



ALTEERRA

WAGENINGENUR

# Invloed van bodemverontreiniging op de gehalten aan zware metalen en PAK in gewassen uit moestuinen aan de Peterswijk te Dedemsvaart (gemeente Hardenberg)

Opname van lood, cadmium, zink, arseen, chroom, koper, nikkel en PAK door sla, radijs, wortel en kool.

P.F.A.M. Römken

R.P.J.J. Rietra



Alterra-rapport 1415, ISSN 1566-7197

Invloed van bodemverontreiniging op de gehalten aan zware metalen en PAK in gewassen uit moestuinen aan de Peterswijk te Dedemsvaart (gemeente Hardenberg)

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van Gemeente Hardenberg

**Invloed van bodemverontreiniging op de gehalten aan zware metalen en PAK in gewassen uit moestuinen aan de Peterswijk te Dedemsvaart (gemeente Hardenberg)**

**Opname van lood, cadmium, zink, arseen, chroom, koper, nikkel en PAK door sla, radijs, wortel en kool.**

**P.F.A.M. Römken  
R.P.J.J. Rietra**

**Alterra- rapport 1415**

**Alterra, Wageningen, 2007**

## REFERAAT

P.F.A.M. Römken en R.P.J.J. Rietra, 2007. *Invloed van bodemverontreiniging op de gehalten aan zware metalen en PAK in gewassen uit moestuinen aan de Peterswijk te Dedemsvaarte (gemeente Hardenberg); Opname van lood, cadmium, zink, arseen, chroom, koper, nikkel en PAK door sla, radijs, wortel en kool*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1415. 53 blz.; 7 fig.; 15 tab.; 4 ref.

Verhoogde gehalten aan zware metalen en PAK in de bodem in (moes)tuinen aan de Peterswijk te Dedemsvaart (Gemeente Hardenberg) vormen mogelijk een risico voor de kwaliteit van de geteelde gewassen. Om na te gaan deze stoffen opgenomen worden en daarmee een risico vormen voor de mens, is in 5 tuinen de opname van As, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn en PAK door sla, radijs, wortel en kool bepaald in een potproef. De gemeten gewasgehalten in de tuinen die nu als moestuin gebruikt worden wijken niet af van gemeten gehalten in niet-verontreinigde gronden. Alleen in één tuin met lage pH (die nu niet als moestuin in gebruik is) liggen de waarden van Cd en Pb boven de geldende gewasnorm. Of daarmee ook meteen sprake is van een te hoge blootstelling komt in een vervolg aan de orde (GGD). De opname door planten van PAK uit de bodem was zeer gering. De gemeten gehalten in alle gewassen liggen in dezelfde orde van grootte als de gehalten in gewassen geteeld op schone grond. De in de bodem aanwezige PAK vormt daarmee geen verhoogd risico. Het is de verwachting bij een pH van de grond van 6 of hoger de kwaliteit van de gewassen voldoende is voor menselijke consumptie.

Trefwoorden: bodemverontreiniging, lood, cadmium, PAK, moestuin, blootstelling, warenwet

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl). Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice)

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

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

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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 Beschrijving van het uitgevoerde onderzoek	13
2.1 Introductie	13
2.2 Beschrijving veldonderzoek en uitgevoerde analyses	14
2.3 Beschrijving potproef	15
3 Resultaten van laboratorium- en potproef onderzoek	17
3.1 Resultaten veldonderzoek	17
3.2 Resultaten potproef	20
3.2.1 Metingen in het bodemvocht als maat voor de beschikbaarheid van de metalen	20
3.2.2 Opname van metalen door de gewassen	22
3.2.3 Opname van PAK door de verschillende gewassen	26
3.2.4 Gemeten gehalten aan PAK in verhouding tot bekende data	27
4 Conclusies en Aanbevelingen	29
Literatuur	31
Bijlage 1 Beschrijving van de potproef	33
Bijlage 2 Analyseresultaten van bodem- en gewasonderzoek	37
Bijlage 3 Foto's genomen tijdens de potproef	51



## Woord vooraf

Aan de Peterswijk te Dedemsvaart is in een nader bodemonderzoek (Oranjewoud, 2005) vastgesteld dat de bodemkwaliteit op een aantal locaties niet voldoet aan de Wet Bodembescherming. Op enkele punten worden gehalten aan lood en PAK aangetroffen die boven de interventiewaarde liggen. Daarmee vormen deze stoffen een mogelijk risico voor de bewoners van het gebied. Omdat een deel van de tuinen (deels) in gebruik zijn als moestuin rijst de vraag of de bodemverontreiniging aanleiding geeft tot verhoogde blootstelling als gevolg van consumptie van groenten geteeld in de tuinen.

De bodemverontreiniging is heterogeen verdeeld over de tuinen en komt deels aan het oppervlak (0 – 25 cm laag) deels op grotere diepte voor. Ook zijn lang niet alle tuinen in gebruik als moestuin en is de vraag die in dit onderzoek centraal staat daarom gericht op het vaststellen van mogelijke risico's. Daartoe is een potproef uitgevoerd met grond uit 5 tuinen. Deze 5 zijn geselecteerd na vooronderzoek aan grond uit 11 tuinen. Deze 5 vormen daarmee een weerspiegeling van de range in de gehalten aan lood en PAK zoals die in het gebied zijn aangetroffen. Daarbij is uiteraard ook meegewogen of iemand inderdaad al een moestuin heeft of niet. Om een beeld te krijgen hoe de opname uit de verontreinigde grond afwijkt van die uit niet verontreinigde gronden zijn ook 2 gronden meegenomen die aan de streefwaarde voldoen.

In de potproef zijn de gewassen sla, radijs, wortel en kool geteeld en is na afloop het gehalte aan lood, cadmium en PAK gemeten, zowel in de grond (al voor de proef) en in het gewas. Op basis van de uitkomsten kan dan vastgesteld worden of de in de bodem aanwezige stoffen opgenomen worden door de genoemde gewassen en of het dus bij de huidige bodemkwaliteit mogelijk is deze veilig (of niet) te telen. Uitgangspunt daarbij is dat de gewassen in ieder geval aan de warenwet moeten voldoen, maar ook of bij de gevonden gehalten in het gewas de totale blootstelling door de mens niet de maximaal toegestane dagelijkse inname (ADI) van de genoemde stoffen overschrijdt. Dit laatste onderdeel wordt echter niet in dit rapport uitgewerkt maar wordt door de GGD Overijssel uitgevoerd.





## Samenvatting

Aan de Hoofdvaart en Peterswijk te Dedemsvaart komen verhoogde gehalten aan zware metalen en PAK in de bodem voor als gevolg van de aanwezigheid van een voormalige scheepswerf. Vooral het gehalte aan lood en PAK overschrijden daarbij de interventiewaarde voor deze bodem ofschoon een deel van deze overschrijdingen monsters uit de diepere ondergrond betreft (> 50 cm). Omdat een deel van de tuinen als moestuin gebruikt wordt is de vraag of de aanwezige bodemverontreiniging leidt tot verhoogd risico als gevolg van het eten van groenten uit eigen tuin.

In navolging van het nader bodemonderzoek bevestigde een eerste veldonderzoek in 11 tuinen dat de gehalten aan PAK en in mindere mate aan zware metalen lokaal boven de interventiewaarde liggen. Daarom is met grond uit 5 tuinen die representatief zijn voor het gebied een potproef uitgevoerd. In de potproef zijn de gewassen sla, radijs, wortel en kool geteeld op grond uit de tuin aan de Hoofdvaart 2, Peterswijk 5, 7 en 13 en de Lijsterstraat 18. Deze laatste dient daarbij als een soort referentie omdat de bodemkwaliteit in deze tuin goed is en wat de gehalten in de bodem betreft vergelijkbaar is met niet verontreinigde grond.

De resultaten van de potproef tonen aan dat de gehalten aan metalen in de bodem niet of slechts in zeer geringe mate aanleiding geven tot verhoogde opname door de gewassen. Alleen in de groenten uit de tuin aan de Hoofdvaart 2 lagen de gehalten aan lood, maar ook aan cadmium boven de warenwet norm. De warenwetnorm is echter voor moestuinen maar gedeeltelijk relevant al kan deze wel als maatstaf voor een veilig product gezien worden. Feitelijk is de totale blootstelling (inname via het hele voedselpakket) maatgevend. Deze wordt door de GGD apart bepaald. Het is de verwachting dat de blootstelling voor de tuinen aan de Peterswijk en Lijsterstraat niet tot onaanvaardbare risico's leidt. De verhoogde opname in de tuin van de Hoofdvaart 2 en de daaruit voortvloeiende hogere blootstelling hangt in hoge mate samen met de lage pH. Dat komt omdat deze tuin nu niet in gebruik is als moestuin. Toevoegen van producten als kalk en compost leidt tot een verhoging van de pH en daarmee tot lagere gehalten in het gewas. Bij gebruik van de tuin als moestuin zou in geval van de Hoofdvaart 2 wel de pH verhoogd moeten worden tot een niveau van ongeveer 6 wat normaal is in moestuinen.

De opname van PAK was, ondanks de verhoogde gehalten in de verschillende gronden niet afwijkend van wat elders in niet verontreinigde gronden is gevonden. Voor de meeste gewassen en componenten was de relatie tussen het gehalte in de grond en dat in het gewas zeer zwak. Alle groenten in dit onderzoek voldeden aan de Duitse advieswaarde voor BAP van  $1.0 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Deze is als indicatie gebruikt omdat er in Nederland geen specifieke gewasnorm voor PAK bestaat (alleen een toegestane dagelijkse inname op basis van een totaal voedselpakket). Daarmee vormt de bodemverontreiniging met PAK geen direct risico voor de bewoners van de betreffende percelen.



# 1 Inleiding

In Dedemsvaart (Gemeente Hardenberg) is in een nader bodemonderzoek (Oranjewoud, 2005) vastgesteld dat de gehalten aan lood en PAK in de bodem aan de Hoofdvaart en Peterswijk lokaal de interventiewaarde overschrijden. Omdat het gaat om een volume van meer dan 25 m<sup>3</sup> is deze locatie daarmee mogelijk saneringsplichtig. Op basis van de totaalgehalten die in het nader onderzoek zijn gemeten, is het moeilijk om de werkelijke ernst en spoedeisendheid van de verontreiniging vast te stellen. Zeker daar waar het gaat om het schatten van de gehalten in planten die in moestuinen geteeld worden. In geval van gebruik van de tuin als moestuin is namelijk de inname van stoffen via gewasconsumptie een van de meest relevante criteria (naast onder meer de inname van grond door kinderen) en die inname is vrijwel niet goed te bepalen aan de hand van een gemeten totaalgehalte in de bodem.

In een deel van de tuinen die binnen het gebied liggen, zijn moestuinen aanwezig. Daarmee bestaat de kans dat indien de metalen en PAK door gewassen opgenomen worden, de blootstelling van mensen onacceptabel is. Daarmee zou deze locatie als spoedeisend geclassificeerd kunnen worden. Om na te gaan of, en zo ja in welke mate de in de bodem aangetroffen stoffen beschikbaar zijn voor planten is het echter noodzakelijk aanvullend onderzoek te doen. Vooral voor lood en PAK geldt dat het op basis van de totaalgehalten niet mogelijk is een zinnige uitspraak te doen over de te verwachten gehalten in de plant.

Omdat het praktisch onmogelijk is om een dergelijke opname studie voor grond uit alle tuinen te doen is in eerste instantie een selectie gemaakt op basis van de beschikbare gegevens uit het bestaande onderzoek (oa selectie van meest verontreinigde locaties). Daarnaast is aan de bewoners gevraagd (door de gemeente Hardenberg) of en zo ja in welke mate zij de tuinen als moestuin gebruiken. Bij de beoordeling van de kwaliteit van de tuin is het feit of de tuin in gebruik is als moestuin een belangrijk criterium omdat daarmee de beoordeling strenger wordt. De toegestane waarden van stoffen in de bodem voor wonen met moestuin zijn namelijk strenger (lager) dan die voor wonen met tuin (zonder gewasconsumptie).

Doel van dit onderzoek is om na te gaan wat de gehalten zijn in een aantal gewassen die in moestuinen veel geteeld worden. Op basis van de gehalten in deze gewassen is het mogelijk een betere schatting te maken van de totale blootstelling aan zware metalen en PAK van de bewoners van de percelen in de betreffende wijk.

