



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor

RIVM Briefrapport 2014-0063
M. van Bruggen et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor

RIVM Briefrapport 2014-0063
M. van Bruggen et al.

Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

M. van Bruggen
F.A. Swartjes
P.J.C.M. Janssen
I.R. Pit (Universiteit Utrecht)
J. Griffioen (Deltares en Universiteit Utrecht)
J. Spijker

Contact:
Mark van Bruggen
centrum Veiligheid
mark.van.bruggen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Rijkswaterstaat (RWS), in het kader van project Monitoring en Evaluatie Zandmotor

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor

Voor de kust van Ter Heijde en Den Haag is in 2011 de Zandmotor aangelegd, een schiereiland van 128 hectare om de kust te beschermen en te onderhouden. Bij wetenschappelijk onderzoek naar de bodem – het zand is afkomstig van de bodem van de Noordzee, 10 kilometer uit de kust – is op enkele plaatsen op de Zandmotor arseen aangetroffen, een in potentie giftige stof. Vanwege de recreatiefunctie van dit gebied heeft Rijkswaterstaat het RIVM verzocht te onderzoeken of er ook arseen aanwezig is op plaatsen waar kinderen spelen, en of dat risico's met zich mee zou kunnen brengen.

Het gehalte arseen in de bovenste laag zand blijkt erg laag te zijn, vergelijkbaar met de gehalten van niet vervuilde andere zandgronden in Nederland. Op de Zandmotor ligt ook een meertje. Het arseengehalte in het water van het meertje is eveneens getest. Gebleken is dat het gehalte in dit water vergelijkbaar is met de waarde die in drinkwater is toegestaan en daarom laag te noemen. Arseen wordt verder ook niet door de huid opgenomen.

Op het strandoppervlak liggen hier en daar ook brokken ijzerhoudend materiaal (ijzeroer). Deze blijken meer arseen te bevatten. Alleen wanneer jonge kinderen wekenlang, uren per dag met deze brokken zouden spelen, en materiaal daarvan veelvuldig in hun mond krijgen, kan het risico in de buurt komen van het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) voor arseen. Aangezien dit scenario in de praktijk niet realistisch is, betekent dit de facto dat kinderen hier zonder problemen kunnen spelen. Er bestaat evenmin een risico voor volwassenen en dieren (honden/paarden).

Trefwoorden: zandmotor, ijzeroer, arseen

Abstract

Assessment of the health risks of arsenic at the Sand Motor

In 2011, the Sand Motor was created, an artificial peninsula of 128 hectares of sand applied for coastal protection and maintenance along the Dutch coast at Ter Heijde (near The Hague). Scientific testing of the sand – which originated from the seabed of the North Sea, 10 kilometres off the coast – revealed traces of the toxic substance arsenic in a few places at the Sand Motor. Because of the area's recreational function, the Dutch Directorate-General for Public Works and Water Management (Rijkswaterstaat) asked RIVM to investigate whether arsenic is also present at locations where children play, and, if so, what the risks could be.

The amount of arsenic in the upper layer of the sand appears very low, comparable to amounts found at non-polluted locations elsewhere in the Netherlands. The Sand Motor also includes a small lake. The level of arsenic in the lake's water is also low, comparable to the permissible level in drinking water.

In some places on the beach itself, however, there are lumps of ferrous material (bog iron) that appear to contain higher levels of arsenic. Nevertheless, only if young children would play with these lumps for weeks on end, and for hours each day, and if they would also very regularly put this material in their mouths, the risk could approach the Permissible Exposure Limit (PEL) of arsenic. As this would hardly be a realistic scenario, the actual risks are much lower and, in fact, mean that children can safely play in these areas. This also applies to adults and animals (dogs/horses).

Keywords: zandmotor, bog iron, arsenic

Inhoudsopgave

1	Inleiding – 9
2	Aanleiding voor onderzoek door het RIVM – 11
3	Onderzoeksopzet – 13
4	Resultaten – 15
5	Risicobeoordeling – 17
6	Conclusies – 21
	Bijlage 1: Resultaten ICP-MS analyses zandmonsters. – 23
	Bijlage 2: Gezondheidsrisico's door hand-mond contact met ijzeroerbrokken op het strand van de Zandmotor – 24
	Bijlage 3: Resultaten onderzoek duinmeer door Royal Haskoning DHV – 38

Samenvatting

Tijdens onderzoek op de Zandmotor, is arseen (As) aangetroffen in het poriewater van enkele zandkernen. Er werden relatief hoge concentraties As aangetroffen met een maximale concentratie van circa 100 µg/liter. Omdat anorganisch As een toxische stof is, heeft RWS het RIVM gevraagd of de aanwezigheid van As op de Zandmotor effecten zou kunnen hebben op de gezondheid van recreanten, in het bijzonder van spelende kinderen.

Om dit te kunnen bepalen, zijn verspreid over de Zandmotor monsters van de bovenste zandlaag onderzocht op het voorkomen van As. Met de As-gehalten van het zand is een schatting gemaakt van de blootstelling van spelende kinderen en is nagegaan of dit tot nadelige gezondheidseffecten zou kunnen leiden. Ook de As-gehalten in het binnenmeer zijn beoordeeld. Op het strand liggen ook brokken ijzeroer, die niet alleen grote hoeveelheden ijzer kunnen bevatten maar ook hoge gehalten As. Ook deze zijn onderzocht.

Onderzoek van de zandmonsters liet zien dat het As-gehalte laag is, zelfs in vergelijking met onbelaste gebieden in Nederland. Het hoogste gehalte As in de zandmonsters bedraagt 6,3 mg/kg d.s. en dat is lager dan de gecorrigeerde achtergrondwaarde voor zand (11 mg/kg d.s.). Dat geldt ook voor de andere onderzochte metalen. Dit betekent dat dit zand, volgens het Besluit bodemkwaliteit, voor iedere toepassing zonder beperkingen mag worden gebruikt.

Ook de As-concentratie van het meertje is onderzocht. De hoogste waarde die is gevonden (10,9 µg/l) is vergelijkbaar met de norm voor drinkwater (10 µg/l). Deze norm gebaseerd is op een levenslange consumptie van 2 liter per dag. Het is daarom geen probleem als kinderen af en toe een slokje water in hun mond krijgen en doorslikken. Omdat het water brak is, is overigens niet te verwachten dat kinderen werkelijk van het water drinken. Arseen wordt niet door de huid opgenomen, daarom levert spelen in het meertje een te verwaarlozen risico op voor kinderen.

Onderzoek van de brokken ijzeroer laat zien dat zij relatief veel arseen bevatten in vergelijking met andere bodemmateriële. Daarom was het noodzakelijk om na te gaan of incidenteel spelen met deze brokken, ontoelaatbare risico's met zich mee zou kunnen brengen. De in dit rapport opgenomen beoordeling laat zien dat in het ongunstigste geval, dat wil zeggen wanneer de blootstelling wordt gemaximaliseerd én de strengste normen worden toegepast, het risico uitkomt rond het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR). Omdat kinderen in de praktijk niet elke dag uren met deze brokken spelen, zal het werkelijke risico veel lager zijn.

Samengevat laat het onderzoek zien dat het op het strand aanwezige arseen geen noemenswaardige risico's oplevert voor kinderen (en daarmee dus ook niet voor oudere strandbezoekers). Evenmin lopen dieren (honden/paarden) een risico.

1

Inleiding

Voor de kust van Ter Heijde en Den Haag is in 2011 een schiereiland van 128 hectare aangelegd, de Zandmotor (zie foto). De Zandmotor is een pilot project om op een innovatieve manier kustbescherming en kustonderhoud te realiseren. Door wind, golven en stroming zal het zand zich de komende twintig jaar langs de kust tussen Hoek van Holland en Scheveningen verspreiden. Het vormt daar nieuw strand en duingebied, dat extra bescherming biedt tegen zeespiegelstijging en extra ruimte biedt voor natuur en recreatie¹.

Sleephopperzuigers hebben het zand 10 kilometer uit de kust gehaald, van de bodem van de Noordzee, dieper dan -20 m NAP. Drie zandwinputten zijn gebruikt voor het bemachtigen van 21 miljoen m³ zand. Per vaartocht werd 30 cm zand van de zeebodem opgezogen om vervolgens de zandmotor vorm te geven. Per zandwinput werd tot een maximum van 6 m onder het zandoppervlak zand gewonnen. De zandmotor bevat zand afkomstig uit twee geologische tijdvakken, het Holoceen en het Pleistoceen. Verschil in geologie is zichtbaar op de zandmotor: naast zand geven grove schelpen en brokken ijzeroer weer dat ook schelpen- en ijzeroerbanken zijn gewonnen.



Figuur 1. Zandmotor na de stormen (foto: Joop van Houdt luchtfotografie)

Zoals verwacht, is de Zandmotor sinds de ingebruikname van vorm veranderd. Hierbij hebben zich hoeveelheden zand langs de kust verspreid en is de lagune van vorm veranderd. De lagune is het stuk water dat ligt tussen het traditionele strand en het noordelijk deel van de Zandmotor en een open-waterverbinding heeft met de zee. Ook is er een meertje aangelegd aan de zuidkant van de Zandmotor dat geen open-waterverbinding heeft met de zee. Verder is er zand het strand opgewaaid, waardoor het strand langs de zeereep is opgehoogd. Op het hele terrein wordt op vele manieren gerecreëerd. Er wordt gezwommen, gesurft, gewandeld, gespeeld, etc.

¹ bron: <http://www.dezandmotor.nl/uploads/2014/04/r60-zandmotor-beleidsevaluatie-def.pdf>

2

Aanleiding voor onderzoek door het RIVM

Op de Zandmotor vindt o.a. onderzoek plaats naar veranderingen die de Zandmotor teweeg brengt in het lokale milieu en in de bodemchemie. Eén van deze onderzoeken wordt gedaan door het departement Innovatie, Milieu- en Energiewetenschappen van de Universiteit Utrecht (UU). Daarbij wordt o.a. gekeken naar de aanwezigheid van pyriet (FeS_2), zware metalen en arseen (As). Tijdens dit onderzoek, is As aangetroffen in het zogenaamde poriewater² van drie zandkernen die langs de waterlijn bij de lagune en het meertje waren genomen. De kernen bevatten zand van het oppervlak tot ongeveer 33 cm diepte. Poriewater werd bemonsterd uit deze kernen op verschillende dieptes. In alle drie de monsters zijn, in vergelijking met grondwater, hoge concentraties As aangetroffen met een maximale concentratie van circa 100 µg/liter.

Omdat anorganisch As een toxische stof is, heeft de UU dit bij RWS gemeld. Vervolgens heeft RWS aan het RIVM gevraagd of de aanwezigheid van As op de Zandmotor effecten zou kunnen hebben op de gezondheid van recreanten, in het bijzonder van kinderen die op de Zandmotor spelen.

