

De gehalten van mengvoeders aan enkele minerale bestanddelen met betrekking tot de behoefte van de dieren, de uitscheiding in de mest en urine, alsmede enkele gevolgen voor bodem, plant en dier

II

Samengesteld door de werkgroep "Mineralen in krachtvoer in relatie tot bemesting en milieu" (Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek)

Samenstelling van de Werkgroep "Mineralen in krachtvoer in relatie tot bemesting en milieu", NRLO

Ing. A. Kemp	voorzitter, Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen.
Dr.ir. P.C.M. Simons	secretaris, Instituut voor Pluimveeonderzoek "Het Spelderholt", Beekbergen.
Ir. Y.Tj. Bakker	CLO-Instituut voor de Veevoeding "De Schothorst", Lelystad.
Ing. O.J. Hemkes	Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Wageningen.
Ir. A.W. Jongbloed	Instituut voor Veevoedingsonderzoek "Hoorn", Lelystad.
Dr. J.J. Koopman	Stichting Gezondheidsdienst voor Dieren, Alkmaar.
Ir. L.C.N. de la Lande Cremer	Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.).

E r r a t a

- Pag. 13 Eerste zin (Bij de bereiding enz.)
 laten vervallen.
- Pag. 23 Cadmium, chroom en nikkel uit de tabel weglaten.
- Pag. 25 Regel 6 achter dat invoegen :
 bij normale doseringen.
- Pag. 26 Regel 2 Curaphos wijzigen in
 Dicalciumfosfaat A
- Pag. 37 Regel 18 Kremers i.p.v. Kremer

INHOUD

	<u>blz.</u>
I Inleiding	4
II Resultaten van het onderzoek naar minerale bestanddelen in mengvoeders en grondstoffen in 1976-1977 in vergelijking met 1973-1974	6
III Toevoeging van koper en zink en ijzer aan mengvoeders voor mestvarkens	16
a. Interactie met andere bestanddelen	16
b. Vermindering van de koperbelasting voor het milieu door het weglaten of verminderen van de kopertoevoeging aan het voer	19
IV De betekenis van enkele zware metalen (cadmium, kwik, lood, chromium, nikkel) en fluoride in de diervoeding (mengvoeders - grondstoffen)	22
V De betekenis van fosfaat en enkele zware metalen voor de plantenvoeding	35
VI De hoeveelheden fosfor, kalium, koper en zink die uit het mengvoer in de mest en urine terechtkomen	44
a. Fosfor en kalium	44
b. Koper en zink	48
VII Aanbod vanuit mengvoeders ten opzichte van behoefte aan fosfor, kalium, koper en zink; de invloed van de mestbanken op de ver- deling van deze mineralen over de cultuurgrond	50
a. Aanbod ten opzichte van behoefte	50
b. Invloed van mesthandel en mestbanken op de verdeling van de met mest aangevoerde mineralen over de cultuurgrond	51
VIII Conclusies en aanbevelingen	55
IX Literatuur	59

I. INLEIDING

In 1975 verscheen het eerste rapport van de werkgroep. Hierin werden de resultaten vermeld van een landelijk onderzoek in 1973 en 1974 naar de gehalten aan voornamelijk kalium, fosfor en koper in mengvoeders en de hoeveelheden die hiervan in de mest en urine van de verschillende diersoorten terecht kwamen. In dat rapport werden de in de mengvoeders gevonden gehalten vergeleken met de behoefte hieraan van rundvee, pluimvee en varkens. Eveneens werd een beschouwing gegeven over het groeibevorderende effect van extra koper, dat aan de mestvarkensvoeders werd - en nog steeds wordt - toegevoegd. Bovendien werd aandacht besteed aan de gevolgen, die de overmatige aanvoer van fosfor en koper heeft voor bodem, plant en dier. De belangrijkste conclusies van dit rapport waren, dat de P-gehalten van de voeders niet onbelangrijk hoger waren dan met de behoeften van de dieren overeenkwam en dat door de vermindering van de P-toevoeging aan de voeders de hoeveelheden fosfor, die in de mest en urine terecht kwamen, met 20 à 25% zouden kunnen worden verlaagd. Wat het koper betreft was de aanvoer met de mest, vooral van mestvarkens, gemiddeld in Nederland ruim tienmaal zo groot als de afvoer, met een aanzienlijk ernstiger situatie in de zandgebieden met de grootste varkensconcentraties. Daarbij werd de aandacht gevestigd op de ontoelaatbaar hoge Cu-accumulatie in de bovengrond en de gevolgen daarvan voor plant en dier, alsmede voor de verrijking van diepere lagen van het bodemprofiel met koper.

De in het eerste rapport behandelde resultaten van het landelijk onderzoek werden tijdens twee vergaderingen met vertegenwoordigers van de verschillende sectoren van de mengvoederindustrie uitvoerig besproken. Hierbij werden gezamenlijk de mogelijkheden nagegaan om tot vermindering van de extra toevoeging van minerale bestanddelen aan de voeders te komen.

Blijkens het hierna volgende zijn gedurende de laatste jaren de gehalten van sommige voeders aan fosfor en zink wat meer in overeenstemming gebracht met de gewenste gehalten. Daardoor zal de uitscheiding van deze elementen in de mest en urine belangrijk zijn verminderd. De kopersituatie bleef nagenoeg ongewijzigd.

Op dezelfde wijze als in 1973-1974 werd in de periode mei 1976 t/m april 1977 een hernieuwd landelijk onderzoek uitgevoerd, zij het op bescheidener schaal. In tegenstelling tot het eerste onderzoek werd eveneens aandacht besteed aan de gehalten aan enkele zware metalen zowel van de voeders als van een aantal belangrijke grondstoffen. De resultaten van dit onderzoek worden in dit rapport weergegeven. Voor beschouwingen over de meest gewenste gehalten aan

minerale bestanddelen van de voeders voor een optimale groei en gezondheid wordt verwezen naar het eerste rapport. Deze blijven onverkort gehandhaafd. Eveneens wordt verwezen naar dat deel van het eerste rapport dat handelt over de gevolgen van P- en Cu-accumulatie voor bodem, plant en dier. Slechts nieuwere inzichten zullen hier voor zover nodig worden behandeld.

Dit onderzoek is tot stand gekomen door een gezamenlijke inbreng van leden van de werkgroep.

Zeer erkentelijk zijn wij drs. C.A. Kan van "Het Spelderholt" te Beekbergen voor zijn bijdrage onder meer op het terrein van de zware metalen.

Tevens is de Werkgroep veel dank verschuldigd aan de Algemene Inspectiedienst voor de prettige samenwerking en voor de bijzonder correcte wijze waarop door medewerkers van deze dienst de bemonstering van de mengvoeders werd verzorgd.

Het chemisch onderzoek van de monsters werd vooral mogelijk gemaakt door een door de "Commissie Hinderpreventie Veeteeltbedrijven" beschikbaar gesteld krediet.

De Werkgroep

II. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK NAAR MINERALE BESTANDDELEN IN MENGVOEDERS EN GRONDSTOFFEN IN 1976-1977 IN VERGELIJKING MET 1973-1974

Opzet en uitvoering van het onderzoek

Evenals in de periode mei 1973 / april 1974 werden in de periode mei 1976 t/m april 1977 door medewerkers van de Algemene Inspectie Dienst op een aantal mengvoederbedrijven van verschillende mengvoeders monsters genomen. Omdat de financiële middelen deze keer niet toereikend waren voor een onderzoek op grotere schaal moest de gehele opzet beperkt blijven tot 175 monsters, genomen bij 31 mengvoederbedrijven. Dit neemt niet weg, dat de Werkgroep van mening is dat ook dit kleinere aantal monsters een redelijk betrouwbaar beeld geeft van de minerale samenstelling van de mengvoeders in Nederland.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van het aantal monsters dat van de verschillende soorten mengvoeders per produktieklasse is genomen. Net als in 1973/1974 was ook nu het uitgangspunt om die bedrijven in het onderzoek te betrekken, die een belangrijk deel van de totale mengvoederproduktie voor hun rekening nemen. Het spreekt vanzelf, dat ook nu weer - vanwege hun grote aantal - keuze gemaakt moest worden uit de bedrijven met de lagere produkties.

Van alle monsters werden de gehalten aan droge stof, ruw eiwit, kalium en fosfor bepaald. Van de mengvoeders voor slachtkuikens en mestvarkens en van startkorrel voor biggen werd ook het Ca-gehalte bepaald. Beide laatste voersoorten werden bovendien onderzocht op koper en zink. Van een beperkt aantal monsters van mengvoeders voor rundvee, mestvarkens, leghennen en slachtkuikens werden de Cd- en Pb-gehalten bepaald.

Getracht is een beter inzicht in de minerale samenstelling van de mengvoeders te verkrijgen via de minerale samenstelling van de componenten. Hier toe werden van monsters van de meest gebruikte grondstoffen van plantaardige en van dierlijke oorsprong en van een aantal "mineralen" de gehalten aan droge stof, ruw eiwit, kalium, calcium, fosfor, koper, zink, cadmium, lood en nikkel bepaald en in een beperkt aantal monsters tevens het gehalte aan kwik.

De analyses zijn verricht door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek.

Tabel 1. Verdeling van de monsters van de verschillende soorten mengvoerders over een aantal produktieklassen waarin de betrokken mengvoederbedrijven waren onder te brengen.

Mengvoeder voor	Produktieklassen (tonnen)			Totaal
	>60.000	60.000 - 20.000	<20.000	
Rundvee	14	18	18	50
Biggen	13	3	10	26
Mestvarkens	23	12	15	50
Leghennen	6	12	7	25
Slachtkuikens	6	9	9	24
Totaal	62	54	59	175

Resultaten onderzoek

In tabel 2 wordt de minerale samenstelling van de mengvoerders in de periode mei 1976 t/m april 1977 vergeleken met die in de periode mei 1973 t/m april 1974.

Ruw eiwit

In de bemonstering mei 1976 t/m april 1977 bevatte rundveebrok-A gemiddeld 17,6% ruw eiwit in de droge stof (tabel 2). Dit is slechts weinig hoger dan in de periode 1973/1974, toen het gemiddelde gehalte 17,4% bedroeg. Het traject, waarin de gehalten van de afzonderlijke monsters zich bevinden, is echter aanmerkelijk kleiner geworden, hetgeen ook tot uiting komt in een kleinere standaardafwijking, nl. 1,17 tegenover 2,71 bij de vorige bemonstering. Grotendeels is dit te verklaren doordat de bemonstering deze keer zeer speciaal op A-brok was gericht, waardoor de eiwitarme weidebrok en de meer eiwitrijke mengvoerders buiten beschouwing zijn gebleven.

Het mengvoeder voor biggen had een ruw-eiwitgehalte in de droge stof van gemiddeld 20,4% tegenover gemiddeld 19,4% in de vorige periode met een nagenoeg gelijke standaardafwijking. Het gemiddelde ruw-eiwitgehalte van het mengvoer voor mestvarkens is eveneens iets gestegen nl. van 16,9% tot 17,7% in de droge stof. Andere prijsverhoudingen van de grondstoffen in vergelijking met de vorige periode zullen hier een rol hebben gespeeld.

Bij de leghennen is het ruw-eiwitgehalte van het voer het sterkst gestegen, nl. van 17,4 naar 19,2% in de droge stof. De spreiding om het gemiddelde

Tabel 2. Gehalten aan ruw eiwit en enkele minerale bestanddelen in de droge stof van verschillende soorten mengvoeders met de bijbehorende standaardafwijkingen van de enkelvoudige waarnemingen in de perioden mei 1973 t/m april 1974 en mei 1976 t/m april 1977.¹⁾

Periode	ds	re	K	Ca	P	Cu	Zn	Cd ²⁾	Pb ²⁾
<u>Rundvee</u>									
1973/1974	88,7 ± 1,2	17,4 ± 2,7	1,25 ± 0,21		0,70 ± 0,15				
1976/1977	88,2 ± 1,2	17,6 ± 1,2	1,56 ± 0,22		0,60 ± 0,10			0,58 ± 0,17	4,5 ± 0,7
<u>Biggen</u>									
1973/1974	88,4 ± 1,2	19,4 ± 1,2	1,14 ± 0,19	1,17 ± 0,20	0,87 ± 0,09	234 ± 54			
1976/1977	87,8 ± 1,2	20,4 ± 1,2	1,33 ± 0,12	1,14 ± 0,17	0,84 ± 0,08	207 ± 42	137 ± 30		
<u>Mestvarkens</u>									
1973/1974	87,6 ± 1,5	16,9 ± 1,3	1,00 ± 0,12	1,08 ± 0,21	0,84 ± 0,13	236 ± 63	177 ± 55		
1976/1977	87,6 ± 1,3	17,7 ± 1,1	1,27 ± 0,11	1,10 ± 0,17	0,75 ± 0,08	204 ± 45	124 ± 29	0,41 ± 0,16	3,4 ± 0,7
<u>Leghennen</u>									
1973/1974	88,7 ± 1,1	17,4 ± 1,5	0,78 ± 0,10		0,85 ± 0,14				
1976/1977	88,5 ± 0,8	19,2 ± 1,5	0,93 ± 0,10		0,83 ± 0,10			1,02 ± 0,35	7,1 ± 2,5
<u>Slachtkuikens</u>									
1973/1974	88,9 ± 1,1	23,0 ± 1,7	0,97 ± 0,11	1,32 ± 0,28	0,89 ± 0,10				
1976/1977	89,2 ± 0,9	23,7 ± 2,1	1,13 ± 0,11	1,31 ± 0,26	0,80 ± 0,07			0,42 ± 0,18	3,8 ± 0,8

1) re, K, Ca en P: procenten; Cu, Zn, Cd en Pb: mg/kg.

