontreiniging tot gevolg. Merk op dat in dit staal ook verhoogde concentraties aan naftaleen werden vastgesteld (paragraaf 6.2.1.2).

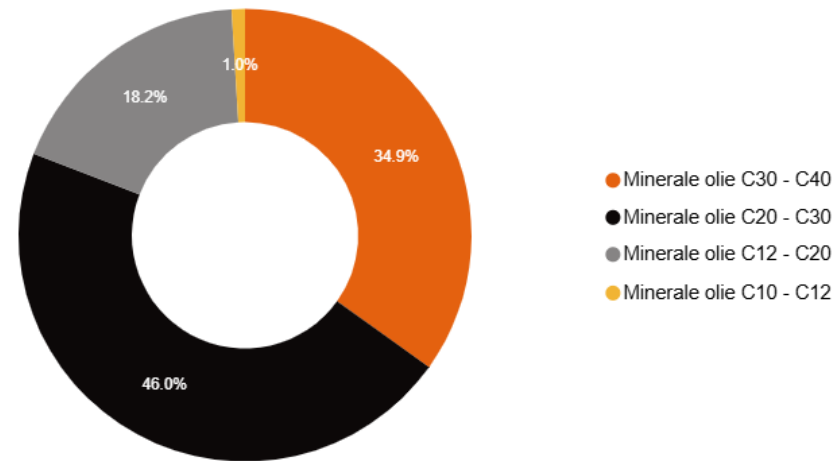
De gemiddelde concentratie aan minerale olie bedraagt 140 mg/kg wanneer locatie A2B1 buiten beschouwing wordt gelaten. Dit is hoger dan de streefwaarde (50 mg/kg ds).

Tabel 6-10: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor minerale olie is vastgesteld.

Parameter	> RW	> BSN type II	> BSN type III
Minerale olie C10 – C40	A2B1, A7WB, A8WB	-	-

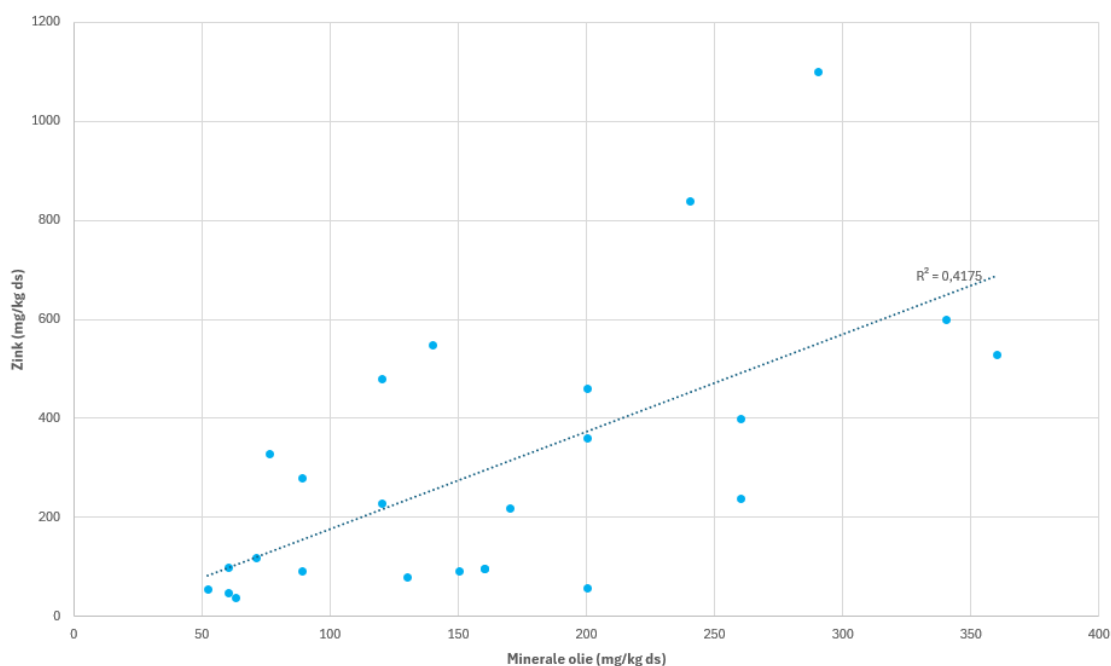


Figuur 6-22. Verschillende fracties minerale olie in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.



Figuur 6-21: Verdeling van de fracties van de opgetelde hoeveelheid minerale olie aangetroffen langs snelwegen over alle meetlocaties op een diepte van 0 – 0,1 m-mv.

In paragraaf 2.6 wordt een verband vastgesteld tussen de aanwezigheid van minerale olie en zink in mengmonsters in het kader van grondverzet langs spoor- en snelwegen. Voorliggende resultaten bevestigen dit verband in topstalen genomen langs Vlaamse snelwegen (Figuur 6-23).



Figuur 6-23: Spreiding meetwaarden minerale olie en zink op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen ($R^2 = 0,4175$). Resultaten onder de rapportagegrens zijn niet meegenomen in deze figuur. Er werd één outlier verwijderd.

6.2.1.4 Polychloordifenylen (PCB)

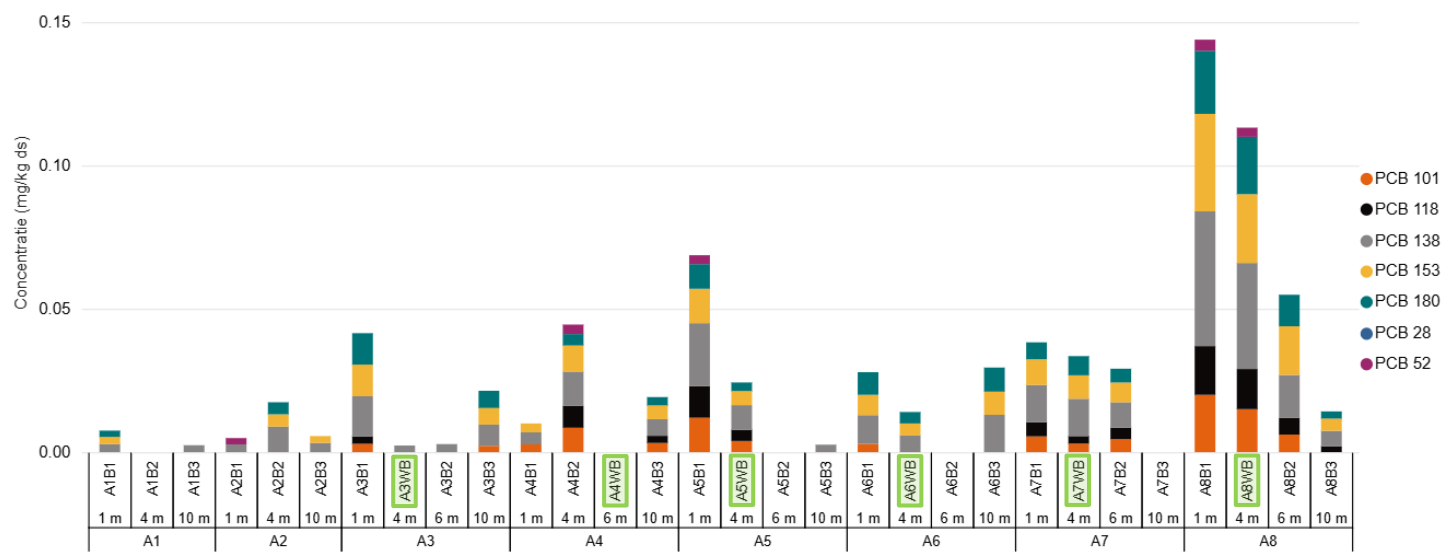
Ter hoogte van iedere meetlocatie wordt op een diepte van 0 – 0,1 m-mv PCB aangetroffen, ook in de stalen die het verste genomen zijn van de snelweg (Figuur 6-24). PCB kunnen voorkomen in smeermiddelen, als weekmaker in rubbers en afdichtingen en mogelijks in asfalt. De concentratie aan PCB vertoont een dalende trend met toenemende afstand vanaf de weg. De PCB die opgeteld over de verschillende locaties in de hoogste hoeveelheden zijn aangetroffen langs snelwegen zijn PCB 138 (35%), PCB 153 (24%) en PCB 180 (17,5%) (Figuur 6-25).

Voor PCB (som 7) is geen bodemsaneringsnorm II en III voorhanden. Er wordt getoetst aan de normen opgenomen in het rapport “voorstel tot onderbouwing normen voor PCB in baggerspecie met het oog op hergebruik als bodem” (101). Als equivalent voor de bodemsaneringsnorm II en III wordt respectievelijk 0,044 en 0,91 mg/kg ds aangehouden (Tabel 6-11). De gemeten concentraties aan PCB (som 7) liggen ver beneden deze waarde. De hoogste concentratie aan PCB wordt ter plaatse van meetlocatie A8 gemeten (Figuur 6-24).

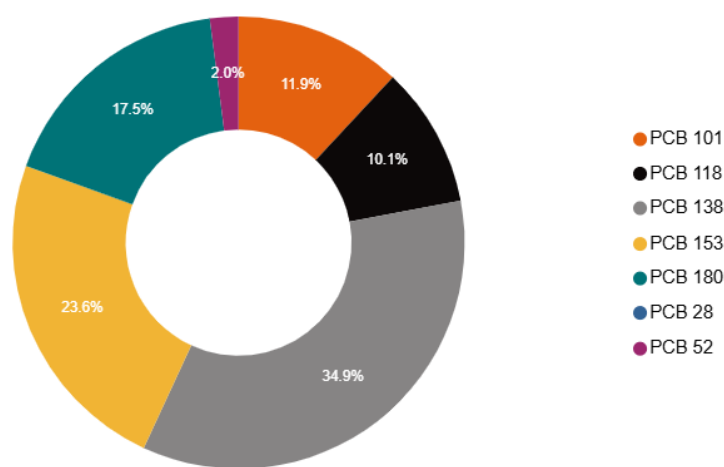
De gemiddelde gemeten concentratie voor de som van de 7 PCB (0,023 mg/kg ds) ligt boven de streefwaarde (0,011 mg/kg ds).

Tabel 6-11: Overzicht meetpunten op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen waar een overschrijding van minstens één van de toetsingswaarde voor PCB (som 7) is vastgesteld.

Parameter	> RW	> BSN type II	> BSN type III
PCB (som 7)	A3B1, A4B2, A7B1, A7WB	A5B1, A8B1, A8WB, A8B2	-



Figuur 6-24: PCB in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.

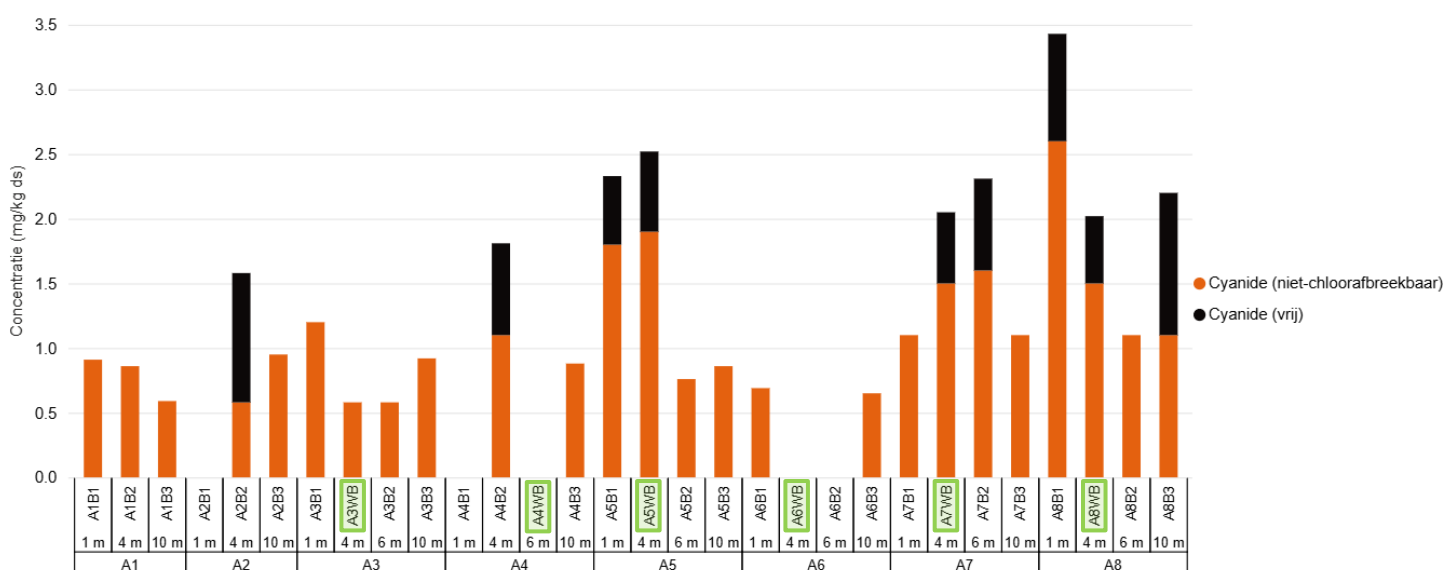


Figuur 6-25: Verdeling van de opgetelde hoeveelheid PCB aangetroffen langs snelwegen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv over alle meetlocaties heen.

6.2.1.5 Cyanide

Ter hoogte van iedere meetlocatie, maar niet ter hoogte van ieder meetpunt, wordt op een diepte van 0 – 0,1 m-mv cyanide in de grond aangetroffen. Ook ter hoogte van de meetpunten die het verst gelegen zijn van de snelweg. In geen geval is de richtwaarde overschreden. Over het algemeen is geen afnemende trend van de concentratie cyanide (totaal) met toenemende afstand van de snelwegen waar te nemen (Figuur 6-26).

De streefwaarde voor totaal cyanide (1 mg/kg ds) wordt op verschillende locaties overschreden. De gemiddelde waarde van de gemeten concentraties is gelijk aan de streefwaarde.



Figuur 6-26: Vrije en niet-chloorafbreekbare cyanide in mg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.

6.2.2 Opkomende stoffen

6.2.2.1 Microplastics en rubberpartikels

Op basis van de resultaten van gidsparameters werden volgende stalen geselecteerd voor analyse op microplastics en rubbers:

- Vijf topstalen (0 – 0,1 m-mv) met de hoogste concentratie zink die zich het dichtst bij de snelweg bevinden: A1B1, A3B1, A5B1, A6B1 en A8B1;
- Eén waterbodemstaal met een hoge concentratie aan zink: A7WB;
- Eén staal met de hoogste concentratie aan minerale olie: A2B1.
- Voor de drie meetlocaties (A1, A5 en A8, zie verder) waar rubberpartikels in het eerste meetpunt zijn aangetroffen, zijn tijdens de tweede analyseronde de topstalen van de daaropvolgende meetpunten (A1B2, A5B2 en A8B2) aanvullend geanalyseerd op microplastics en rubberpartikels.

Microplastics

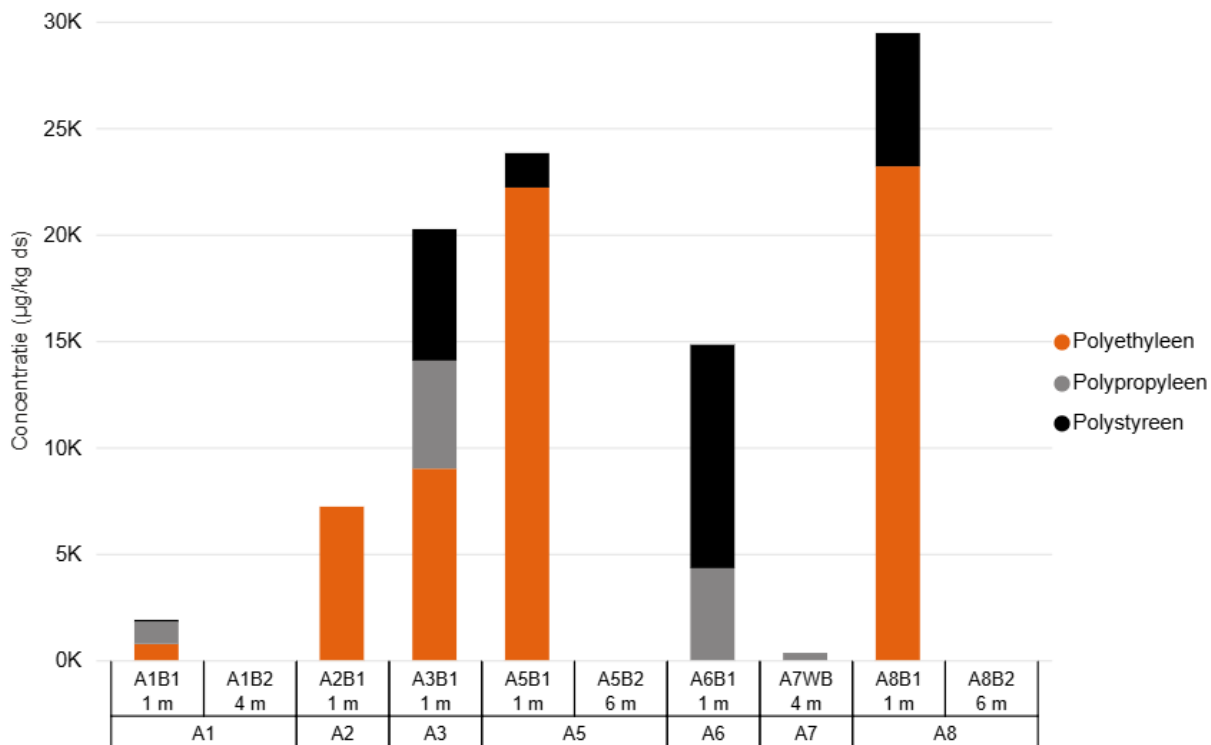
Hoewel in het topstaal (0 – 0,1 m-mv) ter hoogte van het eerste meetpunt van iedere meetlocatie microplastics (27 – 1.000 µm) zijn aangetroffen (Figuur 6-27), werden slechts drie van de tien soorten microplastics gemeten boven de rapportagegrens: polyethyleen (PE) (64%), polystyreen (PS) (25%) en polypropyleen (PP) (11 %) (Figuur 6-28). De grootteorde waarin microplastics zijn aangetroffen varieert echter sterk tussen de meetlocaties. Ook de verhouding tussen PE, PS en PP varieert tussen de meetlocaties.

Enkel ter hoogte van de meetlocaties A1 en A5 zijn volgens de boorprofielen visueel geen sporen of resten plastic aangetroffen. Dit was wel het geval ter hoogte van A2B1, A2B2, A3B1, A4B2, A4WB, A6B1 en A7B3. De boorprofielen zijn opgenomen in Bijlage 4.

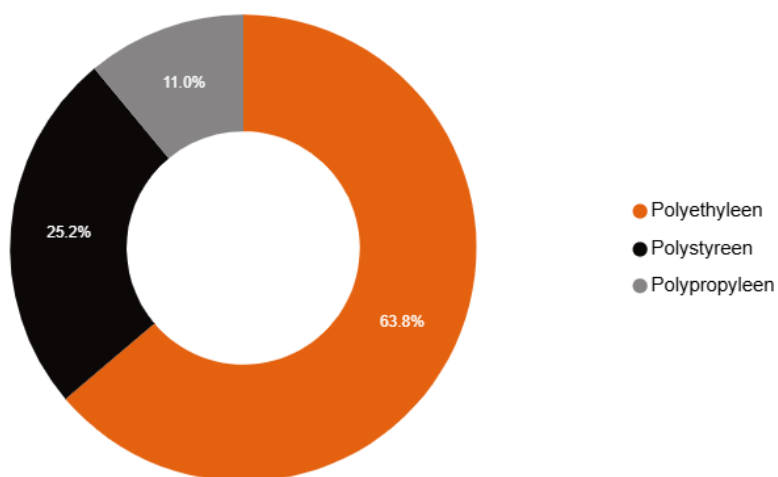
In de topstalen ter plaatse van de meetpunten A1B2, A5B2 en A8B2 die verder van de snelweg (ca. 6 meter) genomen zijn, zijn geen microplastics aangetroffen.

Een *review* uit 2020 concludeerde op basis van zes onderzoeken die plaatsvonden op het Europese continent dat de gemiddelde concentratie microplastics in grond 8.900 µg/kg ds bedraagt (102). De grootteorde van de resultaten in voorliggend onderzoek komen overeen met dit Europese gemiddelde.

Bij metingen van de VMM (52) bleken bijna de helft van de run-off stalen microplastics te bevatten. Deze bestonden enkel uit PP (81%) en PE (19%). Deze 2 componenten werden ook in de bodem aangetroffen.



Figuur 6-27: Microplastics (27 – 1.000 µm) in µg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen. De meetpunten in grachten zijn aangeduid in het groen.



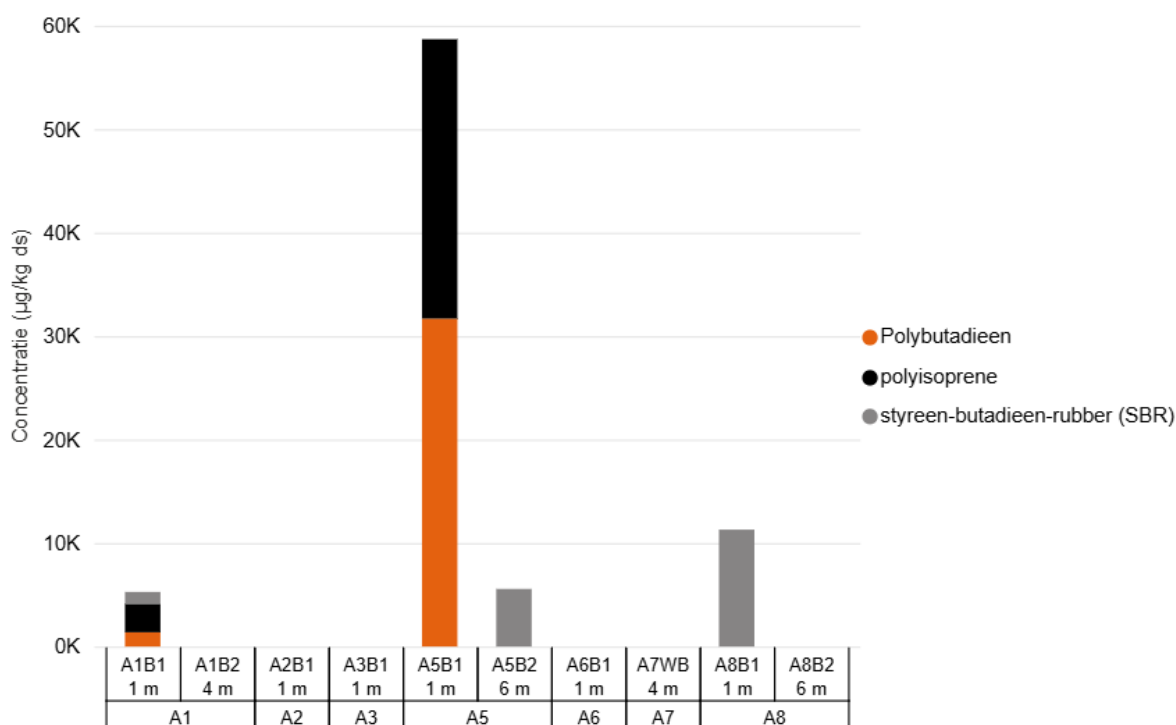
Figuur 6-28: Verdeling van de soorten van de opgetelde hoeveelheid microplastics aangetroffen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv over alle meetlocaties langs snelwegen heen.

Rubberpartikels

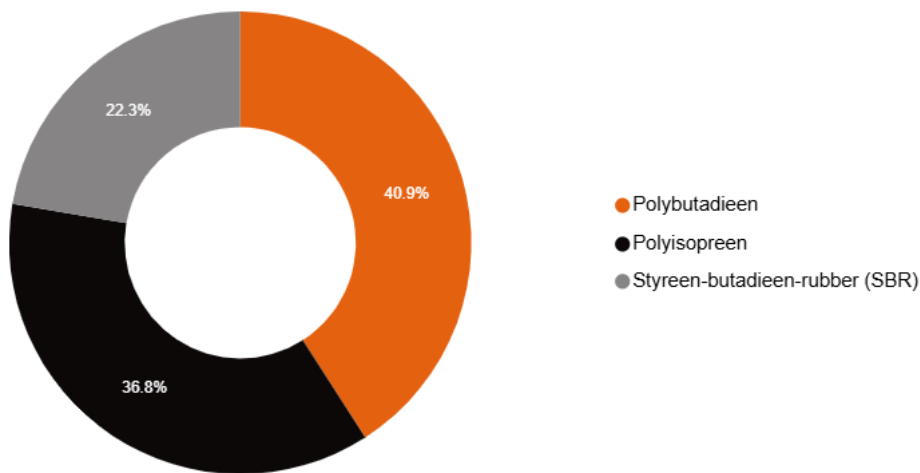
Het gehalte aan rubberpartikels werd bepaald in zeven topstalen (0 – 0,1 m-mv) (A1B1, A2B1, A3B1, A5B1, A7WB, A8B1). Hierbij werden concentraties van polybutadieen, polyisopreen en styreen-butadieen-rubber (SBR) (> 27 µm) bepaald. Ondanks dat de jaarlijkse netto microplastic emissie in Vlaanderen van rubberpartikels (via bandenslijtage) wordt geschat op 4.351 ton (22) zijn slechts in drie topstalen (A1B1, A5B1 en A8B1) rubberpartikels aangetroffen (Figuur 6-29). De rubberpartikels die opgeteld over de verschillende locaties in de hoogste hoeveelheden zijn aangetroffen langs snelwegen zijn polybutadieen (41%), vervolgens polyisopreen (37%) en SBR (22%) (Figuur 6-30).