Om dit te kunnen bepalen, is het noodzakelijk om de As-gehalten in de bodem (in dit geval zand) te kennen. Zand is immers een belangrijk contactmedium voor spelende kinderen. De gehalten in zand kunnen vervolgens gebruikt worden voor een schatting van de blootstelling en een beoordeling van mogelijk daaruit voortvloeiende gezondheidseffecten.

Om deze reden is een onderzoek gestart om verspreid over het terrein van de Zandmotor, oppervlaktemonsters te nemen en te laten onderzoeken op het gehalte aan As en andere elementen. Bestudering van de literatuur laat namelijk zien dat het *berekenen* van een bodem- of sedimentconcentratie uit poriewaterconcentraties teveel onzekerheden met zich meebrengt.

Op het strand liggen ook brokken ijzeroer (figuur 2.1). Deze zijn bros en brokkelen makkelijk af (figuur 2.2). Naast grote hoeveelheden ijzer, kunnen ze ook hoge gehalten bevatten aan As, Ba en in mindere mate Ni, Co en V (Joosten, 2004).



Figuur 2.1. Brokken ijzeroer op het strand (foto: RIVM)

² Water dat aanwezig is tussen de bodem- respectievelijk sedimentdeeltjes.



Figuur 2.2. Brok ijzeroer (foto: RIVM).

De aanwezigheid van deze brokken wordt verklaard doordat ijzeroer lokaal kan voorkomen in de fluviatiele, Pleistocene afzettingen die onder het zeezand gelegen zijn, ook waar zand gewonnen is voor de Zandmotor. Ijzeroer ontstaat bijvoorbeeld bij kwel van anaeroob, ijzerrijk grondwater in moerassen of beekdalen. Tijdens het uitstroomen wordt het tweewaardige, gereduceerde en opgeloste ijzer geoxideerd naar driewaardig ijzer. Driewaardig ijzer is slecht oplosbaar bij pH 6-8 en slaat neer als ijzerhydroxide. Als dit gebeurt in de grond kan hierbij zoveel ijzerhydroxide geconcentreerd op een plek neerslaan dat er sprake is van ijzeroer.

Het is niet uitgesloten dat er in de toekomst, door het wegwaaien en wegspoelen van het zand uit de bovenlaag, meer van dit materiaal aan de oppervlakte van de Zandmotor achter blijft. Ijzeroer is immers te groot en te zwaar om door de wind getransporteerd te worden. Er zijn verschillende brokken meegenomen voor onderzoek, om na te gaan of incidenteel spelen met deze brokken ontoelaatbare risico's met zich mee zou kunnen brengen.

Ook het As-gehalte van het meertje is beoordeeld, omdat spelen in water dat As bevat tot blootstelling kan leiden. Hiervoor is gebruik gemaakt van de resultaten van onderzoek door de provincie Zuid-Holland en door de UU.

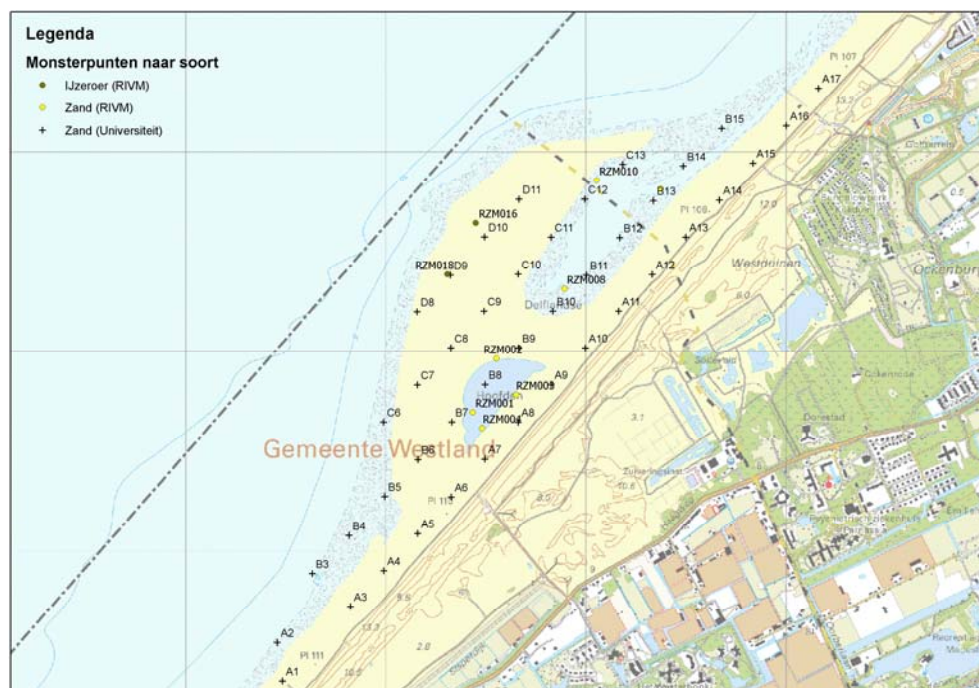
In het volgende hoofdstuk wordt de opzet van het RIVM-onderzoek van zand en ijzeroer beschreven.

3

Onderzoeksopzet

Het onderzoek is als volgt opgezet:

Er is een raster gemaakt met vakken van 250 x 250 meter, voor de gehele Zandmotor met in totaal 42 rasterpunten. Op ieder rasterpunt is een mengmonster genomen van de bovenste 10 cm, met uitzondering van de lagune en het meertje. De mengmonsters met een gewicht van circa 1000 gram bestaan uit 5 monsters, het rasterpunt en 4 locaties om het punt heen, op 1 m afstand van het rasterpunt. De zandmonsters zijn met de hand genomen aan het oppervlak tot een diepte van 2-3 cm. In een emmer zijn de zandmonsters gemengd met een plastic lepel en vervolgens in een geologisch zakje gedaan. De mengmonsters zijn koel en droog opgeslagen. Dit onderzoek is opgezet en uitgevoerd door de Universiteit Utrecht in maart 2014. In totaal zijn 39 monsters genomen, 3 rasterpunten konden niet bereikt worden doordat ze in het water lagen. Op 23 april zijn deze monsters aangevuld met een tweetal steekmonsters van de bovenste 20 cm en een viertal mengmonsters langs beide zijden van het meertje en de lagune. Elk van deze mengmonsters bestaat uit 50 steken, op een diepte van 0 – 10 cm en een doorsnee van 2 cm. Deze monsters zijn genomen door het RIVM.



Figuur 3.1. Monsternamelocaties (zie voor coördinaten tabel 4.1).

NB Omdat de Zandmotor voortdurend van vorm verandert, onder invloed van wind en water, is elke kaart een momentopname. Hierdoor kunnen bepaalde locaties ogenschijnlijk onbereikbaar zijn.

De *zandmonsters* zijn geanalyseerd met behulp van ICP-MS³, volgens onderstaande methodiek. Met deze methode worden meer dan 25 elementen geanalyseerd, waaronder As.

De analyses zijn verricht als volgt:

Allereerst zijn de zandmonsters gedroogd waarna ze zijn opgedeeld in drie korrelgrootte fracties door middel van zeven: >2000 µm, 150-2000 µm en <150 µm. De twee fracties 150-2000 µm en <150 µm zijn vervolgens verder in behandeling genomen, waarbij de fractie 150-2000 µm werd gemalen. Zowel de fractie <150 µm als de gemalen fractie 150-2000 µm zijn behandeld met aqua regia (koningswater) voor het oplosbaar maken van onder andere sporenelementen in en aan de zandkorrels⁴. De gebruikte ontsluitingsmethode is een aangepaste methode zoals die is beschreven door Houba et al. (1995). Aangezien deze methode niet was geschreven voor de analysetechniek ICP-MS is deze aangepast zodat de kans op contaminatie beperkt is.

Tabel 3.1. Elementen die geanalyseerd worden met de ICP-MS-methode

Element	Afkorting	Element	Afkorting	Element	Afkorting
Aluminium	Al	Kobalt	Co	Scandium	Sc
Antimoon	Sb	Koper	Cu	Seleen	Se
Arseen	As	Kwik	Hg	Strontium	Sr
Barium	Ba	Lood	Pb	Tin	Sn
Cadmium	Cd	Magnesium	Mg	Titanium	Ti
Calcium	Ca	Mangaan	Mn	Vanadium	V
Chroom	Cr	Molybdeen	Mo	Zilver	Ag
Fosfor	P	Natrium	Na	Zink	Zn
IJzer	Fe	Nikkel	Ni	Zirkonium	Zr
Kalium	K	Niobium	Nb		

Als referentie waren zilverzand en glauconietzand meegenomen. Zilverzand bestaat nagenoeg volledig uit kwarts en heeft dus hele lage gehalten sporenelementen. Glauconietzand bestaat voor een belangrijk deel uit het kleimineraal glauconiet en bevat dus juist relatief weinig kwarts. De referenties zijn gebruikt als kwaliteitscontrole voor de metingen.

Er is een zevental *ijzeroerbrokken* meegenomen. Twee daarvan zijn, na te zijn vermalen, op dezelfde wijze ontsloten en geanalyseerd als de bodemonsters. Van de overige brokken is een oriënterende meting gedaan met behulp van de XRF-methode⁵.

Het RIVM heeft zelf geen monsters genomen van het *oppervlaktewater*. De provincie Zuid-Holland heeft het RIVM een meting ter beschikking gesteld van de concentratie As en enkele zware metalen in het meertje. Ook waren er twee metingen (in augustus 2013 en in augustus 2014) beschikbaar van de UU van de As-concentratie in het meertje.

³ Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry.

⁴ Formeel worden met deze ontsluitingsmethode pseudo-totaalgehalten verkregen, omdat niet alles kan worden ontsloten. Deze term wordt verder niet meer gehanteerd, om verwarring te voorkomen.

⁵ X-Ray Fluorescence

4

Resultaten

Arseen in zand

De met behulp van ICP-MS behaalde analyseresultaten van de zandmonsters laten een gemiddelde As-concentratie zien van 3 mg/kg, een mediaan van 2,7 mg/kg, een 95 percentiel van 5,6 mg/kg en een maximum van 6,3 mg/kg. Deze gehalten zijn de (gewogen) optelsom van de gehalten in de fractie <150 µm en die in de gemalen fractie 150-2000 µm. In tabel 4.1 bevindt zich een overzicht van deze gehalten⁶ met daarbij de coördinaten waar de zandmonsters zijn genomen.

Tabel 4.1. As gehalten in zandmonsters van de bovenste 10 cm.

