



TEELTADVIES VOOR DE LANDBOUW IN KADER VAN HET INTERREG PROJECT BENEKEMPEN

Documentbeschrijving



1. *Titel publicatie*

Teeltadvies voor de landbouw in kader van het interreg project BeNeKempen

2. *Verantwoordelijke uitgever*

Henny De Baets, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen

3. *Aantal blz.*

39

4. *Wettelijk depot nummer*

D/2008/5024/110

5. *Aantal tabellen en figuren*

44 tabellen; 22 figuren

6. *Publicatiereeks*

BeNeKempen

7. *Datum publicatie*

15 september 2007

8. *Trefwoorden*

cadmium, landbouw, teeltadvies, BCF, zware metalen

9. *Samenvatting*

Gegevens over cadmium (Cd) concentraties in 16 verschillende groenten, in gras en voedermaïs geteeld in België en Nederland werden verzameld. Hiermee werd berekend onder welke omstandigheden de Europese cadmium normen in groenten en voedergewassen overschreden worden.

10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*

Erik Smolders, Gunilla Janson en Liesbeth Van Laer (KU Leuven), Ann Ruttens en Jaco Vangronsveld (Universiteit Hasselt), Paul Römkens (Alterra Wageningen), Ludwig De Temmerman, Nadia Waegeneers (CODA Tervuren), Jan Bries (Bodemkundige Dient België Leuven)

11. *Contactperso(n)en*

Daneel Geysen

12. *Andere titels over dit onderwerp*

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

De meeste OVAM-publicaties kan u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: <http://www.ovam.be>



Teeltadvies voor de landbouw in kader van het Interreg project BeNeKempen

Eindrapport, 15 September 2007

Erik Smolders, Gunilla Jansson en Liesbeth Van Laer (KU Leuven), Ann Ruttens en Jaco Vangronsveld (Universiteit Hasselt), Paul Römkens (Alterra, Nederland), Ludwig De Temmerman en Nadia Waegeneers(CODA) en Jan Bries (Bodemkundige Dienst België)

Inhoudstafel

1. Samenvatting	4
2. Achtergrond en doel van de studie	5
3. Data-analyse	5
3.1. Oorsprong van de data	5
3.2. Bodemanalyses	6
3.3. Analyse van planten en gebruik van data < detectielimiet.....	8
3.4. Dataset selectie	8
3.5. Selectie van bodemparameters	9
3.6. Statistische methodes	9
4. Resultaten	11
4.1. Algemene bevindingen.....	11
4.2. Aardappelen (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	15
4.3. Andijvie (<i>Cichorium endivia</i> L.).....	16
4.4. Komkommer (<i>Cucumis sativus</i> L.)	17
4.5. Prei (<i>Allium ampeloprasum</i> L.).....	18
4.6. Prinsessenbonen (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	19
4.7. Schorseneer (<i>Scorzonera hispanica</i> L.).....	20
4.8. Selder (<i>Apium graveolens</i> L. var. <i>dulce</i>).....	21
4.9. Selderij (knol) (<i>Apium graveolens</i> L. var. <i>rapaceum</i>).....	22
4.10. Sla (<i>Lactuca sativa</i> L.)	23
4.11. Spinazie (<i>Spinacia oleracea</i> L.)	24
4.12. Tomaat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	25
4.13. Kool (witte, rode, savooi, spruit).....	26
4.14. Wortelen (<i>Daucus carota</i> L.)	27
4.15. Erwt (<i>Pisum sativum</i> L.)	28
4.16. Ui (<i>Allium cepa</i>)	29
4.17. Asperge (<i>Asparagus officinalis</i>)	30
4.18. Gras (weidegras, kuilgras, hooi)	31
4.19. Maïs (kolf en korrel) (<i>Zea mays</i> L.)	32
4.20. Maïs (scheut, stengel en totaal) (<i>Zea mays</i> L.)	33
Appendix 1	34
Appendix 2.....	35

Appendix 3.....	36
Appendix 4.....	38
Referenties	39

1. Samenvatting

Gegevens over cadmium (Cd) concentraties in 16 verschillende groenten en in gras en voedermaïs geteeld in België en Nederland werden verzameld. Hiermee werd berekend onder welke omstandigheden de Europese Cd normen in groenten en veevoeder overschreden worden. Zeven onafhankelijke datasets werden geconsulteerd: data van Universiteit Hasselt, van studie bureau Haskoning, van ABdK-Nederland, van CODA-Tervuren, van Bodemkundige Dienst België (BDB) van Wiersma et al. uit Nederland en van K.U.Leuven. In 2006 werden bijkomende data verzameld via ABdK, via CODA en BDB. Deze datasets bevatten informatie over de eigenschappen van de bodem. Op basis van statistische analyse en expertbeslissingen, werden data geselecteerd met voorrang voor recente data (n=2433). Op basis van regressieanalyses worden hier de kritische concentraties Cd in de bodem gedefinieerd waarboven de kans op overschrijding van de gewasnorm een gegeven waarde bedraagt. Ons advies voor de landbouw is hierop gebaseerd. Bij een totale Cd concentratie in de bodem van 1 mg Cd/kg, dit is zowat viermaal de natuurlijke achtergrond van de zandige bodem van de Kempen, en bij een gemiddelde pH (in KCl) van 5.5 zijn volgende gewassen veilig te telen, d.w.z. minder dan 10% overschrijdt de normen: aardappelen, komkommer, kolen, ui, asperge, prinsessenbonen, tomaat, gras en maïs. We raden af om bij die voorwaarden de volgende gewassen te telen: andijvie, knolselder, schorseneren, sla, spinazie, wortelen, selder en prei.

2. Achtergrond en doel van de studie

In 2001 introduceerde de EU gewasnormen voor cadmium (Tabel 1). In landbouwgebieden waarvan de bodem verontreinigd is met cadmium (Cd) bestaat het risico dat de Cd concentratie in de gewassen deze norm zal overschrijden. Het doel van deze studie was voorspellingen te kunnen maken over de Cd concentraties in groenten, gras en maïs (beide als veevoeder) door gebruik te maken van correlaties tussen basiskarakteristieken van de bodem en de overeenkomende concentraties in de gewassen.

Tabel 1. Gewasnormen, EU 466/2001 en veevoedernormen EG 32/2002, alle normen zijn uitgedrukt op vers gewicht.

Gewas	Gewasnorm mg Cd/kg
Bonen, komkommer, tomaat, kool, erwten, uien, asperge	0,05
Wortelen, selder, prei, aardappelen, schorseneren	0,1
Knolselder, andijvie, sla, spinazie	0,2
Veevoeder (bij 12 % vochtgehalte)	1,0

3. Data-analyse

3.1. Oorsprong van de data

Er werden data gevonden van 18 verschillende gewassen waarvoor ‘gepaarde’ data van bodemeigenschappen en Cd in de plant beschikbaar waren. Er werden zowel reeds beschikbare data uit het verleden, als nieuwe data van 2005-2006 gebruikt. De data werden beschikbaar gesteld door 8 verschillende organisaties: Alterra Wageningen, Bodemkundige Dienst van België (BDB), CODA, Haskoning, OVAM en Universiteit van Hasselt en Leuven (Tabel 2).

Tabel 2. Datasets beschikbaar voor deze studie

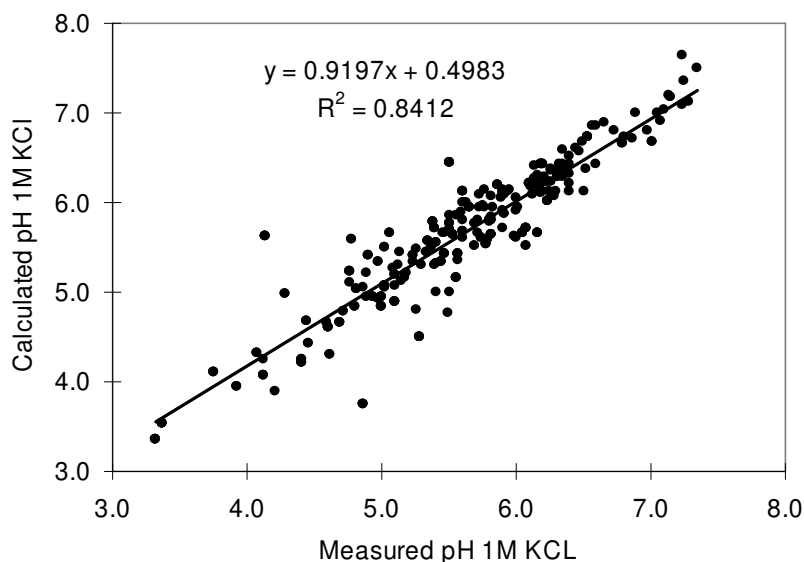
Organisatie	Dataset	Gebied	Tijdstip staalname	Plaats staalname
Alterra	Maas	Maas	1985-1986	Tuin
Alterra	KeNLga	Kempen, Nederland	2004	Veld
Alterra	KeNLfi	Kempen, Nederland	2003-2005	Veld
BDB	BDB	Kempen, België	2005	Tuin
CODA	CODA	België (achtergrond)	2005	Veld
Haskoning	Hask	Kempen, België	2004	Tuin
Universiteit van Hasselt	UHold	Kempen, België	1983	Tuin
Universiteit van Hasselt	Uhnew	Kempen, België	1995, 1998-2000	Tuin
Wiersma	Wiersma	Nederland (achtergrond)	1976-1981	Veld
KUL	KUL	België (achtergrond)	1996	Veld
CODA	CODA06	België, inc. Kempen	2005-2006	Veld
Alterra	Alterra06	Kempen, Nederland	2006	Veld + tuin
OVAM	OVAM	Kempen, België	2005-2006	Veld
BDB	BDB06	Kempen, België	2006	Veld

De gewas- en bodemstalen werden verzameld tussen 1976 en 2006 uit verschillende gebieden in België en Nederland en waren afkomstig van zowel verontreinigde als niet-verontreinigde bodems en zowel van commerciële als van private (=groentetuin) teelt. De dataset van Wiersma werd eerder al gepubliceerd, maar de bodem-plant relatie was nog niet beschikbaar in het oorspronkelijke artikel (Wiersma et al., 1986). De dataset KeNLg is beschreven in Römken et al., 2005 en KeNLfi zijn beschreven in Rietra et al 2004, 2005, 2006 en de dataset Alterra06 in Rietra et al., 2007. De datasets van België werden niet eerder gepubliceerd.

3.2. Bodemanalyses

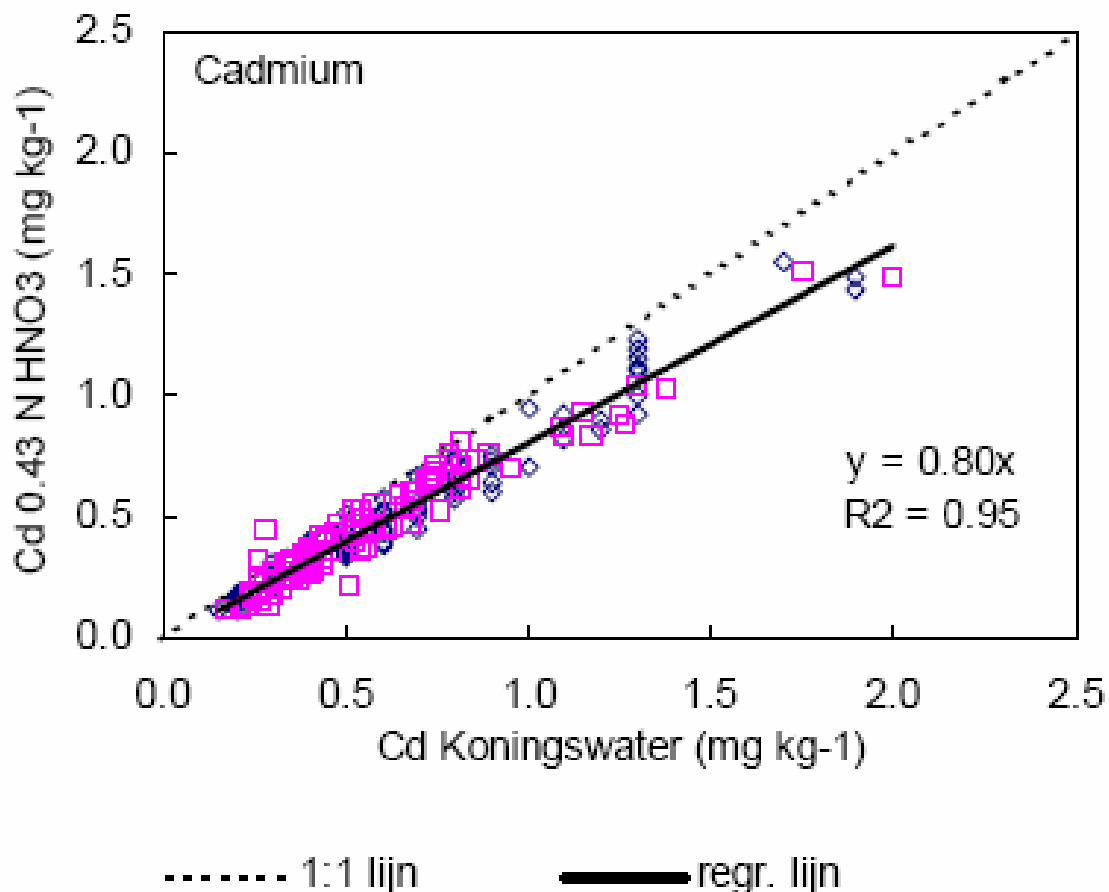
In alle datasets werden pH en gewas- en bodemconcentratie aan Cd gemeten. In enkele datasets werden de bodemstalen ook geanalyseerd op organische stof gehalte, kleigehalte en CEC en werden van de bodem- en gewasstalen ook enkele andere zware metalen gemeten, zoals As, Co, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni en Zn (zie appendix 1).