Ter hoogte van meetlocatie A1 is er riolering aanwezig die de partikels zouden kunnen afvoeren. Gezien de voornaamste verspreidingsroute voor rubberpartikels via run-off is (52), werden de hoogste aantal rubberpartikels verwacht in de waterbodemstaal (A7WB). Voorliggende resultaten bevestigen deze verwachting niet gezien er geen rubberpartikels aangetroffen zijn in het waterbodemstaal.

De hoogste concentratie aan rubberpartikels is aangetroffen ter hoogte van meetpunt A5B1. In de topstalen van de meetpunten A1B2, A5B2 en A8B2 die verder van de snelweg genomen zijn, werd op één meetpunt (A5B2) rubber (SBR) aangetroffen. Dit meetpunt ligt voorbij de langsgracht. Polybutadieen en polyisopreen worden niet aangetroffen in A5B2, hoewel in A5B1 juist deze twee soorten rubbers en geen SBR werden aangetroffen.



Figuur 6-29: Rubberpartikels (> 27 µm) in µg/kg ds voor de meetlocaties A1, A5 en A8 ter hoogte van meetpunten B1 en B2 op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen.



Figuur 6-30: Verdeling van de soorten van de opgetelde hoeveelheid rubberpartikels aangetroffen over de meetlocaties A1, A5 en A8 ter hoogte van meetpunten B1 en B2 op een diepte van 0 – 0,1 m-mv langs snelwegen heen.

Het meten van rubberpartikels in grond is geen analyse die vaak toegepast wordt. De analysemethodes zijn nog in volle ontwikkeling. Het is mogelijk dat rubberpartikels in enkele stalen niet werden gedetecteerd, hiervoor zijn verschillende redenen:

- Mogelijk zijn er partikels aanwezig die kleiner zijn dan de filter die gebruikt werd tijdens de staalvoorbereiding (27 μm).
- Daarnaast zijn microplastics en rubber zeer heterogeen aanwezig in de bodem, slechts een klein deel van het voorbehandeld bodemstaal wordt geanalyseerd.

In de literatuur werden slechts een beperkt aantal studies teruggevonden waar rubberpartikels in bodem langs wegen werden bepaald. Een studie uit Noorwegen (103) bepaalde het rubbergehalte in sneeuw, grond van wegbermen en sedimentstalen uit straatkolken met behulp van pyrolyse GC-MS. De concentraties in grond varieerden tussen de 1 en 1,9 $\mu\text{g}/\text{mg}$ (oftewel 1.000 – 1.900 mg/kg). Een vervolgstudie in Noorwegen vond concentraties aan SBR tussen 640 mg/kg en 8.200 mg/kg in bodemstalen afkomstig van wegbermen met weinig verkeer. (104)

Een studie uit Duitsland vond dan weer concentraties tussen 155 en 15.898 mg/kg SBR rubber, afhankelijk van de diepte en afstand van de weg. De hoogste SBR-gehalten werden gemeten op een diepte van 0 – 2 cm-mv op een afstand van 0,3 m afstand van de rand van de weg. Het gehalte nam af met toenemende diepte (tot 20 cm-mv) en afstand tot de weg (tot 5 m). Hier werd de analyse techniek thermisch extractie-desorptie gaschromatografie, gevolgd door massaspectrometrie (TED-GC/MS) gebruikt (74). Deze concentraties liggen een factor 500 – 1.000 hoger dan de concentraties aan SBR gemeten in voorliggende studie (1,15 mg/kg in A1B1, 5,57 mg/kg in A5B2 en 11,3 mg/kg in A8B1).

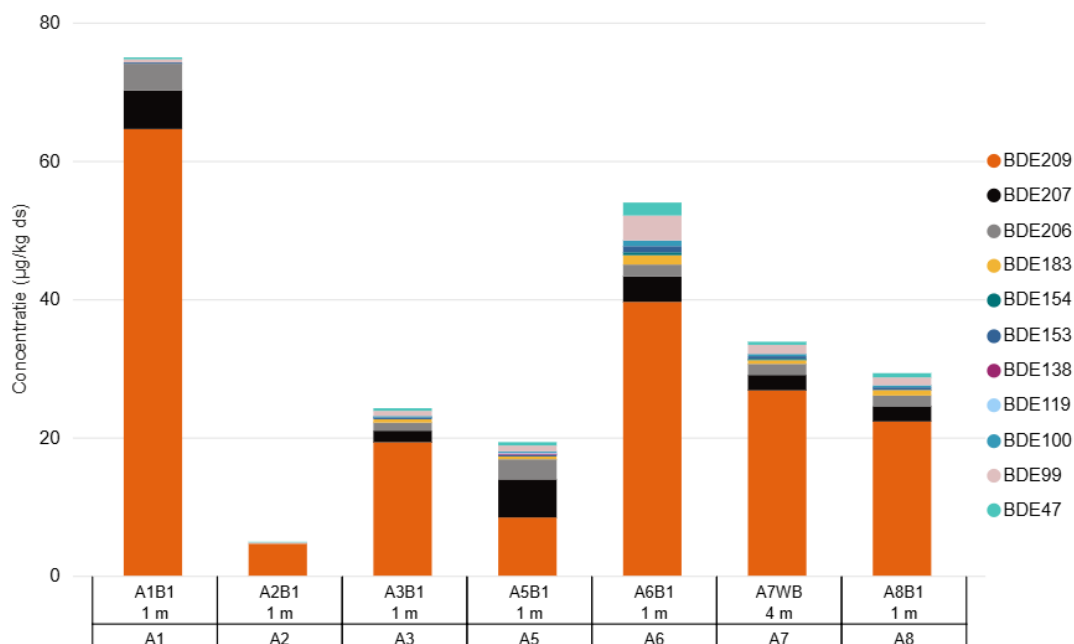
Een mogelijke verklaring hiervoor is het verschil in analysemethode. De analysemethode voor rubber die gehanteerd is in voorliggend onderzoek is pyrolyse gekoppeld aan gaschromatografie en massa spectrometrie (Pyr-GC/MS). De monstermassa die geanalyseerd wordt met deze methode is zeer klein. Een grotere monstermassa zou kunnen leiden tot meer betrouwbare en representatieve analyseresultaten. (74). In voorliggend onderzoek werden enkel de partikels groter dan 27µm gemeten. In de studies uit Noorwegen, waar ook gebruik gemaakt werd van pyrolyse-GCMS werden daarentegen alle partikel < 1 mm meegenomen in de analyse, dit kan eveneens een verklaring zijn voor het verschil in grootteorde van de gemeten concentraties.

6.2.2.2 Gebromeerde vlamvertragers

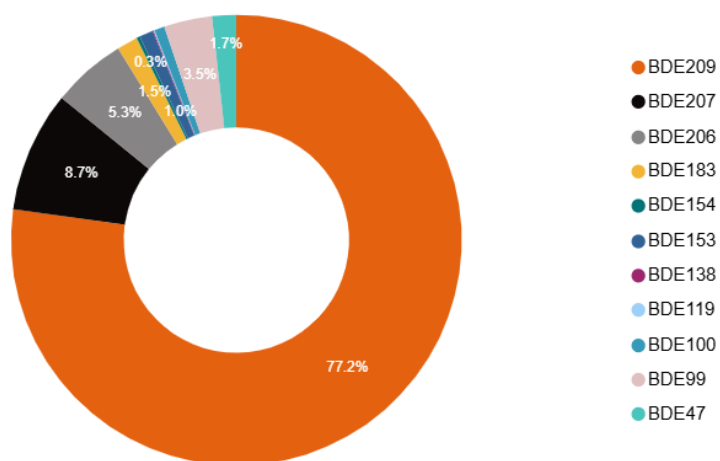
In ieder staal dat geanalyseerd werd op microplastics en rubberpartikels werden gebromeerde vlamvertragers aangetroffen. De gebromeerde vlamvertragers die, in absolute concentraties, voornamelijk zijn aangetroffen zijn BDE 209 (77%), BDE 207 (9%), BDE 206 (5,5%) en BDE 99 (3,5%) (Figuur 6-31).

BDE 209 wordt volgens de literatuur het vaakst toegepast in de interieurbekleding van voertuigen (60). Hoewel gebromeerde vlamvertragers zijn toegevoegd aan de Stockholm Conventie voor Persistente Organische Polluenten (POPs) is er op dit moment enkel voor deze vlamvertrager een voorlopige richtwaarde en bodemsaneringsnorm type III voor handen: resp. 7.500 µg/kg ds en 61.000 µg/kg ds (105). De concentraties aan BDE 209 die gemeten zijn tijdens voorliggende meetcampagne liggen ver beneden deze waarden (Figuur 6-31).

In voorliggend onderzoek zijn BDE 47 en BDE 99 ter hoogte van iedere meetlocatie vastgesteld. Tijdens een meetcampagne van OVAM (2021) waarbij 50 stalen verspreid over heel Vlaanderen werden genomen, werden deze stoffen slechts zeer sporadisch vastgesteld (resp. ter hoogte van vier en zes staalnamelocaties) (58). In de meetcampagne van OVAM bedroeg de rapportagegrens voor BDE-209 BDE 47 als BDE99 resp 0,5 µg/kg ds, 0,05 µg/kg ds en 0,05 µg/kg ds (106). Dit is gelijkaardig aan voorliggende meetcampagne waar de rapportagegrens in dezelfde grootteorde ligt. Voor BDE 47 en BDE 99 zijn geen voorlopig richtwaarde of bodemsaneringsnorm voorhanden. Er zijn wel triggerwaarden voor waterbodems en oevers beschikbaar voor enkele BDE (107). In geen geval worden de triggerwaarden voor BDE 47 (3,40 µg/kg ds) en BDE 99 (4,22 µg/kg ds) overschreden.



Figuur 6-31: Gebromeerde vlamvertragers in µg/kg ds voor iedere meetlocatie op een diepte van 0 – 0,1 m-mv. Resultaten onder de rapportagegrens zijn niet meegenomen in deze figuur.



Figuur 6-32: Verdeling van de soorten van de opgetelde hoeveelheid gebromeerde vlamvertragers aangetroffen over alle meetlocaties heen op een diepte van 0 – 0,1 m-mv.

6.2.2.3 Additieven

In de derde analyseronde zijn de meetpunten (A1B1, A5B1 en A8B1) waar rubberpartikels zijn aangetroffen aanvullend geanalyseerd op enkele additieven.

Deze resultaten worden ook vergeleken met de resultaten uit de DART-HRMS analyse (zie hoofdstuk 7). In een eerste fase werden de stalen van 0 – 0,1 m-mv en 0,1 – 0,3 m-mv van B1 en B2 op alle meetlocaties met deze methode geanalyseerd. Vervolgens werd gekeken welke van de stoffen die uit het resulterende chromatogram konden geïdentificeerd worden voorkomen op een lijst van stoffen (TIRECHEM lijst¹⁰ van NORMAN netwerk) die gelinkt kunnen worden aan banden.

Ftalaten

De meest gebruikelijke weekmaker van de ftalaten groep bis(ethylhexyl)ftalaat (DEHP) is in alle drie de topstalen aangetroffen met concentraties van 3,5 – 3,7 mg/kg ds. Daarnaast is het additief butylbenzylftalaat aangetroffen ter plaatse van de meetlocaties A1 en A8 met een concentratie van resp. 0,7 en 0,3 mg/kg ds.

Uit de DART-HRMS analyse blijkt dat er minstens één ftalaat wordt aangetroffen in 21 van de 32 stalen die met DART-HRMS zijn geanalyseerd. Zo wordt de aanwezigheid van dimethylftalaat aangetoond ter plaatse van de meetlocaties A5 en A8. Naast dimethylftalaat blijkt ter plaatse van meetlocatie A8 ook bis(8-methylnonyl)ftalaat aanwezig te zijn. De aanwezigheid van de twee ftalaten die zijn aangetoond aan de hand van de target analyse (DEHP en butylbenzylftalaat) wordt niet bevestigd door de DART-HRMS analyse (zie paragraaf 8).

MBT en BTH

In geen van de drie gevallen zijn 2-mercaptobenzothiazole (MBT) en 1,3-benzothiazole (BTH) boven de rapportagegrens (5 mg/kg ds) aangetroffen. De DART-HRMS analyse bevestigt de aanwezigheid van beide parameters dan weer wel ter hoogte van meetpunt A8B1 samen met drie andere thiazolen. Over het algemeen blijkt dat minstens één thiazol (uit de TIRECHEM lijst) aanwezig is in 18 van de 32 stalen die met DART-HRMS zijn geanalyseerd zijn.

6PPD en 6PPD-Q

In geen van de drie gevallen zijn 6PPD en 6PPD-quinone (6PPD-Q) boven de rapportagegrens (10 mg/kg ds) aangetroffen. Uit de DART-HRMS analyse blijken ter plaatse van meetlocatie A8 drie p-fenyleendiamines (PPD's) aanwezig te zijn: 6-PPD, DPPD en CPPD. Over het algemeen blijkt dat minstens één PPD (uit de TIRECHEM lijst) aanwezig is in acht van de 32 stalen die met DART-HRMS zijn geanalyseerd zijn.

4-n-nonylfenol

In geen van de drie gevallen is 4-n-nonylfenol boven de rapportagegrens (1 mg/kg ds) aangetroffen. Ook aan de hand van de DART-HRMS analyse wordt geen 4-n-nonylfenol aangetroffen. Andere fenolen daarentegen wel.

¹⁰ Tire related chemicals in the environment (TRICHEM): <https://www.norman-network.com/?q=node/236>

Bisfenol A

Het additief bisfenol A is boven de rapportagegrens (10 µg/kg ds) aangetroffen ter plaatse van meetlocatie A5 en A8 met een concentratie van resp. 12 en 16 µg/kg ds. De aanwezigheid van bisfenol A ter hoogte van meetlocatie A8 wordt bevestigd in de DART-HRMS analyse. Deze vaststelling geldt niet voor meetlocatie A5. Over het algemeen blijkt dat bisfenol A aanwezig is in 12 van de 32 stalen die met DART-HRMS zijn geanalyseerd zijn.

6.2.2.4 Pesticiden

In de derde analyseronde zijn de meetpunten (A1B1, A5B1 en A8B1) ook geanalyseerd op pesticiden (OCB, AMPA, glufosinaat en glyfosaat).

Ter hoogte van meetlocatie A1 en A8 werden geen pesticiden aangetroffen. Ter hoogte van meetlocatie A5 werd 0,01 mg/kg ds AMPA (afbraakproduct van glyfosaat) gemeten. 0,01 mg/kg ds is ook de rapportagegrens voor AMPA. Daarnaast werden ter plaatse van meetlocatie A5 geen OCB aangetroffen.

7 RESULTATEN SUSPECT SCREENING / NON-TARGET

Volgende grondstalen werden aanvullend geanalyseerd met de DART-HRMS methode:

- Boringen B1, B2 en grachtstalen op dieptes 0 – 0,1 m-mv en 0,1 – 0,3 m-mv langs snelwegen (totaal van 43 stalen);
- Boringen B1 en B2 op dieptes 0 – 0,1 m-mv en 0,1 – 0,3 m-mv langs spoorwegen (totaal van 20 stalen).

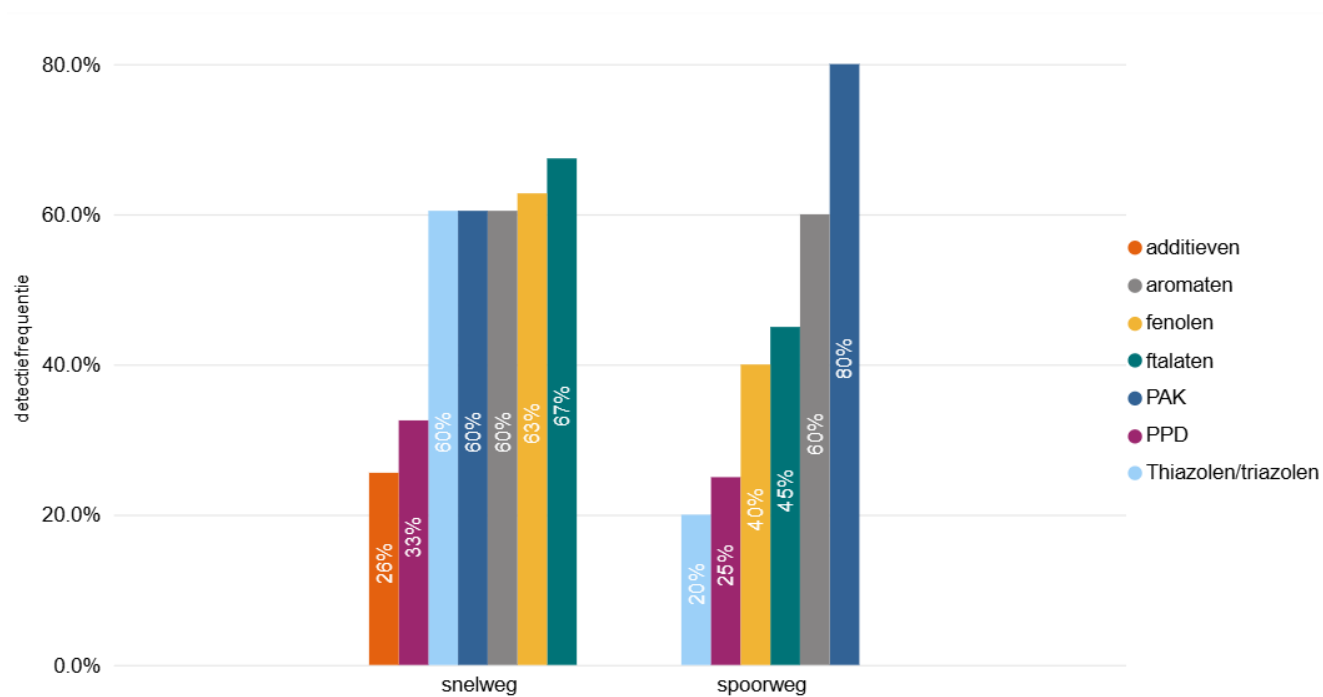
Er werd gekeken welke van de stoffen, die uit het resulterende chromatogram konden geïdentificeerd worden, voorkomen op een lijst van stoffen (TIRECHEM lijst¹¹ van NORMAN netwerk) gelinkt aan banden. De gedetailleerde resultaten zijn opgenomen in Bijlage 7. Een overzicht van de detectiefrequenties van alle gedetecteerde parameters is opgenomen in Bijlage 8. Een globaal overzicht van de gedetecteerde stoffen is opgenomen in Bijlage 10. waar mogelijk zijn de stoffen ingedeeld in stofklassen.

Tabel 7-1 geeft een overzicht van het aantal keer dat een stof uit de TIRECHEM lijst wordt gedetecteerd. Figuur 7-1 geeft de detectiefrequentie van een stofgroep langs snelwegen en spoorwegen weer. De detectiefrequentie is het percentage aan stalen waarin een stof of stofgroep is gedetecteerd. De meeste stofgroepen op de TIRECHEM lijst komen frequenter voor langs snelwegen dan langs spoorwegen, wat in de lijn der verwachtingen ligt, gezien deze lijst gericht is op verdachte stoffen afkomstig van banden. Maar ook langs spoorwegen worden componenten gelinkt aan banden teruggevonden. Langs de spoorwegen worden voornamelijk PAK gedetecteerd. De overige stofgroepen worden vaker langs de snelwegen dan langs de spoorwegen gemeten. Ook stoffen uit de PPD familie en het additief DPG worden vaker aangetroffen langs de snelwegen – hoewel er langs de spoorwegen af en toe een PPD werd gedetecteerd.

Tabel 7-1: Het aantal detecties van stoffen uit de TIRECHEM lijst (DART-HRMS) langs snel- en spoorwegen ter hoogte van de twee dichtst gelegen meetpunten (B1 en B2) op de dieptes 0 – 0,1 m-mv en 0,1 – 0,3 m-mv.

Aantal stoffen gedetecteerd op de dieptes 0 – 0,1 m mv en 0,1 – 0,3 m mv.					
Diepte (m-mv)	Spoorwegen		Snelwegen		Totaal per diepte
	B1 – 4 m van de spoorrail	B2 10 m van de spoorrail	B1 1 m van de wegrand	B2 1 m van de wegrand	
Aantal stoffen gedetecteerd van 0 – 0,1 m-mv	63	98	141	157	459
Aantal stoffen gedetecteerd van 0,1 – 0,3	87	83	184	115	469
Totaal meetpunt	150	181	325	272	
Totaal spoor- en snelweg	331		597		
Totaal aantal detecties	928				

¹¹ Tire related chemicals in the environment (TIRECHEM): <https://www.norman-network.com/?q=node/236>



Figuur 7-1: Detectiefrequentie van de stofgroepen lang snelwegen en spoorwegen (DART-HRMS). Een stofgroep wordt beschouwd als gedetecteerd als minstens 1 component van de stofgroep aanwezig is in het staal.

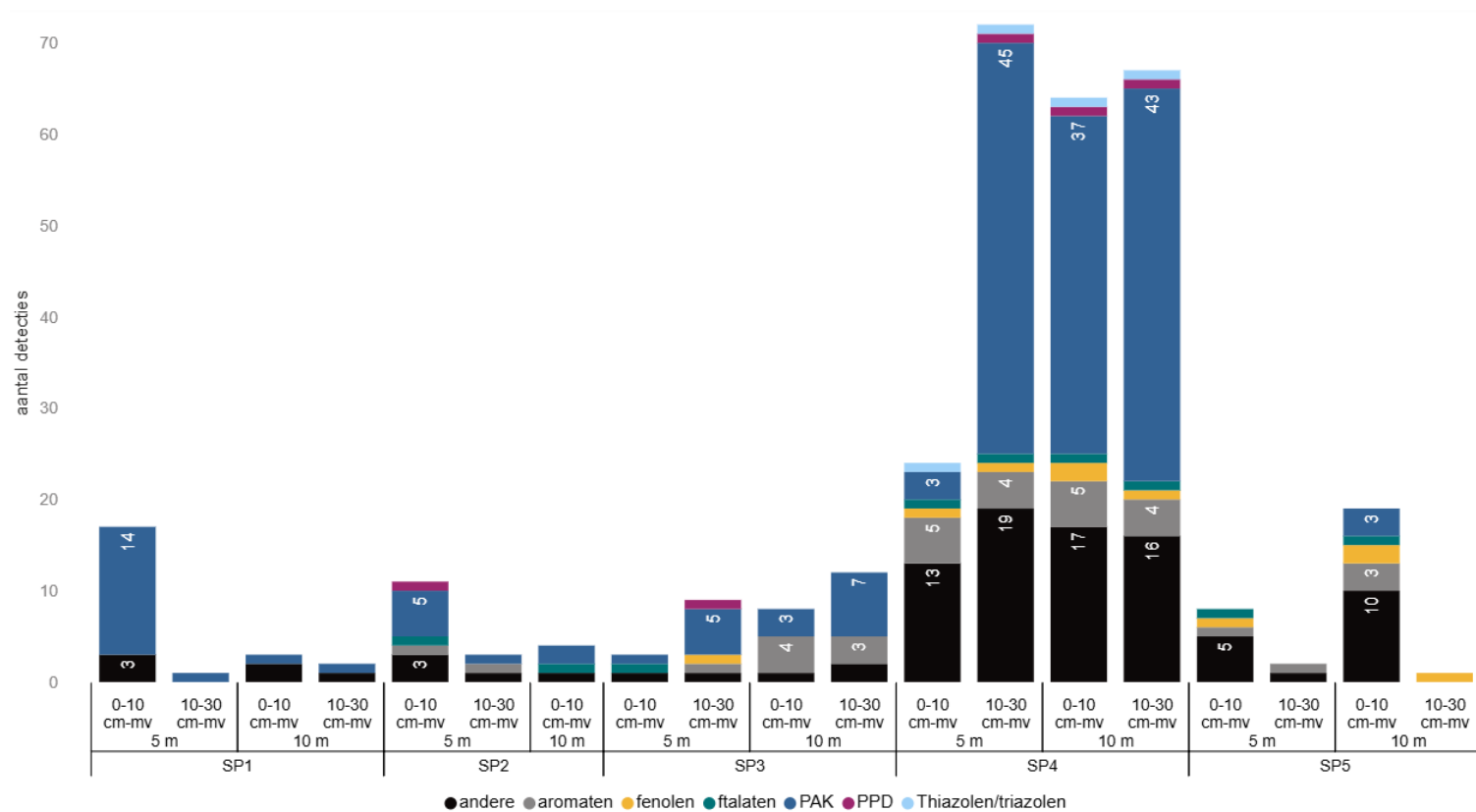
7.1 SPOORWEGEN

Het aantal gedetecteerde stoffen per boring en per diepte wordt weergegeven in Figuur 7-2. Ter hoogte van meetlocaties SP1, SP2 en SP5 worden de meeste stoffen in de topstalen gedetecteerd. Dit geldt niet voor de overige twee meetlocaties. Daar worden de meeste stoffen in het dieper gelegen staal (0,1 – 0,3 m-mv) aangetroffen.

