



> Retouradres Postbus 1 3720 BA Bilthoven

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

Contactpersoon

Onderzoeksleider MOD

Onze referentie

VLH-2024-0072

Kopie aan

Datum 19 december 2024
Betreft MOD rapportage Bonaire

Geachte,

Deze rapportage wordt tevens verzonden aan de gezaghebber Dhr. J. Soliano.

Op 5 november is er in de avond een grote brand ontstaan op de afvalstortplaats van Selibon, locatie Lagun, Bonaire. Naar aanleiding van deze brand heeft de gezaghebber, als voorzitter van het eilandelijk beleidsteam, het RIVM om bijstand gevraagd. In overeenstemming met het Openbaar Lichaam Bonaire en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (opdrachtgever voor inzet) is besloten dat een monsternameteam van de Milieuongevallen Dienst (MOD) van het RIVM ter plaatse zou komen voor onderzoek om meer inzicht te krijgen in schadelijke stoffen die mogelijk in de omgeving terecht zijn gekomen na de brand. Hiervoor heeft het RIVM monsters genomen van bodem, vegetatie en depositie van stof op (gladde) oppervlakken (d.m.v. vegen) in de omgeving van de afvalstortplaats. De MOD richt zich in het onderzoek op stoffen die over het algemeen bij (afval)branden vrijkomen en in de omgeving neerslaan.

Het MOD monsternameteam bestond uit 1 veldploegleider en 2 monsternemers. Dit team is van 13 november tot en met 17 november 2024 op Bonaire geweest voor de bemonstering. Alle monsters zijn vervolgens meegenomen naar Nederland. In Nederland zijn de monsters van 7 verschillende monsternamelocaties rondom de afvalstortplaats geanalyseerd op de aanwezigheid van PAK (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen), dioxines en metalen.

Op 5 december hebben we u al een tussentijdse rapportage toegestuurd (kenmerk VLH-2024-0070). De rapportage die nu voor u ligt, bevat de volledige resultaten van de analyses.

Uit de resultaten blijkt het volgende:

- Voor bijna alle metalen waarvoor gezondheidskundige grenswaarden bestaan, worden deze niet overschreden. Een uitzondering vormt lood. Voor lood is de geschatte blootstelling via neergeslagen stof en bodem op verschillende locaties in het effectgebied van de brand hoger dan de gezondheidskundige

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

grenswaarde. Het is onduidelijk of het lood in de bodem en in het neergeslagen stof herleid kan worden naar de brand. Doordat bij veegmonsters de ondergrond elke keer anders is, is er een kans dat er waarden gevonden worden die niet overeenkomen met wat wordt verwacht bij de verspreiding van depositie bij branden. Het is dus ook mogelijk dat het lood (ook) van een andere bron afkomstig is.

- PAK en dioxine analyses op bodem en veegstof geven aan dat het risico door blootstelling aan PAKs en dioxines niet verhoogd is. De resultaten van dioxines op vegetatie werden in de tussentijdse rapportage al gedeeld en staan hieronder nogmaals weergegeven.

Uit de tussentijdse rapportage waren de volgende resultaten al met u gedeeld:

- Op alle bemonsterde locaties waarvoor een dioxine-analyse is gedaan op vegetatie zijn dioxines aangetoond. Ook op de achtergrondlocatie. Op deze locatie was de concentratie ongeveer een factor 7 of meer lager dan op de locaties in het (verwachte) verspreidingsgebied van de rook.
- Tot 4 km van de afvalstortplaats zijn verhoogde waarden dioxines teruggevonden op vegetatie. Deze waarden zijn hoger dan de norm voor gebruik als veevoeder. Er bestaan echter wel onzekerheden met betrekking tot de gemeten dioxinegehalten in de vegetatie en hoe zich dat verhoudt tot de brand van 5 november 2024 en de betekenis ervan voor de voedselketen. Eerdere branden kunnen hebben bijgedragen aan de depositie van dioxines op vegetatie. Er heeft tijd gezeten tussen de brand en monsternamen, waartussen er veel neerslag is geweest (regen). Daarnaast is het type vegetatie dat bemonsterd is (*Wabi*; *Vachellia tortuosa*) geen gewas wat veel gegeten wordt door vee zoals een grassoort of door mensen zoals een grootbladerige groentesoort.

De onderzoeken van de MOD hebben een indicatief karakter; er wordt een beperkt aantal monsters genomen in korte tijd om het effectgebied in kaart te brengen.

Aanbevelingen

Handelingsperspectief

Naar aanleiding van de tussentijdse resultaten over dioxine op vegetatie heeft u op de crisis website van Bonaire gecommuniceerd over het handelingsperspectief voor omwonenden om blootstelling aan dioxines te voorkomen. Naar aanleiding van de nieuwe resultaten is het ook wenselijk om de blootstelling aan lood zo laag mogelijk te houden. Om de blootstelling van spelende kinderen aan lood via vervuilde oppervlakken en bodem te minimaliseren, is het belangrijk dat kinderen regelmatig hun handen wassen, vooral na het buiten spelen en voor het eten. Ook het speelgoed en andere voorwerpen die kinderen vaak gebruiken, moeten

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

met regelmaat gereinigd worden, vooral als ze buiten worden gebruikt. Dit is conform het handelingsperspectief dat u eerder via de crisis website hebt gecommuniceerd voor dioxines op vegetatie.

Voorkom nieuwe depositie

De MOD adviseert om nieuwe depositie van dioxines, PAKs en metalen in de omgeving te voorkomen. Elke nieuwe brand op de afvalstortplaats Lagun (en branden op andere locaties) veroorzaakt rook en nieuwe depositie van dioxines, PAKs en metalen in de omgeving. Blootstelling aan deze stoffen is ongezond en ze zijn schadelijk voor het milieu. Dit onderzoek is gericht op de afvalstortlocatie Lagun, aangezien daar in november een grote brand heeft gewoed. Echter, het verloop van de dioxineconcentraties in vegetatie – ook op andere locaties dan in de recente rookpluim - suggereert dat dioxines ook vanuit andere (verbrandings)bronnen gevormd zijn. Geadviseerd wordt om verschillende bronnen van dioxines op Bonaire in kaart te brengen. Het advies is om maatregelen te treffen om de totale depositie van dioxines (en andere stoffen die vrijkomen bij branden) te voorkomen.

Onderzoek blootstelling aan dioxines via voedsel

Dagelijkse inname van lage gehalten dioxines kan uiteindelijk leiden tot verhoogde gehalten in het lichaam en dat kan schadelijke effecten hebben op de gezondheid. Het gaat vooral om de inname via voedsel gecombineerd met hand-mond contact. Het RIVM adviseert om een beter kwantitatief beeld te krijgen van de blootstelling van de bewoners aan dioxines. Dit kan bijvoorbeeld door berekeningen of door metingen in voedsel dat op Bonaire geproduceerd wordt, zoals eieren, vlees en melk.

Mocht u naar aanleiding van deze brief vragen hebben dan kunt u contact opnemen met Dhr. André van Esburg, coördinator bij de MOD.

Met vriendelijke groet,

Hoofd centrum Veiligheid

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Rapportage risicobeoordeling PAKs, dioxines en metalen in verspreidingsgebied van afvalbrand op Bonaire

Aanleiding en doel

In de avond van 5 november is er een grote brand¹ ontstaan op de afvalstortplaats van Selibon, locatie Lagun. Deze brand heeft meerdere dagen gewoed. Eerder dit jaar waren er op deze locatie al verschillende (smeul)branden.

De Milieuongevallen Dienst (MOD) is gevraagd om in het verspreidingsgebied van de afvalbrand van 5 november onderzoek te doen om meer duidelijkheid te krijgen over schadelijke stoffen die mogelijk in de omgeving terecht zijn gekomen.

De MOD was enkele dagen na de brand, van 13 tot en met 17 november 2024, op Bonaire aanwezig. De brand was op dat moment geblust en er waren hevige regenbuien gevallen. De MOD heeft daarom geen metingen uitgevoerd naar de luchtkwaliteit, maar depositie monsters genomen van vegetatie, veegstof en bodem. De risicobeoordeling is gericht op het inschatten van mogelijke gezondheidseffecten van de gemeten stoffen in de bodem-, vegetatie- en veegmonsters en zal door de opzet van het onderzoek indicatief van aard zal zijn. Voor het inschatten van toxicologische milieueffecten is een andere meetstrategie noodzakelijk, effecten op natuur en milieu (bijvoorbeeld bodem- en waterleven) liggen daarom buiten de scope van dit onderzoek.

De monstername locaties

Uit eerder onderzoek² van de MOD naar grote branden in Europees Nederland blijkt dat schadelijke stoffen doorgaans niet meer worden gemeten buiten een straal van 1 kilometer van de brand, door verspreiding en verdunning van deze stoffen in de lucht. Omdat de MOD niet aanwezig was tijdens de brand op Bonaire, was het niet mogelijk om luchtmonsters te nemen tijdens de brand. Het onderzoek richt zich daarom op stoffen die in het algemeen bij (afval)branden in de omgeving neerslaan, de zogenoemde depositie. Met dit indicatieve onderzoek kan geen onderscheid gemaakt worden tussen de depositie na de brand van afgelopen november en de depositie die al eerder is neergedaald.