De bodem pH werd gemeten met drie verschillende methoden: 1M KCl, H₂O, en 0,01M CaCl₂. Systematische verschillen worden vastgesteld tussen de methoden. Dit maakte het noodzakelijk om ofwel data te verwijderen ofwel om aannames te maken of herberekeningen van de data uit te voeren. Er werd geopteerd voor dit laatste aangezien we zoveel mogelijk data wilden gebruiken voor de statistische analyse. Voor de pH metingen werden de data van de 1M KCl methode gebruikt, omdat dit de meest gebruikte methode is in onze datasets en dit de methode is die gebruikt wordt om pH te meten voor landbouwpraktijken. Wanneer pH enkel gemeten werd in H₂O of 0,01M CaCl₂, werd de pH in KCl hieruit berekend met een regressie opgesteld door Alterra, Wageningen appendix 2. Om deze regressievergelijking te valideren, werd in onze dataset pH KCl voorspeld voor die data waarbij voor hetzelfde bodemstaal de pH met meerdere methoden werd gemeten. De R² waarde tussen berekeningen en observatie was hoog (0,84) en er werd aangenomen dat we de herberekende waarden konden gebruiken.



Figuur 1. Validatie voor de voorspelde waarden van pH in KCl met bodemdata uit België: regressie tussen gemeten pH 1M KCl en een voorspelde waarde gebaseerd op pH H₂O of pH CaCl₂ omgezet met een empirisch model dat gekalibreerd werd met Nederlandse bodemstalen.

De concentraties Cd in de bodem werden bepaald met verschillende ontsluitingsmethodes: koningswater, verassing gevolgd door 3M HCl extractie en koud 0,43M HNO₃ extractie. De bodem extractiemethodes die gebruikt werden in deze studie, hebben niet dezelfde extractiesterkte. De methodes extraheren metalen in de volgorde: 0,43M HNO₃ < verassing/3M HCl < koningswater. Römken et al. (2005) maakten in hun studie de vergelijking van Cd concentraties geëxtraheerd met 0,43M HNO₃ en met koningswater. Ze vonden een significante correlatie tussen de geëxtraheerde Cd concentraties: Cd in 0,43M HNO₃ = 0,8*Cd in koningswater, R²=0,84, fig. 2. Hoewel de koud 0,43M HNO₃ extractie ('zwak zure extractie') maar gemiddeld 80% extraheert van koningswater, werden beide methodes toch als equivalent beschouwd. Indien voor een gewas *alle* data gemeten werden met koud 0,43M HNO₃ extractie, dan is het logisch dat de kritische Cd concentraties in de bodem ook verwijst naar deze concentratie en dat de kritische 'totale Cd' ongeveer 25% hoger is (1/0,8=1,25) want koningswater benadert de totale Cd concentratie. Bij de meeste gewassen zijn de data echter bekomen met verschillende extractiemethodes en is het hoofdaandeel analyses gebeurd met koningswater (appendix 1). De onderschatting van de 'totale' kritische Cd concentraties door gebruik te maken van 'zwak zuur extracties' is dus klein.



Figuur 2. Regressie tussen Cd concentratie in koningswater en Cd concentratie in 0,43M HNO₃. (Römken et al., 2005)

3.3. Analyse van planten en gebruik van data < detectielimiet

De analyse van planten gebeurde met GFAAS, ICP-AES of ICP-MS. De beschikbaarheid van informatie over kwaliteitscontrole varieerde per dataset en expertbeslissingen werden genomen welke data bruikbaar waren. De gewassen werden gewassen en het merendeel van de stalen van aardappel, schorseneer, wortel en knolselder werd geschild voor de analyse. De Europese regelgeving geeft geen aanbeveling over de noodzaak van schillen. Een beperkte dataset was beschikbaar waarbij de concentratie Cd per vers gewicht werd vergeleken tussen geschilde en ongeschilde stalen. Voor wortel is de gemiddelde concentratieverhouding in gewassen+ongeschilde t.o.v. geschilde 1.20, echter met een grote spreiding (standaardafwijking 0.52; n=57). Voor aardappelen was dit gemiddeld 1.29 (standaardafwijking 0.16; n=10). Schillen bevatten iets hogere Cd concentraties dan de rest van het gewas maar de bijdrage van de schillen in het totale gewas is echter beperkt. Het effect van schillen op de Cd concentratie is beperkt t.o.v. de variatie van de Cd concentraties tussen de verschillende bemonsteringsplaatsen. Daarom werd beslist om het al dan niet schillen van de gewassen niet als selectie criterium in te bouwen.

Data kleiner dan detectielimiet werden omgezet naar de helft van deze limiet of werden verwijderd indien de detectielimiet relatief hoog was t.o.v. data van hetzelfde gewas uit andere dataset of relatief hoog t.o.v. de gewasnorm. **Alle Cd concentraties** van planten werden uitgedrukt **op droge stof basis**. De normen zijn echter op vers gewicht uitgedrukt (Tabel 1) maar werden omgezet met een gemiddeld vochtgehalte, aangegeven per gewas bij de resultaten.

3.4. Dataset selectie

Wanneer verschillende datasets bij elkaar gevoegd worden, bestaat er steeds het risico dat er significante verschillen worden gevonden tussen de datasets. Hiervoor kunnen verschillende redenen voor zijn, zoals atmosferische depositie, planterassen, analytische uitrusting, staalnamestrategie, analytische fouten, verschillen tussen staalnamegebieden (textuur, mineralogie).

Er werd getest of er significante verschillen waren eigen aan seteffecten door gebruiken te maken van stapsgewijze multiple regressie waarbij de Cd concentratie in het gewas per dataset gecorreleerd werd met pH, Cd concentratie in de bodem. Zowel voor het intercept als voor de helling van de regressielijn werd getest of er een verschil was tussen de verschillende datasets.

Er werden significante verschillen gevonden tussen 'datasets' voor selder (stengel), prei, sla, aardappelen en wortelen, tabel 4, appendix 3. Voor gewassen met significante verschillen tussen de sets werd beslist om de datasets Maas, UHold en Wiersma uit te sluiten omdat er nog voldoende data overbleven. De datagroepen UHold en Wiersma werden uitgesloten aangezien de stalen ouder waren dan de rest, de atmosferische depositie hoger was en de analytische instrumenten minder ontwikkeld waren in die tijd. De datagroep Maas werd uitgesloten omdat de bodems in het Maasgebied overstromde kleibodems zijn en dus sterke verschillen vertonen met de zandige, niet-overstromde bodems in het gebied van de Kempen. Voor wortelen werden ook de data van Haskoning uitgesloten aangezien vele waarden zich onder de detectielimiet bevonden.

Tabel 3. Significante verschillen tussen datasets.

Significant verschil tussen datasets	tussen	Geen verschil tussen datasets	Enkel 1 dataset beschikbaar
Selder		Tomaten	Bonen
Prei		Schorseneren	Selder (wortel)
Sla		Spinazie	Komkommer
Aardappelen		Gras	Andijvie
Wortelen		Maïs	Ui
		Kool	Asperge
		Knolselder	

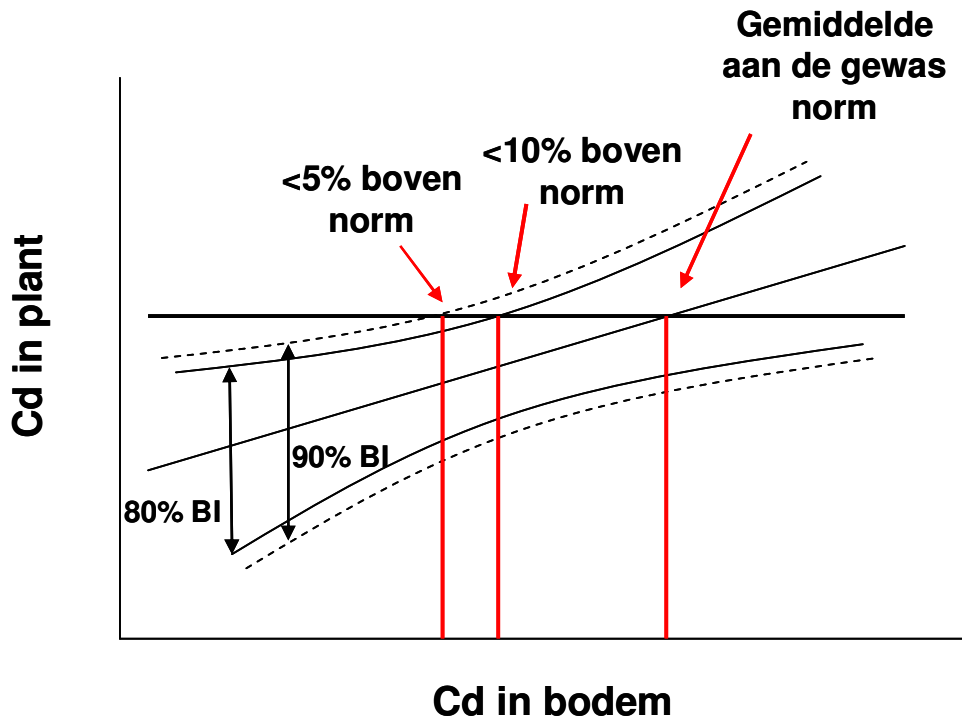
3.5. Selectie van bodemparameters

De bodemparameters die gebruikt werden in de stapsgewijze multiple regressies waren pH 1M KCl en Cd concentratie in de bodem geëxtraheerd met koningswater of 0,43M HNO₃. De Cd concentratie en pH zijn de bodemfactoren die als meest geschikt beschouwd worden om de Cd concentratie in het gewas te voorspellen. Wanneer we echter nog andere bodemparameters zouden toevoegen aan de statistische analyses, dan zou de correlatie nog verbeteren en de R²-waarde stijgen. De bodemfactoren waarvoor we dit getest hebben, zijn organische stof en Zn concentratie in de bodem (appendix 4). De data van de wortelen en de aardappelen werden gebruikt, aangezien deze gewassen de meeste data hadden voor deze bodemfactoren. Voor aardappelen werd een significante relatie gevonden tussen log Cd concentratie in de aardappelen en de pH, log Cd concentratie en log Zn concentratie in de bodem. De partiële R² van de log Zn was echter laag, 0,09, en het aantal stalen waarvan de Zn concentratie werd gemeten, was bovendien ook zeer laag (n=45). Daarom werd besloten om de Zn concentratie niet te gebruiken in de stapsgewijze multiple regressie. Voor wortelen werd een significante correlatie gevonden tussen de log Cd concentratie in de plant en de organische stof in de bodem. Maar ook in dit geval was de partiële R² laag, 0,12, en onder de datasets waren er weinig sets waarvan de organische stof in de stalen werd gemeten. Ook voor organische stof werd dus besloten om deze factor niet te gebruiken in de stapsgewijze multiple regressie. Algemeen wordt vastgesteld dat het Cd gehalte van de bodem en de pH de belangrijkste factoren zijn terwijl bodem organische stof of kleigehalte maar beperkt de biobeschikbaarheid voorspellen, tenzij de dataset over extreme verschillende bodems werd opgesteld. In onze dataset weegt het voordeel van betere voorspelbaarheid met meerdere bodemparameters niet op tegen het nadeel van een te kleine dataset waarvoor al die parameters beschikbaar waren. Daarom werd enkel pH (KCl) en Cd in de bodem als parameters gebruikt.

3.6. Statistische methodes

In deze studie werden multiple regressies gebruikt waarbij enkel de statistisch significante (P<0,05) bodemparameters behouden werden. Alle Cd data werden log-getransformeerd omdat de meeste data log-normaal verdeeld zijn en omdat de onderliggende relatie Cd-bodem en Cd-plant niet lineair verloopt maar eerder een log-log relatie vertoont. Indien geen significante relatie tussen gewas en bodemparameters werd gevonden, werd geopteerd om de gemiddelde verhouding Cd-plant/Cd-bodem te geven. Voor de voorspelling van een kritische Cd concentraties in de bodem waarboven de norm wordt overschreden, werden drie eindpunten bepaald. Eerst werd met de regressielijn berekend bij welke Cd concentratie in de bodem de norm

overschreden wordt. Deze procedure bepaalt echter de ‘verwachte waarde’, d.w.z. dat bij deze Cd concentratie in de bodem, de concentraties in de gewassen gemiddeld aan de norm zitten. Dat betekent praktisch dat er een groot aantal observaties boven de gewasnorm zal zitten. Daarom werd een tweezijdig 80 en 90% betrouwbaarheidsinterval (BI) voor individuele waarden gebruikt, wat toelaat om de bodemeigenschappen te schatten waarbij respectievelijk minder dan 10% of 5% van de stalen de gewaslimiet overschrijden. (Fig. 3).



Figuur 3. Illustratie van het in rekening brengen van de onzekerheid over de regressie om de bodemeigenschappen te voorspellen waarbij de limiet overschreden is.

