



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Resultaten inventariserend onderzoek bodem en gewas in de moestuin te Den Bommel, gemeente Oostflakkee

P.F.A.M. Römken
R.P.J.J. Rietra
P.F. Otte

Alterra-rapport 1352, ISSN 1566-7197



Resultaten inventariserend onderzoek bodem en gewas in de moestuin te Den
Bommel, gemeente Oostflakkee

Resultaten Inventariserend Onderzoek Bodem en Gewas in de Moestuין te Den Bommel, gemeente Oostflakkee

Paul Römken¹, René Rietra¹ & Piet Otte²

¹ Alterra. Centrum Bodem. Postbus 47 - 6700 AA Wageningen

² RIVM. Postbus 1 - 3720 BA Bilthoven

Alterra-rapport 1352

Alterra, Wageningen, Juni 2006

REFERAAT

Römkens, P.F.A.M., R.P.J.J. Rietra., en P.F. Otte. 2005. *Resultaten Inventariserend Onderzoek Bodem en Gewas in de Moestuin te Den Bommel, gemeente Oostflakkee*. Wageningen. Alterra, Alterra-rapport 1352.

Vanwege het vóórkomen van verhoogde gehalten aan lood, zink en koper in tuinen in Den Bommel is in opdracht van de provincie Zuid Holland een inventariserend onderzoek gedaan naar de kwaliteit van bodem, en gewassen (sla en aardappel) geteeld in een van de tuinen. Ondanks de sterk verhoogde loodgehalten in de bodem die in enkele gevallen de interventiewaarde overschrijden, worden geen gewasnormen (huidige warenwet voor Pb en Cd) in de onderzochte groenten overschreden. Dit is het gevolg van de lage beschikbaarheid van de genoemde metalen als gevolg van een hoge bodem pH en het bodemtype. Uit het veldonderzoek blijkt dat er geen directe relatie tussen de beschikbaarheid van lood (gemeten in 0.01 M CaCl₂) en de opname door de geteelde gewassen bestaat. Dit in tegenstelling tot cadmium en zink waarvoor wel een (redelijk) verband tussen de beschikbaarheid en de opname kan worden aangetoond.

Een vergelijking van de metaalgehalten in groente uit de tuin met die van gemeten metaalgehalten in aardappel en sla uit een representatief (voor Nederland) veldonderzoek, toont aan dat de in de tuin aangetroffen metaalgehalten in sla en aardappel in dezelfde range liggen. Wel is het gemiddelde loodgehalte in sla uit de tuin iets hoger dan dat in gewasmonsters uit het landelijk onderzoek. De berekende blootstelling met C-Soil toont aan dat de levenslange blootstelling bij gebruik als moestuin niet tot een onaanvaardbaar risico leidt. Daarbij is zowel gebruik gemaakt van de huidige standaard versie van SUS (huidig beleid) en een herziene versie van C-soil waarin nieuwe inzichten op het gebied van blootstelling en beschikbaarheid van lood zijn meegenomen. In beide gevallen blijkt dat het gebruik van de tuin als moestuin mogelijk is, mits bepaalde voorzorgsmaatregelen in acht genomen worden. Indien specifiek gekeken zou worden naar de blootstelling voor jonge kinderen, dan wordt het MTR niveau wel overschreden. Het is aan het bevoegd gezag om te bepalen of bij de beoordeling van de tuinen wordt uitgegaan van de levenslange gemiddelde blootstelling of van de blootstelling alleen tijdens de kinderjaren.

Trefwoorden: moestuin, blootstelling, C-Soil, cadmium, lood, koper, zink, sla, aardappel, gewasonderzoek beschikbaarheid

Dit rapport kunt u bestellen door € 15,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1352. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2006 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Provincie Zuid-Holland.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Opzet van het onderzoek	13
2.1 Aanleg van de tuinen	13
2.2 Bemonstering van bodem en gewas	13
2.3 Analyses aan bodem en gewas	14
3 Resultaten	17
3.1 Metaalgehalten in de bodem	17
3.2 Opname van metalen in relatie tot de beschikbaarheid in de bodem	20
3.3 Berekening van de blootstelling met C-SOIL	24
4 Conclusies en Aanbevelingen	31
Literatuur	35
Bijlage 1 Illustraties van de ligging van de tuin en de oogst evenals profielopname van de bodemkwaliteit	37
Bijlage 2 Overzicht van analyseresultaten bodem en gewas	41
Bijlage 3 Passage uit de Circulaire Bodemsanering 2006 mbt risico beoordeling voor lood	49

Woord vooraf

In geval van bodemverontreiniging is niet altijd eenduidig vast te stellen wat de risico's van verhoogde metaalgehalten in de bodem zijn. Overschrijding van de interventiewaarde geeft weliswaar aan dat er sprake is van sterk verhoogde gehalten (mogelijk) als gevolg van menselijke activiteiten, maar of dit leidt tot risico's is niet eenduidig af te leiden uit de metaalgehalten alleen. Risico's in relatie tot consumptie van gewassen uit eigen tuin hangen sterk samen met de beschikbaarheid van de metalen in de bodem en van het soort gewas. Om na te gaan wat de werkelijke risico's in relatie tot consumptie zijn, kan het dus nodig zijn om de opname van metalen door gewassen ter plekke te meten.

Een situatie als hierboven geschetst doet zich voor in de tuinen aan de Boven Oostdijk te Den Bommel. Er is sprake van (sterk)verhoogde metaalgehalten (mn lood, koper en zink) in een aantal tuinen. In een aantal monsters (CSO, 2001; 2005) wordt de interventiewaarde overschreden. Of er echter sprake is van een urgent geval voor sanering is daarmee nog niet duidelijk. Omdat een aantal tuinen gebruikt werd als moestuin (inmiddels niet meer) bestaat de kans dat de blootstelling als gevolg van consumptie uit eigen tuin wellicht hoger is dan toegestaan.

Omdat op basis van bodemgegevens alleen (dwz totaalanalyses) geen goede schatting te maken is van de beschikbaarheid in de bodem is daarom in opdracht van de Provincie Zuid Holland een inventariserend onderzoek verricht naar de kwaliteit van de bodem en die van het gewas in één van de tuinen die daartoe opnieuw als moestuin is ingericht.

In het onderzoek is niet alleen gekeken naar de totaalgehalten in de bodem, maar is ook via een aantal aanvullende analyses een inschatting gemaakt van de beschikbaarheid van de metalen in de bodem. Ook is de opname bepaald in twee veel voorkomende gewassen die in moestuinen geteeld worden namelijk sla en aardappel.

In deze rapportage worden alle resultaten van het onderzoek weergegeven inclusief een korte discussie over mogelijke risico's. Met behulp van een analyse met C-SOIL is voor tuin als geheel, maar ook per onderzocht veldje (zie methoden) een schatting gemaakt van de blootstelling op basis van de gemeten gehalten in bodem en gewas. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen "levenslange blootstelling" en blootstelling voor kinderen. Wij, de auteurs, willen er met nadruk op wijzen dat de uiteindelijke keuze voor de aanpak van de locatie gebaseerd op de uitkomsten in dit rapport valt onder de verantwoordelijkheid van het bevoegd gezag. Eventuele verschillen van mening over de aanvaardbaarheid van risico's en de noodzaak voor te nemen maatregelen tussen betrokken partijen kan niet teruggevoerd worden naar de opdrachtnemers. Wij wijzen er op dat in 2006 de Circulaire Bodemsanering gewijzigd is (passage opgenomen in bijlage 3) in die zin dat de beoordeling van risico's voor lood gebaseerd dienen te worden op de blootstelling voor kinderen.

Samenvatting

In een tuin te Den Bommel is een moestuin aangelegd op verontreinigde grond om na te gaan hoe groot de opname van met name lood door sla en aardappel is. Op basis van de metingen kunnen de risico's van consumptie van groenten uit deze tuin vastgesteld worden. De gewassen sla en aardappel zijn ter plekke geteeld in 10 proefvakken (5 aardappel en 5 sla). Ofschoon de metaalgehalten van Pb, Zn en Cu in de bodem op meerdere plekken de interventiewaarde overschrijden, blijft de opname van Pb en Cd door sla en aardappel beperkt en voldoen de gewassen aan de geldende warenwetnorm. Wel worden voor Pb in sla verhoogde gehalten (tov normaal aangetroffen gehalten in sla geteeld in niet verontreinigde gebieden) gevonden. De gemeten gehalten in sla liggen echter niet buiten de range die in andere onderzoeken op niet-verontreinigde grond zijn verricht.

Voor Zn en Cd kon een relatie tussen de beschikbaarheid en de opname in gewassen worden aangetoond ofschoon de gemeten beschikbaarheid voor alle metalen erg laag was al gevolg van de hoge pH. Voor lood kon geen enkel verband tussen bodem en opname in gewas worden aangetoond.

De verontreiniging op de onderzochte locatie blijkt ook in de ondergrond (25 - 50 en 50 - 100 cm) aanwezig te zijn. De mate van verontreiniging hangt nauw samen met het organische stof gehalte in de bodem. De potentiële beschikbaarheid, lees de mate waarin de metalen ooit beschikbaar kunnen worden, van de metalen Cd, Zn, Cu, Pb en Zn varieert van 70 tot 90% terwijl die van As, Ni en Cr lager is dan 30%. De actuele beschikbaarheid die geacht wordt maatgevend te zijn voor onder andere ecologische risico's en opname door gewassen (muv lood dus) is erg laag ($< 1\%$ van het totaalgehalte) en voor sommige elementen, onder andere voor lood, niet eens meetbaar. Ondanks de hoge totaalgehalten in de bodem is de opname van de onderzochte metalen mede daarom laag. Een vergelijking met metingen die op landelijke schaal gedaan zijn (reguliere landbouwpercelen) toont aan dat de gehalten aan lood in groenten in de onderzochte moestuin weliswaar (gemiddeld) hoger liggen dan die in niet-verontreinigde gronden, maar ook dat de gemeten gehalten in Den Bommel niet buiten de range van gemeten gehalten in groente in het landelijke onderzoek vallen.

Ook in dit onderzoek blijkt dat de opname van lood door gewassen niet eenvoudig te schatten is op basis van bodemeigenschappen. De risico's van lood en de relatie tussen bodemkwaliteit en gewaskwaliteit en daarmee de relatie tussen bodemkwaliteit en blootstelling via consumptie blijft daarom lastig in te schatten. Het uitvoeren van locatiespecifiek onderzoek is een van de weinige instrumenten die een betrouwbaar inzicht kan verschaffen in de werkelijke blootstelling.

Het hier beschreven onderzoek (uitvoeren van kortlopend onderzoek op locatie) is mede daarom ook een goede basis voor een locatie specifieke risico beoordeling daar

waar het de opname van metalen door gewassen en de consumptie van gewassen uit eigen tuin betreft.

De levenslange blootstelling berekend met C-SOIL op basis van de gemeten gewasgehalten toont aan dat er geen onaanvaardbare risico's zijn voor wat betreft het gebruik van de tuin als moestuin. De resultaten laten echter ook zien dat de specifieke blootstelling voor kinderen wel boven de risicogrens ligt.