De dominante windrichting op Bonaire is oostenwind. Ook tijdens de brand van 5 op 6 november was dit het geval, dit volgt uit de meteorologische gegevens van het KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut). Het benedenwindse gebied ligt dus ten westen van de afvalstort. Er zijn van 7 locaties monsters verzameld en geanalyseerd. Deze locaties liggen in de directe nabijheid van de afvalstortplaats (locaties 1, 2, 3 en 4; binnen 1 km), op 4 km (locatie 8,

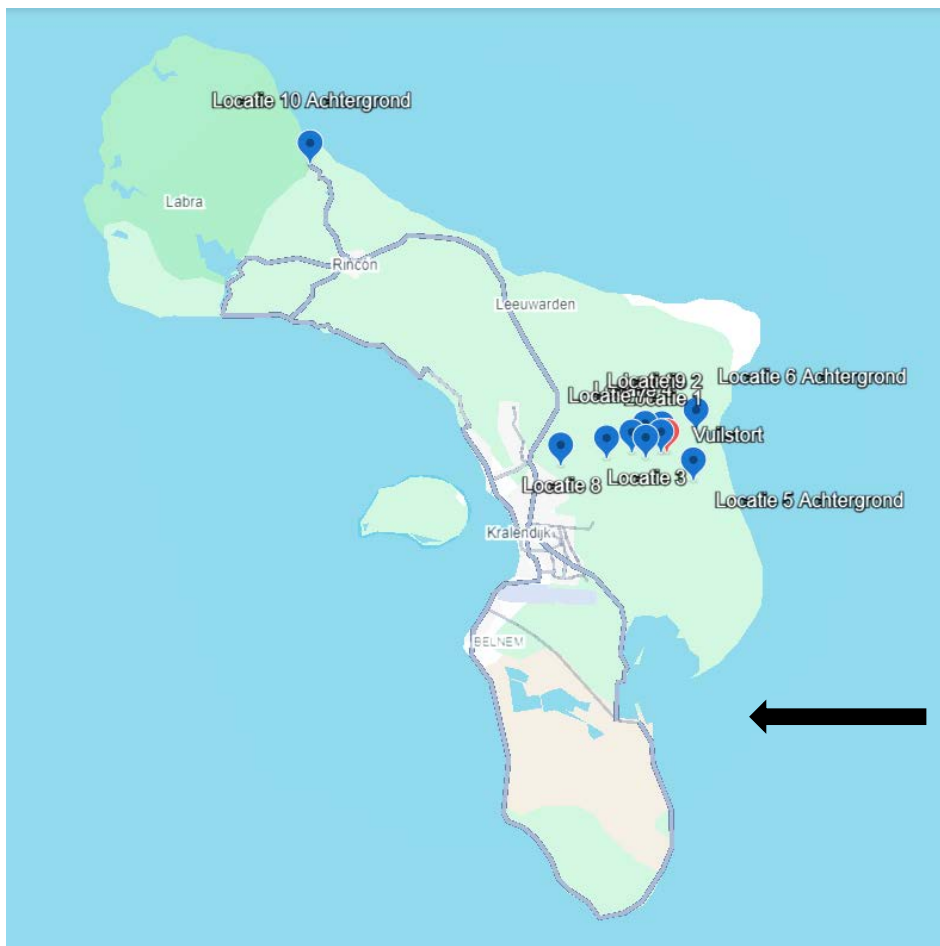
¹ [Bewoners Bonaire geëvacueerd na grote brand bij de vuilstort](#)

² [Meetresultaten bij branden. Analyse van MOD-incidentmeetgegevens 2008-2021 | RIVM](#)

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

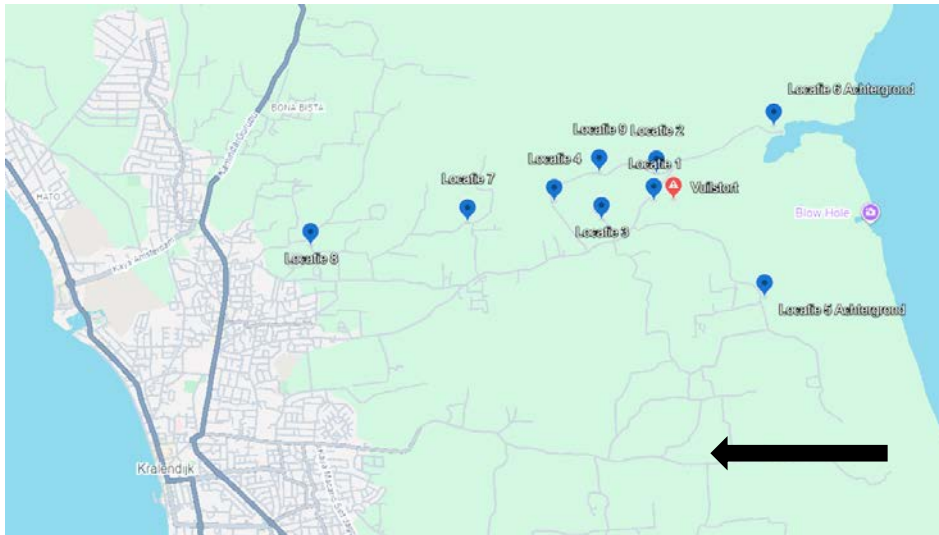
rand Kralendijk) en ten noordoosten van de afvalstortplaats (locatie 6, achtergrondlocatie). Als aanvulling zijn de monsters van locatie 7 (op 2 km ten westen van de afvalstort) ook op dioxine geanalyseerd. Van de overige locaties (locaties 5, 9 en 10), zijn wel monsters genomen, maar deze monsters zijn niet geanalyseerd en maken geen onderdeel uit van deze rapportage. Zie verder afbeelding 1a en 1b voor een overzicht van de bemonsterde locaties op Bonaire.



Afbeelding 1a: overzicht van de verschillende monsternamen locaties op Bonaire. De locaties 1, 2, 3, 4 (allen binnen de 1 km van de afvalstortplaats) en 8 (op 4 km afstand, nabij Kralendijk) zijn geanalyseerd. Als achtergrond is locatie 6 geanalyseerd. Locatie 7 is aanvullend op enkel dioxine geanalyseerd. De overige locaties (5, 9 en 10) zijn genomen en dienen als back-up. De dominante windrichting is oostenwind (van oost naar west, zie pijl).

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072



Afbeelding 1b: overzicht van de verschillende monsternamen locaties op Bonaire. De locaties 1, 2, 3, 4 (allen binnen de 1 km van de afvalstortplaats) en 8 (op 4 km afstand, nabij Kralendijk) zijn geanalyseerd. Als achtergrond is locatie 6 geanalyseerd. Locatie 7 is aanvullend op enkel dioxine geanalyseerd. De overige locaties (5, 9 en 10) zijn genomen en dienen als back-up. De dominante windrichting is oostenwind (van oost naar west, zie pijl).

Tabel 1: Monsternamelijst: Op alle locaties zijn bodem-, veeg- en vegetatiemonsters verzameld. De locaties 1, 2, 3, 4, 6 en 8 zijn in dit onderzoek verder geanalyseerd. Locatie 7 is enkel op dioxine geanalyseerd. De locaties 5, 9 en 10 dienen als back-up en hebben in deze tabel een grijze achtergrond.

Locatie	Beschrijving	Coördinaten	Afstand tot afvalstortplaats
1	Dichtst bij landfill	12.1751442 - 68.2288336	100 m West
2	Geitenveldje	12.1777046 - 68.2285944	200 m Noord-west
3	Bij IBC bakken	12.1733062 - 68.2339224	600 m West
4	BBQ plek parkeerplaats	12.1750012 - 68.238507	1 km West
5	Golfbaan Achtergrond Zuid	12.1659397 - 68.2180993	1 km Zuid-Oost
6	Lagun Achtergrond Noord	12.1822068 - 68.2172026	1 km Noord-Oost

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

7	Bij Compound	12.1731122 - 68.2469509	2 km West
8	Nabij Kralendijk	12.1708461 - 68.2621879	4 km West
9	Extra benedenwinds	12.1778122 - 68.2341624	700 m West
10	Achtergrond Slagbaai	12.2690929 - 68.3454362	15 km Noord-West

Monstername

Per monsternamelocatie werden verschillende monsters genomen van de bodem (bodem materiaal), vegetatie (plantmateriaal) en depositie (veegmonsters van neergedaald stof). Over het algemeen geven bodemmonsters een accurater beeld van langdurige concentraties en depositie, terwijl veegmonsters doorgaans een recenter beeld van depositie geven. Dit is sterk afhankelijk van het oppervlak waarop de stof is terecht gekomen, de weersomstandigheden en hoe vaak oppervlakten worden schoongemaakt. Bij vegetatie spelen de groeisnelheid en de opname van stoffen door de plant een rol.

Vegetatiemonsters

Voor de vegetatiemonsters is eerst gekeken welke beplanting voorhanden was. De wabi (*Vachellia tortuosa*) was als een van de weinige soorten vegetatie op alle locaties voldoende aanwezig. Van deze plant werd per locatie tot 300 gram materiaal verzameld. De vegetatie is geanalyseerd op de aanwezigheid van dioxines en metalen.

Bodemmonsters

De bodemmonsters zijn genomen door in een gebied (10 bij 10 meter) 60 steken te nemen van de toplaag. Vervolgens werden alle steken gemengd tot een mengmonster van de toplaag van de bodem. In totaal is er 1 kg aan bodemmateriaal per locatie verzameld. Dit is voldoende materiaal om de 3 verschillende analyses (PAK, dioxine en metalen) uit te voeren.

Veegmonsters

De veegmonsters werden genomen door een geschikt oppervlak te vegen met een watje met gedestilleerd water. De grootte van het geveegde oppervlak is hierbij ook gemeten. Per locatie werden 3 geschikte oppervlakten geveegd (voor onderzoek naar dioxine, PAK en metalen).

Analyses

De analysesresultaten van de vegetatie-, veeg- en bodemmonsters staan vermeld in Bijlage 1, 2 en 3.