4. Resultaten

4.1. Algemene bevindingen

In deze studie werden 18 verschillende gewassen en in totaal 2492 overeenkomstige bodem- en gewasstalen geselecteerd. Het bereik van de Cd concentratie in de gewasstalen, pH en Cd concentratie in de bodem wordt voor elk gewas getoond in tabel 4. Voorspellingen van bodem Cd concentraties waarbij de gewaslimieten worden overschreden, worden getoond in tabel 5. De voorspellingen werden gemaakt voor vijf verschillende pH waarden 4,5, 5,0, 5,5, 6,0 en 6,5. De details van de voorspellingen worden per gewas getoond op de individuele pagina's.

De R^2 van de regressies varieerde van 0,03 (gras) tot 0,74 (schorseneer). Lage R^2 waarden tonen aan dat de concentraties in de plant maar beperkt afhankelijk zijn van de eigenschappen van de bodem en kunnen daarom wijzen op een relatief groter belang van atmosferische depositie van Cd (bv. gras). Lage R^2 waarden hebben als gevolg dat er grotere onzekerheid is over de kritische Cd concentraties in de bodem, m.a.w. een relatief grotere afstand tussen de bodemconcentraties waarbij een bepaald percentiel de norm overschrijdt t.o.v. deze waarbij het gemiddeld de norm overschrijdt (Tabel 5).

De 'gevoelige gewassen' waarbij de norm snel wordt bereikt bij minimale bodemverontreiniging zijn schorseneer, knolselder en selder. Bij die gewassen wordt voorspeld dat de norm wordt overschreden (bij pH 5,5) vanaf Cd concentraties in de bodem tussen 0,3-0,5 mg Cd/kg, d.w.z. binnen het bereik van achtergrondswaarden. De figuren 9 en 11 tonen aan dat deze voorspelling goed onderbouwd is voor schorseneer en knolselder, maar niet voor selder (nauwelijks data beschikbaar voor bodems met achtergrondconcentraties). Voor selder voorspelt het model dat de Cd concentratie in het gewas 0,7 mg/kg d.s. is bij een achtergrond van 0,3 mg Cd/kg bodem en pH 5,5. Het Belgisch FAVV heeft 9 stalen van selder, bemonsterd in de groothandel, gemeten en in 2 stalen werd de norm (0,1 mg Cd/kg vers gewicht, ongeveer 1 mg/kg d.s.) overschreden (P. Coosemans, pers. mededeling). De gemiddelde concentratie was 0,5 mg/kg d.s. Dit wil zeggen dat ons model voor selder een lichte overschatting geeft van de Cd concentratie in de selder. Bij schorseneer viel het op in data van 2006 dat de norm niet wordt overschreden buiten het Umicore gebied (data CODA). De data van schorseneer uit 2005 (BDB&ABdK) toonden aan dat de norm wel overschreden werd in de Kempen bij lage Cd concentraties in de bodem. Aangezien het merendeel van de data hier verzameld werden binnen het Umicore gebied, suggereren we dat de **besluiten over overschrijdingen van de norm maar geldig zijn voor het door Umicore beïnvloed gebied**. Daarom mogen de aanbevelingen in Tabel 5&6 niet ongenueanceerd gebruikt worden voor advies buiten de regio, d.w.z. voor de algemene groententeelt in België en Nederland.

Voor maïs werd er een significant lagere Cd concentratie vastgesteld in de korrel of kolf t.o.v. deze in het blad, stengel of totaal gehakseld gewas. Er werd geen significant verschil gevonden tussen het totaal gehakseld gewas en stengel of blad, daarom worden de adviezen opgesplitst in korrel of kolf enerzijds en gehakseld gewas anderzijds.

Bij een totale Cd concentratie in de bodem van 1 mg Cd/kg, dit is zowat viermaal de natuurlijke achtergrond van de zandige bodem van de Kempen, en bij een gemiddelde pH (in KCl) van 5,5 is de norm niet overschreden in meer dan 10% van de stalen voor volgende gewassen: aardappelen,

komkommer, kolen, ui, asperge, prinsessenbonen, tomaat, gras en maïs. Bij die voorwaarden wordt er geschat dat de norm wél is overschreden in 10% van de gevallen voor volgende gewassen: andijvie, knolselder, erwt, schorseneren, sla, spinazie, wortelen, selder en prei.

Tabel 4. Mediaan, 10^{de} en 90^{ste} percentiel van Cd concentratie in de gewasstalen, pH en Cd concentratie in de bodemstalen.

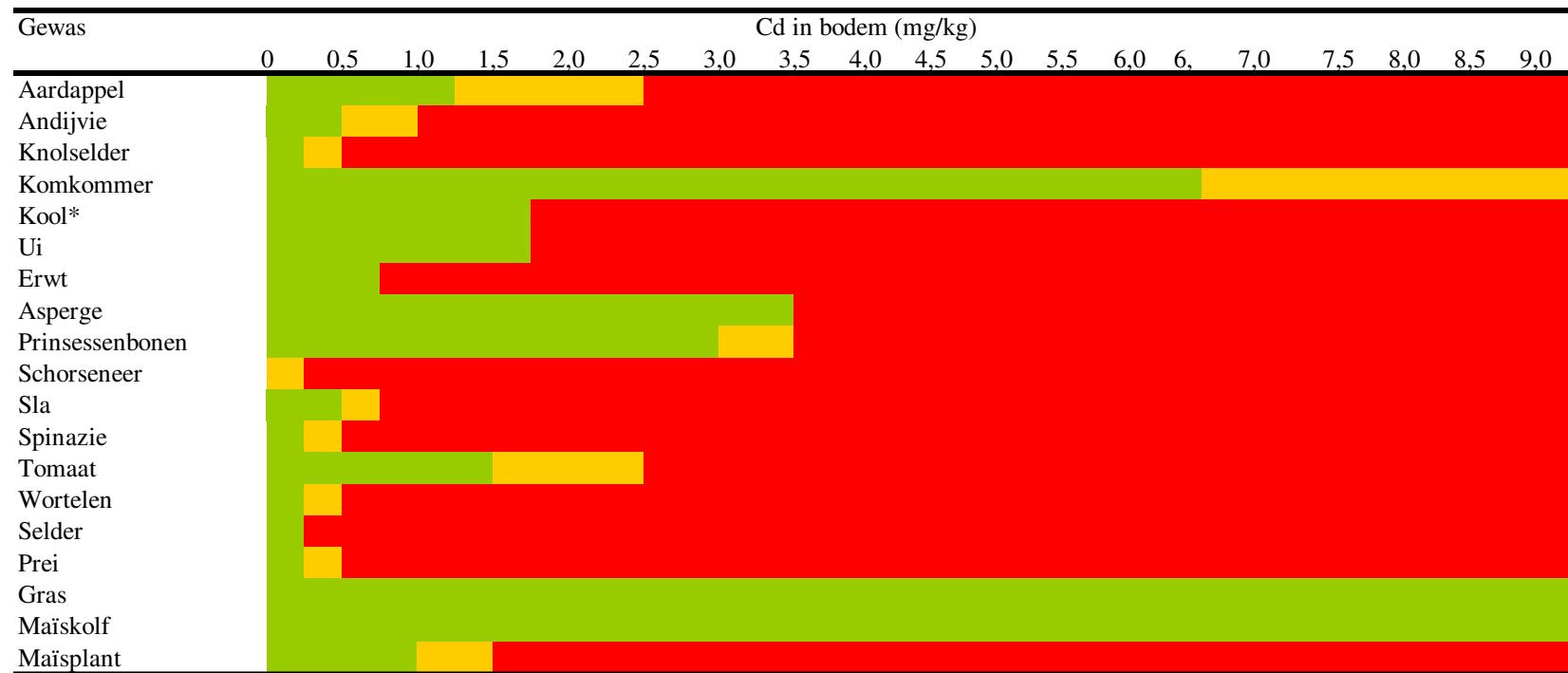
Gewas	n	Cd concentratie in pH 1M KCl gewas (mg/kg ds)						Cd concentratie in bodem (mg/kg)		
		Mediaan	10 ^{de}	90 ^{ste}	Mediaan	10 ^{de}	90 ^{ste}	Mediaan	10 ^{de}	90 ^{ste}
Aardappelen	239	0,13	0,06	0,30	5,8	4,8	6,5	0,33	0,22	1,67
Andijvie	76	1,28	0,60	2,67	5,9	4,9	7,0	0,89	0,33	4,22
Knolselder	5	0,69			6,1			0,43		
Komkommer	50	0,11	0,05	0,62	6,8	6,0	7,1	0,68	0,44	4,78
Kool	11	0,06	0,01	0,15	6,0	5,0	6,8	0,52	0,15	1,40
Ui	3	0,25	-	-	6,2	-	-	1,20	-	-
Erwt	4	0,04	-	-	6,7	-	-	1,15	-	-
Asperge	4	0,08	-	-	5,9	-	-	0,39	-	-
Prinsessenbonen	48	0,08	0,02	0,45	5,4	4,5	6,1	1,42	0,70	6,76
Schorseneren	103	0,18	0,09	0,53	5,8	5,2	6,5	0,22	0,14	0,55
Sla	170	1,10	0,54	4,45	5,9	4,6	7,0	0,64	0,30	1,90
Spinazie	95	0,90	0,40	2,10	6,7	5,3	7,3	0,40	0,21	0,87
Tomaten	57	0,23	0,10	0,47	6,5	5,3	7,0	0,55	0,28	1,24
Wortelen	191	0,42	0,13	1,33	5,5	4,8	6,4	0,40	0,15	4,55
Selder (wortel)	4	0,70	-	-	5,9	-	-	0,34	-	-
Selder (Stengel)	103	2,64	1,14	8,50	6,1	5,3	6,9	1,59	0,79	6,55
Prei	139	0,60	0,18	2,22	5,5	4,3	6,3	0,85	0,40	5,00
Gras	900	0,12	0,05	0,34	5,0	4,4	5,9	0,44	0,22	1,32
Maïskolf	93	0,03	0,01	0,12	5	4,2	6,3	1	0,15	4,2
Maïsplant	197	0,29	0,1	1,19	5,3	4,3	7,0	1	0,2	3,8

Tabel 5. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 10% of 5% van de gewassen boven de norm zijn.

Gewas	pH	Gemiddelde aan de gewasnorm					<10% gewassen boven de norm					<5% gewassen boven de norm				
		4,5	5	5,5	6	6,5	4,5	5	5,5	6	6,5	4,5	5	5,5	6	6,5
Aardappel		19	26	34	45	59	1,5	2	2,6	3,4	4,3	0,8	1	1,3	1,7	2,2
Andijvie		1,0	1,8	3,5	6,6	12,4	0,3	0,5	0,9	1,7	3,2	0,2	0,3	0,6	1,2	2,3
Knolselder		0,2	0,3	0,4	0,6	1,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Komkommer				27,4					9,5					7,2		
Kool*				3,9					1,7					1,7		
Ui				4,7					1,8					1,8		
Erwt				1,6					0,8					0,8		
Asperge				5,9					3,4					3,4		
Prinsessenbonen		4,4	6,3	9	12,7	18,1	1,9	2,7	3,8	5,3	7,4	1,5	2,1	3	4,2	5,8
Schorseneer		<0,1	0,1	0,3	1	2,7	<0,1	<0,1	0,1	0,3	0,7	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,5
Sla		1,9	2,4	3,1	4	5,1	0,5	0,6	0,8	1	1,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9
Spinazie		1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
Tomaat		15,8	19,3	23,5	28,7	34,9	1,6	2,1	2,6	3,3	3,9	0,9	1,1	1,4	1,7	2,2
Wortelen		1	1,3	1,7	2,3	3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,9	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
Selder		0,3	0,4	0,5	0,7	1	<0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	<0,1	<0,1	0,1	0,2	0,2
Prei		0,7	1,2	2	3,3	5,6	0,2	0,3	0,5	0,8	1,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9
Gras		>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
Maiskolf		>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10
Maisplant		4,9	5,9	7,2	8,7	10,5	0,95	1,15	1,4	1,75	1,9	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3

* wit, rood en groen

Tabel 6. Advies voor het telen van gewassen bij een gemiddelde bodemzuurheid van pH=5,5 in de Noorderkempen. Groen=<5% van de gewassen boven de norm; oranje=<10% van de gewassen boven de norm; rood=>10% van de gewassen boven de norm.