As				As			
(mg/kg)		UTM coördinaten		(mg/kg)		UTM coördinaten	
		x	y			x	y
<i>Monsters Universiteit Utrecht</i>				<i>Monsters Universiteit Utrecht</i>			
A1	3.6	580351	5765807	B7	3.2	581154	5767130
A2	3.2	580520	5765996	B8	3.9	581315	5767322
A3	3.4	580679	5766188	B9	2.9	581477	5767510
A4	3.1	580839	5766374	B12	3.8	581963	5768080
A5	6.0	581002	5766568	B13	2.3	582124	5768271
A6	3.5	581164	5766756	B14	1.9	582268	5768449
A7	3.3	581325	5766950	B15	2.0	582453	5768644
A8	2.5	581485	5767140	C6	1.8	580813	5767119
A9	5.7	581645	5767332	C7	2.4	580976	5767309
A10	3.8	581809	5767522	C8	2.3	581138	5767499
A11	3.9	581969	5767712	C9	3.0	581297	5767690
A12	5.5	582131	5767902	C10	2.8	581461	5767881
A13	6.3	582292	5768094	C11	3.1	581620	5768072
A14	4.5	582454	5768285	C12	2.4	581781	5768266
A15	2.6	582615	5768475	C13	1.8	581965	5768448
A16	2.2	582776	5768670	D8	1.8	580963	5767675
A17	2.6	582930	5768862	D9	2.5	581123	5767866
B4	1.9	580660	5766546	D10	2.7	581288	5768062
B5	2.1	580831	5766747	D11	2.5	581453	5768256
B6	2.7	580991	5766937				
<i>Monsters RIVM</i>				<i>Monsters RIVM</i>			
RZM001	2.2	581165	5766973	RZM007	3.8	mengmonster	
RZM002	1.9	581275	5767244	RZM008	2.7	581603	5767606
RZM003	3.1	581380	5767067	RZM009	3.6	x	x
RZM004	2.0	581215	5766894	RZM010	1.9	581746	5768153
RZM005	2.3	mengmonster		RZM011	2.2	mengmonster	
RZM006	3.9	582067	5768122				

⁶ As-gehalten verkregen met korrelgrootteverdeling volgens de Malvern-methode (laserdiffractie) en met de zeefmethode zijn gemiddeld.

In tabel 4.2 bevindt zich een overzicht van de gehalten van enkele andere metalen, met hun referentiewaarden. Als referentie zijn de gecorrigeerde Achtergrondwaarden uit het besluit bodemkwaliteit gegeven (voor 2% organisch stof, 2% lutum⁷) en de mediane waarde voor zand uit Geochemische bodematlas van Nederland.

Tabel 4.2. Statistische kengetallen van de metingen van de bodemonsters in mg/kg.

	As	Fe ^a	Cd	Cr	Cu	Pb	Mo	Ni	Sn	V	Zn
Gemiddelde	3,2	3,7	0,029	8,7	0,49	2,8	0,072	4,8	0,26	6,6	8,3
mediaan	2,9	3,8	0,026	7,8	0,45	2,7	0,07	4,7	0,21	6,5	8,7
minimum	1,8	1,5	0,011	2,8	0,0078	1,9	0,04	2,5	0,11	2,9	4,6
maximum	6,2	6,3	0,071	23	1,4	5,7	0,17	8,1	1,3	12	13
95-percentiel	5,7	5,6	0,05	14	1	3,5	0,11	7,1	0,55	10	12
Achtergrond-waarde ^b	11	--	0,35	30	19	31,8	1,5	12	1,8	27	59
Mediaan zand ^b	2,6	--	0,19	21	7,2	17	0,26	1,5	1,1	17	20

^a Fe (IJzer) is weergegeven in g/kg.

^b Als referentie zijn de gecorrigeerde Achtergrondwaarden uit het besluit bodemkwaliteit gegeven (voor 2% organisch stof, 2% lutum) en de mediane waarde voor zand uit Geochemische bodematlas van Nederland.

Arseen in ijzeroer

De met behulp van ICP-MS bepaalde As-gehalten in de brokken ijzeroer variëren van 273 mg/kg d.s.⁸ tot 470 mg/kg d.s. NB De As- en de Fe-gehalten van de ijzeroerbrokken zijn tweemaal (in duplo) bepaald.

Tabel 4.3: As en Fe-gehalten in ijzeroer.

	As (mg/kg)	Fe (g/kg)
RZM016-1	294	443
RZM017-1	470	484
RZM016-2	273	425
RZM017-2	391	417

Er zijn, zoals eerder vermeld, ook vijf brokken ijzeroer onderzocht met behulp van XRF, een snelle, maar minder nauwkeurige methode. De As-gehalten die daarin werden aangetroffen liggen in dezelfde orde van grootte, namelijk enkele honderden mg/kg d.s. (range van 196 - 427 mg/kg d.s.).

NB Het is niet goed mogelijk om referentiewaarden te geven voor ijzeroer, omdat de gehalten sterk wisselen met de vindplaats/plaats van herkomst.

Arseen in het meertje

Een onderzoek door Rijkswaterstaat, in april 2014, liet een maximum zien van 5,3 µg/l (bijlage 3). Onderzoek door de UU liet een waarde zien van 5 µg/l in augustus 2013 en een waarde van 10,9 µg/l in augustus 2014.

⁷ Lutum is de benaming voor gronddeeltjes, die kleiner zijn dan 2 µm.

⁸ Droge stof (d.s.)

Risicobeoordeling

In dit hoofdstuk wordt nagegaan of de arseengehaltes die op verschillende plaatsen op de Zandmotor zijn aangetroffen, gezondheidsrisico's met zich mee kunnen brengen. Daarna worden enkele andere metalen die geanalyseerd zijn, kort besproken. NB De toxiciteit van arseen wordt beschreven in paragraaf 3 van bijlage 2.

Arseen in bodem en grondwater

Arseen komt van nature voor in bodem en grondwater. De achtergrondwaarde volgens het Besluit Bodemkwaliteit is 20 mg/kg d.s. Deze is gebaseerd op de 95-percentiel waarde van bodems in onverdachte natuur- of landbouwgebieden in Nederland. Vermooten et al. (2011) vinden voor de mariene Holocene afzettingen van het Laagpakket van Walcheren van de Formatie van Naaldwijk in Zeeland vergelijkbare waarden met een mediaan van 12 mg/kg d.s. en een 82.5 percentiel van 20.1 mg/kg d.s. voor de lithologieklaas klei. Voor de zanden uit hetzelfde pakket zijn deze statistieken respectievelijk 4 en 6 mg/kg d.s.. Deze Nederlandse waarden zijn wat aan de hoge kant als ze vergeleken worden met mediane waarden van bodems en sedimenten (Reimann et al., 2009). Het is ook bekend dat in Nederland op lokale of subregionale schaal natuurlijk verhoogde arseengehaltes voorkomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor Zeeuws Vlaanderen en het gebied tussen Schiphol en de Utrechtse Vecht.

Arseenblootstelling in Nederland

Voedsel is de dominante bron van dagelijkse blootstelling aan arseen voor de algemene bevolking. Een deel van het arseen in voedsel is aanwezig als organisch arseen. Organisch arseen wordt als niet giftig beschouwd op basis van de afwezigheid van arseen-gerelateerde effecten in menselijke populaties die dagelijks door het eten van vis veel organisch arseen binnenkrijgen.

De arseennormen die zijn opgenomen in dit rapport gelden uitsluitend voor anorganisch arseen. De meeste metingen in voedsel zijn als totaal arseen. In de schattingen van de arseenblootstelling via voedsel zoals gepubliceerd door EFSA (2009, 2014) zijn meetgegevens over concentraties totaal arseen gebruikt met correctie voor het geschatte percentage organisch arseen in de verschillende voedingsmiddelen.

EFSA (2014) rapporteert recente schattingen van de blootstelling via voeding aan anorganisch arseen voor de Europese bevolking. De gemiddelde blootstelling lag tussen 0.09 en 0.38 µg/kg_{LG} per dag en de 95^e percentiel tussen 0.14 en 0.64 µg/kg_{LG} per dag. In Nederland is, volgens VCP-kids (Voedsel-consumptiepeiling), de gemiddelde blootstelling aan anorganisch arseen van kinderen 0,56 µg/kg LG/dag (95-percentiel 0,89 µg/kg LG/dag; EFSA 2014).

Risico's van arseengehaltes in zand

De analyses van de zandmonsters laten een gemiddeld As-gehalte zien van 3,0 mg/kg d.s., met een mediaan van 2,7 mg/kg d.s., een 95-percentiel van 5,6 mg/kg d.s. en een maximum van 6,3 mg/kg d.s. Deze gehalten zijn vergeleken met de Achtergrondwaarde voor As uit het Besluit Bodemkwaliteit. Deze bedraagt 20 mg/kg d.s. voor de 'standaardbodem'. Dit is gebaseerd op het 95-percentiel gemeten in relatief onbelaste bodems in Nederland (AW 2000; Lamé et al., 2004). Dat wil zeggen dat in 95% van de gevallen de gehalten in relatief onbelaste bodems hoger zijn dan 20 mg/kg d.s. Vanwege het lage lutum- en organisch stofgehalte van zand, moet deze waarde voor zandbodems volgens het Besluit bodemkwaliteit gecorrigeerd worden tot 11,4 mg/kg d.s.

Het hoogste gehalte As in de zandmonsters bedraagt 6,3 mg/kg d.s. en is dus lager dan de gecorrigeerde Achtergrondwaarde voor zand.

Met andere woorden: de As-gehalten die in het zand van de zandmotor worden aangetroffen zijn, vergeleken met onbelaste gebieden in Nederland, gering. Ook van de andere metalen (tabel 4.2) zijn de concentraties lager dan de gecorrigeerde achtergrondwaarde voor zand. Dit betekent ook dat dit zand, volgens het Besluit bodemkwaliteit, voor iedere toepassing zonder beperkingen mag worden gebruikt.

Locatie-afhankelijkheid

De As-waarden variëren met de plaats van de bemonstering (zie figuur 4.1). Op de meeste locaties langs de zeereep (A1 – A17) lijken wat hogere gehalten gevonden te worden dan elders op de Zandmotor.

Het is niet direct duidelijk waarom juist daar hogere concentraties As worden gevonden. Naast de aanwezigheid van ijzeroer kan As ook afkomstig zijn van bronnen zoals pyriet. Op basis van de huidige gegevens is het onderliggende geochemische proces dat de aanwezigheid van As kan verklaren niet eenduidig vast te stellen.