Er zijn analyses uitgevoerd voor de volgende stofgroepen:

Dioxines

Dioxines vormen een groep chemische verbindingen, waarvan sommige zeer giftig zijn. Dioxines zijn zeer persistent in het milieu, slecht

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

afbreekbaar in mens en dier en goed oplosbaar in vetten en hebben daardoor de neiging zich in de voedselketen op te hopen. Dioxines kunnen vrijkomen bij brandprocessen met materialen die koolwaterstoffen en chloor bevatten zoals bepaalde kunststoffen (met name pvc). Hoeveel dioxines ontstaan en zich verspreiden in de leefomgeving hangt af van de omstandigheden: de omvang en kenmerken van de brand (verbrandingstemperatuur, zuurstoftoevoer, brandduur, mate van pluimstijging, enzovoorts), de materialen die verbranden en de weersomstandigheden.

In de leefomgeving kunnen mensen in aanraking komen met de vrijkomende dioxinen door inademing van stofdeeltjes en door contact met neergedaald stof, waar de dioxinen aan hechten. Ook kan de verspreiding van dioxinen leiden tot verontreiniging van gras en gewassen en daarmee een risico vormen voor de voedselveiligheid via consumptie van dierlijke producten, zoals melk van vee of eieren van kippen die verontreinigde grond of gras hebben gegeten, of via consumptie van verontreinigde groenten. Dagelijkse inname van lage gehalten kan uiteindelijk leiden tot verhoogde gehalten in het lichaam en daarmee een verhoogde kans op gezondheidseffecten. Het gaat dan vooral om de inname via voedsel over langere termijn².

Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAKs)

PAKs zijn een groep van honderden organische stoffen opgebouwd uit twee of meer benzeenringen met mutagene en carcinogene eigenschappen die ontstaan bij (onvolledige) verbranding van organische stoffen. PAKs kunnen bij branden vrijkomen en in het milieu terecht komen, maar ook uit andere bronnen zoals sigarettenrook, houtstook, barbecues, industrie en verkeer. PAKs kunnen bij hoge blootstelling een risico vormen voor de gezondheid met als voornaamste innameroutes ademhaling en voedsel².

Metalen

Eén van de groepen stoffen, waarop de MOD bij branden vaak metingen verricht, zijn (zware) metalen en andere elementen. Deze komen voor in vele verschillende verbindingen, waarvan sommige (zeer) giftig zijn. Een aantal van deze verbindingen kan vrijkomen bij branden doordat ze voorkomen in de materialen die bij de brand betrokken zijn of doordat ze tot stand komen tijdens de brandprocessen.

Welke verbindingen en hoeveel er van ontstaan en zich verspreiden in de leefomgeving hangt af van de omstandigheden: de omvang en kenmerken van de brand (verbrandingstemperatuur, zuurstoftoevoer, brandduur, mate van pluimstijging, enzovoorts), de materialen die verbranden en de weersomstandigheden. De MOD verricht geen metingen op afzonderlijke verbindingen, alleen op de metalen en elementen die in deze verbindingen voorkomen. Met de door de MOD uitgevoerde meet- en analysemethoden zijn namelijk geen afzonderlijke metaalverbindingen te bepalen. Voorbeeld: de MOD meet niet op ijzeroxide, ijzersulfaat of ijzerchloride, maar wel op ijzer, dat wil zeggen

de totale hoeveelheid van het element ijzer dat in verschillende verbindingen voorkomt².

Verspreidingsgebied van gemeten stoffen

Over het algemeen komen de analyseresultaten van vegetatie-, bodem-, en veegmonsters overeen met de verwachtingen voor het verspreidingsgebied als gevolg van de brand bij Lagun en de dominante oostenwind. Er zijn echter enkele afwijkingen van deze verwachting. Zo werd bijvoorbeeld een verhoogde loodconcentratie gemeten in het veegmonster op locatie 2 en werden op locatie 4 enkele metalen aangetroffen die elders niet werden gevonden. Er bestaat onzekerheid over de variatie in de metingen door toevalligheden, zeker bij veegmonsters. Bij het vegen kan een ondergrond glad of ruwer zijn, beïnvloed worden door weersomstandigheden en van zichzelf stoffen bevatten die de meting kunnen beïnvloeden. Doordat de ondergrond elke keer anders is, is er een kans dat er waarden gevonden worden die niet in lijn zijn met wat wordt verwacht bij de verspreiding van depositie bij branden. Daarnaast valt het op dat dioxines in bodem- en veegmonsters, in tegenstelling tot dioxines in vegetatie, geen duidelijk patroon vertonen. De hoogste concentratie dioxines in de bodem werd gemeten op locatie 2, terwijl de veegmonsters de hoogste concentraties op locaties 1 en 4 lieten zien.

Risicobeoordeling

Aandachtspunten bij de risicobeoordeling

De risicobeoordeling door de MOD heeft een indicatief karakter en kent onzekerheden. Hieronder worden de redenen hiervoor toegelicht:

- Er zijn slechts een beperkt aantal monsters genomen binnen een korte tijdsperiode om het effectgebied in kaart te brengen.
- Er is slechts eenmalig gemeten, waardoor er geen inzicht is in de concentraties in het milieu in het verleden of in het verloop van de concentraties over langdurige perioden.
- De analyseresultaten wijzen op mogelijke andere relevante bronnen. Er kunnen ook andere (verbrandings)bronnen op het eiland aanwezig zijn of zijn geweest en een bijdrage leveren aan de gemeten concentraties.
- Het vertalen van gemeten concentraties in bodem- en veegmonsters naar blootstelling door mensen is onzeker. Blootstelling wordt beïnvloed door menselijk gedrag. Er is een schatting gemaakt voor een persoon met hoge blootstelling, namelijk een spelend kind van één jaar.
- De vergelijking met een toxicologische referentiewaarde is gebaseerd op de aanname van langdurige (levenslange) blootstelling. Hoewel dit onzeker is, wordt het enigszins ondersteund door het feit dat branden zich al langere tijd voordoen en stoffen zoals dioxines niet snel verdwijnen uit de bodem.

Vegetatie

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Er is geen risicobeoordeling uitgevoerd voor de gemeten concentraties van dioxines en metalen op de vegetatie, omdat de bemonsterde vegetatie niet worden geconsumeerd door mensen of vee. De wabi werd gekozen om op alle locaties een zo vergelijkbaar mogelijke situatie te bemonsteren. De resultaten geven daarmee een indicatie van mogelijke depositie op eetbare vegetatie, zoals bladgroenten of grassen. De resultaten zijn vergeleken met bestaande veevoedernormen. Dit wordt in de onderstaande paragrafen verder besproken. De volledige resultaten zijn te vinden in bijlage 2.

Dioxines

De gemeten concentraties voor dioxines op vegetatie zijn verhoogd op locaties tot 4 km van de afvalstortplaats en overschrijden de veevoedernorm van 0,75 ng/kg (bij 12% vocht). Deze concentraties liggen tussen de 0,88 tot 43 keer boven de veevoedernorm. Blootstelling aan dioxines via dierlijke producten, zoals bijvoorbeeld vlees, melk en eieren, is een belangrijke bron van dioxine voor de mens. Bij vergelijkbare analyseresultaten in Nederland worden vaak maatregelen genomen, zoals het instellen van een tijdelijk graasverbod om blootstelling van dioxine via de voedselketen te voorkomen. Concentraties van dioxines in lokale gewassen ten behoeve van de voedselketen op Bonaire is in dit onderzoek niet onderzocht. Vervolgonderzoek naar dioxines in lokaal verbouwd voedsel is aan te bevelen om de mogelijke combinatieblootstelling te beoordelen. Het geldende advies is om gewassen goed te wassen voordat ze door mensen worden geconsumeerd.

Metalen

Voor de metalen waarvoor normen in diervoeder bestaan, liggen de gemeten concentraties onder deze normen.

Veeg- en bodemmonsters

Op basis van de analyseresultaten van de veeg- en bodemmonsters, is de blootstelling geschat voor een kind van één jaar dat tijdens het buiten spelen in aanraking kan komen met gecontamineerde oppervlakken en bodem. Een beschrijving van de blootstellingsberekeningen staat in Bijlage 4 en 5.

PAK

De risicobeoordeling voor PAKs is gebaseerd op de levenslange blootstelling via de huid en inname via de mond en wordt uitgedrukt als het extra risico op kanker gedurende een mensenleven. De risicobeoordeling richt zich op 8 PAKs die de EFSA PAK8 vormen. Op basis van de gemeten concentraties wordt een blootstellingsniveau berekend dat geen verhoogd gezondheidsrisico oplevert door blootstelling aan bodem en gedeponeerde stoffen en is te vinden in Bijlage 6.

Dioxines

Het berekende blootstellingsniveau uit de bodem- en veegmonsters

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

ligt onder de gezondheidkundige grenswaarde voor dioxine van 2 pg WHO2005 PCDD/F per week. Voor locatie 1 komt de geschatte blootstelling aan dioxines via gedeponerd stof (veegmonster) overeen met 0,89 keer de bijbehorende gezondheidkundige grenswaarde, wat aangeeft dat de marge niet groot is. Voor de andere locaties is de marge met de gezondheidkundige grenswaarde groter (tussen factor 0,07 en 0,22). De blootstellingsschatting en risicobeoordeling van dioxines zijn te vinden in Bijlage 7.

Metalen

Voor bijna alle metalen waarvoor gezondheidkundige grenswaarden bestaan, ligt de berekende blootstelling via gedeponerd stof (veegmonsters) en bodem onder deze waarde. Daarom kan worden geconcludeerd dat er voor deze metalen geen gezondheidsrisico te verwachten is door blootstelling via gedeponerd stof of bodem. De blootstellingsschatting en risicobeoordeling van metalen zijn te vinden in Bijlage 8.

Een uitzondering vormt lood, waarbij de geschatte blootstelling via neergeslagen stof en bodem op verschillende locaties hoger is dan de gezondheidkundige grenswaarde. Voor aluminium en vanadium is de geschatte blootstelling via bodem voor één of meerdere locaties hoger dan de gezondheidkundige grenswaarde.