Om een goede selectie te maken van de gronden die uiteindelijk in het gewasonderzoek meegenomen worden is het onderzoek in twee fasen gesplitst. In de eerste fase (april 2006) zijn in 11 tuinen bodemmonsters genomen van drie bodemlagen (0-25, 25-50 en 50-100 cm). Op basis van een aantal metingen in deze monsters zijn daarna 5 gronden geselecteerd voor het gewasonderzoek. In de kas van de sectie Bodemkwaliteit van de Universiteit Wageningen is vervolgens in de periode mei –

september het gewasonderzoek uitgevoerd. Voor elke grond is daarbij de opname in 4 gewassen onderzocht (sla, wortel, radijs en kool) in een potproef. Uiteraard zijn de omstandigheden in een potproef niet helemaal hetzelfde als in de moestuin, maar uit praktische overwegingen is toch gekozen voor deze aanpak. Niet alleen omdat het praktisch beter uitvoerbaar is (dezelfde gewassen in elke grond, zelfde plant en oogsttijdspit en vergelijkbare condities tussen de gronden), maar ook omdat de groei in een potproef redelijk optimaal is. De verwachting is dat de opname van ongewenste stoffen daarmee ook “optimaal” is.

Aan het einde van de groeiperiode (verschilt per gewas) is steeds het gehalte in de gewassen bepaald op het moment dat deze oogstbaar (= eetbaar) waren. Bij de voorbehandeling (oa wassen) is er op gelet dit zoveel mogelijk volgens normaal huishoudelijk gebruik te doen. In dit rapport worden de uitkomsten van beide fasen apart gerapporteerd.

In hoofdstuk 2 staat een toelichting van het onderzoek, zowel het veldonderzoek als de potproef. In hoofdstuk 3 staan de resultaten van het onderzoek en een toelichting daarop. Tenslotte staan in hoofdstuk 4 de conclusies en aanbevelingen.

## 2 Beschrijving van het uitgevoerde onderzoek

### 2.1 Introductie

Het onderzoek is in twee fasen uitgevoerd. De eerste fase betreft een veldonderzoek om de variatie van de gehalten aan metalen en PAK vast te stellen. De bemonstering van de gronden vond plaats in april 2006. In deze grondmonsters is een aantal bodemeigenschappen bepaald evenals de gehalten aan metalen en PAK. Aansluitend is na het bekend worden van de resultaten van dit onderzoek de tweede fase gestart. Dit betreft de potproef die is uitgevoerd met 5 gronden die op basis van het veldonderzoek zijn geselecteerd. Deze werd uitgevoerd van mei tot en met augustus 2006 in de kassen van de sectie Bodemkwaliteit van de Universiteit Wageningen. Na het oogsten van de gewassen zijn deze geanalyseerd op het gehalte aan zware metalen en PAK

In tabel 2.1 staat een overzicht van alle in de eerste fase onderzochte tuinen. De informatie wat betreft gehalten aan PAK en metalen is afkomstig uit het nader bodemonderzoek (Oranjewoud, 2005). In tabel 2.1 is tevens aangegeven of op de locatie een moestuin aanwezig is en zo ja welk deel van de groenten die geconsumeerd worden uit de tuin zelf komen (op basis van informatie van de bewoners)

Tabel 2.1. Overzicht van locaties die in de eerste fase van het onderzoek opgenomen zijn (resultaten van nader onderzoek Oranjewoud; + > tussenwaarde, ++ > interventiewaarde).

Locatie	Moestuin Aanwezig?	Consumptie uit eigen tuin (%)	Verontreiniging geconstateerd?				Opmerking
			PAK		Pb/Cu		
			0-0.5 (m)	0.5-1.0 (m)	0-0.5 (m)	0.5-1.0 (m)	
Hoofdvaart 2	N	0	++		+(+)		
Hoofdvaart 4	N	0	?	?	+		
Peterswijk 3	N	0		+			
Peterswijk 5	J	> 50	+(+)	++		++	
Peterswijk 7	J	> 50	++	++			
Peterswijk 9	J	< 50		+			
Peterswijk 11	?	?	+			++	
Peterswijk 13	J	< 50					
Peterswijk 14	J	>50				Referentie	
Lijsterstraat 14	J	<10	(+)				
Lijsterstraat 18	J	<50				Referentie	

## 2.2 Beschrijving veldonderzoek en uitgevoerde analyses

In april 2006 zijn in totaal 11 tuinen bemonsterd (zie tabel 2.1). Deze tuinen zijn geselecteerd op basis van het vooronderzoek dat heeft plaatsgevonden in 2005.

Criteria om tot deze 11 te komen zijn geweest:

1. De geselecteerde tuinen moeten een goed overzicht geven van de gehalten in de bodem in het gebied. Zowel de schone als de verontreinigde locaties zijn daarom bemonsterd.
2. Bij de selectie is gekeken of in de tuin daadwerkelijk een moestuin aanwezig was. Deze tuinen zijn met voorrang opgenomen in het onderzoek.

De uiteindelijk geselecteerde tuinen zijn: Hoofdvaart 2 en 4, Peterswijk 3, 5, 7, 9, 11, 13 en 14; en Lijsterstraat 14 en 18.

Bij de bemonstering in april zijn met behulp van een grondboor drie lagen per tuin bemonsterd, 0 – 25 cm, 25 – 50 cm en 50 – 100 cm. Van elke laag zijn tenminste 20 steken genomen om een mengmonster te krijgen van tenminste 2 kilo. Daarnaast is van de eerste laag (0 – 25 cm) voldoende grond meegenomen om, indien deze grond geselecteerd zou worden, een potproef mee te kunnen uitvoeren. Met een schep is daartoe ongeveer 40 a 50 kilo grond in zakken meegenomen. Deze zakken met grond zijn tot het bekend worden van de resultaten van de analyses buiten bewaard (afgesloten). De 2 kilo monsters zijn na transport naar Wageningen gedroogd (bij 40 graden) en gezeefd (2 mm) voorafgaand aan de analyse op metalen en PAK.

De volgende analyses zijn uitgevoerd aan de 11 gronden:

1. organische stof via gloeiverlies (%)
2. textuur, alleen de fractie < 2 µm (klei in %)
3. pH CaCl<sub>2</sub> (in 0.01 M)
4. droge stof gehalte (%)

Voor de metalen zijn een drietal analyses uitgevoerd:

1. totaalgehalte via een Koningswater extractie (Aqua Regia)
2. totaal beschikbaar gehalte in verdund salpeter zuur (0.43 N HNO<sub>3</sub>, 1:10 gewichtverhouding bodem:zuur, standaardwerkvoorschrift E1352)
3. beschikbare fractie in 0.01 M CaCl<sub>2</sub> (1:10 gewichtverhouding bodem : CaCl<sub>2</sub>, standaardwerkvoorschrift E0104 (pH), E1317 (ICP-MS) en E2508 (SFA-TOC)

Met uitzondering van de 0.43 N HNO<sub>3</sub> meting en de CaCl<sub>2</sub> meting zijn deze analyses uitgevoerd door Alcontrol. In tabel 2.2 staat een overzicht van de aldaar gebruikte methoden (die alle geaccrediteerd zijn door de RvA).

Tabel 2.2 *Overzicht van methoden toegepast voor de bepaling van bodemeigenschappen, zware metalen (totaal), EOX, minerale olie en PAK bij Alcontrol.*

Analyse	Methode of verwijzing naar NEN-norm
Droge stof	Conform NEN 5747/CMA/2/II/A.1
Organische stof	Conform NEN 5754
Lutum	Pipetmethode met versnelde mineralisatie (eigen methode)
pH-grond	Conform ontwerp-NEN 5750
Metalen totaal	Ontsluiting eigen methode, meting conform NEN6426, NVN7322 en ISO11885
PAK	Aceton-hexaan-extractie, analyse mbv GC-MS
EOX	Aceton-hexaan-extractie, analyse mbv micro-coulometer
Minerale olie	Aceton-hexaan-extractie, clean-up, analyse mbv GC-FID

In standaardonderzoek wordt alleen een totaalanalyse uitgevoerd. Dit geeft echter geen goed beeld van de beschikbaarheid van de metalen. Een deel van de in de bodem aanwezige metalen zit zo sterk gebonden aan en in de matrix van onder andere klei en oxiden dat deze niet bijdragen aan de risico's. Een extractie met verdund zuur (in dit geval 0.43 N HNO<sub>3</sub>) is meer representatief voor de werkelijke (totale) voorraad aan metalen die bijdragen aan de risico's. Slechts een zeer klein deel van deze voorraad is op een bepaald moment daadwerkelijk beschikbaar en de meting in 0.01 M CaCl<sub>2</sub> is een maat voor die, ook wel actuele, beschikbaarheid.

Voor PAK is een totaalanalyse uitgevoerd. In tegenstelling tot metalen zijn voor PAK de metingen van de beschikbaarheid nog in een experimentele fase en voor een inventariserend onderzoek als dit nog niet geschikt.

NOOT: omdat de locaties van de bemonstering die in het kader van dit onderzoek zijn gekozen niet overeenkomen met die van het vorig onderzoek is het mogelijk dat de resultaten per tuin ook niet noodzakelijk exact overeenkomen. De variatie in de gehalten in de bodem binnen de wijk is namelijk behoorlijk groot.

## 2.3 Beschrijving potproef

Op basis van de uitkomsten van het eerste onderzoek (Zie hoofdstuk 3 voor de gegevens) zijn 5 gronden geselecteerd. Dat betreft de grond van de locaties Hoofdvaart 2, Peterswijk 5, 7 en 13 en Lijsterstraat 18. Deze laatste locatie en die aan de Peterswijk 13 dienen als een soort referentie omdat in deze bodem de gehalten aan lood en PAK niet of nauwelijks afwijken van 'normale', niet verontreinigde grond.

In bijlage 1 is een gedetailleerde beschrijving gegeven van de uitvoering van de potproef. Deze is uitgevoerd door medewerkers van de sectie Bodemkwaliteit van de Universiteit Wageningen. Hier volgt een korte samenvatting.

Grond van de 5 locaties is verdeeld over 4 potten, 20 in totaal dus. Voor elke locatie wordt, na toediening van de benodigde hoeveelheid mest en water, wortel en radijs gezaaid. Uit eerder potonderzoek is gebleken dat toediening van mest niet leidt tot



verhoogde opname (behalve wanneer de zuurgraad na toediening sterk zou wijzigen wat in de hier uitgevoerde potproef niet het geval is geweest). Bij kiemen van deze gewassen worden de sla en de kool gepoot. Twee weken na het kiemen dan wel poten wordt bodemvocht aan de potten onttrokken via zogenaamde kunstwortels. Dit zijn holle buisjes die bij het vullen van de pot aangebracht zijn. Via onderdruk wordt bodemvocht uit de pot gehaald en geanalyseerd op zware metalen en pH. Na 6 (sla) tot 16 weken (kool) worden de gewassen geoogst. Bij oogst worden weer bodemvochtmonsters genomen. De groenten worden na de oogst gewassen en gedroogd (op 70 graden) voor verdere analyse op metalen en PAK.

De metingen van de gehalten aan zware metalen in het bodemvocht evenals pH en DOC zijn verricht door het laboratorium van de sectie Bodemkwaliteit volgens de eerder vermelde werkvoorschriften. De analyse van PAK in de gewassen is verricht op het laboratorium van het Rikilt in Wageningen volgens RIKILT Standaard voorschrift (RSV) A0834 (Polycyclische aromatische koolwaterstoffen bevattende extracten – gehaltebepaling met behulp van hoog oplossend vermogen massaspectrometrie).

### 3 Resultaten van laboratorium- en potproef onderzoek

#### 3.1 Resultaten veldonderzoek

Alle in dit onderzoek behaalde resultaten staan in bijlage 2 vermeld (tabel B2.1 en B2.2).

De gehalten die in de bodem aangetroffen zijn in de monsters van de onderzochte tuinen wijken niet veel af van de eerder verrichte onderzoeken (Bodemonderzoek). In tabel 3.1 staan de minimum, maximum en mediane waarde van de totaalgehalten in de onderzochte tuinen, gesorteerd naar diepte. Ook in dit veldonderzoek bleek dat de sterkst verontreinigde monsters uit de 50 – 100 cm laag afkomstig zijn. Feitelijk wordt in de 0 tot 25 cm laag voor geen enkel metaal de interventiewaarde overschreden (zie tabel 3.2). Voor PAK (zie tabel 3.2) is dat wel geval in de grond uit tuin H2, H4 en P7.