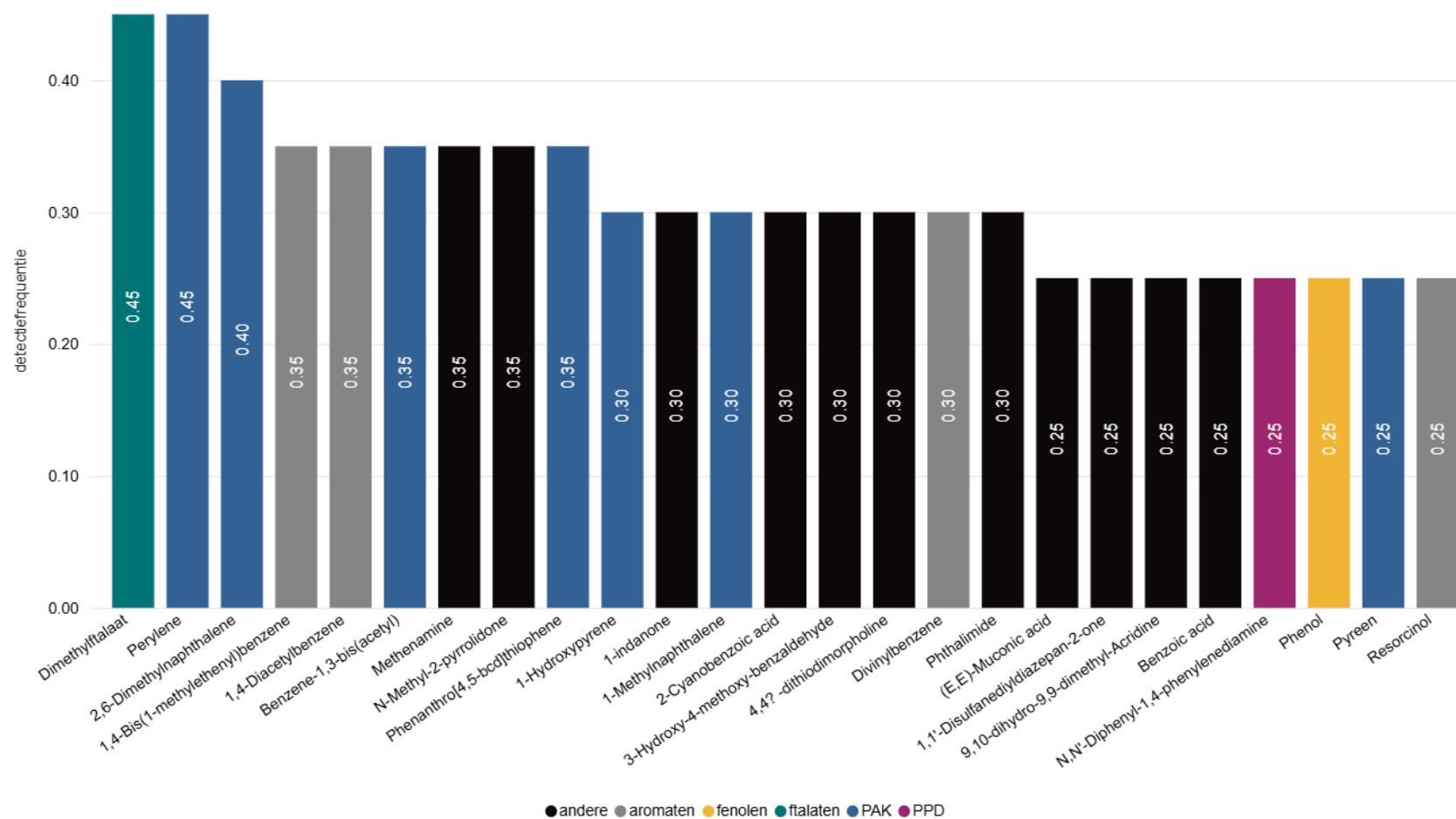
Ter hoogte van meetlocatie SP4 ligt het aantal gedetecteerde stoffen aanzienlijk hoger dan bij de andere meetlocaties (Figuur 7-2). De aanwezigheid van ballast en stenen in de grond biedt geen verklaring gezien deze bijmengingen ook ter hoogte van SP3 werden aangetroffen (Bijlage 4).

De stoffen met een detectiefrequentie hoger dan 25% langs spoorwegen worden weergegeven in Figuur 7-3. Dimethylftalaat is de stof die volgens de DART-HRMS methode, naast peryleen (PAK), het meest wordt aangetroffen langs spoorwegen. Langs de spoorwegen worden voornamelijk stoffen aangetroffen die behoren tot de PAK, aromaten en “andere”. Uit deze laatste groep werd methenamine het vaakst langs de spoorwegen gemeten (7 keer, detectiefrequentie 0.35) – deze stof komt ook langs de snelwegen 13 keer voor. Het wordt gebruikt bij de synthese van andere organische verbindingen, waaronder kunststoffen, geneesmiddelen (antibacterieel medicijn bij urineweginfecties) en rubberadditieven. Methenamine wordt ook gebruikt in de productie van fenolharsen die vervolgens gebruikt worden in bijvoorbeeld remmen en koppelingen.

Er wordt één p-fenyleendiamine (PPD) aangetroffen langs de spoorwegen, namelijk DPPD (detectiefrequentie 0,25).



Figuur 7-2: Aantal gedetecteerde stoffen uit de verschillende stofgroep aangetroffen langs spoorwegen (DART-HRMS).



Figuur 7-3: Detectiefrequentie van parameters langs spoorwegen (DART-HRMS). Enkel parameters met een frequentie > 25% zijn weergegeven.

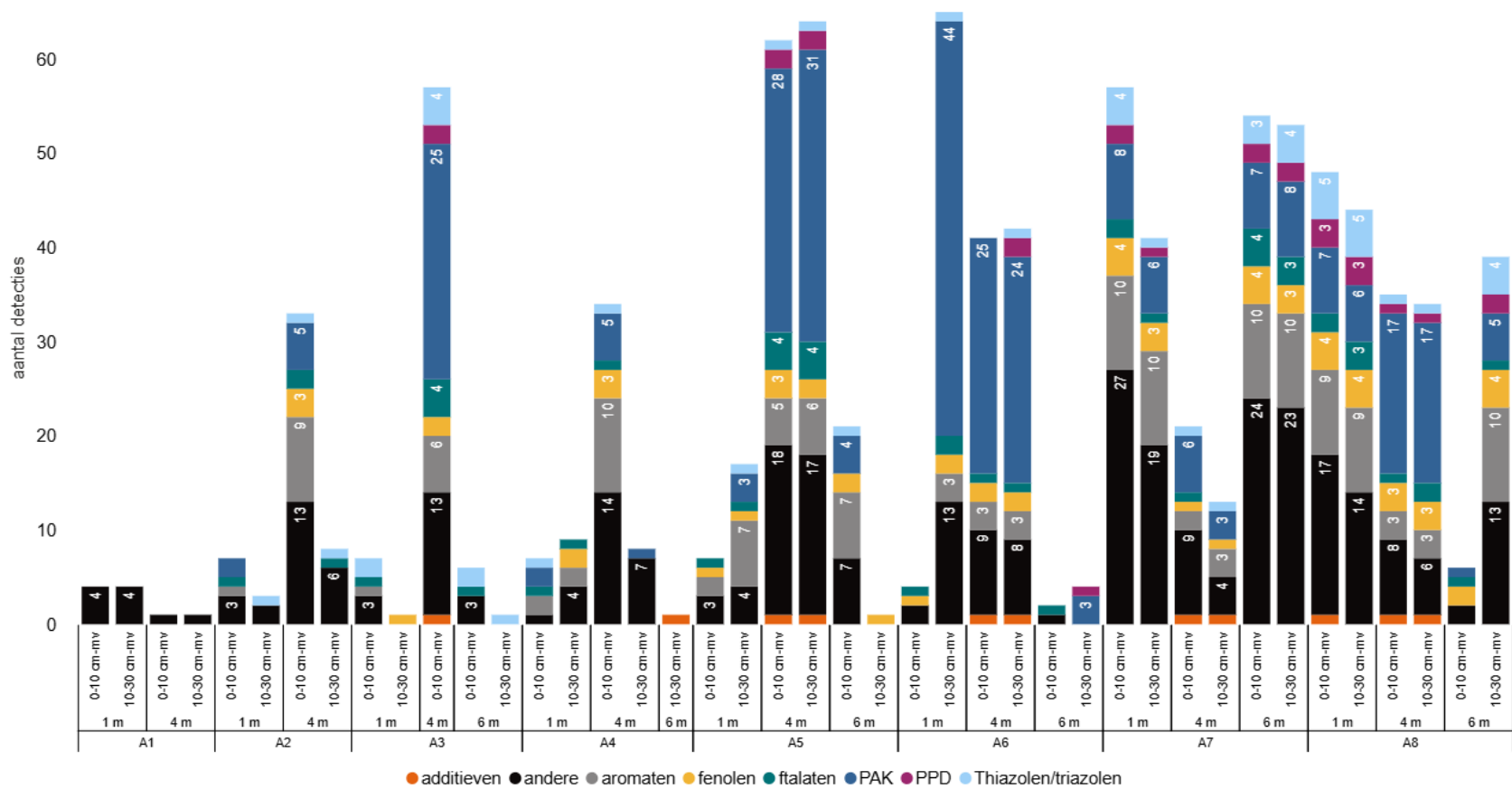
7.2 SNELWEGEN

7.2.1 DART-HRMS methode

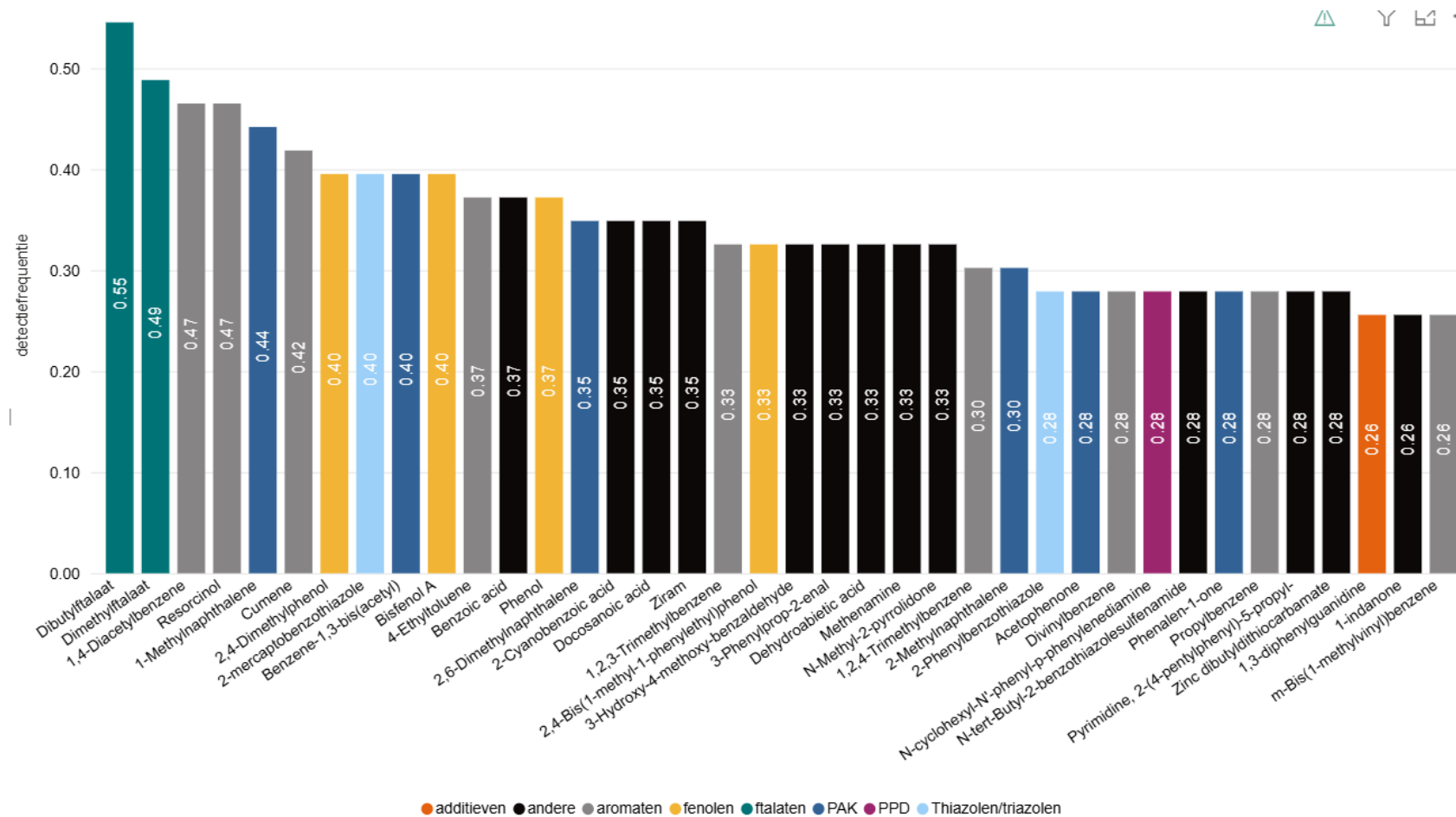
Het aantal gedetecteerde stoffen per boring en per diepte wordt weergegeven in Figuur 7-4. Ter hoogte van meetlocaties A3 en A5 worden de meeste stoffen aangetroffen in de gracht die langs de snelweg loopt. Ter hoogte van meetlocaties A2, A3 en A7 worden de meeste stoffen in de topstalen gedetecteerd.

De stoffen met een detectiefrequentie hoger dan 25% langs snelwegen worden weergegeven in Figuur 7-5. Net zoals in het geval van de spoorwegen behoren de frequentst aangetroffen componenten tot de ftalaten (weekmakers). De stof die het vaakst wordt aangetroffen langs snelwegen is dimethylftalaat, gevolgd door dibutylftalaat. Verschillende aromaten en PAK kennen eveneens een hoge detectiefrequentie.

Er worden stoffen gemeten die voor deze studie ingedeeld werden als “andere” – deze omvatten breed gamma aan stoffen, waaronder ook stoffen die van nature voorkomen in bodems en planten en stoffen die in meerdere categorieën kunnen vallen. De vaakst gedetecteerde stof langs snelwegen uit deze categorie is Ziram (15 keer gedetecteerd langs snelwegen) – een stof gebruik als fungicide maar ook bij de vulkanisatie van rubber. De stof methanamine komt niet alleen langs spoorwegen voor, maar wordt ook langs de snelwegen 13 keer gedetecteerd. Mercatopbezothiazol (thiazolen-vulkanisatieadditief) kent een vrij hoge detectiefrequentie (0,4) net als bisfenol A (weekmaker, detectiefrequentie 0,40).



Figuur 7-4: Aantal detecties van een stof uit de verschillende stofgroep aangetroffen langs snelwegen (DART-HRMS).



Figuur 7-5: Detectiefrequentie van parameters langs snelwegen (DART-HRMS). Enkel parameters met een frequentie > 25% zijn weergegeven.

7.2.2 LC-HRMS screening

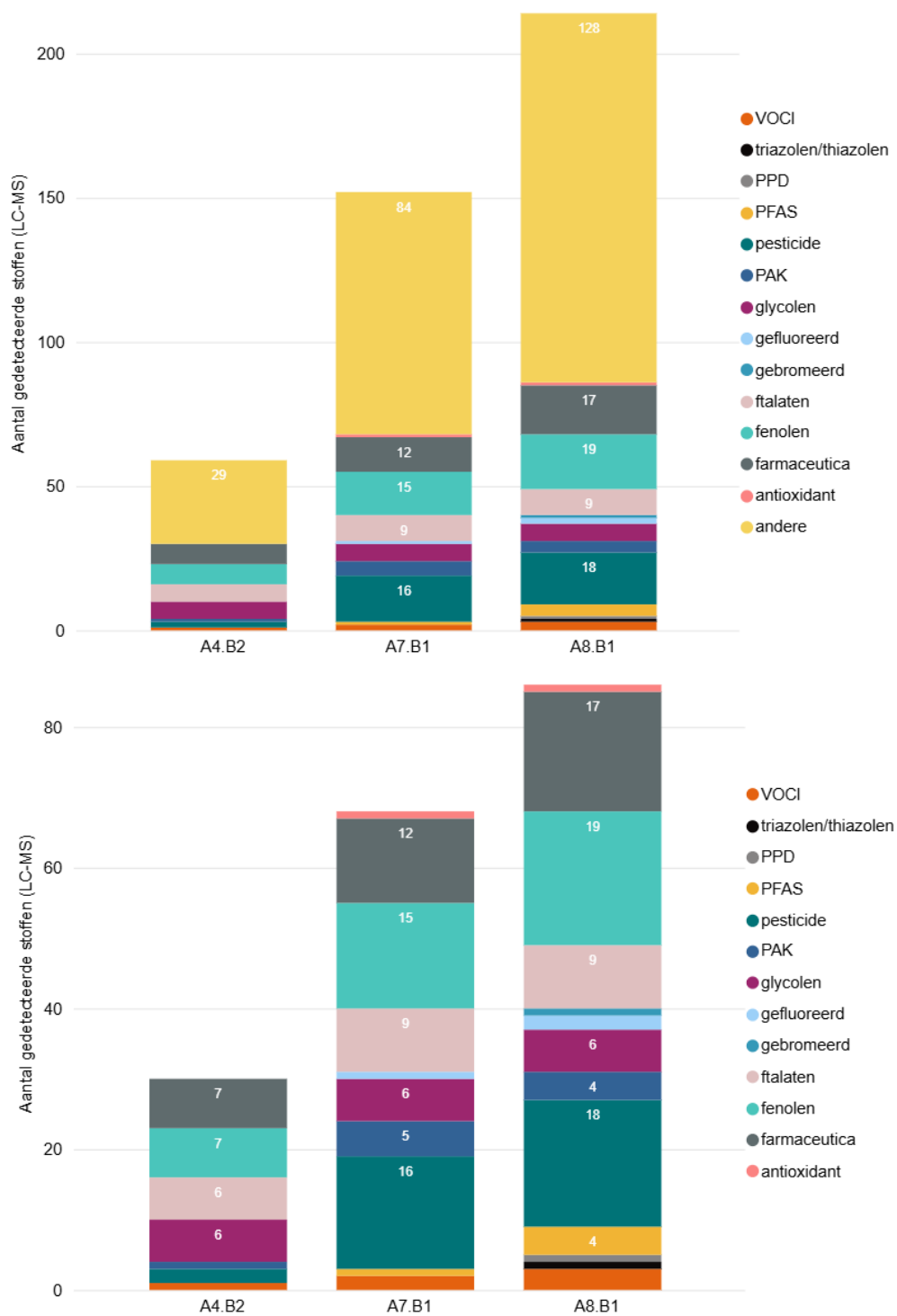
Uit de stalen die gescreend werden aan de hand van de DART-HRMS methode, werden drie stalen geselecteerd die bijkomend geanalyseerd werden volgens de LC-HRMS screening, namelijk de topstalen van A8B1 (1 m), A7B1 (1 m) en A4B2 (4 m). Met deze non-target analyse werden in de drie geselecteerde stalen 246 verschillende stoffen gedetecteerd. Een volledig overzicht van deze stoffen is opgenomen in Bijlage 7. Een overzicht van het aantal keer dat een stof werd gedetecteerd is opgenomen in Bijlage 9. Het grootste deel van deze stoffen behoort tot de stofgroep “andere” (Figuur 7-6 bovenaan). Deze groep vertoont een uiterst brede variëteit aan parameters. Bijkomend bevat deze groep parameters die van nature voorkomen in grond zoals aminozuren. De groep “andere” wordt in Tabel 7-2 en onderaan in Figuur 7-6 weggelaten. De twee stofgroepen die het meest gedetecteerd worden zijn pesticiden en fenolen waarbij voor elke groep in totaal 26 parameters gedetecteerd worden, gevolgd door farmaceutica (19 parameters) en ftalaten (13 parameters). Vervolgens worden in afnemend aantal enkele PAK, glycolen, PFAS (andere dan opgenomen in het CMA) (108), VOCl, vlamvertragers, PPD's, triazolen/thiazolen en antioxidanten aangetroffen.

Tabel 7-2 geeft een overzicht van de stoffen die zijn aangetroffen in alle drie de topstalen.

Tabel 7-2. Stoffen die zijn aangetroffen in elk topstalen (A8B1, A7B1 en A4B2) (LC-HRMS).

Farmaceutica	Fenolen	Ftalaten	Glycolen	Pesticide
Alprenolol (betablokker)	2,2'-Methylenebis(4-methyl-6-tert-butylphenol)	Benzyl butyl phthalate	Heptaethylene glycol	Fipronil
Cholecalciferol (vitamine D3)	4-(3,5,7-Trimethylnonyl)-phenol	Dibutyl phthalate	Hexaethylene glycol	
Dexamisole (antidepressivum)	4,4'-Methylenebis(2,6-DI-tert-butylphenol)	Diisooctyl phthalate	Hoocch2O-peg7-CH2cooh	
Irbesartan (bloedrukverlager)		Phthalic acid, heptyl undecyl ester	HO-Peg6-CH2COOH	
Olmesartan (bloedrukverlager)		Phthalic anhydride	Octaethylene glycol	
Tramadol (opioïde)			Peg6-(CH2CO2H)2	

Uit de LC-HRMS screening komen verschillende parameters naar voor die niet als verdacht werden aangeduid waaronder een aantal farmaceutische producten, insecticiden en rattengif. Een kanttekening hierbij is dat de zekerheid van de identificatie van de parameters bij suspect screening technieken (DART-HRMS en LC-HRMS) over het algemeen lager ligt dan bij kwantitatieve technieken. Het interpreteren van de observaties en het linken van de pieken aan de respectievelijke parameters leidt vooralsnog tot een onzekerheid.



Figuur 7-6: Het aantal gedetecteerde stoffen onderverdeeld per stofgroep voor de meetpunten A4.B2, A7.B1 en A8.B1 langs snelwegen met de stofgroep "andere" (bovenaan) en zonder deze stofgroep (onderaan) (LC-HRMS).

8 OVERZICHT RESULTATEN

In voorliggende verkennende meetcampagne betreffende diffuse bodemverontreinigingen langs snel- en spoorwegen werd via zowel kwalitatieve (suspect screening en non-target screening) als kwantitatieve analyses informatie verzameld over meer dan 500 verschillende parameters.

Een kanttekening hierbij is dat de zekerheid van de identificatie van de parameters bij suspect screening technieken (DART-HRMS en LC-HRMS) over het algemeen lager ligt dan bij kwantitatieve technieken. Het interpreteren van de observaties en het linken van de pieken aan de respectievelijke parameters leidt vooralsnog tot een onzekerheid.

Tabel 8-1 geeft per stofgroep een overzicht van de verwachte aanwezigheid op basis van de literatuurstudie en de resultaten uit voorliggende meetcampagne. Stofgroepen die niet onderzocht zijn via de resp. analysetechniek zijn aangeduid door middel van grijze vakken. Een gedetailleerd overzicht per individuele stof is opgenomen in Bijlage 10.

Tabel 8-1. Overzicht per stofgroep van de verwachtingen o.b.v. de literatuurstudie en de resultaten uit voorliggende meetcampagne. Stofgroepen die niet onderzocht zijn via resp. analysetechniek zijn aangeduid door middel van grijze vakken.