Voor arseen en chroom (in het geval van chroom-6) zijn er geen gezondheidkundige grenswaarden vastgesteld. In plaats daarvan zijn er PoD-waarden (Points of Departure) die een MOE-benadering (Margin of Exposure) vereisen voordat er uitspraken kunnen worden gedaan over mogelijke gezondheidsrisico's.

Hieronder wordt uitgebreider ingegaan op deze twee metalen (arseen en chroom) en de drie eerder genoemde metalen (lood, aluminium en vanadium).

Lood

In de risicobeoordeling voor lood is de blootstelling vergeleken met de tolereerbare dagelijkse inname (TDI) van 0,05 µg/kg lg/d.

Bodemmonsters: De geschatte gemiddelde jaarlijkse blootstelling van lood via de bodem varieert van 0,03 tot 0,17 µg/kg lg/d. Deze niveaus overschrijden de gezondheidkundige grenswaarde op de locaties 1, 2, 3, 4, 6 en 8 met een factor van 1; 3,4; 1; 0,6; 0,8 en 0,8 respectievelijk.

Veegmonsters: de geschatte gemiddelde jaarlijkse blootstelling aan lood via gedeponerd stof varieert per de locatie van 0,04 tot 4,44 µg/kg lg/d, met uitzondering van locatie 8, waar de loodconcentratie in het veegmonster onder de detectielimiet ligt. Op locaties 1; 2; 3; 4 en 6 (achtergrond) wordt de gezondheidkundige grenswaarde overschreden met een factor respectievelijk 2, 89, 0,8, 2 en 3,4.

De grenswaarde voor lood is gebaseerd op het risico van neurologische ontwikkelingsstoornissen. Het is wenselijk om de blootstelling aan lood zo

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

laag mogelijk te houden. Om de blootstelling van spelende kinderen aan lood via vervuilde oppervlakken en bodem te minimaliseren, is het belangrijk dat kinderen regelmatig hun handen wassen, vooral na het buiten spelen en voor het eten. Reinig ook regelmatig het speelgoed en andere voorwerpen die kinderen vaak gebruiken, vooral als ze buiten worden gebruikt.

Er kan bij veegmonsters onzekerheid ontstaan over de variatie in de metingen door toevalligheden. Een uitschieter, zoals het veegmonster van locatie 2, is mogelijk het gevolg van zo'n toevalligheid. Ook resultaten van de concentratie lood in bodem en op vegetatie bevestigen dat het naar alle waarschijnlijkheid een uitschieter is.

Aluminium

Voor aluminium is een 'provisional' (tijdelijke) Toelaatbare Wekelijkse Inname (TWI) van 2 mg/kg lichaamsgewicht per week vastgesteld, gebaseerd op ontwikkelingsneurotoxiciteit.

Bodemmonsters: De geschatte gemiddelde jaarlijkse blootstelling aan aluminium via de bodem overschrijdt de TWI met een factor van 1,3; 1,6; 0,67; 1,0; 1,2 en 1,5 voor respectievelijk locaties 1, 2, 3, 4, 6 (achtergrond) en 8. Op alle locaties, behalve locatie 3, wordt de gezondheidkundige grenswaarde voor langdurige blootstelling overschreden.

Veegmonsters: De blootstelling aan aluminium via gedeponeed stof blijft voor alle locaties onder de TWI.

De orale blootstelling aan aluminium door onbedoelde inname van bodemdeeltjes ligt net boven de TWI voor éénjarige kinderen, maar neemt af naarmate kinderen ouder worden en hun lichaamsgewicht toeneemt. Bovendien is het grootste deel van het aluminium dat in de bodem zit inert en niet biologisch toegankelijk, wat betekent dat niet al het aluminium kan worden opgenomen door het lichaam. De beschikbaarheid van aluminium hangt af van de hoeveelheid aluminium die vrijkomt tijdens de vertering in het maag-darmkanaal. Dit wordt beïnvloed door factoren zoals pH en concurrerende ionen. Daarom worden er in deze situatie geen gezondheidsrisico's op de lange termijn verwacht.

Vanadium

Voor vanadium is een 'provisional' (tijdelijke) TDI van 2 µg/kg lg/dag vastgesteld voor ontwikkelingstoxiciteit bij ratten (o.a. vertraagde groei in pups).

Bodemmonsters: Alleen bij locatie 8 is de blootstelling via de bodem iets hoger dan de grenswaarde, deze is met een factor 1,15 verhoogd. Voor blootstelling via de bodem op andere locaties blijft de geschatte blootstelling onder de grenswaarde.

Veegmonsters: De blootstelling aan vanadium via gedeponeed stof blijft voor alle locaties onder de TWI.

Daarom worden er in deze situatie geen gezondheidsrisico's op de lange termijn verwacht.

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Arseen

Voor de risicobeoordeling van arseen is, op basis van humane epidemiologische gegevens met betrekking tot longkanker, een Benchmark Dose Level (BMDL)_{0,5} vastgesteld van 3 µg/kg lg/dag (range 2-7 µg/kg lg/dag). Deze BMDL_{0,5} is de dosis waarbij er een 0,5% extra risico op longkanker kan voordoen. Op basis van deze BMDL_{0,5} is een MOE-berekening uitgevoerd, door de ratio tussen de BMDL_{0,5} en de berekende blootstelling te bepalen. Eerder is door het RIVM geconcludeerd dat de minimale Margin Of Exposure (MOE) voor arseen, bij een BMDL_{0,5} van 3 µg/kg lg/dag, tussen 10 en 50 zou moeten liggen (Swartjes et al., 2017). Bodemmonsters: Arseen is in de bodemmonsters van alle locaties gemeten. Op locatie 6 is de berekende MOE-waarde 50. Dit ligt op de grens van de minimale MOE zoals door de expertgroep vastgesteld (i.e. tussen de 10 en 50). Voor de overige locaties ligt de berekende blootstelling boven de minimale MOE en daarmee valt deze MOE-waarde binnen het bereik van 10 tot 50.

Veegmonsters: Arseen is alleen in het veegmonster op locatie 4 gemeten. De resulterende MOE is 42 (3/0,07), deze MOE-waarde valt binnen het bereik van 10 tot 50. Voor de veegmonsters is op de overige locaties geen arseen gemeten. De aanwezigheid van arseen op locatie 4 lijkt dan ook niet gerelateerd te zijn aan de depositie van de brand.

Er wordt opgemerkt dat de voor arseen berekende blootstelling zich richt op een conservatieve aanname voor het lichaamsgewicht, namelijk dat van een éénjarige. Ook is de blootstelling voor arseen niet uitgemiddeld over 70 jaar levenslang (zoals voor genotoxisch carcinogenen bij een kwantitatieve benadering veelal wordt toegepast). Op basis hiervan kan gesteld worden dat de blootstelling aan arseen via bodem en gedeponeerd stof (veegmonster) geen noemenswaardige risico's oplevert.

Chroom

Van chroom is bekend dat chroom-6 kankerverwekkend is, terwijl chroom-3 dat niet is. Als er alleen chroom-3 aanwezig zou zijn, ligt de berekende blootstelling op alle locaties ruim onder de gezondheidskundige grenswaarde van 300 µg/kg lg/d die voor chroom-3 is vastgesteld. Als het gemeten chroom volledig uit chroom-6 zou bestaan, is er op basis van de BMDL₁₀ van 1000 µg/kg lg/d en de geschatte blootstelling een MOE-berekening uitgevoerd. De MOE voor genotoxisch carcinogenen, indien deze gebaseerd is op een BMDL₁₀ afkomstig van proefdieronderzoek, dient 10.000 of hoger te zijn om te concluderen dat er 'low concern from a public health point of view' is.

Bodemmonsters: Voor de bodemmonsters resulteert dit in een MOE-range van 908-9899. Op alle locaties, inclusief locatie 6 (achtergrond), is de MOE lager dan de minimale vereiste waarde van 10.000.

Veegmonsters: De geschatte blootstelling aan chroom-6 via gedeponeerd stof op de locaties resulteert in een MOE-range van 3445-45473. Alleen voor locatie 4 is de berekende MOE-waarde (i.e. 3445) lager dan 10.000.

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Voor de overige locaties 1, 2, 3, 8 en 6 (achtergrond) is de berekende MOE-waarde boven de 10.000.

Het is niet aannemelijk dat alle chroom chroom-6 zou zijn, aangezien bekend is dat chroom-6 in de omgevingslucht doorgaans snel naar chroom-3 en andere minder toxische varianten vervalt. Bovendien wordt opgemerkt dat de voor chroom berekende blootstelling zich richt op een conservatieve aanname voor het lichaamsgewicht, namelijk dat van een éénjarige. Ook is de blootstelling voor chroom niet uitgemiddeld over 70 jaar levenslang (zoals voor genotoxisch carcinogenen bij een kwantitatieve benadering veelal wordt toegepast). Op basis hiervan kan gesteld worden dat de blootstelling aan chroom (in de vorm van chroom-3 óf chroom-6 wat snel zal vervallen naar minder toxische varianten) via gedeponeerd stof en bodem geen noemenswaardige risico's oplevert voor het scenario van spelende kinderen van één jaar.

Conclusies

De risicobeoordeling van de depositie in de omgeving van de afvalstortplaats bij Selibon, locatie Lagun, Bonaire, is gebaseerd op een eenmalige bemonstering van vegetatie, bodem en geveegde oppervlakten op zeven verschillende locaties. De locaties zijn gekozen in het verwachte verspreidingsgebied van de rook, gezien vanaf Lagun, en aangevuld met achtergrondlocaties. Het tijdstip van bemonsteren was enkele dagen nadat de brand geblust was op het terrein van Lagun en na hevige regenbuien. De monsters zijn geanalyseerd op chemische stoffen die in verband worden gebracht met (afval)branden, namelijk PAKs, dioxines en metalen. De vegetatiemonsters zijn niet geanalyseerd op de aanwezigheid van PAKs.