2) de Cd- en Pb-gehalten van de mengvoeders voor rundvee en mestvarkens hebben betrekking op 15 en die in de mengvoeders voor leghennen en slachtkuikens op 10 monsters.

is niet noemenswaard veranderd. Enige verhoging van het ruw-eiwitgehalte werd ook vastgesteld bij het voer voor slachtkuikens en wel van 23% naar 23,7% in de droge stof.

Kalium

Van de voeders voor alle diersoorten waren de K-gehalten globaal 20% hoger dan in de periode 1973-1974. Bij de rundveevoeders, komt dit het sterkst tot uitdrukking en bij de mestvarkens is dit eveneens opvallend. De ongeveer op hetzelfde niveau liggende standaardafwijkingen wijzen op een ongeveer gelijkgebleven spreiding in de gehalten. Het gehele beeld wekt de indruk, dat gedurende de laatste onderzoeksperiode in alle voeders belangrijk kalirijkere grondstoffen werden verwerkt dan voorheen. Uiteraard neemt hierdoor de uitscheiding aan kalium in de mest en urine met meer dan 20% toe.

Calcium en fosfor

Ca-gehalten werden alleen bepaald in de mengvoeders voor biggen, mestvarkens en slachtkuikens. In het voer voor leghennen is dit minder zinvol omdat dikwijls extra calcium wordt verstrekt bijvoorbeeld in de vorm van grit.

Uit tabel 2 blijkt, dat de Ca-gehalten van alle onderzochte voeders op hetzelfde niveau lagen als vier jaar geleden. Wat het fosfor betreft was er in sommige voeders duidelijk sprake van een daling, zoals bij het voer voor rundvee, mestvarkens en slachtkuikens. De gevonden gehalten waren al wat meer in overeenstemming met de behoeften (zie eerste rapport), hoewel een verdere daling in de varkens- en speciaal in de legpluimveevoeders tot de mogelijkheden behoort. Dit laatste vooral ook gezien de standaardafwijkingen van de eenvoudige waarnemingen, die behalve bij het biggenvoer aanzienlijk kleiner waren dan vier jaar geleden. Dit laatste is van veel belang. Immers, naarmate deze standaardafwijking kleiner is, kan het gemiddelde gehalte het gewenste gehalte dichter naderen. Geconcludeerd mag echter worden dat ten gevolge van de duidelijk lagere P-gehalten in de voeders voor rundvee, mestvarkens en slachtkuikens de hoeveelheid fosfor in mest en urine bij een zelfde mengvoederverbruik niet onbelangrijk zou zijn verminderd.

Dat deze daling bij het voer voor leghennen niet is opgetreden is niet goed verklaarbaar. Eén van de leden van de werkgroep beschikt over gegevens, die erop zouden kunnen wijzen dat het gemiddelde P-gehalte van voeders voor leghennen over de bemonsterde periode lager is geweest dan het in het rapport weergegeven gemiddelde. Aangezien deze gegevens niet werden verzameld en bestudeerd in het kader van het hier beschreven onderzoek, worden ze hier verder buiten beschouwing gelaten.

De Ca/P-verhouding van het slachtkuikenvoer en het mestvarkensvoer heeft zich in de afgelopen periode ongunstig ontwikkeld. Door de verminderde fosfortoevoeging is deze verhouding ruimer geworden. Uit de analyseresultaten van het mestvarkensvoer blijkt dat in meer dan 60% van de monsters de Ca/P-verhouding groter dan 1,4 was. Van de voeders voor slachtkuikens had over de bemonsterde periode 54% van de monsters een Ca/P-verhouding groter dan 1,6. In de periode 1973/1974 was dit slechts in 21% van de monsters het geval. Aan de Ca/P-verhouding zou meer aandacht moeten worden besteed.

Koper en zink

In vergelijking tot de onderzoeksperiode 1973-1974 bleken de Cu-gehalten enigszins gedaald. Gezien echter de hoeveelheden koper die bij de bereiding van de varkensvoeders worden toegevoegd, mag niet van een principiële verandering van de situatie worden gesproken. De aanmerkelijk lagere standaardafwijking te weten 44,7 in vergelijking tot 62,7 vier jaar geleden, te zamen met een daling van het gemiddelde gehalten doet vermoeden dat hier en daar meer aandacht aan de dosering werd geschonken waardoor extreem hoge gehalten, werden voorkomen. De Cu-gehalten van het biggenvoer veranderden in dezelfde richting en de standaardafwijking eveneens.

De gehalten aan zink in het voer voor mestvarkens daalden met ongeveer 30% van 177 tot 124 mg/kg en de standaardafwijking werd nagenoeg gehalveerd. De ongeveer twee jaar geleden gegeven adviezen om tot verlaging van de Zn-gehalten over te gaan komen duidelijk tot uitdrukking. In de monsters mengvoer voor biggen uit de periode 1973-1974 werd geen zink bepaald. Gezien echter de daling van het Cu-gehalte in dit voer en de achtergrond van de zinktoevoeging enerzijds en de daling van zowel het Cu- als het Zn-gehalte in het mengvoer voor mestvarkens anderzijds, mag worden verondersteld, dat ook aan het mengvoer voor biggen minder zink werd toegevoegd dan voorheen het geval was.

In een ander deel van dit rapport wordt nader ingegaan op de redenen voor de extra zinkverstrekking alsook op de effecten die men op verschillende niveaus mag verwachten.

Cadmium en lood

De gemiddelde Cd-gehalten van de verschillende voeders varieerden globaal van 0,5 tot 1 mg per kg. Als hoogste waarde werd bijna 1,70 mg per kg gevonden. Dit gehalte kwam voor in het voer voor leghennen. De gemiddelde gehalten aan lood liepen in de verschillende mengvoeders uiteen van ongeveer 3,5 tot 7 mg

per kg droge stof. In het voer voor leghennen werd eveneens het hoogste Pb-gehalte gevonden, nl. bijna 12 mg per kg. In een ander deel van dit rapport worden meer gegevens hieromtrent uit andere bronnen vermeld, waarbij ook aandacht wordt besteed aan de effecten op planten en dieren en aan veelal onvolledig bekende tolerantiegrenzen.

Gehalten aan minerale bestanddelen van grondstoffen

Tabel 3 vermeldt de gehalten aan ruw eiwit en enkele macro- en micro-elementen in de droge stof van een aantal veel verwerkte grondstoffen voor mengvoeders en van een aantal veel gebruikte fosfor- en calciumbronnen. Monsters van deze grondstoffen werden vooral verzameld om wat meer gegevens te verkrijgen over de gehalten aan zware metalen. In het kader van dit onderzoek werd het wenselijk geacht om in deze monsters ook die macro-elementen te laten bepalen, die eveneens in de volledige voeders werden vastgesteld.

Bij de bereiding van mengvoeders spelen de prijzen en ook de ruw-eiwitgehalten van de afzonderlijke grondstoffen een belangrijke rol. De hier vermelde grondstoffen variëren in gehalten aan ruw eiwit van 3,2 (tapioca pellets) tot ruim 90% (verenmeel A). De mogelijke invloed van afzonderlijke componenten op de gehalten van de samengestelde voeders is hiermee duidelijk aangegeven. Dit is eveneens het geval ten aanzien van de gehalten aan de macro-elementen kalium, calcium en fosfor. Wat het K-gehalte betreft springen de hoge gehalten van vinasse en melasse erg in het oog met ruim 8% als hoogste waarde. De toemende verwerking van deze produkten alsmede de keuze van enkele andere K-rijke grondstoffen zijn de oorzaken van de gestegen K-gehalten van alle voeders, die uit tabel 2 blijken. De laagste gehalten werden in verenmeel gevonden namelijk 0,11%.

De laagste Ca-gehalten werden zoals verwacht in de granen en graanafvalprodukten vastgesteld en de hoogste in sommige produkten van dierlijke oorsprong. De vinassen en melassen bevatten minder dan 0,10% fosfor, de hoogste waarden werden vastgesteld in diermeel en vismeel.

Tabel 3. Gehalten aan ruw eiwit en enkele minerale bestanddelen in een aantal grondstoffen voor mengvoeders
(één monster per grondstof).

	%	% in de droge stof				mg/kg droge stof						
		ds	re	K	Ca	P	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
Alfalfapellets	92,4	17,0	2,70	1,00	0,33	8,1	24	0,21	4,4	1,6	2,2	
Babassuschilfers	93,6	22,9	0,96	0,13	0,93	35,1	64	0,13	7,2	3,7	5,2	
Bietenpulpellets	91,2	9,6	0,87	0,69	0,10	6,7	12	0,38	3,7	1,4	3,5	
Citruspulpellets	90,4	6,8	1,20	1,69	0,18	5,3	11	0,35	5,6	3,1	2,1	
Grondnotenschroot	92,2	46,8	1,46	0,36	0,67	24,8	60	0,17	3,3	5,4	8,7	0,02
Kokosschrootpellets	90,6	22,6	2,56	0,35	0,66	32,7	56	0,41	4,5	6,0	4,2	
Lijnzaadschilfers	91,9	33,7	1,25	0,42	0,98	22,0	86	0,44	2,3	1,3	0,7	0,03
Lucerne (Frans)	93,2	18,2	1,88	2,75	0,20	7,9	23	0,29	7,4	2,8	3,1	
Lucerne (inlands)	91,3	16,5	3,05	1,17	0,42	14,0	109	0,44	195	7,7	22,2	
Maïs 203	88,6	10,1	0,49	0,02	0,42	3,2	33	0,02	1,5	0,7	0,5	
Maïsglutenvoerpellets	91,4	21,6	0,67	0,04	0,68	5,4	82	0,02	2,3	1,4	2,3	
Palmpitschilfers	93,5	20,2	0,64	0,26	0,72	25,2	41	0,06	3,3	1,4	4,8	
Pollardpellets	90,3	16,5	0,97	0,16	1,01	11,2	89	0,14	2,0	1,1	1,1	
Raapzaadschroot	91,6	38,8	1,56	0,86	1,15	5,8	71	0,33	3,1	2,2	1,7	0,04
Rijstveoermeelpellets	91,7	12,1	1,14	0,09	1,32	7,7	56	0,01	3,5	0,7	2,6	
Sojaschroot	94,4	46,6	2,39	0,38	0,69	19,4	70	0,26	1,9	13,6	1,2	0,03
Tapiocapellets	89,6	3,2	0,86	0,28	0,13	3,0	11	0,01	3,3	1,1	3,9	
Zonnebloemzaadschroot	92,4	33,0	1,51	0,41	1,23	33,5	94	0,41	3,8	3,5	1,1	
Melasse	72,6	5,4	4,27	1,02	0,07	4,4	16	0,21	5,4	2,8	1,9	
Rietmelasse	71,0	5,5	2,66	0,93	0,05	3,9	11	0,20	4,5	1,5	0,6	
Vinasse	70,0	40,8	8,08	0,14	0,09	14,7	79	0,57	7,0	20,7	8,3	
Bietvinasse	71,1	34,2	3,27	0,59	0,06	5,9	40	0,38	6,8	6,9	10,1	
Diermeel	93,0	64,9	0,47	5,20	2,71	19,0	107	0,72	18,4	5,7	215	6,21
Diermeel (inlands)	94,5	63,5	0,76	4,15	2,28	68,8	130	0,51	14,3	4,9	5,7	
Magere melkpoeder (Duits)	95,1	35,8	1,95	1,37	1,06	1,3	44	0,17	3,6	1,2	1,5	
Ondermelkpoeder	93,8	36,8	1,78	1,37	1,09	1,6	44	0,19	4,1	1,1	1,7	
Verenmeel A	91,5	90,9	0,11	0,43	0,28	9,7	137	0,21	3,2	3,2	2,4	0,04
Verenmeel B	92,1	87,8	0,13	0,56	0,28	12,9	142	0,39	6,3	3,7	62,5	3,05
Vismeeel	92,7	75,1	1,34	3,70	2,21	4,9	81	0,60	11,0	3,5	2,9	0,04
Vismeeel (Peru)	92,1	70,4	1,08	3,80	2,42	7,2	80	1,14	8,0	3,6	2,6	0,04
Curaphos	99,1			31,9	14,1	21,0	210	4,96	1,8	8,7	69,8	0,42
Dicalciumfosfaat A	98,3			27,9	19,4	57,8	355	51,9	4,5	14,8	149	
Dicalciumfosfaat B	95,7			27,0	19,5	13,1	226	0,87	5,5	2,1	148	
Hostaphos	92,0			10,5	18,0	7,2	17	0,04	0,1	2,7	7,8	0,01
Kalksteentjes	100			37,5	0,22	2,9	79	0,51	25,6	2,5	0,1	
Krijt	99,8			37,1	0,03	1,6	23	0,48	2,2	5,2	10,3	
Schelpengrit	99,1			38,5	0,05	1,2	4	0,09	0,7	0,1	0,1	