Parameter-groep	Verwacht o.b.v. literatuur	Kwantitatieve bepaling		Kwalitatieve bepaling	
		Stof	Max concentratie	DART -HRMS (detectiefrequentie) – TIRECHEM lijst	LC-HRMS (TIRECHEM lijst en database van stoffen)
Microplastics en rubbers	Ja	- PE, PS en PP (7/7 stalen) - SBR, polybutadieen en polyisopreen (3/7 stalen)	- Som 10 MP: 29.400 µg/kg - Som rubbers: 58.700 µg/kg		
Ftalaten	Ja	- DEHP (3/3 stalen) - Butylbenzylftalaat (2/3 stalen)	3,6 mg/kg ds 0,7 mg/kg ds	- DEHP: 16% - Benzylbutylftalaat: 7% - Dibutylftalaat: 55% ...	- DEHP (1/3 stalen) - Benzylbutylftalaat (3/3 stalen) - Dibutylftalaat (3/3 stalen) ...
Thiazolen / triazolen	Ja	Niet vastgesteld (0/3 stalen)	/	- MBT: 40% - BTOH: 20% ...	5-methylbenzotriazol (1/3 stalen)
PPD	Ja	Niet vastgesteld (0/3 stalen)	/	6PPD: 9% - DPPD: 23% - CPPD: 28%	6PPD (1/3 stalen)
Fenolen	Ja	4-n-nonylfenol (0/3 stalen) - Bisfenol A (2/3 stalen)	16 µg/kg ds	- Dimethylfenol: 40% - Bisfenol A: 40% ..	- Bisfenol A en Bisfenol F (2/3 stalen) - Desoxon M (1/3 stalen) 4-octylfenol (1/3 stalen) ...
Andere additieven (zoals DPG)	Ja			DPG: 26%	“Santowhite” – antioxidant (2/3 stalen)

Parameter-groep	Verwacht o.b.v. literatuur	Kwantitatieve bepaling		Kwalitatieve bepaling	
Bestrijdings-middelen	Ja	AMPA (1/3 stalen)	0,01 mg/kg ds		- Amethrin,afbraakproducten Chloridazon, allethrin,benomyl, diflufenican, diuron, linuron, ... (1/3 stalen) - Altrazine, dinoseb, fluconazole, warfarin,.. (2/3 stalen) - Fipronil (3/3 stalen)
Gebrom. vlam-vertragers	Ja	- BDE 209 (7/7 stalen) - BDE 207, 206 ... (6/7 stalen)	Som 24 BDE: 75 µg/kg ds		
Farmaceutische producten	Nee				Betablokker (3/3 stalen), UV-filters (2/3 stalen), cannabidiol (2/3 stalen), antidepressivum (3/3 stalen), fentanyl (1/3 stalen), levonorgestrel (1/3 stalen), bloedrukverlagers (3/3 stalen), tramadol (3/3 stalen), ...
Glycolen	Nee				Polyethyleenglycolen (3/3 stalen)
VOCl	Nee				Tetrachloorethaan, dichloorethaan, vinylchloride, (2/3 stalen)
PFAS	Nee				Heptadecafluorocataansulfonaat, henicosaflooroundecaanzuur, ... (1/3 stalen)

9 BESLUIT EN AANBEVELINGEN

9.1 SPOORWEGEN

Uit voorliggende verkennende meetcampagne betreffende diffuse bodemverontreinigingen langs spoorwegen kan het volgende besloten worden:

- Zoals verwacht werd op basis van de literatuur werden in de topstalen (0 – 0,1 m-mv) ter hoogte van iedere meetlocatie zware metalen, PAK en minerale olie vastgesteld.
- De aanwezigheid van PCB werd vastgesteld in de topstalen ter hoogte van vier van de vijf meetlocaties. De gemeten concentraties overschreden de streefwaarde, maar niet de richtwaarde voor PCB.
- De topstalen van de vijf meetlocaties werden onderzocht op het voorkomen van pesticiden:
 - Historische pesticiden (DDT en gerelateerde afbraakproducten) worden op enkele meetlocaties aangetroffen. Ook ter hoogte van het derde meetpunt (B3) op ca. 20 m van de spoorwegen. Hoewel DDT sinds de jaren '70 verboden is in België. Dit wijst erop dat deze stoffen nog steeds diffuus aanwezig zijn in het milieu.
 - Ook glyfosaat en/of gerelateerde afbraakproducten zijn ter hoogte van twee meetlocaties vastgesteld. Zelfs ter hoogte van het derde meetpunt (B3) op ca. 20 m van de spoorwegen.
 - Ondanks de jaarlijkse toepassing van ca. 1.500 kg werkzame stof via de sproeitrein (20) werden glyfosaat en/of gerelateerde afbraakproducten niet op alle locaties aangetroffen. Hierbij wordt opgemerkt dat er alleen grondstalen zijn genomen ter hoogte van bermen en niet ter hoogte van spoorwegbedding en dienstpaden. Daarnaast werd het grondwater niet onderzocht.
- In geen van de geanalyseerde stalen werden de BSN type III voor een standaardbodem (organische stof: 2%, klei: 10%) overschreden. De BSN type II voor een standaardbodem wordt in het geval van twee PAK parameters overschreden:
 - Ter hoogte van iedere meetlocatie wordt de BSN type II voor benzo(a)pyreen overschreden. Op drie van de vijf meetlocaties is dit tot en met het derde meetpunt (B3) op ca. 20 m van de spoorwegen.
 - De BSN type II voor indeno-(1,2,3-c,d)pyreen wordt op één meetlocatie ter hoogte van het tweede meetpunt (B2) op ca. 10 m van de spoorweg overschreden.
- In de literatuur wordt een afname van de concentraties aan zware metalen en PAK met toenemende afstand van de spoorweg (binnen de 5 à 15 m) gerapporteerd. Deze afname in gemeten concentraties

met een toenemende afstand vanaf de spoorwegen is niet vastgesteld in voorliggende studie. In de meeste gevallen worden de hoogste concentraties gemeten ter hoogte van een tweede meetpunt (B2) op een afstand van ca. 10 m van de spoorwegen.

- In voorliggende verkennende meetcampagne werd de invloedzone tot 20 meter afstand van de spoorwegen onderzocht. Ter hoogte van het derde en laatste meetpunt (B3) op ca. 20 m van de spoorwegen wordt de richtwaarde verschillende malen overschreden:
 - Voor PAK (benzo(a)pyreen en benzo(g,h,i)peryleen) ter hoogte van twee van de vijf meetlocaties langs spoorwegen;
 - Voor lood ter hoogte van één meetlocatie.
- Ter hoogte van drie van de vijf meetlocaties worden volgens de DART-HRMS methode de meeste parameters in het topstaal aangetroffen. In het geval van de overige twee meetlocaties worden de meeste parameters in het dieper gelegen staal vastgesteld.
- Uit de DART-HRMS analyse blijkt dat er langs spoorwegen verschillende parameters uit de TIRECHEM lijst (ftalaten, PPD etc.) voorkomen. Het betreft stoffen waarvan de aanwezigheid niet verwacht wordt langs spoorwegen. Voorliggende resultaten bieden tevens geen antwoord op de vraag of parameters uit de TIRECHEM lijst reeds diffuus aanwezig zijn in de ruimere omgeving dan de wegbermen.

Op basis van deze beperkte staalnamecampagne kan gesteld worden dat de aangetroffen concentraties van de kwantitatief gemeten parameters langs de spoorwegen, hoewel diffuus aanwezig, over het algemeen laag zijn en geen aanleiding zijn tot humane of ecotoxicologische risico's. Slechts in enkele gevallen wordt de bodemsaneringsnorm type II overschreden. Hoewel de kwalitatieve analyses de aanwezigheid van een brede waaier aan parameters aantoont, wordt er geen data verzameld over de mate waarin deze parameters voorkomen (concentratie). Dit maakt dat er geen uitspraak gedaan kan worden over de mogelijke ernst van de aanwezigheid van deze opkomende stoffen.

Ondanks de zorgvuldige selectie van de locaties werden in de meeste boringen alsnog puin of ballast aangetroffen. De nabije omgeving van de spoorlijnen lijkt sterk vergraven. Dit kan bijdragen aan de verhoogde gehalten van enkele stoffen, waardoor niet met zekerheid kan gesteld worden dat er een verband is met het actieve spoorverkeer of dat de verhoogde concentraties eerder te wijten zijn aan de gebruikte gronden bij aanleg van de spoorwegen of afkomstig zijn van andere diffuse bronnen in de omgeving (zoals landbouw, wegverkeer etc.).

9.2 SNELWEGEN

Om de aanwezigheid van opkomende stoffen langs Vlaamse wegen na te gaan, werden de klassieke parameters als gidsparameters gehanteerd om de stalen stapsgewijs te analyseren op het voorkomen van opkomende stoffen. Uit voorliggende verkennende meetcampagne betreffende diffuse

bodemverontreinigingen langs snelwegen kan voor de **klassieke parameters** het volgende kort samengevat worden:

- Langs snelwegen komen diffuus verhoogde gehalten aan klassieke verontreinigingsparameters voor en wordt een afname in concentraties met toenemende afstand tot de rand van snelwegen vastgesteld.
- De BSN type III voor een standaardbodem voor zink wordt ter hoogte van vijf van de acht meetlocaties overschreden. De BSN type III voor benzo(a)pyreen wordt ter hoogte van één meetlocatie overschreden. Op een afstand van 10 m afstand van de snelweg wordt geen BSN type III overschreden.
- Wanneer getoetst aan de BSN type II voor een standaardbodem worden bijkomende overschrijdingen vastgesteld voor naftaleen (één meetlocatie), lood (drie meetlocaties), koper (twee meetlocaties) en arseen (één meetlocatie). Ter hoogte van meetlocatie A6 de BSN type II voor zes PAK parameters overschreden. Ook op een afstand van 10 m van de snelweg wordt ter hoogte van meetlocatie A6 de BSN type II voor koper, lood en verschillende PAK parameters overschreden.
- en duidelijk effect van de aanwezigheid van riolering of een langsgracht blijkt niet uit de resultaten vastgesteld te worden. Mogelijk speelt het opspattend wegwater en verwaaiing ook bij aanwezigheid van riolering een belangrijk rol in de verspreiding naar de wegberm.

Uit voorliggende verkennende meetcampagne betreffende diffuse bodemverontreinigingen langs snelwegen blijkt dat verschillende **opkomende stoffen** voorkomen in wegbermen langs Vlaamse snelwegen. Voor deze stoffen kan het volgende besloten worden:

- De aanwezigheid van ftalaten, fenolen (waaronder bisfenol A) en AMPA langs snelwegen is zowel kwantitatief als kwalitatief aangetoond. Naast bisfenol A en AMPA werd de aanwezigheid van verschillende andere fenolen en pesticiden aangetoond.
- Ter plaatse van iedere meetlocatie zijn microplastics aangetroffen. Er werden telkens slechts drie van de 10 geanalyseerde soorten microplastics aangetroffen: polyethyleen (PE), polystyreen (PS) en polypropyleen (PP). De grootteorde waarin microplastics zijn aangetroffen en de verhouding tussen PE, PS en PP variëren echter sterk tussen de meetlocaties.
- Rubberpartikels worden aangetroffen in drie van de zeven geanalyseerde stalen, hoewel deze in alle stalen werden verwacht. De concentraties liggen bovendien aanzienlijk lager dan in een (weliswaar zeer beperkt aantal) andere studies.
- De aanwezigheid van ftalaten, PPD, thiazolen (MBT en BTH) en triazolen werd verwacht op basis van de literatuur. Hoewel deze parameters kwantitatief niet gemeten werden, werd de aanwezigheid van deze parameters kwalitatief (DART-HRMS en LC-HRMS) bevestigd. Mogelijk zijn de rapportagegrenzen van de target analyses voor deze parameters te hoog om de stoffen te kwantificeren.

- Gebromeerde vlamvertragers werden ter hoogte van alle meetlocaties gemeten. Het ging voornamelijk om BDE 209. De gemeten gehalten liggen ver onder toetsingswaarden richtwaarde en BSN.
- Ook in de stalen van de bodem van de langsgrachten werden deze stoffen aangetroffen. Via deze weg kunnen de componenten zich verder verspreiden langs de waterlopen.
- Bovenstaande opkomende stoffen kunnen gelinkt worden aan de aanwezigheid van de snelweg (TIRECHEM lijst). Daarnaast zijn ook niet verwachte componenten gedetecteerd in de wegbermen langs snelwegen:
 - De aanwezigheid van onder andere verschillende farmaceutische producten, glycolen en vluchtige chloorkoolwaterstoffen (VOCI) werd kwalitatief (LC-HRMS) aangetoond.
 - Er werd niet bepaald of de aanwezigheid van de snelweg als bron van deze stoffen gezien kan worden. De mogelijkheid bestaat dat deze stoffen diffuus voorkomen in de leefomgeving.

Hoewel de kwalitatieve analyses de aanwezigheid van een brede waaier aan parameters aantoont, wordt er geen data verzameld over de mate waarin deze parameters voorkomen (concentratie). Dit maakt dat er geen uitspraak gedaan kan worden over de mogelijke ernst van de aanwezigheid van deze opkomende stoffen, hoewel het ook gaat om persistente stoffen zoals gebromeerde vlamvertragers..

Ter hoogte van meetlocaties met een afwatering of riolering (meetlocaties A1 en A2) worden minder stoffen aangetroffen.

De concentraties van de gemeten parameters langs de snelwegen neemt af met toenemende afstand van de snelweg. Op 10 m afstand van de rand van de verharding wordt de richtwaarde op slechts twee meetlocaties overschreden, dit terwijl getracht werd om de meest verdachte locaties op vlak van verkeer te selecteren. Langs elke snelweg is langs beide zijden een bouwvrije strook van 10 m aanwezig.

9.3 AANBEVELINGEN

De verkennende studie bevestigt dat er ter hoogte van snelwegen en spoorwegen diffuse verontreiniging aanwezig is, zowel van klassieke parameters als van opkomende stoffen.

Gezien er in voorliggend onderzoek parameters boven de richtwaarde zijn aangetroffen op het verste punt van de onderzochte invloedzone (20 m) kan het aangewezen zijn om ook op grotere afstand van de **spoorwegen** bijkomend onderzoek uit te voeren, en hiervoor enkele referentielocaties weg van spoorwegen te selecteren. Zo kan nagegaan worden of er sprake is van een dalende trend met toenemende afstand vanaf de spoorweg eens er buiten de vergraven zone rond de spoorweg gemeten wordt. Dit is in praktijk niet eenvoudig omdat hier vaak andere mogelijke landgebruiken met potentieel diffuse verontreiniging aanwezig zijn (bebouwing,

landbouw, industrie etc.). Het is immers eigen aan het diffuse karakter dat het onderscheid tussen potentiële bronnen moeilijk af te lijnen valt.

Het kan nuttig zijn om na te gaan welke activiteiten of landgebruiken binnen deze 20 m zone van het spoor- of de snelweg plaatsvinden. In geval van “gevoelige” gebruiken zoals tuinen, moestuinen, kippenrennen kunnen specifieke adviezen op platformen zoals Gezond uit eigen Grond uit voorzorg nuttig zijn. Zeker gezien spoorwegen, en de vergraven gronden erlangs, op lange termijn aanwezig zullen blijven. Denk hierbij bijvoorbeeld aan:

- Het verwijderen van puinhoudende grond indien deze aanwezig is bij bijvoorbeeld de aanleg van een moestuin;
- Het aanleggen van een struikengordel tussen tuinen/moestuinen en het spoor om verspreiding van stof te milderen;
- Het algemene advies om groenten en fruit van eigen kweek steeds goed te wassen voor consumptie net als de handen na het buitenspelen of tuinieren;
- Bij twijfel kan een bodemanalyse op PAK en zware metalen aangewezen zijn.

Langs zowel spoorwegen als snelwegen werd de aanwezigheid van opkomende stoffen aangetoond. Het kan aangewezen zijn om gelijkaardige verkennende meetcampagnes uit te voeren ter hoogte van andere types meetlocaties (bv. andere types wegen) en landgebruiken verspreid over Vlaanderen. Dergelijke meetcampagnes kunnen inzicht geven in welke opkomende stoffen diffuus voorkomen en welke parameters specifiek gelinkt kunnen worden aan de aanwezigheid van (snel)wegen. Aanvullend kunnen ook kwantitatieve meetcampagnes van specifieke parameters uitgevoerd te worden om de ernst te kunnen inschatten.

Gezien verschillende van deze parameters niet standaard worden onderzocht bij opmaak van een technisch verslag, kan het aangewezen zijn om te onderzoeken of het nuttig zou zijn hiermee rekening te houden in het kader van grondverzet om zo te vermijden dat gronden met potentieel verhoogde waarden aan opkomende stoffen ter hoogte van “gevoelige” landgebruiken zoals bv. tuinen zouden worden gebruikt. Bv. door bepaalde stoffen bijkomend te analyseren bij opmaak van een technisch verslag grondverzet langs wegen of door bv. een bepaalde code toe te kennen aan gronden die uit een “diffuus verdachte zone” afkomstig zijn. Hiervoor is er echter eerst meer begrip en inzicht nodig in hoe wijdverspreid en in welke concentraties deze stoffen voorkomen langs wegen en spoorwegen.

Gebromeerde vlamvertragers werden aangetroffen in elk staal langs de snelwegen waarop de analyse werd uitgevoerd. De toetsingswaarde streefwaarde voor BDE 209 werd gelijkgesteld aan de rapportagegrens (105), deze wordt bijgevolg in elk staal overschreden. Bijkomend onderzoek naar het voorkomen van deze parameter langs de wegen kan aangewezen zijn, gezien in eerder onderzoek deze parameters slechts sporadisch werden vastgesteld (58). Hierbij kan worden opgemerkt dat in voorliggende studie werd gewerkt met een lagere kwantificatielimiet.

Gezien in literatuur vaak vermeld wordt dat bandenslijtage een significante emissiebron is van microplastics en rubbers naar het milieu is het opmerkelijk dat slechts ter hoogte van drie van de zeven geanalyseerde

meetlocaties langs de snelwegen rubbers werden gemeten. Gezien de heterogeniteit, multifunctionaliteit en het wijdverspreid voorkomen van microplastics en rubbers in de leefomgeving, voldoen de resultaten van deze stofgroepen niet aan de verwachtingen. Naar grote waarschijnlijkheid speelt de analysemethode, die nog in kinderschoenen staan (met name voor rubber), een rol hierin. De gebruikte analysemethode heeft beperkingen, waaronder het alleen meten van microplastics en rubbers van grotere afmetingen ($>20\text{ }\mu\text{m}$) en het beperkte volume aan grond meegenomen in de analyse. Daarnaast is er geen standaard analysemethode voorhanden. Het kan aangewezen zijn om de ontwikkelingen op dit vlak op te volgen, te ondersteunen en te standaardiseren om in de toekomst deze componenten beter in kaart te brengen. (47) (94)

Voor bepaalde opkomende stoffen lijken de rapportagegrenzen van de huidige kwantitatieve analyses te hoog te liggen om deze parameters te kunnen meten. Hun aanwezigheid werd echter wel aangetoond met de DART-HRMS analyse. Dergelijke non-target analyses hebben een duidelijk meerwaarde bij verkennende studies om vaak voorkomende relevante componenten te identificeren.

In deze verkennende studie werd het grondwater niet onderzocht. De eerste inzichten voor het vaste deel van de aarde gelden niet noodzakelijk ook voor het grondwater. De kwalitatieve resultaten van de opkomende stoffen kunnen een aanknopingspunt zijn van de parameters die in het grondwater onderzocht kunnen worden.

10 BIBLIOGRAFIE

1. OVAM, Arcadis. *Diffuse bodemverontreiniging - inventarisatie van gegevensbronnen en voorstel van aanpak*. 2021.
2. DELTARES; TNO. *Emissieschattingen Diffuse bronnen - bandensijtage Wegverkeer*. Rijkswaterstaat. 2016.
3. Rijkswaterstaat. *Factsheet: Omgaan met bermgrond bij auto(snel)wegen*. 2009.
4. Vlaams Instituut Gezond Leven. Lood. [Online] [Citaat van: 19 februari 2025.]
<https://www.gezondleven.be/themas/gezondheid-en-milieu/gezond-binnen/stoffen/lood>.
5. FAO; Rodriguez-Eugenio, N; McLaughlin, M; Pennock, D. *Soil Pollution: a hidden reality*. FAO. Rome : sn, 2018. p. 142.
6. Vlaamse Milieumaatschappij. *Jaarrapport lucht Emissies 2000-2016 en luchtkwaliteit 2017*. 2018.
7. VMM. *Jaarrapport Lucht – Emissies en concentraties van luchtverontreinigende stoffe*. 2020.
8. VMM, Witteveen+Bos. *Sanering wegwater - verkenning technologische mogelijkheden & Case Studies*. 2019.
9. Longueville, Sofie. *Zware metalen en voedingsgewassen: impact van atmosferische depositie nabij spoorlijnen*. sl : UGent , 2015.
10. *contamination of soils with Cu, Na and Hg due to the Highway and railway transport*. Seda, Martin, et al. Czech republic : sn, 2016, Eurasian journal of soil science.
11. *Diffuse release of environmental hazards by railways*. Burkhardt, Michael, Rossi, Luca en Boller, Markus. sl : Elsevier , 2007.
12. *Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer*. Rengarajan, Thamaraiselvan, Rajendran, Peramaiyan en Natarajan Nandakumar, Boopathy Lokeshkumar, Palaniswami Rajendran, Ikuo. 2015, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine.
13. German Environment Agency. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Harmful to the Environment! Toxic! inevitable?* 2016.
14. Infrabel. Een korte geschiedenis. [Online] [Citaat van: 20 Februari 2025.]
<https://infrabel.be/nl/geschiedenis#:~:text=Belgi%C3%AB%20opende%20net%20na%20zijn,we%20absoluut%20trots%20op%20zijn>.
15. Kohler M, Künninger T, Schmid P, Gujer E, Crockett R, Wolfensberger M. *Inventory and Emission Factors of Creosote, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH), and Phenols from Railroad Ties Treated with Creosote*. 2000.
16. *Alkylphenol and bisphenol A contamination of urban runoff: an evaluation of the emission potentials of various construction materials and automotive supplies*. *Environmental Science and Pollution Research*. Lamprea, Diana Katherine, et al. sl : Springer Link, 2018.
17. *Bisphenol A, alkylphenol and phthalates in road and car park runoff: from vehicle component emissions to in-situ measurement*. Deshayes, Steven , et al. sl : Novatech, 2019.
18. *A basic study on the remediation of railroad oil-contaminated soil*. Jung, WS, Park, DS en Yang, DW. Proceedings of Autumn Conference : Korean Society for Railway, 2003.
19. Vlaamse Milieumaatschappij. *Duurzaam gebruik van pesticiden - 2017*. 2018.
20. VMM. *Duurzaam gebruik van pesticiden*. 2022.
21. Antoine, M. *BELINI - runoff water quality measurement campaign in Brussels*. 2022.