Hoewel de meetstudie zorgvuldig is opgezet, bevat de risicobeoordeling door de beperkte scope enkele aandachtspunten en onzekerheden, die hieronder kort beschreven worden. Hierdoor heeft de risicobeoordeling een duidelijk indicatief karakter. Er wordt aangegeven welke conclusies op basis van de risicobeoordeling kunnen worden getrokken, en voor enkele stoffen wordt een nadere toxicologische duiding gegeven van de resultaten.

Eenmalige bemonstering

Er zijn eenmalig monsters genomen op een beperkt aantal locaties in de omgeving van Lagun. Dit biedt een momentopname van de concentraties van stoffen in het milieu, maar biedt geen retrospectief overzicht. Verschillende factoren beïnvloeden de gemeten concentraties in depositie op vegetatie, veegstof en bodem. De aangetroffen depositie is waarschijnlijk het resultaat van een 'historische' depositie van stoffen door menselijke activiteiten in het gebied, evenals recente en vroegere branden bij Lagun en wordt mede beïnvloed door weersinvloeden. Hierdoor is er in de loop van de tijd sprake van aanvoer en afvoer van stoffen in het gebied. Het is onbekend of de gemeten concentraties van stoffen op vegetatie en oppervlakten en in de bodem constant blijven,

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

afnemen, toenemen of sterke fluctuatie laten zien. Over het algemeen geven bodemonsters een accurater beeld van langdurige concentraties en depositie, terwijl veegmonsters doorgaans een recenter beeld van depositie geven. Dit is sterk afhankelijk van het type stoffen en de interactie met de bodem, en hoe vaak oppervlakken worden schoongemaakt. Bij vegetatie bepalen de groeisnelheid en de opname van stoffen door de plant of de monsters een beeld kunnen geven over langdurige blootstelling.

Daarnaast bestaat er onzekerheid over de variatie in de metingen door toevalligheden. Er is een kans dat uitschieters zijn gevonden door interferentie vanuit een mogelijke andere bron. Zo tonen de resultaten aan dat in het veegmonster bij locatie 4 bepaalde metalen worden aangetroffen, terwijl deze dichtbij Lagun niet worden gemeten, wat kan wijzen op andere bronnen. Bij locatie 2 is er een hogere concentratie lood in het veegmonster gemeten, dit is mogelijk een uitschieter en het gevolg een toevalligheid, omdat ook de resultaten van de concentratie lood in bodem en op vegetatie bevestigen dat het naar alle waarschijnlijkheid een uitschieter is. Desondanks zijn de concentraties lood op verschillende locaties verhoogd.

Over het algemeen nemen de gemeten concentraties op de locaties 1,2,3 en 4 af, wat overeenkomt met de verwachting dat Lagun de belangrijkste bron is en sluit aan bij de verwachtingen van (langdurige) depositie in de voornaamste windrichting vanuit Lagun.

Concluderend geven de meetresultaten een indicatie van de concentraties, maar het verloop over de tijd is onzeker. Het is aannemelijk dat de situatie een goede weergave geeft van de korte termijn, omdat de aanvoer en afvoer van stoffen waarschijnlijk niet snel zullen veranderen. Echter hoe dit zich op de langere termijn (een jaar of langer) ontwikkelt, is onbekend.

Vertaling van concentraties naar blootstelling en risico

Het is onbekend hoe lang de situatie, zoals weergegeven door de metingen, heeft bestaan. Dit maakt de vergelijking met gezondheidskundige grenswaarden onzeker, aangezien deze meestal zijn afgeleid voor langdurige of levenslange blootstelling. Bij blootstelling aan stoffen via depositie door huid- en hand-mondcontact worden geen piekblootstellingen verwacht, waardoor de risicobeoordeling zich richt op langdurige blootstelling. Voor de risicobeoordeling wordt aangenomen dat de meetresultaten een langdurige situatie weergeven.

De meetresultaten zijn vervolgens gebruikt voor blootstellingsberekeningen voor een spelend kind van één jaar dat in contact komt met bodem en vervuilde oppervlakken. Dit leidt tot blootstelling via de huid en via de mond door hand-mondcontact. Er is een realistisch worst case scenario doorgerekend om een schatting te maken van een hoog blootgesteld persoon binnen de populatie. De blootstellingen via bodem of afgeveegde oppervlakken worden

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

afzonderlijk vergeleken met gezondheidkundige grenswaarden. Het optellen van deze blootstellingen zou tot een onrealistische worst case schatting leiden, maar het is belangrijk om te realiseren dat beide bronnen gezamenlijk bijdragen aan de totale blootstelling.

Bovendien is het onwaarschijnlijk dat een 1-jarig kind zich uitsluitend in de omgeving van de monsternamelocatie bevindt, en er zijn variaties in concentraties tussen de locaties gevonden. Hierdoor zal er ook vanuit de gedragingen en bewegingen van de persoon variatie zijn in de dagelijkse blootstelling. De verkregen blootstelling moet gezien worden als een realistische, maar worst case schatting met een bepaalde variatierange. Het geeft vooral een indicatie van de orde van grootte weer in de risicobeoordeling.

Indicaties van risico's en risicovolle situaties

De gemeten concentraties voor dioxines op vegetatie zijn verhoogd en overschrijden de veevoedernorm. Voor de metalen waarvoor normen in diervoeder bestaan, liggen de gemeten concentraties op vegetatie onder deze normen.

De monsters voor veegstof en bodem laten zien dat er geen gezondheidsrisico te verwachten is door blootstelling aan PAKs en dioxines via dermaal en oraal contact. Daarbij wordt opgemerkt dat op locatie 1, die het dichtst bij Lagun ligt, de berekende blootstelling aan dioxines net onder de gezondheidkundige grenswaarde ligt (factor 0,89). Voor de andere locaties is de marge met de gezondheidkundige grenswaarde groter (tussen factor 0,07 en 0,22).

Voor bijna alle metalen waarvoor gezondheidkundige grenswaarden bestaan, worden deze niet overschreden. Een uitzondering vormt lood, waarbij de geschatte blootstelling via gedeponerd stof en bodem op verschillende locaties hoger is dan de gezondheidkundige grenswaarde.

Een gezondheidkundige grenswaarde geeft een maat voor mogelijke zorg voor gezondheidseffecten. Dit geldt vooral voor jonge kinderen (voor wie het scenario is doorgerekend) en andere mensen die veel in contact komen met bodem en oppervlakken in het verspreidingsgebied. Het gezondheidsrisico neemt toe wanneer men via meerdere routes wordt blootgesteld, bijvoorbeeld door een combinatie van luchtvervuiling, gedeponerd stof, bodem of gecontamineerd voedsel. Het huidige onderzoek geeft geen informatie over of er sprake is van een combinatie van blootstelling via meerdere routes.

Aanbevelingen

Handelingsperspectief

Naar aanleiding van de tussentijdse resultaten over dioxine op vegetatie is op de crisissite van Bonaire reeds gecommuniceerd over het handelingsperspectief voor omwonenden om blootstelling aan dioxines te voorkomen. Naar aanleiding van de resultaten m.b.t. metalen is het ook wenselijk om de blootstelling aan lood zo laag mogelijk te houden. Om de blootstelling van spelende kinderen aan lood via vervuilde oppervlakken

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

en bodem te minimaliseren, is het belangrijk dat kinderen regelmatig hun handen wassen, vooral na het buiten spelen en voor het eten. Ook het speelgoed en andere voorwerpen die kinderen vaak gebruiken, moeten met regelmaat gereinigd worden, vooral als ze buiten worden gebruikt. Dit is conform het handelingsperspectief dat eerder via de crisis website is gecommuniceerd voor dioxines op vegetatie.

Voorkom nieuwe depositie

De MOD adviseert om nieuwe depositie van dioxines, PAKs en metalen in de omgeving te voorkomen. Elke nieuwe brand op de afvalstortplaats Lagun (en zo ook branden op andere locaties) veroorzaakt rook en nieuwe depositie van dioxines, PAKs en metalen in de omgeving. Blootstelling aan deze stoffen is ongezond en ze zijn schadelijk voor het milieu. Het onderzoek is vooral gericht op de afvalstortlocatie Lagun, aangezien daar in november een grote brand heeft gewoed. Echter, het verloop van de dioxineconcentraties in vegetatie – ook op andere locaties dan in de recente rookpluim - suggereert dat dioxines ook vanuit andere (verbrandings)bronnen gevormd zijn. Geadviseerd wordt om verschillende bronnen van dioxines op Bonaire in kaart te brengen. Het advies is om maatregelen te nemen om de totale depositie van dioxines (en andere stoffen die vrijkomen bij branden) te voorkomen.

Onderzoek blootstelling van dioxines via voedsel

Dagelijkse inname van lage gehalten dioxines kan uiteindelijk leiden tot verhoogde gehalten in het lichaam en dat kan schadelijke effecten hebben op de gezondheid. Het gaat vooral om de inname via voedsel gecombineerd met hand-mond contact. Het RIVM adviseert om een beter kwantitatief beeld te krijgen van de blootstelling van de bewoners aan dioxines. Dit kan bijvoorbeeld door berekeningen of door metingen in voedsel dat op Bonaire geproduceerd wordt, zoals eieren, vlees en melk.

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Bijlage 1 Analyse van dioxines en metalen in vegetatiemonsters

Dioxines

De resultaten van de dioxine analyse op vegetatie zijn gegeven in tabel 2. In deze tabel is enkel de som van toxische equivalentie (TEQ) van de polychloordibenzo-para-dioxinen (PCDD's) en de polychloordibenzofuranen (PCDF's) weergegeven.