Tabel 3.1 Overzicht van minimum, maximum en mediane waarde van de metalen in de drie onderzochte bodemlagen in de 11 tuinen.

Diepte	Metaal (mg kg <sup>-1</sup> ds in koningswater destructie)								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn	
0 – 25 cm	Min	2	< 0.4	< 15	19	0.13	69	1.5	45
	Max	5.7	< 0.4	< 15	54	0.65	280	6.1	220
	Med	2	< 0.4	< 15	29	0.29	120	4.5	110
25 – 50 cm	Min	2	< 0.4	< 15	16	0.19	90	1.5	48
	Max	11	0.4	20	65	1.1	280	12	280
	Med	4.3	< 0.4	< 15	28	0.28	140	4.2	140
50 - 100 cm	Min	2	< 0.4	< 15	16	0.27	87	1.5	52
	Max	11	0.9	32	500	0.93	460	16	460
	Med	4.4	< 0.4	< 15	32	0.45	170	4.7	100

In veel gevallen liggen de totaalgehalten tussen streef- en toetswaarde. Alleen voor lood en in mindere mate zink worden verhoogde gehalten aangetroffen. Vooral in de tuin P5 en in mindere mate H2 zijn verhoogde gehalten in boven- en ondergrond aangetroffen. In de tuinen P5 en P7 zijn bovendien duidelijk verhoogde gehalten aan koper gemeten. Voor de overige metalen geldt dat de gehalten normaal tot licht verhoogd zijn voor de op deze locatie aanwezige bodem (zand). Wel is het organische stof gehalte hoger dan normaal voor droge zandgronden (normaal tussen 3 en 7 %), voor zandgronden langs beken worden wel dergelijke gehalten aan organische stof aangetroffen.

Tabel 3.2 Toetsing van de gemeten totaalgehalten aan streef-, toets- en interventiewaarde

Overzicht van bepalingen aan de grondmonsters uit de 11 tuinen

- : < streefwaarde (donkergroen)

S: > streefwaarde (lichtgroen)

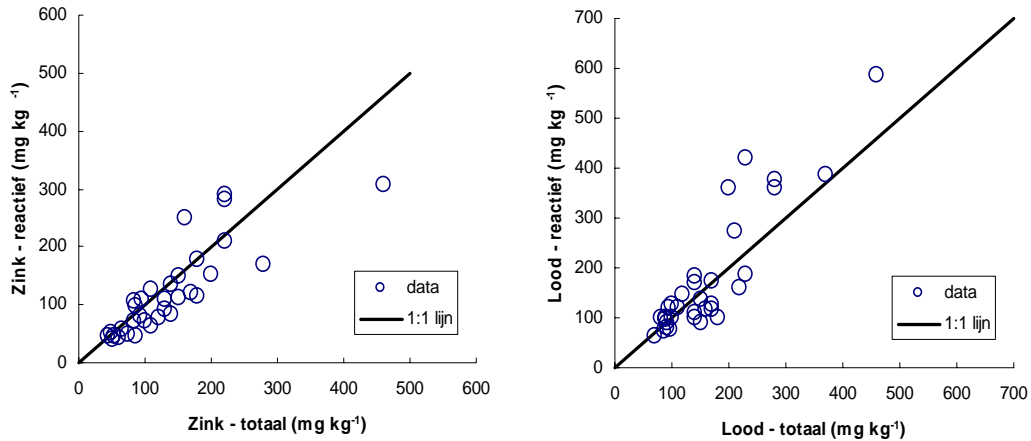
T: > toetsingswaarde (oranje)

I: > interventiewaarde (rood)

Adres	H2			H4			P3			P5			P7			P9			P11			P13			P14			L14			L18								
Diepte <sup>1</sup>	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
Analyse																																							
<b>Metalen (mg/kgds)</b>																																							
arsen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
cadmium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
chrom	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
koper	S	S	-	S	-	S	S	-	S	S	S	I	S	S	S	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	S	-	-	-	S	-							
kwik	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	S	-	-	S	-	S	S							
lood	T	T	T	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S							
nikkel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
zink	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	S	T	S	-	S	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-	-						
<b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (mg/kgds)</b>																																							
Pak-totaal (10 van VROM)	T	T	T	I	T	T	S	S	S	S	I	I	I	T	T	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S							
EOX	S	S	-	S	-	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	-	-	-	S	S					
<b>Minerale olie (mg/kgds)</b>																																							
totaal olie C10-C40	S	S	-	-	S	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	-	-	-	S	S	S	S	-	S	S	-	-	S

<sup>1</sup>: 1 = 0-25 cm, 2 = 25 – 50 cm, 3 = 50 – 100 cm

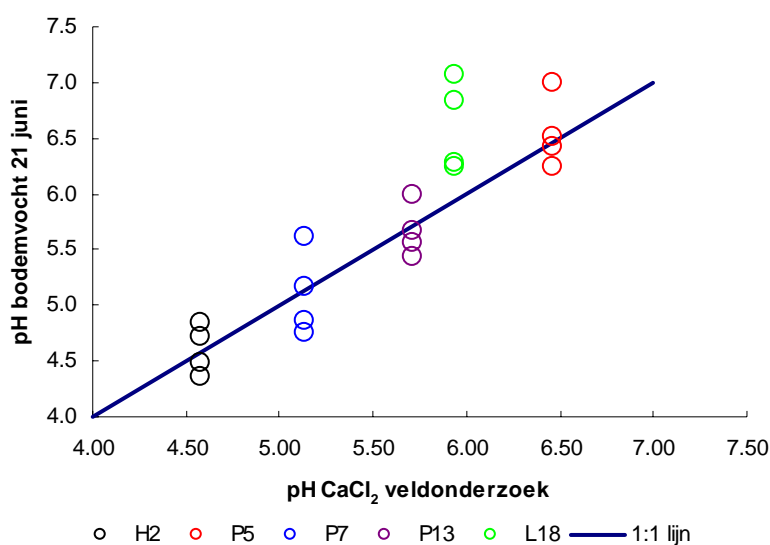
De meting van de beschikbaarheid van de metalen in verdund zuur toont aan dat een groot deel van de metalen in principe (ofwel potentieel) beschikbaar is (zie figuur 3.1). Zo is de hoeveelheid lood (en zink) die in het 0.43 N HNO<sub>3</sub> extract gemeten wordt vrijwel gelijk aan die in de meting met Aqua Regia (totaalgehalte). Dit is overigens niet afwijkend van normale gronden waarin het merendeel van de metalen beschikbaar is.



Figuur 3.1 Relatie tussen totaal en reactief metaalgehalte voor zink (links) en lood (rechts)

De hoeveelheid beschikbaar in CaCl<sub>2</sub> is veel lager dan de totale hoeveelheid. Dit is een maat voor de beschikbaarheid voor planten (ook wel ‘actuele’ beschikbaarheid genoemd) en verschillen in de hoeveelheid die met CaCl<sub>2</sub> geëxtraheerd kan worden zouden in principe overeen moeten komen met de verschillen in de opname. Uit de resultaten van de CaCl<sub>2</sub> extractie blijkt in ieder geval dat de beschikbaarheid van zink, cadmium, chroom en koper in de grond uit tuin H2 hoger is dan die in de overige tuinen. Voor lood wordt in eerste instantie geen duidelijk verschil tussen de gronden gevonden (in het CaCl<sub>2</sub> extract!). De hogere gehalten in het CaCl<sub>2</sub> extract in tuin H2 is een direct gevolg van de lagere pH (hogere zuurgraad) in die tuin.

In figuur 3.2 is een vergelijking te zien tussen de pH gemeten in het CaCl<sub>2</sub> extract en die gemeten in de bodemvochtmonsters die genomen zijn bij de start (2 weken na de kieming van de radijs en wortel) van de potproef. Voor 4 van de 5 gronden is de overeenkomst zeer goed, alleen voor grond L18 wijkt de pH gemeten in het bodemvocht iets af van die gemeten met CaCl<sub>2</sub>. Duidelijk is dat er verschillen bestaan in pH waarden voor de verschillende gewassen. Per grond is te zien dat het verschil tussen de gewassen voor 1 grond op kan lopen tot ruim een halve pH eenheid. Uit de data blijkt dat de pH in de potten met kool en radijs significant hoger is dan gemiddeld terwijl in de potten met sla en wortel de pH juist lager is dan gemiddeld. Dit kan van belang zijn voor de opname van stoffen als cadmium en zink omdat bij lagere pH de beschikbaarheid van beide stoffen toeneemt. Dit komt later nog aan de orde (zie paragraaf 3.2).



Figuur 3.2 overeenkomst tussen de pH gemeten in het CaCl<sub>2</sub> extract in de monsters van het veldonderzoek en die in het bodemvocht van de potproef (eerste bemonstering)

Uiteindelijk is uit het veldonderzoek een selectie gemaakt van 5 gronden die in de potproef gebruikt zijn. Dat zijn de gronden uit de Hoofdvaart 2, Peterswijk 5, 7 en 13 en Lijsterstraat 18.

## 3.2 Resultaten potproef

Alle in dit onderzoek behaalde resultaten staan in bijlage 1 (tabel B2.3 en B2.4).

De potproef heeft als hoofddoel om na te gaan wat de opname van de metalen (mn lood en in mindere mate koper en zink) en PAK door de verschillende gewassen is. Daarnaast is middels de bemonstering van het bodemvocht gekeken naar een eventuele relatie tussen de beschikbaarheid van de metalen in het bodemvocht en de opname.

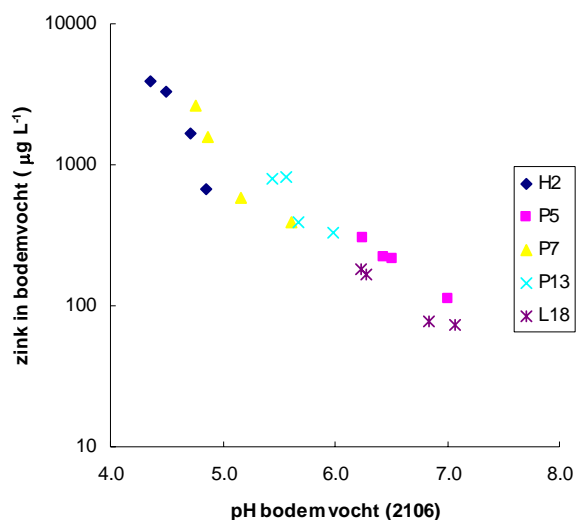
### 3.2.1 Metingen in het bodemvocht als maat voor de beschikbaarheid van de metalen

Metingen van de concentraties in het bodemvocht zelf (onttrokken met de kunstwortels na aanvang van de proef) bevestigen het beeld dat volgde uit de CaCl<sub>2</sub> extractie voor een aantal elementen. Voor cadmium, zink, lood en koper zijn de gehalten in het bodemvocht van grond H2 hoger dan de rest. Dit verschil is niet alleen te danken aan de iets hogere gehalten in de bodem van de grond uit de Hoofdvaart 2, maar voor een groter deel aan de lagere pH in deze bodem (zie figuur 3.2). De pH in de gronden van de Hoofdvaart ligt rond de 4.6 (CaCl<sub>2</sub>) terwijl die in de overige gronden tussen de 5.2 en 6.5 ligt. Het effect van de pH wordt eens te meer duidelijk door de metingen van de Hoofdvaart 2 te vergelijken met die in de

Peterswijk 5. Het reactieve gehalte aan zink is in de grond van de Peterswijk hóger dan die in de Hoofdvaart (177 mg kg<sup>-1</sup> en 110 mg kg<sup>-1</sup> respectievelijk) maar de concentraties in het bodemvocht zijn in de Hoofdvaart vele malen hoger (gemiddeld bijna 2400 µg L<sup>-1</sup> in de Hoofdvaart tegen ruim 200 in de grond van de Peterswijk). Dit illustreert de beperkte waarde van het inschatten van risico's alleen op basis van een totaal analyse. Effecten van de zuurgraad op de beschikbaarheid van metalen in het bodemvocht zijn vaak belangrijker dan verschillen in totaalgehalten (zie figuur 3.3).