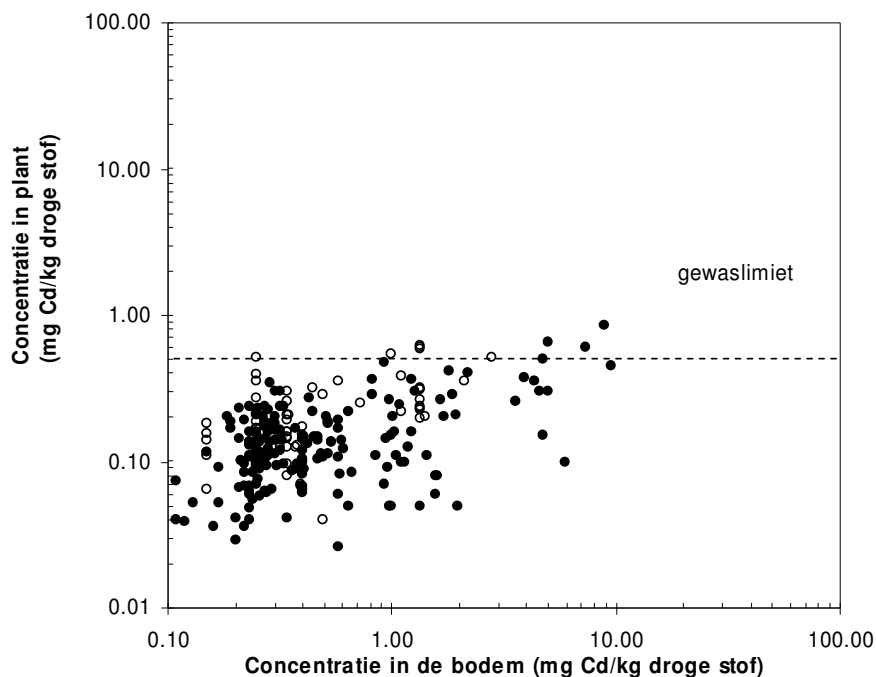


* wit, rood en groen

4.2. Aardappelen (*Solanum tuberosum* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,1 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 0,5 mg/kg (20% droge stof aangenomen)



Figuur 4. Cadmium concentraties in aardappelen van België en Nederland (n=239) uit landbouw en private tuintjes. Aantal stalen uit kempen n = 31. Aantal stalen >limiet n = 9, inbegrepen stalen uit andere regio's van Nederland en België. Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 7. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in aardappelen	239	0,14	0,06	0,34
pH _{KCl}	239	5,60	4,70	6,80
Cd in bodem	239	0,34	0,22	1,57

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log \text{Cd}_{\text{aardappelen}} = -0,36 - 0,07 * \text{pH}_{\text{KCl}} + 0,29 * \log \text{Cd}_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,25$$

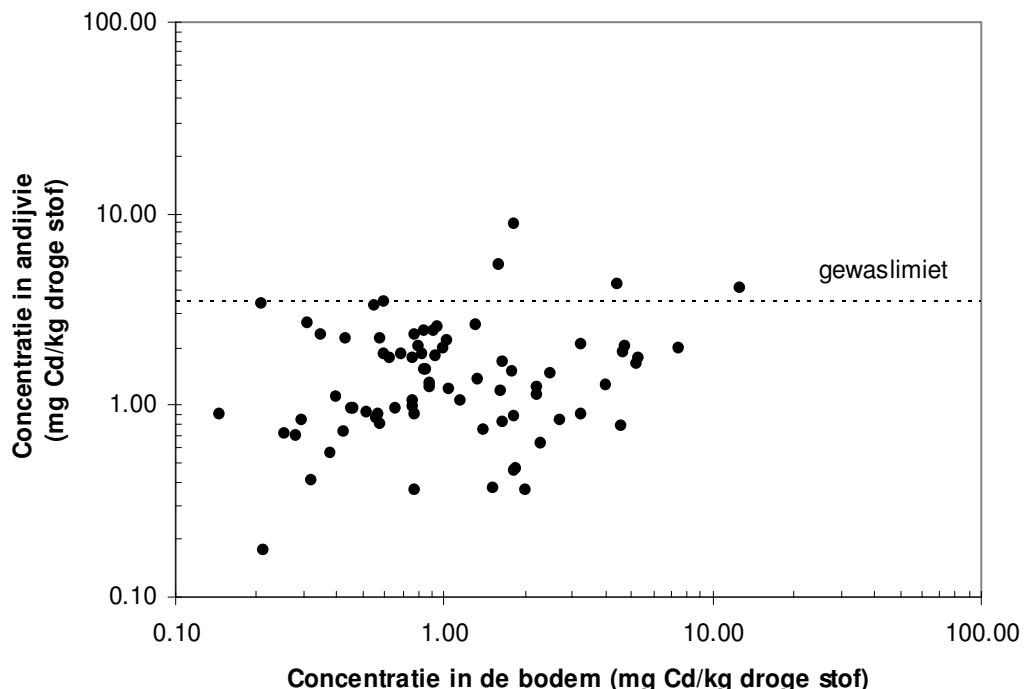
Tabel 8. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 10% of 5% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	19	15	0,8
pH _{KCl} = 5	26	2	1,0
pH _{KCl} = 5,5	34	2,6	1,3
pH _{KCl} = 6	45	3,4	1,7
pH _{KCl} = 6,5	59	4,3	2,2

4.3. Andijvie (*Cichorium endivia* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,2 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 3,5 mg/kg (5,7% droge stof aangenomen)



Figuur 5. Cadmium concentraties in andijvie in Nederland (n=76 totaal) uit landbouw en moestuinen. Aantal stalen uit kempen n = 24 (NL, moestuinen). Aantal stalen >limiet n = 5, alleen stalen uit Nederland boven de norm (uit Maasoever, geen overschrijding in de Kempen).

Tabel 9. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in andijvie	76	1,28	0,57	2,71
pH _{KCl}	76	5,89	4,89	6,96
Cd in bodem	76	0,89	0,32	4,45

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log Cd_{\text{andijvie}} = 1,99 - 0,32 * pH_{KCl} + 0,58 * \log Cd_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,34$$

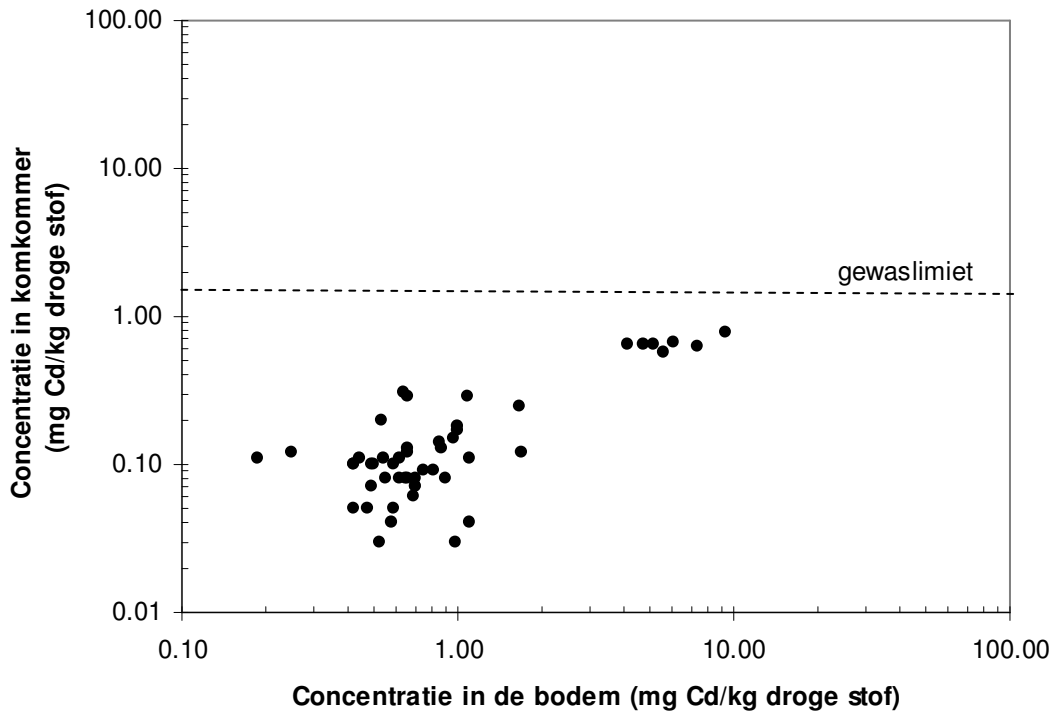
Tabel 10. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn.

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	1,0	0,3	0,2
pH _{KCl} = 5	1,8	0,5	0,3
pH _{KCl} = 5,5	3,5	0,9	0,6
pH _{KCl} = 6	6,6	1,7	1,2
pH _{KCl} = 6,5	12,4	3,2	2,3

4.4. Komkommer (*Cucumis sativus* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,05 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 1,6 mg/kg (3% droge stof aangenomen)



Figuur 6. Cadmium concentraties in komkommer van België (n = 5) en Nederland (n=45) uit landbouw. Aantal stalen uit kempen onbekend. Aantal stalen >limiet n = 0.

Tabel 11. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in komkommer	50	0,11	0,05	0,63
pH _{KCl}	50	6,80	5,95	7,15
Cd in bodem	50	0,68	0,43	4,92

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log Cd_{\text{komkommer}} = -0,86 + 0,74 * \log Cd_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,57$$

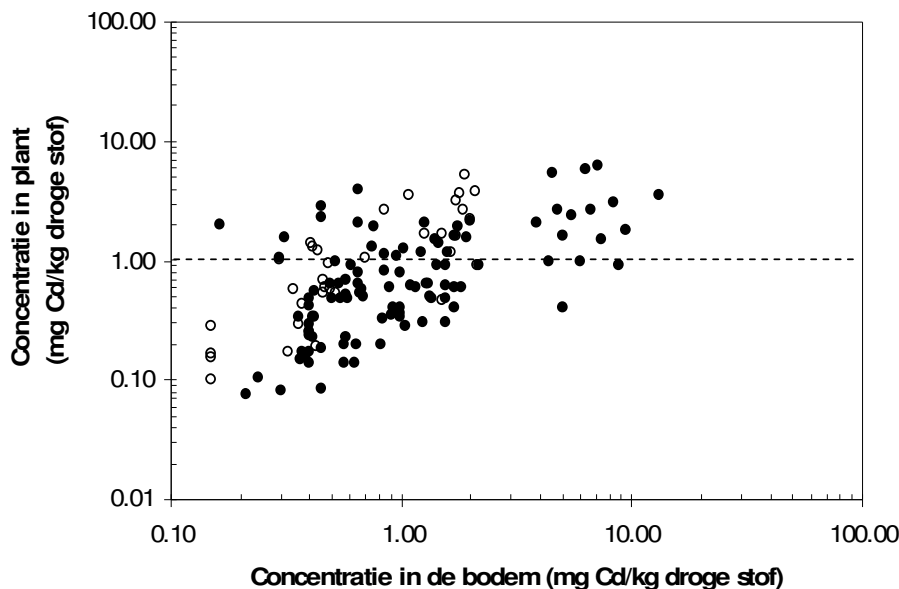
Tabel 12. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

Gemiddelde gewasnorm	aan de	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
27,4		9,5	7,2

4.5. Prei (*Allium ampeloprasum* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,1 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 1,0 mg/kg (10% droge stof aangenomen)



Figuur 7. Cadmium concentraties in prei van België en Nederland (n = 139) uit private tuintjes en landbouw. Aantal stalen uit kempen n = 139. Aantal stalen >limiet n = 50. Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 13. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in prei	139	0,63	0,18	2,70
pH _{KCl}	139	5,50	4,30	6,24
Cd in bodem	139	0,82	0,36	4,55

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log \text{Cd}_{\text{prei}} = 1,30 - 0,27 * \text{pH}_{\text{KCl}} + 0,61 * \log \text{Cd}_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,58$$

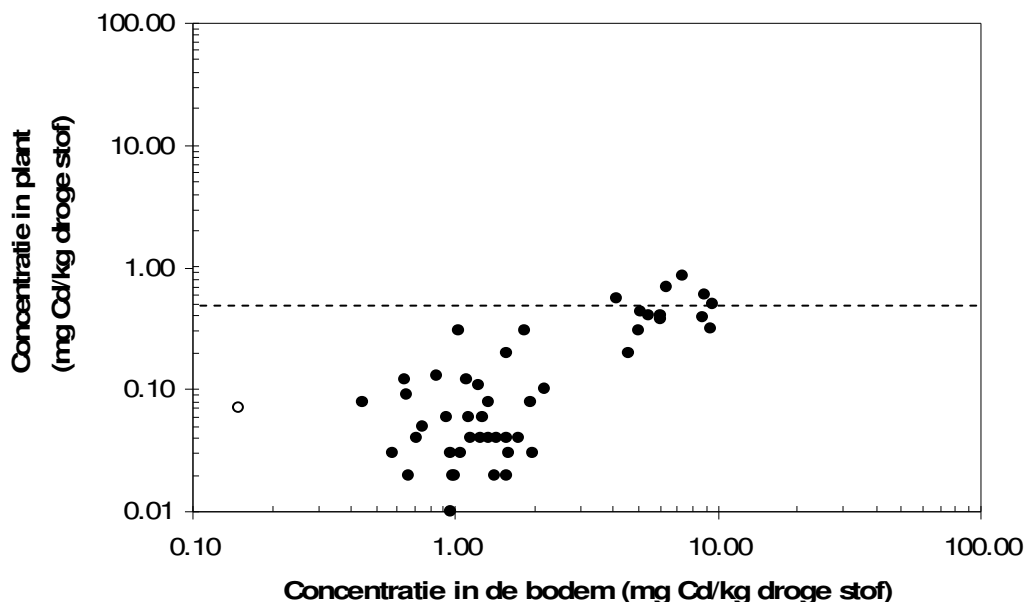
Tabel 14. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 10% of 5% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	0,7	0,2	0,1
pH _{KCl} = 5	1,2	0,3	0,2
pH _{KCl} = 5,5	2,0	0,5	0,3
pH _{KCl} = 6	3,3	0,8	0,5
pH _{KCl} = 6,5	5,6	1,3	0,9

4.6. Prinsessenbonen (*Phaseolus vulgaris* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,05 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 0,45 mg/kg (11% droge stof aangenomen)



Figuur 8. Cadmium concentraties in bonen van België (n = 47) uit private tuintjes of landbouw. Aantal stalen uit kempen n = 47. Aantal stalen >limiet n = 5. Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 15. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in bonen	48	0,08	0,02	0,50
pH _{KCl}	48	5,39	4,28	6,10
Cd in bodem	48	1,39	0,66	7,40

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log \text{Cd}_{\text{bonen}} = 0,44 - 0,33 * \text{pH}_{\text{KCl}} + 1,08 * \log \text{Cd}_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,69$$