Bij de bereiding van alle mengvoeders wordt extra fosfaat toegevoegd. De laagste en de hoogste gehalten van de samenstellende componenten verschillen een factor 30. De mogelijkheden die deze variatie biedt door - uitgaande van verschillende P-gehalten van de grondstoffen - te bepalen hoeveel anorganisch fosfor dan nog moet worden toegevoegd, is hiermee duidelijk gedemonstreerd. Wat de bereiding van varkensvoeders betreft, geldt dit eveneens voor het zink, ten aanzien waarvan de samenstellende componenten maximaal een factor 30 of meer verschillen. Het in het oog houden van deze variatie kan eveneens sterk bijdragen in het voorkomen van ongewild hoge Zn-gehalten in het voer. Opvallend zijn de zeer hoge Zn-gehalten van de fosforbronnen curaphos en dicalciumfosfaat.

De in tabel 3 vermelde gehalten aan cadmium, lood, nikkel, chroom en kwik vertonen een zeer grillig verloop en zijn erg moeilijk te interpreteren. Bovendien kon van iedere component bijna steeds slechts één monster worden onderzocht wegens het beperkte krediet dat beschikbaar was. Het is dan ook niet toelaatbaar om de hier vermelde waarden als representatief te beschouwen. Slechts kan worden gezegd dat deze gehalten voorkomen. Het is overigens bekend dat wat betreft calcium en fosfor de herkomst een grote rol kan spelen.

De gehalten aan cadmium bleven bij de meeste grondstoffen onder de 1 mg per kg droge stof. In sommige fosforbronnen kunnen echter veel hogere gehalten worden aangetroffen. Ook vismeel en diermeel kunnen t.o.v. andere componenten veel cadmium bevatten. Dit laatste geldt eveneens voor lood, waarvan bovendien in een partij inlandse lucerne een extreem hoge waarde (herhaalde bepaling) werd vastgesteld, nl. 195 mg per kg droge stof. Dit moet haast op een sterke verontreiniging van het gewas wijzen of op een verontreiniging tijdens het malen. Ni-gehalten tot ruim 20 mg per kg bleken voor te komen. Van diermeel kan het Cr-gehalte blijkbaar oplopen tot waarden boven 200 mg per kg. Ook in sommige fosforbronnen kan het Cr-gehalte hoog zijn. In diermeel en verenmeel kunnen ook zeer hoge gehalten aan kwik worden gevonden, zelfs tot meer dan 6 mg per kg droge stof.

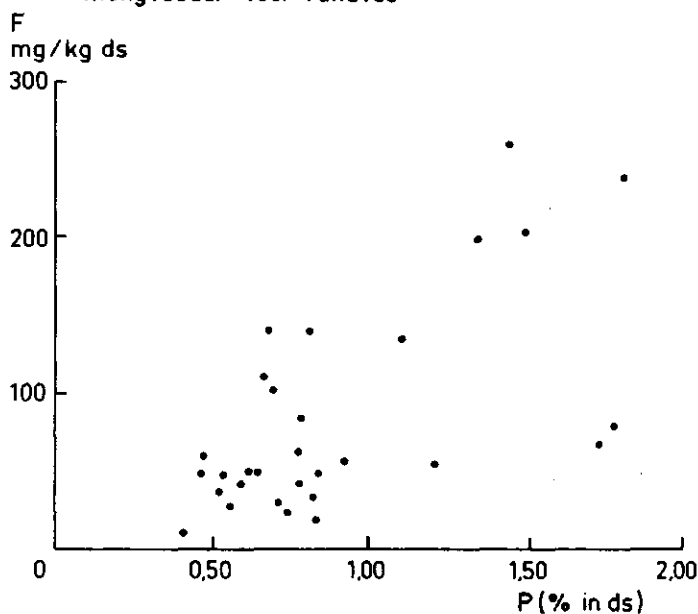
Gezien de grote spreiding in de gehalten, waarbij soms zeer hoge waarden werden gevonden, verdient het aanbeveling om hieraan aandacht te blijven besteden. De verschillende fosforbronnen moeten hierbij ook worden betrokken.

Fluor

Van een aantal monsters rundveevoer werd in het raam van het landelijk onderzoek 1973-1974 het F-gehalte bepaald. De monsters werden gekozen uit een veel groter aantal op grond van het P-gehalte. Omdat vermoed werd dat de fosfortoevoeging een belangrijke fluorbron zou kunnen zijn, werd gezorgd dat zowel lage als hoge P-gehalten in de serie te onderzoeken monsters vertegenwoordigd zouden zijn. In totaal werden 30 monsters onderzocht met P-gehalten lager dan 0,50% tot waarden van ongeveer 1,80%. De hoge P-gehalten werden in zogenaamde mineralen-brok gevonden.

Figuur 1 geeft de relatie aan tussen het P-gehalte van het voer en het F-gehalte. F-gehalten van ongeveer 200 mg per kg en hoger komen alleen voor bij de hoge P-gehalten. Bij hoge P-gehalten worden echter ook wel F-gehalten van ongeveer 50 mg per kg vastgesteld.

Fig.1 Samenhang tussen het P- en F-gehalte van
mengvoeder voor rundvee



De grote variatie in F-gehalten van het voer wordt veroorzaakt door de F-gehalten van de gebruikte grondstoffen. Tabel 4 vermeldt de F-gehalten van een aantal grondstoffen van plantaardige en dierlijke oorsprong, alsmede van een aantal fosforbronnen. Het betreft hier een aantal uit de in tabel 3 genoemde monsters van het onderzoek 1976-1977.

Tabel 4. F-gehalten van een aantal grondstoffen voor mengvoeders.

Grondstof	mg F per kg ds
Raapzaadschroot	38
Rijstevoermeelpellets	7
Pollardpellets	4
Zonnebloemzaadschroot	4
Vismeel	151
Peru vismeel	107
Diermeel	259
Inl. diermeel	100
Dicalciumfosfaat A	6931
Dicalciumfosfaat B	902
Hostaphos	1295
Curaphos	2351

Duidelijk is geïllustreerd dat de variatie in F-gehalten tussen de verschillende grondstoffen groot is. De grondstoffen van dierlijke oorsprong zoals diermeel en vismeel hebben een duidelijk hoger gehalte dan die van plantaardige herkomst. Bijzonder opvallend zijn echter de hoge F-gehalten van de fosfaatbronnen.

III. TOEVOEGING VAN KOPER EN ZINK EN IJZER AAN MENGVOEDERS VOOR MESTVARKENS

a. Interactie met andere bestanddelen

In de literatuur is op verschillende plaatsen gewezen op de wisselwerking van koper, zink en ijzer bij verschillende diersoorten (o.a. Pond, 1975). Wat de varkens betreft werden in een aantal gevallen verschijnselen van zinkgebrek en soms ook koperintoxicaties waargenomen na toediening van extra koper in het voer. Daarom is het gebruikelijk dat extra zink aan koperrijk varkensvoer wordt toegevoegd. Ook wordt extra ijzer aangewend. De vraag is gewettigd of deze toevoegingen op het huidige niveau nodig zijn. Koper, zink en ijzer zijn nodig voor een groot aantal levensprocessen in het dier. Koper is onder andere nodig voor de hemoglobinevorming, voor de ontwikkeling van het bot en voor de activiteit van het enzym cytochroomoxidase.

Zink komt in het lichaam voor als bestanddeel van enzymen (o.a. alkalische fosfatase) of is behulpzaam bij het laten verlopen van een aantal enzymreacties. Het speelt onder andere een belangrijke rol bij de koolhydraatstofwisseling en de botvorming.

Ijzer komt veel voor in hemoglobine dat belangrijk is voor het zuurstoftransport en het speelt een centrale rol bij de energie-overdracht in de cel.

De meeste gegevens omtrent de wisselwerking tussen koper, zink en ijzer zijn ontleend aan proeven met ratten, waarbij veelal gewerkt werd met rantsoenen, die een tekort of een duidelijke overmaat aan één of meer van de genoemde elementen hadden (Schwartz en Kirchgessner, 1974).

In het maagdarmkanaal van ratten bestaat tussen koper en zink een zekere antagonistische wisselwerking. Veel zink in de dunne darm geeft een verlaging van de koperabsorptie en andersom veroorzaakt veel koper een vermindering van de zinkabsorptie (Van Campen, 1970). Sourkes (1970) toonde bij ratten aan, dat het Cu-gehalte in de lever daalde bij een ijzertekort terwijl het Fe-gehalte in de lever steeg bij een tekort aan koper.

Terugkerend naar de varkens kunnen wij constateren dat de gegevens over de invloed van hoge koperdoseringen op de zinkhuishouding en het optreden van parakeratose (Zn-gebreksverschijnselen, o.a. aan de huid) nog niet eensluidend zijn. In de meeste Noordamerikaanse literatuur hierover, wordt beschreven dat parakeratose bij varkens als gevolg van zinkgebrek wordt opgeheven door extra koper in het voer. In Groot-Brittannië kwam Mills (1970) tot de opvatting dat een hoog koperniveau in de lever het zinkmetabolisme waarschijnlijk negatief beïnvloedt, omdat hij parakeratose bij zijn proefdieren waarnam. Dit werd echter

waargenomen bij een stijgend Zn-gehalte in de lever. Men moet met de mogelijkheid rekening houden dat metalen die in de lever opgeslagen worden fysiologisch niet beschikbaar behoeven te zijn.

Gipp et al. (1974) vonden met behulp van gemerkt ijzer bij biggen, dat een rantsoen met 250 mg Cu/kg de verschijnselen van een ijzertekort veroorzaakte. De ijzerabsorptie werd door het hoge Cu-gehalte benadeeld. Toch is er enig koper nodig voor een goed ijzermetabolisme; ongeveer 7 mg Cu/kg zou hiervoor voldoende zijn. In het algemeen blijkt door de opname van extra koper in het voer bij varkens het Cu-gehalte in de lever te stijgen en het Fe-gehalte in de lever te dalen (o.a. Cassidy en Eva, 1958). De antagonistische werking van koper en ijzer zou volgens Meyer en Kröger (1973) merkbaar worden bij een toevoeging van meer dan 150 mg Cu/kg aan het voer. Dit bleek uit een daling van het Hb-gehalte. Ook uit de proeven, die op de Schothorst werden uitgevoerd, bleek dat het Fe-gehalte van de lever daalde naarmate meer koper in het voer was opgenomen.

De proeven van Suttle en Mills (1966) over de wisselwerking tussen koper, zink en ijzer hebben destijds de aandacht getrokken. Bij deze proeven kregen de varkens gedurende zes à zeven weken verschillende (hoge) doseringen aan Cu (250, 450 en 750 mg/kg), Zn (150 en 500 mg/kg) en Fe (0 en 750 mg/kg) in een aantal combinaties in het voer toegediend. Als gevolg van de zink- en ijzertoevoeging trad nauwelijks een daling op in het Cu-gehalte van de lever, maar wel werd door de toevoeging van ijzer en zink kopervergiftiging vermeden.