Tabel 2: Concentratie dioxines (uitgedrukt in WHO2005-PCDD/F-TEQ (upper bound))

	Locatie 6 (achtergrond)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 7	Locatie 8
Afstand tot v afvalstortplaats	1 km noord- oost	100 m west	200 m noord- west	600 m west	1 km west	2 km West	4 km west
WHO2005- PCDD/F-TEQ (ub)	0,095	32	0,66	14	7,0	1,3	0,86
Aantal keer de norm	0,13x	43x	0,88x	18x	9,4x	1,7x	1,1x

- De hierboven weergegeven gehalten dioxine zijn in ng TEQ/kg product (12% vocht)
- De EU norm voor dioxine in diervoeder is 0,75 ng/kg (12%vocht)

Metalen

Tabel 3: Concentratie metalen (uitgedrukt in mg/kg)

	Concentratie metalen (mg/kg)					
	Locatie 6 (referentie)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 8
Lithium (Li)	<0,11	0,13	<0,1	<0,11	<0,12	<0,14
Mangaan (Mn)	4500	860	1500	2400	3200	890
Magnesium (Mg)	2700	3600	3100	4300	2500	2200
Aluminium (Al)	28	190	120	58	55	58
Fosfor (P)	1500	1800	1800	1600	1600	3000
Vanadium (V)	0,11	1,3	0,53	0,23	0,13	0,36
Kobalt (Co)	<0,11	0,69	0,37	0,14	0,17	0,22
Mangaan (Mn)	64	50	35	97	53	50
IJzer (Fe)	87	380	230	130	110	140
Kobalt (Co)	<0,11	0,19	<0,1	<0,11	<0,12	<0,14
Nikkel (Ni)	<0,32	0,37	0,36	<0,34	0,48	0,46
Koper (Cu)	3,3	13	11	8,1	6,9	7,2

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Zink (Zn)	16	16	27	23	15	24
Arseen (As)	<0,11	<0,12	<0,1	<0,11	<0,12	<0,14
Selenium (Se)	5,1	<1,7	<1,5	2,2	16	<2,1
Rubidium (Rb)	1,5	1,8	1,9	2,1	2,8	<1,4
Strontium (Sr)	59	39	81	68	38	30
Zirkonium (Zr)	<0,32	0,39	<0,31	<0,34	<0,35	<0,42
Molybdeen (Mo)	0,31	0,24	0,27	0,58	0,52	<0,14
Cadmium (Cd)	<0,11	<0,12	<0,1	<0,11	<0,12	<0,14
Cesium (Cs)	<0,11	0,16	0,57	<0,11	<0,12	<0,14
Barium (Ba)	9,2	32	6,8	8,2	17	4,7
Lood (Pb)	<0,11	0,33	<0,1	<0,11	<0,12	<0,14

Bijlage 2 Analyse van PAK, dioxines en metalen in veegmonsters

De resultaten van de PAK en dioxine analyse op veegmonster zijn in tabel 4 weergegeven. In deze tabel is voor PAK enkel de som van de EFSA PAK8, betreffende de som van benzo[a]antracene, chryseen, benzo[b]fluoranteen, benzo[k]fluoranteen, benzo[a]pyreen, indeno[1,2,3-cd]pyreen, dibenzo[a,h]antracene, benzo[g,h,i]peryleen, en voor de som van toxische equivalentie (TEQ) van de polychloordibenzo-para-dioxinen (PCDD's) en de polychloordibenzofuranen (PCDF's) weergegeven.

De resultaten voor metalen staan in tabel 5. In deze tabel worden alleen die metalen weergegeven die gemeten zijn boven de detectielimiet.

Tabel 4: Concentraties EFSA PAK8 (upper bound) en dioxines (uitgedrukt in WHO2005-PCDD/F-TEQ (upper bound) in pg/m^2 .

	Hoeveelheid EFSA PAK8 en dioxines in ng/m^2						
	Locatie 6 (ref)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 7	Locatie 8
Concentratie EFSA PAK8 (ub) (ng/m^2)	43	64	15	15	11	-	33
Concentratie WHO2005-PCDD/F-TEQ (ub) (pg/m^2)	2,1	31	2,6	3,3	7,6	3,7	2,7

Tabel 5: Concentraties metalen

	Concentratie metalen ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)					
	Locatie 6 (ref)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 8
Aluminium (Al)	1111,1	1444,4	6111,1	5333,3	9666,7	1387,8
Arseen (As)	<dl	<dl	<dl	<dl	8	<dl
Barium (Ba)	18,9	12,2	14,4	17,8	58,9	98
Cerium (Ce)					8,9	
Kobalt (Co)	6	<dl	3,1	2,9	5	<dl
Chroom (Cr)	4,1	5,1	12,2	10,6	35,6	2,7
Koper (Cu)	5,9	34,4	9,7	11,1	17,8	4,9
IJzer (Fe)	1777,8	3222,2	6777,8	6333,3	11111,1	2204,1
Gallium (Ga)					3,3	
Lanthaan (La)					4	
Lithium (Li)	<dl	<dl	<dl	<dl	6,4	<dl
Magnesium (Mg)	1888,9	1444,4	4444,4	3777,8	5000	1061,2
Mangaan (Mn)	27,8	34,4	91,1	72,2	144,4	26,1
Natrium (Na)	5000	4111,1	2222,2	3666,7	3555,6	3510,2
Neodymium (Nd)					4,4	
Nikkel (Ni)		3,3	7,9	6,8	16,7	
Fosfor (P)	388,9	288,9	500	400	833,3	228,6
Lood (Pb)	21,1	12,2	544,4	4,4	12,2	

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Rubidium (Rb)			3,8	2,8	6,9	
Antimoon (Sb)	<dl	3	<dl	<dl	<dl	<dl
Scandium (Sc)			3,2		4,4	
Tin (Sn)		103,3				
Strontium (Sr)	27,8	20	26,7	34,4	45,6	15,5
Vanadium (V)	2,8	6,6	21,1	13,3	33,3	6,7
Yttrium (Y)					5,7	
Zink (Zn)	133,3	105,6	94,4	177,8	622,2	63,7
Zirkonium (Zr)		7	5,7	9,4	47,8	

Bijlage 3 Analyse van PAK, dioxines en metalen in bodemmonsters

De resultaten van de PAK en dioxine analyse op bodemmonster zijn in tabel 6 weergegeven. In deze tabel is voor PAK enkel de som van de EFSA PAK8, betreffende de som van benzo[a]antracene, chryseen, benzo[b]fluoranteen, benzo[k]fluoranteen, benzo[a]pyreen, indeno[1,2,3-cd]pyreen, dibenzo[a,h]antracene, benzo[g,h,i]peryleen, en voor de som van toxische equivalentie (TEQ) van de polychloordibenzo-para-dioxinen (PCDD's) en de polychloordibenzofuranen (PCDF's) weergegeven.

De resultaten voor metalen staan in tabel 7. In deze tabel worden alleen die metalen weergegeven die gemeten zijn boven het detectielimiet.

Tabel 6: Concentraties EFSA PAK8 (upper bound) en dioxines (uitgedrukt in WHO2005-PCDD/F-TEQ (upper bound) in ng/kg ds (droge stof).

	Hoeveelheid EFSA PAK8 en dioxines in ng/kg ds						
	Locatie 6 (ref)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 7	Locatie 8
Concentratie EFSA PAK8 (ub)	909	3590	7827	2220	1137	-	1567
Concentratie WHO2005-PCDD/F-TEQ (ub)	0,15	0,80	1,12	0,11	0,79	0,18	0,15

Tabel 7: Concentraties metalen in mg/kg ds.

	Concentratie metalen (mg/kg ds)					
	Locatie 6 (ref)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 8
Aluminium (Al)	36000	40000	50000	21000	32000	46000
Arseen (As)	6,4	2,9	2	2,4	1,4	2,4
Barium (Ba)	180	88	91	70	91	100
Beryllium (Be)	0,31	0,52	0,49	0,24	0,56	0,42
Cadmium (Cd)	0,3	0,17	0,23	0,48	0,28	0,28
Cerium (Ce)	21	19	17	13	21	16
Kobalt (Co)	16	36	31	9,7	26	42
Chroom (Cr)	22	120	93	11	65	30
Caesium (Cs)	0,25	0,74	1,5	0,14	0,31	0,76
Koper (Cu)	28	79	68	31	41	140
Dysprosium (Dy)	4,8	3,9	3,1	2	2,9	3,2
Erbium (Er)	2,9	2,3	1,7	1	1,6	2
Europium (Eu)	1,1	1,1	0,82	0,49	0,74	0,76
IJzer (Fe)	50000	55000	49000	26000	41000	81000
Gallium (Ga)	15	15	13	9,5	12	16
Germanium (Ge)	0,25	0,32	0,3	0,17	0,28	0,43
Hafnium (Hf)	0,81	1,2	0,92	0,57	0,81	1,2
Holmium (Ho)	1	0,82	0,64	0,39	0,59	0,66
Indium (In)	0,08	0,064				
Lanthaan (La)	7	7,7	6,9	4,3	6,4	5,6