22. Vito. *Diffuse bodemverontreiniging - Statusrapport taak 8.2 (draft)*. sl : Niet gepubliceerd, 2023.
23. VMM. *Pesticidenreductie bij openbare besturen - jaar 2011 en 2012*. 2014.
24. —. *Pesticidenreductie bij openbare besturen 2013-2014*. 2015.
25. Infrabel. Onkruidbeheer van de sporen. *Infrabel*. [Online] [Citaat van: 28 oktober 2025.] <https://infrabel.be/nl/onkruidbeheersporen>.
26. 'Onkruidtrein' Infrabel mag ook dit jaar sproeien. Railtech. sl : Railtech , 2021.
27. Infrabel. <https://infrabel.be/nl/onkruidbeheersporen>. <https://infrabel.be/nl/onkruidbeheersporen>. [Online] [Citaat van: 29 03 2024.]
28. UNEP. *Compilation of PCB applications for owners and public officials* . 2015.
29. *Dioxins sources and current remediation technologies — A review*. Kulkarni, Prashant S, Crespo, Joao G en Afonso, Carlos A.M. 1, sl : Environment International, 2008, Vol. 34.
30. OVAM. *Onderzoek naar aanwezigheid van PFAS in grondwater, bodem en waterbodem te hoogte van risicoactiviteiten in Vlaanderen*. 2018.
31. Sachelarie, D, et al. Air Conditioning Systems in Vehicles: Approaches and Challenges. *Sustainability*. 2025.
32. OVAM. *PFAS-verdachte activiteiten voor grond-, grondwater- en waterbodemverontreiniging*. 2024.
33. Van den Borre, Laura en Deboosere, Patrick. *The asbestos industry in Belgium (1945-2001)*. 2016.
34. Register. *Asbest in Kaart*. 2006.
35. Rijkswaterstaat - ministerie van infrastructuur en Milieu. *Kader "afstromend wegwater (KAWW)"*. 2014.
36. Agentschap wegen & verkeer. [Online] Vlaanderen. [Citaat van: 5 Februari 2023.] <https://wegenenverkeer.be/veilig-op-weg/winterdienst>.
37. Blomqvist, Göran. *Impact of de-icing salt on roadside vegetation*. sl : Swedish national road and transport research institute, 1998.
38. *Effect of long-term changes in soil chemistry induced by road salt applications on N-transformations in roadside soils*. Green , Sophie, Machin, Robert en Cresser, Malcolm. 1, sl : Elsevier, 2008, Vol. 152.
39. *Effect of deicing salts on metal and organic matter mobilization in roadside soils*. Amrhein, Christopher, Strong, James en Mosher , Paul. sl : Environ. Sci. Technol., 1992.
40. RIVM. *consequenties van ijzercyanidecomplexen in strooizout*. 1997.
41. Craig Divine, Marc Killingstad, Linda Mortensen, Alma Beciragic, Adam Dettmer and Brent Alspach. The Plastiverse Extends to Hydrogeologic Systems: Microplastics Are an Important Emerging Groundwater Contaminant Class. *Groundwater - Monitoring&Remediation*. 2024.
42. *Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris*. Hartmann, N B, et al. 3, sl : Environmental Science & Technology, 2019, Vol. 53.
43. *Microplastic analysis in soils: A comparative assessment*. Peneva, S, et al. sl : Ecotoxicology and Environmental Safety, 2025, Vol. 289.
44. *Analytical techniques, occurrence and health effects of micro and nano plastics deposited in street dust*. Wang, Qingyue, et al. sl : International Journal of Environmental Analytical, 2020.
45. Premarathna, K S D, Rajapaksha, A U en Vithanage, M. Microplastics in road dust and surrounding environment: Sources, fate and analytical approaches. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*. 2025.
46. Tamis, J, et al. Environmental risks of car tire microplastic particles and other road runoff pollutants. *Microplastics and Nanoplastics*. 2021.
47. OVAM. *Knowledge overview of microplastics in soil, groundwater and sediments* . 2025.

48. Rødland, Elisabeth S., et al. Analytical challenges and possibilities for the quantification of tire-road wear particles. *Trends in Analytical Chemistry*. 2023.
49. Müller, K, et al. Risk assessment of tire wear in the environment – a literature review. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2025.
50. *Where the rubber meets the road: Emerging environmental impacts of tire wear particles and their chemical cocktails*. Mayer, Paul M, et al. sl : Sci Total Environ. , 2024.
51. *Sustainable rubbers and rubber additives*. Sarkar, Preetom en Bhowmick , Anil K. sl : Journal of applied polymer science, 2017.
52. VMM, UGent. *onderzoek naar verspreiding, effecten en risico's van microplastics in het Vlaamse oppervlaktewater - Kernrapport*. 2021.
53. *Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment*. Kole, P J, et al. 10, sl : Int. J. Environ. Res. Public Health, 2017, Vol. 14.
54. Yu, Ning. *Study of the Kinetics of Free Radical Polymerization of Styrene in a Three Dimensional Network and Applications for Used Tire Recycling*. sl : The University of Lorraine , 2015.
55. ICF, . *Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products*. sl : DG Environment of the European Commission, 2018.
56. Müller, K, et al. Tire emissions during the use phase of tires – current and future trends. *Environmental Science: Advances*. 2025.
57. *Dynamic Probabilistic Material Flow Analysis of Rubber release from tires into the environment*. Sieber, Ramona, Kawecki, Delphine en Nowack , Bernd. sl : Elsevier, 2019.
58. OVAM. *Afleiden van streefwaarden voor perfluorverbindingen en enkele andere 'emerging contaminants' - Deel 3: Beleidsadviezen 'emerging contaminants'*. 2021.
59. Hennebert, P. *Concentrations of brominated flame retardants in plastics of electrical and electronic equipment, vehicles, construction, textiles and non-food packaging: a review of occurrence and management*. sl : Detritus Journal, 2020.
60. Jin, M, et al. Pollution characteristics and source identification of PBDEs in public transport microenvironments. *Science of The Total Environment*. 2022.
61. Danish Ministry of the Environment. *Survey of brominated flame retardants*. 2014.
62. Kitahara, Ken-Ichi en Nakata, Haruhiko. Plastic additives as tracers of microplastic sources in Japanese road dusts. *Science of the total Environment*. 736, 2020.
63. *Vehicles as outdoor BFR sources: Evidence from an investigation of BFR occurrence in road dust*. Cao, Z, et al. sl : Chemosphere, 2017, Vol. 179.
64. *Brominated flame retardants in road dust and green belt soil from Harbin, China: Contamination characteristics, sources and health risks*. Zhang, Y, et al. sl : Environmental Chemistry and Ecotoxicology, 2024, Vol. 6.
65. *Human health risks from brominated flame retardants and polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor dust*. Al-Harbi, M, et al. sl : Chemosphere, 2021, Vol. 282.
66. *PBDEs and novel brominated flame retardants in road dust from northern Vietnam: Levels, congener profiles, emission sources and implications for human exposure*. Anh, H Q, et al. sl : Chemosphere, 2018, Vol. 197.

67. *Distribution Patterns of Brominated, Chlorinated, and Phosphorus Flame Retardants with Particle Size in Indoor and Outdoor Dust and Implications for Human Exposure*. Cao, Z, et al. 15, sl : Environmental Science & Technology, 2014, Vol. 48.
68. *Composition and transformation chemistry of tire-wear derived organic chemicals and implications for air pollution*. Johannessen, C, et al. 9, sl : Atmospheric Pollution Research, 2022, Vol. 13.
69. Hai-Yan Zhang, Zheng Huang, Yue-Hong Liu, Li-Xin Hu, Liang-Ying He, You-Sheng Liu, Jian-Liang Zhao, Guang-Guo Ying. Occurrence and risks of 23 tire additives and their transformation products in an urban water system. *Environment International*,. volume 171, 2023.
70. *Rubber Antioxidants and Their Transformation Products: Environmental Occurrence and Potential Impact*. Xu, Jing, et al. sl : International journal of environmental research and public health, 2022.
71. Nordic counsel of ministers. *screening of compounds in tire wear road run off*. 2023.
72. *A ubiquitous tire rubber-derived chemical induces acute mortality in coho salmon*. Tian, Zhenyu, et al. sl : Science, 2020.
73. *Uptake, Metabolism, and Accumulation of Tire Wear ParticleDerived Compounds in Lettuce*. Castan , Stephanie, et al. sl : Environmental science & Technology, 2023.
74. *Determination of tire wear markers in soil samples and their distibution in a roadside soil*. Müller, Axel , et al. sl : Chemosphere 294, 2022.
75. Commissie Integraal Waterbeheer . *Afstromend wegwater*. 2002.
76. *Waarom zijn de witte lijnen op onze snelwegen bij regen moeilijk zichtbaar? En kunnen we daar iets aan doen?* Beeckman, Hajo. sl : VRT nws, 2022.
77. Departement Omgeving. *De gewestelijke hemelwaterverordening 2023*. *omgeving.vlaanderen.be*. [Online] [Citaat van: 29 oktober 2025.] <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/verordeningen/de-gewestelijke-hemelwaterverordening-2023>.
78. *London pollution: Maps shows worst areas for road run-off pollution*. Cook, Victoria. sl : BBC News, 2023.
79. *Heavy Metal Deposition and Soil Pollution Along Two Major Rural Highways*. Legret, M en Pagotto, C. volume 27, 2006 issue 3, 2006, Environmental Technology.
80. *Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) content of soil and olives collected in areas contaminated with creosote released from old railway ties*. Moret, Sabrina, Purcaro, Giorgia en Conte, Lanfranco. sl : Science of the total environment, 2007.
81. *Status of local soil contamination in Europe*. Pérez, Ana en Eugenio, Rodriguez. sl : Publications Office of the European Union, 2018.
82. *Heavy metal pattern and solute concentration in soils along the oldest highway of the world – the AVUS Autobahn*. Kluge, B. en Wessolek, G. 2011.
83. *Transversal immission patterns and leachability of heavy metals in road side soils*. Hjortenkrans, David, Bergbäck, Bo en Häggerud, Agneta. sl : Journal of Environmental Monitoring.
84. *Source Apportionment of Organic Pollutants of a Highway-Traffic-Influenced Urban Area in Bayreuth (Germany) Using Biomarker and Stable Carbon Isotope Signatures*. Glaser, Bruno, et al. sl : Environmental science & technology, 2005.
85. *Soil metal pollution as a function of traffic density and distance from road in emerging cities: a case study of Abeokuta, southwestern Nigeria*. Azeez, Jamiu, et al. sl : Archives of Agronomy and Soil Science, 2014.

86. *Accumulation of Some Heavy Metals in Plants and Soils Adjacent to Cairo - Alexandria Agricultural Highway*. Hashim, Taghred, et al. sl : Egyptian journal of soil science, 2017.
87. *The analysis of heavy metal pollutants emitted by railway*. Vaiškūnaitė, Rasa en Jasiūnienė, Vilma. sl : Transport, 2020, pp. 213-223.
88. *Railway transportation as a source of soil pollution*. Stojic, Natasa, Pucarevic, Mira en Stojic, Gordan. sl : Elsevier.
89. Statistiek Vlaanderen. Lengte spoorwegennet. [Online] 14 mei 2024. [Citaat van: 20 februari 2025.] <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/mobiliteit/lengte-spoorwegennet>.
90. NMBS. 245 miljoen reizigers kozen in 2024 voor de trein. [Online] 15 januari 2025. [Citaat van: 20 februari 2025.] <https://press.nmbs.be/245-miljoen-reizigers-kozen-in-2024-voor-de-trein>.
91. Departement Mobiliteit en Openbare Werken. Mobiliteitsbrief voor een duurzaam lokaal mobiliteitsbeleid. [Online] november 2020. [Citaat van: 20 februari 2025.] <https://mow.vlaanderen.be/storage/30/mobiliteitsbrief-213.pdf>.
92. *Finding Microplastics in Soils: A Review of Analytical Methods*. Möller, Julia, Löder, Martin en Laforsch, Christian. sl : Environmental science & Technology, 2020.
93. *Microplastic pollution in a stormwater floating treatment wetland: Detection of tyre particles in sediment*. Ziajahromi en Shima. sl : Science in the total environment, 2020.
94. *Microplastics in soil: a comprehensive review of analytical techniques*. Gündoğdu, S, et al. sl : Frontiers in Soil Science, 2025, Vol. 5.
95. Kocher, B, et al. *Stoffeinträge in den Straßenseitenraum - Reifenabrieb*. sl : Bundesanstalt für Straßenwesen, 2010.
96. *The Tire Wear Compounds 6PPD-Quinone and 1,3-Diphenylguanidine in an Urban Watershed*. Johannessen, Cassandra, et al. sl : Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2021.
97. OVAM, Vlaamse overheid. Bodemdossierinformatie. *OVAM Geolokketten*. [Online] <https://services.ovam.be/ovam-geolokketten/#/bodemdossier?x=134972&y=199195&z=3>.
98. overheid, Vlaamse. *Geopunt*. [Online] <https://www.geopunt.be/>.
99. —. Verkeersindicatoren. *Vlaams Verkeerscentrum*. [Online] <http://indicatoren.verkeerscentrum.be/vc.indicators.web.gui/indicator/index>.
100. Samarska, A, Zelenko, Y en Kovrov, O. Investigation of Heavy Metal Sources on Railways: Ballast Layer and Herbicides. *Journal of Ecological Engineering*. 2020, Vol. 21, 8.
101. OVAM. *Voorstel voor normering van PCB's en PCDD/F's*. 2007.
102. *Global concentrations of microplastics in soils – a review*. Büks, F en Kaupenjohann, M. Berlijn : SOIL, 2020, Vol. 6.
103. Rodland, Elisabeth S. *Microplastic particles from roads and traffic - occurrence and concentrations in the environment*. 2022.
104. Rodland, Elisabeth, S., et al. High level of tire wear particles in soils along low traffic roads.
105. OVAM. *Toetsingswaarden voor BDE-209 in bodem en grondwater - Aanvulling bij basisinformatie voor risico-evaluaties*. sl : OVAM, 2024.
106. —. *Afleiden van streefwaarden voor perfluorverbindingen en enkele andere 'emerging contaminants' - Deel 1: Analyses*. 2021.
107. —. *Onderzoek van waterbodems en oevers - Code van goede praktijk*. sl : OVAM, 2022.

108. —. *Informatie over richtinggevende toetsingswaarden voor bodemonderzoek en sanering voor PFAS*. 2025.
109. VMM, UGent. • *Deelrapport 2: Monitoring en analyse van bandenslijtage: Aanpak, vergelijking van methoden en richtlijnen voor toekomstig onderzoek*. 2021.
110. Smolders, Erik en Degryse, Fien. *Fate and Effect of Zinc from Tire Debris in Soil*. 2002.
111. SAPEA. *A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society*. 2019.
112. VMM. *Sanering wegwater – verkenning technologische mogelijkheden & case studies*. 2019.
113. *Stadslandbouw: geen vuiltje aan de lucht?* Troch, Veronique, et al. sl : HoGent, ICHMET, 2017.
114. *Nieuwe trein gaat onkruid op het spoor te lijf met (net niet) kokend water in plaats van pesticiden*. vrt nws. Luik : vrt nws, 2022.
115. Bergsma, T, et al. Waar blijft het 'wegwater'? Klimaatadaptatie rondom de snelweg. *H2O Waternetwerk*. [Online] 13 Oktober 2023. [Citaat van: 17 februari 2025.] <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/waar-blijft-het-wegwater-klimaatadaptatie-rondom-de-snelweg>.
116. Vercauteren, M, et al. *Onderzoek naar verspreiding, effecten en risico's van microplastics in het Vlaamse oppervlaktewater*. sl : Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), 2021.
117. *Lead and chromium in European road paints*. Turner, A en Filella, M. sl : Environmental Pollution, 2023, Vol. 316.
118. OVAM. Achtergrondwaarden van zware metalen in de bodem. [Online] [Citaat van: 19 februari 2025.] <https://ovam.vlaanderen.be/achtergrondwaarden-van-zware-metalen-in-de-bodem>.
119. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). *Emission of Microplastics to Water, Soil, and Air. What can we do about it?* 2024.
120. Rodland, Elisabeth S et al. A novel method for the quantification of tire and polymer-modified bitumen particles in environmental samples by pyrolysis gas chromatography mass spectroscopy. *journal of hazardous materials*. 2022.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1 EIGENSCHAPPEN SELECTIE RELEVANTE OPKOMENDE STOFFEN, GESELECTEERD IN LITERATUURSTUDIE

Afkorting	Stof	Functie	CAS	Analyse mogelij k	Lijsten ZZS	Koc	Log Koc (max)	Oplosbaarheid (+ temp)	Dampspanning - vapor pressure	Henry constante en eenheid	Kow (log)	TDI (oraal)	Carcinogeen ?	H in Pa m³/mol
NBC	Nikkel dibutylldithiocarbamaat	antioxidant	13927-77-0	neen	neen	1795000	6,25	8.93 µg/L at 20 ± 0.1 °C	0.081 Pa	ND	5,44	0.200 mg/kg-day	ND	
GW-540	tris(1,2,2,6,6-pentamethylpiperidiny) phosphite (GW-540)	antioxidant	2122-49-8	ja	neen	2.34e+5 L/kg	5,37	2.29e-5 mol/L	6.03e-9 mmHg	4.90e-8 atm-m3/mole	4,9	ND	ND	0,004964925
Irgafos168	tris(2,4-di-tert-butylphenyl) phosphite	antioxidant	31570-04-4	neen	neen	1.38e+5 L/kg	5,14	<5 µg/L at 20°C	6.56E-11 Pa	16.3 Pa m3/mol	18	250 mg/kg-day	ND	16.3 Pa m3/mol
DEHP	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	weekmaker	117-81-7	ja	ja mariene omgevinge n	8,71E+04	4,94	0.003-1.3 mg/l at 20-25°C	very low pressure (1.8x10E-5 - 3.4x10E-5 Pa)	2.63e-7 atm-m3/mole	7.5	0.900 ug/kg-day	Group 2B	
TNP	tris(nonylphenyl) phosphate (TNP)	antioxidant	26569-53-9	neen	neen	6.61e+4 L/kg	4,82	<0.21 mg/L at 20°C	2.8E-8 Pa	4.37e-7 atm-m3/mole	20	ND	ND	
77PD	N,N0-bis(1,4-dimethylpentyl)-p-phenylenediamine	antioxidant	3081-14-9	ja	neen	57444	4,76	0.8 mg/l at 22 °C	< 0.0000015 hPa	0.009 Pa m³/mol	6,3	25.0 mg/kg-day	ND	0.009 Pa m³/mol
antioxidant 2246	2,20-methylenebis (6-tert-butyl-4-methyl-phenol)	antioxidant	119-47-1	ja	neen	51 980 L/kg	4,72	0.007 mg/L at 20 °C	4.6 x 10-7 Pa	4.28E-006 Pa m³/mol	6,25	24.9 mg/kg-day	ND	4.28E-006 Pa m³/mol
DCBS	N,N-Dicyclohexyl-2-benzothiazolsulfene amide	vulkanisatieversneller	4979-32-2	ja	neen	50 118	4,70	1.9 µg/L at 25°	< 0.00001 Pa	0.069 Pa m3/mol	5,95	36.9 mg/kg-day	ND	0.069 Pa m3/mol
Nonylfenol	4-NP	alkylfenol	104-40-5	ja	Premiss, prioritaire stoffen EU, mariene omgevinge n (3)	38260	4,58	7 mg/L at 25 °C	0.109 Pa	ND	5,76	45.0 mg/kg-day	ND	
TMTD	Thiram	vulkanisatieversneller	137-26-8	neen	ja mariene omgevinge n	2245 - 24526 L/kg	4,39	19.1 mg/L at 20 °C	0.00002 Pa	0.033 Pa m³/mol	1,84	1.50 mg/kg-day	Group 3	0.033 Pa m³/mol
BHT 264	2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol	antioxidant	128-37-0	ja	Norman, mariene omg (2)	23 030	4,36	0.6 mg/L at 25 °C	0.39 Pa	ND	5,2	25.0 mg/kg-day	ND	ND
BLE	9,10-dihydro-9,9-dimethyl-acridine	vulkanisatieversneller	6267-02-3	neen	Norman, mariene omg (2)	5.75e+3 L/kg	3,76	4.25e-6 to 2.34e-3 mol/L	1.17e-8 to 1.47e-4 mmHg	2.95e-7 atm-m3/mole	3.96 to 4.33	ND	ND	
DTPD	Bis(methylphenyl)-1,4-benzenediamine	antioxidant	620-91-7	neen	neen	5.37e+3 L/kg	3,73	3.42e-6 to 3.47e-6 mol/L	3.03e-2 mmHg	1.05e-8 atm-m3/mole	ND	ND	ND	0,001063913
DM	Dibenzothiazol disulfide	vulkanisatieversneller	120-78-5	neen	neen	5 248	3,72	50 - 370 µg/L at 20 - 25 °C	<2.27 x 10-6 hPa	2.37 *10-8 Pa m3/mol	4,5	14.6 mg/kg-day	ND	2.37 *10-8 Pa m3/mol
IPPD	N,N'-Bis(methylphenyl)-1,4-benzenediamine		27417-40-9	neen	neen	3.47e+3 L/kg	3,54	2.45e-6 to 1.30e-5 mol/L	8.32e-10 to 3.32e-9 mmHg	1.00e-8 atm-m3/mole	4,14	ND	ND	0,00101325
6PPD-quinone	2-anilino-5-(1,3-dimethylbutylamino)-1,4-benzoquinone	Afbraakproduct 6PPD	2754428-18-5	ja	neen	2.40e+3 L/kg	3,38	15-30 mol/l at 20 eC	0.00 to 3.16e-7 mmHg	1.66e-8 atm-m3/mole	4,63	ND	ND	0,00118145
CBS	N-cyclohexyl-2-benzothiazole sulfenamide	vulkanisatieversneller	95-33-0	neen	neen	2 154	3,33	0.32 mg/l at 21 °C	<4.53e-7 hPa	< 3.74*10-4 hPa m3/mol	5	80.0 mg/kg-day	ND	
DPPD	N,N'-Diphenyl-1,4-phenylenediamine	antioxidant	74-31-7	neen	neen	1.31e+3 to 1.51e+4 L/kg	3,18	150 µg/L at 20 °C	6.35e-9 mmHg	1.26e-8 atm-m3/mole	3,4	0.300 mg/kg-day	ND	1,2767E-81
DBP	Dibutylftalaat	weekmaker	84-74-2	ja	marien omg (8)	1 157 - 1 386	3,14	10 - 11.4 mg/L at 20 - 25 °C	0.006 - 0.013 Pa	0.124 Pa m³/mol	4.46 - 4.79	50.0 mg/kg-day	Group D	0.124 Pa m³/mol
Glyfosaat		pesticide	1071-83-6	ja	premiss, norman, mariene omgevinge n	1000 cm³/g	3,00	14600 mg/l	0,0000131 Pa	0,000000213 pa m³/mol	-3,4	10.0 mg/kg-day	Group 2A	
TMQ	Trimethyl-dihydroquinoline	antioxidant	52128-35-5	neen	neen	933 L/kg	2,97	less than 0.1 mg/mL at 66 °F	1.26e-16 to 3.31e-9 mmHg	1.26e-10 atm-m3/mole	2,55	ND	ND	1,2767E-05
DPG	diphenylguanidine	vulkanisatieversneller	102-06-7	ja	neen	802	2,90	325 mg/L at 20°C	3.7.e-10 Pa	4.82e-8 Pa m3/mol	2,42	5.00 mg/kg-day	ND	4.82e-8 Pa m3/mol
BPA	Bisfenol A	Weekmaker	80-05-7	neen	Premiss, norman CCL5	750	2,88	300 mg/L 25 °C	4.12E-09 hPa	3.12E-7 Pa m3/mol	3,4	2.50e-3 mg/kg-day	ND	3.12E-7 Pa m3/mol
TBBS	N-tert-butyl-2-benzothiazol sulfenamide	vulkanisatieversneller	95-31-8	neen	neen	578	2,76	1.74 mg/L at 20 °C	< 0.0000021 hPa	8.58E-005 Pa m³/mol	3,36	40.0 mg/kg-day	ND	8.58E-005 Pa m³/mol
2-Me-S-BTH	2-Methylthio-benzothiazole	Afbraakproduct BTH	615-22-5	neen	Norman	363	2,56	Aqueous solution	The same range of pure water	3.6*10-6 hPa m3/mol	2,42	2.72e+3 mg/kg	ND	3,6*10-4Pa m³/mol