Het effect van een kopertoevoeging aan het voer op het Cu-gehalte van de organen is niet alleen afhankelijk van het Fe- en Zn-gehalte van het voer maar ook van het eiwitgehalte en de grondstoffensamenstelling. Bovendien schijnen er duidelijke toom- en diereffecten te zijn (Meijer et al., 1977), zodat er vaak een grote variatie aan gehalten in de organen wordt waargenomen. Een hoog Ca-gehalte in het voer heeft een duidelijk negatieve invloed op de absorptie van zink. Ook magnesium schijnt een zinktekort te kunnen uitstellen (Hoekstra, 1970). Hiervoor is geen verklaring te geven. Bovengenoemde factoren verklaren voor een groot deel het verschil in de gevonden effecten op de koperhuishouding als gevolg van een ijzer- en/of zinktoevoeging.

Er zijn voor Nederlandse praktijkomstandigheden weinig proeven met varkens uitgevoerd, waarbij de interactie koper - zink centraal stond. Aan dit aspect heeft "De Schothorst" recentelijk aandacht geschonken in een paar proeven welke door Borggreve (1977) zijn beschreven. In deze proeven werd nagegaan wat de invloed van diverse Cu- en Zn-niveau's in het voer was op de mestresultaten en het Cu-, Zn- en Fe-gehalte in enkele organen.

Zinktoevoeging aan het voer bleek een wisselende invloed te hebben op de groei en voederconversie. Over de gehele mestperiode gerekend waren er geen significante verschillen in groei en voederconversie als gevolg van een zinktoevoeging. In de eerste proef had de hoeveelheid zink geen invloed op het Cu-gehalte van de lever, in de tweede proef werd bij 40 mg toegevoegd Zn per kg ten opzichte van de behandeling zonder zinktoevoeging een duidelijke daling van het Cu-gehalte in de lever waargenomen, maar nog meer zink gaf geen verdere daling.

Hoewel in het algemeen bij droogvoeding de zinkbehoefte hoger blijkt te zijn dan bij brijvoeding was het effect van zink bij de twee voersystemen op het Cu-gehalte in de lever wisselend.

Op grond van de resultaten van beide proeven op "De Schothorst" hebben bepaalde fabrikanten de toevoeging van zink aan het voer verminderd tot 50 mg/kg. Bij de bovengenoemde proeven bevatten het basisvoer 40 mg Zn/kg en was het Ca-gehalte 1,04 resp. 0,99%. Men kan zich afvragen of bij een lager en meer gewenst Ca-gehalte van 0,80% met minder dan 50 mg toegevoegd Zn per kg zou kunnen worden volstaan. Indien de toevoeging van koper in de toekomst zou worden verlaagd dient de toevoeging van de hoeveelheid zink opnieuw bestudeerd te worden. Een aspect waar echter wel rekening mee moet worden gehouden is dat de aanwezigheid van fytienerijke grondstoffen de zinkbehoefte verhoogt.

In hun overzicht komen Meyer en Kröger (1973) tot de conclusie, dat bij eiwitrijke rantsoenen (zoals die ook in ons land gebruikelijk zijn) geen effect van extra zink op de groei en voederconversie verwacht mag worden wanneer meer dan 50 mg Zn/kg in koperrijke rantsoenen aanwezig is. Volgens hen zou bij koperrijke rantsoenen een verhouding koper-ijzer-zink in het voer van resp. 2:2:1 aan te bevelen zijn.

Bij de door Borggreve (1977) beschreven proeven waren de Fe-gehalten in het voer erg hoog, nl. 476 en 612 mg/kg. In hoeverre het ijzer aanwezig in de grondstoffen als zodanig door het dier benut kan worden, is niet bekend, maar wel is het de vraag of er nog ijzer toegevoegd moet worden. Volgens de ARC-tabel (1976) zou 60 mg Fe/kg in het voer de Fe-behoefte van varkens dekken. Mocht een overmaat ijzer de zink-absorptie negatief beïnvloeden, dan zou dat een extra zinktoevoeging noodzakelijk maken, wat om milieutechnische redenen minder gewenst is. Hierover is echter onvoldoende informatie beschikbaar. Wel zouden hierover meer gegevens moeten worden verzameld. Dit mede met het oog op het eventueel opnemen van tot nu toe minder gebruikelijke grondstoffen in varkensvoerders zoals flocculatieslib, dat met behulp van FeCl_3 afgescheiden wordt en vaak 1 à 2% ijzer bevat.

Een overmaat aan ijzer kan ertoe leiden, dat een ijzer-fosfaatcomplex gevormd wordt, waardoor een fosfortekort opgewekt kan worden zoals Donovan et al. (1963) bij jonge biggen aantoonde met 5000 mg Fe/kg (als FeSO_4) in het voer.

Bij mestvarkens werd door Furugourie (1972) met 5000 mg Fe/kg in het voer eveneens een nadelige invloed van de ijzerovermaat waargenomen. IJzertoxiciteit schijnt nauw samen te hangen met de vitamine E en seleniumvoorziening; bij een tekort aan vitamine E en selenium kan eerder ijzertoxiciteit optreden. Voor zink is door Brink et al. (1959) een toxiciteit bij varkens waargenomen bij een dosering in het voer vanaf 1000 mg/kg.

b. Vermindering van de koperbelasting voor het milieu door het weglaten of verminderen van de kopertoevoeging aan het voer

Bij de discussie over een eventuele vermindering van de hoeveelheid koper in het voer staan de volgende vragen centraal:

- wat is het effect van koper in de verschillende mesttrajecten;
- wat voor gevolgen heeft de vermindering van koper bij een bepaald lichaamsgewicht op de mestresultaten.

Braude en Ryder (1973) stelden een lineair verband vast tussen de koperdosering (0, 150, 200 en 250 mg Cu/kg) en de verbetering in groei en voederconversie, hetgeen ook door Borggreve (1977) werd vermeld.

Hansen et al. (1974) voerden proeven uit met voeders, die 0, 32, 125 en 200 mg toegevoegd Cu/kg bevatten. Uit genoemde proeven bleek, dat van 20 tot 50 kg lichaamsgewicht de groei en voederconversie beter waren bij extra koper, maar na 50 kg werd geen verschil meer in groei en voederconversie waargenomen bij verschillende Cu-trappen. Over de gehele mestperiode gaven toevoegingen van 125 en 200 mg Cu/kg de beste resultaten. Uit het rapport van Borggreve laat zich berekenen, dat er nog steeds een positief effect overblijft ook na 65 kg (tabel 5). Vanaf 65 kg was het gunstige effect op de voederconversie echter gering.

Tabel 5. Procentuele verbetering van groei en voederconversie in de diverse gewichtsklassen (herbekend naar Borggreve 1977).

Gewichts- traject	Groei	Voeder- conversie	Groei ^{*)}	Voeder- conversie ^{*)}
20 - 30	1,7	2,0	1,7	2,0
30 - 45	4,4	3,7	3,9	3,0
45 - 65	4,1	2,0	3,5	1,5
30 - 65	4,2	2,6	3,7	2,2
65 - 108	2,1	0,5	1,7	0,4
45 - 108	2,6	1,4	2,2	1,2
30 - 108	2,7	2,0	2,3	1,7

^{*)}dezelfde gegevens met uitzondering van het hoogste Cu-niveau (270 mg/kg).

In Noord-Amerika is in een aantal proeven nagegaan, wat de invloed is van het weglaten van extra koper in de loop van de mestperiode op de mestresultaten (o.a. Miller et al. 1973; Omole en Bowland, 1974; Elliot en Amer, 1973; NCR-Committee, 1974). Uit deze proeven bleek, dat bij voortzetting van de kopertoefoeging geen significant betere mestresultaten werden gevonden dan bij het weglaten van de kopertoefoeging ongeveer halverwege de mestperiode. Dit is echter niet verwonderlijk, daar extra koper geen verbetering van groei en voederconversie gaf ten opzichte van de groep die helemaal geen extra koper had gekregen. Wel werd bereikt dat het Cu-gehalte in de lever duidelijk daalde en dat er minder koper met de mest werd uitgescheiden ten opzichte van voortzetting van kopertoefoeging. Bij nadere analyse van deze proeven blijkt, dat als gevolg van het weglaten van extra koper in de proeven van Elliot en Amer (1973) de groei en bij die van Omole en Bowland (1974) de voederconversie iets slechter was dan bij de groepen, die extra koper tot het eind kregen. Het tegenovergestelde vond het NCR-Committee (1979) waar de voederconversie iets slechter was in het tweede deel van de mestperiode bij die groepen die tot het eind extra koper kregen.

Voldoende gegevens ontbreken echter om een uitspraak te doen, of een verlaging van het Cu-gehalte tijdens de mestperiode geen dan wel een negatief effect zal hebben op de mestresultaten. Hier zou nader onderzoek voor nodig zijn. In dit verband kan misschien gewezen worden op het onderzoek van Kirchgessner en Roth (1977a) waarbij op verschillende tijdstippen tijdens de mestperiode geen antibioticum meer aan het voer werd toegevoegd. Als gevolg van het weg-

laten van een antibioticum werd een duidelijke verslechtering van de groei en voederconversie gevonden, zelfs slechter dan bij de dieren, die in het geheel geen antibioticum hadden gekregen. Het is echter niet bekend, of ten aanzien van koper hetzelfde verschijnsel kan worden waargenomen.

Koper en antibiotica

Bij vele proeven, waarbij naast koper ook nog een antibioticum werd verstrekt, vond men dat het kopereffect en het antibioticumeffect dikwijls additief zijn (Rerat, 1971; Barber et al., 1978; Braude en Hosking, 1975; Braude et al., 1971 en Borggreve, 1977).

Toch zijn er ook onderzoekers geweest, die geen additieve werking van het antibioticum konden aantonen (De Wilde en Vanschoubroek, 1973; Braude et al., 1962).

In de Verenigde Staten voerden Lillie et al. (1977) een proef uit met 0, 125, 250 en 500 mg toegevoegd Cu/kg al of niet aangevuld met 55 mg tylosine per kg vanaf 8 tot 50 kg lichaamsgewicht. Daarna werd een voer gegeven met 50 mg Cu/kg zonder tylosine. Bij dit onderzoek werd voor groei een interactie van koper met tylosine gevonden: de aanwezigheid van tylosine naast koper gaf een lagere groei.

Bij vele proeven bleek het kopereffect duidelijk groter te zijn dan het antibioticumeffect.

Bij de discussie over het wel of niet toelaten van een toevoeging van een antibioticum naast een toevoeging van extra koper zal men het meestal gevonden additieve karakter van de effecten ook bij de beschouwingen moeten betrekken.

IV. DE BETEKENIS VAN ENKELE ZWARE METALEN (CADMIUM, KWIK, LOOD, CHROOM, NIKKEL) EN FLUORIDE IN DE DIERVOEDING (MENGVOEDERS - GRONDSTOFFEN)

Inleiding

Om de niveaus van zware metalen in krachtvoerders te kunnen beheersen, is het nodig om te weten welke grondstoffen de grootste bijdrage (kunnen) leveren. Grondstoffen van plantaardige oorsprong hebben in het algemeen lage gehalten aan zware metalen. Wanneer echter de groeiomgeving sterk verontreinigd is (industriële emissies, verkeer, zuiveringsslib, etc.) kan zowel door opname door de plant als door aanhangende gronddeeltjes een sterk verhoogd gehalte gevonden worden (Hemkes en Kemp, 1976).

Grondstoffen van dierlijke oorsprong (beendermeel, vismeel, verenmeel, etc.) en minerale bronnen hebben soms hoge(re) gehalten aan zware metalen.

De gehalten van deze grondstoffen kunnen zo hoog zijn, dat het gehalte van het krachtvoer boven de toegelaten hoeveelheid uitkomt (Anonymus, 1976a; Groszmann, 1975, 1976; Ocker, 1977; Oelschläger, 1974).

Ook verontreinigingen uit apparatuur voor opslag, transport en bereiding van krachtvoerders kunnen een bijdrage leveren.

De absorptie van de zware metalen in de darm is meestal gering (< 5%), doch deze hangt sterk af van de chemische bindingsvorm (oplosbaarheid in water of vet) en stabiliteit van deze bindingsvorm. De resorptie in de longen is vaak aanzienlijk hoger en kan zelfs tot 100% oplopen.

Door de geringe resorptie in de darm komt het grootste deel van de zware metalen in de mest terecht, waardoor weer bodemverontreiniging kan optreden. Hiermee is dan de cirkel bodem - gewas - dier gesloten.