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Lithium (Li)	14	18	20	5,1	9,7	9,5
Lutetium (Lu)	0,36	0,3	0,22	0,11	0,19	0,29
Magnesium (Mg)	26000	34000	32000	7300	12000	16000
Mangaan (Mn)	2200	1300	1000	1400	1400	1600
Molybdeen (Mo)	0,56			0,1		
Natrium (Na)	1400	380	1500	890	1200	1100
Neodymium (Nd)	12	12	10	5,5	8,6	8,4
Nikkel (Ni)	8,4	68	85	7,1	30	24
Fosfor (P)	840	510	880	470	340	500
Lood (Pb)	4,8	5,8	18	5,3	3,2	4,8
Praseodymium (Pr)	2,3	2,5	2,2	1,3	1,9	1,8
Rubidium (Rb)	6,4	5,4	5,1	8,4	11	10
Scandium (Sc)	20	33	20	9	18	32
Selenium (Se)	9,5	8,3	6,5	4,4	6,2	7
Samarium (Sm)	3,4	3,2	2,6	1,5	2,3	2,3
Strontium (Sr)	150	44	120	18	20	32
Terbium (Tb)	0,75	0,63	0,49	0,32	0,46	0,48
Thorium (Th)	0,86	0,86	0,53	0,38	0,63	0,82
Thallium (Tl)	0,18			0,13	0,079	0,14
Thulium (Tm)	0,43	0,33	0,25	0,15	0,23	0,29
Uranium (U)	0,43	0,43	0,23	0,34	0,26	0,27
Vanadium (V)	100	150	130	56	110	250
Yttrium (Y)	26	20	16	9,8	14	17
Ytterbium (Yb)	2,6	2,1	1,5	0,88	1,4	1,9
Zink (Zn)	120	120	110	85	84	140
Zirkonium (Zr)	18	40	30	12	23	43

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Bijlage 4 Blootstellingsberekening vanuit veegmonster

Voor de blootstelling aan PAK, dioxines en metalen vanuit veegmonsters hebben wij zoveel mogelijk de blootstellingsberekeningen gebruikt die bij het depositieonderzoek IJmond 2020³ zijn gebruikt. De blootstellingsschatting wordt uitgevoerd voor een kind van één jaar dat tijdens het buiten spelen in aanraking kan komen met gecontamineerde oppervlakken. Relevant voor de blootstelling aan gecontamineerde oppervlakken zijn de dermale blootstelling via de huid en orale blootstelling via hand-mondcontact. Indien rekening gehouden wordt met gelijktijdige orale en dermale blootstelling, dient de berekende totale hoeveelheid chemische stof op de handen gecorrigeerd te worden voor de hoeveelheid chemische stof op de handen die beschikbaar is voor hand-mondcontact (50%) en daardoor dus niet meer beschikbaar is voor dermale blootstelling.

Voor dermale blootstelling wordt alleen rekening gehouden met warme dag (> 20°C), met blootstelling via handen en blote voeten, armen en benen:

$$C \times TC \times DF \times t \times (d/365) \times (0,8 + (0,2 \times 0,5)) / I_g$$

Voor orale blootstelling via hand-mondcontact:

$$C \times TC \times DF \times t \times (d/365) \times 0,2 \times 0,5 / I_g$$

De invoerparameters worden getoond in Tabel 8. Voor een volledige beschrijving van de blootstellingsschatting en achterliggende bronnen wordt verwezen naar Bijlage 5 in het rapport over depositieonderzoek IJmond 2020³.

In geval van blootstelling aan stoffen waarbij de gezondheidkundige grenswaarde gebaseerd is op levenslange blootstelling (zoals voor stoffen zonder drempelwaarde, onder andere PAK) dient een zogenoemde levenslange blootstelling berekend te worden. De berekende blootstelling, volgens de formules hierboven beschreven, is een jaarblootstelling uitgedrukt per lichaamsgewicht. Om tot een 'levenslange' blootstelling te komen worden de blootstellingen voor 1-jarigen eerst gemiddeld over 70 jaar als maat voor levenslang (dit houdt in dat de berekende blootstellingen voor 1-jarigen worden vermenigvuldigd met respectievelijk 1/70).

³<https://www.rivm.nl/publicaties/depositieonderzoek-ijmond-2020-monsternamen-analyse-en-risicobeoordeling-van-pak-en-metalen-in-neergedaald-stof-binnen- en-buitenshuis-in-de-IJmondregio>.

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Tabel 8: Invoerparameters voor blootstellingschatting

Parameter	Invoerwaarde
Speelduur (t)	4 uur, 7 dagen per week
Hoeveelheid chemische stof in veegmonster (C)	upper bound, in ng/m ² /dag (som EFSA PAK8 en WHO2005-PCDD/F-TEQ) of µg/m ² /dag (metalen)
Dagen	365
Transfer coëfficiënt (TC)	0,2 m/uur
Dislodgeable fractie (DF)	1 fractie
Ratio huidoppervlak handen t.o.v. totaal huid	0,2 fractie
Ratio hand-mondcontact t.o.v. totaal hand	0,5 fractie
Lichaamsgewicht (lg)	9,8 kg (1 jr)

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Bijlage 5 Blootstellingsberekening vanuit bodemonsters

Voor de blootstelling PAK, dioxines en metalen vanuit bodemonsters wordt uitgegaan van een kind van één jaar dat met de handen in contact komt met de bodem en via hand-mondcontact grond binnenkrijgt. Voor de inname van bodem is voor kinderen een conservatieve standaardwaarde vastgesteld op 100 mg/dag⁴. Deze waarden worden momenteel door het RIVM gebruikt als standaard voor grondinname bij risicobeoordelingen van verontreinigde grond. In 2017 heeft de Amerikaanse Environmental Protection Agency (US EPA) zijn schatting naar grondinname aangepast op basis van nieuwe beschikbare informatie⁵. De US EPA heeft 90 mg/dag als 95e percentiel vastgesteld voor 1-jarigen. Voor de huidige blootstellingsschatting wordt uitgegaan van een grondinname van 90 mg/dag.

$C \times \text{inname bodem} / I_g$

Hierbij is:

C = concentratie van chemische stof in de bodem.

Inname bodem = de hoeveelheid bodem die een kind per ongeluk binnenkrijgt per dag.

I_g = lichaamsgewicht (kg)

⁴ <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701021.pdf>

⁵ https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/efh-chapter05_2017.pdf

Bijlage 6 Blootstelling en risicobeoordeling PAKs

De risicobeoordeling voor PAKs is gebaseerd op de levenslange blootstelling, en wordt uitgedrukt in het extra risico op kanker gedurende een mensenleven door blootstelling via de huid en inname via de mond. De veeg- en bodemmonsters zijn geanalyseerd op 8 stoffen, de EFSA PAK8. De gemeten concentraties worden door een berekening vertaald naar blootstelling via dermale en orale opname. Vervolgens wordt de berekende blootstelling vergeleken met een gezondheidskundige waarde, de "unit risk". Unit risks zijn gezondheidskundige grenswaarden die informatie geven over de toename van het risico op kanker gedurende een mensenleven. Voor de orale en dermale route zijn de unit risks $1,43 \times 10^{-3}$ en $9,46 \times 10^{-4}$ per $\mu\text{g}/\text{kg}$ lg/d (Mennen et al. 2021). Wanneer de toename van risico lager is dan 1 extra geval van kanker per tienduizend levens, ligt de gemeten concentratie van PAKs onder het maximaal toelaatbaar risiconiveau. Dit is voor alle geanalyseerde monsters het geval, het extra kankerrisico door blootstelling aan PAKs via dermaal en oraal contact ligt in de range van 1,33 tot 7,51 per honderd miljoen levens. Daarom kan worden geconcludeerd dat er voor PAKs geen gezondheidsrisico te verwachten is door blootstelling via gedeponeerd stof of bodem.

Tabel 9: Extra kankerrisico als gevolg van dermale en orale blootstelling aan EFSA PAK8 is berekend op basis van de blootstelling via veegmonster en bodemmonsters. Het totaalrisico wordt vergeleken met de MTR (levenslang) van $1E-04$ per leven.

	Extra kanker risico					
	Locatie 6 (ref)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 8
Veegmonster						
Via huid	4,24E-08	6,37E-08	1,51E-08	1,47E-08	1,12E-08	3,31E-08
Via hand-mond	7,12E-09	1,07E-08	2,54E-09	2,46E-09	1,89E-09	5,56E-09
Bodemmonster						
Grondinname	1,71E-10	6,73E-10	1,47E-09	4,16E-10	2,13E-10	2,94E-10
Totaal	4,97E-08	7,51E-08	1,91E-08	1,76E-08	1,33E-08	3,90E-08

Bijlage 7 Blootstelling en risicobeoordeling dioxines

De Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) heeft een toelaatbare Wekelijkse Inname (TWI) van 2 pg WHO2005 PCDD/F per week vastgesteld, gebaseerd op epidemiologische bevindingen die een verband leggen tussen dioxineconcentraties in het bloed van jonge jongens en de kwaliteit van hun sperma op jongvolwassen leeftijd. De TWI wordt als beschermend voor de algemene bevolking beschouwd, omdat deze is gebaseerd op het meest gevoelige toxische effect. In tabel 4 wordt de jaargemiddelde blootstelling in pg/kg lg per week weergegeven, zodat deze kan worden vergeleken met de TWI.

Uit de veeg- en bodemmonsters blijkt dat blootstelling aan dioxines via hand-mondcontact en via bodem op alle locaties onder de gezondheidkundige grenswaarde blijft.

Tabel 10: Orale blootstelling aan dioxines (uitgedrukt in WHO2005-PCDD/F-TEQ) in pg/kg lg per week. Vetgedrukte waarden liggen boven de gezondheidkundige grenswaarde van 2 pg/kg lg per week.

	Blootstelling via hand-mondcontact, in pg/kg lg/dag						
	Locatie 6 (ref)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 7	Locatie 8
Veegmonsters							
Via hand-mond (ub) (pg/kg lg per week)	0,12	1,78	0,15	0,19	0,43	0,21	0,15
Overschrijding van de TWI	0,06	0,89	0,07	0,09	0,22	0,11	0,08x
Bodemmonsters							
Grondinname (pg/kg lg/week)	0,005	0,05	0,07	0,007	0,05	0,01	0,01
Overschrijding van de TWI	0,005	0,03	0,04	0,004	0,03	0,01	0,005

De berekende blootstelling gebaseerd op de hoogst gemeten concentratie in veegmonsters (locatie 1) is 1,78 pg/kg lg/week. Deze waarde ligt net onder de gezondheidkundige grenswaarde (TWI) van 2 pg/kg lg/week.