Risico's van arseen in ijzeroer

De gehalten As in de onderzochte brokken ijzeroer variëren van 196 tot 470 mg/kg d.s. Deze waarden zijn beduidend hoger dan de Achtergrondwaarde voor As in de Nederlandse bodem van 20 mg/kg d.s. Omdat de waarden in de ijzeroerbrokken hoger zijn, is een risicobeoordeling uitgevoerd. Hiervoor is uitgegaan van de hoogste waarde (470 mg/kg d.s.). De route waarlangs kinderen deeltjes ijzeroer – en dus As – kunnen binnenkrijgen, is het zogenaamde “hand-mond contact”. As wordt namelijk niet/nauwelijks door de huid opgenomen en het materiaal wordt niet ingeademd.

De blootstelling van kinderen aan arseen in ijzeroer is op verschillende manieren getoetst. In bijlage 2 worden de aanpak (inclusief aannames en literatuurverwijzingen), resultaten en conclusies van de risicoanalyse voor het spelen met brokken ijzeroer nader beschreven. Hieronder volgt een samenvatting van de conclusies.

Om de blootstelling van kinderen te schatten is uitgegaan van een scenario waarin kinderen 3 - 6 weken per jaar op het strand aanwezig zijn, elke dag 4 uur met brokken ijzeroer spelen en veelvuldig materiaal in hun mond krijgen en doorslikken. Tevens zijn er aannames gedaan over onder meer gedrag, leeftijd en gewicht van op het strand spelende kinderen. Dit is een worst-case scenario. De volgens deze benadering geschatte blootstelling van kinderen aan arseen is op twee manieren getoetst:

- *De eerste toetsing* is gebaseerd op de huidige procedure zoals toegepast bij de beoordeling van humane risico's in het kader van de Wet bodembescherming. Deze beoordeling laat zien dat pas bij concentraties die circa 10 – 20 keer zo hoog zijn als de gemeten hoeveelheid As in ijzeroer, de toelaatbare dagelijkse (levenslange) innamenorm (TDI) wordt bereikt.
- *De tweede toetsing* is gebaseerd op recente inzichten van ESFA en WHO/JECFA, die op basis van de huidige gezondheidsinformatie over arseen geen TDI afleidbaar achtten maar in plaats daarvan een toetswaarde voor het kankerrisico door arseen hebben berekend. (Dit wordt uitgebreider besproken in paragraaf 3 van bijlage 2.)

Gebruik van deze toetswaarde suggereert een extra kankerrisico door arseenblootstelling uit ijzeroerbrokken dat rond het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico)

ligt. NB. Overschrijding van het MTR duidt op een extra risico op kanker boven de in het Nederlandse milieubeleid geaccepteerde grens.

Gezien het worst case-karakter van de uitgevoerde blootstellingschatting zal de werkelijke belasting met As door het spelen met brokken ijzeroer (veel) lager uitkomen dan het MTR en zal het werkelijke risico navenant lager zijn.

Beoordeling risico's van arseen in het water van het meertje

Kinderen die in het meertje spelen, kunnen water binnenkrijgen en doorslikken⁹.

Om na te gaan of dat gezondheidsrisico's met zich mee kan brengen, zijn de in het meertje aangetroffen concentraties vergeleken met de drinkwaternorm. De hoogste in het meertje aangetroffen concentratie – circa 11 µg/l – blijkt vergelijkbaar te zijn met de norm voor drinkwater (10 µg/l). Omdat drinkwaternormen gebaseerd zijn op een (levenslange) consumptie van twee liter per dag, is het dus geen probleem als kinderen af en toe water met de aangetroffen concentraties zouden doorslikken.

Omdat As evenmin door de huid wordt opgenomen, levert de aangetroffen hoeveelheid As in het meertje geen noemenswaardige risico's op voor spelende kinderen.

⁹ Het water van het meertje is aangevuld met regenwater en is inmiddels brak.

Conclusies

Tijdens onderzoek door de UU naar veranderingen die de Zandmotor teweegbrengt in de lokale bodemchemie, zijn in het poriewater op enkele plaatsen As-concentraties aangetroffen met een maximum van circa $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Daarop heeft RWS het RIVM benaderd met de vraag of dit gevolgen zou kunnen hebben voor de recreatie op de Zandmotor. Omdat berekenen van bodem- of sedimentconcentraties van arseen uit poriewaterconcentraties teveel onzekerheden met zich meebrengt, is besloten tot onderzoek van oppervlaktemonsters.

Onderzoek van de bovenste laag van de Zandmotor laat zien dat de As-gehalten in het *zand* gering zijn in vergelijking met onbelaste gebieden in Nederland. Dat geldt ook voor de andere onderzochte metalen.

Op de Zandmotor liggen op verschillende plaatsen ook brokken *ijzeroer* aan de oppervlakte. In de brokken die onderzocht zijn, is het As beduidend hoger dan de achtergrondwaarde voor As in de Nederlandse bodem. Daarom is een beoordeling gemaakt van de risico's van het zogenaamde hand-mond contact. Alleen wanneer uitgegaan wordt van een worst-case scenario waarbij kinderen wekenlang, gedurende enkele uren per dag spelen met brokken ijzeroer met de hoogste concentratie, komt het risico dat zij lopen in de buurt van het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR).

Echter, niet alleen het innamescenario is onrealistisch, ook de gehalten variëren. Dat betekent dat de risico's in de praktijk veel lager zijn.

Het gehalte As dat in het *water* van het meertje gemeten is, is vergelijkbaar met de drinkwaternorm voor As. Omdat As niet door de huid wordt opgenomen, levert spelen in het meertje geen noemenswaardige risico's op.

Samengevat laat het onderzoek zien dat het op het strand aanwezige arseen geen noemenswaardige risico's oplevert voor kinderen (en daarmee dus ook niet voor volwassenen en dieren).

Inzicht in de onderliggende geochemische processen kan helpen om de As-concentraties op de Zandmotor beter te kunnen verklaren. Dit inzicht kan bovendien helpen om bij toekomstige zandsuppleties of zandafgravingen te bepalen of As een probleem kan gaan vormen en welke maatregelen dan mogelijk zijn. Daarom wordt aanbevolen om onderzoek te doen naar de onderliggende geochemische processen. Het onderzoek van de UU sluit deels aan op deze aanbeveling.

Het is niet uitgesloten dat er in de toekomst, door het wegwaaien en wegspoelen van het zand uit de oppervlakkige laag, meer ijzeroer aan de oppervlakte komt. Het kan dan zinvol zijn om na te gaan of dit het huidige gebruik van de Zandmotor zou kunnen beïnvloeden.

Bijlage 1: Resultaten ICP-MS analyses zandmonsters.

Tabel 1. Resultaten ICP-MS analyses zandmonsters in mg/kg.

	As	Cd	Cr	Cu	Fe ^a	Mo	Ni	Pb	Sn	V	Zn
<i>Zandmonsters^b</i>											
A1	3.6	0.020	7.8	0.86	3.9	0.06	4.1	2.7	0.19	7.0	10.5
A2	3.2	0.020	6.2	0.85	3.8	0.10	4.1	2.5	0.19	6.8	9.6
A3	3.4	0.019	5.9	0.43	3.6	0.06	3.8	2.4	0.20	6.5	8.6
A4	3.1	0.024	8.7	0.95	4.1	0.07	6.0	2.4	0.19	6.8	9.1
A5	6.0	0.021	6.2	0.57	5.2	0.09	4.3	3.1	0.17	10.0	10.7
A6	3.5	0.019	6.5	0.57	3.8	0.07	4.6	2.6	0.15	6.9	8.6
A7	3.3	0.022	8.8	0.70	4.1	0.06	5.3	2.5	0.18	7.1	9.1
A8	2.5	0.021	7.6	0.78	3.6	0.06	5.1	2.2	0.17	5.6	7.4
A9	5.7	0.019	5.5	0.43	5.0	0.08	3.8	3.2	0.18	9.6	10.4
A10	3.8	0.031	9.9	0.83	4.7	0.07	6.2	2.6	0.37	7.8	8.9
A11	3.9	0.048	6.8	0.58	4.4	0.07	4.0	2.5	0.15	7.6	8.1
A12	5.5	0.029	10.7	0.70	6.1	0.09	5.5	3.4	0.20	10.6	12.1
A13	6.3	0.077	9.1	0.35	6.4	0.10	4.7	3.7	0.18	11.8	12.0
A14	4.5	0.030	12.9	0.22	5.5	0.17	5.3	3.1	0.19	9.9	10.7
A15	2.6	0.028	4.8	0.16	2.8	0.04	3.0	1.9	0.10	5.0	5.7
A16	2.2	0.016	4.5	0.13	2.5	0.04	3.0	2.2	0.14	4.7	6.0
A17	2.6	0.018	4.4	0.07	2.3	0.06	2.9	2.7	0.22	4.8	6.9
B4	1.9	0.011	2.8	0.01	1.5	0.05	2.5	2.1	0.13	3.0	4.6
B5	2.1	0.031	9.4	0.61	3.1	0.05	5.7	2.3	0.17	5.2	8.4
B6	2.7	0.031	6.7	0.26	3.1	0.07	5.1	2.7	0.19	4.9	6.3
B7	3.2	0.025	8.2	0.53	3.8	0.08	5.6	3.0	0.24	6.3	8.6
B8	3.9	0.019	6.4	0.03	4.2	0.07	3.8	3.0	0.17	8.1	12.8
B9	2.9	0.029	11.7	0.72	4.3	0.09	6.9	3.0	0.22	7.3	9.3
B12	3.8	0.019	7.3	0.06	4.1	0.11	3.8	3.0	0.20	7.7	9.4
B13	2.3	0.025	9.4	0.52	3.0	0.05	4.6	2.6	0.28	5.1	6.4
B14	1.9	0.017	5.7	0.13	2.3	0.04	3.7	2.5	0.16	4.1	5.6
B15	2.0	0.016	6.4	0.21	2.1	0.06	3.4	2.4	0.16	4.0	5.5
C6	1.8	0.025	6.9	0.27	2.7	0.05	5.3	2.6	0.24	4.2	6.4
C7	2.4	0.029	10.5	0.33	3.6	0.07	6.7	2.6	0.22	5.6	7.3
C8	2.3	0.019	7.2	0.24	2.3	0.05	4.5	2.8	0.22	4.7	5.9
C9	3.0	0.043	22.3	0.74	4.8	0.08	7.8	3.2	0.55	7.8	9.9
C10	2.8	0.032	13.5	0.47	4.3	0.07	6.8	3.2	0.25	6.3	8.4
C11	3.1	0.040	13.3	0.60	4.4	0.08	7.0	3.2	0.41	7.0	8.4
C12	2.4	0.027	10.9	0.47	3.5	0.05	5.8	2.8	0.23	5.7	7.0
C13	1.8	0.023	4.4	0.77	1.5	0.07	2.8	2.5	0.41	3.0	4.7
D8	1.8	0.022	3.4	0.31	1.5	0.04	3.0	2.5	0.36	2.9	4.8
D9	2.5	0.030	8.8	0.36	3.0	0.05	4.6	2.7	0.31	5.3	6.0
D10	2.7	0.068	11.3	1.42	3.4	0.07	5.6	3.0	1.33	6.1	10.2
D11	2.5	0.035	8.6	0.31	2.8	0.07	3.5	5.7	0.60	5.4	5.5
RZM001	2.2	0.048	6.2	1.06	2.6	0.06	4.7	2.9	0.94	4.5	6.5
RZM002	1.9	0.035	6.7	1.08	2.7	0.06	5.0	2.7	0.62	4.5	7.1
RZM003	3.1	0.033	7.1	1.01	3.4	0.06	5.0	3.1	0.50	6.3	8.5
RZM004	2.0	0.019	4.7	0.43	1.7	0.04	3.4	2.6	0.27	3.3	4.6
RZM005	2.3	0.041	8.8	1.17	3.1	4.00	5.8	2.9	0.42	6.1	8.7
RZM006	3.9	0.034	12.0	0.49	4.6	0.25	4.6	3.3	0.38	9.3	10.3
RZM007	3.8	0.021	7.6	0.53	4.0	0.07	4.4	3.1	0.24	7.7	8.8
RZM008	2.7	0.029	8.0	0.62	3.3	0.08	4.7	3.3	0.29	6.1	7.5
RZM009	3.6	0.052	8.1	0.66	4.3	0.12	5.1	3.5	0.87	8.1	9.9
RZM010	1.9	0.051	6.9	0.76	2.7	0.05	4.9	2.8	0.92	4.6	6.2
RZM011	2.2	0.103	6.9	0.87	2.8	0.06	5.1	2.9	2.27	4.8	6.9
<i>Refentiemonsters</i>											
Zilverzand	1.0	0.028	0.5	0.17	0.8	0.06	0.0	74.6	0.55	0.3	0.7
Glauconiet	50.5	0.090	267.0	0.28	192.5	0.40	14.1	7.0	0.48	227.4	48.4