Uitgangspunt bij opdrachtverlening voor dit onderzoek was om na te gaan of de blootstelling via gewas (dat wil zeggen bij gebruik van de tuin als moestuin) acceptabel is. Omdat de gemeten gehalten in de gewassen de wettelijke grenzen niet overschrijden, en ook de totale gemiddelde levenslange blootstelling bij gebruik als moestuin beneden het MTR niveau blijft, is er geen directe aanleiding om wat betreft de risico's voor blootstelling via gewasconsumptie maatregelen te nemen. Wel wordt aanbevolen om de eventueel geteelde groente zoals gebruikelijk goed te wassen (sla) dan wel te schillen (aardappel) om inname van grond zoveel mogelijk te reduceren. Tevens wordt het diep omspitten van de tuin (evenals alle activiteiten die leiden tot het mengen van de bovengrond (0 - 25 cm) met de daaronder gelegen lagen) wordt afgeraden vanwege de hoge gehalten aan metalen in de ondergrond (dieper dan 25 cm).

1 Inleiding

Risico's van zware metalen in de bodem hangen slechts gedeeltelijk af van de concentratie in de bodem alleen. In veel gevallen zijn risico's als uitspoeling, opname door organismen en gewassen sterk afhankelijk van de beschikbaarheid in de bodem. De mate van beschikbaarheid kan niet eenvoudig bepaald worden door het totaalgehalte te meten. In standaard bodemonderzoek wordt alleen naar het totale gehalte gekeken; dit wordt vervolgens getoetst aan de geldende norm. Daarmee wordt echter niet gekeken naar de werkelijke beschikbaarheid, dwz de mate waarin metalen in de bodem door gewassen opgenomen kunnen worden. Op basis van een bepaling van het totaalgehalte is de beschikbaarheid (lees: de risico's) van metalen niet vast te stellen omdat daarmee ook alle vormen van metalen in de bodem die niet beschikbaar zijn voor planten, dieren en uitspoeling mee bepaald worden.

Op dit moment is er wettelijk gezien echter nog geen kader waarbinnen de beschikbaarheid gemeten kan worden en is de afweging van risico's alleen op basis van de totaalgehalten. Daarmee worden de reële risico's dus niet goed geschat. Dit kan betekenen dat de risico's overschat worden (omdat immers alles mee gemeten wordt) maar in enkele gevallen kan het ook betekenen dat risico's onderschat worden. Vooral in gronden met lage pH en organisch stof gehalte is de beschikbaarheid vaak hoog, en kan ook al bij lage totaalgehalten (ver beneden de interventiewaarde) al een risico voor de gewaskwaliteit of het grondwater bestaan.

Ook in geval van de tuin in Den Bommel is sprake van sterk verhoogde metaalgehalten. Al eerder is in een verkennende inventarisatie vastgesteld dat de totaalgehalten op sommige plekken de interventiewaarden overschrijden. De gehalten in de tuinen (destijds is in meerdere tuinen een onderzoek uitgevoerd) zijn echter zeer variabel en variëren van vrijwel normale waarden voor het type bodem in dit gebied tot sterk verhoogd (tot boven de interventiewaarde).

Uit de resultaten bleek echter niet eenduidig of er sprake was van onacceptabele risico's in geval van gebruik van de tuin als moestuin. Voor de meeste elementen is het niet of slechts beperkt mogelijk om een goede inschatting te maken van de opname door gewassen op basis van het totaalgehalte.

Doel van dit onderzoek is daarom:

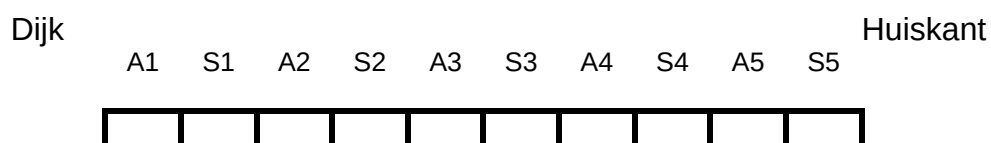
1. Vaststellen wat de opname van een aantal zware metalen (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb en Zn) door sla en aardappel is in een moestuin op verontreinigde grond;
2. Vaststellen wat de werkelijke beschikbaarheid is van deze metalen in de bodem door middel van een 0.43 N HNO₃ en CaCl₂ extractie, en nagaan of er een relatie is tussen de beschikbaarheid van metalen in de bodem en de opname door de genoemde gewassen;
3. Vergelijken van de gemeten gehalten in de gewassen in de tuin met landelijke data om na te gaan of de hier gemeten gehalten afwijken van kwaliteit van landelijk geteelde groenten.

4. Vaststellen of er onaanvaardbare risico's zijn wanneer gewassen uit eigen tuin geconsumeerd worden, enerzijds door de gemeten gehalten in de gewassen te toetsen aan geldende gewasnormen (warenwet) en anderzijds door de blootstelling op basis van C-SOIL te berekenen uitgaande van gemeten gewasgehalten.
5. Opstellen van een advies voor het gebruik van de tuin.

2 Opzet van het onderzoek

2.1 Aanleg van de tuinen

Op 5 april 2005 is op de locatie aan de Boven Oostdijk 9 te Den Bommel een moestuin aangelegd. Deze bestaat uit 10 aparte velden van elk 1 m² (1m x 1 m). De ligging van de verschillende velden met bijbehorend veldnummer (A: aardappel; S: Sla) is schematisch weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 Ligging van de tuinen tov het huis en de dijk

Bij de voorbereiding is de grond geëgaliseerd en omgespit. Stenen en andere duidelijke niet natuurlijk voorwerpen zijn daarbij verwijderd.

Na de voorbereiding zijn de velden om en om ingezaaid met aardappel dan wel sla; velden gecodeerd met "A" staan voor aardappel, velden gecodeerd met "S" staan voor sla.

2.2 Bemonstering van bodem en gewas

Tijdens de voorbereidingsfase zijn op 5 plekken boringen verricht om de profielopbouw in de tuinen vast te leggen (zie bijlage 1). Dit is gedaan om te zien of er in de bodem duidelijke aanwijzingen van eventuele verontreiniging te zien zijn. In bijlage 1 staan ook een aantal illustraties van de aanleg van de tuin.

Tegelijk met de sla is op 18 mei 2005 de bodem bemonsterd van de bovengrond (0 - 25 en 25- 50 cm). Daarbij is de grond bemonsterd rondom de slaplanten. Per veld is een mengmonster gemaakt van minimaal 10 stekken afkomstig uit de onmiddellijke omgeving van de slaplanten. De 25- 50 cm monsters zijn genomen door het verder uitboren van de monsterplekken van de 0 - 25 cm monsters (afkomstig van dezelfde plek dus). Doel van deze monsters is immers het vaststellen van de relatie tussen de beschikbaarheid (zie par. 2.3) in de bodem en de opname door de gewassen en daartoe moeten de bodem en gewasmonsters van exact dezelfde plek genomen worden. Van de slaplanten is ook een mengmonster gemaakt bestaande uit minimaal 1 kg vers materiaal.

In deze studie is bewust gekozen om een onderscheid te maken tussen de lagen van 0 - 25 cm, 25 - 50 cm en 50 - 100 cm. Bij een regulier bodemonderzoek wordt alleen naar de laag van 0 tot 50 cm gekeken, maar in deze studie is het relevanter om onderscheid te maken tussen de 0-25 cm en de 25-50 cm laag. Planten (in het bijzonder groente) onttrekken namelijk een groot deel van het benodigde water uit de bovengrond (0-25 cm) waardoor de samenstelling van deze laag vaak bepalend is voor de opname van metalen. Dat is niet vanzelfsprekend voor dieper wortelende gewassen als maïs en bomen. Wanneer in de rest van dit rapport gesproken wordt van de 'bovengrond' wordt in eerste instantie de laag van 0 - 25 cm bedoeld. De 'ondergrond' kan betrekking hebben op de 25-50 of de 50 - 100 cm. Indien een specifieke laag bedoeld wordt zal dat ter plekke aangegeven worden.

Op 23 juni 2005 zijn de aardappelen geoogst en is, analoog aan de slabemonstering, ook de 0 - 25 cm laag bemonsterd. Tevens zijn daarbij monsters genomen van de 50 - 100 cm laag. Doel van deze monsters is om te zien in hoeverre de verontreiniging in de bodem met de diepte af- dan wel toeneemt. Dat is van belang bij het eventueel diep omspitten van de bodem. Indien in de ondergrond nog sterker verontreinigd materiaal aanwezig is, is het niet raadzaam dit aan de oppervlakte te brengen door te graven.

2.3 Analyses aan bodem en gewas

Na de bemonstering zijn de bodem monsters aanvankelijk visueel beoordeeld op de aanwezigheid van grof (> 1 cm), mogelijk verontreinigd, materiaal. Dit bleek niet of nauwelijks aanwezig. De bodemonsters zijn vervolgens gedurende 48 uur bij 40 graden gedroogd en gezeefd over een 2 mm zeef. Voor sommige monsters was het noodzakelijk het gedroogde materiaal eerst te breken op een contaminatievrije (titanium) breker.

Het aldus gedroogde en gezeefde materiaal is vervolgens gebruikt bij de verschillende analyses. Daarbij is gewerkt volgens de procedures die gelden voor het Chemische Biologisch Laboratorium Bodem van de Wageningen Universiteit (m.u.v. de analyses van lutum en kalkgehalte, deze zijn op het Blgg te Oosterbeek geanalyseerd volgens de daar geldende voorschriften). Aan de monsters zijn de volgende bepalingen verricht:

1. Totaal metaalgehalte grond (Aqua Regia destructie). In dit onderzoek zijn de metalen As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb en Zn bepaald (dit geldt ook voor de bepalingen genoemd onder 2, 3 en 6).
2. Bepaling totale reactieve fractie (1:10 (grond: zuur) extractie met 0.43 N HNO_3).
3. Bepaling van de beschikbare fractie (1:4 (grond:vloeistof) extractie met 0.01 M CaCl_2).
4. Bepaling van organische stof (gloeiverlies), lutum ($\% < 2 \mu\text{m}$) en kalkgehalte ($\% \text{CaCO}_3$).
5. Percentage vocht in de monsters om eventueel terug te kunnen rekenen naar vers materiaal.
6. Totaal metaalgehalte gewas (destructie $\text{HNO}_3/\text{HF}/\text{H}_2\text{O}_2$ magnetron).

In paragraaf 3.1 en 3.2 wordt nader ingegaan op de achtergrond van de verschillende metingen aan de bodem. In het kort komt het er op neer dat om de werkelijke beschikbaarheid van metalen (lees: de mate waarin metalen in de bodem door planten opgenomen kunnen worden) niet met een meting van het totaalgehalte (dmv een extractie met Koningswater ofwel Aqua Regia, meting 1 in het zojuist beschreven overzicht) bepaald kan worden. Daarvoor zijn een tweetal aanvullende metingen nodig. Een met verdund zuur (meting 2, met 0.43 N HNO_3) die een maat is voor de totale beschikbaarheid en een met een verdunde zoutoplossing (in dit geval 0.01 M CaCl_2 , meting 3) die een maat is voor de beschikbaarheid op een bepaald moment (ten tijde van de groei van de plant). Daarnaast is het belangrijk iets te weten over de algemene bodemeigenschappen zoals het organische stofgehalte, het lutumgehalte en de zuurgraad. Deze drie bepalen mede de mate waarin een plant metalen uit de bodem kan opnemen. Tevens zijn de gegevens over organische stof en textuur noodzakelijk om de interventie waarde voor de bodem te bepalen (correctie voor lutum en organische stof)

Omdat echter op dit moment in de wetgeving nog steeds uitgegaan wordt van het totaalgehalte (meting 1) als basis voor de beoordeling van de bodem kwaliteit is dit uiteraard ook gemeten.