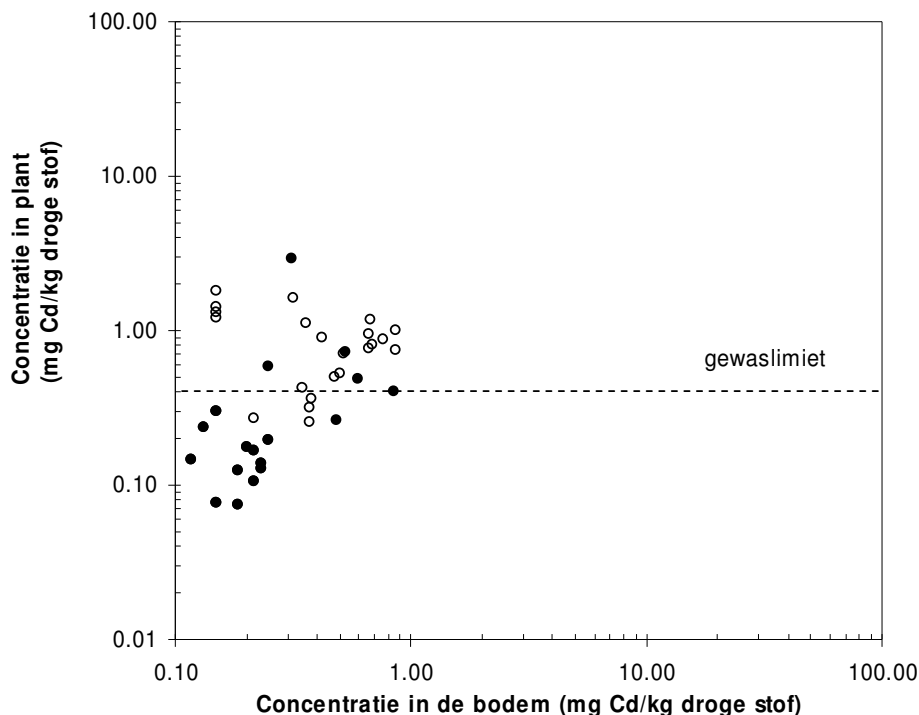
Tabel 16. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 10% of 5% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	4,4	1,9	1,5
pH _{KCl} = 5	6,3	2,7	2,1
pH _{KCl} = 5,5	9,0	3,8	3,0
pH _{KCl} = 6	12,7	5,3	4,2
pH _{KCl} = 6,5	18,1	7,4	5,8

4.7. Schorseneer (*Scorzonera hispanica* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,1 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 0,4 mg/kg (23% droge stof aangenomen)



Figuur 9. Cadmium concentraties in schorseneer van Nederland en België (n = 52 totaal) uit landbouw. Aantal stalen >limiet n = 22. . Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 17. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in schorseneer	52	0,30	0,11	1,20
pH _{KCl}	52	5.50	4,50	6,49
Cd in bodem	52	0,23	0,15	0,67

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log \text{Cd}_{\text{schorseneren}} = 2,25 - 0,44 * \text{pH}_{\text{KCl}} + 0,49 * \log \text{Cd}_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,74$$

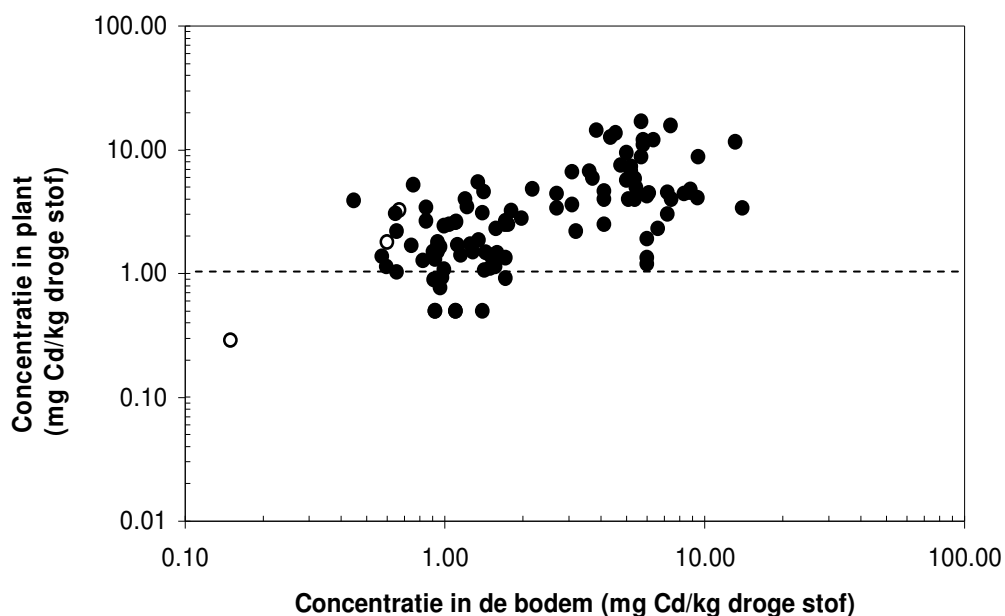
Tabel 18. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	<0,1	<0,1	<0,1
pH _{KCl} = 5	0,1	<0,1	<0,1
pH _{KCl} = 5,5	0,3	0,1	<0,1
pH _{KCl} = 6	1,0	0,3	0,2
pH _{KCl} = 6,5	2,7	0,7	0,5

4.8. Selder (*Apium graveolens* L. var. *dulce*)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,10 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 1,0 mg/kg (10% droge stof aangenomen)



Figuur 10. Cadmium concentraties in selder van België (n = 103) uit private tuintjes en landbouw. Aantal stalen uit kempen n = 103. Aantal stalen >limiet n = 93.. Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 19. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in selder	103	2,67	1,03	8,75
pH _{KCl}	103	5,44	4,61	6,07
Cd in bodem	103	1,70	0,76	7,20

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log Cd_{\text{selder}} = 1,29 - 0,20 * pH_{\text{KCl}} + 0,65 * \log Cd_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,54$$

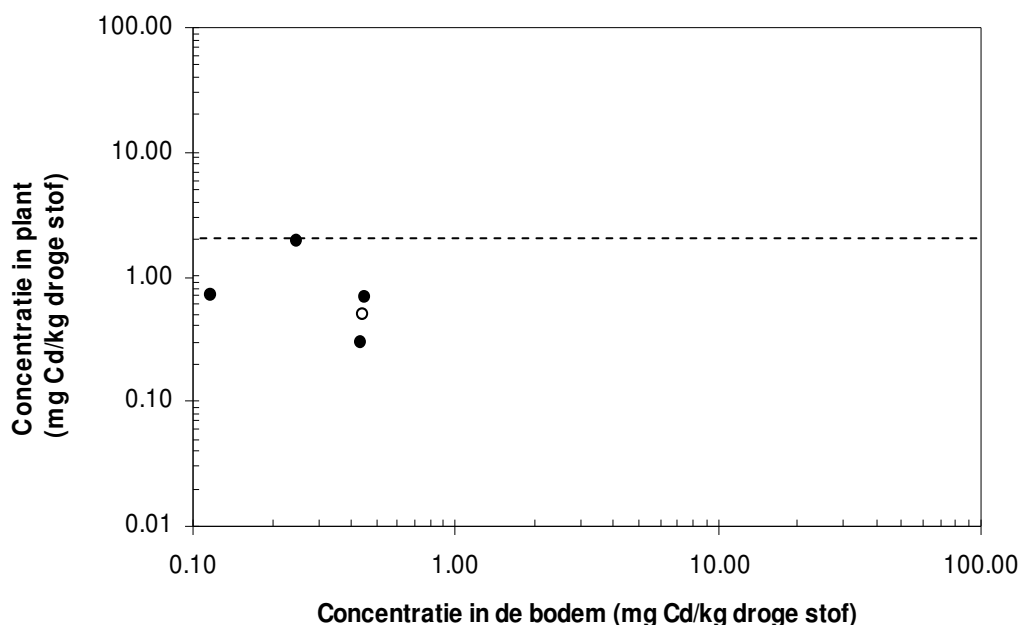
Tabel 20. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 10% of 5% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	0,3	<0,1	<0,1
pH _{KCl} = 5	0,4	0,1	<0,1
pH _{KCl} = 5,5	0,5	0,2	0,1
pH _{KCl} = 6	0,7	0,2	0,2
pH _{KCl} = 6,5	1,0	0,3	0,2

4.9. Selderij (knol) (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum*)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,2 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 2,0 mg/kg (10% droge stof aangenomen)



Figuur 11. Cadmium concentraties in knolselder van België (n = 5) uit landbouw. Aantal stalen uit kempen onbekend. Aantal stalen >limiet n = 0, alleen stalen uit België. . Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 21. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in knolselder	5	0,69	-	-
pH _{KCl}	5	6,10	-	-
Cd in bodem	5	0,43	-	-

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$Cd_{\text{knolselder}}/Cd_{\text{bodem}} = 22,3 - 3,16 * pH_{\text{KCl}} \quad R^2 = 0,77$$

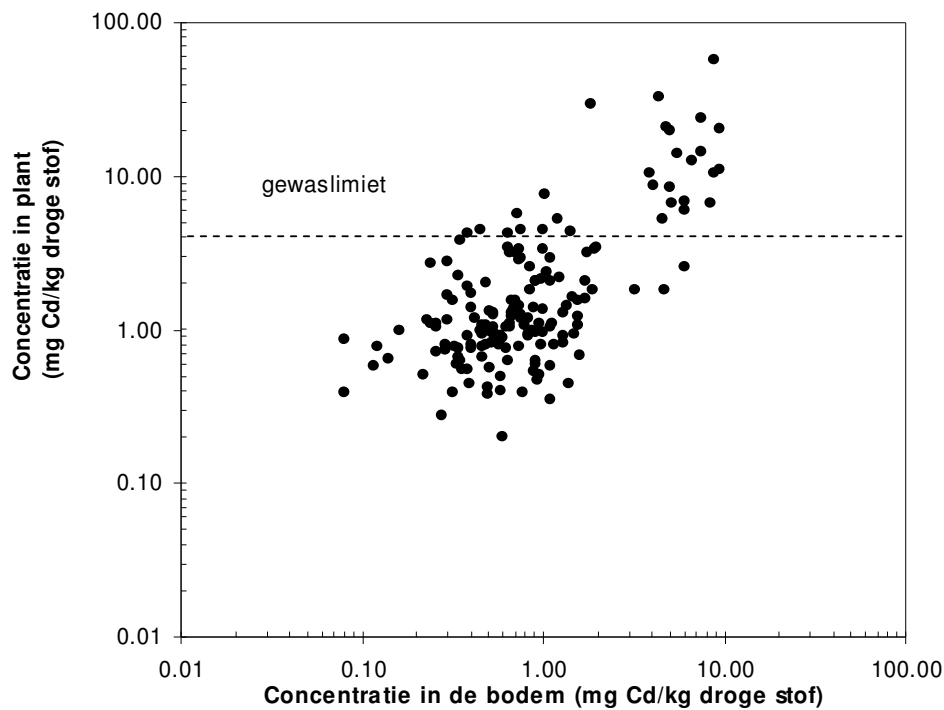
Tabel 22. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	0,2	0,2	0,2
pH _{KCl} = 5	0,3	0,2	0,2
pH _{KCl} = 5,5	0,4	0,3	0,2
pH _{KCl} = 6	0,6	0,3	0,3
pH _{KCl} = 6,5	1,1	0,4	0,3

4.10. Sla (*Lactuca sativa* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,2 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 4,0 mg/kg (5% droge stof aangenomen)



Figuur 12. Cadmium concentraties in sla van België en Nederland (n = 170) uit landbouw en private tuintjes. Aantal stalen uit kempen n = 95. Aantal stalen >limiet n = 28, inbegrepen stalen uit andere regio's van Nederland of België. .