^a Fe in g/kg, andere metalen in mg/kg^b A1 t/m D11: monsters Universiteit Utrecht; RZM 1 t/m 11: monsters RIVM.

Bijlage 2: Gezondheidsrisico's door hand-mond contact met ijzeroerbrokken op het strand van de Zandmotor¹⁰

1 Inleiding

1.1 Doel

Het doel van deze risicobeoordeling is om de gezondheidsrisico's ten gevolge van blootstelling van arseen (As) uit ijzeroerbrokken (zie Figuur 1.1) op het strand te beoordelen. Dit gebeurt op twee manieren:

1. door een toelaatbare concentratie As in de ijzeroerbrokken af te leiden, waarbij het gezondheidsrisico binnen aanvaardbare grenzen ligt. Hierbij is uitgegaan van de op dit moment in het kader van de Wet bodembescherming gehanteerde toelaatbare blootstelling (TDI) voor arseen van $1,0 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$. Vervolgens wordt deze toelaatbare concentratie vergeleken met de gemeten As-concentraties in ijzeroerbrokken gevonden op het strand bij de Zandmotor.
2. door een analyse op basis van de nieuwste inzichten in de gezondheidseffecten door arseen. Hierbij wordt de geschatte blootstelling vergeleken met de zogenaamde Benchmarkniveaus, zoals afgeleid door EFSA (EU) en JECFA (WHO) voor toenames in het voorkomen van kanker. Daarnaast wordt de geschatte blootstelling ook afgezet tegen de huidige arseeninname door kinderen via het dieet.



Figuur 1.1. Boven- en zijaanzicht van een ijzeroerbrok

¹⁰ Opgesteld door Frank Swartjes en Paul Janssen

1.2 Uitgangspunten

Er wordt in deze risicobeoordeling niet ingegaan op gezondheidsrisico's ten gevolge van de mogelijke aanwezigheid van arseen of andere metalen in het zand. Ook wordt niet ingegaan op de impact op de gezondheid ten gevolge van het toekomstige verval van de ijzeroerbrokken of de daaruit resulterende oplading van het zand met arseen en andere metalen. In de standaardprocedure om bodemverontreiniging te toetsen worden twaalf blootstellingsroutes beschouwd. Voor het contact met de ijzeroerbrokken is slechts één route van belang: blootstelling ten gevolge van ingestie door hand-mond contact. Gezien de locatie van de ijzeroerbrokken, namelijk op het strand, wordt blootstelling aan arseen via consumptie van groenten en drinkwater niet relevant geacht. Ook de blootstelling aan As door opname via de huid wordt niet van belang geacht, omdat arseenmoleculen een gering vermogen hebben om de huid te passeren (ATSDR 2007). Inademing van deeltjes afkomstig van het ijzeroer, en daarmee van As, wordt verwaarloosbaar geacht, zodat deze blootstellingsroute eveneens niet wordt beschouwd.

Tevens worden in deze studie geen kinderen beschouwd die picagedrag (zucht naar het eten van niet-eetbare zaken zoals bodemmateriaal) vertonen.

De locatie (Zandmotor) werd door de auteurs van de risicobeoordeling niet bezocht. Wel werd een foto ter beschikking gesteld. Hieruit blijkt dat er grote hoeveelheden ijzeroerbrokken verspreid over het strand liggen (Figuur 1.2).



Figuur 1.2 Overzicht van de het strand bij de Zandmotor, waarop vele ijzeroerbrokken zichtbaar zijn

2 Blootstelling

2.1 Algemeen

Het is algemeen bekend dat metalen via hand-mond contact worden opgenomen, samen met bodemmateriaal. Er komen gemakkelijk korrels (gruis) los van de ijzeroerbrokken (zie Figuur 2.1), na wrijven en licht kloppen. Bovendien blijft er bruinkleuring achter op de handen, waarschijnlijk (arseenhoudende) ijzer(hydr)oxiden. Het is onduidelijk of het gruis en

bruingekeurde materiaal representatief beschouwd kan worden voor de gehele ijzeroerbrok voor wat betreft deeltjestype en -grootte en arseengehalte.



Figuur 2.1. Gruis dat van het een ijzeroerbrok komt na wrijven en licht kloppen

Er is geen wetenschappelijke informatie over de exacte hoeveelheid materiaal die vrijkomt vanaf de ijzeroerbrokken bij contact, noch over de daaropvolgende hoeveelheid ingestie door hand-mond contact vanaf ijzeroerbrokken. Daarom heeft een interne expertgroep¹¹ een zo goed mogelijke schatting voorbereid. Hierbij zijn vier methoden voorgesteld:

1. analogie met blootstelling via hand-mond contact in een standaard woonsituatie (het standaardscenario op basis waarvan bodemverontreiniging wordt getoetst);
2. analogie met spelende kinderen in een zandbak;
3. opstellen van een voor dit geval specifiek blootstellingsscenario;
4. experimenteel onderzoek.

2.2 Analogie met blootstelling via hand-mond contact in een standaard woonsituatie

In het kader van de afleiding van de humaan-toxicologische component van de bodeminterventiewaarde voor de bodem wordt uitgegaan van een hoeveelheid grondingestie van 100 mg_{DG}/dag voor kinderen (0 – 6 jaar) en 50 mg_{DG}/dag voor volwassenen (6 – 70 jaar) (Swartjes et al., 2012). Dit is gerelateerd aan blootstelling in de woonsituatie, volgens het zogenaamde standaardscenario, zoals gedefinieerd in het kader van de Wet bodembescherming. Afwijkend van de woonsituatie vindt op een strand het contact niet het gehele jaar door plaats. Daarnaast gaat de interne expertgroep er van uit dat voor de strandsituatie de leeftijdscategorie afwijkt van kinderen in de leeftijdsgroep 0-6 jaar, zoals de leeftijdsgroep 'kinderen' gedefinieerd is in het standaardscenario. Bij de Zandmotor wordt de aandacht gericht op spelende kinderen. Aangenomen wordt dat de groep die actief op het zand speelt, en bijvoorbeeld zandkastelen bouwt (mede met gebruik van de ijzeroerbrokken), in de leeftijd van 2-12 jaar is.

¹¹ Expertgroep bestaande uit P.F. Otte, E. Brand, J.-D. Te Biesebeek en F.A. Swartjes.

Omdat het type activiteit op een strand anders is dan dat in de woonsituatie en het materiaal (ijzeroer) afwijkt van grond, is de hoeveelheid grondingestie uit het standaard scenario niet direct te projecteren op de huidige problematiek, gerelateerd aan verblijf op het strand.

Om gemeten arseen-gehalten in ijzeroer in perspectief te kunnen plaatsen, worden in Tabel 2.1 enkele relevante risicogrenswaarden voor arseen geresumeerd.

Tabel 2.1. Enkele relevante risicogrenswaarden voor arseen (mg/kg_{DG}) met als doel gemeten arseen-gehalten in ijzeroer in perspectief te kunnen plaatsen

Naam	Waarde	Opmerking
Interventiewaarde grond (Lijzen et al., 2001)	76	Gebaseerd op ecologische risico's
Humaan toxicologische component van de interventiewaarde (Dirven – Van Breemen et al., 2007)	576	Gebaseerd op levenslange blootstelling op basis van het standaard scenario 'wonen met tuin'
Risicogrenswaarde voor 'plaatsen waar kinderen spelen', als basis voor de Maximale waarde (Dirven – Van Breemen et al., 2007)	560	Gebaseerd op levenslange blootstelling op basis van een scenario voor 'plaatsen waar kinderen spelen', rekening houdend met achtergrondblootstelling

2.3 Analogie met spelende kinderen in een zandbak

Er zijn weinig studies gevonden die zich specifiek richten op een situatie waarbij kinderen in intensief contact met grondmateriaal zijn, zoals in een zandbak. Sheppard (1995) schatte de hoeveelheid grondingestie vanuit een zandbak op 50 mg_{DG}/kg. De onderbouwing van deze waarde is echter gering. Een andere, hogere waarde is het 95-percentiel uit een groot aantal studies geëvalueerd door Bierkens et al., 2011. Dit resulteert in een waarde voor de hoeveelheid grondingestie van 400 mg_{DG}/dag. Deze waarde geeft weliswaar een hoge schatting van de hoeveelheid grondingestie, maar is niet direct gerelateerd aan verblijf op het strand. Bovendien geldt ook hier dat het materiaal (ijzeroer) andere eigenschappen heeft dan grond.