In bijlage 2 staan alle analyseresultaten per veld gesorteerd.

De gewasmonsters zijn na de oogst eerst gewassen (sla) dan wel geschild en gewassen (aardappel). Na droging bij 70 graden zijn de monsters machinaal verkleind alvorens gedgestrueerd te worden. Van alle gewasmonsters is ook het droge stof gehalte bepaald. In het gewas (voor aardappel alleen in de geschilde knollen, de schillen zijn niet geanalyseerd) zijn de metalen As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb en Zn bepaald, analoog aan de analyses in de grondmonsters.

Alle resultaten van de gewasmonsters staan in bijlage 2.

3 Resultaten

3.1 Metaalgehalten in de bodem

Zoals al eerder is vastgesteld komen in de tuinen sterk verhoogde gehalten voor aan met name lood, zink en in mindere mate koper. In tabel 3.1 is te zien dat in een aantal monsters uit de laag van 0 tot 25 cm de interventiewaarde wordt overschreden. In eerste instantie is gekeken naar de kwaliteit van de 0 tot 25 cm laag. De gewassen die in de tuin geteeld worden, nemen namelijk voor een groot deel de metalen op uit de 0-25 cm laag.

Tabel 3.1 Totaalgehalte aan metalen in de bovengrond (0 - 25 cm). Getallen in rood geven aan dat de gevonden waarden boven de interventiewaarde liggen. Scheef gedrukte waarde zijn hoger dan de streefwaarde (gecorrigeerd voor lutum en organische stof).

veldjes	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
A1	19.8	2.2	52.0	137.4	31.5	1093.3	1130.9
A2	17.3	4.2	57.6	147.1	30.6	2603.8	2604.1
A3	13.8	1.3	37.0	77.1	22.4	402.3	502.6
A4	12.8	1.0	31.2	107.3	18.9	296.1	415.2
A5	14.4	1.4	36.6	84.1	25.2	602.5	518.8
S1	21.2	3.0	56.8	603.6	35.3	1271.3	1558.5
S2	19.1	1.5	42.0	81.7	32.1	389.6	594.2
S3	13.9	1.3	45.2	186.8	26.0	378.2	483.4
S4	14.3	1.3	37.4	68.6	23.7	354.0	581.1
S5	16.6	1.6	41.8	108.5	27.5	667.7	582.3

Duidelijk is echter dat de verontreiniging niet alle metalen betreft: alleen voor Cd, Cu, Pb en Zn worden sterk verhoogde gehalten aangetroffen. De gehalten aan As, Cr en Ni liggen in de meeste velden onder de streefwaarde. De bron van de verontreiniging die gezorgd heeft voor de hoge gehalten aan Pb, Cu en Zn bevatte dus niet de overige metalen.

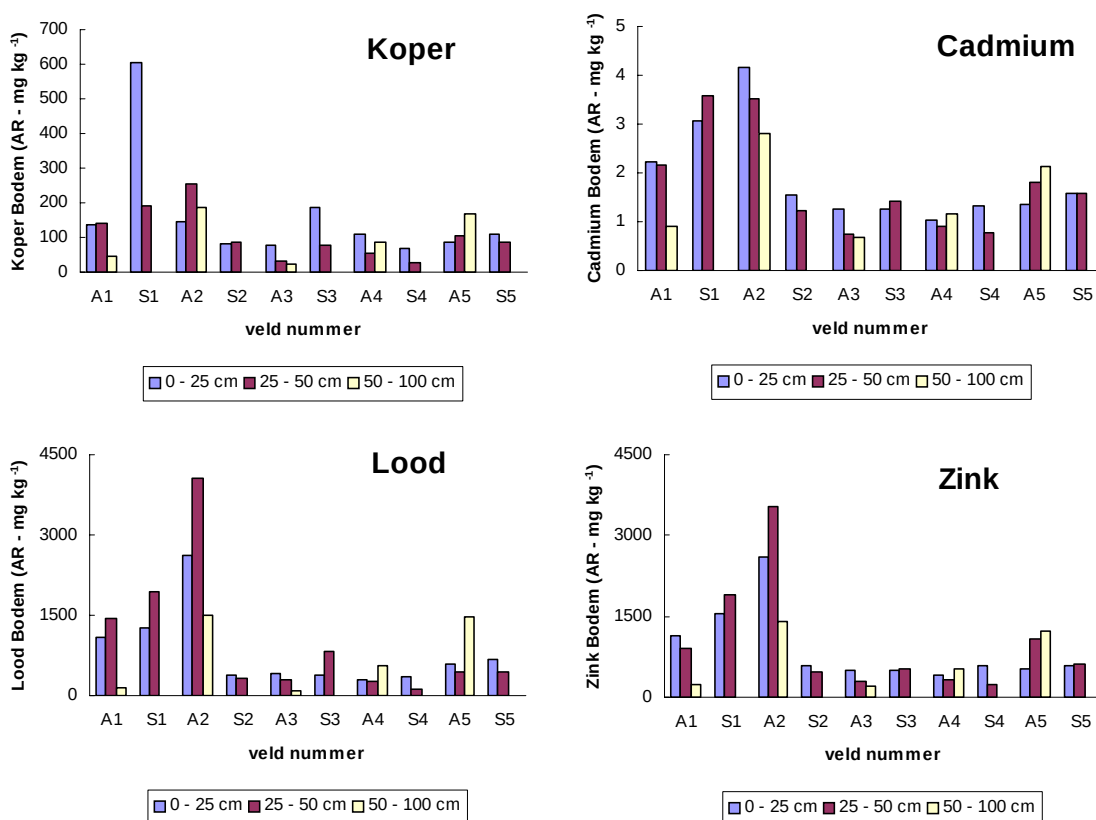
De data tonen dat de verontreiniging in de vorm van een geul door de tuin heen loopt. De gehalten nemen toe vanuit veld A1 en bereiken de hoogste waarden in veld A2 om vervolgens weer af te nemen. Ter hoogte van veld A5 is nog een lichte verhoging in de gehalten waar te nemen.

In figuur 3.1 is ook de verandering met de diepte weergegeven voor die elementen waarvoor verhoogde gehalten zijn aangetroffen (Cd, Cu, Pb en Zn). Duidelijk is te zien dat de gehalten aan lood en zink in de 25-50 cm laag nog hoger zijn dan in de

bovengrond. De data van de metingen in de ondergrond (hier de 25 tot 50 en 50 tot 100 cm laag) zijn te vinden in bijlage 2. Omdat in de bovengrond wellicht schone(re) grond is toegevoegd (of bodemverbeteraars als compost) zijn de gehalten in de 0-25 cm laag iets lager.

Uit de metingen in de 50 - 100 cm laag blijkt dat voor zink en lood nog steeds waarden boven de interventiewaarde worden gevonden. Voor Cd en Cu zijn de gehalten ook nog steeds verhoogd tov de streefwaarde maar overschrijden de interventiewaarde niet.

Duidelijk is echter dat het pakket verontreinigd materiaal dikker is dan alleen de bovengrond, de hier uitgevoerde metingen tonen aan dat het pakket in ieder geval tot 1 meter diepte reikt.

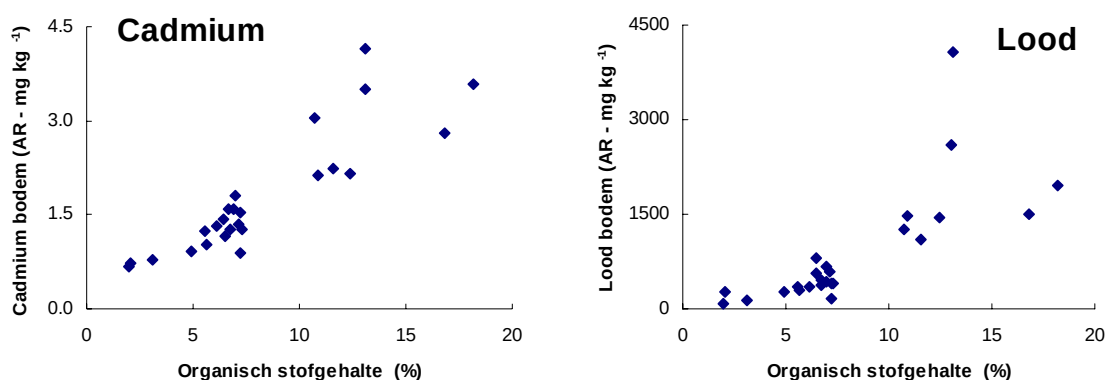


Figuur 3.1 Verloop van de gehalten aan cadmium, koper, lood en zink over de bemonsterde velden (A1 t/m S5) en met de diepte.

Voor de meeste elementen wordt een sterk verband gevonden tussen het organische stof gehalte en het metaalgehalte (Aqua Regia, zie ook figuur 3.2). Dit wijst erop dat de verontreiniging samen met organisch materiaal is opgebracht. Een dergelijk verband tussen het lutumgehalte en de metalen is niet gevonden. Een dergelijk

verband tussen organische stof en de mate van de bodemverontreiniging komt veelvuldig voor, onder andere in de uiterwaarden van grote rivieren.

Figuur 3.2 toont het verband tussen het organische stofgehalte en het gehalte aan cadmium (links) en lood (rechts) in de bodemmonsters.



Figuur 3.2 verband tussen het organische stof gehalte (X-as) en het metaalgehalte in de bodem. In de grafiek zijn zowel de monsters uit de 0 - 25, de 25- 50 en 50 - 100 cm laag weergegeven

Omdat een totaalgehalte niet maatgevend is voor de werkelijke beschikbaarheid is in de bodemmonsters ook een analyse met een verdund zuur gedaan (in dit geval 0.43 N HNO_3). Het idee achter deze methode is dat daarmee alleen die metalen bepaald worden die *mogelijk beschikbaar* zijn voor planten. Let wel, niet alle metalen die met deze extractie bepaald worden zijn ook op elk moment beschikbaar. De hoeveelheid die met een verdund zuur bepaald wordt heet daarom ook de *potentiële beschikbaarheid*. Het deel van de metalen in de bodem dat wél met een totaalanalyse (Aqua Regia) bepaald worden, maar niet met deze verdunde zuur extractie is niet (nooit) beschikbaar voor planten. (ofwel het verschil tussen de Aqua Regia en de 0.43 N HNO_3 meting). Deze hoeveelheid is daarom ook niet maatgevend voor de kwaliteit van de bodem. Het deel van de metalen dat nooit beschikbaar is, varieert per metaal en ook nog per bodem. In tabel 3.2 is de verhouding tussen de hoeveelheid meetbaar in het verdunde zuur en de totaalgehalten weergegeven. Als alle metalen ook daadwerkelijk beschikbaar zouden zijn, zou de verhouding tussen beide methoden daarom 1 moeten zijn (of 100 uitgedrukt in procent zoals in tabel 3.2).