De retentie van zware metalen in het dierlijk weefsel is in het algemeen gering en beperkt zich tot enkele delen, zoals lever, nier en bot. Wanneer echter sterk toxische/accumulerende bindingsvormen en/of hoge gehalten in het voer voorkomen, dan zijn schadelijke effecten op de dieren en/of overschrijding van toelaatbare gehalten in met name lever en nier niet uitgesloten. In deze gevallen zal, indien mogelijk, naar andere en/of niet verontreinigde grondstoffen moeten worden uitgeweken.

Voor slechts twee van de vijf nader te bespreken zware metalen en fluor, waaraan bij ons onderzoek bepalingen werden verricht, zijn door het Produktschap voor Veevoeder tolerantiegrenzen vastgesteld (tabel 6).

Tabel 6. De verordening Vvr ongewense stoffen en produkten.
(Produktschap voor veevoeder, 1975.)

Stoffen produkten	Diervoeders	Maximum gehalte in mg/kg (ppm) in het voeder, herleid tot een vochtge- halte van 12%
Cadmium		-
Kwik	Enkelvoudige diervoe- ders met uitzondering van: - veevoeders, verkregen door verwerking van vis of andere zee- dieren	0,1 0,5
	Volledige diervoeders	0,1
Lood	Enkelvoudige diervoe- ders met uitzondering van: - groenvoeder - fosfaten - gist	10 40 30 5
	Volledige diervoeders	5
Chroom		-
Nikkel		-
Fluor	Enkelvoudige diervoe- ders met uitzondering van: - diervoeders, verkregen door verwerking van dieren - fosfaten	150 500 2.000
	Volledige diervoeders met uitzondering van: - volledige diervoeders voor runderen, scha- pen, geiten . zingend . overige - volledige diervoeders voor varkens - volledige diervoeders voor pluimvee - volledige diervoeders voor kuikens	150 30 50 100 350 250
	Minerale mengsels voor runderen, schapen en geiten	2.000

Cadmium

Cadmium (Cd) komt zeer verbreid in de aardbodem voor en kan door de plant worden opgenomen. Bij de industriële produktie van o.a. accu's, plastics en verven komt men cadmium veelvuldig tegen en het is als bron van milieuverontreiniging van stijgend belang (Sülz, 1973). Voor mens en dier is het element niet essentieel.

De absorptie van cadmium in het maagdarmkanaal is niet groot. Het opgenomen cadmium wordt gedeeltelijk in de nieren en de lever opgeslagen en kan grotendeels via de urine worden uitgescheiden. Het cadmium accumuleert daarbij in de nierschors, hetgeen vergezeld gaat van een verhoogde synthese van metallothionine, waarbij de nieren slecht kunnen gaan functioneren.

De cadmium-toxiciteit in dieren is een functie van de dosering en de tijd gedurende welke de gift plaatsvindt (Ammerman et al., 1977). De tolerantie ten opzichte van cadmium is afhankelijk van de lever- en nierfunctie. Bovendien is er een interactie van cadmium met o.a. zink, selenium, koper, ijzer en zwavel die de schadelijke eigenschappen van cadmium bij het dier wat tegen kunnen gaan. In veevoer kunnen aanmerkelijke hoeveelheden cadmium voorkomen. Vooral P-bronnen kunnen er rijk aan zijn. Verder kunnen in plantaardig materiaal hoge gehalten worden aangetroffen, o.a. in stoppelknollen, rijst, gramineeën, kruisbloemigen en maïs (Oëlschläger, 1974).

Rundvee

Belastingen van cadmium boven 0,2 mg/kg in het voer kunnen via accumulatie leiden tot groeidepressie, anaemie, bloeddrukverhoging, verstoring van de glucogenese, beschadiging van de nieren, testikels en prostaat (Ammerman et al. 1973).

Hiernaast zijn carcinogene en teratogene effecten vermeld, evenals blokkering van de vitamine D₃ stofwisseling in de nieren. Normaal wordt bij een rund in de lever 0,3-0,7 mg/kg, nieren 2-3 mg/kg en haar 0,03 mg/kg gevonden. Mest kan vier- tot vijfmaal zoveel cadmium als het rantsoen bevatten. De uitscheiding via de melk is zeer gering (Underwood, 1966).

Varkens

Uit een aantal proeven met cadmium bij varkens valt af te leiden, dat het toevoegen van CdCl₂ aan het voer in ieder geval vanaf 50 mg Cd/kg duidelijk slechtere mestresultaten geeft (Pond et al., 1966, 1973; Cousins et al., 1973; Hennig et al., 1964/1965).

In een proef uitgevoerd door Cichy en V.d. Bosch (1978) werd nagegaan, wat de invloed was van cadmium, afkomstig van diverse voederfosfaten, op de Cd-ophoping in een aantal organen bij slachtvarkens. De proefvoerders bevatten 0,065 tot 0,79 mg Cd/kg. Uit regressievergelijkingen werd door de onderzoekers afgeleid, dat na het voeren van rantsoenen met 0,15 tot 0,20 mg Cd/kg de nieren ongeveer 0,5 mg Cd/kg bevatten. Hieruit werd geconcludeerd, dat het voederfosfaat niet meer dan 5 mg Cd/kg zou mogen bevatten. De gevonden resultaten komen goed overeen met die van Vemmer en Petersen (1977) die bij 0,20 mg Cd/kg in het voer 0,55 mg Cd/kg in de nieren vonden. Bij een gift van 30 mg Cd/kg werd vergroting van hart, lever en nieren gevonden (Vemmer en Petersen, 1979).

Pluimvee

Cadmiumvergiftiging bij pluimvee is herhaaldelijk beschreven. Bij toxiciteitsproeven werd cadmium in de vorm van CdCl_2 of CdSO_4 verstrekt. De lethale dosis, waarbij 50% van de dieren omkomt bij een eenmalige gift door het voer, bedraagt volgens Krampitz et al. (1974) bij drieweekse haantjes gemiddeld 165-188 mg per kg lichaamsgewicht. Cadmium werd daarbij in de vorm van CdCl_2 aan het voer toegediend. Door Weber en Reid (1971) werd bij slachtkuikens een sterfte van 50% vastgesteld bij een toevoeging van 400 mg Cd/kg voer. Verminderde groei bij jonge hennen en hanen kon reeds worden waargenomen bij giften van 25 mg CdSO_4 /kg (Hill et al., 1963) en 20 mg cadmium-acetaat/kg (Vogt et al., 1976). Laatstgenoemde onderzoekers vonden bij deze gift verder een lager eindgewicht, een ongunstiger voederconversie en een hogere sterfte.

Bij toediening van 0,5 mg Cd/kg aan het voer voor slachtkuikens werden door Vogt et al. (1976) reeds bloedplekjes (ca. 3 mm doorsnede) in het darmslijmvlies gevonden; bij toevoegingen van 5 mg/kg ontstond er enige ontkalking van de botten, terwijl bij 10 mg/kg afwijkingen aan de hoornlaag van de spiermaag werden waargenomen.

Bij leghennen kon bij een gift van 3 mg/kg in de vorm van CdCl_2 voor Sülz (1973) een ongunstige invloed op de verteerbaarheid van het voer, groei en produktie worden gevonden. Bij een gift van 61 mg/kg gedurende een half jaar werd een afwijking in de organische stof van de schaal waargenomen. Bij toedieningen boven de 50 mg/kg werden door Henning et al. (1968) bij leghennen afwijkingen van het ovarium vastgesteld.

Grössmann en Engels (1975) vonden in Duitsland in pluimveevoeders waarden voor Cd-gehalten, die varieerden van 0,05-0,87 mg/kg.

De bij het landelijk onderzoek gevonden waarden voor cadmium in fosfaat-grondstoffen bleken op te lopen tot boven de 50 mg/kg ds. In Curaphos werd 51,9 mg Cd/kg ds gevonden. In de volledige diervoeders varieerden de gemiddelde waarden globaal van 0,4 tot ruim 1 mg Cd/kg. Bij voeders voor leghennen kwamen waarden boven de 1 mg/kg ds herhaaldelijk voor, hetgeen waarschijnlijk door de toevoegingen van calciumfosfaten veroorzaakt werd.

Geconcludeerd mag worden dat vooral de bij rundvee- en pluimveevoeders verkregen waarden soms zo hoog zijn dat accumulaties van cadmium in lever en nieren alsmede andere afwijkingen bij het dier - gepaard gaande met een mogelijke produktiedaling - niet uitgesloten zijn.

Ten aanzien van Cd-gehalten bestaat er thans nog geen tolerantiegrens in volledige diervoeders en grondstoffen. Zo'n grens zou er naar de mening van de werkgroep in elk geval voor volledige diervoeders en wellicht voor bepaalde grondstoffen moeten komen.

Kwik

Kwik (Hg) is voor het dier een niet essentieel element. De oorzaak van de toxiciteit van kwik en organische kwikverbindingen ligt in hun reactie met - SH en - S-S - groepen in tal van eiwitten in het levende organisme (Underwood, 1961). Anorganische en arylkwikverbindingen blijken in het algemeen minder toxisch te zijn dan alkylkwikverbindingen (Doyle en Spaulding, 1978).

In veevoer blijkt vismeel de belangrijkste (organische) kwikbron te zijn (Ammermann et al., 1977). Daarnaast moet in sommige landen nog rekening gehouden worden met kwikhoudende zaaizaad-ontsmettingsmiddelen. Deze toepassing heeft in het verleden tot catastrofes geleid (Clarkson, 1977).

Ook via de huid is absorptie mogelijk (zalven). In Nederland is uiteraard de zogenaamde "kalvermelk"-affaire waarbij fenylkwikacetaat in het geding was, nog lang niet vergeten.

Rundvee

Bij kwikvergiftiging ontstaan vooral aandoeningen van het maagdarmkanaal en de nieren. De verschijnselen zijn die van stomatitis, gastroenteritis en nephritis (Underwood, 1966; Clarke et al., 1967).

Aan het overzicht van Ammermann et al. (1978) kan het volgende worden ontleend: bij een acute kwikvergiftiging van rundvee is er geen verschil in de verschijnselen tussen blootstelling aan organisch en aan anorganisch kwik.

Kalveren van vier weken oud ondervonden geen last van 0,1 mg Hg/kg lichaamsgewicht, maar doses van 0,2 - 0,4 mg/kg lichaamsgewicht gaven aanleiding tot kwikvergiftiging. Hg-uitscheiding gaat voornamelijk via urine en faeces, maar in geringe mate ook via de melk en de haren.

Varkens

Tryphonas en Nielsen (1973) constateerden, dat toediening van minder dan 1 mg Hg/kg lichaamsgewicht in de vorm van alkylkwik een toxisch effect op de dieren had. Een dosering van 0,19 mg Hg/kg lichaamsgewicht (ca. 4 mg/kg in het voer) bleek geen effect meer te hebben. Daarentegen vonden Chang et al. (1977), dat slechts 0,5 mg/kg in het voer in de vorm van organisch kwik toelaatbaar was. Zij bevestigden het eerder genoemde onderscheid in toxiciteit tussen organische en anorganische kwikverbindingen.

Pluimvee

Toxische verschijnselen zijn bij hanen bevestigd door Swensson en Ulfvarsson (1969) bij een concentratie van 80 mg Hg/kg voer gedurende drie weken. Bij een concentratie van 16 mg Hg/kg voer kon er nauwelijks effect van kwiknitraat, fenylkwikhydroxide, methoxyethylkwikhydroxide en methylkwikhydroxide op hanen gevonden worden (Swensson en Ulfvarsson, 1969). Methylkwikdicyaandiamide (Panogen) lijkt de voor pluimvee meest toxische verbinding te zijn.

Fimreite (1970) vond bij 4 mg Hg/kg voer afkomstig uit Panogen bij jonge kuikens al een groeivertraging en Tejning (1967) vond bij circa 4,5 mg/kg in het voer van leghennen sterk verslechterde broeduitkomsten.

Scott et al. (1975) voerden kwiksulfaat en methylkwikchloride aan leghennen. In deze proef bleken 200 mg kwiksulfaat/kg en 10 mg methylkwikchloride/kg vooral nadelige effecten op de broeduitkomsten, maar ook op de schaalkwaliteit te hebben.

In de proeven van Vogt (1979) bleek 2 mg Hg/kg als kwikacetaat gedurende 280 dagen geen nadelige invloed op de prestaties van leghennen uit te oefenen, terwijl slachtkuikens tot 40 mg Hg/kg in de vorm van kwikacetaat zonder nadeel konden verdragen.