2.4 Opstellen blootstellingsscenario

De aandacht wordt hierbij gericht op spelende kinderen. Aangenomen wordt dat de groep die actief op het strand speelt, en bijvoorbeeld zandkastelen bouwt, in de leeftijd van 2-12 jaar is. Waarschijnlijk speelt de groep 6-12 actiever met de ijzeroerbrokken, maar de jongere groep (2-6 jaar) is kwetsbaarder vanwege hoger hand-mond contact en een lager lichaamsgewicht. Vanuit het oogmerk van een conservatieve (voorzichtige) benadering is daarom besloten de gehele groep 2-12 jaar te beschouwen.

De interne expertgroep acht het redelijk uit te gaan van een kind dat 3 weken op vakantie is en tijdens die vakantie elke dag moet kunnen spelen op het strand, zonder daarbij onaanvaardbare risico's te lopen. Dit beschouwt de expertgroep als een *realistic worst case* situatie. Als een conservatiever uitgangspunt, gebaseerd op voorzorg als beleidsmatige eis, zou kunnen worden gesteld dat een kind alle mooie dagen in Nederland waarop strandrecreatie

mogelijk is, of tenminste gebruikelijk is, moet kunnen spelen op het strand, zonder onaanvaardbare risico's.

De interne expertgroep schat dat de jongere kinderen (2-6 jaar) niet langer dan 2 uur op het strand zullen spelen. De oudere groep (6-12 jaar) zou in extremere gevallen maximaal 6 uur op het strand kunnen spelen. Gemiddeld is dus sprake van een maximale contacttijd met de ijzeroerbrokken van 4 uur.

Een dag met een maximumtemperatuur van 20,0 graden of hoger wordt in de weerkunde een warme dag genoemd. Wordt 25,0 graden of hoger bereikt dan is dat een zomerse dag (KNMI, 2014a). Zomerse temperaturen van 25 graden of hoger komen in het binnenland op gemiddeld 20 tot 40 dagen per jaar voor, de meeste in het zuidoosten. Aan de kust worden gewoonlijk 5 à 10 zomerse dagen gehaald, maar in warme zomers kan dat aantal ook daar tot 20 of 30 dagen en plaatselijk nog meer oplopen. Zo telde Vlissingen in 1947 in totaal 38 zomerse dagen (KNMI, 2014b). Mei telt in De Bilt normaal (gemiddeld over 1981-2010) drie zomerse dagen, juni vijf, juli negen, augustus zeven en september twee (in totaal over de vijf warmste maanden 26 dagen). De maanden mei, juni, juli en augustus tellen normaliter 3, 14, 22 en 23 warme dagen (KNMI 2014a), in totaal over de vijf warmste maanden 75 dagen¹². In de expertgroep is besloten op basis van deze informatie het 'aantal mooie dagen in Nederland waarop strandrecreatie mogelijk is, of tenminste gebruikelijk is' tussen 26 en 75 op 42 dagen (6 weken) te stellen.

In Tabel 2.2 zijn de keuzes gemaakt door de interne expertgroep geresumeerd.

Tabel 2.2. Keuzes gemaakt door de interne expertgroep^a

	Keus	Opmerking
Relevante activiteit	Spelen op strand ('zandkasteel' bouwen)	Conservatief uitgangspunt, omdat een kind dit niet de gehele tijd zal doen
Relevante leeftijdsgroep	2 – 12 jaar	Conservatief, omdat de (meer kwetsbare) groep 2-6 jaar niet veel met de ijzeroerbrokken zal spelen
Verblijftijd op strand	21 dagen op het strand	<i>Realistic worst case scenario</i>
Maximaal toelaatbare verblijftijd op strand	Alle mooie dagen in Nederland waarop strandrecreatie mogelijk is, of tenminste gebruikelijk is: 42 dagen op het strand	Gebaseerd op voorzorg als beleidsmatige eis
Speeltijd tijdens stranddag	4 Uur	Conservatief (maximale verblijftijd)

^a P.F. Otte, E. Brand, J.-D. Te Biesebeek en F.A. Swartjes

Het gewicht van kinderen wordt afgeleid uit de *General Fact Sheet for public consultation* (Te Biesebeek et al., 2014). Hieruit zijn 25-percentielwaarden opgenomen voor tweejarigen van 11.7 kg en voor 12-jarigen van 41.5 kg. In deze studie wordt als gemiddelde van deze twee groepen een 25-percentiel van zevenjarigen gebruikt van 22 kg.

¹² September geschat op 13 dagen

De meeste bodemingestie-data zijn afgeleid van *tracer* studies, waarin typische bodemcomponenten als aluminium, silicium, titanium of yttrium worden gemeten in feces en soms urine. Daarnaast zijn gedragsstudies uitgevoerd, waarbij via videobeelden of directe waarnemingen nagegaan wordt hoe vaak er hand-mond contact is.

Finley et al. (1994) combineerden de data uit vier gedragsstudies en kwamen tot de conclusie dat de frequentieverdelingen van de hoeveelheid bodemdeeltjes op handen voor kinderen en volwassenen gelijk zijn. De waarde voor de hoeveelheid materiaal op handen van kinderen en volwassenen gecombineerd wordt het meest representatief geacht omdat de groep 6 - 12 jaar het meest intensief met de ijzeroerbrokken in contact komt. De gemiddelde waarde voor de frequentieverdeling voor de hoeveelheid materiaal op handen van kinderen en volwassenen gecombineerd was 0,25 mg/cm² en het 95-percentiel 1,7 mg/cm². Er wordt verondersteld dat het meeste arseen in het bruinegekleurde materiaal zit, dat relatief goed aan de hand hecht. Daarom wordt in deze studie het 95-percentiel van 1,7 mg/cm² gehanteerd.

Voor de overgang van hand naar mond werden waarden gerapporteerd van 5 tot 100% (Camann et al. (2000) voor pesticiden; Cohen Hubal et al., 2005 voor riboflavine). Op grond van de grote onzekerheden en de grote ranges die worden gevonden voor een overgang van hand naar mond is de conservatieve schatting van 50% de meest gebruikte waarde (Bierkens et al., 2011). Een expliciete empirische basis voor dit getal ontbreekt.

In een laboratoriumexperiment stelden Kissel et al. (1998) vast dat op basis van duimzuigen, palmlikken en het stoppen van de bovenste helft van drie vingers in de mond een de overgang van hand naar mond 6,2 - 24% is. Het gemiddelde van de 97,5%-betrouwbaarheidslimieten van 12 waarnemingen is 20,0%.

Het is bekend dat slechts een gedeelte van de hoeveelheid arseen die oraal wordt ingenomen daadwerkelijk wordt opgenomen in het menselijk lichaam (Cave et al., 2011). De USEPA (2010) vond in een experimentele biggenstudie met gronden van 11 verontreinigde gebieden een range voor de relatieve biobeschikbaarheidsfactor voor As van 10 tot 60%. Specifiek voor ijzeroer voerden Groen et al. (1994) experimenten uit met honden (Beagles). De proefdieren werden gevoed met ijzeroerhoudende grond. Als referentie werd tevens intraveneus arseen toegediend. Ze vonden relatieve biobeschikbaarheidsfactoren voor zes honden in de range van 5,5% - 11,0%. Concluderend wordt waarde van 10% voor de relatieve biobeschikbaarheid uit ijzeroer de meest realistische waarde geacht.

Xue et al (2007) voerden een meta-analyse uit naar de frequentie van hand-mond contact. Hierbij werden negen studies geanalyseerd met betrokkenheid van in totaal 429 personen en 2000 uur gedragsobservaties. Hieruit werd geconcludeerd dat kinderen een frequentie van hand-mond contact hebben variërend van 2,9 contacten per uur tot 14,5 contacten per uur. De laagste waarden gelden voor kinderen in de leeftijdscategorie tussen 6 en 12 en de hoogste waarden voor kinderen in de leeftijdscategorie tussen zes maanden en 1 jaar. De waarde van 9 contacten per uur kan als conservatief uitgangspunt worden genomen voor de gehele groep van 2-12 jaar. Uitgaande van een verblijf van maximaal 4 uur op het strand is 36 contacten per dag een conservatief (hoog) aantal hand-mondcontacten.

Het oppervlak van duim¹³, palm¹⁴ en de bovenste helft van drie vingers¹⁵ wordt geschat op 20 cm², 25 cm² en 40 cm², respectievelijk. Er wordt van uitgegaan dat tijdens ieder hand-mond contact of de duim wordt gezogen, of de palm wordt gelikt of op de bovenste helft van drie vingers wordt gelikt. Daarom wordt uitgegaan van een gemiddeld hand – mond contactoppervlak van $([20 + 25 + 40]/3) = 30 \text{ cm}^2$.

In Tabel 2.3 zijn de gehanteerde waarden voor de input parameters van het blootstellingsscenario samengevat.

Tabel 2.3. Gehanteerde waarden voor de input parameters van het blootstellingsscenario

	Waarde	Opmerking	Referentie
Lichaamsgewicht	22 kg	Conservatief (25-percentiel)	Te Biesebeek et al., 2014
Hoeveelheid bodemdeeltjes op handen	1,7 mg/cm ²	Realistische waarde	Finley et al., 1994
Overgang van hand naar mond	20%	Conservatieve waarde (gemiddelde van 12 97,5%-betrouwbaarheidsbovengrenzen)	Kissel et al., 1998
Relatieve biobeschikbaarheidsfactor	0,1	Realistische waarde	Groen et al., 1994
frequentie van hand-mond contact	36/dag	Conservatieve waarde	Xue et al., 2007
Contactoppervlakte	30 cm ²	Realistische waarde voor het gemiddelde oppervlak van handdelen (palmen, duim, en bovenste gedeelten van de drie vingers)	Deze studie

Dit resulteert in een materiaalinnname van $(1,7 \times 0,2 \times 36 \times 30 =) 367 \text{ mg}$ materiaal per dag. Omdat het aantal stranddagen 21 ('*realistic worst case*'), respectievelijk 42 ('beleidsmatige eis; voorzorg') wordt verondersteld is dat gewogen over het jaar 21 tot 42 mg_{DG}/dag gedurende de periode 2 tot 12 jaar. Dat is gemiddeld over het jaar van iets lagere ordegrrootte dan de gemiddelde hoeveelheid grondingestie zoals verondersteld in het zogenaamde standaard scenario (100 mg_{DG}/dag).