Tabel 3.2. Verhouding tussen beschikbaar metaalgehalte (0.43 N HNO_3) en totaal (Aqua Regia) in alle monsters (incl. ondergrond)

	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
min	20.6	56.3	4.4	20.0	21.9	29.8	51.1
max	42.5	92.9	17.4	306.4	85.4	176.1	135.6
gemiddeld	32.2	71.9	12.0	82.8	29.9	88.9	74.4

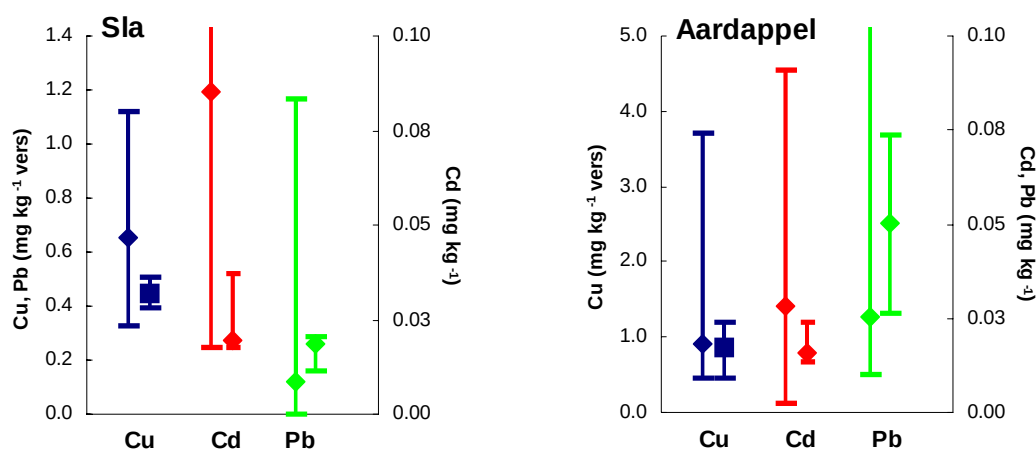
Percentages van meer dan 100% zoals incidenteel voorkomen (1 x voor Zn, 2 x voor Cu en 6 x voor lood) zijn theoretisch onmogelijk (er kan niet meer beschikbaar zijn dan totaal aanwezig) en duiden op analytische fouten of op een hoge mate van variabiliteit zelfs in het gedroogde bodem monster. Voor lood zijn de afwijkingen overigens in 5 van 6 gevallen minder dan 20%.

De opname van cadmium en lood door aardappel en sla is weergegeven in figuur 3.3. Voor cadmium is er een overeenkomst te zien tussen de gehalten in de bodem (zie ook figuur 3.1) en die in het gewas: de gehalten in de velden 1 en 2 zijn hoger dan die in 3 t/m 5. Voor lood is dit verband echter niet aanwezig. Het valt zelfs op dat de hoogste waarden voor aardappel in veld 4 gevonden worden terwijl in het corresponderend sla-veld (vlakbij gelegen) de laagste waarden voor lood in sla gevonden worden.



Voor alle gewasmonsters geldt dat ze voldoen aan de huidige warenwet. Voor lood in sla liggen de gevonden waarden echter vlak onder de norm. De geldende normen voor lood en cadmium zijn: 0.1 mg kg⁻¹ in aardappel (zowel voor lood als cadmium) en voor sla 0.3 mg kg⁻¹ voor cadmium en 0.2 mg kg⁻¹ voor lood. Alle in dit onderzoek geanalyseerde monsters voldoen aan deze normen.

Om deze resultaten in een breder kader te kunnen plaatsen is een vergelijking gemaakt met data uit verschillende nationale en regionale onderzoeken. Gedurende de 80-er jaren is zowel op landelijke schaal als in verschillende regio's (in een aantal uiterwaarden van de Maas, Roer en Geul, Wiersma et al., 1986; van Driel et al. 1987) gekeken naar de gehalten aan metalen in landbouwgewassen. Het betrof hier reguliere landbouwpercelen (geen moestuinen). In figuur 3.4 is de range aan de metingen in de gewassen sla en aardappel voor de metalen koper, lood en cadmium weergegeven. Tevens is die figuur de range aan de gemeten waarden in de moestuin te Den Bommel geplaatst.



Figuur 3.4 Vergelijking tussen resultaten van landelijk/regionaal onderzoek en resultaten Den Bommel. De linker balk voor elk element is de range gemeten in het landelijk/regionaal onderzoek (diamantsymbool geeft de mediane waarde aan binnen de range, de lijn geeft de range weer) en het onderzoek in Den Bommel (rechter balk). Voor sla zijn de gehalten aan Cd op de rechter Y-as weergegeven, voor aardappel zijn de gehalten van Cd en Pb op de rechter as weergegeven.

De vergelijking tussen de resultaten van het landelijk/regionaal onderzoek en die in Den Bommel laat zien dat voor Cd en Cu de gehalten in de plant in de moestuin lager liggen dan in het landelijk onderzoek. Voor lood is dat niet het geval. Zowel voor sla als voor aardappel ligt het gemiddelde gehalte aan Pb boven dat van de landelijke data, ofschoon de bandbreedte (range tussen minimum en maximum) in het landelijk onderzoek groter is. Voor alle elementen geldt wel dat de hier onderzochte bodems hogere gehalten aan metalen hebben. Zo is het maximale loodgehalte in het landelijk/regionale onderzoek respectievelijk 300 mg kg⁻¹ (voor aardappel) en 500 mg kg⁻¹ (voor sla). In de tuin in Den Bommel ligt het loodgehalte in de 0 - 25 cm laag echter tussen 300 en 2600 mg kg⁻¹. Dat geeft aan dat ondanks de

zeer hoge loodgehalten (ruim boven de interventiewaarde) in de tuin van Den Bommel de opname niet hoger is dan in gronden met een beduidend lager lood gehalte. Feit is wel dat de aangetroffen gehalten aan lood in het gewas dicht in de buurt liggen van geldende warenwet normen. Dat geeft aan dat in dit geval de grenzen van de acceptabele bodemkwaliteit benaderd worden.

Relatie tussen de beschikbaarheid van metalen in de bodem en opname door het gewas

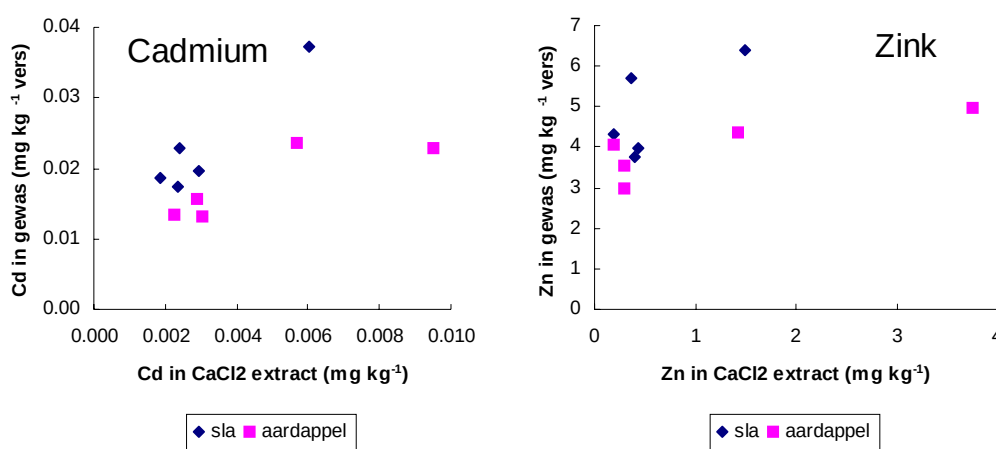
Een van de doelen van deze inventarisatie was om na te gaan of er een verband gelegd kan worden tussen de beschikbaarheid van metalen in de bodem zoals bepaald in een extractie met 0.01 M CaCl_2 en de opname door de gewassen. Met deze methode (extractie met CaCl_2) wordt geprobeerd de werkelijke beschikbaarheid in de bodem ten tijde van de groei van het gewas te simuleren. In vrijwel alle gronden is de werkelijke beschikbaarheid slechts een fractie van de totale hoeveelheid. Het merendeel van de metalen is gebonden aan bodem (zowel organische stof als lutum in de bodem). Omdat metalen uit de bodem alleen vanuit het bodemvocht door planten opgenomen kunnen worden is de concentratie van metalen in het bodemvocht een maat voor de opname. Het is echter erg lastig om in de bodem een bodemvocht monster te nemen. Het schudden van de grond met een verdunde zoutoplossing (in dit geval dus een 0.01 M CaCl_2 oplossing) wordt daarom als vervangende test uitgevoerd om de concentratie in het bodemvocht te simuleren.

Voor Zn en Cd wordt een dergelijk verband wel gevonden (zie figuur 3.5) maar voor lood in het geheel niet. Dat komt in eerste instantie omdat de beschikbaarheid van lood zoals gemeten met de CaCl_2 methode zeer laag is (in sommige gevallen kom de concentratie aan lood in het extract niet eens gemeten worden, zie bijlage 2). Een andere reden voor het ontbreken van een duidelijke relatie (ook die voor zink en cadmium is niet erg goed) is de geringe variatie in de gemeten concentratie in het CaCl_2 extract. Als de range in de beschikbaarheid klein is, is ook de range in de uiteindelijke gehalten in de plant laag.

De belangrijkste conclusie van dit werk is dat er ondanks de hoge tot zeer hoge metaal gehalten in de bodem geen sprake is van extreem hoge gehalten in de plant. Dat komt mede door de lage beschikbaarheid zoals bepaald in de CaCl_2 test. Deze lage beschikbaarheid is voor een groot deel een gevolg van de hoge pH van de bodem (lage zuurgraad) in combinatie met de hoeveelheid organische stof en lutum. In het type bodem dat aanwezig is in de tuin in Den Bommel is de beschikbaarheid (en daarmee het risico van opname door gewassen) laag, waardoor er ondanks de hoge gehalten in de bodem geen sprake is van sterk verhoogde opname door gewassen.

Voor lood bestaat er ook geen verband tussen de totaal gehalten (Aqua Regia) of het reactieve gehalte (0.43 N HNO₃) en de opname. Mogelijk worden de gehalten aan lood in het gewas door andere zaken bepaald. Factoren die de gehalten in het gewas zouden kunnen beïnvloeden zijn:

1. Aankleving van grond aan het gewas. Als dit een bijdrage zou leveren dan zou het te verwachten zijn dat in de meest verontreinigde grond toch ook de hoogste gehalten aan lood in het gewas aangetroffen worden. Dit is echter niet het geval.
2. Bijdrage van atmosferische depositie. Zeker in het verleden was de bijdrage van lood uit de lucht zeer aanzienlijk. Na het verwijderen van lood uit benzine is deze bijdrage echter sterk gereduceerd. Bovendien liggen de veldjes in deze studie zo dicht bij elkaar dat dit de verschillen niet kan verklaren.



Figuur 3.4 relatie tussen de beschikbaarheid in de bodem (in CaCl₂ extract, omgerekend naar mg kg⁻¹) en de opname van Cd en Zn door sla en aardappel

Risico's voor de teelt van gewassen in de toekomst

Op dit moment blijft de opname van cadmium en lood in de gewassen onder de wettelijke norm. De vraag is echter of dat ook in de toekomst zo zal zijn. Om daar een antwoord op te kunnen geven is het van belang iets te weten over de te verwachten veranderingen in een aantal bodemeigenschappen die ervoor kunnen zorgen dat de opname door sla en aardappel in de toekomst hoger (of lager) is dan nu. Het is niet te verwachten dat de metaalgehalten in de tuin in de toekomst verder zullen stijgen, er is immers geen (of nauwelijks) aanvoer van metalen. Dat risico zal dus niet hoger worden en daarmee de gehalten in de planten ook niet.