De berekende blootstelling gebaseerd op de hoogst gemeten concentratie in bodemmonsters van 1,12 ng/kg ds op locatie 2 is 0,07 pg/kg lg/week. Deze waarde ligt ruim onder de gezondheidkundige grenswaarde (TWI) van 2 pg/kg lg/week.

Bijlage 8 Blootstelling en risicobeoordeling metalen

Voor de meeste metalen zijn de gezondheidkundige grenswaarden gerelateerd aan een drempeleffect. Voor deze effecten wordt er in het algemeen van uitgegaan dat een dagelijkse blootstelling aan de gezondheidkundige grenswaarde (zoals bijvoorbeeld een TDI) geen gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Voor aluminium is de jaargemiddelde blootstelling per week gepresenteerd, zodat de blootstelling vergeleken kan worden met de gezondheidkundige grenswaarden welke voor aluminium op weekbasis is afgeleid.

Voor arseen en chroom (in geval van chroom-6) betreft de in Tabel 11 genoemde waarde geen gezondheidkundige grenswaarde, maar een PoD waarop nog een MOE-benadering toegepast dient te worden, alvorens er iets over een mogelijk gezondheidsrisico gezegd kan worden.

Voor fosfor, kalium, lithium, natrium en silicium zijn geen gezondheidkundige grenswaarden beschikbaar. Voor deze metalen kan geen uitspraak met betrekking tot mogelijke gezondheidsrisico's gedaan worden. Specifiek voor fosfor, kalium, natrium en silicium stelt EFSA (2006) dat de beschikbare data onvoldoende zijn om een veilige bovengrens voor inname af te leiden.

Voor cerium, gallium, lanthaan, neodymium, scandium, yttrium, zirkonium zijn er volgens de ITER database⁶ geen gezondheidkundige grenswaarde vastgesteld. Deze metalen zijn voornamelijk aangetroffen in het veegmonster van locatie 4 en niet op de andere locaties. In bodem zijn veel metalen gemeten, maar voor de metalen bismuth, caesium, dysprosium, erbium, europium, germanium, hafnium, holmium, indium, lutetium, molybdeen, praseodymium, samarium, terbium, thorium, thallium, thulium, uranium en ytterbium is volgens de ITER database geen gezondheidkundige grenswaarde vastgesteld.

Tabel 11: Vergelijking van de gezondheidkundige grenswaarde met de berekende jaargemiddelde blootstelling aan metalen via vervuilde oppervlakken via hand-mondcontact voor de locaties. Vetgedrukte getallen laten een overschrijding van de grenswaarde zien en hebben in deze tabel een grijze achtergrond.

	Gezondheidskundige grenswaarde ($\mu\text{g}/\text{kg}$ lg/dag)	Blootstelling via hand-mondcontact ($\mu\text{g}/\text{kg}$ lg/dag)					
		Locatie 6 (ref)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 8
Aluminium (Al)	2000 ^a	63	83	349	305	552	79
Arseen (As)	3 ^b					0,07	

⁶ <https://tera.org/iter/>

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Barium (Ba)	600	0,15	0,10	0,12	0,15	0,48	0,80
Cerium (Ce)	-					0,07	
Kobalt (Co)	1,4	0,05		0,03	0,02	0,04	
Chroom (Cr)	Cr-3: 300 Cr-6: 1000 ^c	0,03	0,04	0,10	0,09	0,29^d	0,02
Koper (Cu)	77	0,05	0,28	0,08	0,09	0,15	0,04
IJzer (Fe)	800	14,51	26,30	55,33	51,70	90,70	17,99
Gallium (Ga)	-					0,03	
Lanthaan (La)	-					0,03	
Lithium (Li)	-					0,05	
Magnesium (Mg)	4167	15,42	11,79	36,28	30,84	40,82	8,66
Mangaan (Mn)	30	0,23	0,28	0,74	0,59	1,18	0,21
Natrium (Na)	-	40,82	33,56	18,14	29,93	29,02	28,65
Neodymium (Nd)	-					0,04	
Nikkel (Ni)	2,8		0,03	0,06	0,06	0,14	
Fosfor (P)	-	3,17	2,36	4,08	3,27	6,80	1,87
Lood (Pb)	0,05	0,17	0,10	4,44	0,04	0,10	
Rubidium (Rb)	20			0,03	0,02	0,06	
Antimoon (Sb)	6		0,02				
Scandium (Sc)	-			0,03		0,04	
Tin (Sn)	200		0,84				
Strontium (Sr)	600	0,23	0,16	0,22	0,28	0,37	0,13
Vanadium (V)	2	0,02	0,05	0,17	0,11	0,27	0,05
Yttrium (Y)	-					0,05	
Zink (Zn)	538	1,09	0,86	0,77	1,45	5,08	0,52
Zirkonium (Zr)	-		0,06	0,05	0,08	0,39	

^a de gezondheidkundige grenswaarde betreft een TWI (Tolerable Weekly Intake; tolereerbare wekelijkse inname); de blootstelling is daarom ook uitgedrukt als µg/kg lg/week.

^b betreft een BMDL0,5; hiervoor dient een MOE-berekening uitgevoerd te worden.

^c betreft een BMDL10; hiervoor dient een MOE-berekening uitgevoerd te worden.

^d alleen verhoogd risico voor chroom-6.

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Tabel 12: Vergelijking van de gezondheidskundige grenswaarde met de berekende jaargemiddelde blootstelling aan metalen via grondinname voor de locaties. Vetgedrukte getallen laten een overschrijding van de grenswaarde zien.

	Gezondheidskundige grenswaarde (µg/kg lg/dag)	Blootstelling via grondinname, in µg/kg lg/dag					
		Locatie 6 (ref)	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 8
Aluminium (Al)	2000 ^a	2314	2571	3214	1350	2057	2957
Arseen (As)	3 ^b	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02
Barium (Ba)	600	1,7	0,81	0,84	0,64	0,84	0,92
Beryllium (Be)	2	0,003	0,005	0,005	0,002	0,005	0,004
Bismuth (Bi)	-				0,001		
Cadmium (Cd)	0,5	0,003	0,002	0,002	0,004	0,003	0,003
Cerium (Ce)	-	0,19	0,17	0,16	0,12	0,19	0,15
Kobalt (Co)	1,4	0,15	0,33	0,28	0,09	0,24	0,39
Chroom (Cr)	Cr-3: 300 Cr-6: 1000 ^c	0,20^d	1,10^d	0,85^d	0,10^d	0,60^d	0,28^d
Caesium (Cs)	-	0,002	0,007	0,014	0,001	0,003	0,007
Koper (Cu)	77	0,26	0,73	0,62	0,28	0,38	1,29
Dysprosium (Dy)	-	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03
Erbium (Er)	-	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Europium (Eu)	-	0,010	0,010	0,008	0,005	0,007	0,007
IJzer (Fe)	800	459	505	450	239	377	744
Gallium (Ga)	-	0,14	0,14	0,12	0,09	0,11	0,15
Germanium (Ge)	-	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004
Hafnium (Hf)	-	0,007	0,011	0,008	0,005	0,007	0,011
Holmium (Ho)	-	0,009	0,008	0,006	0,004	0,005	0,006
Indium (In)	-	0,0007	0,0006				
Lanthaan (La)	-	0,06	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05
Lithium (Li)	-	0,13	0,17	0,18	0,05	0,09	0,09
Lutetium (Lu)	-	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002	0,003
Magnesium (Mg)	4167	239	312	294	67	110	147
Mangaan (Mn)	30	20	12	9	13	13	15
Molybdeen (Mo)	-	0,005			0,0009		
Natrium (Na)	-	13	3	14	8	11	10
Neodymium (Nd)	-	0,11	0,11	0,09	0,05	0,08	0,08
Nikkel (Ni)	2,8	0,08	0,62	0,78	0,07	0,28	0,22
Fosfor (P)	-	7,7	4,7	8,1	4,3	3,1	4,6
Lood (Pb)	0,05	0,04	0,05	0,17	0,05	0,03	0,04

Datum
19 december 2024

Onze referentie
VLH-2024-0072

Praseodymium (Pr)	-	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Rubidium (Rb)	20	0,06	0,05	0,05	0,08	0,10	0,09
Scandium (Sc)	-	0,09	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06
Selenium (Se)	5	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02
Samarium (Sm)		0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Strontium (Sr)	600	1,38	0,40	1,10	0,17	0,18	0,29
Terbium (Tb)	-	0,007	0,006	0,005	0,003	0,004	0,004
Thorium (Th)	-	0,008	0,008	0,005	0,003	0,006	0,008
Thallium (Tl)	-	0,002			0,001	0,001	0,001
Thulium (Tm)	-	0,004	0,003	0,002	0,001	0,002	0,003
Uranium (U)	-	0,004	0,004	0,002	0,003	0,002	0,002
Vanadium (V)	2	0,92	1,38	1,19	0,51	1,01	2,30
Yttrium (Y)	-	0,24	0,18	0,15	0,09	0,13	0,16
Ytterbium (Yb)	-	0,02	0,02	0,01	0,008	0,01	0,02
Zink (Zn)	538	1,10	1,10	1,01	0,78	0,77	1,29
Zirkonium (Zr)	-	0,17	0,37	0,28	0,11	0,21	0,39

^a de gezondheidkundige grenswaarde betreft een TWI (Tolerable Weekly Intake; tolereerbare wekelijkse inname); de blootstelling is daarom ook uitgedrukt als µg/kg lg/week.

^b betreft een BMDL0,5; hiervoor dient een MOE-berekening uitgevoerd te worden.

^c betreft een BMDL10; hiervoor dient een MOE-berekening uitgevoerd te worden.

^d alleen verhoogd risico voor chroom-6.