Tabel 23. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in sla	170	1,17	0,54	6,80
pH _{KCl}	170	5,90	4,61	7,00
Cd in bodem	170	0,72	0,30	4,74

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log Cd_{\text{sla}} = 1,06 - 0,14 * pH_{\text{KCl}} + 0,64 * \log Cd_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,55$$

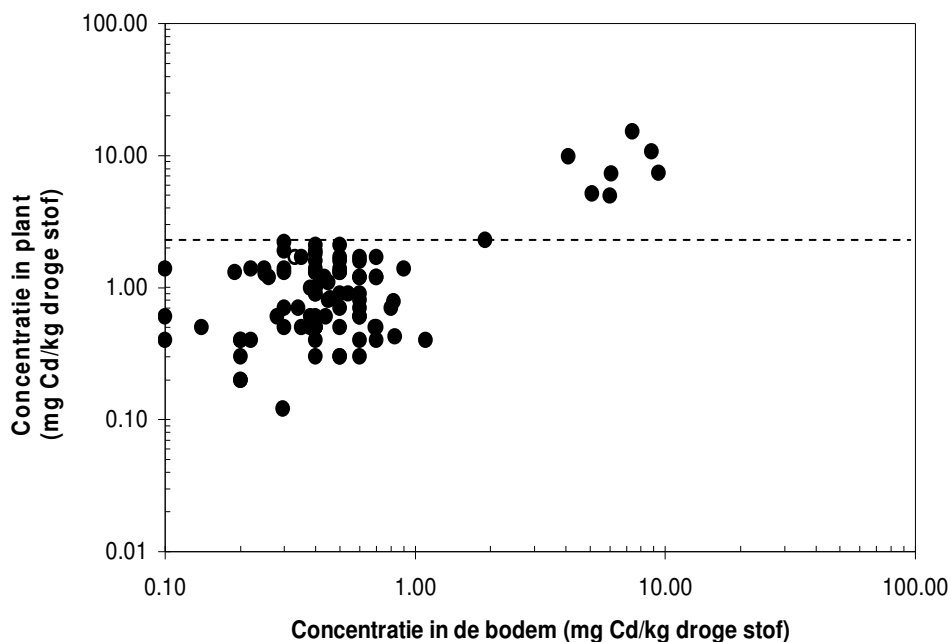
Tabel 24. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 10% of 5% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% boven de norm	gewassen <5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	1,9	0,5	0,3
pH _{KCl} = 5	2,4	0,6	0,4
pH _{KCl} = 5,5	3,1	0,7	0,5
pH _{KCl} = 6	4,0	0,9	0,7
pH _{KCl} = 6,5	5,1	1,2	0,9

4.11. Spinazie (*Spinacia oleracea* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,2 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 2,2 mg/kg (9% droge stof aangenomen)



Figuur 13. Cadmium concentraties in spinazie van België en Nederland (n = 95) uit landbouw en private tuintjes. Aantal stalen uit kempen n = 31. Aantal stalen >limiet n = 8, inbegrepen twee stalen uit andere regio's van Nederland of België. Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 25. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in spinazie	97	0,90	0,40	2,10
pH _{KCl}	96	6,65	5,20	7,30
Cd in bodem	97	0,40	0,20	0,90

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log \text{Cd}_{\text{spinazie}} = 0,57 - 0,06 * \text{pH}_{\text{KCl}} + 0,63 * \log \text{Cd}_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,45$$

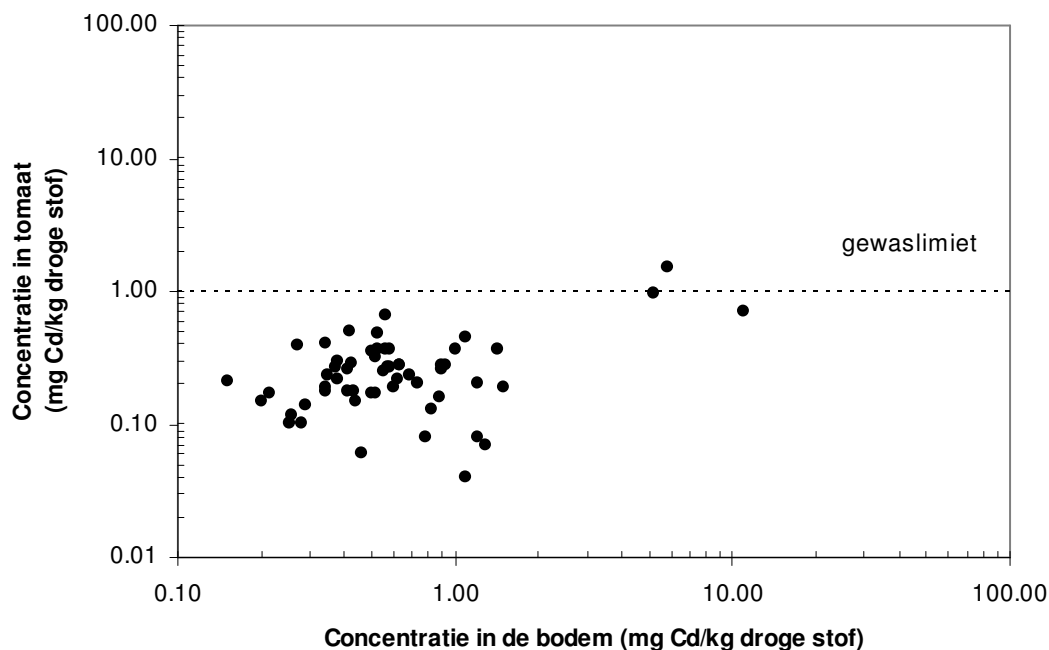
Tabel 26. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 10% of 5% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	1,2	0,3	0,2
pH _{KCl} = 5	1,3	0,3	0,3
pH _{KCl} = 5,5	1,5	0,4	0,3
pH _{KCl} = 6	1,6	0,4	0,3
pH _{KCl} = 6,5	1,8	0,5	0,4

4.12. Tomaat (*Solanum lycopersicum* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,05 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 1,0 mg/kg (5,0% droge stof aangenomen)



Figuur 14. Cadmium concentraties in tomaat van Nederland (n = 57) uit landbouw. Aantal stalen uit kempen, n = 17 (moestuinen) Aantal stalen >limiet n = 1, alleen stalen uit Nederland.

Tabel 27. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in tomaat	57	0,23	0,10	0,49
pH _{KCl}	57	6,50	5,2	7,00
Cd in bodem	57	0,55	0,27	1,30

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log Cd_{\text{crop}} = -0,15 - 0,06 * \text{pH}_{\text{KCl}} + 0,35 * \log Cd_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,17$$

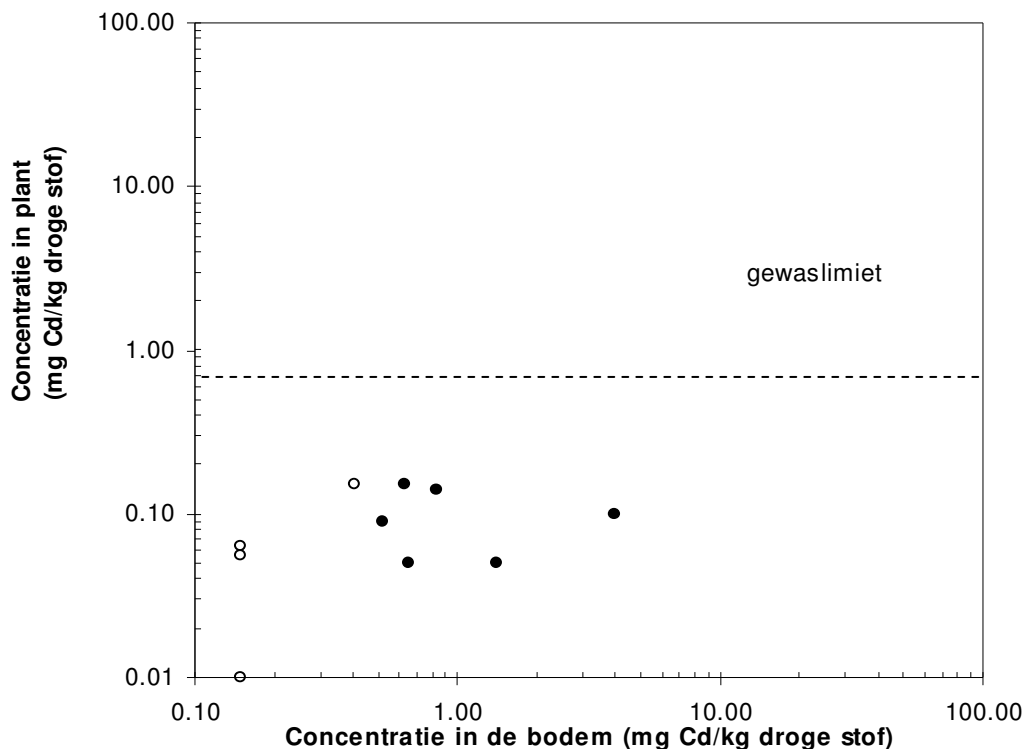
Tabel 28. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	15,8	1,6	0,9
pH _{KCl} = 5	19,3	2,05	1,1
pH _{KCl} = 5,5	23,5	2,6	1,4
pH _{KCl} = 6	28,7	3,2	1,7
pH _{KCl} = 6,5	34,9	3,9	2,2

4.13. Kool (witte, rode, savooi, spruit)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,05 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 0,7 mg/kg (7,5% droge stof aangenomen)



Figuur 15. Cadmium concentraties in witte kool van Nederland en België (n = 11) uit landbouw. Aantal stalen >limiet n = 0. Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 29. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in witte kool	11	0,06	0,01	0,15
pH _{KCl}	11	5,97	5,00	6,78
Cd in bodem	11	0,52	0,15	1,40

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$Cd_{\text{kool}}/Cd_{\text{bodem}} = 0,18$$

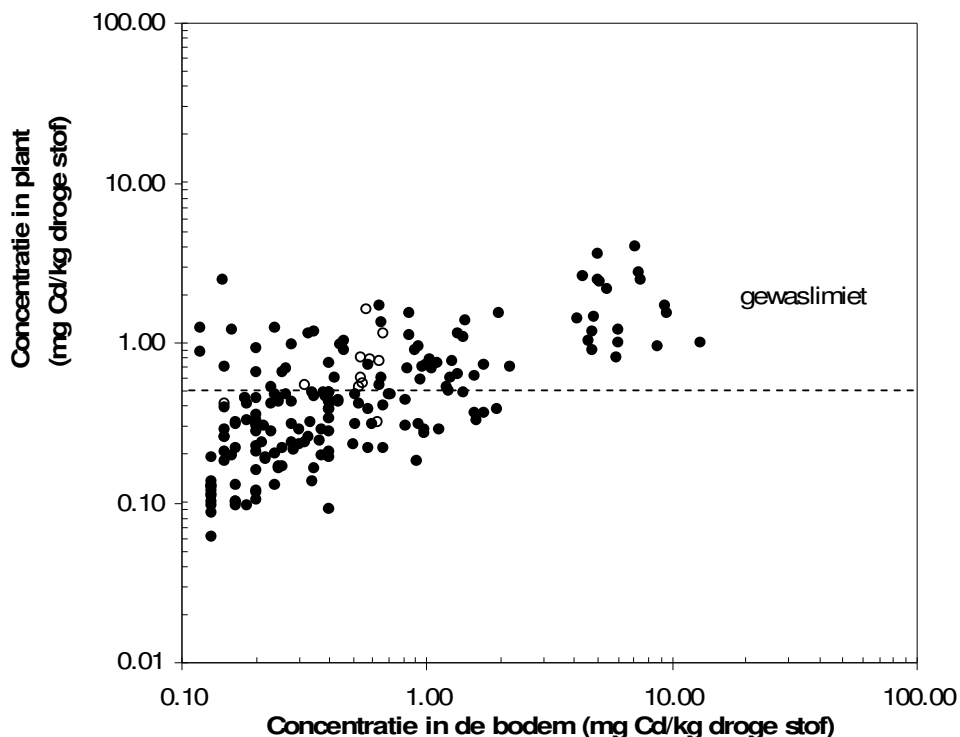
Tabel 30. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
3,9	1,7	1,7

4.14. Wortelen (*Daucus carota* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,1 mg Cd /kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 0,9 mg/kg (11% droge stof aangenomen)



Figuur 16. Cadmium concentraties in wortelen van België en Nederland (n = 191) uit landbouw en private tuintjes. Open symbolen: nieuwe data sinds maart 2006, gesloten symbolen: data van voor maart 2006.

Tabel 31. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid van België en Nederland

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in wortelen	191	0,43	0,13	1,24
pH _{KCl}	192	5,47	4,76	6,32
Cd in bodem	192	0,40	0,15	4,10

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log Cd_{\text{wortelen}} = 0,50 - 0,13 * pH_{KCl} + 0,49 * \log Cd_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,51$$

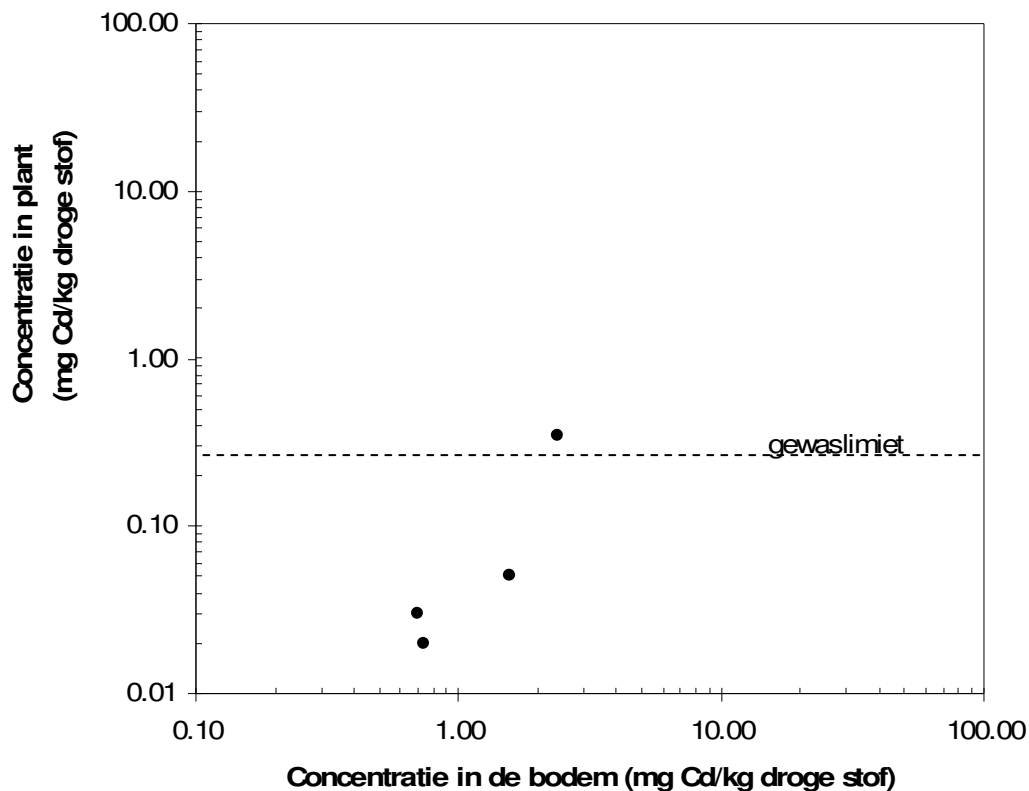
Tabel 32. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 10% of 5% van de gewassen boven de norm zijn

Bodemzuurheid	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	1,0	0,3	0,2
pH _{KCl} = 5	1,3	0,3	0,2
pH _{KCl} = 5,5	21,7	0,5	0,3
pH _{KCl} = 6	2,3	0,6	0,4
pH _{KCl} = 6,5	3,0	0,9	0,5

4.15. Erwt (*Pisum sativum* L.)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,05 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 0,28 mg/kg (18% droge stof aangenomen)



Figuur 17. Cadmium concentraties in erwten van Nederland (n = 4) uit landbouw. Aantal stalen >limiet n = 1.