Veranderingen in organische stof en lutum zijn ook niet te verwachten. Een afname van het organische stof gehalte of het gehalte lutum zou namelijk kunnen leiden tot hogere opname. Daarmee blijft alleen de zuurgraad (pH) van de bodem nog over als factor die mogelijk in de toekomst zou kunnen veranderen. Wanneer de zuurgraad stijgt (dat wil zeggen als de pH lager wordt), stijgt daarmee de opname van een aantal metalen door de gewassen. Op dit moment is de pH van de bodem zodanig hoog dat mede daarom de opname door de gewassen laag is. Een daling van de pH in de

toekomst is echter niet waarschijnlijk om dat deze bodems een redelijke tot grote hoeveelheid kalk bevatten. Met andere woorden, de kans dat de opname door gewassen stijgt in de komende decennia is klein, en het is niet te verwachten dat door veranderingen in de bodem de warenwetnorm van gewassen zal worden overschreden. Daarbij moet wel de kanttekening gemaakt worden dat de gehalten aan lood in de gewassen (in dit geval sla en aardappel) die in dit jaar geteeld zijn weliswaar onder de norm liggen, maar dat de aangetroffen gehalten wel verhoogd zijn, en in geval van aardappel dicht tegen de norm aanzitten. Het is bekend dat de verschillen in opname tussen verschillende rassen (van aardappel of sla) groot kunnen zijn. Dat betekent dat het niet uitgesloten kan worden dat de gehalten aan lood in andere variëteiten wel op of boven de norm kan uitkomen.

3.3 Berekening van de blootstelling met C-SOIL

De risico's van het gebruik van een verontreinigde bodem voor de mens worden vastgesteld met het blootstellingsmodel C-SOIL 2000 (Lijzen, 2001). Dit model kwantificeert relevante blootstellingsroutes naar de mens. Uitgangspunt is het bodemgebruik (in dit geval moestuin) en de totaal concentraties aan verontreinigingen in bodem. In dit geval zijn ook de gemeten concentraties van verontreinigingen in de gewassen (sla en aardappel) gebruikt voor de bepaling van de blootstelling aan verontreinigingen door de consumptie van groenten en aardappels uit eigen tuin.

Het model berekent de levenslang gemiddelde blootstelling. Deze mag het Maximaal Toelaatbaar Risico niet overschrijden. Als maat voor het risico wordt de Risico Index berekend. Dit is de ratio tussen de levenslang gemiddelde blootstelling (of de blootstelling voor kinderen) en het MTR. Indien de Risico Index (RI) groter is dan 1 kunnen gezondheidsrisico's niet worden uitgesloten en dient het bevoegd gezag passende maatregelen te nemen. Bij het nemen van een beslissing omtrent de urgentie van sanering worden op dit moment echter niet altijd beide criteria meegenomen. In sommige gevallen worden met name tuinen niet altijd benoemd (en beoordeeld) als zijnde kinderspeelplaatsen. Of dat een terechte keuze is, valt buiten de scope van dit rapport.

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd op basis van levenslange blootstelling en blootstelling voor kinderen:

1. Een analyse van de levenslange blootstelling/blootstelling voor kinderen voor de tuin als geheel (bij gebruik als moestuin en als tuin). Voor deze berekening is het gemiddelde gehalte in de tuin genomen van de verschillende monsters uit de 0 – 25 cm laag. Dit geeft een beeld van de blootstelling uit de hele tuin. Het idee is dat de gewassen niet steeds op dezelfde plek geteeld worden en de blootstelling dus uiteindelijk bepaald wordt door het gemiddelde gehalte in de tuin. Voor de gewassen is daarbij uitgegaan van het gemiddelde gemeten gehalte in de sla en aardappel van de 5 velden (resultaten in tabel 3.3)

2. Een analyse van de blootstelling in het meest verontreinigde stuk tuin. Om vast te stellen wat de mogelijke risico's zijn van het telen van groente op het meest verontreinigde stuk tuin is apart voor veld A2/S2 een berekening gedaan.

Naast de gegevens voor de levenslang gemiddelde blootstelling is ook de blootstelling voor kinderen opgenomen. Bij de berekeningen worden twee resultaten gepresenteerd, namelijk de berekeningen volgens het huidige model zoals dat standaard toegepast worden (SUS 2.2). De tweede modelberekening betreft een schatting van de blootstelling waarbij rekening gehouden is met mogelijke wijzigingen in SUS als gevolg van gewijzigd inzicht. Met nadruk wordt er op gewezen dat deze laatste resultaten niet maatgevend zijn en alleen bedoeld om een beeld te geven van hoe de blootstelling verandert als gerekend wordt volgens nieuwe inzichten.

De veranderingen ten opzichte van de standaard berekening betreffen:

1. de totale inname door kinderen (standaard: 150 mg kind⁻¹ dag⁻¹, nieuw: 100 mg kind⁻¹ dag⁻¹) en,
2. de beschikbaarheid van lood voor opname (standaard: 1 of wel 100% beschikbaarheid, nieuw: 0.6 ofwel 60% beschikbaarheid).

Tabel 3.3 Overzicht van de berekende blootstelling op basis van huidig standaard model (SUS 2.2) versus 'nieuwe inzichten' (C-soil 2000).

	Huidig beleid (inname 150, beschikbaarheid 1) Risico index SUS.2.2		Nieuw inzicht (inname 100, beschikbaarheid 0.6) Risico index C-SOIL2000	
	Levenslang	kind	Levenslang	kind
Moestuin	0.52	2.62	0.37	1.28
Tuin	0.36	2.28	0.19	0.94
Berekende blootstelling (in mg kg ⁻¹ dag ⁻¹)				
Gebruik:				
Moestuin	0.0019	0.0094	0.0013	0.0046
Tuin	0.0013	0.0082	0.0007	0.0034
MTR	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
Gehalte in de bodem:	806 mg kg ⁻¹	806 mg kg ⁻¹	806 mg kg ⁻¹	806 mg kg ⁻¹
Gehalte in de gewassen (mg kg ⁻¹)				
blad				
ds	3.35	3.35	3.35	3.35
vers	0.24	0.24	0.24	0.24
aardappel				
ds	0.24	0.24	0.24	0.24
vers	0.05	0.05	0.05	0.05

Uit de resultaten in tabel 3.3 blijkt dat de levenslange blootstelling voor wonen met tuin (RI van 0.36) of moestuin (RI van 0.52) beneden de risicogrens ligt. Bij de berekening volgens de nieuwe inzichten (RI moestuin 0.37; RI tuin 0.19), waarbij dus een lagere inname en een lagere beschikbaarheid meegenomen wordt, is de blootstelling uiteraard lager dan in geval van de berekening volgens SUS 2.2. Op dit moment is echter niet bekend in hoeverre deze wijzigingen ook daadwerkelijk in SUS doorgevoerd worden. Voor de blootstelling voor kinderen daarentegen blijkt dat de risico-index zowel in geval van SUS als volgens het nieuwe inzicht boven de 1 te liggen. Daarmee kunnen risico's voor kinderen niet uitgesloten worden bij gebruik van de tuin als kinderspeelplaats. Al eerder is gezegd dat het criterium van blootstelling voor kinderen niet altijd meegenomen wordt in de beoordeling van de urgentie voor sanering.

Voor de overige metalen bleek de blootstelling, zelfs voor kinderen, in de individuele veldjes, ver beneden de risicogrens (zie tabel 3.4)

Tabel 3.4. Berekende Risico Index voor de deeltuinen (voor lood op basis van blootstelling voor kinderen, voor de overige metalen op basis van levenslange blootstelling bij gebruik als moestuin). Berekeningen zijn uitgevoerd met parameters volgens 'nieuw inzicht' (C-Soil 2000).

	Metaal						
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Tuin							
A1 + S1	0.09	0.26	0.09	0.03	0.03	1.76	0.05
A2 + S2	0.08	0.16	0.21	0.02	0.02	2.06	0.04
A3 + S3	0.08	0.13	0.07	0.02	0.02	0.84	0.03
A4 + S4	0.08	0.14	0.06	0.02	0.02	0.65	0.03
A5 + S5	0.09	0.14	0.07	0.01	0.02	1.07	0.03

In tabel 3.5 staan de uitkomsten van de berekening voor de blootstelling op basis van het meest verontreinigde stukje tuin. Dit is gedaan om te zien of een tuin die, als worst case, een gemiddeld loodgehalte van ruim 1400 mg kg⁻¹ zou hebben, nog voldoet aan de criteria voor wonen met moestuin.

Tabel 3.5 Berekende Risico Index voor het meest verontreinigde deel van de tuin, berekeningen met parameters volgens huidig beleid (SUS 2.2) en 'nieuw inzicht' (CSOIL 2000)

	Huidig beleid (inname 150, beschikbaarheid 1)		Nieuw inzicht (inname 100, beschikbaarheid 0.6)	
	Risico index SUS.2.2		Risico index C-SOIL2000	
	Levenslang	kind	Levenslang	kind
Moestuin	0.84	4.6	0.38	2.06
Tuin	0.66	4.2	0.33	1.71
Berekende blootstelling (in mg kg ⁻¹ dag ⁻¹)				
Gebruik:				
Moestuin	0.003	0.017	0.0019	0.0074
Tuin	0.0024	0.015	0.0012	0.0062
MTR	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
Gehalte in de bodem: 1497 mg kg ⁻¹ 1497 mg kg ⁻¹ 1497 mg kg ⁻¹ 1497 mg kg ⁻¹				
Gehalte in de gewassen (mg kg ⁻¹)				
blad ds	3.48	3.48	3.48	3.48
vers	0.28	0.28	0.28	0.28
aardappel ds	0.24	0.24	0.24	0.24
vers	0.05	0.05	0.05	0.05

Ook voor dit gedeelte van de tuin geldt dat de levenslange blootstelling niet boven de risicogrens van 1 uitkomt. Gebruik als (moes)tuin levert daarom, op basis van deze gegevens geen onaanvaardbare risico's op (gebaseerd op levenslange blootstelling). Net als eerder is geconstateerd komt de risico-index voor kinderen wel weer boven de 1.0.

Conclusies

- Risico's voor de mens ten gevolge van de *gemiddelde levenslange* blootstelling (op basis van wonen met moestuin of wonen met tuin) aan lood alsmede voor de overige metalen voor de moestuin als geheel liggen beneden de risicogrens.
- Voor de individuele veldjes (A1 t/m S5) ligt de blootstelling beneden de risicogrens (levenslange blootstelling). Wanneer de hier onderzochte delen van de tuin representatief zijn voor de overige tuinen (in de buurt) dan kan op basis van deze resultaten geconcludeerd worden dat ook deze tuinen geschikt zijn voor de functie wonen met moestuin. Hier geldt natuurlijk wel het voorbehoud dat in dat geval de gehalten aan lood niet hoger zijn dan die in de onderzochte tuin.

- De resultaten in de tabellen 3.3 t/m 3.5 tonen wel aan dat de blootstelling voor kinderen boven de risicogrens van 1 ligt. Dit is alleen het geval voor lood, niet voor de overige metalen. Volgens de huidige inzichten betekent dat wel dat de tuinen daarmee niet voldoen aan de criteria voor gebruik als kinderspeelplaats.

Aanvullende Opmerkingen bij de berekeningen

1. Blootstellingsroute

Het risico voor de mens door lood wordt bepaald door twee blootstellingsroutes (gegeven zijn de minimum en maximum waarden van de vijf tuintjes) namelijk het consumeren van groente en de inname van grond. Uit de berekening blijkt dat de ingestie van grond voor lood belangrijk is. Deze draagt voor 51 tot 81% bij aan de totale blootstelling (consumptie van gewas daarom voor 19 – 48%).