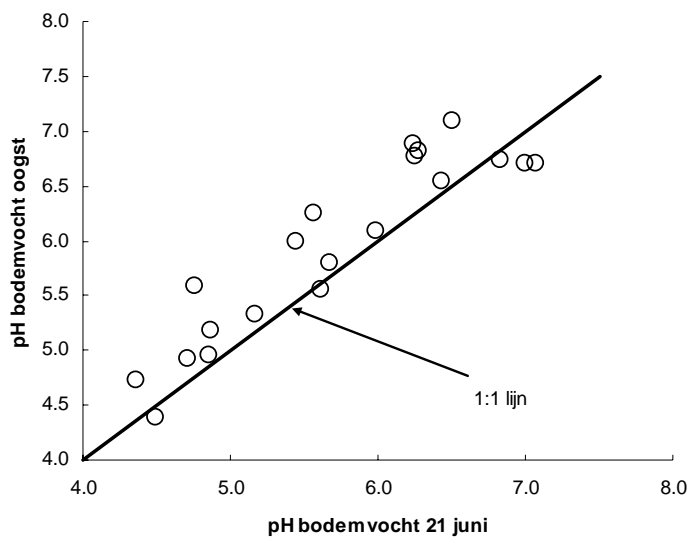
Ook voor lood is de concentratie in het bodemvocht van grond H2 beduidend hoger dan die van de andere gronden (dit bleek niet uit de extractie met CaCl<sub>2</sub>). De gehalten in de monsters van 21 juni variëren van 56 tot 116 µg L<sup>-1</sup> terwijl in de overige gronden de concentratie aan lood in het poriewater niet hoger is dan 26 µg L<sup>-1</sup> en in de meeste gevallen zelfs lager dan 10 µg L<sup>-1</sup>. Daarnaast worden voor lood ook in de grond uit tuin P7 verhoogde gehalten ten opzichte van de “schone” tuinen (L18 en P13) gemeten. Deze hogere gehalten in het poriewater zijn ook bepalend voor de opname door de planten (zie paragraaf 3.2.2).

Voor de beschikbaarheid van metalen als cadmium en zink en in mindere mate lood betekent dat deze in tuin H2 veel meer beschikbaar zijn (bij een pH van 4.5) dan in de tuinen L18 en P13 (bij een pH van 6 a 7).



Figuur 3.3 Effect van pH op de concentratie aan zink in het bodemvocht tijdens de eerste bemonstering.

Gedurende de potproef groeit niet alleen de plant, maar ook de wortelmassa in de pot. Vaak is in potproeven te zien dat de pH gedurende de proef enigszins oploopt. Dat is ook nu het geval zoals te zien is in figuur 3.4 ofschoon de verschillen niet groot zijn. Redenen voor de stijging zijn onder meer de afnemende zoutsterkte in de pot (opname van meststoffen, onder andere te merken aan de sterke daling van de geleidbaarheid – EC- in de tweede bemonstering). Hierdoor daalt gedurende de proef ook de beschikbaarheid van de metalen licht.



Figuur 3.4 Vergelijking van de pH in het bodemvocht na 2 weken en aan het einde van de potproef

### 3.2.2 Opname van metalen door de gewassen

Hoofddoel van deze proef was vast te stellen hoe groot de opname van metalen en PAK is in de verschillende gronden. In tabel 3.3 staan de gemeten gehalten aan metalen in de verschillende gewassen per locatie. Daarbij is in geel en rood aangegeven in welke mate de gehalten in de verschillende gewassen de geldende normen (zie tabel 3.4) overschrijden. Geel betekent dat de gemeten gehalten de geldende normen in lichte mate overschrijden terwijl rood aangeeft dat de gemeten gehalten meer dan een factor 2 boven de norm liggen.

Uit de data in tabel 3.3 blijkt dat:

1. De gehalten aan Pb in alle gewassen uit tuin H2 boven de warenwetnormen liggen;
2. Voor wortel ook de loodgehalten uit de tuinen P5, 7 en 13 verhoogd zijn en boven de warenwetnorm liggen;
3. Voor de overige gewassen er geen of slechts in zeer lichte mate (Cd in wortel in tuin P7) normoverschrijdingen geconstateerd worden.

De verhoogde gehalten in de gewassen uit tuin H2 zijn deels een gevolg van de verhoogde gehalten (voor lood) die niet extreem hoog zijn, maar duidelijk hoger dan normaal in combinatie met de lage pH. Dit geeft aan dat de bodemcondities in de tuin aan de Hoofdvaart 2 van dien aard zijn dat de teelt van de meeste gewassen afgeraden moet worden.

Tabel 3.3 Overzicht van metingen van metalen in de verschillende gewassen per tuin

		Metaalgehalte in de gewassen (in mg kg <sup>-1</sup> versgewicht)						
Loca tie	gewas	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
H2	Radijs	0.07	0.01	0.11	0.21	0.07	0.11	9.02
	Wortel	0.10	0.17	0.11	0.77	0.11	1.55	18.92
	Sla	0.08	0.23	0.14	0.60	0.11	0.32	31.00
	Kool	0.22	0.06	0.98	0.77	0.85	0.52	42.91
P5	Radijs	0.03	0.00	0.05	0.11	0.03	0.00	2.85
	Wortel	0.07	0.04	0.39	1.04	0.25	0.16	7.38
	Sla	0.10	0.03	0.40	0.50	0.18	0.03	6.66
	Kool	0.17	-0.01	0.26	0.83	0.16	0.02	10.74
P7	Radijs	0.04	0.00	0.08	0.17	0.05	0.01	5.99
	Wortel	0.08	0.12	0.20	0.56	0.17	0.46	14.37
	Sla	0.08	0.13	0.17	0.40	0.08	0.03	22.74
	Kool	0.17	0.02	0.13	0.59	0.19	0.04	22.93
P 13	Radijs	0.04	0.00	0.04	0.16	0.02	0.01	3.57
	Wortel	0.10	0.06	0.11	0.79	0.09	0.33	8.44
	Sla	0.07	0.04	0.12	0.35	0.07	0.03	8.55
	Kool	0.18	0.00	0.72	0.46	0.38	0.05	13.89
L18	Radijs	0.04	0.00	0.07	0.12	0.03	0.00	2.30
	Wortel	0.09	0.05	0.17	0.74	0.09	0.08	4.95
	Sla	0.06	0.02	0.21	0.29	0.08	0.01	3.48
	Kool	0.18	0.00	0.35	0.41	0.17	0.01	6.45

Tabel 3.4. Huidige (warenwet)normen voor verschillende gewassen voor lood en cadmium (op basis van versgewicht in mg kg<sup>-1</sup>)

	Metaal	
	Cd	Pb
Radijs	0.1	0.1
Wortel	0.1	0.1
Sla	0.2	0.3
Kool	0.05	0.1

Daarbij moet echter opgemerkt worden dat deze tuin nu niet in gebruik is als moestuin en mede daardoor een veel lagere pH heeft. Deze lage pH resulteert in een hogere beschikbaarheid van stoffen als lood en cadmium waardoor uiteindelijk de gehalten in de verschillende gewassen hoog zijn. Het feit dat de gehalten aan cadmium boven de warenwet norm liggen ondanks het feit dat de gehalten in de bodem aan de streefwaarde voldoen geeft aan hoe gevoelig de opname is voor veranderingen in de pH.

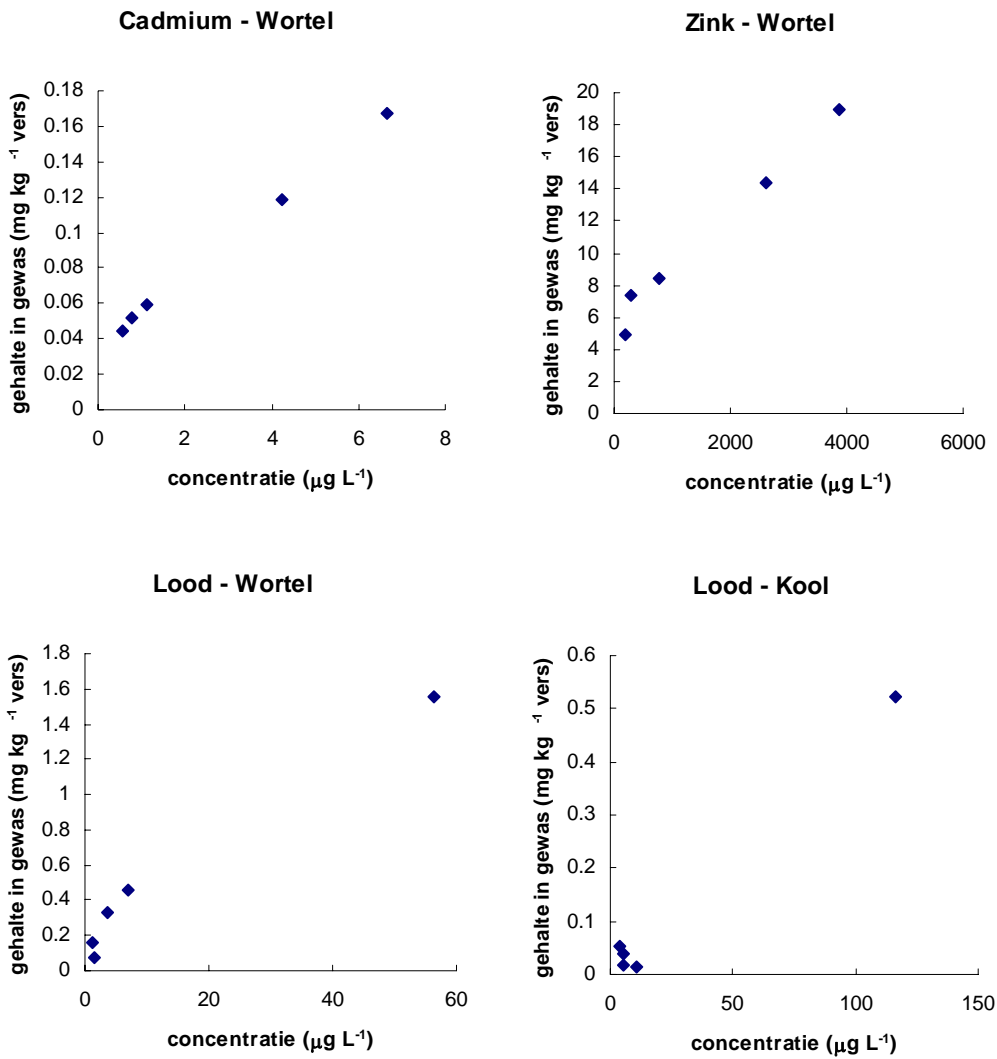


Om te zien of de verhoogde opname van de metalen uit de tuin aan de Hoofdvaart 2 en in mindere mate die aan de Peterswijk 7 te wijten zijn aan de verschillen in de beschikbaarheid is gekeken naar de relatie tussen de concentratie in het bodemvocht en de opname door het gewas. Daarbij is de meting op 21 juni als maat gebruikt omdat deze niet alleen voor alle gewassen op hetzelfde tijdstip zijn gemeten maar ook omdat op dat tijdstip de invloed van de groeiende wortels op de processen in de bodem nog gering waren.

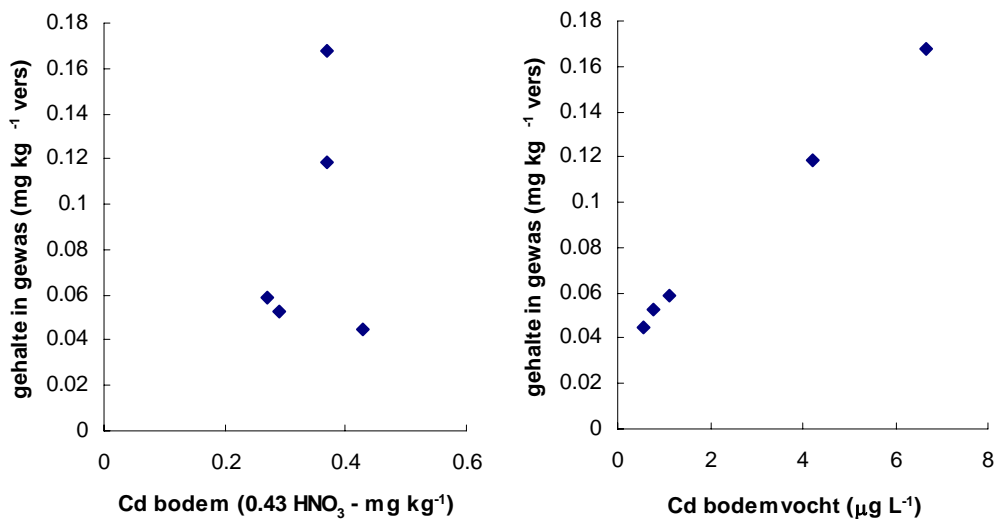
Uit de resultaten blijkt dat zelfs de kleine verschillen in de opname van zink, cadmium en in mindere mate ook lood goed verklaard kunnen worden door de verschillen in de beschikbaarheid. In dit geval is de concentratie in het bodemvocht de gebruikte maat voor de beschikbaarheid. Omdat de relatie tussen de beschikbaarheid (concentratie) en de opname sterk kan variëren per gewas, zijn de resultaten per gewas weergegeven (figuur 3.5).