Residuen van kwik in de diverse weefsels en eieren blijken sterk af te hangen van de vorm, waarin het kwik wordt aangeboden. In de proeven van Swensson en Ulfvarsson (1969) gaf methylkwikhydroxide verreweg de hoogste

residuen, terwijl tussen kwiknitraat, fenylkwikhydroxide en methoxyethylkwikhydroxide weinig verschil bestond. Ook kwik uit vismeel (vermoedelijk in de vorm van methylkwik) bleek sterke residu-vorming tot gevolg te hebben (March et al., 1974 a, b).

In de meeste mengvoedergrondstoffen werden Hg-gehalten van 0,03-0,04 mg/kg ds gevonden. Echter bij Curaphos werd 0,42 mg/kg, bij een monster verenmeel 3,05 mg/kg en bij diermeel 6,21 mg/kg ds gevonden. De beide laatste waarden liggen duidelijk boven de toegestane tolerantiegrens voor enkelvoudige diervoeders (0,1 mg/kg).

Lood

Lood (Pb) remt in het lichaam de activiteit van enzymen met vrije SH-groepen, zoals bijvoorbeeld die in de haemsynthese (Doyle en Spaulding, 1978). Loodvergiftiging, die vooral bij rundvee regelmatig optreedt, heeft onder andere als verschijnselen: bloedarmoede, aandoeningen van de darmen, nefropathie, hersenaandoeningen, etc. Loodbronnen in het milieu zijn naast het gemotoriseerde verkeer, verven (menie), loodsmelters en accumulatoren. De loodresorptie is sterk afhankelijk van de chemische vorm, de diersoort en entree-route (Ammermann et al., 1977).

Rundvee

Acute loodvergiftiging treedt vooral bij rundvee regelmatig op (Ammermann et al., 1973). De lethale doses variëren van 200 mg Pb/kg lichaamsgewicht voor jonge dieren tot 800 mg Pb/kg lichaamsgewicht bij volwassen dieren. 6 tot 7 mg Pb/kg lichaamsgewicht geeft een chronische Pb-vergiftiging. De gevoeligheid voor lood wordt sterk beïnvloed door factoren als de soort loodverbinding, de zuurgraad in het maagdarmkanaal, de fase van de dracht en het lactatiestadium (Ammermann et al., 1973, Clarke et al., 1967).

Varkens

De gevoeligheid van varkens voor lood is aanzienlijk geringer dan die van rundvee. Een hoeveelheid van 66 mg Pb/kg lichaamsgewicht had geen nadelig effect, terwijl ook een wekelijkse dosering van 12 g loodacetaat aan biggen van 20 kg gedurende drie weken nauwelijks effect had (Ammermann et al., 1973).

De toxiciteit van lood hangt verder nauw samen met het gehalte aan andere mineralen in het voer. Zo verlagen calcium en ijzer de toxiciteit van lood,

terwijl zink de toxiciteit van lood versterkt (Hsu et al., 1975). Volgens Vemmer en Oslage (1976) wordt de Pb-absorptie verhoogd, wanneer het lood met een melkdieet wordt opgenomen. In een aantal proeven met varkens werd 0, 8, 16, 32 en 64 mg Pb/kg lichaamsgewicht gedurende drie maanden aan mestvarkens verstrekt (Buck, 1975).

Bij dieren die de hoogste twee doseringen kregen (herleid $\pm$ 800 mg/kg voer) werden klinische afwijkingen waargenomen, terwijl deze in een andere proef reeds bij 66 mg Pb/kg in het voer werden geconstateerd.

Pluimvee

Loodvergiftiging van pluimvee blijkt in de praktijk voor te kunnen komen. Salisbury et al. (1958) beschrijven een geval, waar "frit" (basismateriaal voor glazuur met 33% PbO) in plaats van "grit" bij jonge kuikens tot vergiftiging met vooralaandoening van de spiermaag leidde. Ook zaagsel van loodplaten kan tot loodvergiftiging leiden (Van Cleef en Lensing, 1966).

Chah et al. (1976) vonden bij 300 mg loodacetaat/kg voer voor jonge kuikens een slechtere groei en meer perosis. Dit ligt lager dan het gehalte van 1000 mg loodacetaat/kg waarbij Damron et al. (1969) een eerste effect waarnamen. Het verschil kan wellicht mede verklaard worden door de waarneming van Berg (1976) dat de voersamenstelling grote invloed op de toxiciteit van lood bij jonge dieren heeft.

Vogt en Nezel (1976) konden bij uitvoerige proeven met 2-80 mg Pb/kg als loodacetaat en als loodoxide, zowel bij leghennen als bij slachtkuikens, geen enkel nadelig effect op de gezondheid en prestaties van de dieren vinden. Eerst bij 500 mg Pb/kg als loodacetaat werd een negatieve invloed op de gewichtstoename van slachtkuikens gevonden (Nezel en Vogt, 1978). Door deze behandelingen werd alleen het Pb-gehalte van de botten significant verhoogd (Nezel en Vogt, 1976).

Op grond van de verkregen waarden voor lood in mengvoeders en grondstoffen kan gesteld worden dat loodvergiftiging bij rundvee, varkens en pluimvee door het mengvoer in de praktijk niet gemakkelijk voor zal komen. Bij rundvee lijkt nog de meeste voorzichtigheid geboden. Bij 6 mg Pb/kg lichaamsgewicht ontstond loodvergiftiging. Dit is omgerekend voor een rund van 500 kg met een opname van 15 kg droge stof ca. 200 mg/kg droge stof. Echter de toxiciteitsgrens kan voor bepaalde loodverbindingen duidelijk lager zijn. De toegestane tolerantiewaarde voor groenvoeders bedraagt 40 mg/kg hetgeen duidelijk lager is dan de waarde die in een monster inlandse luzerne werd gevonden (195 mg/kg).

Chroom

Chroom (Cr) wordt aangemerkt als een essentieel element, dat een rol speelt in de koolhydraat- en vetstofwisseling; het heeft een functie onder andere bij de glucose-tolerantie en de vetvorming. Het is een co-factor van het insuline en regelt als zodanig mede de doorlaatbaarheid van de membranen voor glucose. De absorptie is zeer laag (0,5%). Het geabsorbeerde chroom wordt opgeslagen in de lever, nier, bot en milt. De uitscheiding hiervan gebeurt voornamelijk door de nieren (Binnerts, 1966).

Het zes-waardige chroom is toxischer dan het drie-waardige; zo bedraagt de letale dosis voor een rat van Cr (III) 650 mg/kg, van Cr (VI) 130 mg/kg. Chroom komt wijdverspreid in de bodem voor, zodat plantaardig materiaal meestal sporen bevat. De absorptie van Cr (III) is slechts 0,5%, van Cr (IV) enigszins groter. In de natuur komt het Cr (III) veel als complexe verbinding voor, in welke vorm het beter zou worden geabsorbeerd. Verder wordt Cr (VI) gemakkelijk gereduceerd tot Cr (III).

Verenmeel, diermeel, inlandse luzerne en onder andere dicalciumfosfaat zijn voedergrondstoffen, waarin hoge Cr-gehalten kunnen worden gevonden (Anonymus, 1976a).

Rundvee

Bij kalveren treedt bij toediening van 30-40 mg Cr/kg lichaamsgewicht chronische vergiftiging op, zich onder andere uitend in ontsteking van de slijmvliezen. Een Cr-gehalte van 30 mg/kg in de lever en 4 µg/l bloed wijst op een Cr-intoxicatie. Voor voer is geen maximaal gehalte gegeven; men zou dit misschien kunnen. Een grenswaarde van 0,5 mg/kg lijkt gemotiveerd (Underwood, 1966; Clarke et al., 1967).

Pluimvee

Romoser et al. (1961) konden bij slachtkuikens met 100 mg Cr/kg voer nog geen nadelige effecten vinden. Kunisha et al. (1966) hebben bij kuikens voederproeven met chroom-toediening uitgevoerd. Zowel K_2CrO_4 als $Cr_2(SO_4)_3$ werden daarbij bekeken. Het bleek, dat toevoegingen boven de 300 mg/kg tot vermindering van de groei leidden.

Op grond van de gevonden waarden voor chroom in grondstoffen lijkt het niet waarschijnlijk, dat chroomintoxicaties bij pluimvee door het voer voor zullen komen. Over de effecten bij de andere dieren is niet veel te zeggen. Meer onderzoek hierover lijkt gewenst.

Nikkel

Nikkel (Ni) speelt een rol bij de totstandkoming van de invloed van het schildklierhormoon op de celstofwisseling. Het wordt gebruikt als roestwerende coating voor diverse metalen.

De absorptie is maximaal 10%; voorzover het geabsorbeerde nikkel wordt uitgescheiden, verloopt dat via de nieren. De accumulatie vindt vooral plaats in de beenderen. Nikkel heeft carcinogene eigenschappen (Underwood, 1966; Ammermann, 1973).

Rundvee

Toxische effecten zullen zich uiten in een verlaagde N-retentie (bij 250 mg/kg) en nephritis. De behoefte is zeer laag en variabele waarden van 0,003 tot 0,180 mg/kg worden genoemd. Gegevens over toelaatbare gehalten in voer zijn niet beschikbaar (Underwood, 1966; Clarke et al., 1967).

Varkens

Kirchgessner en Roth (1977 b) constateerden in een proef, waarin gedurende zes weken diverse hoeveelheden $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ via het voer aan pas gespeende biggen werden verstrekt, een duidelijke groeidepressie bij 375 en 500 mg Ni/kg voer.

Pluimvee

Weber en Reid (1968) hebben twee proeven gedaan met kuikens, die in het voer extra nikkel tot 1300 mg/kg in de vorm van nikkelsulfaat of nikkelacetaat kregen toegediend. Bij gehalten aan nikkel van 700 mg/kg en daarboven bleek de groei van de kuikens tot vier weken leeftijd significant verlaagd.

De gevonden gehalten voor nikkel in de verschillende grondstoffen zijn over het algemeen laag (0,1-20,7 mg/kg). Gezien de tolerantiegrenzen bij pluimvee en varkens is geen nadelige invloed van de gevonden gehalten op de groei bij pluimvee en varkens te verwachten. Over de invloed ervan bij rundvee is niet veel te zeggen.

De gevonden waarden aan nikkel in de diverse grondstoffen zijn wel een veelvoud van de behoeftenorm bij rundvee.

Fluor

Fluor (F) is een essentieel element. Het is van groot belang voor de ontwikkeling van gezond tandemail en voor de skeletgroei. Voor de lichaamsgroei van

de rat is een hoeveelheid van 2,5 mg F/kg lichaamsgewicht optimaal. In het verleden is aangetoond, dat door middel van een extra fluoride-gift de activiteit van de osteoblasten in botten kon worden gestimuleerd, waardoor de botvercalcining zou toenemen. Sommige onderzoekers maken ook melding van een verminderde botresorptie. Naast de leeftijd van het dier en de duur van de opname is ook de vorm waarin het fluoride voorkomt een factor van belang. Fluoride uit CaF_2 is bij pluimvee minder toxisch dan fluoride uit NaF (Gardiner et al., 1959).

Door Cahir et al. (1978) werd verder aangetoond, dat naast calcium de aanwezigheid van aluminium in het voer het toxisch effect van fluoride bij zowel kuikens als kalkoenen teniet kan doen. In dit verband kunnen ook de proeven van Forsyth et al. (1972 a, b) met biggen worden genoemd. Daarbij werd waargenomen, dat naarmate het Ca- en P-gehalte van het voer lager waren meer fluoride in het dier kon worden vastgelegd. De toegestane hoeveelheden fluoride in eenvoudige veevoeders (EEG) zijn 150 mg/kg, in grondstoffen van dierlijke herkomst 500 mg/kg en in fosfaten 2000 mg/kg. Normale ruwvoeders hebben lage F-gehalten, voeders van dierlijke oorsprong en fosfaten kunnen hoge hoeveelheden bevatten. Niet gefluorideerd drinkwater bevat 0,01-0,45 mg F/l; gefluorideerd water 1 mg F/l.

Rundvee

Voor runderen ligt de behoefte-norm dicht bij de toxische grens; deze laatste bedraagt voor een volwassen koe 1,1-1,3 mg F/kg lichaamsgewicht. Meestal is de opname van fluoride niet zo hoog. Soms echter wordt door krachtvoer met een (te) hoog F-gehalte (ruwe fosfaten) en/of door ruwvoeders, die door fabrieksemissies met fluoride zijn verontreinigd, een chronische fluorvergiftiging veroorzaakt. Bij jonge, nog niet afgewisselde dieren treedt dan een afwijking op aan het tandemail ("mottled enamel") en de botten, zodat kreupelheid optreedt (exostosen). Oudere dieren zullen naast kreupelheid een duidelijke vermindering van eetlust en daling van de melkproduktie vertonen.

Fluorvergiftiging kan bij rundvee optreden, wanneer gedurende een jaar voeder wordt opgenomen met een F-gehalte van 40 mg/kg of hoger. (Norm voor volwassen rundvee.) Deze maximaal toelaatbare concentratie mag oplopen tot 80 mg/kg, doch dan mag verstrekking van dit voeder niet langer dan een maand plaatsvinden. (Handleiding mineralen onderzoek bij rundvee in de praktijk 1970.)

Bij beschouwingen over F-gehalten van rantsoenen moet ook worden bedacht, dat grond soms ook veel fluoride kan bevatten. Eveneens kan dit het geval zijn

met verontreinigd ruwvoer. Gezien de maximaal toelaatbare concentratie van 40 mg/kg en de veel hogere gehalten die in grondstoffen kunnen voorkomen, is voorzichtigheid met betrekking tot bepaalde grondstoffen en fosforbronnen wel geboden.

De toelaatbaar geachte normen voor dagelijkse opname gedurende langere perioden is voor kalveren 30 mg/kg, voor oudere dieren 50 mg/kg en voor slachtkuik 100 mg/kg.

In de urine van herkauwers wordt maximaal 6-7 mg F/l uitgescheiden. Voor meer gedetailleerde gegevens kan worden verwezen naar het werk van Tesink (1966).

Varkens

Op grond van een uitgebreide literatuurstudie concluderen Bronsch en Griesser (1964) dat bij langdurige verstrekking van voer met moeilijk oplosbaar fluoride 100 mg F/kg het maximaal toelaatbare gehalte zou moeten zijn tegen 70 mg/kg indien er sprake is van makkelijk oplosbare F-verbindingen.

Gobble et al. (1956) vulden een rantsoen voor mestvarkens aan met "soft phosphate" waardoor 550 mg F/kg werd bereikt, en vonden geen nadelige effecten bij mestvarkens, terwijl daarentegen Jordan (1956) bij 510 mg F/kg, ook als "soft phosphate", wel nadelige effecten waarnam.

In een overzicht verstrekken Neathery en Miller (1977) enkele gegevens met betrekking tot fluoride. Bij meer dan 200 mg F/kg kan de groei en voederconversie bij varkens benadeeld worden, zodat zij voorstellen niet meer dan 150 mg/kg in het voer toe te laten.

Pluimvee

Fluoride kan bij pluimvee aan het voer of aan het water worden toegevoegd. Verschillen in werking tussen beide zijn niet vastgesteld.

Smith et al. (1970) konden bij giftigen tot 87 mg F/kg voer voor leghennen over de leeftijdsperiode van 20-70 weken geen invloed van fluoride op de eiproduktie, eikwaliteit en lichaamsgewicht vaststellen. Wel bleek het tibia-asgehalte op de leeftijd van 71 weken verhoogd te zijn. De vorm van fluoride werd niet vermeld.

Merkley (1976) toonde aan, dat bij kuikens de groei niet werd beïnvloed bij een toevoeging van 200 mg F/kg in de vorm van NaF. Na een toevoeging van 150 en 200 mg F/kg bleek het asgehalte in de botten verhoogd te zijn. Weber (1969) heeft duidelijk aangetoond, dat na een toevoeging van 500 mg F/kg de groei bij kuikens significant verminderde.

Kalkoenen zijn gevoeliger voor fluor dan kippen. Bij kalkoenen werd door Struwe en Sullivan (1975) reeds een groeivermindering op de leeftijd van acht

weken gevonden bij toevoegingen vanaf 180 mg F/kg in de vorm van NaF. Bij de aanwezigheid van fluor uit superfosfaat en diammoniumfosfaat werd pas groeivermindering boven 270 mg F/kg gevonden. Bij gebruik van NaF waren de effecten duidelijk groter. De vorm, waarin fluoride wordt toegediend lijkt dus een factor van belang.

Fosforbronnen kunnen zeer rijk zijn aan fluoride. In twee van de vier fosforbronnen waarin fluoride bepaald werd, bleek het F-gehalte duidelijk boven de toegestane norm van 2000 mg/kg te liggen. In een monster dicalciumfosfaat werd zelfs een gehalte van 6931 mg F/kg gevonden.

In de plantaardige grondstoffen lag het gehalte aan fluoride wel duidelijk beneden de toelaatbare norm. De toxische grens voor fluoride ligt voor rundvee duidelijk lager dan voor pluimvee. Bij toevoegingen van fosforbronnen aan mengvoeder voor rundvee dient de nodige voorzichtigheid betracht te worden en bij voorkeur dient van een F-arme fosforbron gebruik te worden gemaakt.

Indien van F-rijke fosforbronnen gebruik wordt gemaakt voor varkens- en pluimveevoeders stuit men niet zo gemakkelijk op problemen. Toevoeging van 1½% dicalciumfosfaat met een gehalte van 7000 mg F/kg met enig fluoride uit andere grondstoffen zouden bij kalkoenen toch tot produktievermindering kunnen leiden.

V. DE BETEKENIS VAN FOSFAAT EN ENKELE ZWARE METALEN VOOR DE PLANTENVOEDING

Mineralen, waaronder ook de spoorelementen, werken in eerste instantie als meststoffen, zeker wanneer hiervan een onvoldoende hoeveelheid in de bodem voorkomt. De benodigde hoeveelheden om tekorten op te heffen zijn, zeker wat de spoorelementen betreft, gering. Wanneer hiervan regelmatig teveel wordt gegeven, d.w.z. meer dan voor de handhaving van een bemestingstoestand "voldoende" nodig is, zullen zowel de totaal-gehalten als de voor de planten opneembare gehalten van het betreffende element in de bodem toenemen. Ten aanzien van oplosbare elementen zal via een verrijking van de ondergrond op korte of langere termijn ook een verrijking van het grondwater en via deze van het oppervlaktewater kunnen plaatsvinden. Indien de elementen weinig beweeglijk zijn zoals bijvoorbeeld de metaal-spoorelementen, vindt er ophoping plaats in de bovenste lagen van het bodemprofiel, zeker wanneer er geen grondbewerking plaatsvindt zoals bij grasland. De snelheid waarmee een grond met een bepaald element wordt verrijkt, hangt samen met de mate en de frequentie van het teveel dat wordt gegeven, de beweeglijkheid van het element in de bodem en de gebruikswijze van de bodem (akkerbouw, grasland).

De afvoer van spoorelementen door het gewas is gering (tabel 7).

Tabel 7. Gemiddelde afvoer van spoorelementen door het gewas op bouwland en grasland in grammen per ha en jaar (Henkens, 1978).

	Bouwland	Grasland
Borium (B)	100	5
Koper (Cu)	50	15
Kobalt (Co)		1
Mangaan (Mn)	230	100
Molybdeen (Mo)	6	1
Zink (Zn)	250	60

De afvoer van spoorelementen van grasland is veel geringer dan van bouwland omdat een belangrijk deel (95% en meer) van de opgenomen hoeveelheid via de mest weer in de bodem terecht komt.

Tegenover deze geringe afvoer, die nog iets kan worden verhoogd met de uitspoelingsverliezen, kan een belangrijk groter aanbod staan. De jaarlijkse aanvoer van koper met een gift van 20 ton drijfmest van vleesvarkens per ha zal bij het huidige Cu-gehalte in het mengvoer voor deze dieren $20 \times 74 = 1480$ g koper bedragen (zie hoofdstuk VI; b. Koper en zink). Hier tegenover staat voor

bouwland een afvoer van slechts 50 g en op grasland van 15 g per ha, nog te vermeerderen met 30 g voor uitspoelingsverliezen. Iedere hoeveelheid van 1000 gram, die teveel wordt gegeven, zal het Cu-gehalte in een bouwvoor van 20 cm met een gewicht van 2.500.000 kg met 0,4 mg Cu-totaal of 0,3 mg voor de plant opneembaar koper (Cu-HNO_3) per kg grond doen stijgen.

Op grasland met een zodelaag van 0-5 cm en een gewicht van 600.000 kg draagt de verrijking zelfs 1,7 mg Cu-totaal/kg of 1,3 mg Cu-HNO_3 /kg grond.

Als grenswaarden voor een bemestingstoestand "voldoende" geldt voor bouwland een Cu-HNO_3 -getal van 4 en voor grasland van 5. Uit het bovenstaande volgt, dat er niet veel koperhoudende varkensdrijfmest noch veel tijd benodigd zal zijn om van een lage uitgangswaarde de toestand "voldoende" te bereiken. In bovenstaand voorbeeld en uitgaande van een Cu-HNO_3 -waarde van 2 zal op bouwland met een bemesting van 20 ton varkensdrijfmest per ha en per jaar in

$$(4-2) : \frac{(1480-80)}{1000} \times 0,3 = \text{ca. vijf jaren de toestand voldoende zijn bereikt en op grasland in}$$

$$(5-2) : \frac{(1480-45)}{1000} \times 1,3 = \text{ca. twee jaren.}$$

Wat hier aan de hand van een voorbeeld betreffende de verrijking van de grond met koper werd gedemonstreerd geldt eveneens voor de andere elementen. In hoeverre hogere giften en gehalten bezwaarlijk zijn, moet worden afgewogen tegen de wenselijkheid op langere termijn van een onbepaalde keuze in de teelt van gewassen op een bepaalde grondsoort of in het houden van vee. Het is van belang bepaalde tolerantiegrenzen niet te overschrijden om landbouwkundige en ecologisch ongewenste effecten te voorkomen evenals andere voor mens en dier kwalijke gevolgen.

Hierbij moet worden bedacht, dat de opname van ongewenste hoeveelheden van bepaalde elementen door het dier niet alleen het gevolg behoeft te zijn van de opname met het voedsel van de door het gewas onttrokken mineralen. Deze onttrekking is vaak zelfs begrensd. Maar door verontreiniging van het gewas met aangehechte grond- en mestdeeltjes en door opname van wortels of van verrijkte grond door scherp afgrazende dieren (Commissie Onderzoek Minerale Voeding TNO, 1970) kunnen eveneens belangrijke hoeveelheden mineralen door het dier worden opgenomen. Bij de bereiding van mengvoeders met extra mineralen moeten deze gevolgen op lange termijn daarom niet uit het oog worden verloren, zeker niet wanneer men te maken heeft met een intensieve veehouderij zoals in Nederland.

Hierna volgt thans een beknopt overzicht van hetgeen er momenteel bekend is omtrent de gevolgen van overmaat aan fosfaat en bepaalde sporelementen voor gewas en dier en waar de tolerantiegrenzen liggen.

Fosfaat

Bij een overmaat aan fosfaat (P_2O_5) zal het gehalte aan totaal fosfaat zowel als aan voor de plant opneembaar fosfaat in de bodem zich gaan instellen op een evenwichtssituatie, die samenhangt met de jaarlijks gemiddeld toegevoerde hoeveelheid fosforzuur. Onder Nederlandse omstandigheden is een hoeveelheid van 50 kg P_2O_5 per ha per jaar doorgaans voldoende om een goede bemestingstoestand te handhaven op bouwland met 60% granen (Prummel, 1974). Dit is een hoeveelheid die ongeveer overeenkomt met de jaarlijks door de gewassen onttrokken hoeveelheid.

Op blijvend grasland mag voor de laag 0-5 cm eveneens een gelijkblijvend fosfaatgehalte worden verwacht bij bovengenoemde aanvoer.

Voor zover bekend zijn er geen uitgesproken landbouwkundige bezwaren tegen te hoge fosfaattoestanden van bouwland. Bij grasland werden incidenteel wat lagere droge-stofopbrengsten gevonden (Pieters, 1971). In de fruitteelt kan zinkgebrek optreden als gevolg van een te hoog fosfaatgehalte van de grond. De veronderstelling, dat bij het rund een geringe beschikbaarheid van spoor-elementen zou ontstaan bij een abnormaal hoge fosfaatopname werd tot nu toe niet bevestigd (Commissie Minerale Voeding TNO, 1970). Wat het milieu aangaat kan door inspoeling of door afspoeling van met fosfaat verrijkte bovenste bodemlagen eutrofiëring van het oppervlaktewater optreden (Kremer, 1977; Sluysmans et al., 1978; Van der Veen, 1978; De la Lande Cremer, 1979).

Toelaatbare gehalten aan sporelementen in grond en gewas

Het volgend beknopt overzicht van de belangrijkste gegevens op dit gebied is ontleend aan een literatuuronderzoek van Smilde (1976) over de toxische gehalten van een aantal zware metalen in grond en gewas, aangevuld met gegevens van Henkens (1978) en Kloke (1977).