Het is alleen voor lood dat de bijdrage van grond zo hoog is (vanwege de hoge gehalten in de grond). Voor de overige metalen is de inname via gewas verreweg het belangrijkste zoals is te zien in het overzicht:

Arseen:	maximaal 79% van de totale blootstelling	
Cadmium:	maximaal 98%	"
Chroom III	maximaal 94%	"
Koper:	maximaal 95%	"
Nikkel:	maximaal 85 %	"
Zink:	maximaal 96%	"

2. Vergelijking plantopname berekend versus gemeten

Een van de doelen van het onderzoek was om na te gaan of de opname van lood door gewassen overeenkomst met de algemeen gebruikte schattingen. Juist voor lood is de opname namelijk moeilijk te berekenen en zijn betrouwbare schattingen van de opname door gewassen eigenlijk alleen mogelijk op basis van metingen. Tot nu toe wordt de opname van een groot aantal metalen berekend via een zgn. BioConcentratieFactor (afgekort BCF):

$$\text{Bioconcentratiefactor} = \frac{[\text{gehalte in plant}]}{[\text{gehalte in de bodem}]}$$

In de huidige versie van C-SOIL wordt op basis van een gemiddelde BCF en het gehalte in de bodem een plantgehalte berekend. Dit plantgehalte dient vervolgens om een schatting van de blootstelling te krijgen. Een van de gevolgen van een dergelijk model is dat het plantgehalte lineair stijgt met het loodgehalte in de bodem. Dat wil zeggen een 3 maal zo hoog loodgehalte in de bodem leidt automatisch tot een driemaal zo hoog loodgehalte in de plant. De data in dit rapport laten zien dat deze aanname niet correct is en in geval van lood leidt tot een overschatting van de inname via gewas. Daarom is de berekende blootstelling op basis van de gemeten gewasgehalten ook lager dan die op basis van de standaardmodel berekeningen (op basis van een berekend gehalte in het gewas).

In tabel 3.6 staat een overzicht van de BCF zoals die in C-SOIL gebruikt wordt en de BCF waarden op basis van de gemiddelde gehalten in bodem en gewas. Dit dient uitsluitend voor een vergelijking.

Tabel 3.6. Overzicht van BCF waarden op basis van locatie-specifieke metingen en de generieke BCF waarden

metaal	BCF Gemeten Sla	BCF C-SOIL Groenten ¹	BCF Gemeten Aardappel	BCF C-SOIL Aardappel
As	0.0173	0.0160	0.0020	0.0011
Cd	0.181	<i>0.294</i>	0.046	<i>0.078</i>
Cr	0.036	0.011	0.015	0.011
Cu	0.051	<i>0.297</i>	0.033	<i>0.156</i>
Ni	0.023	<i>0.056</i>	0.005	<i>0.015</i>
Pb	0.006	<i>0.044</i>	0.0004	<i>0.0017</i>
Zn	0.090	<i>0.359</i>	0.025	0.031

¹ sla komt als gewas niet apart voor in C-Soil, maar is onderdeel van de groep 'groente'.

Het blijkt dat zeker voor de metalen Cd, Cu, Pb en Zn (en in mindere mate Ni) de (locatie specifieke!) gemeten BCF lager is dan de waarde die in C-Soil gebruikt is. Dat betekent dat de opname voor die metalen op basis van berekeningen met C-Soil gemiddeld hoger uit zullen komen dan de werkelijk metingen.

Het 'probleem' bij het gebruik van een BCF om risico's te berekenen is dat deze een gemiddelde is van vele metingen. Verschillen tussen bodems (lutum en zand, of veen en löss) komen daarom niet naar voren. De opname van metalen uit een kalkrijke lutumgrond zoals in dit onderzoek is echter lager dan die uit een kalkloze zandgrond. Het is daarom ook niet vreemd dat de gemeten opname lager is dan de berekende. Locatiespecifiek onderzoek is in dit soort bodems dan ook altijd aan te bevelen.

Daarnaast geldt ook dat:

- BCF waarden zijn vaak concentratieafhankelijk. De generieke BCF waarden zijn bedoeld zijn voor verontreinigde bodems rond interventiewaarde. Voor sommige metalen betekent dit dus een ander concentratiebereik
- Voor de generieke BCF voor bladgewassen zijn ook andere gewassen dan sla meegenomen. Bladgewassen zoals sla (en bijvoorbeeld andijvie en spinazie) nemen vaak meer metaal op uit de bodem dan andere groenten zoals prei of koolsoorten

4 Conclusies en Aanbevelingen

Conclusies:

1. De verontreiniging is heterogeen verdeeld over de tuin, de gehalten in de bodem variëren van waarden onder de streefwaarde voor As en Ni tot boven de interventiewaarden voor Pb en Zn;
2. De gehalten aan Pb en Zn in de bodem verschillen sterk tussen de onderzochte velden, de verontreiniging lijkt geconcentreerd in een geul die dwars door de tuin loopt. Zo varieert de hoeveelheid Pb in de bodem op korte afstand (< 2 m) van minder dan 400 tot meer dan 2600 mg kg⁻¹.
3. De verontreinigde laag strekt zich uit tot een diepte van tenminste 1 meter. Er is geen eenduidige trend in de gehalten in de eerste meter. Voor Pb geldt dat de gehalten in de 25 – 50 cm laag soms nog hoger zijn dan in de 0 – 25 cm laag (velden A1, S2, A2).
4. Voor vrijwel alle metalen die in verhoogde gehalten voorkomen, is er een sterk verband tussen het organische stofgehalte en het metaalgehalte. De bron van de metalen is waarschijnlijk dan ook een sterk verontreinigd organisch materiaal;
5. De opname van metalen door de hier geteelde gewassen is normaal tot licht verhoogd ten opzichte van eerder uitgevoerde metingen in landelijk onderzoek. De warenwet wordt echter niet overschreden al liggen de waarden van lood in sla en aardappel gemiddeld gezien boven de aangetroffen waarden in het landelijk onderzoek (lood in sla landelijk gemiddeld = 0.12 mg kg⁻¹, in de onderzochte tuin 0.28 mg kg⁻¹; voor aardappel landelijk 0.03 mg kg⁻¹ en in de tuin 0.05 mg kg⁻¹; alle data op vers gewicht). Daarbij geldt wel dat de in de onderzochte tuin gemeten gehalten binnen de range liggen zoals gemeten in het landelijk onderzoek.
6. Als gevolg van de lokaal zeer hoge gehalten in de bodem zullen aanhechtende gronddeeltjes bij onvoldoende wassen snel leiden tot waarden in het gewas die boven de warenwet liggen. In dit onderzoek zijn sla en aardappel goed gewassen (na schillen voor aardappel) om het effect van aanhechtende grond te vermijden;
7. Er bestaat voor lood geen direct verband tussen de metalen in de bodem en die in het gewas. Voor Cd en Zn bestaat er wel een positief verband tussen de metalen in de bodem of die in het CaCl₂ extract en in het gewas;
8. De (bio)beschikbaarheid van de metalen in de bodem zoals gemeten met een CaCl₂ extractie is laag. Dit komt mede door de hoge pH en de combinatie van een hoog organisch stof gehalte (in sommige bodems) en lutumgehalte;

9. In alle bodems is kalk in ruime mate aanwezig en de gevoeligheid voor verzuring is daarom laag. Een verandering van de opname door de gewassen is daarom niet te verwachten.
10. Omdat de variatie aan gehalten aan lood en andere metalen in de bodem in de onderzochte tuin overeenkomt met de variatie in de andere tuinen (zie vooronderzoek) worden de resultaten representatief geacht voor de andere tuinen. Dat betekent dat de uitspraken die gedaan zijn voor de onderzochte tuin ook voor de overige tuinen gelden. Ook wat betreft bodemsamenstelling (lutum, organische stof) wijken de overige tuinen niet of nauwelijks af van de hier onderzochte tuin. Het is daarom de verwachting dat de gehalten in gewassen, die in andere tuinen gekweekt zouden kunnen gaan worden, niet af zullen wijken van de hier onderzochte gewassen.
11. De relatie tussen de bodemkwaliteit en gewaskwaliteit is voor lood moeilijk modelmatig in te schatten. De werkelijke blootstelling als gevolg van consumptie van groente uit eigen tuin kan daarom feitelijk alleen met behulp van locatie specifiek gewasonderzoek vastgesteld worden.
12. De analyse voor de levenslange blootstelling (zowel volgens huidig beleid en nieuwe inzichten) voor de tuin als geheel (op basis van de het gemiddelde gehalte in de tuin in bodem en daarop geteelde gewassen) tonen aan dat voor alle metalen de risico-index op basis van levenslange blootstelling bij gebruik als tuin of moestuin beneden de 1 blijft. Er zijn dus geen onaanvaardbare risico's voor het gebruik van de tuin als moestuin. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat deze conclusie is gebaseerd op basis van *levenslange* blootstelling. Berekeningen specifiek voor blootstelling voor kinderen laten zien dat er dan mogelijk wel risico's zijn.
13. Ook voor de individuele tuindelen (berekeningen voor de aparte veldjes A1 t/m S5) blijft de risico-index beneden de 1. Wanneer de overige tuinen in de straat wat betreft bodemsamenstelling en verontreinigingsgraad vergelijkbaar zijn met de in deze studie onderzochte tuin (of de delen daarvan, veldjes A1 t/m S5), betekent dat dat er ook in de overige tuinen zeer waarschijnlijk geen onaanvaardbare risico's zijn (op basis van levenslange gemiddelde blootstelling).

Aanbevelingen

1. De verontreiniging in de onderzochte tuin strekt zich op sommige plekken uit tot een diepte van minimaal 1 meter. Het mengen van de bovengrond (0 - 25 cm laag) met de (soms nog sterker verontreinigde) ondergrond (25 - 50 en in sommige gevallen de 50 - 100 cm laag) moet daarom worden afgeraden. Diepspitten en andere activiteiten die zouden kunnen leiden tot het mengen van grond uit de 0 tot 25 cm laag en de daaronder gelegen lagen moet daarom vermeden worden;
2. Bij gebruik als moestuin geldt de algemene aanbeveling om de gewassen goed te wassen en, daar waar relevant, te schillen.
3. Aangezien gebruik als moestuin mogelijk is, geldt dit eveneens voor het gebruik als siertuin. Bij siertuingebruik gelden daarom eveneens geen gebruiksbependingen.

Literatuur

- CSO. 2001. Nader bodemonderzoek (fase 1,2 en aanvullend) locatie Voormalige spuikom te Den Bommel gemeente Oostflakkee (WBB-code: ZH/435/0025/200) rapportnummer. 00.313.
- CSO. 2005. Saneringsonderzoek en –plan Boven Oostdijk/Spuidijk Den Bommel (Gemeente Oostflakkee). Rapportnummer 05.037 (tekst en bijlagen).
- Lijzen, J.P.A., A.J. Baars, P.F. Otte, M. 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. 147 pp. RIVM report [711701023](#). RIVM, Bilthoven
- Wiersma, D., Van Goor, B.J., Van der Veen, N.G., 1986. Cadmium, lead, mercury, and arsenic concentrations in crops and corresponding soils in the Netherlands. J. Agric. Food Chem. 34, 1067– 1074.
- Driel, W., van, W. Schuurmans, J.M.J. Dekkers, W. de Vries, G. Vos, en M.J.J. Stienen. Projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren, (1987). Zware metalen in oevergronden en daarop verbouwde gewassen in het stroomgebied van Maas, Geul en Roer in de provincie Limburg. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Rapport 1 t/m 3, Haren, the Netherlands.

Bijlage 1 Illustraties van de ligging van de tuin en de oogst evenals profielopname van de bodemkwaliteit

Algemene gegevens betreffende het perceel

Gemeente : Oostflakkee
Locatie : Boven Oostdijk/Spuidijk (Den Bommel)
Globis-code : ZH058000025
Taak-code : O71



Foto A1. Aanleg van de 10 vakken



Foto A2. Aanwezigheid van potscherven in de ondergrond van profiel S5 (rode vlekken)



Foto A3. Poten van slaplantjes



Foto A4. Overzicht van slaveld (S5) na poten van de planten



Foto A5 Overzicht van de velden tijdens poten van sla en aardappel.



Foto A6. Aardappelplanten ten tijde van de oogst (23 juni)



Figuur A7. Aardappelen bij de oogst op 23 juni 2005.

Profielopname op 5 plekken in de tuin

Profielbeschrijvingen Proefveld Den Bommel

Boring A1

hor. code	hor. diepte	org. stof	lutum	M50	kalkklasse	rijpingsklasse	roest	structuur	pH	opmerkingen
Aap	0 - 30		7	15		3	5	gr	6 - 6.5	ruil, scherven, houtskool, fijne wortels, ijzerscherven, stenen
Cg	30 - 120		0,5	28		3	4 b	mas	5.5	enkele wortel, restjes houtskool
Cgr	120 - 160			15		3	3 w			fijn schelpgruis
Cr	>160		3	12		3	2			grijs

ruile donkere bovengrond, puinresten, enkele kiezels, houtspaanders, houtskool, ijzerconcreties
grondwater op 50 cm - mv. (05-04-05)
grondwatertrap Vbo GHG 30 cm. GLG 160 cm.
bodemtype: pMn55A (woudeerdgrond) profielverloop 5

Boring A2

hor. code	hor. diepte	org. stof	lutum	M50	kalkklasse	rijpingsklasse	roest	structuur	pH	opmerkingen
AC	0 - 25		3	13		3	5 bont			opmerkingen scherfjes, zandig, heterogeen
Aag	25 - 75	veel scherfjes, ijzerconcreties, boljes, schelpresten, fijn puin,				3				
Cg	<75		3	28		3	3 bont	taai		geen structuur

grondwater op 95 cm (05-04-05)
grondwatertrap Vbo. GHG 30 cm. GLG 150 cm
bodemtype: EK16A (tuineerdgrond)

Boring S3

hor. code	hor. diepte	org. stof	lutum	M50	kalkklasse	rijpingsklasse	roest	structuur	pH	opmerkingen
Aa	0 - 30		5	18		3	5			opmerkingen
Acg	30 - 60		3	14		3	4 b			ijzerconcreties, houtskool, heterogeen
Cg	60 - 80			14		3	4			houtskool, heterogeen
Cgr	80 - 150			10	120	3	1			slap, zandig, homogeen
Cr	.150			6	120	3	1			blauw, homogeen

op 5 cm pH 7.0
tot 30 cm donkere humeuze bovengrond, heterogeen gevlekt, weinig puin,
op 25 cm pH 7.0. houtskool, schelprestjes, stuk ijzerdraad
grondwater op 60 cm (05-04-05)
grondwatertrap Vao. GHG op 30 cm. GLG op 150 cm
bodemtype: pMn55A (woudeerdgrond) profielverloop 5

Boring S4

hor. code	hor. diepte	org. stof	lutum	M50	kalkklasse	rijpingsklasse	roest	structuur	pH	opmerkingen
Aa	0 - 30			15		3				ruil, homogeen, stukjes ijzer, houtskool, weonig puin
ACg	30 - 70					3				heterogeen, ijzerconcreties, bonte roest
Cg	70 - 120		10	20		3				heterogeen, gevlekt, oude kreekbodem, iets puin

grondwater op 70 cm (
grondwatertrap Vbo GHG op 30 cm. GLG op 150 cm.
bodemtype: pMn55A (woudeerdgrond)

Boring S5

hor. code	hor. diepte	org. stof	lutum	M50	kalkklasse	rijpingsklasse	roest	structuur	pH	opmerkingen
Aa	0 - 45		7	20		3	5			ijzerconcreties, redelijk homogeen
Aag	45 - 80			20		3	5 bont			bonte roest, heterogeen
Aagr	80 - 100			14		3	3 bont			heterogeen, lichtbruin met roest
Aar	100 - 120			14		3	2 bont			slap, donker

Bijlage 2 Overzicht van analyseresultaten bodem en gewas

Overzicht van alle analyse resultaten aan bodem en gewas. In tabel B2.1 t/m B2.4 staan allereerst de gegevens van de bovenste 25 cm. Deze monsters corresponderen met de plekken van het gewas.. In tabel B2.5 staan vervolgens de bijbehorende gewasgegevens. In tabel B2.6 t/m B2.9 staan de metingen van alle bodemmonsters inclusief die van de ondergrond.

Tabel B2.1 Algemene Bodemeigenschappen, pH en DOC in de 0-25 cm monsters

	veldjes	diepte	org.stof %	<2 µm %	CaCO ₃ %	pH CaCl ₂ 0.01 M	DOC mg C L ⁻¹
Aardappel	A1	0-25	11.6	18	4.3	6.5	19.5
	A2	0-25	13.1	11	5.3	6.8	15.9
	A3	0-25	7.3	16	6.1	7.0	16.7
	A4	0-25	5.7	14	6.8	7.0	11.7
	A5	0-25	7.1	16	5.4	6.9	12.7
Sla Velden	S1	0-25	10.8	16	4.3	6.6	16.9
	S2	0-25	7.2	18	6.0	6.9	16.5
	S3	0-25	6.8	19	6.2	7.1	16.8
	S4	0-25	6.2	15	6.2	7.0	14.7
	S5	0-25	6.9	16	5.6	7.0	14.6

Tabel B2.2 Aqua Regia in de 0 - 25 cm bodem monsters, getallen in rood geven aan dat de gevonden waarden boven de interventiewaarde liggen. Scheef gedrukte waarde zijn hoger dan de streefwaarde.

veldjes	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
A1	19.8	2.2	52.0	137.4	31.5	1093.3	1130.9
A2	17.3	4.2	57.6	147.1	30.6	2603.8	2604.1
A3	13.8	1.3	37.0	77.1	22.4	402.3	502.6
A4	12.8	1.0	31.2	107.3	18.9	296.1	415.2
A5	14.4	1.4	36.6	84.1	25.2	602.5	518.8
S1	21.2	3.0	56.8	603.6	35.3	1271.3	1558.5
S2	19.1	1.5	42.0	81.7	32.1	389.6	594.2
S3	13.9	1.3	45.2	186.8	26.0	378.2	483.4
S4	14.3	1.3	37.4	68.6	23.7	354.0	581.1
S5	16.6	1.6	41.8	108.5	27.5	667.7	582.3

Tabel B2.3 0.43 N HNO₃ extraheerbaar metaalgehalte 0 - 25 cm bodem monsters

veldjes	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
A1	7.5	1.7	6.1	91.7	8.6	784.0	1006.2
A2	6.1	3.4	8.6	90.3	26.1	2085.4	2377.1
A3	4.6	0.9	4.5	49.2	6.0	377.6	326.9
A4	4.2	0.8	4.1	328.9	5.0	327.6	295.6
A5	4.9	1.0	4.5	54.9	6.2	527.1	377.4
S1	6.5	2.1	7.5	120.9	10.6	842.2	1057.6
S2	4.1	1.0	4.4	51.3	7.8	370.3	447.2
S3	3.9	0.8	4.1	163.3	6.3	294.2	303.0
S4	4.4	0.9	4.5	47.5	5.9	302.6	379.4
S5	5.1	1.0	5.0	64.6	6.3	754.3	388.9

Tabel B2.4 0.01M CaCl₂ extraheerbaar metaalgehalte 0 - 25 cm bodem monsters

veldjes	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
A1	0.0311	0.0057	0.0023	0.0102	0.1642	0.0013	1.4195
A2	0.0181	0.0095	0.0027	0.1103	0.1131	0.0042	3.7566
A3	0.0132	0.0023	0.0022	0.0100	0.1159	b.d.	0.1856
A4	0.0176	0.0029	0.0020	0.0065	0.1150	b.d.	0.2985
A5	0.0214	0.0030	0.0019	0.0066	0.1085	b.d.	0.2964
S1	0.0085	0.0060	0.0020	0.0068	0.1325	0.0004	1.4872
S2	0.0036	0.0024	0.0021	0.0080	0.0622	b.d.	0.3626
S3	0.0048	0.0018	0.0018	0.0054	0.1174	b.d.	0.1907
S4	0.0210	0.0024	0.0016	0.0057	0.0979	b.d.	0.3981
S5	0.0149	0.0030	0.0016	0.0044	0.1359	b.d.	0.4278

Tabel B2.5 Metaalgehalten in het gewas (Sla en aardappel) op vers gewicht basis

Gewas	Veld	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	droge stof %
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
aardappel	A1	0.005	0.02	0.17	0.85	0.03	0.06	4.37	20.8
aardappel	A2	0.005	0.02	0.11	1.20	0.03	0.05	4.97	20.7
aardappel	A3	0.009	0.01	0.12	1.11	0.00	0.04	4.07	22.6
aardappel	A4	0.008	0.02	0.15	0.86	0.01	0.07	3.55	20.9
aardappel	A5	0.007	0.01	0.11	0.46	0.06	0.03	2.98	22.9
sla	S1	0.019	0.04	0.09	0.45	0.06	0.28	6.39	7.26
sla	S2	0.021	0.02	0.35	0.50	0.05	0.28	5.72	8.00
sla	S3	0.020	0.02	0.08	0.49	0.04	0.26	4.31	7.19
sla	S4	0.017	0.02	0.05	0.41	0.03	0.16	3.75	6.59
sla	S5	0.022	0.02	0.07	0.39	0.04	0.23	3.98	6.88

Tabel B2.6 Resultaten voor alle monsters, Algemene Bodemeigenschappen

veldjes	Diepte (cm)	vocht %	org.stof %	<2 µm %	CaCO ₃ %	pH CaCl ₂ , 0.01M	TC [mg/L]	IC [mg/L]	DOC [mg/L]
A1	0-25	2.4	11.6	18	4.3	6.5	37.8	18.3	19.5
A1	25-50	2.3	12.4	18	4.0	6.7	35.2	16.1	19.1
A1	50-100	2.3	7.2	29	8.2	7.0	42.8	18.6	24.2
A2	0-25	2.7	13.1	11	5.3	6.8	31.5	15.6	15.9
A2	25-50	2.3	13.1	9	5.1	6.9	26.2	13.2	13.0
A2	50-100	2.6	16.8	13	3.2	7.0	43.0	20.8	22.2
A3	0-25	2.2	7.3	16	6.1	7.0	38.3	21.6	16.7
A3	25-50	0.7	2.0	3	5.3	7.1	14.3	7.3	6.9
A3	50-100	0.6	1.9	3	5.9	7.3	12.5	6.5	6.0
A4	0-25	1.5	5.7	14	6.8	7.0	26.4	14.7	11.7
A4	25-50	1.3	4.9	9	6.1	7.2	24.2	11.3	12.9
A4	50-100	1.7	6.5	12	5.9	7.2	26.8	11.3	15.5
A5	0-25	1.7	7.1	16	5.4	6.9	28.1	15.4	12.7
A5	25-50	1.6	7.0	14	5.7	7.0	28.7	14.1	14.6
A5	50-100	1.9	10.9	10	5.4	7.1	31.1	17.6	13.5
S1	0-25	2.1	10.7	16	4.3	6.6	32.9	16.0	16.9
S1	25-50	2.6	18.2	10	3.8	6.8	31.4	15.6	15.7
S2	0-25	1.9	7.2	18	6.0	6.9	39.1	22.6	16.5
S2	25-50	1.7	5.6	15	6.6	7.1	34.4	18.3	16.1
S3	0-25	1.9	6.8	19	6.2	7.1	32.0	15.1	16.8
S3	25-50	1.8	6.4	18	6.2	7.0	36.7	19.6	17.1
S4	0-25	1.6	6.1	15	6.2	7.0	31.4	16.6	14.7
S4	25-50	1.1	3.1	9	7.1	7.3	23.8	11.8	12.0
S5	0-25	1.6	6.9	16	5.6	7.0	30.7	16.1	14.6
S5	25-50	1.7	6.7	16	7.1	7.2	32.3	15.5	16.8

Tabel B2.7 Resultaten voor alle monsters, Aqua Regia (totaaldestructie)

veldjes	diepte	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
A1	0-25	19.8	2.2	52.0	137.4	31.5	1093.3	1130.9
A1	25-50	23.1	2.1	55.0	139.0	32.9	1439.6	910.2
A1	50-100	20.7	0.9	49.1	43.4	30.5	160.5	225.8
A2	0-25	17.3	4.2	57.6	147.1	30.6	2603.8	2604.1
A2	25-50	21.6	3.5	56.2	255.8	36.7	4067.2	3522.0
A2	50-100	28.4	2.8	49.6	187.9	38.9	1509.6	1402.6
A3	0-25	13.8	1.3	37.0	77.1	22.4	402.3	502.6
A3	25-50	7.2	0.7	18.0	31.9	8.1	279.5	293.2
A3	50-100	7.7	0.7	16.6	21.7	7.7	87.7	215.8
A4	0-25	12.8	1.0	31.2	107.3	18.9	296.1	415.2
A4	25-50	11.9	0.9	28.1	56.0	16.3	265.6	317.9
A4	50-100	14.5	1.2	36.7	85.5	19.7	562.3	535.9
A5	0-25	14.4	1.4	36.6	84.1	25.2	602.5	518.8
A5	25-50	15.4	1.8	38.7	103.7	24.6	433.1	1088.2
A5	50-100	16.2	2.1	42.1	170.0	25.3	1466.5	1239.3
S1	0-25	21.2	3.0	56.8	603.6	35.3	1271.3	1558.5
S1	25-50	23.2	3.6	49.6	190.7	41.9	1950.2	1896.3
S2	0-25	19.1	1.5	42.0	81.7	32.1	389.6	594.2
S2	25-50	13.2	1.2	36.8	84.2	25.4	337.9	481.4
S3	0-25	13.9	1.3	45.2	186.8	26.0	378.2	483.4
S3	25-50	15.3	1.4	64.8	78.3	29.0	813.0	537.4
S4	0-25	14.3	1.3	37.4	68.6	23.7	354.0	581.1
S4	25-50	9.4	0.8	28.0	27.2	15.3	130.1	232.0
S5	0-25	16.6	1.6	41.8	108.5	27.5	667.7	582.3
S5	25-50	15.5	1.6	43.1	86.9	28.9	443.0	628.2

Tabel B2.8 Resultaten voor alle monsters, 0.43 N HNO₃ extractie

veldjes	diepte	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
A1	0-25	7.5	1.7	6.1	91.7	8.6	784.0	1006.2
A1	25-50	8.8	1.6	5.3	83.7	8.8	892.6	736.8
A1	50-100	4.3	0.6	2.2	118.3	7.2	130.7	115.4
A2	0-25	6.1	3.4	8.6	90.3	26.1	2085.4	2377.1
A2	25-50	5.3	2.5	7.7	138.9	16.3	2607.7	3308.9
A2	50-100	6.8	2.0	6.2	110.7	14.2	1647.3	1225.7
A3	0-25	4.6	0.9	4.5	49.2	6.0	377.6	326.9
A3	25-50	3.0	0.4	3.1	15.4	1.8	83.2	185.9
A3	50-100	3.2	0.5	2.8	13.9	1.8	67.0	141.0
A4	0-25	4.2	0.8	4.1	328.9	5.0	327.6	295.6
A4	25-50	4.1	0.7	3.7	41.2	4.6	237.5	198.3
A4	50-100	5.8	0.9	4.2	63.6	6.6	654.8	444.6
A5	0-25	4.9	1.0	4.5	54.9	6.2	527.1	377.4
A5	25-50	4.1	1.7	5.2	68.4	6.8	418.5	1475.3
A5	50-100	5.5	1.7	5.3	143.3	7.0	1324.1	1100.1
S1	0-25	6.5	2.1	7.5	120.9	10.6	842.2	1057.6
S1	25-50	8.3	2.5	6.2	153.7	15.1	1270.0	1454.3
S2	0-25	4.1	1.0	4.4	51.3	7.8	370.3	447.2
S2	25-50	4.0	0.8	3.6	57.4	7.4	286.1	308.1
S3	0-25	3.9	0.8	4.1	163.3	6.3	294.2	303.0
S3	25-50	4.1	0.9	5.6	49.4	6.7	974.9	325.9
S4	0-25	4.4	0.9	4.5	47.5	5.9	302.6	379.4
S4	25-50	4.0	0.5	3.5	21.1	3.5	102.3	135.4
S5	0-25	5.1	1.0	5.0	64.6	6.3	754.3	388.9
S5	25-50	4.4	1.0	4.6	53.8	8.0	780.3	383.8

Tabel B2.9 Resultaten voor alle monsters, CaCl_2 extractie, resultaten gegeven in het extract (concentratie in oplossing)

veldjes	diepte	As $\mu\text{g L}^{-1}$	Cd $\mu\text{g L}^{-1}$	Co $\mu\text{g L}^{-1}$	Cr $\mu\text{g L}^{-1}$	Cu $\mu\text{g L}^{-1}$	Pb $\mu\text{g L}^{-1}$	Zn $\mu\text{g L}^{-1}$
A1	0-25	3.1	0.6	0.2	1.0	16.4	0.1	141.9
A1	25-50	1.6	0.4	0.2	0.8	10.7	0.1	58.3
A1	50-100	0.6	0.1	0.2	1.3	7.4	b.d.	b.d.
A2	0-25	1.8	1.0	0.3	11.0 ¹	11.3	0.4	375.7
A2	25-50	0.9	0.7	0.4	3.1	8.3	0.3	600.8
A2	50-100	0.7	0.4	0.3	1.4	8.8	0.1	125.8
A3	0-25	1.3	0.2	0.2	1.0	11.6	b.d.	18.6
A3	25-50	1.1	0.2	0.2	0.3	6.2	b.d.	28.0
A3	50-100	0.7	0.2	0.3	0.4	3.4	b.d.	21.1
A4	0-25	1.8	0.3	0.2	0.7	11.5	b.d.	29.9
A4	25-50	0.5	0.2	0.2	0.5	7.9	b.d.	10.1
A4	50-100	0.4	0.2	0.3	0.7	7.7	0.0	42.6
A5	0-25	2.1	0.3	0.2	0.7	10.8	b.d.	29.6
A5	25-50	0.5	0.5	0.2	0.6	10.9	b.d.	126.4
A5	50-100	0.4	0.3	0.3	0.8	9.2	0.2	87.3
S1	0-25	0.8	0.6	0.2	0.7	13.3	0.0	148.7
S1	25-50	1.2	0.7	0.3	0.6	8.1	0.1	324.1
S2	0-25	0.4	0.2	0.2	0.8	6.2	b.d.	36.3
S2	25-50	0.3	0.2	0.2	0.5	8.4	b.d.	29.1
S3	0-25	0.5	0.2	0.2	0.5	11.7	b.d.	19.1
S3	25-50	1.1	0.2	0.2	0.8	9.9	0.1	23.7
S4	0-25	2.1	0.2	0.2	0.6	9.8	b.d.	39.8
S4	25-50	0.1	0.2	0.2	0.2	12.4	b.d.	11.0
S5	0-25	1.5	0.3	0.2	0.4	13.6	b.d.	42.8
S5	25-50	b.d.	0.2	0.2	0.7	8.1	b.d.	24.3

¹ waarschijnlijk een meetfout, op het moment van schrijven niet meer te achterhalen

Bijlage 3 Passage uit de Circulaire Bodemsanering 2006 mbt risico beoordeling voor lood

De hier volgende passage gaat in op de criteria voor de berekening van de risico's. Daarbij wordt voor lood (zie tekst in rood) specifiek vermeld dat hierbij uitgegaan moet worden van de blootstelling voor kinderen.

4. Risico's voor de mens

4.1 Algemeen

Er is sprake van onaanvaardbare risico's voor de mens indien bij het huidige of voorgenomen gebruik van de locatie een situatie bestaat waarbij:
chronische negatieve gezondheidseffecten kunnen optreden;
acute negatieve gezondheidseffecten kunnen optreden.

Chronische effecten treden op bij lagere gehalten dan acute effecten. Indien de risicobeoordeling is afgestemd op chronische effecten, wordt impliciet ook tegen acute effecten beschermd.

Daar in het geval van bijvoorbeeld blauwzuurgas acute blootstelling fataal kan zijn, is bij het afleiden van de Toxicologische Toelaatbare Concentratie in Lucht (TCL) rekening gehouden met een acuut dodelijke blootstelling.

Indien de aanwezigheid van bodemverontreiniging bij het huidige gebruik leidt tot aantoonbare hinder (o.a. huidirritatie en stank) wordt dat beoordeeld als een onaanvaardbare situatie die eveneens met spoed dient te worden gesaneerd.

4.2 Stap 2

De risico's voor de mens worden bepaald met een blootstellingmodel genaamd Sanscrit. Deze modelberekening is gebaseerd op de meest recente versie van de Sanerings Urgentie Systematiek (SUS). In het model is een achttal blootstellingsscenario's onderscheiden die zijn afgestemd op het gebruik van een locatie.

De modelmatig berekende blootstelling (levenslang gemiddeld in mg/kg lichaamsgewicht per dag) wordt getoetst aan het Maximaal Toelaatbaar Risico-niveau (MTR) als het gaat om orale blootstelling. Als het inhalatoire blootstelling betreft, worden de berekende gehalten in lucht getoetst aan de Toxicologische maximaal Toelaatbare Concentratie in Lucht (TCL). Hierbij zijn de volgende twee resultaten mogelijk:

blootstelling $\leq$ MTR (oraal) en/of TCL (inhalatoir) = geen onaanvaardbaar risico;
blootstelling $>$ MTR (oraal) en/of TCL (inhalatoir) = onaanvaardbaar risico.

Bij de berekening van de blootstelling aan lood moet rekening worden gehouden met een specifieke blootstelling alléén gedurende de kinderjaren, omdat deze blootstelling vaak kritisch is. Voor lood wordt dus niet omgerekend naar een levenslang gemiddelde blootstelling.

Er is sprake van hinder indien er huidirritatie optreedt ten gevolge van huidcontact met puur product en/of wanneer er sprake is van stank omdat de geurdrempel wordt overschreden. Een lijst met geurdrempels is opgenomen in tabel A aan het einde van deze bijlage.

Einde passage

Deze passage is afkomstig uit de Circulaire Bodemsanering 2006