BTZ/BTH	Benzothiazol	vulkanisatieversneller	95-16-9	ja	Norman	295 cm³/g	2,47	3000 mg/l	18 Pa	0,0375 Pa m³/mol	2,01	0,005 mg/kg dag	ND	0,0375 Pa m³/mol
NOBS	2-Benzothiazolyl-N-morpholinosulfide	vulkanisatieversneller	102-77-2	neen	Norman	275 L/kg	2,44	39 mg/L at room temperature	6.79 * 10-4 Pa	5.52*10-7 Pa m³/mol	3,4	50.0 mg/kg-day	ND	5.52*10-7 Pa m³/mol
HMMM	hexamethoxymethylamine	Crosslinking agent	3089-11-0	ja	neen	269 L/kg	2,43	3.82e-4 to 2.52e-2 mol/L	1.23e-9 to 2.01e-6 mmHg	1.23e-7 atm-m3/mole	1.55 to 3.07	ND	ND	0,012868275
IPPD	N-isopropyl-N0-phenylenediamine	antioxidant	101-72-4	neen	neen	245	2,39	15 mg/L at 20 °C	0.0000426 hPa	0 Pa m³/mol	2,77	62.5 mg/kg-day	ND	0 Pa m³/mol
flazasulfuron		pesticide	104040-78-0	neen	neen	63.1 to 218 L/kg	2,34	5.13e-3 mol/L	7.11e-11 to 1.95e-10 mmHg	8.13e-11 atm-m3/mole	1.08 to 2.88	1.30 mg/kg-day	ND	
MBT	mercaptobenzothiazol	vulkanisatieversneller	149-30-4	ja	Norman	205 cm³/g	2,31	118 mg/l	0,0003 Pa	0,00365 Pa m³/mol	2,41	0,014 mg/kg dag	Group C	0,00365 Pa m³/mol
2-ABTH	2-Aminobenzothiazol	Afbraakproduct BTH	136-95-8	ja	neen	128	2,11	34.1 mg/L at 20°C	8.5 Pa	44.4 Pa m³/mol	3,3	1.00e+3 mg/kg	ND	44.4 Pa m³/mol
2-OH-BTH	2-Hydroxybenzothiazole	Afbraakproduct BTH	934-34-9	neen	neen	86 cm³/g	1,93	690 mg/L	0,0000043 Pa	0,00000049 Pa m³/mol	1,76	ND	ND	0,00000049 Pa m³/mol
MMBZ	mercaptomethylbenzimidazole zinc salt (MMBZ)	antioxidant	61617-00-3	neen	neen	79,4	1,90	32 mg/L at 20 °C	1.87E-011 Pa	ND	0,4	60.0 mg/kg-day	ND	ND
MMB	2-mercaptomethylbenzimidazole (MMB)	antioxidant	53988-10-6	ja	neen	79	1,90	120 mg/L at 20 °C	0.002 Pa	0.024 Pa m³/mol	0.3 - 0.4	4.00 mg/kg-day	ND	0.024 Pa m³/mol
AMPA		pesticide	74341-63-2	ja	neen	77.6 L/kg	1,89	7.60e-3 to 1.74 mol/L	2.51e-9 to 1.66e-8 mmHg	6.46e-11 atm-m3/mole	-1.27 to 0.404	ND	ND	
DCA	N,N-Dicyclohexylmethylamine	afbraakproduct	7560-83-0	neen	neen	69,49	1,84	740 - 800 mg/L at 25 °C	7.521 Pa	8.13e-4 atm-m3/mole	3,71	ND	ND	82,377225
MBZ	2-mercaptobenzimidazole zinc salt (MBZ),	antioxidant	3030-80-6	ja	neen	64.6 L/kg	1,81	45 mg/L at 20 °C	1.70 x 10E-05 Pa	7.08e-8 atm-m3/mole	0,95	540 mmg/kg	ND	
triclopyr	3,5,6-trichloro-2-pyridinyloxyacetic acid	pesticide	55335-06-3	neen	neen	46,8	1,67	1.72e-3 mol/L	1.26e-6 mmHg	1.35e-9 atm-m3/mole	2.52 to 2.98	3.00 mg/kg-day	Group D	
2,4D		pesticide	94-75-7	neen	Norman, mariene omgeving (1)	45,7	1,66	3.06e-3 to 0.105 mil/L	8.25e-5 mmHg	2.95e-9 atm-m3/mole	2,81	20.0 mg/kg-day	Group 2B	
MB	2-mercaptobenzimidazole (MB),	antioxidant	583-39-1	neen	neen	30,974	1,49	1.346,49 g/l at 30 °C	0.001 Pa	1.32e-8 atm-m3/mole	0,881	3.30 mg/kg-day	ND	
6PPD of antioxidant 4020	N-phenyl-N'-(1,3-dimethylbutyl)-p-phenylenediamine	Antiozonant/antioxidant	793-24-8	ja	marien omgeving (3)	3,45 (log)	#WAARDE!	1 mg/L at 50 °C	0.004 Pa	7.76e-8 atm-m3/mole	4,68	1,005 mg/kg	ND	0,00786282
DPU	diphenurea	afbraakproduct	102-07-8	neen	neen	ND	0,00	2.55 mg/L at 20 °C	< 1.3 x 10-8 Pa	ND	2,97	ND	ND	0,00118145
antioxidant SP	styrenated phenol	antioxidant	61788-44-1	neen	neen	ND	0,00	1.95 mg/L at 22 °C	0.1 Pa	0.0364 Pa m³/mol	3,03	50.0 mg/kg-day	ND	0,0364
MP	microplastics 27µm-1000µm +rubberpartikels >27 µm			ja										

BIJLAGE 2 FICHE EN FOTO'S STAALNAMELOCATIES SPOORWEGEN

Bijlagen kunnen worden opgevraagd bij OVAM.

BIJLAGE 3 FICHE EN FOTO'S STAALNAMELOCATIES SNELWEGEN

Bijlagen kunnen worden opgevraagd bij OVAM.

BIJLAGE 4 BOORBESCHRIJVINGEN

Bijlagen kunnen worden opgevraagd bij OVAM.

BIJLAGE 5 TOETSINGSTABELLEN KWANTITATIEVE ANALYSES

Bijlagen kunnen worden opgevraagd bij OVAM.

BIJLAGE 6 ANALYSECERTIFICATEN

Bijlagen kunnen worden opgevraagd bij OVAM.

BIJLAGE 7 RESULTATEN NON-TARGET ANALYSES

Bijlagen kunnen worden opgevraagd bij OVAM.

BIJLAGE 8 DETECTIEFREQUENTIE PARAMETERS DART-HRMS

Parameter	Detectiefrequentie	parametergroep	Type locatie
DBP (dibutylphthalate)	0,55	ftalaten	snelweg
Dimethyl phthalate	0,49	ftalaten	snelweg
1,4-Diacetylbenzene	0,47	aromaten	snelweg
Resorcinol	0,47	aromaten	snelweg
1-Methylnaphthalene	0,44	PAK	snelweg
Cumene	0,42	aromaten	snelweg
2,4-Dimethylphenol	0,40	fenolen	snelweg
2-Mercaptobenzothiazole	0,40	Thiazolen/triazolen	snelweg
Benzene-1,3-bis(acetyl)	0,40	PAK	snelweg
Bisphenol A	0,40	fenolen	snelweg
4-Ethyltoluene	0,37	aromaten	snelweg
Benzoic acid	0,37	andere	snelweg
Phenol	0,37	fenolen	snelweg
2,6-Dimethylnaphthalene	0,35	PAK	snelweg
2-Cyanobenzoic acid	0,35	andere	snelweg
Docosanoic acid	0,35	andere	snelweg
Ziram (measured in blank aswell)	0,35	andere	snelweg
1,2,3-Trimethylbenzene	0,33	aromaten	snelweg
2,4-Bis(1-methyl-1-phenylethyl)phenol	0,33	fenolen	snelweg
3-Hydroxy-4-methoxy-benzaldehyde	0,33	andere	snelweg
3-Phenylprop-2-enal	0,33	andere	snelweg
Dehydroabietic acid (also in blanks)	0,33	andere	snelweg
Methenamine	0,33	andere	snelweg
N-Methyl-2-pyrrolidone	0,33	andere	snelweg
1,2,4-Trimethylbenzene	0,30	aromaten	snelweg
2-Methylnaphthalene	0,30	PAK	snelweg
2-Phenylbenzothiazole	0,28	Thiazolen/triazolen	snelweg
Acetophenone	0,28	PAK	snelweg
Divinylbenzene	0,28	aromaten	snelweg
N-cyclohexyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	0,28	PPD	snelweg
N-tert-Butyl-2-benzothiazolesulfenamide	0,28	andere	snelweg
Phenalen-1-one	0,28	PAK	snelweg
Propylbenzene	0,28	aromaten	snelweg
Pyrimidine, 2-(4-pentylphenyl)-5-propyl-	0,28	andere	snelweg
Zinc dibutyldithiocarbamate	0,28	andere	snelweg
1,3-diphenylguanidine	0,26	additieven	snelweg
1-indanone	0,26	andere	snelweg
m-Bis(1-methylvinyl)benzene	0,26	aromaten	snelweg
1,1'-Disulfanediyldiazepan-2-one	0,23	andere	snelweg
1,4-Bis(1-methylethenyl)benzene	0,23	aromaten	snelweg
11H-Benzo[a]fluorene	0,23	PAK	snelweg
Acenaphthene	0,23	PAK	snelweg
Butylated hydroxyanisole	0,23	andere	snelweg
N,N'-Diphenyl-1,4-phenylenediamine	0,23	PPD	snelweg
Phthalimide	0,23	andere	snelweg
(E,E)-Muconic acid	0,21	andere	snelweg
2-Methylfuran	0,21	andere	snelweg
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0,21	PAK	snelweg
Isocyanatocyclohexane	0,21	andere	snelweg
1,4-Benzoquinone	0,19	andere	snelweg
2-Phenylbenzimidazole	0,19	andere	snelweg
4,4'-dithiodimorpholine	0,19	andere	snelweg
Acephenanthrylene	0,19	PAK	snelweg

Benzo(j)fluoranthene	0,19	PAK	snelweg
Benzo[a]pyrene	0,19	PAK	snelweg
Benzo[e]pyrene	0,19	PAK	snelweg
Benzo[g,h,i]perylene	0,19	PAK	snelweg
Benzo[ghi]fluoranthene	0,19	PAK	snelweg
Benzo[thiazole]	0,19	Thiazolen/triazolen	snelweg
Bis(8-methylnonyl) phthalate	0,19	ftalaten	snelweg
Dibenzo[a,h]pyrene	0,19	PAK	snelweg
Dibenzo[a,i]pyrene	0,19	PAK	snelweg
Dibenzofuran	0,19	PAK	snelweg
Fluorene	0,19	PAK	snelweg
Phenanthro[4,5-bcd]thiophene	0,19	PAK	snelweg
2-hydroxybenzothiazole	0,16	Thiazolen/triazolen	snelweg
3,5-Di-tert-butyl-4-hydroxybenzaldehyde	0,16	andere	snelweg
3-Methylphenanthrene	0,16	PAK	snelweg
7,12-Dimethylbenz(a)anthracene	0,16	PAK	snelweg
Biphenyl	0,16	andere	snelweg
Bis(cyclohexyloxy)methane (in blanks aswell)	0,16	andere	snelweg
Coronene	0,16	PAK	snelweg
Di(2-ethylhexyl) phthalate	0,16	ftalaten	snelweg
Methyl stearate (in blanks aswell)	0,16	andere	snelweg
N-Nitrosopiperidine	0,16	andere	snelweg
6H-Benzo(cd)pyren-6-one	0,14	PAK	snelweg
7-Hydroxy-3-phenyl-1H-naphtho[2,1-b]pyran-1-one	0,14	andere	snelweg
Anthracene	0,14	PAK	snelweg
Benzo[k]fluoranthene	0,14	PAK	snelweg
Naphthalene	0,14	PAK	snelweg
4-((Morpholinothio)thioxomethyl)morpholine	0,12	andere	snelweg
5-methyl-1H-benzotriazole	0,12	Thiazolen/triazolen	snelweg
Benzo(b)fluoranthene	0,12	PAK	snelweg
Dibenzo(a,e)pyrene	0,12	PAK	snelweg
Di-n-octyl phthalate	0,12	ftalaten	snelweg
Erucamide	0,12	andere	snelweg
Phenyl isocyanate	0,12	andere	snelweg
4H-Cyclopenta(def)phenanthren-4-one	0,09	PAK	snelweg
9,10-dihydro-9,9-dimethyl-Acridine	0,09	andere	snelweg
N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine	0,09	PPD	snelweg
Phenanthrene	0,09	PAK	snelweg
DM	0,09	Thiazolen/triazolen	snelweg
Acenaphthylene	0,07	PAK	snelweg
Benz(a)anthracene	0,07	PAK	snelweg
Benzyl butyl phthalate	0,07	ftalaten	snelweg
Zinc diethyldithiocarbamate	0,07	andere	snelweg
1-Hydroxypyrene	0,05	PAK	snelweg
2-Ethylanthraquinone	0,05	andere	snelweg
2-Methylanthracene	0,05	PAK	snelweg
Chrysene	0,05	PAK	snelweg
Cyclopenta[cd]pyrene	0,05	PAK	snelweg
N-Nitrosomorpholine	0,05	andere	snelweg
Pyrene	0,05	PAK	snelweg
1H,3H-Naphtho(1,8-cd)pyran-1,3-dione	0,02	andere	snelweg
1-Methyl phenanthrene	0,02	PAK	snelweg
2,3-Acepyrene	0,02	PAK	snelweg
2-Methylphenanthrene	0,02	PAK	snelweg
9-Methylphenanthrene	0,02	PAK	snelweg
Anthanthrene	0,02	PAK	snelweg
Carbazole	0,02	PAK	snelweg

Dibenz[a,h]anthracene	0,02	PAK	snelweg
Fluoranthene	0,02	PAK	snelweg
Perylene	0,02	PAK	snelweg
Dimethyl phthalate	0,45	ftalaten	spoorweg
Perylene	0,45	PAK	spoorweg
2,6-Dimethylnaphthalene	0,40	PAK	spoorweg
1,4-Bis(1-methylethenyl)benzene	0,35	aromaten	spoorweg
1,4-Diacetylbenzene	0,35	aromaten	spoorweg
Benzene-1,3-bis(acetyl)	0,35	PAK	spoorweg
Methenamine	0,35	andere	spoorweg
N-Methyl-2-pyrrolidone	0,35	andere	spoorweg
Phenanthro[4,5-bcd]thiophene	0,35	PAK	spoorweg
1-Hydroxypyrene	0,30	PAK	spoorweg
1-indanone	0,30	andere	spoorweg
1-Methylnaphthalene	0,30	PAK	spoorweg
2-Cyanobenzoic acid	0,30	andere	spoorweg
3-Hydroxy-4-methoxy-benzaldehyde	0,30	andere	spoorweg
4,4'-dithiodimorpholine	0,30	andere	spoorweg
Divinylbenzene	0,30	aromaten	spoorweg
Phthalimide	0,30	andere	spoorweg
(E,E)-Muconic acid	0,25	andere	spoorweg
1,1'-Disulfanediyldiazepan-2-one	0,25	andere	spoorweg
9,10-dihydro-9,9-dimethyl-Acridine	0,25	andere	spoorweg
Benzoic acid	0,25	andere	spoorweg
N,N'-Diphenyl-1,4-phenylenediamine	0,25	PPD	spoorweg
Phenol	0,25	fenolen	spoorweg
Pyrene	0,25	PAK	spoorweg
Resorcinol	0,25	aromaten	spoorweg
1,4-Benzoquinone	0,20	andere	spoorweg
2,3-Acepyrene	0,20	PAK	spoorweg
3-Phenylprop-2-enal	0,20	andere	spoorweg
Acenaphthene	0,20	PAK	spoorweg
Acenaphthylene	0,20	PAK	spoorweg
Acephenanthrylene	0,20	PAK	spoorweg
Acetophenone	0,20	PAK	spoorweg
Benz(a)anthracene	0,20	PAK	spoorweg
Benzo(b)fluoranthene	0,20	PAK	spoorweg
Benzo(j)fluoranthene	0,20	PAK	spoorweg
Benzo[a]pyrene	0,20	PAK	spoorweg
Benzo[e]pyrene	0,20	PAK	spoorweg
Benzo[k]fluoranthene	0,20	PAK	spoorweg
Biphenyl	0,20	andere	spoorweg
Chrysene	0,20	PAK	spoorweg
Fluoranthene	0,20	PAK	spoorweg
Phenanthrene	0,20	PAK	spoorweg
Phenyl isocyanate	0,20	andere	spoorweg
Propylbenzene	0,20	aromaten	spoorweg
11H-Benzo[a]fluorene	0,15	PAK	spoorweg
1-Methyl phenanthrene	0,15	PAK	spoorweg
2,4-Dimethylphenol	0,15	fenolen	spoorweg
2-Ethylanthraquinone	0,15	andere	spoorweg
2-Methylanthracene	0,15	PAK	spoorweg
2-Methylnaphthalene	0,15	PAK	spoorweg
2-Methylphenanthrene	0,15	PAK	spoorweg
2-Phenylbenzimidazole	0,15	andere	spoorweg
2-Phenylbenzothiazole	0,15	Thiazolen/triazolen	spoorweg
3-Methylphenanthrene	0,15	PAK	spoorweg

4-((Morpholinothio)thioxomethyl)morpholine	0,15	andere	spoorweg
9-Methylphenanthrene	0,15	PAK	spoorweg
Anthanthrene	0,15	PAK	spoorweg
Benzo[g,h,i]perylene	0,15	PAK	spoorweg
Benzo[ghi]fluoranthene	0,15	PAK	spoorweg
Cyclopenta[cd]pyrene	0,15	PAK	spoorweg
Dibenz[a,h]anthracene	0,15	PAK	spoorweg
Dibenzo(a,e)pyrene	0,15	PAK	spoorweg
Dibenzo[a,h]pyrene	0,15	PAK	spoorweg
Dibenzo[a,i]pyrene	0,15	PAK	spoorweg
Dibenzofuran	0,15	PAK	spoorweg
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0,15	PAK	spoorweg
m-Bis(1-methylvinyl)benzene	0,15	aromaten	spoorweg
Phenalen-1-one	0,15	PAK	spoorweg
2,4-Bis(1-methyl-1-phenylethyl)phenol	0,10	fenolen	spoorweg
4H-Cyclopenta(def)phenanthren-4-one	0,10	PAK	spoorweg
6H-Benzo(cd)pyren-6-one	0,10	PAK	spoorweg
7,12-Dimethylbenz(a)anthracene	0,10	PAK	spoorweg
7-Hydroxy-3-phenyl-1H-naphtho[2,1-b]pyran-1-one	0,10	andere	spoorweg
Anthracene	0,10	PAK	spoorweg
Carbazole	0,10	PAK	spoorweg
Coronene	0,10	PAK	spoorweg
Fluorene	0,10	PAK	spoorweg
N-Nitrosopiperidine	0,10	andere	spoorweg
1H,3H-Naphtho(1,8-cd)pyran-1,3-dione	0,05	andere	spoorweg
3,5-Di-tert-butyl-4-hydroxybenzaldehyde	0,05	andere	spoorweg
5-methyl-1H-benzotriazole	0,05	Thiazolen/triazolen	spoorweg
Butylated hydroxytoluene	0,05	aromaten	spoorweg
Dehydroabietic acid (also in blanks)	0,05	andere	spoorweg
Docosanoic acid	0,05	andere	spoorweg

BIJLAGE 9 GEDETECTEERDE COMPONENTEN LC-HRMS

Parameter	Aantal detecties	Opmerking	Parametergroep
(2R,3S,4R,5R,8R,10R,11R,12S,13S,14R)-11-[(2S,3R,4S,6R)-4-(dimethylamino)-3-hydroxy-6-methyloxan-2-yl]oxy-2-ethyl-3,4,10-trihydroxy-13-[(2R,4R,5S,6S)-5-hydroxy-4-methoxy-4,6-dimethyloxan-2-yl]oxy-3,5,6,8,10,12,14-heptamethyl-1-oxa-6-azacyclopentadecan-15-one	3		andere
(4S,4aS,5aS,6S,12aR)-4-(dimethylamino)-1,6,10,11,12a-pentahydroxy-6-methyl-3,12-dioxo-4,4a,5,5a-tetrahydrotetracene-2-carboxamide	3		andere
2,2',4,4'-tetrahydroxybenzophenone	3		andere
2-[(2-methoxy-4-nitrophenyl)azo]-N-(2-methoxyphenyl)-3-oxobutyramide	3		andere
2-[2-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]ethoxy]ethanol	3		andere
2-[4-[2-[4-(2-hydroxyethoxy)phenyl]propan-2-yl]phenoxy]ethanol	3		andere
23-(nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21-heptaooxatricosan-1-ol	3		andere
3,6,9,12,15,18,21-Heptaooxatricosanedioic acid	3		andere
4-tert-butylbenzoic acid	3		andere
5-methylhexan-2-one	3		andere
disodium	3		andere
Leucine enkephalin	3		andere
Na Salt	3		andere
Palmitelaidic acid	3		andere
possible peptide	3		andere
toluene 2,4-diisocyanate	3		andere
Valine	3		andere
alprenolol	3	betablokker	farmaceutica
cholecalciferol	3	vitamine D3	farmaceutica
Dexamisole	3	antidepressivum	farmaceutica
Irbesartan	3	bloedrukverlager	farmaceutica
Olmesartan	3	bloedrukverlager	farmaceutica
Tramadol	3		farmaceutica
2,2'-Methylenebis(4-methyl-6-tert-butylphenol)	3		fenolen
4-(3,5,7-Trimethylnonyl)phenol	3		fenolen
4,4'-Methylenebis(2,6-DI-tert-butylphenol)	3		fenolen
benzyl butyl phthalate	3		ftalaten
dibutyl phthalate	3		ftalaten
diisooctyl phthalate	3		ftalaten
Phthalic acid, heptyl undecyl ester	3		ftalaten
phthalic anhydride	3		ftalaten
heptaethylene glycol	3		glycolen
hexaethylene glycol	3		glycolen
HOocCH2O-peg7-CH2cooh	3		glycolen
HO-Peg6-CH2cooh	3		glycolen
octaethylene glycol	3		glycolen
Peg6-(CH2CO2H)2	3		glycolen
Fipronil	3		pesticide
(-)-Ambroxide ((3aR,5aS,9aS,9bR)-3a,6,6,9a-tetramethyldodecahydronaphtho[2,1-b]furan)	2		andere

Parameter	Aantal detecties	Opmerking	Parametergroep
(+)-(3aRS,5aSR,9aSR,9bSR)-3a,6,6,9a-Tetramethyldodecahydronaphtho[2,1-b]furan	2		andere
(S)-4-hydroxy-3-(3-oxo-1-phenylbutyl)-2-benzopyrone	2		andere
[2-(dimethylamino)-5,6-dimethylpyrimidin-4-yl] N,N-dimethylcarbamate	2		andere
1,2-benzenedicarboxylic acid, di-C10-12-branched alkyl esters	2		andere
1,4,5,8-tetraaminoanthraquinone	2		andere
14-(4-nonylphenoxy)-3,6,9,12-tetraoxatetradecan-1-ol	2		andere
17-(4-nonylphenoxy)-3,6,9,12,15-pentaoxaheptadecan-1-ol	2		andere
2-(dimethylamino)-2-[(4-methylphenyl)methyl]-1-[4-(morpholin-4-yl)phenyl]butan-1-one	2		andere
2,5-Bis(hydroxymethyl)tetrahydrofuran	2		andere
2-[2-[2-(4-nonylphenoxy)ethoxy]ethoxy]ethoxy]ethanol	2		andere
20-(4-nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18-hexaoxaicosan-1-ol	2		andere
26-(4-nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24-octaoxahexacosan-1-ol	2		andere
29-(isononylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24,27-nonaoxanonacosan-1-ol	2		andere
2-benzyl-2-dimethylamino-4'-morpholinobutyrophenone	2		andere
2-ethylhexanoic acid, compound with 2,2',2''-nitrilotriethanol (1:1)	2		andere
2-ethylhexanoic acid, monoester with propane-1,2-diol	2		andere
2-ethylhexyl trans-4-methoxycinnamate (Octinoxate)	2		andere
2-ethylhexyl[[[3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl)methyl]thio]acetate	2		andere
2-hydroxypropyl-trimethyl-azanium	2		andere
4,4'-methylenedi-o-toluidine	2		andere
6-(tert-butylamino)-4-(ethylamino)-1H-1,3,5-triazin-2-one	2		andere
9(10H)acridone	2		andere
benz[c]acridine	2		andere
Bis(2-ethylhexyl) adipate	2		andere
butyl 4-hydroxybenzoate	2		andere
cyclic 3-(1,2-ethanediyldiacetale)-estra-5(10),9(11)-diene-3,17-dione	2		andere
dibenz[a,j]acridine	2		andere
dicyclohexyl phthalate	2		andere
diosgenin	2	geproduceerd door planten	andere
disodium	2		andere
hexadec-1-ene	2		andere
mycophenolic acid	2		andere
N-(2-nitrophenyl)phosphoric triamide	2		andere
N-(hydroxymethyl)acrylamide	2		andere
oxybenzone	2		andere
phenylhydrazinium sulphate	2		andere
tri-n-butyltin hydride	2		andere
triphenyl phosphate	2		andere
tris(2-ethylhexanoic) acid, trianhydride with boric acid	2		andere
tris(2-methoxyethoxy)vinylsilane	2		andere
vinyl neodecanoate	2		andere
α,α-bis[4-(dimethylamino)phenyl]-4 (phenylamino)naphthalene-1-methanol (C.I. Solvent blue 4) [with >0.1% of Michler's ketone (EC No. 202-027-5) or Michler's base (EC No. 202-959-2)]	2		andere