2.5 Experimenteel onderzoek

Gezien de afwezigheid van directe gegevens over contact met ijzeroerbrokken en de daaropvolgende hoeveelheid ingestie door hand-mond contact, zou een experiment uitgevoerd kunnen worden. Hierbij zou het contact met de ijzeroerbrokken moeten worden nagebootst. Een mens zou bijvoorbeeld 36 keer een ijzeroerbrok op moeten pakken, telkens een andere ijzeroerbrok, en vervolgens de hand afspoelen in een emmer met arseen-vrij water. Vervolgens kan in het laboratorium worden bepaald: 1. de hoeveelheid deeltjes die via het ijzeroer op de hand komen ('de dagelijkse hoeveelheid *hand loading*') en 2. De gemiddelde hoeveelheid arseen in de deeltjes die via het ijzeroer op de hand

¹³ Uitgegaan wordt van 4 rechthoeken van 5 x 1 cm

¹⁴ Uitgegaan wordt van een vierkant van 5 x 5 cm

¹⁵ Uitgegaan wordt van een 2 rechthoeken van 4 x 4 cm (de voor- en achterkant van de vingers) en van 2 rechthoeken van 4 x 1 cm (de buitenkant van de 2 buitenste vingers)

komen. De hoeveelheid materiaal die opgenomen wordt via de mond zal nog echter nog steeds gebaseerd moeten zijn op een berekening.

3. Gezondheidseffecten van arseen

Bij de gezondheidseffecten door arseen dient een onderscheid gemaakt te worden tussen anorganisch en organisch arseen. Organisch arseen wordt als niet-giftig beschouwd op basis van afwezigheid van arseen-gerelateerde gezondheidseffecten in menselijke populaties met hoge blootstelling. Deze laatste doet zich voor in populaties met hoge dagelijkse visconsumptie. Vis bevat veel organisch arseen (natuurlijk voorkomen). Anorganisch arseen daarentegen heeft een grote giftigheid voor mens en dier.

De huidige in de beoordeling van bodemverontreiniging gehanteerde TDI voor anorganisch arseen is ontleend aan Baars et al. (2001) en is gelijk aan 1,0 $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$. Door Baars et al. (2001) werd een eerdere toxicologische innamenorm zoals voorgesteld door een comité van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO/JECFA) van 2 $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ verlaagd naar een waarde van 1 $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$. Arseen is kankerverwekkend, maar in het ontstaan van tumoren werd een drempelwaarde verondersteld. De TDI 1 $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ is door het beleid benoemd als 'aanvaardbaar risico'. Er wordt bij de beoordeling van bodemverontreiniging geen rekening gehouden met achtergrondblootstelling.

In de afgelopen jaren is de toxiciteit van arseen opnieuw beoordeeld door nationale en internationale instanties. Er zijn onder andere nieuwe beoordelingen door EFSA (2009) en WHO/JECFA (2011) beschikbaar gekomen. In overeenstemming met eerdere beoordelingen concludeerden EFSA en WHO/JECFA dat anorganisch arseen een bewezen humaan carcinogeen is. In epidemiologische studies is aangetoond dat arseen tumoren veroorzaakt in diverse organen in populaties met verhoogde arseenblootstelling via drinkwater. Maar op basis van de beschikbare gegevens kon geen drempel geïdentificeerd worden in de kanker-veroorzakende werking door arseen, zo concludeerden EFSA en WHO/JECFA. Daarom kon de bestaande toxicologische innamenorm (TDI) van de WHO/JECFA voor arseen ook niet langer als veilig beschouwd worden en kon ook geen nieuwe veilige waarde afgeleid worden. In plaats daarvan werden door EFSA en WHO/JECFA zogenaamde Benchmarkniveaus (BMDLs) afgeleid. Dit zijn referentiewaarden die een van tevoren geselecteerd effectniveau markeren. EFSA koos daarvoor een effectpercentage van 1% en WHO/JECFA 0,5%. Degelijke percentages zouden nog juist waarneembaar zijn in de uitgevoerde epidemiologische studies. EFSA en WHO/JECFA selecteerden huidlaesies en kanker in de blaas, longen en huid zoals waargenomen in de beschikbare epidemiologische studies met blootstelling via drinkwater, als de kritische effecten voor de risicokwantificering. Aldus leidde WHO/JECFA (2011) een gemiddelde $\text{BMDL}_{0,5\%}$ af van 3 $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ (met een range van 2-7 $\mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$). Deze waarde heeft betrekking op levenslange blootstelling. De $\text{BMDL}_{0,5\%}$ kan gebruikt worden om het risico van in praktijk voorkomende blootstellingen te beoordelen. Of het optredende risico acceptabel is dient per geval afgewogen te worden.

Zowel WHO/JECFA en EFSA wijzen erop dat blootstelling aan anorganisch arseen via voeding vaak in dezelfde range ligt als de afgeleide BMDLs. Dit betekent dat voor veel groepen in de bevolking de blootstelling via voeding al ongewenst

hoog is. In Nederland is, volgens VCPkids (Voedselconsumptiepeiling), de gemiddelde blootstelling aan As voor kinderen 0,56 µg/kg_{LG}/dag (95-percentiel 0,89 µg/kg_{LG}/dag) (EFSA 2014).

Vergelijking van het blootstellingsniveau via voeding met bovengenoemde BDML_{0,5%} wijst erop dat de hieraan verbonden toegenomen kans op kanker al hoger is dan het MTR (Maximum Toelaatbaar Risico) van 1 op 10.000 per leven, zoals dit wordt gehanteerd voor genotoxisch werkende carcinogenen in het Nederlands Milieubeleid.

4 Risicokarakterisering

4.1 Op basis van de huidige TDI

Op het strand van de Zandmotor is geen sprake van dagelijks contact gedurende het gehele jaar en de biobeschikbaarheid vanuit ijzeroer is beduidend lager dan die uit grond. Daarom is de waarde van 560 mg/kg_{DG} (risicogrenswaarde voor arseen in de bodem op 'plaatsen waar kinderen spelen', als basis voor de Maximale waarde) als een te conservatieve risicogrenswaarde voor de ijzeroerbrokken te beschouwen. Op het strand van de Zandmotor speelt zich een ander type activiteit af dan in geval van het zogenaamde standaardscenario bij bodemverontreiniging. Daarom is een meer op de Zandmotor toegespitste blootstellingsbeoordeling uitgevoerd als basis voor een toelaatbare arseenconcentratie in materiaal afkomstig van ijzeroerbrokken.

De interne expertgroep acht de optie 'Opstellen blootstellingsscenario' het meest opportuun om de gezondheidsrisico's te evalueren en een toelaatbare concentratie in ijzeroer af te leiden.

Voor de bepaling van de toelaatbare concentratie in materiaal afkomstig van ijzeroerbrok dient de blootstelling gelijk te zijn aan de aanvaardbare blootstelling:

$$\text{Hoeveelheid groningestie} \times C_T \times F_{OBA} / \text{lichaamsgewicht} = \text{TDI} \quad (\text{Vgl. 4.1})$$

Waarin:

C_T	= Toelaatbare concentratie in materiaal afkomstig van ijzeroerbrok	[mg/kg _{DG}]
F_{OBA}	= Relatieve orale biobeschikbaarheidsfactor	[-]
TDI	= Toelaatbare blootstelling	[µg/kg _{LG} /dag]

Traditioneel wordt bij de toetsing van bodemverontreiniging uitgegaan van levenslang gemiddelde blootstelling. Dat zou in dit geval betekenen dat de blootstelling gedurende de kinderjaren (0 - 12 jaar) gecompenseerd wordt door een blootstelling gelijk aan nul in de jaren tussen 12 en 70 jaar. Als conservatief uitgangspunt wordt er in deze studie echter alleen aan de blootstelling van het kind (2 - 12 jaar) getoetst.

Uit Vgl. 4.1 volgt:

$$\begin{aligned}
 C_T &= \text{TDI} / (\text{Hoeveelheid grondingestie} * F_{\text{OBA}}) * \text{lichaamsgewicht} && (\text{Vgl. 4.2}) \\
 &= (1,0/1000) [\text{mg/kg}_{\text{LG}}/\text{dag}] / \{ ((21-42)/1.000.000) \\
 &\quad [\text{kg}_{\text{DG}} \text{ materiaal}/\text{dag}] * 0,1 \} * 22 [\text{kg}_{\text{LG}}] \\
 &= 5.200 - 10.000 \text{ mg/kg}_{\text{DG}}^{16}
 \end{aligned}$$

Deze waarden zijn relatief hoog ten opzichte van de humaan toxicologische component van de interventiewaarde (576 mg/kg_{DG}) en de risicogrenswaarde voor 'plaatsen waar kinderen spelen', als basis voor de Maximale waarde (560 mg/kg_{DG}).

De met XRF gemeten concentraties in vijf ijzeroerbrokken RZM12 t/m RZM15 variëren tussen 196 mg/kg_{DG} en 427 mg/kg_{DG}, met een gemiddeld gehalte van 290 mg/kg_{DG}. Twee ijzeroerbrokken zijn met ICSP-MS bepaald. Hieruit volgt een gemiddeld gehalte van 380 mg/kg_{DG}. Het maximale arseengehalte was 470 mg/kg_{DG} ijzeroer. Bij gebrek aan nadere informatie wordt er van uitgegaan dat het gruis en bruinegekleurde materiaal dat van de ijzeroerbrokken afkomt, en op de handen kan komen, representatief is voor de gehele ijzeroerbrok voor wat betreft deeltjestype en -grootte en arseengehalte.

Als toelaatbare concentraties in materiaal afkomstig van ijzeroerbrokken werden waarden van 10.000 mg/kg_{DG} ('*realistic worst case*') en 5.200 mg/kg_{DG} (beleidsmatige eis gebaseerd op voorzorg) afgeleid. Uitgedrukt als risico-index betekent dit voor het aangetroffen hoogste gehalte van 470 mg/kg_{DG}:

- Een risico-index voor de beleidsmatige eis gebaseerd op voorzorg van 0,090 (oftewel de geschatte blootstelling is 11 maal lager dan de aanvaardbare blootstelling).
- De risico-index voor het '*realistic worst case*' scenario is 0,045 (oftewel de geschatte blootstelling is 22 maal lager dan de aanvaardbare blootstelling).

De conclusie uit de gemaakte berekening is dat toetsing op basis van de geldende TDI van 1 µg/kg_{LG}/dag, zelfs met een combinatie conservatieve aannames, dat het gezondheidsrisico bij de in ijzeroer aangetroffen arseenconcentraties gering is. Daaruit volgt een lage gezondheidskundige urgentie om beschermende maatregelen te nemen tegen blootstelling aan As uit brokken ijzeroer op het strand bij de Zandmotor.

4.2 Op basis van nieuwe inzichten in de gezondheidseffecten

Om de nieuwste inzichten in de gezondheidseffecten door arseen te beschouwen in de boordeling, wordt de geschatte blootstelling vergeleken met de BDML_{0,5%} (afkomstig van WHO/JECFA 2011). Op basis van de aangetroffen gemiddelde concentratie van 470 mg As/kg_{DG} in combinatie met de boven geschatte materiaalinnname van 21 tot 42 mg_{DG}/dag gedurende de periode 2 tot 12 jaar, zou een arseenblootstelling van 0,045-0,091 µg/kg_{LG}/dag resulteren. Hierbij is evenals in de risico-evaluatie uitgevoerd in paragraaf 3.1 een lichaamsgewicht van 22 kg en een relatieve biobeschikbaarheidsfactor van 0,1 gebruikt.