Tabel 33. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in erwten	4	0,04	-	-
pH _{KCl}	4	6,72	-	-
Cd in bodem	4	1,15	-	-

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$Cd_{erwt}/Cd_{bodem} = 0,06$$

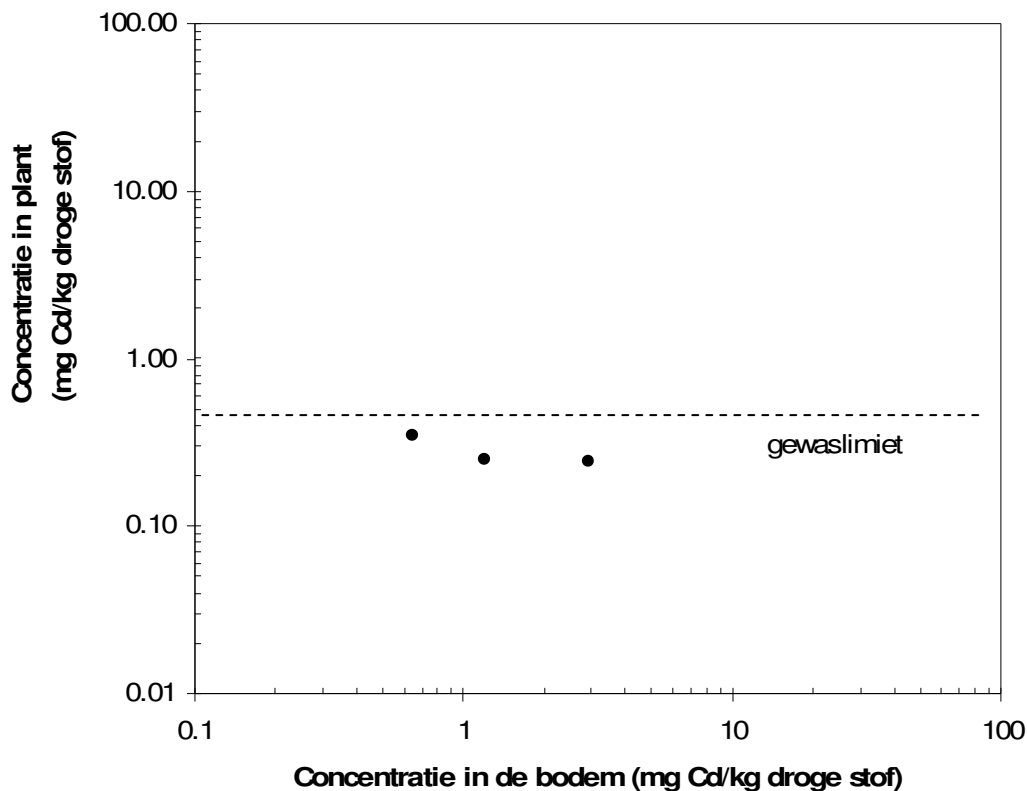
Tabel 34. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
4,7	1,8	1,8

4.16. Ui (*Allium cepa*)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,05 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 0,42 mg/kg (12% droge stof aangenomen)



Figuur 18. Cadmium concentraties in uien van Nederland en België (n = 3) uit landbouw. Aantal stalen >limiet n = 0.

Tabel 35. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in ui	3	0,25	-	-
pH _{KCl}	4	6,20	-	-
Cd in bodem	4	1,20	-	-

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$Cd_{ui}/Cd_{bodem} = 0,27$$

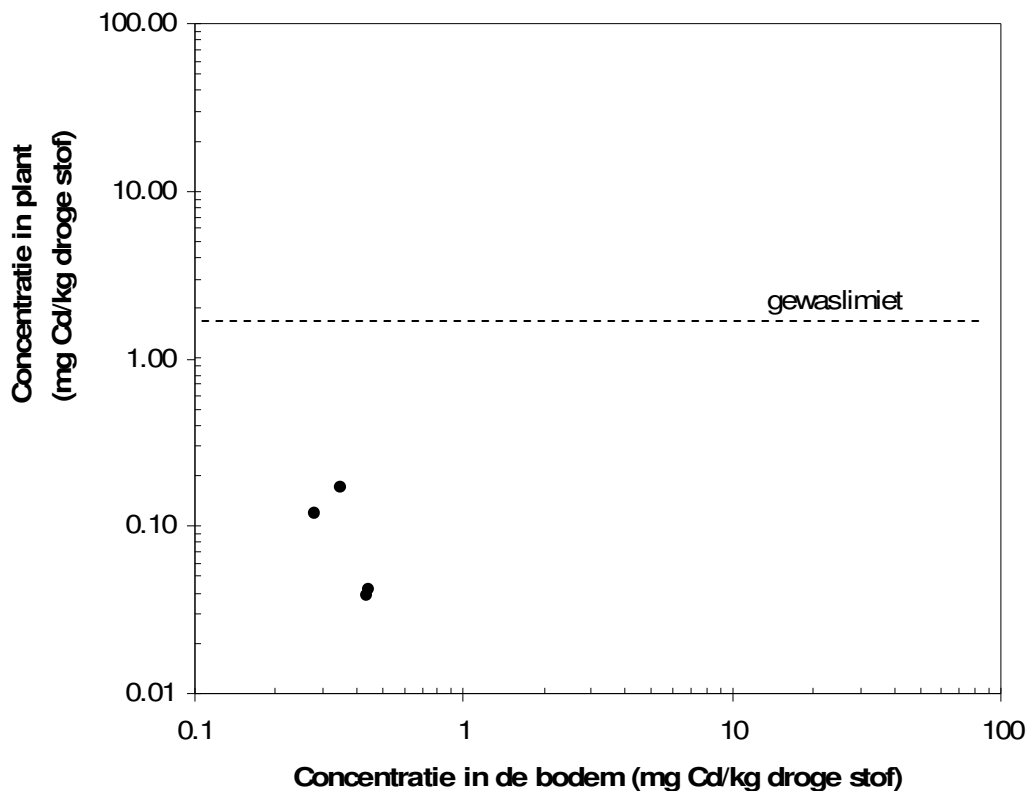
Tabel 36. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
1,6	0,8	0,8

4.17. Asperge (*Asparagus officinalis*)

Gewas limiet (EG 466/2001) = 0,1 mg Cd/kg vers gewicht

Gewas limiet op droge stof: 1,6 mg/kg (6% droge stof aangenomen)



Figuur 19. Cadmium concentraties in asperges uit Nederlandse landbouw (n = 4). Aantal stalen >limiet n = 0.

Tabel 37. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in asperge	4	0,08	-	-
pH _{KCl}	4	5,87	-	-
Cd in bodem	4	0,39	-	-

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$Cd_{\text{asperget}}/Cd_{\text{bodem}} = 0,27$$

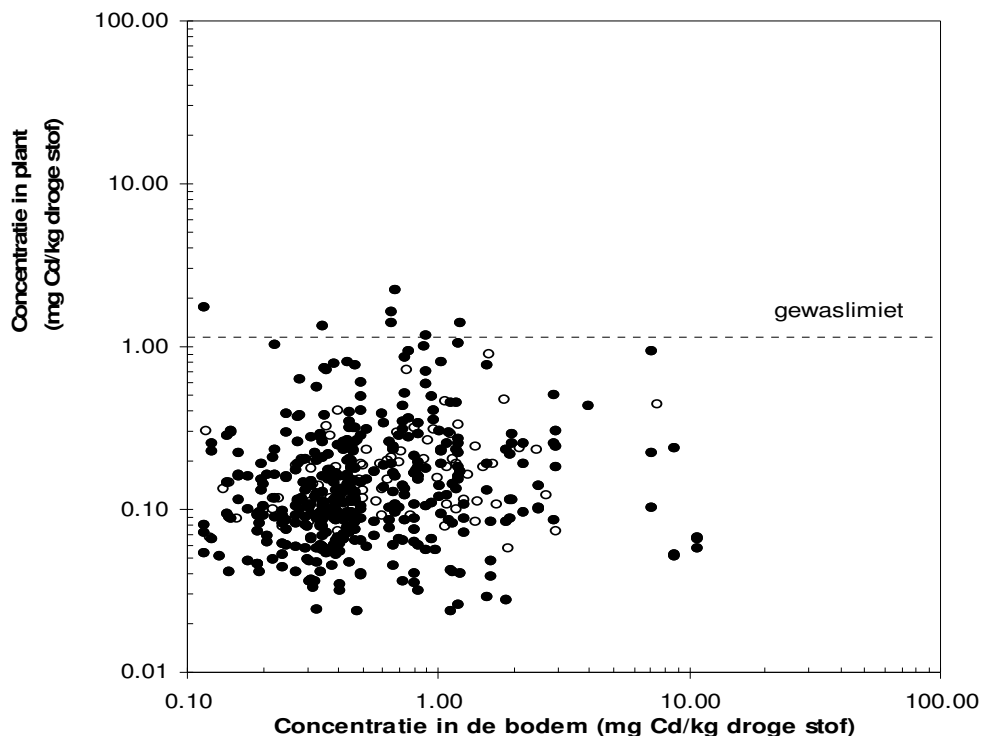
Tabel 38. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
5,9	3,4	3,4

4.18. Gras (weidegras, kuilgras, hooi)

Gewas limiet veevoeder (EG 32/2002) = 1 mg Cd/kg vers gewicht bij 12% droge stof.

Gewas limiet op droge stof: 1,14 mg/kg



Figuur 20. Cadmium concentraties in (n = 900). Aantal stalen >limiet n = 14. Open symbolen: data 1996 uit België (KUL) gesloten symbolen: CODA 2005-2006.

Tabel 39. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in gras	900	0,12	0,05	0,34
pH _{KCl}	907	4,98	4,43	5,87
Cd in bodem	907	0,44	0,22	1,32

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log Cd_{\text{gras}} = -0,62 - 0,04 * pH_{\text{KCl}} + 0,14 * \log Cd_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,03$$

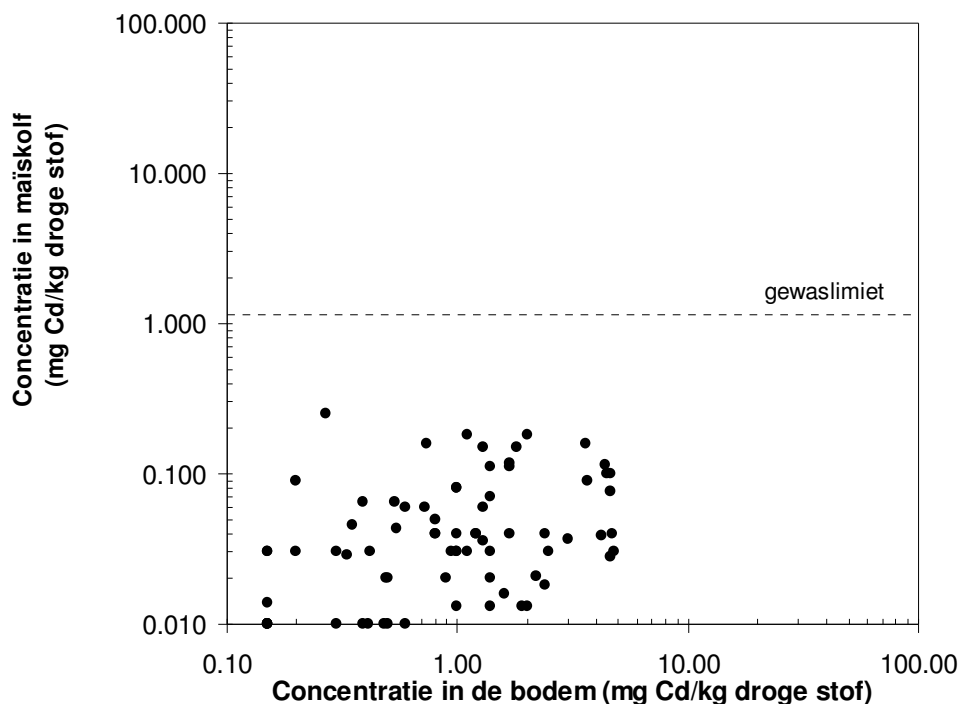
Tabel 40. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	>10	>10	>10
pH _{KCl} = 5	>10	>10	>10
pH _{KCl} = 5,5	>10	>10	>10
pH _{KCl} = 6	>10	>10	>10
pH _{KCl} = 6,5	>10	>10	>10

4.19. Maïs (kolf en korrel) (*Zea mays* L.)

Gewas limiet veevoeder (EG 32/2002) = 1 mg Cd/kg vers gewicht bij 12% droge stof.

Gewas limiet op droge stof: 1,14 mg/kg



Figuur 21. Cadmium concentraties in maïskolf of maïskorrels uit landbouw (n = 78). Aantal stalen >limiet n = 0.

Tabel 41. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in maïskolf	78	0,03	0,01	0,12
pH _{KCl}	79	5	4,18	6,3
Cd in bodem	79	1	0,15	4,2

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log \text{Cd}_{\text{maïskolf}} = -0,79 - 0,13 \cdot \text{pH}_{\text{KCl}} + 0,35 \cdot \log \text{Cd}_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,24$$

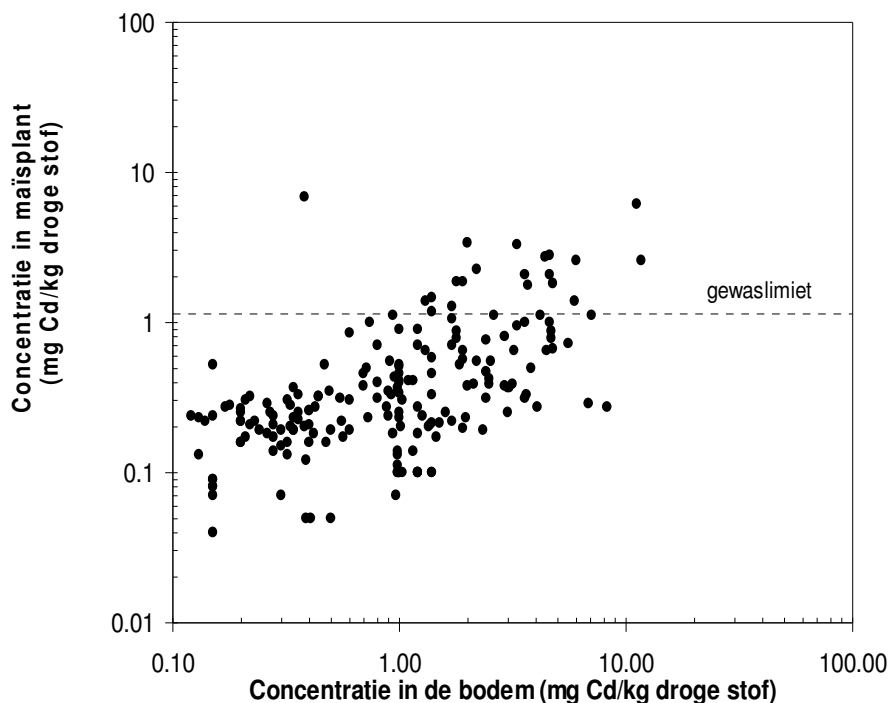
Tabel 42. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	>10	>10	>10
pH _{KCl} = 5	>10	>10	>10
pH _{KCl} = 5,5	>10	>10	>10
pH _{KCl} = 6	>10	>10	>10
pH _{KCl} = 6,5	>10	>10	>10

4.20. Maïs (scheut, stengel en totaal) (*Zea mays* L.)

Gewas limiet veevoeder (EG 32/2002) = 1 mg Cd/kg vers gewicht bij 12% droge stof.

Gewas limiet op droge stof: 1,14 mg/kg



Figuur 22. Cadmium concentraties in maïsplant uit landbouw (n = 197). Aantal stalen >limiet n = 21.

Tabel 43. Statistische gegevens van de beschikbare concentraties in het gewas en bodem (mg/kg droge stof) en bodemzuurheid

	N	Mediaan	10 ^{de} perc.	90 ^{ste} perc.
Cd in maïsplant	197	0,29	0,1	1,19
pH _{KCl}	185	5,3	4,28	7,03
Cd in bodem	197	1	0,2	3,8

Statistisch model voor de concentratie in het gewas, in mg/kg droge stof

$$\log Cd_{\text{maïsplant}} = 0,09 - 0,09 * \text{pH}_{\text{KCl}} + 0,54 * \log Cd_{\text{bodem}} \quad R^2 = 0,43$$

Tabel 44. Geschatte concentraties cadmium in bodem (mg/kg droge stof) waarbij het gemiddelde of niet meer dan 5% of 10% van de gewassen boven de norm zijn

	Gemiddelde aan de gewasnorm	<10% gewassen boven de norm	<5% gewassen boven de norm
pH _{KCl} = 4,5	4,9	0,95	0,6
pH _{KCl} = 5	5,9	1,15	0,7
pH _{KCl} = 5,5	7,2	1,40	0,9
pH _{KCl} = 6	8,7	1,75	1,1
pH _{KCl} = 6,5	10,5	1,90	1,3

Appendix 1

Bodemparameters en bodemanalyse-methodes

Dataset	pH	Org. stof (%)	Klei (%)	CEC (meq/kg)	Metaal extractie methode	Geanalyseerde metalen (mg/kg)
BDB	H ₂ O	Ja	Ja	Ja	Koningswater	Cd, Co, Cu, Pb, Ni, Zn
CODA&CODA06	H ₂ O, KCl	Ja	Nee	Nee	Koningswater	Cd
Haskoning	CaCl ₂	Ja	Nee	Nee	Koningswater	Cd, Zn
KeNLfi	CaCl ₂	Ja	Nee	Nee	Koningswater	Cd, Pb, Zn
KeNLga	CaCl ₂	Ja	Ja	Nee	0,43M HNO ₃	As, Cd, Cu, Pb, Zn
Alterra06	CaCl ₂	Ja	Ja	Nee	0,43M HNO ₃	Cd, Pb, Zn
Maas	KCl	Ja	Ja	Nee	Koningswater	As, Cd, Cu, Pb, Zn
UHnew	H ₂ O, KCl	Nee	Nee	Nee	Koningswater	Cd
UHold	H ₂ O, KCl	Nee	Nee	Nee	Koningswater	Cd
KUL	CaCl ₂	Ja	Ja	Ja	Koningswater	Cd
OVAM	H ₂ O, KCl	Ja	Ja	Neen	Koningswater	Cd, Pb, As
Wiersma	KCl	Ja	Ja	Nee	verassing/ 3M HCl	As, Cd, Hg, Pb

Appendix 2

Herberekeningsmethode van bodem pH opgesteld door Alterra, Wageningen.

Lineaire regressie tussen gemeten bodem pH in drie oplossingen 1M KCl, H₂O en 0,02M CaCl₂.
 Waarden in het vet zijn deze die gebruikt werden voor herberekening in deze studie.

X	Y	Database	Regressie			
			Constante	Helling	R ²	se(Y)
H ₂ O	KCl	I	0,15	0,80	0,89	0,29
		II	-1,29	1,12	0,83	0,74
		I+II	-0,92	1,02	0,80	0,62
	CaCl ₂	I	-0,34	0,92	0,94	0,24
		II	-0,42	1,02	0,90	0,50
		I+II	-0,54	1,00	0,88	-0,54
CaCl ₂	KCl	I	0,42	0,87	0,96	0,18
		II	-0,77	1,09	0,91	0,55
		I+II	-0,37	1,02	0,91	0,41
	H ₂ O	I	0,71	1,02	0,94	0,25
		II	0,98	0,88	0,90	0,47
		I+II	1,19	0,89	0,88	0,43
KCl	H ₂ O	I	0,49	1,12	0,89	0,34
		II	1,97	0,74	0,83	0,60
		I+II	1,90	0,79	0,80	0,55
	CaCl ₂	I	-0,25	1,10	0,96	0,20
		II	1,17	0,83	0,91	0,48
		I+II	0,79	0,89	0,91	0,39

Vergelijkingen die gebruikt werden voor de herberekening

Berekende pH 1M KCl = -0,92 + 1,02*gemeten pH H₂O

Berekende pH 1M KCl = -0,37 + 1,02*gemeten pH CaCl₂

Appendix 3

Beschikbare en geselecteerde datasets voor deze studie

Gewas	Beschikbare datasets	Uitgesloten	Reden voor uitsluiting
Prinsessenbonen	UHnew n=48	-	-
Wortelen	BDB, Haskoning, CODA, Hask, UHnew, UHHold, Wiersma n=191	UHold, Wiersma	Significante verschillen tussen groepen, UHold en Wiersma oude data met hogere atmosferische depositie in die tijd, Haskoning had een te hoge detectielimiet voor de Cd concentratie in wortelen
Knolselder	CODA, n=5	-	-
Selder	Haskoning, UHHold, UHnew, n=107	UHold	Significante verschillen tussen groepen, UHold hogere atmosferische depositie in die tijd
Komkommer	Maas, Wiersma n=50	-	Geen significante verschillen tussen de groepen
Andijvie	Maas, Wiersma, KeNLga, tuinen Kempen n=76	-	-
Prei	BDB, KeNLga, Maas, UHnew, Alterra06 n=139	Maas	Significante verschillen tussen groepen, Maas van overstromde kleibodems, wat zeer verschillend is met de zandige bodems in het Kempen gebied; Alterra06 significant hoger maar niet uitgesloten wegens recente betrouwbare data.
Sla	KeNLga, Maas, UHnew, UHHold, Wiersma n=170	Maas, UHHold	Significante verschillen tussen groepen, UHHold meer atmosferische depositie in die tijd, Maas van overstromde kleibodemse
Aardappelen	CODA, KeNLfi, KeNLga, Wiersma, Maas, UHnew, CODA06 n=239	Wiersma, Maas n=118	Significante verschillen tussen groepen, Wiersma oude data, Maas van overstromde kleibodems. CODA06 significant hoger maar niet uitgesloten wegens recente betrouwbare data
Schorseneren	CODA, KeNLfi, KeNLga, CODA06, BDB	KeNLga	Enkel 1 staal van de dataset KeNLga

Spinazie	n=108 KeNLga, Wiersma	-	
Tomaten	n=95 KeNLga, Wiersma	-	
Kool	n=57 Maas	-	-
Erwt	n=11 Maas		
Ui	n=4 Alterra06, Maas		
Asperge	n=3 Alterra06		
Maïs	n=4 UHnew, KeNLfi, OVAM		
Gras	KUL, CODA	-	
	n=900		

Appendix 4

Stapsgewijze multiple regressie tussen Cd concentratie in wortelen of aardappelen en de bodemfactoren pH, Cd concentratie, organische stof (OS) en Zn concentratie.

Afhankelijke	N	Parameter	P	Partiële R ²
logCdAardappel	45 ¹	logCdBodem	>0,15	-
“	“	pHKCl	0,03	0,09
“	“	OS	>0,15	-
“	“	Klei	>0,15	-
“	“	logZnBodem	0,02	0,09
“	“	logCdBodem	>0,0001	0,82
logCdAardappel	138 ²	logCdBodem	0,14	0,02
“	“	pHKCl	>0,15	-
“	“	OS	>0,15	-
“	“	Klei	>0,15	-
logCdAardappel	258 ³	logCdBodem	<0,0001	0,05
“	“	pHKCl	0,0002	0,05
“	“	OS	>0,15	-
logCdWortelen	38 ⁴	logCdBodem	>0,15	-
“	“	pHKCl	0,015	0,15
“	“	OS	>0,15	-
“	“	Klei	>0,15	-
“	“	logZnBodem	>0,15	-
logCdWortelen	138 ⁵	logCdBodem	0,009	0,03
“	“	pHKCl	<0,0001	0,32
“	“	OS	>0,15	-
“	“	Klei	>0,15	-
logCdWortelen	220 ⁶	logCdBodem	0,04	0,22
“	“	pHKCl	<0,0001	0,21
“	“	OS	<0,0001	0,12
logCdWortelen	178 ⁷	logCdBodem	<0,0001	0,46
“	“	pHKCl	<0,0001	0,05

1) Maas, KempenNLga 2) Maas, KempenNLga, Wiersma 3) CODA, Maas, KempenNLfi, KempenNLga, Wiersma 4) BDB KempenNLga 5) BDB KempenNLga, Wiersma 6) BDB CODA, KempenNLga, Wiersma 7) BDB, CODA, KempenNLga, UHnew

Referenties

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. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 34, 1067-1074.

Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römken & J. Japenga (2004) Cadmium en zink in bodem en landbouwgewassen in de Kempen. Onderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in gewas in de gemeente Cranendonck. Alterra Rapport 974. Beschikbaar op <http://www.alterra.wur.nl/NL/publicaties+Alterra/Alterra+rapporten/>

Rietra R.P.J.J., P.F.A.M. Römken & J. Japenga (2005); Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2004; vervolgonderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck; gepubliceerd: Alterra Rapport 1167. Beschikbaar op <http://www.alterra.wur.nl/NL/publicaties+Alterra/Alterra+rapporten/>

Römken, P.F.A.M., G.W. Schuur, J.P.A. Lijzen, R.P.J.J. Rietra & E.M. Dirven- van Breemen (2005) Risico's van cadmium en lood in moestuinen in de Kempen, Alterra Rapport 1129. Beschikbaar op <http://www.alterra.wur.nl/NL/publicaties+Alterra/Alterra+rapporten/>

Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römken & J. Japenga (2006) Cadmium en zink in bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2005; Vervolgonderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in schorseneer, wortels en granen. Alterra Rapport 1298. Beschikbaar op <http://www.alterra.wur.nl/NL/publicaties+Alterra/Alterra+rapporten/>

Rietra, R.P.J.J. & P.F.A.M. Römken (2007). Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2006; Vervolgonderzoek voor de gewassen schorseneer, waspeen en prei; Alterra Rapport 1422. Beschikbaar op <http://www.alterra.wur.nl/NL/publicaties+Alterra/Alterra+rapporten/>