Uit figuur 3.5 blijkt inderdaad dat de opname uit de grond van de Hoofdvaart 2 sterk afwijkt. In de figuur met “Lood-Wortel” en “Lood-Kool” is dit steeds het meest rechts punt in de grafiek. Voor cadmium en zink ligt de opname in de grond uit de Hoofdvaart ook boven die van de andere tuinen maar is het verschil minder extreem. Wel blijkt dat, zeker voor cadmium en zink, de opname zeer goed verklaard kan worden uit de verschillen in de beschikbaarheid en niet uit de verschillen in het totaalgehalte. Dat is in figuur 3.6 nog eens weergegeven voor de opname van cadmium door wortel. Links is het verband tussen de opname en het totaalgehalte en rechts tussen de opname en de beschikbaarheid (= concentratie in het bodemvocht).

Eens te meer blijkt dat de opname niet zozeer een functie van het gehalte is maar bepaald wordt door de combinatie van het gehalte én verschillen in de zuurgraad en bodemeigenschappen als organische stof. Zo is het gehalte in de bodem van de tuin aan de Peterswijk 5 het hoogste in deze serie maar is de beschikbaarheid en daarmee de opname het laagste. Dit komt omdat de pH in deze tuin juist weer hoog is (6.5).



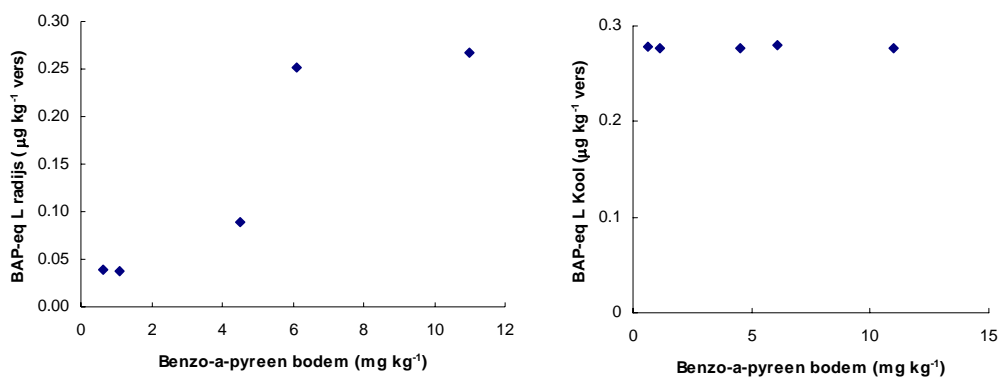
Figuur 3.5 Relatie tussen de concentratie in het bodemvocht en de opname door wortel en kool voor cadmium, zink en lood.



Figuur 3.6 Opname van cadmium door wortel als functie van het gehalte in de bodem (links) en de concentratie in het bodemvocht (rechts)

### 3.2.3 Opname van PAK door de verschillende gewassen

De beschikbaarheid van PAK in de bodem is voor de meeste verbindingen laag. Zo laag dat de meting van de gehalten in het bodemvocht niet mogelijk is. Voor PAK kan dus alleen op basis van het totale PAK gehalte in de bodem de kwaliteit van het gewas ingeschat worden. Uit de data blijkt echter dat er geen eenduidige relatie tussen het gehalten in de bodem en die in het gewas bestaat. Voor sommige gewassen zoals radijs en sla neemt de hoeveelheid Benzo-a pyreen in het gewas toe met de hoeveelheid in de bodem zoals is weergegeven in figuur 3.7 Voor kool en wortel wordt een dergelijk verband echter weer niet gevonden. In het algemeen is de relatie tussen PAK in de bodem en die in gewas matig of zelfs afwezig. Dat betekent dat de hoeveelheid in de bodem geen goede maat is voor het berekenen van de risico's van opname door het gewas.



Figuur 3.7 Verband tussen Benzo-a-pyreen in de bodem en in het gewas (links: Radijs; rechts: Kool)

In tabel 3.5 staat een overzicht van de gehalten in de bodem en die in de gewassen. Daarbij zijn voor de gehalten in de bodem alleen de eerder gerapporteerde waarden uit het veldonderzoek opgenomen. In de potproef zijn geen aparte metingen gedaan aan de PAK gehalten in de individuele potten, daarom staan per gewas steeds dezelfde waarden voor PAK vermeld.

Uit de data in tabel 3.5 blijkt dat de som-PAK in de gewassen slechts een zeer kleine variatie kent vergeleken met de variatie in de bodem. Zo varieert de SOM-PAK in sla van 2.3 tot 3.4 µg kg<sup>-1</sup> terwijl deze in de bodem varieert van 7 tot 70 mg kg<sup>-1</sup>. Voor SOM-PAK geldt daarom zonder uitzondering dat de relatie tussen bodem en gewas afwezig is. Daarmee is aangetoond dat de variatie aan SOM-PAK in de bodem geen maat is voor de risico's gerelateerd aan de opname door gewassen.

Voor benzo-a-pyreen en de berekende BAP-equivalenten lijkt het erop dat er voor radijs en sla wél, en voor kool en wortel géén verband bestaat tussen het gehalte in de bodem en dat in het gewas. Of deze verschillen te maken hebben met plant specifieke eigenschappen is niet bekend.

Tabel 3.5 Samenvatting van de gehalten aan PAK in bodem en gewas

Locatie	gewas	PAK					
		Bodem (mg kg <sup>-1</sup> ds)		Gewas (µg kg <sup>-1</sup> vers)			
		Benzo- a- pyreen	SOM	Benzo- a-pyreen	SOM- PAK	BAP-eq	
						Laag	Hoog
Hoofdvaart 2	Kool	6.1	38	0.020	3.27	0.047	0.049
Peterswijk 5	Kool	4.5	25	0.027	3.18	0.053	0.074
Peterswijk 7	Kool	11	70	0.025	2.54	0.048	0.067
Peterswijk 13	Kool	0.62	4.1	0.025	2.20	0.044	0.064
Lijsterstraat 18	Kool	1.1	7	0.029	2.98	0.055	0.078
Hoofdvaart 2	Radijs	6.1	38	0.009	0.56	0.016	0.023
Peterswijk 5	Radijs	4.5	25	0.005	0.51	0.005	0.011
Peterswijk 7	Radijs	11	70	0.009	0.51	0.016	0.023
Peterswijk 13	Radijs	0.62	4.1	0.006	0.44	0.002	0.017
Lijsterstraat 18	Radijs	1.1	7	0.006	0.40	0.002	0.016
Hoofdvaart 2	Sla	6.1	38	0.166	3.39	0.282	0.283
Peterswijk 5	Sla	4.5	25	0.055	3.14	0.105	0.106
Peterswijk 7	Sla	11	70	0.093	2.83	0.160	0.161
Peterswijk 13	Sla	0.62	4.1	0.035	2.51	0.060	0.066
Lijsterstraat 18	Sla	1.1	7	0.033	2.34	0.056	0.062
Hoofdvaart 2	Wortel	6.1	38	0.231	3.46	0.436	0.438
Peterswijk 5	Wortel	4.5	25	0.409	5.78	0.722	0.724
Peterswijk 7	Wortel	11	70	0.239	3.06	0.446	0.447
Peterswijk 13	Wortel	0.62	4.1	0.093	2.97	0.187	0.189
Lijsterstraat 18	Wortel	1.1	7	0.429	4.67	0.657	0.659

### 3.2.4 Gemeten gehalten aan PAK in verhouding tot bekende data

In de literatuur zijn verschillende studies gepubliceerd met gegevens over de opname van PAK en/of specifieke componenten als BAP. Omdat echter de variatie tussen gewassen en zelfs tussen rassen (van 1 gewas) groot kan zijn is het niet altijd gemakkelijk een uitspraak te doen of iets verhoogd is of niet. Toch vergelijken we de in deze studie gevonden opname van PAK met enkele recente studies.

Zohair et al. (2006) rapporteren voor de gehalten aan BAP in wortel waarden tussen 0.1 en 0.6 µg kg<sup>-1</sup>. Deze waarden zijn aangetroffen in niet specifiek verontreinigde gronden in de biologische teelt. In de potproef variëren de gehalten aan BAP tussen 0.093 en 0.43 µg kg<sup>-1</sup> wat vergelijkbaar is. Ook voor SOM-PAK worden vergelijkbare

waarden gevonden. In de studie van Zohair variëren deze tussen 3.9 en 7.8  $\mu\text{g kg}^{-1}$  terwijl in de potproef waarden tussen 3.0 en 5.8  $\mu\text{g kg}^{-1}$  gevonden worden.

In de studie van Wennrich et al. (2002) worden zeer vergelijkbare waarden voor zowel SOM-PAK als BAP in sla gevonden. De gehalten in sla voor BAP en SOM-PAK bedroegen 0.04 – 0.11  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (range) en 2 – 4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  respectievelijk. In de potproef is dat 0.04 – 0.17  $\mu\text{g kg}^{-1}$  voor BAP en 2.3 - 3.4  $\mu\text{g kg}^{-1}$  voor SOM-PAK.

In de studie van Wennrich et al. (2002) waren tuinen opgenomen die niet specifiek verontreinigd waren. De waarden voor SOM-PAK lagen in de orde van 0.02 tot 7  $\text{mg kg}^{-1}$ . Blijkbaar is de opname van PAK in dit bereik (tot 70  $\text{mg kg}^{-1}$  in de tuinen die hier onderzocht zijn) niet of nauwelijks afhankelijk van het totaalgehalte. Dit volgde ook al uit de data van de potproef.

In de studie van Wennrich et al. (2002) wordt tevens een maximale waarde van BAP omschreven die in Duitsland als advieswaarde wordt aanbevolen (geen norm). Dit is 1  $\mu\text{g kg}^{-1}$  op basis van versgewicht. In de potproef voldoen daarmee alle monsters aan deze advieswaarde (die in Nederland overigens niet gebruikt wordt). Hoewel deze advieswaarde geen harde betekenis heeft, toont dit wel aan dat de in de potproef geteelde groenten van voldoende kwaliteit zijn.

Tenslotte blijkt ook uit de studie van Tao et al. (2006) dat de opname van PAK via de lucht veel belangrijker is dan via de bodem. De bijdrage van de opname uit de bodem droeg niet significant bij ten opzichte van die uit de lucht.

Op basis van deze cijfers mag geconcludeerd worden dat de in de potproef gemeten gehalten aan PAK in de gewassen niet afwijken van wat elders gevonden is in schone bodems. Daarmee vormen de in de bodem aanwezige PAK dus geen risico voor de blootstelling via consumptie van gewassen.

Een verdere analyse via de berekening van de totale blootstelling is onderdeel van deze studie maar zal in een vervolg verricht worden door de GGD. Het is echter niet de verwachting dat de blootstelling onaanvaardbaar hoog zou zijn omdat de individuele gewassen niet afwijken van de normale gehalten.

## 4 Conclusies en Aanbevelingen

- In de tuinen P5, 7, 13 en L18 voldoen de gewassen sla, radijs en kool allemaal aan de normen voor Cd en Pb. Consumptie van groente uit deze tuinen (gebruik van de tuin als moestuin) is daarom geen probleem;
- Voor wortel worden lichte normoverschrijdingen geconstateerd (muv L18). Het is niet uit te sluiten dat dit door aanhangende grond veroorzaakt wordt. De gehalten zijn niet zodanig dat consumptie tot onacceptabele blootstelling leidt.
- De gehalten in de gewassen in tuin H2 zijn duidelijk verhoogd tov de rest en overschrijden de gewasnormen in ruime mate. Dit wordt veroorzaakt door de hogere gehalten in de bodem in combinatie met de lage bodem pH. Verhoging van de pH naar waarden rond 6 zal waarschijnlijk afdoende zijn om de kwaliteit van de gewassen te verbeteren. Op dit moment is deze tuin niet geschikt als moestuin.
- De opname van PAK en carcinogene stoffen als BAP in de potproef is vergelijkbaar met wat elders is gemeten in niet verontreinigde tuinen. Ook voldoen de groenten aan de Duitse advieswaarde van  $1 \mu\text{g kg}^{-1}$ . Voor het gebruik als moestuin vormt de kwaliteit van de bodem wat betreft PAK daarmee geen risico.
- De resultaten tonen aan dat zowel voor metalen maar zeker ook voor PAK de meting van een totaalgehalte niet zinvol is om risico's gerelateerd aan opname door gewassen vast te stellen. Voor metalen is daarbij aangetoond dat de meting van de beschikbaarheid via het bodemvocht wél direct gekoppeld kan worden aan de opname door gewassen. Voor PAK daarentegen zijn er nog weinig methoden beschikbaar en zal op basis van experimenteel onderzoek (opnameproeven) vastgesteld moeten worden wat de daadwerkelijke opname is.



## Literatuur

Oranjewoud. 2005. Nader bodemonderzoek voormalige scheepswerf Peters aan de Peterswijk te Dedemsvaart. Projectnummer 151626, revisie 2, juni 2005.

Tao, S., X.C. Jiao, S.H. Chen, F.L. Xu, Y.J. Li and F.Z. Liu. 2006. Uptake of vapor and particulate polycyclic aromatic hydrocarbons by cabbage. *Environmental Pollution* 140, 13-15.

Wennrich, L., P. Popp, and M. Zeibig. 2002. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon burdens in fruit and vegetable species cultivated in allotments in and industrial area. *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry*. Vol. 82:677–690.

Zohair, A., A. Salim, A.A. Soyibo, and A.J. Beck. 2006. Residues of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides in organically-farmed vegetables. *Chemosphere* 63:541–553.





## Bijlage 1 Beschrijving van de potproef

De in dit onderzoek beschreven potproef is uitgevoerd door medewerkers van de sectie Bodemkwaliteit van de Universiteit Wageningen.

Hieronder volgt een technische beschrijving van de uitvoering zoals die heeft plaatsgevonden in de periode mei – september 2006.

Uitvoering potproef pr nr 5232634 (Auteur: Jaap Nelemans)

De potproef wordt uitgevoerd in Mitscherlich potten, inhoud 6 liter, waarin een plastic zak is geplaatst welke aan de onderkant is geperforeerd. Afmeting potten: hoogte 20 cm, diameter 20 cm.

De potproef wordt uitgevoerd met 5 gronden. Deze gronden zijn na aankomst aan de lucht gedroogd en gezeefd over een 1 cm zeef. Vervolgens is van de gronden de vloeigrens bepaald en is er een proefvulling uitgevoerd. De potten worden gevuld met een vocht percentage van 60% van de vloeigrens en afgedekt met een kiemlaag van vochtig kwartszand. 1 kg droog en 180 ml gedemineraliseerd water. Halverwege de potten worden er twee Rhyzons van 10 cm lengte, 1mm doorsnede en een poriegrootte van 0.1  $\mu\text{m}$  horizontaal in het midden van de pot geplaatst. Na het vullen van de potten worden de potten naar 70% van de vloeigrens gebracht.

Tabel B1.1 Benodigde hoeveelheid water om de gronden op het gewenste vochtgehalte te brengen

grond	vloeigrens ml per kg	kg grond per pot	Vloeigrens 60 % ml per kg	Vloeigrens 70 % ml per kg	ml per pot 60 %	ml per pot 70 %	ml later toe te voegen
1 H2	475	5	285	335	1425	1675	250
10 P5	520	4.5	312	365	1400	1640	245
13 P7	430	5	258	300	1290	1500	210
22 P13	530	4.5	318	370	1430	1665	240
31 L18	520	4.5	312	365	1400	1640	240

### Gewassen.

De proef wordt uitgevoerd met 4 gewassen nl. Veldsla, Witte kool, Radijs en Wortel. Na het vullen van de potten worden radijs en wortel gezaaid en na opkomst wordt het aantal planten terug gebracht. Radijs tot 25 planten en wortel tot 20 planten. Op het moment dat de radijs en de wortel worden uitgedund worden de veldsla en de witte kool gepoot. Veldsla 3 planten per pot, witte kool 3 planten per pot. De potproef wordt in enkelvoud uitgevoerd. Het totale aantal potten is dus 4 gewassen en 5 gronden is 20 potten.

### Bemesting:

Er worden geen spoorelementen en FeEDTA toegediend.

Per pot:

1200 mg N in de vorm van  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,

200 mg P en 500 mg K in de vorm van  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,

300 mg Mg in de vorm van  $\text{MgSO}_4$ .

### *Analyses.*

Twee weken na het poten van de veldsla en de witte kool wordt er d.m.v. de rhyzons bodemvocht aan de potten onttrokken. In dit bodemvocht dienen de volgende bepalingen gedaan te worden: pH, DOC, EC . Op de ICP-MS wordt Cd, Ni, Pb, Cu en Zn bepaald. Vlak voor de oogst wordt er wederom bodemvocht uit de potten getrokken waarin dezelfde analyses worden verricht. Het tijdstip van het bodemvocht onttrekken is afhankelijk van de snelheid van de groei van het gewas.

### *Gewas:*

Bij het beëindigen van de proef worden de eetbare delen geoogst. Voor wortel en radijs dus de ondergrondse delen (wortel en knol) en voor kool en sla alleen de bovengrondse delen (knol en krop). Het monster wordt fijn gemaakt en vervolgens gehomogeniseerd. Vervolgens wordt het monster in 4 delen gesplitst. Een deel wordt vers bewaard voor de analyses van PAK. Een gedeelte wordt gebruikt voor een ds bepaling bij 105°C. De twee andere delen worden bij 70°C gedroogd voor en gemalen voor de volgende analyses: Cd, Pb, Ni, Cu en Zn.

### *Vullen potproef.*

Meststoffen.

$\text{NH}_4\text{NO}_3$  MW 80.04 1 M: los op 80.04 gram  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  per liter.

$\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3 \text{ aq}$  MW 228.2 0.5 M : los op 114.1 gram  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3 \text{ aq}$  per liter.

$\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{ aq}$  MW 246.48 1 M : los op 246.48 gram  $\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{ aq}$  per liter.

ml per pot:

1200 mg N: 1200/28 is 42.8 mmol  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  is 42.8 ml  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  1 M.

200 mg P: 200/31 is 6.45 mmol  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  is 12.9 ml  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.5 M

Dit is tevens 12.9 x 0.5 x 2 x 39 is 503 mg K per pot.

300 mg Mg : 300/24.3 is 12.3 mmol  $\text{Mg SO}_4$  is 12.3 ml  $\text{Mg SO}_4$  1 M.

Basis oplossing.

Voeg toe aan een kolf van 5 liter welke voor de helft gevuld is met gedemineraliseerd water.

1070 ml  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  1 M.

322 ml  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.5 M

307 ml  $\text{Mg SO}_4$  1 M.

Vul de kolf aan met gedemineraliseerd water en meng.

Voeg aan iedere pot 200 ml van deze oplossing toe.

Vullen van de potten.

Weeg de grond af. Voeg 200 ml basisoplossing toe. Voeg de resterende hoeveelheid water toe (60 %). Vul de potten inclusief het aanbrengen van de rhyzons. Breng de kiemlaag aan van 1180 gram vochtig kwartszand. Plaats een pijp in het midden. Noteer het gewicht op de potten inclusief de hoeveelheid water die nog moet worden toegediend om op 70% van de vloei grens te komen. Zaaï vervolgens de radijs ± 40 zaden en wortel ± 35 zaden. Dek alle potten met plastic af en laat deze kiemen.

*Tabel B1.2 Vulschema van de potten voor de potproef*

Pot nr	grond	kg grond per pot	gewas	ml basis oplossing	ml H <sub>2</sub> O 60 %	resterende ml H <sub>2</sub> O 70%
1	1 H 2	5	radijs	200	1225	235
2	1 H 2	5	wortel	200	1225	235
3	1 H 2	5	Sla	200	1225	235
4	1 H 2	5	kool	200	1225	235
5	10 P 5	4.5	radijs	200	1200	240
6	10 P 5	4.5	wortel	200	1200	240
7	10 P 5	4.5	Sla	200	1200	240
8	10 P 5	4.5	kool	200	1200	240
9	13 P 7	5	radijs	200	1090	210
10	13 P 7	5	wortel	200	1090	210
11	13 P 7	5	Sla	200	1090	210
12	13 P 7	5	kool	200	1090	210
13	22 P 13	4.5	radijs	200	1230	235
14	22 P 13	4.5	wortel	200	1230	235
15	22 P 13	4.5	Sla	200	1230	235
16	22 P 13	4.5	kool	200	1230	235
17	31 L 18	4.5	radijs	200	1200	240
18	31 L 18	4.5	wortel	200	1200	240
19	31 L 18	4.5	Sla	200	1200	240
20	31 L 18	4.5	kool	200	1200	240



## Bijlage 2 Analyseresultaten van bodem- en gewasonderzoek

In tabel B2.1a staan de resultaten van de analyses van de monsters uit de 11 tuinen voor wat betreft de algemene bodemeigenschappen. Resultaten van de analyses van zware metalen en PAK staan in tabel B2.1b t/m B2.1d voor de metalen en tabel B2.2 voor PAK

Tabel B2.1a. Droge Stof, organische stof, textuur en pH in de 11 onderzochte tuinen

Locatie	nummer	diepte (cm)	Algemene Bodemeigenschappen			
			ds (%)	Org Stof (%)	< 2 um (%)	pH CaCl <sub>2</sub>
Hoofdvaart	2	0-25	75	10.9	4.6	5.6
		25-50	78.8	7.9	3.8	5.4
		50-100	75.5	10	3.7	6.7
Hoofdvaart	4	0-25	78	10.4	5	6.5
		25-50	76.7	9.8	1.1	6.8
		50-100	73.7	12.2	5.3	7
Peterswijk	3	0-25	77.1	9.6	4.5	6.7
		25-50	76.6	10.3	4.8	6.6
		50-100	75.2	9.2	4	6.9
Peterswijk	5	0-25	67.1	13.5	5.4	7.2
		25-50	67.4	12.7	1.3	7
		50-100	69.8	10.2	1.8	7.2
Peterswijk	7	0-25	78.7	10.8	5.9	6.1
		25-50	77.6	10.1	2.1	6.6
		50-100	71.5	12.9	3.9	6.9
Peterswijk	9	0-25	72.5	15.6	3.9	6.3
		25-50	71.7	14.8	6.2	6.6
		50-100	73.5	11.9	2.2	6.1
Peterswijk	11	0-25	72.5	13.4	2.9	6.7
		25-50	74.8	11.2	6	6.6
		50-100	72.8	13.2	2.5	6.8
Peterswijk	13	0-25	71.7	14.9	5.7	6.7
		25-50	72.7	12.5	6.8	6.7
		50-100	71.2	13.8	2.9	6.7
Peterswijk	14	0-25	71	13.9	3	6.6
		25-50	65.9	13.4	6.4	6.6
		50-100	70.2	11.8	1.8	6.9
Lijsterstraat	14	0-25	73.7	15.6	2.2	6
		25-50	75.5	11	3.6	6.1
		50-100	70.4	16	4.7	6.2
Lijsterstraat	18	0-25	71.3	14.6	3.4	6.9
		25-50	68.7	14.3	2.4	6.7
		50-100	65.1	16	5.5	6.1

Tabel B2.1b Totaalgehalten (koningswater) in de monsters uit de 11 tuinen

Locatie	diepte (cm)	Metaal (in mg kg <sup>-1</sup> op droge stof)							
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Zn
Hoofdvaart 2	0-25	4.5	<0.4	<15	26	0.5	280	4	95
	25-50	4.3	0.4	<15	24	0.43	280	4.6	140
	50-100	<4	<0.4	<15	16	0.39	370	<3	84
Hoofdvaart 4	0-25	5.7	<0.4	<15	29	0.58	230	5.8	220
	25-50	4.9	<0.4	<15	19	1.1	200	3.7	160
	50-100	5	<0.4	<15	31	0.48	230	3.3	200
Peterswijk 3	0-25	<4	<0.4	<15	32	0.65	120	4.7	130
	25-50	<4	<0.4	<15	24	0.28	110	4.2	93
	50-100	6.4	<0.4	<15	33	0.33	150	6.1	120
Peterswijk 5	0-25	4.4	<0.4	<15	42	0.27	140	6.1	180
	25-50	11	<0.4	20	52	0.23	150	12	220
	50-100	11	0.9	32	500	0.47	460	16	460
Peterswijk 7	0-25	<4	<0.4	<15	29	0.15	80	4.5	85
	25-50	7.4	0.4	<15	55	0.19	140	12	280
	50-100	11	0.5	<15	63	0.93	220	12	180
Peterswijk 9	0-25	<4	<0.4	<15	24	0.31	96	3.8	75
	25-50	7	<0.4	<15	65	0.37	170	5.8	170
	50-100	<4	<0.4	<15	32	0.45	87	3.4	66
Peterswijk 11	0-25	<4	<0.4	<15	32	0.28	91	4.5	110
	25-50	<4	<0.4	<15	28	0.27	90	4.1	150
	50-100	<4	<0.4	<15	30	0.34	94	4.8	84
Peterswijk 13	0-25	4.4	<0.4	<15	54	0.46	160	6.1	140
	25-50	4.8	<0.4	<15	48	0.49	140	6.4	110
	50-100	4.4	<0.4	<15	37	0.6	170	4.7	100
Peterswijk 14	0-25	4.8	<0.4	<15	26	0.29	140	4.9	150
	25-50	<4	<0.4	<15	16	0.2	90	3.5	130
	50-100	4.5	0.5	<15	38	0.53	210	5.1	220
Lijsterstraat 14	0-25	<4	<0.4	<15	19	0.13	69	<3	45
	25-50	<4	<0.4	<15	20	0.2	100	<3	48
	50-100	<4	<0.4	<15	27	0.29	170	3.6	87
Lijsterstraat 18	0-25	<4	<0.4	<15	20	0.22	92	<3	54
	25-50	<4	<0.4	<15	30	0.31	180	3.3	61
	50-100	<4	<0.4	<15	26	0.27	100	3.4	52

Tabel B2.1c Totaal Beschikbare fractie (0.43 N HNO<sub>3</sub>) in de monsters uit de 11 tuinen

Locatie	diepte (cm)	Metaal (in mg kg <sup>-1</sup> op droge stof)						
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Hoofdvaart 2	0-25	1.70	0.37	0.73	18	1.82	359	110
	25-50	2.15	0.45	0.78	18	2.26	375	134
	50-100	2.30	0.35	0.48	13	1.70	385	106
Hoofdvaart 4	0-25	3.56	0.53	1.52	22	2.23	422	280
	25-50	3.65	0.35	0.88	15	1.94	360	249
	50-100	2.95	0.21	0.58	25	1.28	186	151
Peterswijk 3	0-25	1.84	0.24	0.75	24	2.15	147	91
	25-50	1.68	0.23	0.71	20	2.13	119	81
	50-100	1.82	0.23	0.74	20	2.22	136	78
Peterswijk 5	0-25	1.91	0.43	1.97	31	2.66	171	177
	25-50	2.74	0.61	11.56	61	3.51	887	289
	50-100	2.18	0.71	4.89	281	4.21	588	307
Peterswijk 7	0-25	1.19	0.37	1.29	24	2.42	100	96
	25-50	1.75	0.45	1.81	32	3.94	184	169
	50-100	2.08	0.36	0.95	31	3.16	161	115
Peterswijk 9	0-25	1.24	0.24	0.52	11	1.60	77	50
	25-50	2.00	0.25	0.80	139	2.32	115	121
	50-100	1.23	0.18	0.57	23	1.40	75	58
Peterswijk 11	0-25	1.21	0.39	0.82	20	3.16	91	126
	25-50	1.40	0.45	0.71	18	2.58	97	150
	50-100	1.36	0.25	0.61	19	2.13	119	72
Peterswijk 13	0-25	1.44	0.27	0.91	24	2.13	115	84
	25-50	1.29	0.21	0.61	24	2.00	100	64
	50-100	1.92	0.28	1.23	25	2.46	174	73
Peterswijk 14	0-25	1.33	0.31	0.78	11	1.55	110	113
	25-50	1.87	0.26	0.55	10	1.45	100	110
	50-100	2.58	0.39	3.04	20	2.20	274	209
Lijsterstraat 14	0-25	1.21	0.23	0.93	15	1.33	65	45
	25-50	1.48	0.25	0.57	15	1.62	128	52
	50-100	1.33	0.20	0.40	17	1.39	125	45
Lijsterstraat 18	0-25	1.29	0.29	0.90	11	1.39	81	46
	25-50	1.50	0.31	0.73	18	1.50	99	44
	50-100	1.55	0.29	0.57	15	1.55	100	40



Tabel B2.1d Actueel Beschikbare fractie (0.01 M CaCl<sub>2</sub>) in de monsters uit de 11 tuinen (noot: de eenheid is in µg kg<sup>-1</sup> en niet zoals in tabel 1b en 1c in mg kg<sup>-1</sup>)

Locatie	diepte (cm)	Metaal (in µg kg <sup>-1</sup> op droge stof)						
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Hoofdvaart 2	0-25	35	60	147	387	215	61	25920
	25-50	47	81	208	543	212	83	32494
	50-100	39	21	56	171	57	57	7915
Hoofdvaart 4	0-25	42	20	47	29	49	78	11714
	25-50	43	12	42	28	45	62	9519
	50-100	37	5	25	24	31	78	5246
Peterswijk 3	0-25	13	11	51	34	58	87	5349
	25-50	10	8	47	28	61	47	3403
	50-100	9	9	44	36	47	79	3407
Peterswijk 5	0-25	27	3	23	7	91	102	1197
	25-50	12	5	28	17	34	137	1738
	50-100	8	6	32	11	37	411	1355
Peterswijk 7	0-25	19	27	87	22	87	64	9062
	25-50	24	11	54	12	65	76	4248
	50-100	16	10	45	21	54	73	2959
Peterswijk 9	0-25	28	12	42	28	46	30	3831
	25-50	20	8	49	28	121	168	4596
	50-100	18	10	52	45	54	102	4192
Peterswijk 11	0-25	18	6	27	7	30	51	1692
	25-50	18	18	52	20	54	49	7363
	50-100	11	10	52	36	56	54	4065
Peterswijk 13	0-25	14	7	36	15	45	47	2474
	25-50	11	8	43	21	49	50	2960
	50-100	13	8	41	35	58	53	5410
Peterswijk 14	0-25	30	11	31	17	89	18	5333
	25-50	41	7	28	14	26	17	3509
	50-100	36	19	65	67	90	38	13069
Lijsterstraat 14	0-25	110	28	66	91	73	89	7522
	25-50	52	26	80	137	83	71	6823
	50-100	23	17	66	137	126	86	5157
Lijsterstraat 18	0-25	17	5	22	9	152	24	912
	25-50	24	9	26	20	31	59	1354
	50-100	47	20	57	92	81	70	3719

Tabel B2.2. Overzicht van resultaten van PAK en minerale olie in de grondmonsters uit de 11 tuinen (1)

Adres nummer Monsteromschrijving diepte (cm)	Hoofdvaart 2			Hoofdvaart 4			Peterswijk 3			Peterswijk 5		
	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100
<b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (mg kg<sup>-1</sup> ds)</b>												
naftaleen	0.07	0.08	0.14	0.12	0.07	0.11	0.05	0.08	0.08	0.06	0.1	0.13
antraceen	0.68	0.77	0.7	0.9	0.45	0.55	0.33	0.49	0.4	0.56	0.79	1.1
fenantreen	1.1	1.9	1.9	3.9	1.4	1.5	0.77	1.3	0.77	0.69	1.6	1.9
fluoranteen	8.8	7.2	4.8	12	6.5	5.9	2.8	4.6	3.2	4.4	15	17
benzo(a)antraceen	5.7	4.6	3.1	5.6	3.9	3.7	1.8	2.8	2.1	3	6.7	11
chryseen	4.7	4	2.9	5.5	3.5	3.3	1.7	2.5	2.2	3	7.2	10
benzo(a)pyreen	6.1	4.9	3.1	6.3	4.5	3.8	2.1	3.2	2.5	4.5	8.1	9
benzo(ghi)peryleen	3.6	3.1	1.9	3.9	3.1	2.6	1.6	2.2	1.8	3.4	6.2	5.7
benzo(k)fluoranteen	3.3	2.7	1.7	3.5	2.3	2.1	1.1	1.7	1.3	2.2	4.7	5.3
indeno(1,2,3-cd)pyreen	3.7	3.3	2	4.2	3	2.7	1.6	2.3	1.8	3.2	6.2	5.9
Pak-totaal (10 van VROM)	38	32	22	46	29	26	14	21	16	25	56	67
EOX	0.35	0.32	0.14	0.35	0.1	0.17	0.29	0.46	0.41	0.35	0.72	0.86
<b>Minerale olie (mg kg<sup>-1</sup> ds)</b>												
fractie C10 - C12	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
fractie C12 - C22	15	5	5	10	10	10	5	15	20	15	50	60
fractie C22 - C30	15	10	5	15	15	15	15	30	45	50	140	250
fractie C30 - C40	35	25	20	25	50	25	45	45	70	75	240	300
totaal olie C10-C40	65	40	35	45	75	50	70	90	130	140	440	610

Tabel B2.2. Overzicht van resultaten van PAK en minerale olie in de grondmonsters uit de 11 tuinen (2)

Adres nummer Monsteromschrijving diepte (cm)	Peterswijk 7			Peterswijk 9			Peterswijk 11			Peterswijk 13		
	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100
<b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (mg kg<sup>-1</sup> ds)</b>												
naftaleen	0.1	0.07	0.08	0.02	0.04	0.02	0.12	0.04	0.04	<0.02	<0.02	0.03
antraceen	1.6	0.84	0.64	0.11	0.22	0.16	0.57	0.38	0.26	0.08	0.1	0.14
fenantreen	3.9	2.2	1.5	0.34	0.58	0.43	3.2	0.99	0.69	0.25	0.23	0.43
fluoranteen	17	8.4	7.4	1.5	2.4	1.8	6.6	4	2.5	0.87	0.95	1.4
benzo(a)antraceen	10	5.1	4.7	0.89	1.5	1.1	2.5	1.9	1.3	0.51	0.55	0.83
chryseen	9.6	4.7	4.3	0.83	1.4	0.99	2.4	1.7	1.1	0.45	0.49	0.76
benzo(a)pyreen	11	6	6	1	1.8	1.3	2.9	2.2	1.4	0.62	0.62	1
benzo(ghi)peryleen	6	4.3	4.3	0.74	1.4	0.94	2	1.5	1	0.5	0.49	0.81
benzo(k)fluoranteen	5.4	3.2	3.1	0.61	1	0.69	1.5	1.1	0.79	0.36	0.36	0.56
indeno(1,2,3-cd)pyreen	6.1	4.3	4	0.76	1.4	0.87	2	1.5	1.1	0.5	0.49	0.79
Pak-totaal (10 van VROM)	70	39	36	6.8	12	8.2	24	15	10	4.1	4.3	6.8
EOX	0.53	1.1	0.67	0.69	2.3	2.4	0.44	0.25	0.22	0.3	0.25	0.2
<b>Minerale olie (mg kg<sup>-1</sup> ds)</b>												
fractie C10 - C12	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
fractie C12 - C22	15	25	40	15	25	5	10	5	10	5	25	15
fractie C22 - C30	30	95	130	20	30	10	20	15	10	10	20	20
fractie C30 - C40	55	130	260	45	55	55	35	35	40	25	40	55
totaal olie C10-C40	95	250	430	80	120	75	70	55	60	40	85	90

Tabel B2.2. *Overzicht van resultaten van PAK en minerale olie in de grondmonsters uit de 11 tuinen (3)*

Adres nummer Monsteromschrijving diepte (cm)	Peterswijk			Lijsterstraat			Lijsterstraat		
	14			14			18		
	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100	0-25	25-50	50-100
<b>Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (mg kg<sup>-1</sup> ds)</b>									
naftaleen	0.03	0.03	0.08	<0.02	0.03	0.03	<0.02	0.03	0.04
antracene	0.22	0.25	0.48	0.11	0.26	0.23	0.12	0.47	0.25
fenantreen	0.68	0.83	1.8	0.33	1.1	0.52	0.33	1	1.8
fluoranteen	2.3	3.9	4.4	1.4	2.8	2.1	1.5	4.5	3.9
benzo(a)antracene	1.6	4.5	2.4	0.87	1.5	1.3	0.89	2.2	1.5
chryseen	1.5	4.4	2.4	0.78	1.5	1.2	0.84	1.9	1.6
benzo(a)pyreen	1.6	3.2	2.8	0.81	1.6	1.4	1.1	2.1	1.5
benzo(ghi)peryleen	1.1	1.9	2.2	0.52	1	1	0.84	1.3	0.84
benzo(k)fluoranteen	1	2.6	1.6	0.52	0.92	0.84	0.63	1.1	0.87
indeno(1,2,3-cd)pyreen	1.2	2.1	2.2	0.53	1.1	1	0.8	1.3	0.94
Pak-totaal (10 van VROM)	11	24	20	5.9	12	9.7	7	16	13
EOX	0.56	0.79	0.35	0.45	0.25	0.26	0.29	0.62	0.47
<b>Minerale olie (mg kg<sup>-1</sup> ds)</b>									
fractie C10 - C12	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
fractie C12 - C22	15	10	20	<5	5	5	10	<5	20
fractie C22 - C30	15	20	35	15	15	10	15	10	20
fractie C30 - C40	70	40	60	35	40	85	30	30	50
totaal olie C10-C40	100	75	120	55	60	100	60	40	85



Tabel B2.3. Gehalten aan zware metalen in de onderzochte gewassen in de potproef. Cellen in geel geven aan dat de waarde net boven de wettelijke norm ligt (gehalte is 1 – 2 keer de norm). Waarden in rood liggen ruim boven de norm (gehalte > 2 keer de norm).

locatie	gewas	Metaal						
		As (mg kg <sup>-1</sup> )	Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
Hoofdvaart 2	Radijs	0.07	0.01	0.11	0.21	0.07	0.11	9.02
	Wortel	0.10	0.17	0.11	0.77	0.11	1.55	18.92
	Sla	0.08	0.23	0.14	0.60	0.11	0.32	31.00
	Kool	0.22	0.06	0.98	0.77	0.85	0.52	42.91
Peterswijk 5	Radijs	0.03	0.00	0.05	0.11	0.03	0.00	2.85
	Wortel	0.07	0.04	0.39	1.04	0.25	0.16	7.38
	Sla	0.10	0.03	0.40	0.50	0.18	0.03	6.66
	Kool	0.17	-0.01	0.26	0.83	0.16	0.02	10.74
Peterswijk 7	Radijs	0.04	0.00	0.08	0.17	0.05	0.01	5.99
	Wortel	0.08	0.12	0.20	0.56	0.17	0.46	14.37
	Sla	0.08	0.13	0.17	0.40	0.08	0.03	22.74
	Kool	0.17	0.02	0.13	0.59	0.19	0.04	22.93
Peterswijk 13	Radijs	0.04	0.00	0.04	0.16	0.02	0.01	3.57
	Wortel	0.10	0.06	0.11	0.79	0.09	0.33	8.44
	Sla	0.07	0.04	0.12	0.35	0.07	0.03	8.55
	Kool	0.18	0.00	0.72	0.46	0.38	0.05	13.89
Lijsterstraat 18	Radijs	0.04	0.00	0.07	0.12	0.03	0.00	2.30
	Wortel	0.09	0.05	0.17	0.74	0.09	0.08	4.95
	Sla	0.06	0.02	0.21	0.29	0.08	0.01	3.48
	Kool	0.18	0.00	0.35	0.41	0.17	0.01	6.45



Tabel B2.4 Gehalten aan PAK (componenten, SOM en BAP-eq) in de onderzochte gewassen in de potproef

		Component (in µg kg <sup>-1</sup> )												SOM PAK (µg kg <sup>-1</sup> )	BAP-eq	
		acenaftyleen	acenafteen	fenantreen	fluorantheen	pyreen	benz[a]anthraceen	chryseen	benzo[b] fluorantheen	benzo[k] fluorantheen	benzo[a] pyreen	indeno[123cd] pyreen	dibenzo[ah] anthraceen		laag	hoog
Hoofd vaart 2	Radijs	<1.0	<2.0	3.9	2.4	1.2	0.21	0.37	0.23	0.14	0.14	0.20	<0.10	8.8	0.25	0.36
	Wortel	<1.0	<2.0	7.4	6.0	3.2	2.2	3.0	3.4	1.8	2.2	2.8	0.83	32.9	4.15	4.17
	Sla	<1.0	<2.0	19	15	8.5	2.8	3.7	3.1	1.9	2.9	2.8	0.78	59.7	4.97	4.98
	Kool	<1.0	<2.0	9.9	5.4	2.7	0.16	0.59	0.25	0.13	0.12	0.15	0.021	19.3	0.28	0.29
Peters wijk 5	Radijs	<1.0	<2.0	5.0	2.5	1.3	0.14	0.24	0.12	<0.10	<0.10	0.11	0.018	9.5	0.09	0.21
	Wortel	<1.0	<2.0	11	9.8	5.8	4.1	5.8	5.3	2.5	3.8	4.5	1.1	54.4	6.80	6.81
	Sla	<1.0	<2.0	18	15	8.0	0.92	2.0	1.1	0.58	0.84	0.84	0.22	47.7	1.60	1.61
	Kool	<1.0	<2.0	7.9	5.1	2.3	0.15	0.53	0.24	0.12	0.14	0.17	<0.10	16.7	0.28	0.39
Peters wijk 7	Radijs	<1.0	<2.0	3.7	2.3	1.1	0.22	0.38	0.27	0.14	0.15	0.23	<0.10	8.4	0.27	0.38
	Wortel	<1.0	<2.0	8.7	5.2	2.6	2.2	2.8	4.2	2.2	2.8	3.9	1.1	35.7	5.21	5.22
	Sla	<1.0	<2.0	17	13	6.7	1.3	2.6	1.7	0.93	1.5	1.3	0.40	46.9	2.66	2.67
	Kool	<1.0	<2.0	7.0	4.4	2.0	0.11	0.48	0.29	0.14	0.15	0.19	<0.10	14.7	0.28	0.39
Peters wijk 13	Radijs	<1.0	<2.0	3.8	2.2	1.0	<0.10	0.18	0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	7.3	0.04	0.28
	Wortel	<1.0	<2.0	9.7	6.7	3.3	1.1	1.6	0.70	2.3	0.87	0.96	0.27	27.5	1.74	1.75
	Sla	<1.0	<2.0	20	13	6.9	0.76	1.8	0.86	0.47	0.63	0.60	<0.10	45.0	1.07	1.18
	Kool	<1.0	<2.0	6.3	4.2	2.0	<0.10	0.52	0.30	0.13	0.16	0.20	<0.10	13.8	0.28	0.40
Lijster straat 18	Radijs	<1.0	<2.0	3.5	2.0	0.96	<0.10	0.17	0.12	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	6.7	0.04	0.28
	Wortel	<1.0	<2.0	9.9	6.6	4.0	3.5	3.6	3.5	1.6	3.7	2.7	0.70	39.8	5.60	5.62
	Sla	<1.0	<2.0	17	13	7.1	0.64	1.7	0.72	0.38	0.59	0.52	<0.10	41.2	0.98	1.09
	Kool	<1.0	<2.0	6.9	4.5	2.1	0.14	0.60	0.28	0.10	0.15	0.19	<0.10	14.9	0.28	0.39



Tabel B2.5 Gemeten concentratie in het bodemvocht na start proef (21062006)

Pot nr	grond	gewas	pH	EC mS	DOC mg L <sup>-1</sup>	Metalen (in µg L <sup>-1</sup> )				
						Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
1	1 H 2	Radijs	4.9	0.30	166	1.2	116.8	20.9	96.1	668
2	1 H 2	Wortel	4.4	5.47	71	6.7	16.0	28.1	56.4	3881
3	1 H 2	Sla	4.5	4.18	75	5.8	23.0	25.5	84.1	3301
4	1 H 2	Kool	4.7	2.72	105	2.9	52.0	17.5	116.0	1684
5	10 P 5	Radijs	6.4	3.69	70	0.4	20.4	4.3	2.2	222
6	10 P 5	Wortel	6.3	6.02	41	0.6	7.9	3.8	1.2	305
7	10 P 5	Sla	6.5	3.78	42	0.4	13.2	5.4	1.1	213
8	10 P 5	Kool	7.0	0.26	67	0.2	57.2	6.7	5.3	112
9	13 P 7	Radijs	5.6	0.15	115	0.6	122.1	18.0	12.7	396
10	13 P 7	Wortel	4.8	5.90	53	4.2	14.6	23.1	6.9	262
11	13 P 7	Sla	5.2	0.73	91	0.9	87.3	15.3	12.4	579
12	13 P 7	Kool	4.9	3.13	57	2.5	28.8	15.9	5.6	1562
13	22 P 13	Radijs	6.0	0.45	263	0.5	125.3	18.1	25.5	330
14	22 P 13	Wortel	5.4	6.31	57	1.1	7.0	7.9	3.6	789
15	22 P 13	Sla	5.6	6.05	58	1.1	7.9	8.5	3.5	825
16	22 P 13	Kool	5.7	2.84	64	0.5	19.5	5.7	4.1	388
17	31 L 18	Radijs	7.1	0.29	97	0.2	44.6	6.8	9.6	72
18	31 L 18	Wortel	6.2	6.67	41	0.8	5.5	3.1	1.5	181
19	31 L 18	Sla	6.3	5.95	41	0.7	4.4	3.0	1.4	169
20	31 L 18	Kool	6.8	0.62	100	0.2	42.5	7.2	10.8	78

Tabel B2.6 Gemeten concentratie in het bodemvocht bij de oogst

Pot nr	grond	gewas	pH	EC mS	DOC mg L <sup>-1</sup>	Metalen (in µg L <sup>-1</sup> )				
						Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
1	1 H 2	Radijs	5.0	0.62	146	1.8	94.7	17.7	54.0	744
2	1 H 2	Wortel	4.7	0.50	59	0.4	81.7	13.9	58.3	513
3	1 H 2	Sla	4.4	2.06	114	5.6	71.8	32.7	87.9	3066
4	1 H 2	Kool	4.9	0.15	43	1.1	46.7	8.1	70.0	327
5	10 P 5	Radijs	6.5	2.18	65	0.5	42.0	6.4	4.7	194
6	10 P 5	Wortel	6.8	0.34	15	b.d.	11.7	2.1	b.d.	47
7	10 P 5	Sla	7.1	0.43	91	0.2	71.9	9.1	5.3	120
8	10 P 5	Kool	6.7	0.67	25	0.2	b.d.	8.5	b.d.	105
9	13 P 7	Radijs	5.6	0.12	68	0.4	75.6	12.8	7.5	249
10	13 P 7	Wortel	5.6	0.16	17	0.3	23.3	4.1	b.d.	140
11	13 P 7	Sla	5.3	0.11	54	0.3	63.1	9.0	8.4	196
12	13 P 7	Kool	5.2	0.08	25	0.2	35.0	5.4	b.d.	140
13	22 P 13	Radijs	6.1	0.13	61	0.1	43.1	6.7	9.1	120
14	22 P 13	Wortel	6.0	0.43	43	b.d.	46.7	5.7	b.d.	163
15	22 P 13	Sla	6.3	0.36	164	0.4	111.3	18.0	21.5	262
16	22 P 13	Kool	5.8	0.25	43	b.d.	35.0	5.8	11.7	128
17	31 L 18	Radijs	6.7	0.20	34	0.1	19.2	3.1	4.1	40
18	31 L 18	Wortel	6.9	0.70	24	0.0	23.3	2.2	b.d.	47
19	31 L 18	Sla	6.8	0.59	105	0.2	41.1	6.2	8.4	73
20	31 L 18	Kool	6.7	0.09	22	b.d.	11.7	1.6	b.d.	23

b.d.: lager dan de detectielimiet



### Bijlage 3 Foto's genomen tijdens de potproef



*Foto 1. Wortel tijdens de eerste fase van de groei (21 juni 2006)*



*Foto 2. Overzicht van de sla potten en de aansluiting voor de bemonstering van het bodemvocht (blauwe knop)*



*Foto 3. Bovenaanzicht van wortel. De verticale cilinder dient voor de bevochtiging van de grond*



*Foto 4. Radijs voor de oogst*



*Foto 5 Overzicht van de kas met de potproef (noot: de gewassen op de voorgrond boren niet tot de proef)*