¹⁶ Afgerond op 2 significante cijfers

De marge tussen deze range en de gemiddelde $BMDL_{0,5\%}$ (Benchmark Dose Lower Confidence Limit voor 0,5%) van $3,0 \mu\text{g}/\text{kg}_{\text{LG}}/\text{dag}$ zoals afgeleid door WHO/JECFA (2011) bedraagt een factor 33-66. Op basis van een vergelijking van de *realistic worst case*-blootstelling met de $BMDL_{0,5\%}$ als referentiewaarde suggereert dit een extra kankerrisiconiveau door blootstelling via ijzeroer rond het Maximum Toelaatbare Risico (één op tienduizend per leven), zoals gehanteerd in het Nederlandse milieubeleid.

Vergelijking met recente data over de gangbare inname van arseen via voedsel door kinderen wijst op een beperkte verhoging van deze inname van 7 tot 14% ten gevolge van blootstelling aan ijzeroer, uitgaand van de *realistic worst case*-blootstelling. Gezien het worst case-karakter van de blootstellingschatting zal de werkelijke extra belasting voor veruit de meest strandbezoekers echter lager uitkomen en zal ook het werkelijke risico navenant lager zijn.

5 Conclusies

De conclusie uit de beide benaderingen gecombineerd is dat de gezondheidsrisico's gering zijn. Vanuit gezondheidskundig perspectief is er dan ook geen noodzaak voor beschermende maatregelen tegen de mogelijke arseenblootstelling uit ijzeroerbrokken op het strand van de zandmotor.

Het wordt daarom niet nodig bevonden het experiment zoals kort geschetst in paragraaf 2.5 uit te voeren.

Literatuur

ATSDR (2007). Toxicological Profile for arsenic. Augustus 2007

Amini, M., Abbaspour, K.C., Berg, M., Winkel, L., Hug, S.J., Hoehn, E., Yang, H. & Johnson, C.A. (2008). Statistical modeling of global geogenic arsenic contamination in groundwater. *Environ. Sci. Technol.* (42), 3669-3675.

AuYeung, W., R.A. Canales, J.O. Leckie (2008). The fraction of total hand surface area involved in young children's outdoor hand-to-object contacts. *Environ Res* 108: 294-299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres>

Bierkens, J., M. Van Holderbeke, Ch. Cornelis, R. Torfs, 2011. Hoofdstuk 6 in: F.A. Swartjes (Ed.), *Dealing with contaminated sites. From theory towards practical application*, Springer Science+Business Media BV, Dordrecht, The Netherlands

Biesebeek, J.D. te, M.M. Nijkamp, B.H.G. Bokkers, S.W.P. Wijnhoven (2014). General Fact Sheet. General default parameters for estimating consumer exposure - Updated version, RIVM-rapport 090013003/2014, RIVM, Bilthoven

Camann D.E., T.K. Majumdar, P.W. Geno (2000). Evaluation of saliva and artificial salivary fluids for removal of pesticide residues from human skin. Research Triangle Park, NC: U.S. EPA, National Exposure Research Laboratory, Research Triangle Park, NC

Cave, M.R., J. Wragg, S. Denys, C. Jondreville, C. Feidt (2011). Oral bioavailability. Chapter 7 in Swartjes F.A., editor. *Dealing with Contaminated sites. From theory towards practical application*. Springer publishers, Dordrecht; 2011.

Cohen Hubal, E.A. (2005). Using Biomonitoring Data to Inform Exposure Assessment in Children, U.S. Environmental Protection Agency

Sheppard, S.C. (1995). <http://link.springer.com/content/pdf10.1007/BF00546244.pdf>
C. S Environmental Monitoring and Assessment 34: 27-44, 1995.

Dirven-Van Breemen, E.M., J.P.A. Lijzen, P.F. Otte, P.L.A. van Vlaardingen, J. Spijker, E.M.J. Verbruggen, F.A. Swartjes, J.E. Groenenberg, M. Rutgers (2007). Landelijke referentiewaarden ter onderbouwing van maximale waarden in het bodembeleid. RIVM rapport 711701053, RIVM, Bilthoven.

EFSA (2009). Scientific Opinion on Arsenic in Food. *The EFSA Journal* 7:199.

EFSA (2014). Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *The EFSA Journal* **12** (3):3597.

Finley, B.L., P.K. Scott, D.A. Mayhall (1994). Development of a standard soil-to-skin adherence probability density function for use in Monte Carlo analyses of dermal exposure. *Risk Anal* 14: 555-569.

Groen, K., H.A.M.G. Vaessen, J.J.G. Kliest, J.L.M. de Boer, T. van Ooik, A. Timmerman, R.F. Vlug (1994). Bioavailability of Inorganic Arsenic from Bog Orecontaining Soil in the Dog, Environmental Health Perspectives 102(2): 181-184

Houba, V.J.G., J.J. Van der Lee, I. Novozamsky (1995). Soil and plant analysis. Part 5B Soil analysis procedures. Dep. Soil Sci. and Plant Nutr., Wageningen Agricultural University, 6th ed.

Joosten, I. (2004). Technology of early historical iron production in the Netherlands. Ph.D thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, the Netherlands, 132 pp.

Kissel, J.C., J.H. Shirai, K.Y. Richter, R.A. Fenske (1998) Investigation of dermal contact with soil in controlled trials. J Soil Contam 7(6):737-752

KNMI, 2014a. http://www.knmi.nl/cms/content/33400/warme_dagen (opgevraagd 17 juni 2014)

KNMI, 2014b. http://www.knmi.nl/cms/content/24980/zomerse_dagen (opgevraagd 17 juni 2014)

Lamé, F.P.J., D.J. Brus, R.H. Nieuwenhuis, Achtergrondwaarden 2000 – Hoofdrapport AW2000 fase 1, TNO Rapport NITG 04-242-A, december 2004

Lijzen, J.P.A. A.J. Baars, P.F. Otte, M.G.J. Rikken, F.A. Swartjes, E.M.J. Verbruggen, A.P van Wezel (2001). Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater. Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater. RIVM-rapport 711701023, februari 2001. RIVM, Bilthoven.

Reimann, C., J. Matschullat, M. Birke, R. Salminen (2009). Arsenic contribution in the environment: the effects of scale. Appl. Geochem. (24), 1147-1167

Swartjes, F.A., M. Rutgers, J.P.A. Lijzen, P.J.C.M. Janssen, P.F. Otte, A. Wintersen, E. Brand, L. Posthuma (2012). State of the art of contaminated site management in the Netherlands: policy framework and risk assessment tools, Science of the Total Environment 427-428 (2012): 1-10

USEPA, 2010. Relative bioavailability of arsenic in soils at 11 hazardous waste sites using an *in vivo* juvenile swine method, OSWER Directive #9200.0-76,

Vermooten, S., J. Griffioen, R. Heerdink, A. Visser, A. (2011). Geochemische karakterisering van de geotop van Zeeland. TNO, rapport no. TNO-034-UT-2010-02397, 138 pp.

WHO/JECFA (2011) Safety Evaluation of certain contaminants in food. Arsenic (addendum). WHO Food Additives Series 63. FAO JECFA Monographs 8: 153-316

Winkel, L., M. Beerg, M. Amini, S.J. Hug, C.A. Johnson (2008). Predicting groundwater arsenic contamination in Southeast Asia from surface parameters. Nature Geosciences (1), 536-542. doi: 10.1038/ngeo254.

Xue, J, V. Zartarian, J. Moya, N. Freeman, P. Beamer, K. Black, N. Tulve, S. Shalat (2007). A meta-analysis of children's hand-to-mouth frequency data for estimating nondietary ingestion exposure. *Risk Analysis* 27(2): 411-420

Bijlage 3: Resultaten onderzoek duinmeer door Royal Haskoning DHV

Tabel 1: Overzicht analyseresultaten en toetsingswaarden

Parameter	Eenheid	Noord-1	Zuid-1	Cbb	Bkmw ^a
Arseen (As)	µg/l	5,2	< 5,0	10	-
Barium (Ba)	µg/l	< 2,0	< 2,0	50	-
Cadmium (Cd)	µg/l	< 2,0	< 2,0	0,4	0,2
Chroom (Cr)	µg/l	< 1,0	< 1,0	1	-
Kobalt (Co)	µg/l	< 2,0	< 2,0	20	-
Koper (Cu)	µg/l	< 2,0	< 2,0	15	-
Kwik (Hg)	µg/l	< 0,05	< 0,05	0,05	0,05
Lood (Pb)	µg/l	< 2,0	< 2,0	15	7,2
Molybdeen (Mo)	µg/l	5,9	5,5	5	-
Nikkel (Ni)	µg/l	< 3,0	< 3,0	15	20
Zink (Zn)	µg/l	< 1,0	< 1,0	65	-

^a - = geen toetsingswaarde aanwezig

Uit tabel 1 blijkt het volgende:

- In het oppervlaktewatermonster Noord-1 is arseen gemeten net boven de rapportagegrens. In het oppervlaktewatermonster Zuid-1 is arseen niet gemeten. Arseen komt heterogeen voor in het oppervlaktewater.
- In beide oppervlaktewatermonsters is molybdeen gemeten net boven de rapportagegrens.
- Overige parameters zijn niet boven de rapportagegrens gemeten.
- In beide oppervlaktewatermonsters worden de toetsingswaarden uit de Cbb overschreden. Er is geen humaan risico.
- In beide oppervlaktewatermonsters worden de toetsingswaarden uit de Bkmw overschreden. Het oppervlaktewaterlichaam is een goede gesteldheid.

CONCLUSIE

In het oppervlaktewater van het duinmeer in de zandmotor is arseen en molybdeen net boven de rapportagegrens gemeten. De overige metalen zijn niet gemeten. Toetsing aan de richtlijnen voor het vaststellen van humaan risico en de gesteldheid van het oppervlaktewater geven aan dat er geen humaan risico is en het oppervlaktewaterlichaam in een goed chemische gesteldheid verkeerd.

Op basis van dit onderzoek is er geen indicatie dat veranderde omstandigheden (anaeroob-aeroob) van het gesuppleerde zand uit de Noordzee leid tot afgifte en accumulatie van (de toch al geringe hoeveelheid) metalen waardoor de kwaliteit van het oppervlaktewater in het duinmeer negatief wordt beïnvloed.



RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag