

worden gedaan door een dito daling van de pH en het gehalte aan organische stof. Bovendien moet rekening worden gehouden met een mogelijke verontreiniging van het (ondiepe) grondwater.

---

### Samenvatting en conclusies

Het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid heeft in de jaren 1978 t/m 1981 uitvoerig onderzoek verricht naar de verontreiniging van grond en gewas met Cd en Zn in een gebied ten noordwesten, ten noorden en ten noordoosten van de zinksmelterij in het Belgische Neerpelt tot enkele km vanaf de fabriek te Budel-Dorplein. Uit de resultaten van dit onderzoek in het gebied liggend tussen Neerpelt-

Luyksgestel-Eersel-Leende-Budel en Neerpelt, bleek dat de emissie met deze metalen afnam naarmate de afstand tot de fabriek (Neerpelt) groter werd. Uit het grondonderzoek (totaal Cd en Zn) bleek echter dat ook op grotere afstand (10-12 km) van de fabriek Cd- en Zn-gehalten voorkomen die hoger zijn dan normaal (respectievelijk 0,3 en 44 mg/kg gemiddeld voor Nederland op zandgrond). De hier aangetroffen Cd- en Zn-gehalten varieerden van respectievelijk 0,3-1,4 en 22-222 mg/kg. Deze resultaten werden bevestigd door gewasanalyses van maïs, en vooral van gerst en sla.

Bij sla werden in particuliere tuinen gehalten aangetroffen die een veelvoud zijn van de richtwaarde van 0,1 mg Cd/kg vers produkt. In het gebied

direct ten oosten van Luyksgestel werden in dit gewas zelfs Cd-gehalten aangetroffen die vijf tot acht maal, en in de omgeving van Budel twee tot vier maal zo hoog waren als de richtwaarde. Het enige onderzochte consumabele produkt, waarvan de gehalten beneden de kritische norm bleven, was de aardappelknol.

De samenhang tussen grond- en gewasonderzoek maakt aannemelijk dat op de zandgronden in de Brabantse Kempen sla (en mogelijk andere sterk cadmium-accumulerende gewassen) kunnen worden verbouwd indien de volgende grenzen in acht worden genomen: Cd-(totaal)gehalte van de grond 0,7-1,5 mg/kg, met bijbehorende pH-KCl 5,3-6,2.

---

## Gehalten aan cadmium in Nederlandse land- en tuinbouwgewassen

*Drs. N. G. van der Veen - Rijks-Kwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwprodukten te Wageningen*

*Dr. ir. Ch. H. Henkens, ing. H. W. Lammers en anderen - Bodemkundige Specialisten van het Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw te Wageningen*

*Ir. A. P. Hidding en S. Bommeljé - Consulentschap voor Bodemaangelegenheden in de Tuinbouw te Wageningen*

*Dr. ir. J. P. N. L. Roorda van Eysinga - Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, gedetacheerd aan het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk*

*D. Wiersma, P. van Lune en dr. B. J. van Goor - Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr.)*

In verschillende landen ontstaat steeds meer het besef, dat voor een aantal zware metalen de belasting van de mens te dicht nadert tot wat door de FAO/WHO als toelaatbaar geacht wordt. Met name is dit het geval voor het element cadmium, waarvan het gevaar bestaat dat het zich in de nieren van de mens ophoopt en daar giftig kan werken.

In opdracht van de LAC-Stuurgroep Bodem en Gewas is in een vijftiental belangrijke land- en tuinbouwprodukten en de bijbehorende gronden het gehalte aan cadmium, lood, kwik en arseen bepaald. De resultaten voor cadmium worden hier gegeven.

De resultaten ten aanzien van de gehalten in het gewas zijn voor Nederland niet verontrustend, als men deze vergelijkt met in West-Duitsland gepubliceerde richtwaarden voor zware metalen. Wel ligt voor kassla, spinazie, waspeen en de granen het

cadmiumgehalte van een aantal monsters boven deze richtwaarde. Dit wordt echter ruimschoots gecompenseerd door andere produkten, waarvan de gehalten zeer laag liggen zoals koolsoorten, uien en vruchten.

De conclusie is dat, aangezien voor de meeste produkten de Duitse richtwaarden bij lange na niet bereikt worden, de totale belasting met cadmium bij een normaal voedselpakket ver beneden de FAO/WHO-waarde voor dit element blijft. Verdere stijging van de cadmiumgehalten in gewassen dient echter voorkomen te worden, omdat de marge tussen belasting en FAO/WHO-waarde te gering geacht wordt. Men kan daarbij in de eerste plaats denken aan de juiste keuze van de meststoffen (cadmium-arm). Ook zullen gebieden die op grond van de gehalten in de bodem verdacht zijn een aparte behandeling moeten krijgen. Deze kan bestaan uit

controle van het gewas door produktanalyse gedurende een aantal jaren, advisering ten aanzien van de gewaskeuze, andere teeltmaatregelen (bekalking, etcetera) en in het uiterste geval bodemsanering.

---

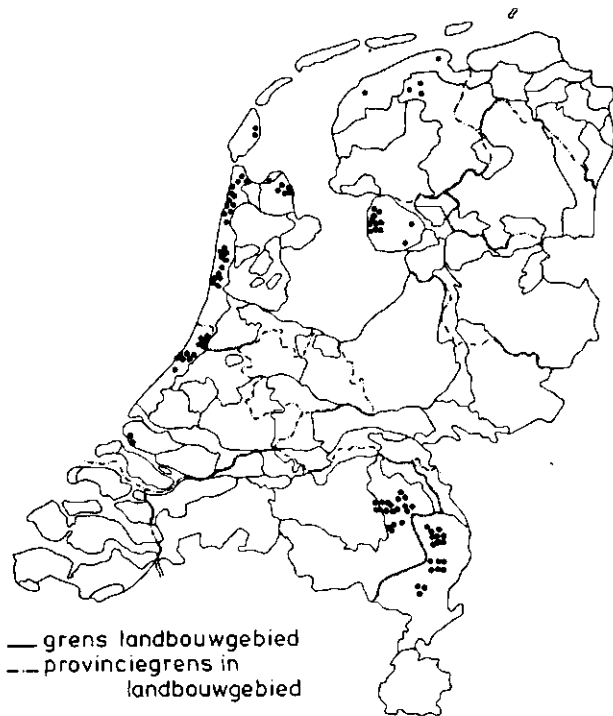
### Opzet van het onderzoek

---

#### Gewaskeuze

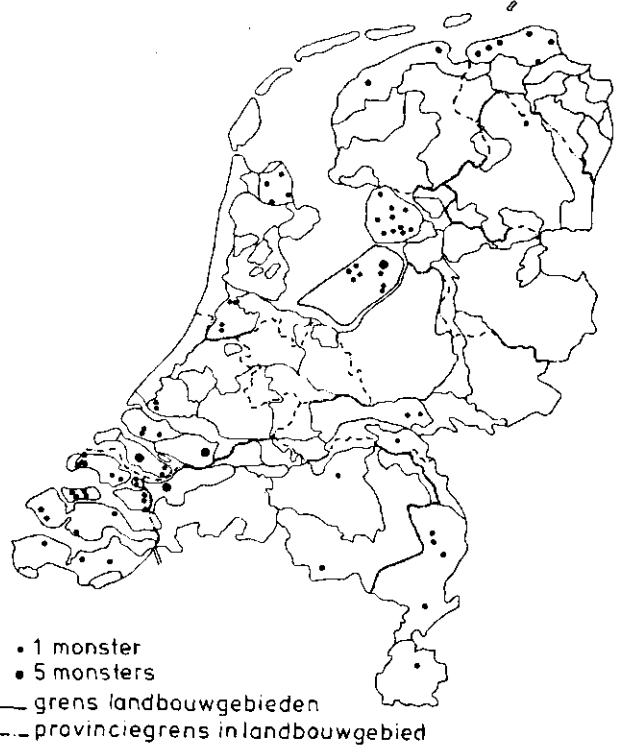
De gewaskeuze werd bepaald door het belang van het gewas voor de Nederlandse economie. Ook werd ernaar gestreefd dat de verschillende gewastypen zoals bladgewassen, knolgewassen, wortelgewassen en granen zoveel mogelijk vertegenwoordigd waren. De volgende reeks gewassen werd daartoe geselecteerd: de kasgewassen sla, tomaat en komkommer en de land- en tuinbouwgewassen in de vollegrond spi-

### Bemonsteringsplaatsen van waspeen



— grens landbouwgebied  
 - - - provinciegrens in landbouwgebied

### Bemonsteringsplaatsen aardappel



• 1 monster  
 • 5 monsters  
 — grens landbouwgebieden  
 - - - provinciegrens in landbouwgebied

Fig. 1 Bemonsteringsplaatsen van waspeen en aardappel

nazie, andijvie, boerenkool, bloemkool, witte en rode kool, waspeen, ui, appel, aardappel, tarwe, gerst en haver.

#### Perceelkeuze

Bij het uitkiezen van de percelen, waarop de proefplekken waren gesitueerd, werd rekening gehouden met het belang van de streek voor de teelt van het betreffende gewas. In een streek van het land, waar een bepaald gewas belangrijk is, werden dan ook meer monsters genomen. In figuur 1 is daarvan een voorbeeld gegeven voor de gewassen waspeen en consumptie-aardappel. Bij waspeen wordt een sterke concentratie in het westen van Noord-Holland en in Limburg aangetroffen en bij aardappel is dat het geval in Zeeland en de IJsselmeerpolders.

#### Enquête

Door de Consulentschappen werd in overleg met de agrariërs een vragenlijst ingevuld, waarvan de gegevens bedoeld zijn om een eventuele contaminatie met zware metalen te verklaren. Er werd daarbij onder andere gevraagd naar het gebruik van havenslib en rioolslib, de aanwezigheid

van verontreinigende industrie, verkeerswegen en het gebruik van metaalhoudende bestrijdingsmiddelen.

#### Grondbemonstering en monster-voorbereiding

Parallel met de gewasbemonstering werd op iedere proefplek een grondmonster genomen. De resultaten van het grondonderzoek zullen hier echter niet besproken worden. Ze zijn opgenomen in een artikel van Van Driel *et al.* in dit nummer.

#### Gewasbemonstering en monster-voorbereiding

De proefplek was voor de meeste vollegrondsgewassen 20 m × 20 m groot, en er werd op 20 plaatsen op de proefplek een gedeelte van het monster genomen. Zo werden bijvoorbeeld 20 maal 20 halmen voor de granen en 20 maal 10 wortels van de waspeen genomen. Van de aardappelplanten werden de knollen van 10 planten als monster genomen.

Voor de kasgewassen werd een iets afwijkende methode gevolgd, zo zijn er 20 vruchten van 10 planten bij de komkommer genomen. Zo nodig werden de monsters nog verkleind.

De verwerking van de monsters was als volgt: vruchten, knollen of bladeren werden gewassen, eventueel in kleine stukken gesneden, bij 105°C gedroogd en in een kruisslagmolen gemalen. Van een beperkt aantal monsters werd een drogestofbepaling gedaan.

Een aantal onderdelen van de molens die direct met het gewas in aanraking kwamen, waren van titanium en aluminium vervaardigd zodat de elementen die hier onderzocht werden niet in belangrijke mate aan het monster toegevoegd konden worden.

#### Analyse van de gewasmonsters bij het RIKILT

Voor de bepaling werd het monster droog verast bij 425°C, opgelost in 3N HCl, waarna het element voltammetrisch bepaald werd.

#### Resultaten van onderzoek

##### Gehalten in het gewas

In tabel 1 is het gehalte aan het zwaar metaal cadmium weergegeven. De

gevonden gehalten kan men het beste vergelijken met de richtwaarden zoals die in West-Duitsland gehanteerd worden (zie tabel 2). In Nederland is een aantal richtwaarden voorgesteld door het Ministerie van Volksgezondheid. Deze richtwaarden zijn nog in discussie bij verschillende ambtelijke instanties en kunnen daarom nog niet gebruikt worden (zie artikel in dit nummer van Klitsie).

Voor cadmium treedt een aantal overschrijdingen van de Westduitse richtwaarde bij sla, spinazie, waspeen en tarwe, gerst en haver op. Wel dient bedacht te worden dat speciaal bij de granen een klein aantal monsters van sterk gecontamineerde gronden als havenslib genomen werden. Het is dan ook beter om de '95%-waarde' te gebruiken. Voor het

gewas peen is de Westduitse richtwaarde te laag, men kan dan ook beter 0,1 mg per kg hanteren. In dat geval ligt in slechts 3% van de monsters het gehalte boven de richtwaarde. Men kan de waarden uit de tabel nog op een andere wijze beoordelen, namelijk door uit te gaan van wat gemiddeld in het voedselpakket aanwezig mag zijn. Hierbij gaat men volgens FAO/WHO uit van een totale maximale 'inname' van 65 µg per persoon per dag. Indien men aanneemt dat de 'inname' via drinkwater en lucht 20 µg per persoon per dag bedraagt, blijft er 45 µg per persoon per dag over. Schat men het vaste deel van het voedselpakket op 1500 g, dan betekent dit dat het gemiddeld gehalte 0,03 mg per kg mag zijn. Een voedingsmiddel, dat hier bovenuit komt is te zwaar belast; een voedingsmiddel waarvan het gehalte

hieronder ligt zit aan de gunstige kant. Het beste kan hier gerekend worden met mediane in plaats van gemiddelde waarden, omdat er bij de mediane waarde geen beïnvloeding van enkele extreme waarden is.

Te hoog zijn de gehalten van sla, spinazie, tarwe, gerst en haver. Sterk aan de gunstige kant liggen de gehalten in kasvruchten, bloemkool, witte en rode kool en appel. Opmerkelijk is nog dat, ondanks de hoge waarden in granen, het gemiddeld gehalte in brood in Nederland 0,03 mg per kg is. De oorzaak hiervan is niet duidelijk, mogelijk speelt het gebruik van buitenlandse granen in het Nederlandse brood een rol. Op grond van het bovenstaande mag verwacht worden, dat de belasting van de gemiddelde Nederlandse burger met cadmium beneden het toelaatbare blijft. Aangezien een aantal voedingsmiddelen wel boven de Westduitse richtlijn uitkomt, moet verdere verhoging van de belasting met cadmium van de Nederlandse gronden echter wel vermeden worden. Wat dat betreft moet men ervan uitgaan dat beperkende maatregelen ten aanzien van grondgebruik voor een zo klein mogelijk areaal nodig moeten zijn, daarbij ermee rekening houdend dat het grondgebruik wel eens kan veranderen.

Tabel 1 De cadmiumgehalten van agrarische producten uitgedrukt in mg per kg vers produkt

Soort	(n) Spreiding		Gemiddeld	Mediaan	95% onder	Westduitse richtwaarde	% boven de Westduitse richtwaarde
	minimum	maximum					
Kassia	75	0,01 - 0,19*	0,05	0,04	0,11*	0,1	7
Kastomaat	40	0,002 - 0,08	0,02	0,01	0,05	0,1	0
Kaskomkommer	45	0,0003 - 0,01	0,003	0,003	0,006	0,1	0
Spinazie	82	0,01 - 0,15*	0,06	0,06	0,13*	0,1	12
Andijvie	82	0,003 - 0,09	0,02	0,02	0,07	0,1	0
Boerenkool	19	0,01 - 0,06	0,03	0,02	0,035	0,1	0
Bloemkool	84	0,002 - 0,01	0,006	0,006	0,013	0,1	0
Kool	86	0,001 - 0,02	0,005	0,005	0,011	0,1	0
Peen	100	0,005 - 0,16*	0,04	0,03	0,10	0,05	29
Ui	83	0,006 - 0,04	0,02	0,01	0,035	0,05	0
Appel	99	0,001 - 0,006	0,001	0,001	0,003	0,05	0
Aardappel	97	0,002 - 0,09	0,08	0,03	0,06	0,1	0
Tarwe	85	0,02 - 0,43*	0,08	0,06	0,15*	0,1	18
Gerst	46	0,01 - 0,58*	0,15	0,11	0,37*	0,1	64
Haver	39	0,04 - 0,23*	0,09	0,08	0,23*	0,1	29

\* Waarden hoger dan de Westduitse richtwaarden

Tabel 3 Vergelijking van gemiddelde cadmiumgehalten in mg per kg vers gewicht met buitenlandse waarden

Produkt	Denemarken	Zweden	Nederland	
			Ministerie v. Volksgezondheid	Ministerie v. Landbouw
Sla	0,02	0,03	0,01	0,04*
Tomaat	0,01	0,01	-	0,02
Waspeen	0,04	0,04	0,02	0,04
Appel	0,02	-	0,003	0,001
Aardappel	0,02	0,02	0,02	0,03

Hansen et al., 1982; Fuchs et al., 1976; Ministerie v. Volksgezondheid, 1980

\* = Mediaan

### Vergelijking met buitenlandse waarden

In tabel 3 worden enkele buitenlandse waarden vergeleken met de Nederlandse. Grote verschillen in een bepaalde richting blijken hier niet uit, behalve mogelijk bij appel.

Tabel 2 Richtwaarden voor maximale cadmiumgehalten in voedingsmiddelen in de Bondsrepubliek Duitsland van 1979 in mg per kg vers gewicht

Produkt	Cadmium
Bladgroenten	0,1
Spruitgroenten	0,1
Vruchtgroenten	0,1
Wortelgroenten	0,05
Vrucht (appel, peer, enz.)	0,05
Graan	0,1
Aardappels	0,1

Richtwerte 1979 für Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. Bundesgesundheitsblatt 22 (1979): 282

## Enkele hoge waarden

De verklaring voor een verhoogd gehalte bij een aantal monsters is moeilijk, zoals uit tabel 4 blijkt. Bij de gewassen met lagere gehalten zullen de analysefouten en contaminatie bij de voorbereiding een belangrijkere rol gaan spelen zodat relatief hoge waarden daar mogelijk ook op een toevalligheid kunnen berusten.

## Geografische verschillen

In tabel 5 is het gemiddelde gehalte en de mediane waarde aan cadmium in vier gewassen voor de vier windstreken weergegeven. De tendens is aanwezig dat de gehalten in het zuidelijk deel van het land wat hoger zijn.

## Conclusies

Hoewel het cadmiumgehalte van een aantal monsters boven de Westduitse richtwaarde uitkomt, behoeft bij normale consumptie geen vrees te bestaan dat het voedselpakket als geheel te veel cadmium bevat.

Tabel 4 Hoogste vijf waarden voor cadmium

Gewas	Aantal verklaarbaar	Verklaring
Tarwe	4	bespuiting, havenslib, rivierslib Roer
Aardappel	3	nabijheid zinkfabriek, bespuiting
Spinazie	0	
Waspeen	0	

Er bestaan regionale verschillen, waarbij de cadmiumgehalten in de gewassen uit het zuidelijke deel van het land wat hoger zijn. Op grond van de resultaten is het wenselijk dat de cadmiumgehalten in landbouwprodukten niet verder stijgen. Met name kan daarbij gedacht worden aan het gebruik van cadmiumarme meststoffen en speciale maatregelen voor verontreinigde gebieden.

## Literatuur

Andersen, A., 1979. (Lead, cadmium, copper and zinc in Danish fruit and vegetables, Deens). National Food Institute, Søborg. Publication nr. 40, 89 pp.

Ellen, G., 1977. Het voorkomen van zware metalen in het voedsel. *Voeiding* 38: 443-460.

Fuchs, G., J. Haegglund och L. Jorhem, 1976. Förekomst av bly, kadmi-um och zink i vegetabilier. *Var föda* 28: 160-167.

Hansen, H. H. og A. Andersen, 1982. Bly, cadmium, kobber og zink i frugt og grønsager, 1977-1980. National Food Institute, Søborg. Intern rapport F 82001, 55 pp.

Koivisto, P., 1980. Mineral element composition of Finnish Foods: N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, F, Se, Si, Rb, Al, B, Br, Hg, As, Cd, Pb and ash. *Acta Agric. Scand.*, Suppl. 22: 1-171.

Ministerie voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, 1980. Bewakingsprogramma 'Mens en Voeding'. Verslagen, adviezen, rapporten, 71 pp.

Loman, H., 1979. Enige literatuurwaarden van gehalten aan cadmium, lood, kwik en arseen in voedingsmiddelen. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 70, 29 pp.

Hoff, A. W., P. C. H. Hollman, M. F. S. Karreman, J. v. Leeuwen, T. B. D. Struys, N. G. v.d. Veen, W. G. de Ruig, Ch. H. Henkens, H. W. Lammers, J. A. v.d. Berg, S. Bommeljé, J. P. N. L. Roorda van Eysinga, P. van Lune, D. Wiersma, B. J. van Goor, 1982. Voorlopige samenvatting van resultaten van een inventarisatie van cadmium, lood, kwik en arseen in gewas en grond in Nederland. *Nota* 100, appel, 45 pp.; *Nota* 101, aardappel, 29 pp.; *Nota* 104, spinazie, 49 pp.; *Nota* 107, tarwe, 39 pp.; *Nota* 111, glaskomkommer, 37 pp.; *Nota* 112, appel (aanvulling), 34 pp.; *Nota* 114, waspeen, 41 pp.

Tabel 5 Cadmiumgehalten gesorteerd naar windrichting. Gemiddeld gehalte in mg per kg op vers gewicht en tussen ( ) de mediane waarden

Sector	Tarwe	Aardappel	Spinazie	Waspeen
Noordwest	0,05 (0,04)	0,020 (0,020)	0,033 (0,024)	0,024 (0,019)
Noordoost	0,06 (0,06)	0,021 (0,017)	0,034 (0,035)	0,026 (0,023)
Zuidwest	0,09 (0,07)	0,035 (0,033)	0,073 (0,074)	0,018 (0,015)
Zuidoost	0,15 (0,11)	0,029 (0,031)	0,047 (0,045)	0,063 (0,058)

Onderstreept zijn de hoogste waarden bij ieder gewas