Parameter	Aantal detecties	Opmerking	Parametergroep
6,6'-di-tert-butyl-4,4'-butylidenedi-m-cresol (Santowhite)	2	antioxidant	antioxidant
Amiloxate (Isopentyl p-methoxycinnamate)	2	UV blokker	farmaceutica
Cannabidiol CBD (2-[(1R,6R)-3-methyl-6-prop-1-en-2-ylcyclohex-2-en-1-yl]-5-pentylbenzene-1,3-diol)	2		farmaceutica
Gemfibrozil	2	cholesterolverlager	farmaceutica
Metoprolol	2	bloeddrukverlager	farmaceutica
Norethisterone	2		farmaceutica
4,4'-isopropylidenediphenol	2	bisfenol A	fenolen
4,4'-methylenediphenol (Bisphenol F)	2	bisfenol F	fenolen
4-[2-methyl-1-(1-methylethyl)propyl]-phenol	2		fenolen
44-(nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24,27,30,33,36,39,42-tetradecaooxatetracontanol	2		fenolen
4-tert-butylphenol	2		fenolen
Bisphenol A bis(2-hydroxypropyl) ether	2	Afgeleide bisfenol A	fenolen
octylphenol	2		fenolen
diisopentylphthalate	2		ftalaten
1,1,1,3,3-pentafluorobutane	2		gefluoreerd
1,2,3,4-Tetrahydro-6-(1-phenylethyl)naphthalene (ACTREL 400)	2		PAK
2-nitronaphthalene	2		PAK
4-nitropyrene	2		PAK
anthraquinone	2		PAK
4-amino-5-chloro-1H-pyridazin-6-one	2	afbraakproduct chloridazon	pesticide
atrazine	2		pesticide
dinoseb	2		pesticide
epoxiconazole	2	fungicide in landbouw	pesticide
Fluconazole	2		pesticide
Mevinphos	2	insecticide	pesticide
quizalofop-P-tefuryl	2		pesticide
warfarin	2	rattengif	pesticide
1,1,2,2-Tetrachloroethane	2		VOC
1,2-dichloroethane	2		VOC
1,3-dimethyl ester 2-[(Tetrahydro-2-furanyl)methyl]-propanedioic acid	1		andere
(+)-O-Desmethylvenlafaxine	1		andere
(1R,2S,5R)-2-(4-chlorobenzyl)-5-isopropyl-1- (1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)cyclopentanol	1		andere
(4-aminophenyl)arsonic acid	1		andere
(5E)-5-[(4-chlorophenyl)methylidene]-2,2-dimethyl-1-(1,2,4-triazol-1-ylmethyl)cyclopentan-1-ol	1		andere
(8R,9S,13S,14S,17R)-17-ethynyl-13-methyl-7,8,9,11,12,14,15,16-octahydro-6H-cyclopenta[a]phenanthrene-3,17-diol	1		andere
(isooctanoato-O)(neodecanoato-O)nickel	1		andere
(αS)-4-(1,1-dimethylethyl)-α-methylbenzenepropanal	1		andere
[(1S)-2-methyl-4-oxo-3-[(2Z)-penta-2,4-dienyl]cyclopent-2-en-1-yl] (1R,3R)-3-[(E)-3-methoxy-2-methyl-3-oxoprop-1-enyl]-2,2-dimethylcyclopropane-1-carboxylate	1		andere
[1,3(or 1,4)-phenylenebis(1-methylethylidene)]bis[tert-butyl] peroxide (Peroximom F 100)	1		andere
[4-[[4-(dimethylamino)phenyl]diazenyl]phenyl]arsonic acid	1		andere

Parameter	Aantal detecties	Opmerking	Parametergroep
[methyl(sulfamoyl)amino]methane	1		andere
1-(2-hydroxy-5-nonyl(branched)-phenyl)ethanone oxime	1		andere
1,1,1,3,5,5,5-heptamethyltrisiloxane	1		andere
1,2,4-trinonyl benzene-1,2,4-tricarboxylate	1		andere
1,2-benzenedicarboxylic acid, di-C6-8-branched alkyl esters, C7-rich	1		andere
1-Butyl-3-[4-[[4-(butylcarbamoylamino)phenyl]methyl]phenyl]urea	1		andere
2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentylphenol (UV-328)	1		andere
2-(isononylphenoxy)ethanol	1		andere
2,2-Bis(4-hydroxy-3-methylphenyl)propane	1		andere
2,3-Dichloronitrobenzene	1		andere
2,4,4'-trichlorobiphenyl	1		andere
2,4,6-triallyloxy-1,3,5-triazine (Triallyl cyanurate)	1		andere
2,4,6-Tris(1-phenylethyl)phenol	1		andere
2,4-dinitrotoluene	1		andere
2,5-di-tert-pentylhydroquinone	1		andere
2-[[4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl]carbamoylsulfamoyl]-N,N-dimethylpyridine-3-carboxamide	1		andere
2-[[4-chloro-2-nitrophenyl]azo]-N-(2-chlorophenyl)-3-oxobutyramide	1		andere
2-[[4-methoxy-2-nitrophenyl]azo]-N-(2-methoxyphenyl)-3-oxobutyramide	1		andere
2-[2-[4-(3,6-dimethylheptan-3-yl)phenoxy]ethoxy]ethanol	1		andere
20-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]-3,6,9,12,15,18-hexaoxaicosan-1-ol	1		andere
26-(nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24-octaoxahecosan-1-ol	1		andere
29-(nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24,27-nonaoxanonacosanol	1		andere
2-anilino-5-(4-methylpentan-2-ylamino)cyclohexa-2,5-diene-1,4-dione	1		andere
2-benzotriazol-2-yl-4,6-di-tert-butylphenol (UV-320)	1		andere
2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(1-methoxypropan-2-yl)acetamide	1		andere
2-ethylhexanoic acid	1		andere
2-ethylhexanoic acid, cerium salt	1		andere
2-ethylhexyl 2-hydroxybenzoate	1		andere
2-pentanone-4-methyl-,O,O',O''-(ethenylsilyldiyl)trioxime	1		andere
2-tert-butyl-4-methoxyphenol	1		andere
3,5-Dichloroaniline	1		andere
3,5-Di-tert-butylbenzaldehyde	1		andere
3-amino-9-ethyl carbazole	1		andere
3-Diethylamino-1-propanol	1		andere
4,4'-(4-iminocyclohexa-2,5-dienylidenemethylene)dianiline hydrochloride	1		andere
4,4'-methylenebis[2-chloroaniline]	1		andere
4,4'-thiodianiline	1		andere
7H-dibenzo[c,g]carbazole	1		andere
7-methoxy-6-(3-morpholin-4-yl-propoxy)-3H-quinazolin-4-one, [containing ≥ 0.5 % formamide]	1		andere
acetic acid nickel(II) salt	1		andere
acridine	1		andere
alfa,alfa-dichlorotoluene (benzal chloride, (dichloromethyl) benzene)	1		andere
ammonium diaquabis[salicylato(2-)-O1,O2]chromate(1-)	1		andere

Parameter	Aantal detecties	Opmerking	Parametergroep
arsoric acid	1		andere
benzene-1,2,4-tricarboxylic acid 1,2 anhydride	1		andere
bis(dimethylcarbamothioylsulfanyl)arsanyl N,N-dimethylcarbamodithioate	1		andere
calcium bis(2-ethylhexanoate)	1		andere
cobalt bis(2-ethylhexanoate)	1		andere
diacetone alcohol	1		andere
dimethyl propylphosphonate	1		andere
dimethyl sulphate	1		andere
dinitrotoluene	1		andere
Ditolyl ether (1-Methyl-2-(2-methylphenoxy)benzene)	1		andere
dodecamethylcyclotetrasiloxane (Siloxane D6)	1		andere
ethyl 1-(2,4-dichlorophenyl)-5-(trichloromethyl)-1H-1,2,4-triazole-3-carboxylate	1		andere
Heptafluoro-1-methoxypropane (3M(TM) NOVEC(TM) ENGINEERED FLUID HFE-7000)	1		andere
hexafluoroarsenic(1-)	1		andere
hexahydro-4-methylphthalic anhydride	1		andere
Hexakis[μ-(acetato-O:O')]-μ4-oxotetraberyllium	1		andere
iron	1		andere
manganese bis(2-ethylhexanoate)	1		andere
m-bis(2,3-epoxypropoxy)benzene	1		andere
Metformin hydrochloride	1		andere
METHYLENE DI-T-BUTYLCRESOL	1		andere
methyltriphenylarsonium iodide	1		andere
monomethyl-tetrachlorodiphenyl methane. Trade name: Ugilec 141	1		andere
N-(2-ethylhexyl)naphthalen-2-amine	1		andere
N,N,N',N'',N''-hexamethyl-4,4',4''-methylidynetrianiline	1		andere
N,N'-diacetylbenzidine	1		andere
N,N-dicyclohexylbenzothiazole-2-sulphenamide	1		andere
N-[6,9-dihydro-9-[[[2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethoxy]methyl]-6-oxo-1H-purin-2-yl]acetamide	1		andere
nickel(II) propionate	1		andere
O,O',O''-(methylsilylidyne)trioxime 2-pentanone	1		andere
octamethylcyclotetrasiloxane (Siloxane D4)	1		andere
O-hexyl-N-ethoxycarbonylthiocarbamate	1		andere
OLEYLPALMITAMIDE	1		andere
Pentadecanoic acid	1		andere
phenyl glycidyl ether	1		andere
sodium 3-(allyloxy)-2-hydroxypropanesulfonate	1		andere
sodium	1		andere
terphenyl	1		andere
tetrahydrothiopyran-3-carboxaldehyde	1		andere
theophylline	1		andere
Tonalid (1-(5,6,7,8-tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthyl)ethan-1-one)	1		andere
tributyl borate	1		andere
Trifluoromethylbenzene	1		andere
Tri-n-butylphosphate	1		andere

Parameter	Aantal detecties	Opmerking	Parametergroep
triphenylphosphine	1		andere
Tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite	1		andere
tris(2-chloroethyl) phosphate	1		andere
Tris(3,5-xylenyl)phosphate	1		andere
Tris(4-nonylphenyl) phosphite	1		andere
tris(nonylphenyl) phosphite	1		andere
Avobenzene (1-[4-(1,1-dimethylethyl)phenyl]-3-(4-methoxyphenyl)propane-1,3-dione)	1	UV blokker	farmaceutica
Climbazole	1	antifungaal middel voor de huid	farmaceutica
Dipyridamole	1	anti trombotisch	farmaceutica
Fentanyl	1		farmaceutica
Gabapentin	1	epilepsie	farmaceutica
glutaraldehyde	1	sterilisatiemiddel	farmaceutica
Levonorgestrel	1	anticonceptiemiddel	farmaceutica
Propanolol	1	bloeddrukverlager	farmaceutica
2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(tert-butyl)-6-(sec-butyl)phenol (UV-350)	1		fenolen
2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(1-methyl-1-phenylethyl)phenol	1		fenolen
4-(1,1,5-trimethylhexyl)phenol	1		fenolen
4,4'-(1,3-phenylene-bis(1-methylethylidene))bisphenol	1		fenolen
4,4'-Methylenebis(2,6-di-tert-butylphenol)	1		fenolen
4,4'-bi-o-toluidine	1		fenolen
4,4'-bi-o-toluidine sulphate	1		fenolen
4,4'-bis(dimethylamino)-4''-(methylamino)trityl alcohol with >0.1% of Michler's ketone (EC No. 202-027-5) or Michler's base (EC No. 202-959-2)]	1		fenolen
4,4'-bis(dimethylamino)benzophenone	1		fenolen
4,4'-diaminodiphenylmethane	1		fenolen
4,4'-Methylenebis(2,6-dimethylphenol)	1	desoxon M	fenolen
4-octylphenol	1		fenolen
4-sec-butyl-2,6-di-tert-butylphenol	1		fenolen
4-tert-butylphenol	1	weekmaker	fenolen
4-tert-heptylphenol	1		fenolen
4-tert-heptylphenol	1	weekmaker	fenolen
ethoxylated isononylphenol	1		fenolen
nonylphenol	1		fenolen
bis(2-ethylhexyl) phthalate	1		ftalaten
bis(2-ethylhexyl) tetrabromophthalate	1		ftalaten
bis(2-methoxyethyl) phthalate	1		ftalaten
Bis(2-propylheptyl) phthalate	1		ftalaten
Didecyl phthalate	1		ftalaten
diisobutyl phthalate	1		ftalaten
diisohexyl phthalate	1		ftalaten
1,2-dibromoethane	1		gebromeerd
1,1,1,3,3,3-hexafluoropropane	1		gefluoreerd
1-methylnaphthalene	1		PAK
chrysene	1		PAK
2-N-tert-butyl-4-N-ethyl-6-methylsulfanyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine	1	amethrine	pesticide
5-amino-4-chloro-2-methylpyridazin-3-one	1	afbraakproduct chloridazon	pesticide

Parameter	Aantal detecties	Opmerking	Parametergroep
6-hydroxy-1-(3-isopropoxypropyl)-4-methyl-2-oxo-5-[4-(phenylazo)phenylazo]-1,2-dihydro-3-pyridinecarbonitrile	1		pesticide
allethrin (Esbiothrin)	1		pesticide
benomyl	1	fungicide	pesticide
Bifenthrin	1		pesticide
binapacryl	1	dinoseb	pesticide
chloridazon (pyrazon)	1		pesticide
coumaphos	1		pesticide
Diflufenican	1		pesticide
diuron	1		pesticide
isopirazam	1	fungicide	pesticide
linuron	1		pesticide
Propargite	1	pesticide tegen mijten	pesticide
Proquinazid	1		pesticide
safrole	1		pesticide
tridemorph	1		pesticide
3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluorooctanesulphonic acid	1	6:2 FTSA	PFAS
ammonium heptadecafluorooctanesulfonate	1		PFAS
ethanaminium, N,N,N-triethyl-, salt with 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6-tridecafluoro-1-hexanesulfonic acid (1:1)	1		PFAS
henicosafuoroundecanoic acid	1		PFAS
heptacosafuorotetradecanoic acid	1		PFAS
N-1,3-dimethylbutyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	1	6PPD	PPD
5-methyl- benzotriazole	1		triazolen/thiazolen
1,2,13,14-tetrachlorotetradecane	1		VOC
vinyl chloride	1		VOC

BIJLAGE 10 OVERZICHTSMATRIX GEANALYSEERD COMPONENTEN

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
additieven	antioxi dant SP		ja					
additieven	TNP		ja					
additieven	2,4D		ja					
additieven	BHT 264		ja					
additieven	GW-540		ja					
additieven	1,3-diphenylguanidine		ja		x			
aromaten	Cumene		ja		x			
aromaten	Butylated hydroxytoluene		ja					x
aromaten	1,2,3-Trimethylbenzene		ja		x			
aromaten	1,2,4-Trimethylbenzene		ja		x			
aromaten	4-Ethyltoluene		ja		x			
aromaten	1,4-Bis(1-methylethenyl)benzene		ja		x			x
aromaten	Divinylbenzene		ja		x			x
aromaten	m-Bis(1-methylvinyl)benzene		ja		x			x
aromaten	1,4-Diacetylbenzene		ja		x			x
aromaten	Propylbenzene		ja		x			x
aromaten	Resorcinol		ja		x			x
Asbest	Asbest	ja	ja					
Cyanides	Cyanide (niet-chloorafbreekbaar)		ja	x				
Cyanides	Cyanide (totaal)		ja	x				
Cyanides	Cyanide (vrij)		ja	x				
farmaceutica	2-(2H--2-yl)-4,6-bis(1-methyl-1-phenylethyl)phenol					x		
farmaceutica	Dipyridamole					x		
farmaceutica	Gabapentin					x		
farmaceutica	glutaraldehyde					x		
farmaceutica	Levonorgestrel					x		
farmaceutica	Norethisterone					x		
farmaceutica	Propanolol					x		
farmaceutica	2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(tert-butyl)-6-(sec-butyl)phenol (UV-350)					x		
farmaceutica	Amiloxate (Isopentyl p-methoxycinnamate)					x		
farmaceutica	Cannabidiol CBD (2-[(1R,6R)-3-methyl-6-prop-1-en-2-ylcyclohex-2-en-1-yl]-5-pentylbenzene-1,3-diol)					x		
farmaceutica	Climbazole					x		
farmaceutica	Gemfibrozil				x	x		
farmaceutica	Tramadol					x		
farmaceutica	Avobenzone (1-[4-(1,1-dimethylethyl)phenyl]-3-(4-methoxyphenyl)propane-1,3-dione)					x		
farmaceutica	cholecalciferol					x		
farmaceutica	Dexamisole				x	x		
farmaceutica	Fentanyl				x	x		
farmaceutica	Irbesartan					x		
farmaceutica	Metoprolol				x	x		
farmaceutica	Olmesartan					x		
farmaceutica	alprenolol					x		
fenolen	4-tert-heptylfenol	ja	ja			x		
fenolen	octylfenol	ja	ja			x		
fenolen	2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(1-methyl-1-fenylethyl)fenol					x		

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
fenolen	4,4'-bis(dimethylamino)-4''-(methylamino)trityl alcohol with >0.1% of Michler's ketone (EC No. 202-027-5) or Michler's base (EC No. 202-959-2)]					x		
fenolen	4,4'-Methylenebis(2,6-DI-tert-butylfenol)	ja	ja			x		
fenolen	4-[2-methyl-1-(1-methylethyl)propyl]-fenol	ja	ja			x		
fenolen	4-tert-butylfenol	ja	ja			x		
fenolen	nonylfenol	ja	ja			x		
fenolen	4-(1,1,5-trimethylhexyl)fenol	ja	ja			x		
fenolen	4-(3,5,7-Trimethylnonyl)fenol	ja	ja		x	x		
fenolen	4,4'-bi-o-toluidine sulphate	ja	ja		x	x		
fenolen	44-(nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24,27,30,33,36,39,42-tetradecaooxatetracontanol	ja	ja			x		
fenolen	4-sec-butyl-2,6-di-tert-butylfenol	ja	ja			x		
fenolen	ethoxylated isononylfenol	ja	ja			x		
fenolen	4,4'-bi-o-toluidine	ja	ja			x		
fenolen	4,4'-bis(dimethylamino)benzofenone	ja	ja			x		
fenolen	4,4'-methylenedifenol (Bisfenol F)	ja	ja			x		
fenolen	4,4'-Methylenebis(2,6-dimethylfenol)	ja	ja			x		
fenolen	2,2'-Methylenebis(4-methyl-6-tert-butylfenol)	ja	ja			x		
fenolen	4,4'-diaminodifenylmethane	ja	ja			x		
fenolen	4,4'-Methylenebis(2,6-di-tert-butylfenol)	ja	ja		x	x		
fenolen	4,4'-bis(dimethylamino)-4''-(methylamino)trityl alcohol w	ja	ja			x		
fenolen	Bisfenol A bis(2-hydroxypropyl) ether	ja	ja			x		
fenolen	4,4'-(1,3-fenylene-bis(1-methylethylidene))bisfenol	ja	ja			x		
fenolen	4-octylfenol	ja	ja			x		
fenolen	2,4-Dimethylfenol	ja	ja		x			x
fenolen	2,4-Bis(1-methyl-1-fenylethyl)fenol	ja	ja		x			x
fenolen	4,4'-isopropylidenedifenol	ja	ja			x		
fenolen	4-n-nonylfenol	ja	ja	x		x		
ftalaten	Bis(8-methylnonyl) phthalate		ja		x			
ftalaten	dibutyl phthalate		ja			x		
ftalaten	Didecyl phthalate		ja			x		
ftalaten	diisohexyl phthalate		ja			x		
ftalaten	diisooctyl phthalate		ja			x		
ftalaten	bis(2-ethylhexyl) tetrabromophthalate		ja			x		
ftalaten	bis(2-methoxyethyl) phthalate		ja			x		
ftalaten	Bis(2-propylheptyl) phthalate		ja			x		
ftalaten	diisopentylphthalate		ja			x		
ftalaten	Phthalic acid, heptyl undecyl ester		ja			x		
ftalaten	phthalic anhydride		ja			x		
ftalaten	benzyl butyl phthalate		ja			x		
ftalaten	bis(2-ethylhexyl) phthalate		ja		x	x		
ftalaten	diisobutyl phthalate		ja		x	x		
ftalaten	Phenol		ja		x			x
ftalaten	Bisfenol A		ja	x	x			
ftalaten	Dibutylftalaat		ja	x	x			
ftalaten	Di-n-octylftalaat		ja	x	x			
ftalaten	Bis(ethylhexyl)ftalaat		ja	x	x			

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
ftalaten	Butylbenzylftalaat		ja	x	x			
ftalaten	Ftalaten (som)		ja	x	x	x		
ftalaten	Di-isobutylftalaat		ja	x		x		
ftalaten	Dimethylftalaat		ja	x	x			x
ftalaten	Diethylftalaat		ja	x	x	x	x	
Gebromeerd	1,2-dibromoethaan				x	x	x	
Gebromeerd	1,2-dichloroethaan				x	x	x	
Gebromeerde vlamvertragers	BDE119		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE138		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE156		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE184		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE196		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE206		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE209		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE99		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE17		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE28		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE49		ja	x	x	x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE66		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE71		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE77		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE85		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE154		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE191		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE197		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE207		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE47		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE183		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE153		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE100		ja	x		x		
Gebromeerde vlamvertragers	BDE126		ja	x		x		
gefluoreerd	1,1,1,3,3-pentafluorobutane					x		
gefluoreerd	1,1,1,3,3,3-hexafluoropropane					x		
glycolen	hexaethylene glycol					x		
glycolen	octaethylene glycol					x		
glycolen	HO-Peg6-CH2cooh					x		
glycolen	Peg6-(CH2CO2H)2					x		
glycolen	heptaethylene glycol					x		
glycolen	Hoocch2O-peg7-CH2cooh					x		
glyfosaat en afbraakproducten	AMPA	ja	ja	x		x		
glyfosaat en afbraakproducten	glufosinaat	ja	ja	x		x		
glyfosaat en afbraakproducten	glyfosaat	ja	ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	acrylonitril butadien styreen (ABS)		ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	Polyamide 6 (PA6)		ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	Polycarbonaat (PC)		ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	Polyamide-6,6 (PA 66)		ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	Polyethyleen		ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	Polyethyleenterftalaat (PET)		ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	Polystyreen		ja	x	x	x		

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
Microplastics 27µm-1000 µm	Polymethyl metacrylaat (PMMA)		ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	Polypropyleen		ja	x		x		
Microplastics 27µm-1000 µm	Polyvinylchloride (PVC)		ja	x	x	x		
Microplastics 27µm-1000 µm	som van de gekwantificeerde polymeren		ja	x	x	x		
Minerale olie	Minerale olie C10 - C12	ja	ja	x		x		
Minerale olie	Minerale olie C12 - C20	ja	ja	x		x		
Minerale olie	Minerale olie C20 - C30	ja	ja	x		x		
Minerale olie	Minerale olie C30 - C40	ja	ja	x		x		
Minerale olie	Minerale olie C10 - C40	ja	ja	x		x	x	
Dioxine	PCDD		ja					
Dioxine	PCDF		ja					
overige	1,3-dimethyl ester 2-[(Tetrahydro-2-furanyl)methyl]-propanedioic acid					x		
overige	acetic acid nickel(II) salt					x		
overige	α,α-bis[4-(dimethylamino)phenyl]-4 (phenylamino)naphthalene-1-methanol (C.I. Solvent blue 4) [with >0.1% of Michler's ketone (EC No. 202-027-5) or Michler's base (EC No. 202-959-2)]					x		
overige	(-)-Ambroxide ((3aR,5aS,9aS,9bR)-3a,6,6,9a-tetramethyldodecahydronaphtho[2,1-b]furan)					x		
overige	(+)-O-Desmethylvenlafaxine					x		
overige	(4-aminophenyl)arsonic acid;piperazine					x		
overige	(4S,4aS,5aS,6S,12aR)-4-(dimethylamino)-1,6,10,11,12a-pentahydroxy-6-methyl-3,12-dioxo-4,4a,5,5a-tetrahydrotetracene-2-carboxamide					x		
overige	(8R,9S,13S,14S,17R)-17-ethynyl-13-methyl-7,8,9,11,12,14,15,16-octahydro-6H-cyclopenta[a]phenanthrene-3,17-diol					x		
overige	(αS)-4-(1,1-dimethylethyl)-α-methylbenzenepropanal					x		
overige	[(1S)-2-methyl-4-oxo-3-[(2Z)-penta-2,4-dienyl]cyclopent-2-en-1-yl] (1R,3R)-3-[(E)-3-methoxy-2-methyl-3-oxoprop-1-enyl]-2,2-dimethylcyclopropane-1-carboxylate					x		
overige	[2-(dimethylamino)-5,6-dimethylpyrimidin-4-yl] N,N-dimethylcarbamate					x		
overige	[methyl(sulfamoyl)amino]methane					x		
overige	1,1,1,3,5,5,5-heptamethyltrisiloxane					x		
overige	1,2-benzenedicarboxylic acid, di-C10-12-branched alkyl esters					x		
overige	14-(4-nonylphenoxy)-3,6,9,12-tetraoxatetradecan-1-ol					x		
overige	17-(4-nonylphenoxy)-3,6,9,12,15-pentaoxaheptadecan-1-ol					x		
overige	2-(isononylphenoxy)ethanol					x		
overige	2,2',4,4'-tetrahydroxybenzophenone					x		
overige	2,4,6-trialloxy-1,3,5-triazine (Triallyl cyanurate)					x		
overige	2-[(2-methoxy-4-nitrophenyl)azo]-N-(2-methoxyphenyl)-3-oxobutyramide					x		
overige	2-[(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)carbamoylsulfamoyl]-N,N-dimethylpyridine-3-carboxamide					x		

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
overige	2-[4-[2-[4-(2-hydroxyethoxy)phenyl]propan-2-yl]phenoxy]ethanol					x		
overige	26-(4-nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24-octaoxahexacosan-1-ol					x		
overige	26-(nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24-octaoxahexacosan-1-ol					x		
overige	29-(isononylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24,27-nonaonanacosan-1-ol					x		
overige	29-(nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21,24,27-nonaonanacosanol					x		
overige	2-anilino-5-(4-methylpentan-2-ylamino)cyclohexa-2,5-diene-1,4-dione					x		
overige	2-benzotriazol-2-yl-4,6-di-tert-butylphenol (UV-320)					x		
overige	2-ethylhexanoic acid, cerium salt					x		
overige	2-ethylhexanoic acid, monoester with propane-1,2-diol					x		
overige	2-ethylhexyl[[[3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl]methyl]thio]acetate					x		
overige	2-tert-butyl-4-methoxyphenol					x		
overige	3,5-Dichloroaniline					x		
overige	3,5-Di-tert-butylbenzaldehyde					x		
overige	3-amino-9-ethyl carbazole					x		
overige	4,4'-(4-iminocyclohexa-2,5-dienylidenemethylene)dianiline hydrochloride					x		
overige	4,4'-methylenebis[2-chloroaniline]					x		
overige	4-tert-butylbenzoic acid				x	x		
overige	benzene-1,2,4-tricarboxylic acid 1,2 anhydride					x		
overige	Bis(2-ethylhexyl) adipate					x		
overige	bis(dimethylcarbamothioylsulfanyl)arsanyl N,N-dimethylcarbamodithioate					x		
overige	butyl 4-hydroxybenzoate					x		
overige	cobalt bis(2-ethylhexanoate)					x		
overige	cyclic 3-(1,2-ethanediylacetale)-estra-5(10),9(11)-diene-3,17-dione					x		
overige	diacetone alcohol					x		
overige	dibenz[a,j]acridine					x		
overige	dimethyl propylphosphonate					x		
overige	dimethyl sulphate					x		
overige	Leucine enkephalin				x	x		
overige	manganese bis(2-ethylhexanoate)					x		
overige	METHYLENE DI-T-BUTYLCRESOL					x		
overige	methyltriphenylarsonium iodide					x		
overige	monomethyl-tetrachlorodiphenyl methane. Trade name: Ugilec 141					x		
overige	mycophenolic acid					x		
overige	N-(hydroxymethyl)acrylamide					x		
overige	N,N'-diacetylbenzidine					x		
overige	N,N-dicyclohexylbenzothiazole-2-sulphenamide					x		
overige	phenyl glycidyl ether					x		
overige	phenylhydrazinium sulphate					x		

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
overige	tetrahydrothiopyran-3-carboxaldehyde					x		
overige	toluene 2,4-diisocyanate					x		
overige	(E,E)-Muconic acid							x
overige	1,4-Benzoquinone							x
overige	2-Cyanobenzoic acid							x
overige	3,5-Di-tert-butyl-4-hydroxybenzaldehyde							x
overige	3-Hydroxy-4-methoxy-benzaldehyde							x
overige	dinitrotoluene					x		
overige	disodium;3,6-bis[(2-arsonophenyl)diazanyl]-4,5-dihydroxynaphthalene-2,7-disulfonate					x		
overige	disodium;hydroxy-[4-[2-[4-[hydroxy(oxido)arsonyl]anilino]ethylamino]phenyl]arsinate					x		
overige	Ditolyl ether (1-Methyl-2-(2-methylphenoxy)benzene)					x		
overige	hexadec-1-ene					x		
overige	N-(2-ethylhexyl)naphthalen-2-amine					x		
overige	N-(2-nitrophenyl)phosphoric triamide					x		
overige	Tonalid (1-(5,6,7,8-tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthyl)ethan-1-one)					x		
overige	tributyl borate					x		
overige	[1,3(or 1,4)-phenylenebis(1-methylethylidene)]bis[tert-butyl peroxide (Peroximon F 100)]					x		
overige	[4-[[4-(dimethylamino)phenyl]diazanyl]phenyl]arsonic acid					x		
overige	1,2-benzenedicarboxylic acid, di-C6-8-branched alkyl esters, C7-rich					x		
overige	2,3-Dichloronitrobenzene					x		
overige	2,4,6-Tris(1-phenylethyl)phenol					x		
overige	2-[[4-methoxy-2-nitrophenyl]azo]-N-(2-methoxyphenyl)-3-oxobutyramide					x		
overige	2-[2-[2-(4-nonylphenoxy)ethoxy]ethoxy]ethoxyethanol					x		
overige	2-[2-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]ethoxy]ethanol					x		
overige	2-[2-[4-(3,6-dimethylheptan-3-yl)phenoxy]ethoxy]ethanol					x		
overige	20-(4-nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18-hexaoxaicosan-1-ol					x		
overige	2-benzyl-2-dimethylamino-4'-morpholinobutyrophenone					x		
overige	6-(tert-butylamino)-4-(ethylamino)-1H-1,3,5-triazin-2-one				x	x		
overige	6,6'-di-tert-butyl-4,4'-butylidenedi-m-cresol (Santowhite)				x	x		
overige	7H-dibenzo[c,g]carbazole				x	x		
overige	2-Phenylbenzimidazole							x
overige	Valine				x	x		
overige	vinyl neodecanoate				x	x		
overige	Benzoic acid				x			x
overige	Biphenyl				x			x

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
overige	Methenamine				x			x
overige	9,10-dihydro-9,9-dimethyl-Acridine				x			x
overige	N-Methyl-2-pyrrolidone				x			x
overige	N-Nitrosopiperidine				x			x
overige	(+)-(3aRS,5aSR,9aSR,9bSR)-3a,6,6,9a-Tetramethyldodecahydronaphtho[2,1-b]furan					x		
overige	(1R,2S,5R)-2-(4-chlorobenzyl)-5-isopropyl-1-ylmethyl)cyclopentanol					x		
overige	(isooctanoato-O)(neodecanoato-O)nickel					x		
overige	1,3-dimethyl ester 2-[(Tetrahydro-2-furanyl)methyl]-propanedioic acid					x		
overige	(5E)-5-[(4-chlorophenyl)methylidene]-2,2-dimethyl-1-(1,2,4-triazol-1-ylmethyl)cyclopentan-1-ol					x		
overige	(S)-4-hydroxy-3-(3-oxo-1-phenylbutyl)-2-benzopyrone					x		
overige	1-(2-hydroxy-5-nonyl(branched)-phenyl)ethanone oxime					x		
overige	1,4,5,8-tetraaminoanthraquinone					x		
overige	1-Butyl-3-[4-[(4-(butylcarbamoilamino)phenyl)methyl]phenyl]urea					x		
overige	2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentylphenol (UV-328)					x		
overige	2-(dimethylamino)-2-[(4-methylphenyl)methyl]-1-[4-(morpholin-4-yl)phenyl]butan-1-one					x		
overige	2,2-Bis(4-hydroxy-3-methylphenyl)propane					x		
overige	2,4,4'-trichlorobiphenyl					x		
overige	2,4-dinitrotoluene					x		
overige	2,5-Bis(hydroxymethyl)tetrahydrofuran					x		
overige	2,5-di-tert-pentylhydroquinone					x		
overige	2-[[4-chloro-2-nitrophenyl]azo]-N-(2-chlorophenyl)-3-oxobutyramide					x		
overige	20-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]-3,6,9,12,15,18-hexaoxaicosan-1-ol					x		
overige	23-(nonylphenoxy)-3,6,9,12,15,18,21-heptaoxatricosan-1-ol					x		
overige	2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(1-methoxypropan-2-yl)acetamide					x		
overige	2-ethylhexanoic acid, compound with 2,2',2''-nitrilotriethanol (1:1)					x		
overige	2-ethylhexyl 2-hydroxybenzoate					x		
overige	2-ethylhexyl trans-4-methoxycinnamate (Octinoxate)					x		
overige	2-hydroxypropyl-trimethyl-azanium; 5-methylheptanoate					x		
overige	2-pentanone-4-methyl-,O,O',O''-(ethenylsilyldyne)trioxime					x		
overige	3,6,9,12,15,18,21-Heptaoxatricosanedioic acid					x		
overige	3-Diethylamino-1-propanol					x		
overige	4,4'-methylenedi-o-toluidine					x		
overige	4,4'-thiodianiline				x	x		
overige	9(10H)acridone					x		

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
overige	acridine					x		
overige	alfa,alfa-dichlorotoluene (benzal chloride, (dichloromethyl) benzene)					x		
overige	ammonium diaquabis[salicylato(2-)-O1,O2]chromate(1-)					x		
overige	arsoric acid;(R)-[[(2S,4S,5R)-5-ethenyl-1-azabicyclo[2.2.2]octan-2-yl]- (6-methoxyquinolin-4-yl)methanol;octahydrate					x		
overige	benz[c]acridine					x		
overige	calcium bis(2-ethylhexanoate)					x		
overige	diosgenin					x		
overige	dodecamethylcyclohexasiloxane (Siloxane D6)					x		
overige	ethyl 1-(2,4-dichlorophenyl)-5-(trichloromethyl)-1H-1,2,4-triazole-3-carboxylate				x	x		
overige	hexafluoroarsenic(1-);triphenylsulfanium					x		
overige	hexahydro-4-methylphthalic anhydride					x		
overige	Hexakis[μ-(acetato-O:O')]-μ4-oxotetraberyllium				x	x		
overige	iron;iron(3+);methyl-dioxido-oxo-lambda5-arsane				x	x		
overige	m-bis(2,3-epoxypropoxy)benzene					x		
overige	Metformin hydrochloride					x		
overige	N,N,N',N',N'',N''-hexamethyl-4,4',4''-methylidynetrianiline					x		
overige	Na Salt					x		
overige	nickel(II) propionate					x		
overige	O,O',O''-(methylsilyldiylne)trioxime 2-pentanone					x		
overige	octamethylcyclotetrasiloxane (Siloxane D4)					x		
overige	O-hexyl-N-ethoxycarbonylthiocarbamate					x		
overige	OLEYLPALMITAMIDE					x		
overige	oxybenzone					x		
overige	Palmitelaidic acid					x		
overige	Pentadecanoic acid					x		
overige	possible peptide					x		
overige	sodium 3-(allyloxy)-2-hydroxypropanesulfonate					x		
overige	sodium;[4-[(2-amino-2-oxoethyl)amino]phenyl]-hydroxyarsinate					x		
overige	terphenyl					x		
overige	theophylline					x		
overige	Trifluoromethylbenzene					x		
overige	Tri-n-butylphosphate					x		
overige	tri-n-butyltin hydride				x	x		
overige	triphenyl phosphate				x	x		
overige	triphenylphosphine					x		
overige	Tris(2,4-ditert-butylphenyl) phosphite					x		
overige	tris(2-chloroethyl) phosphate					x		
overige	tris(2-ethylhexanoic) acid, trianhydride with boric acid					x		
overige	tris(2-methoxyethoxy)vinylsilane					x		
overige	Tris(3,5-xylene)phosphate					x		
overige	Tris(4-nonylphenyl) phosphite					x		
overige	tris(nonylphenyl) phosphite				x	x		

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
overige	1,1'-Disulfanediyl diazepan-2-one							x
overige	1H,3H-Naphtho(1,8-cd)pyran-1,3-dione							x
overige	1-indanone							x
overige	2-Ethylanthraquinone							x
overige	3-Phenylprop-2-enal				x			x
overige	4-((Morpholiniothio)thioxomethyl)morpholine				x			x
overige	4,4'-dithiodimorpholine				x			x
overige	7-Hydroxy-3-phenyl-1H-naphtho[2,1-b]pyran-1-one				x			x
overige	Dehydroabietic acid							x
overige	Docosanoic acid							x
overige	Phenyl isocyanate							x
overige	Phthalimide							x
overige	1,2,4-trinonyl benzene-1,2,4-tricarboxylate				x	x		
overige	Heptafluoro-1-methoxypropane (3M(TM) NOVEC(TM) ENGINEERED FLUID HFE-7000)				x	x		
overige	N-[6,9-dihydro-9-[[2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethoxy]methyl]-6-oxo-1H-purin-2-yl]acetamide					x		
overige	2-Methylfuran							
overige	Bis(cyclohexyloxy)methane				x			
overige	Butylated hydroxyanisole				x			
overige	Erucamide				x			
overige	Isocyanatocyclohexane				x			
overige	Methyl stearate				x			
overige	N-Nitrosomorpholine				x			
overige	N-tert-Butyl-2-benzothiazolesulfenamide							
overige	Pyrimidine, 2-(4-pentylphenyl)-5-propyl-							
overige	Zinc dibutyldithiocarbamate							
overige	Zinc diethyldithiocarbamate							
overige	Ziram							
overige	7-methoxy-6-(3-morpholin-4-yl-propoxy)-3H-quinazolin-4-one, [containing ≥ 0.5 % formamide]					x		
overige	2-ethylhexanoic acid					x		
overige	5-methylhexan-2-one					x		
overige	dicyclohexyl phthalate					x		
overige	(2R,3S,4R,5R,8R,10R,11R,12S,13S,14R)-11-[(2S,3R,4S,6R)-4-(dimethylamino)-3-hydroxy-6-methyloxan-2-yl]oxy-2-ethyl-3,4,10-trihydroxy-13-[(2R,4R,5S,6S)-5-hydroxy-4-methoxy-4,6-dimethyloxan-2-yl]oxy-3,5,6,8,10,12,14-heptamethyl-1-oxa-6-azacyclopentadecan-15-one					x		
PAK	11H-Benzo[a]fluorene	ja	ja					x
PAK	1-Hydroxypyrene	ja	ja					x
PAK	1-Methyl phenanthrene	ja	ja					x
PAK	2-nitronaphthalene	ja	ja			x		
PAK	4-nitropyrene	ja	ja			x		
PAK	1,2,3,4-Tetrahydro-6-(1-phenylethyl)naphthalene (ACTREL 400)	ja	ja			x		
PAK	anthraquinone	ja	ja			x		
PAK	Dibenz[a,h]anthracene	ja	ja		x			x

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
PAK	Dibenzofuran	ja	ja		x			x
PAK	Perylene	ja	ja		x			x
PAK	Phenanthro[4,5-bcd]thiophene	ja	ja		x			x
PAK	Benzo(g,h,i)peryleen	ja	ja		x			x
PAK	Benzo(j)fluoranthene	ja	ja		x			x
PAK	Carbazole	ja	ja		x			x
PAK	2,3-Acepyrene	ja	ja		x			x
PAK	2,6-Dimethylnaphthalene	ja	ja		x			x
PAK	2-Methylantracene	ja	ja		x			x
PAK	2-Methylnaphthalene	ja	ja		x			x
PAK	2-Methylphenanthrene	ja	ja		x			x
PAK	3-Methylphenanthrene	ja	ja		x			x
PAK	4H-Cyclopenta(def)phenanthren-4-one	ja	ja		x			x
PAK	6H-Benzo(cd)pyren-6-one	ja	ja		x			x
PAK	7,12-Dimethylbenz(a)anthracene	ja	ja		x			x
PAK	9-Methylphenanthrene	ja	ja		x			x
PAK	Acphenanthrylene	ja	ja		x			x
PAK	Acetophenone	ja	ja		x			x
PAK	Anthanthrene	ja	ja		x			x
PAK	Benzene-1,3-bis(acetyl)	ja	ja		x			x
PAK	Benzo(a)pyreen	ja	ja		x			x
PAK	Coronene	ja	ja		x			x
PAK	Cyclopenta[cd]pyrene	ja	ja		x			x
PAK	Dibenzo(a,e)pyrene	ja	ja		x			x
PAK	Dibenzo[a,i]pyrene	ja	ja		x			x
PAK	Phenalen-1-one	ja	ja		x			x
PAK	1-Methylnaphthalene	ja	ja			x		x
PAK	Naftaleen	ja	ja	x			x	
PAK	Chryseen	ja	ja	x		x	x	x
PAK	Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	ja	ja	x			x	x
PAK	Pyreen	ja	ja	x			x	x
PAK	Benzo(e)pyreen	ja	ja	x			x	x
PAK	Acenafteen	ja	ja	x			x	x
PAK	Acenaftyleen	ja	ja	x			x	x
PAK	Anthraceen	ja	ja	x			x	x
PAK	Benzo(a)anthraceen	ja	ja	x			x	x
PAK	Benzo(b)fluorantheen	ja	ja	x			x	x
PAK	Dibenzo(a,h)anthraceen	ja	ja	x			x	x
PAK	Fenanthreen	ja	ja	x			x	x
PAK	Fluorantheen	ja	ja	x			x	x
PAK	Fluoreen	ja	ja	x			x	x
PAK	Benzo(k)fluorantheen	ja	ja	x			x	x
PAK	Benzo[ghi]fluoranthene	ja	ja	x			x	x
PCB	PCB (som 6)	ja	ja	x			x	
PCB	PCB (som 7)	ja	ja	x			x	
PCB	PCB 153	ja	ja	x			x	
PCB	PCB 52	ja	ja	x			x	
PCB	PCB 118	ja	ja	x			x	
PCB	PCB 138	ja	ja	x			x	

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
PCB	PCB 180	ja	ja	x			x	
PCB	PCB 28	ja	ja	x			x	
PCB	PCB 101	ja	ja	x			x	
pesticide	Thiram	ja	ja					
pesticide	triclopyr	ja	ja					
pesticide	2-N-tert-butyl-4-N-ethyl-6-methylsulfanyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine	ja	ja			x		
pesticide	4-amino-5-chloro-1H-pyridazin-6-one	ja	ja			x		
pesticide	5-amino-4-chloro-2-methylpyridazin-3-one	ja	ja			x		
pesticide	6-hydroxy-1-(3-isopropoxypropyl)-4-methyl-2-oxo-5-[4-(phenylazo)phenylazo]-1,2-dihydro-3-pyridinecarbonitrile	ja	ja			x		
pesticide	allethrin (Esbiothrin)	ja	ja			x		
pesticide	atrazine	ja	ja			x		
pesticide	benomyl	ja	ja			x		
pesticide	binapacryl	ja	ja			x		
pesticide	chloridazon (pyrazon)	ja	ja			x		
pesticide	coumaphos	ja	ja			x		
pesticide	Diflufenican	ja	ja			x		
pesticide	dinoseb	ja	ja			x		
pesticide	diuron	ja	ja			x		
pesticide	epoxiconazole	ja	ja			x		
pesticide	Fipronil	ja	ja			x		
pesticide	Fluconazole	ja	ja			x		
pesticide	isopyrazam	ja	ja			x		
pesticide	linuron	ja	ja			x		
pesticide	Mevinphos	ja	ja			x		
pesticide	Propargite	ja	ja			x		
pesticide	Proquinazid	ja	ja			x		
pesticide	quizalofop-P-tefuryl	ja	ja			x		
pesticide	safrole	ja	ja			x		
pesticide	tridemorph	ja	ja			x		
pesticide	warfarin	ja	ja			x		
pesticide	Bifenthrin	ja	ja			x		
pesticides	flazasulfuron	ja	ja					
pesticides	Irgafos168	ja	ja					
pesticides	2,4-DDD (ortho, para-DDD)	ja	ja	x	x		x	
pesticides	2,4-DDE (ortho, para-DDE)	ja	ja	x	x		x	
pesticides	2,4-DDT (ortho, para-DDT)	ja	ja	x	x		x	
pesticides	alfa-HCH	ja	ja	x			x	
pesticides	beta-Endosulfan	ja	ja	x			x	
pesticides	beta-HCH	ja	ja	x			x	
pesticides	cis-Chloordaan	ja	ja	x			x	
pesticides	cis-Heptachloorepoxide	ja	ja	x			x	
pesticides	DDT/DDE/DDD (som)	ja	ja	x			x	
pesticides	delta-HCH	ja	ja	x			x	
pesticides	Dieldrin	ja	ja	x			x	
pesticides	Endosulfansulfaat	ja	ja	x			x	
pesticides	Endrin	ja	ja	x			x	

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
pesticides	Organochloor pesticiden	ja	ja	x	x		x	
pesticides	Hexachloorbenzeen	ja	ja	x			x	
pesticides	gamma-HCH	ja	ja	x			x	
pesticides	HCH (som alfa t/m epsilon)	ja	ja	x			x	
pesticides	Heptachloor	ja	ja	x			x	
pesticides	Hexachloorbutadieen	ja	ja	x			x	
pesticides	Isodrin	ja	ja	x			x	
pesticides	Telodrin	ja	ja	x			x	
pesticides	trans-Chloordaan	ja	ja	x			x	
pesticides	4,4-DDD (para, para-DDD)	ja	ja	x			x	
pesticides	4,4-DDE (para, para-DDE)	ja	ja	x			x	
pesticides	4,4-DDT (para, para-DDT)	ja	ja	x			x	
pesticides	Aldrin	ja	ja	x			x	
pesticides	Aldrin/dieldrin/endrin (som, 0.7 fa	ja	ja	x			x	
pesticides	alfa-Endosulfan	ja	ja	x			x	
PFAS	heptacosafuorotetradecanoic acid		ja			x		
PFAS	3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluorooctanesulphonic acid		ja		x	x		
PFAS	ammonium heptadecafluorooctanesulfonate		ja		x	x		
PFAS	ethanaminium, N,N,N-triethyl-, salt with 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6-tridecafluoro-1-hexanesulfonic acid (1:1)		ja		x	x		
PFAS	henicosafuoroundecanoic acid		ja			x		
PPD	77PD		ja					
PPD	DPPD		ja					
PPD	DTPD		ja					
PPD	N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylenediamine		ja		x			
PPD	N-cyclohexyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine		ja		x			
PPD	N-1,3-dimethylbutyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine		ja			x		
PPD	6PPD		ja	x	x			
PPD	6PPD-quinone		ja	x	x			
PPD	N,N'-Diphenyl-1,4-phenylenediamine		ja		x			x
Rubber (> 27 µm)	Polybutadieen		ja	x				
Rubber (> 27 µm)	polyisoprene		ja	x	x			
Rubber (> 27 µm)	som van de rubber componenten		ja	x	x			
Rubber (> 27 µm)	styreen-butadieen-rubber (SBR)		ja	x	x			
Thiazolen/triazolen	MMB		ja		x			
Thiazolen/triazolen	2,2'-Dithiobis(benzothiazole)		ja					
Thiazolen/triazolen	2-hydroxybenzothiazole		ja					
Thiazolen/triazolen	Benzoethiazole		ja					
Thiazolen/triazolen	N-Oxydiethylene-2-benzothiazylsulfenamide		ja					
Thiazolen/triazolen	2-Phenylbenzothiazole		ja		x			x
Thiazolen/triazolen	5-methyl-1H-benzotriazole		ja		x			x
Thiazolen/triazolen	2-mercaptobenzothiazole		ja	x				
Thiazolen/triazolen	1,3-benzothiazole		ja	x				
thiazolen/thiazolen	5-methyl- benzotriazole		ja			x		
VOCI	1,1,1,2,2-Tetrachloroethane					x		
VOCI	vinyl chloride					x		
VOCI	1,2,13,14-tetrachlorotetradecane					x		

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing

Paramtergroep	Parameter	Verdacht langs spoorwegen	Verdacht langs snelwegen	Kwantitatieve analyse snelweg	DART snelweg	LC-MS snelweg	Kwantitatieve analyse spoorweg	DART spoorweg
zware metalen	Lood [Pb]	ja	ja	x				
zware metalen	Nikkel [Ni]	ja	ja	x				
zware metalen	Zink [Zn]	ja	ja	x				
zware metalen	Koper [Cu]	ja	ja	x	x			
zware metalen	Kwik [Hg]	ja	ja	x				
zware metalen	Arseen [As]	ja	ja	x				
zware metalen	Cadmium [Cd]	ja	ja	x	x			
zware metalen	Chroom [Cr]	ja	ja	x	x			
zware metalen	Ijzer [Fe]	ja						
zware metalen	Mangaan [Mn]	ja						
zware metalen	Boor [B]	ja						
zware metalen	Tin [Sn]	ja						
zware metalen	Antimoon [Sb]	ja						
zware metalen	Barium [Ba]		ja					
zware metalen	Vanadium [V]	ja	ja					
zware metalen	Kobalt [Co]		ja					

Legende

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat onder rapportagegrens

Kwantitatieve analyse uitgevoerd, resultaat boven rapportagegrens

Kwalitatieve analyse, component gedetecteerd

Niet van toepassing