De gegevens hebben betrekking op de toelaatbaar geachte waarden voor afzonderlijke elementen. Eventuele nadelige effecten kunnen echter worden versterkt of verzwakt door een gecombineerde werking van verschillende elementen.

Zink

Behalve in de fruitteelt waar wel eens door fosfaatovermaat veroorzaakt zinkgebrek is vastgesteld, komt in Nederland geen zinkgebrek voor bij de gewassen en het vee (Henkens, 1978).

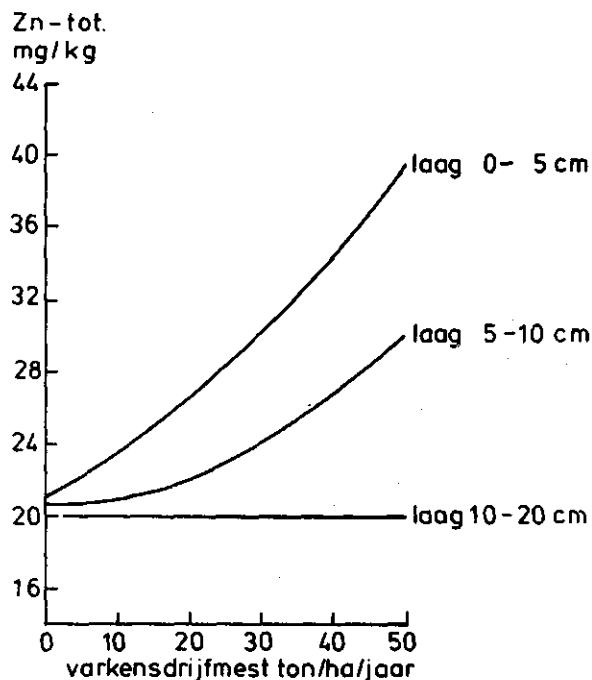
Zink wordt gemakkelijk door de plant opgenomen en naar de bovengrondse delen verplaatst. De gemiddelde jaarlijkse onttrekking van bouwland kan op 250 g per ha worden gesteld en van grasland op 60 g (Henkens, 1978). Toedie-

ning van zink in een oplosbare vorm in hoeveelheden tot 50 mg Zn per kg grond zal slechts bij uitzondering nadelig zijn voor de daarop geteelde gewassen. Bij hoeveelheden van 50 tot 250 mg Zn/kg op zandgronden en lichte kleigronden en ten minste 250 mg/kg op humusrijke zandgronden en zware kleigronden kan - afhankelijk van het gewas - schade worden verwacht. De daartoe benodigde hoeveelheid zink neemt toe naarmate de grond meer humus en/of klei bevat en de pH hoger is. Op veengronden wordt de hoeveelheid pas schadelijk vanaf 1000 mg Zn/kg in de bodem.

Bij gehalten van meer dan 400 tot 800 mg Zn per kg droge stof in het blad kunnen bij uiteenlopende gewassen, afhankelijk van de bodemomstandigheden, verschijnselen van zinkvergiftiging optreden. Aangezien Zn-intoxicatie bij mens en dier in het algemeen eerst is te verwachten bij veel hogere waarden dan de hier genoemde, zullen er reeds lang moeilijkheden met de gewassen optreden alvorens mens en dier hiervan de gevolgen ondervinden (Smilde, 1976).

De oplosbaarheid van zink wordt door een ruime fosfaatvoorziening en door een bekalking negatief beïnvloed. Deze beide meststoffen kunnen worden gebruikt om de gevolgen van zinkovermaat op te heffen (Smilde, 1976).

Fig.2 Zink-accumulatie en -inspoeling op zand-
grasland bemest met varkensdrijfmest (1971-1977)
(L.C.N. de la Lande Cremer)



De thans in gebruik zijnde methoden van grondonderzoek hebben slechts een beperkte zeggingskracht voor het bepalen van de voor de plant opneembare hoeveelheid zink. De interpretatie van de analyseresultaten hangt immers af van andere bodemkarakteristieken zoals organische stof- en lutumgehalte, pH en fosfaatvoorziening (Smilde, 1976). Kloke (1977) legt een algemene grens bij 300 mg Zn/kg grond.

De verplaatsing van zink in een ongestoorde zandgrond, die gedurende zeven jaren was bemest met opklimmende hoeveelheden varkensdrijfmest, was zeer gering (fig. 2).

Koper

Kopergebrek was geen onbekend verschijnsel in bepaalde streken van Nederland. Van de akkerbouwgewassen zijn de granen hiervoor het meest gevoelig.

De kopertoestand van de grond wordt beoordeeld op basis van een extractie van de grond met 0,43 n HNO_3 . Voor bouwland is een Cu- HNO_3 -getal van 4 voldoende terwijl voor grasland géén koperbemesting meer wordt geadviseerd boven een Cu- HNO_3 -getal van 5 (Henkens, 1978).

Indien de grond met EDTA wordt geëxtraheerd, moeten bovengenoemde waarden met een factor 0,81 worden vermenigvuldigd. Ook het gehalte aan Cu-totaal moet met een factor 0,80 worden vermenigvuldigd om het gehalte aan opneembaar koper (Cu- HNO_3) te verkrijgen (Henkens, 1978).

Met giften van 50 tot 200 mg Cu- HNO_3 per kg zandgrond kan schade worden verwacht in de daarop geteelde gewassen. Voor humusrijke zandgronden en kleigronden is de schadelijke dosis gewoonlijk hoger dan 200 mg per kg grond. Deze neemt toe naarmate de grond meer organische stof en/of lutum bevat (hogere kationen omwisselingscapaciteit) en de pH hoger is. Voor veengronden kan een minimale toxische dosis van 500 tot 1000 mg Cu per kg grond worden aangehouden (Smilde, 1976).

Wat de bodemgehalten betreft geeft Kloke (1977) als algemene grenswaarde 100 mg Cu per kg grond aan. Leguminosen en maïs ondergaan echter reeds opbrengstverliezen vanaf 50 mg Cu- HNO_3 . Voor de overige akkerbouwgewassen en gras kan 100 mg Cu- HNO_3 per kg worden aangehouden.

Evenals voor zink moet bij de interpretatie van de resultaten van het grondonderzoek voor de diagnose van kopervergiftiging rekening worden gehouden met de reeds genoemde bodemkarakteristieken, waardoor het grondonderzoek aan waarde inboet (Smilde, 1976).

Het Cu-gehalte van gras en van maïs wordt weinig verhoogd bij een boven de toestand "voldoende" stijgende kopertoestand van de grond. Wel wordt bij een

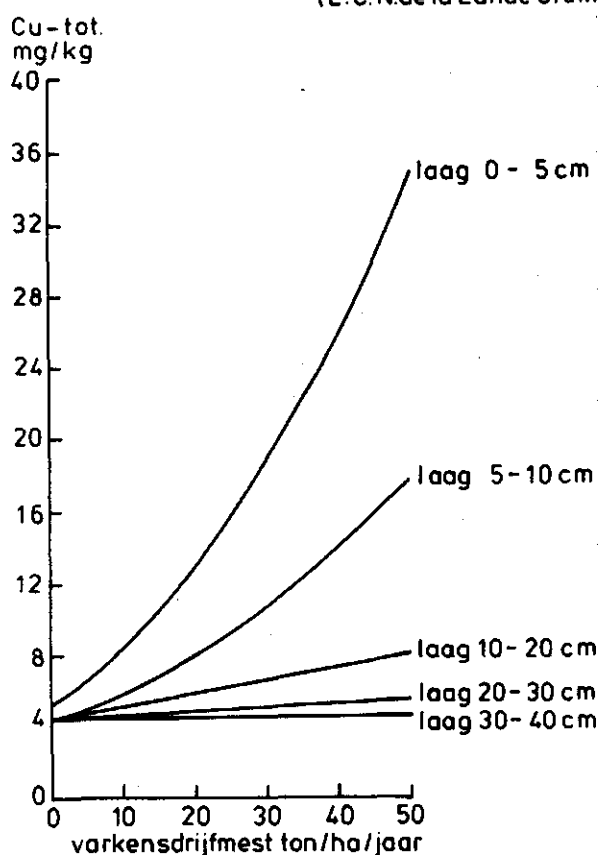
gegeven kopervoorziening het Cu-gehalte van het gras hoger naarmate het ruw eiwitgehalte hoger is (Henkens, 1978).

Koper hoopt zich voornamelijk op in de wortels van het gewas, waardoor een bladanalyse voor het vaststellen van kopervergiftiging slechts een beperkte betekenis heeft (Smilde, 1976). Zij kan bijvoorbeeld dienen voor het vaststellen van verhoogde Cu-waarden in de bovengrondse delen als gevolg van verontreiniging met koperhoudende grond- en/of mestdeeltjes. Dit aspect kan van belang zijn voor weidend vee dat met het gras ook aangehechte verontreinigingen met koperhoudende mest- en gronddeeltjes kan opnemen (vorig rapport, 1975).

Alvorens voor mens en dier gevaarlijk hoge Cu-concentraties in de bovengrondse delen van gewassen worden bereikt, ondervinden deze zelf reeds aanzienlijke schade door kopervergiftiging. De voedselketen is dus voldoende beschermd, behalve voor het schaap, waarvan de tolerantie voor koper beperkt is (15 mg Cu-HNO₃ per kg grond of 15 mg Cu/kg droge stof in het voer). Voor rundvee schijnt een Cu-gehalte vanaf 50 mg Cu/kg droge stof niet meer acceptabel te zijn (Smilde, 1976).

Hoewel het niet snel gebeurt, dringt de koper afkomstig van zware bemestingen met drijfmest van vleesvarkens, gedurende zeven jaren toegediend aan zandgrasland, toch naar dieper gelegen bodemlagen door, in casu 40 cm (fig. 3).

Fig.3 Koper-accumulatieën - inspoeling op zandgrasland bemest met varkensdrijfmest (1971-1977)
(L.C.N. de la Lande Cremer)



Er zijn aanwijzingen, dat Cu-totaal-gehalten in de bodem hoger dan 50 à 100 mg/kg op humeuze zandgrond schadelijk zijn voor regenwormen. Op kleigronden zijn hogere waarden toelaatbaar.

Chroom

Als driewaardig kation is chroom niet schadelijk voor het gewas bij hoeveelheden van 200 tot 300 mg Cr in oplosbare vorm per kg grond. Gewoonlijk ligt de schadelijke dosis voor gewassen op zand- en kleigronden aanzienlijk hoger en wel > 500 mg Cr/kg grond (Smilde, 1976).

Het zeswaardig anion chroom kan daarentegen al giftig zijn bij hoeveelheden beneden de 50 mg Cr/kg grond, in oplosbare toestand toegediend. Gewoonlijk wordt het echter snel omgezet in het veel minder giftige driewaardig kation chroom (Smilde, 1976).

Chroom hoopt zich op in de wortels van het gewas. Pas bij zeer hoge doses kan enig transport naar de bovengrondse delen plaatsvinden. Daar dit element bovendien weinig giftig is voor plant en dier behoeft voor chroomvergiftiging niet te worden gevreesd (Smilde, 1976).

Kloke (1977) noemt als grenswaarde voor chroom in de bodem 100 mg/kg.

Lood

Lood in oplosbare vorm is niet nadelig voor het gewas op zandgrond bij giften tot 500 mg Pb/kg grond. Op kleigronden bedraagt de toxische dosis minimaal 1000 mg Pb (Smilde, 1976).

De beschikbaarheid van lood voor het gewas neemt af met toenemende kationen-omwisselingscapaciteit van de bodem, de pH en de fosfaatvoorziening (Smilde, 1976).

Kloke (1977) vindt een Pb-gehalte in de bodem van 100 mg/kg aanvaardbaar.

Bij lood is de voedselketen, althans voor de mens, niet beschermd. Ogenscheinlijk gezonde, niet aan loodvergiftiging lijdende gewassen kunnen voor menselijke consumptie onaanvaardbaar hoge Pb-hoeveelheden (> 1 à 2 mg Pb/kg verse stof) bevatten. Bij rundvee (kritische grenswaarde 100 tot 200 mg Pb/kg droge stof van het voer) is dit algemeen gesproken niet het geval. Wel is voorzichtigheid geboden met het voederen van uitwendig met lood verontreinigde produkten (Smilde, 1976).

Nikkel

Op zandgronden kan bij hoeveelheden vanaf 12,5 mg en op kleigronden vanaf 25 mg Ni/kg grond, in oplosbare vorm, schade worden verwacht in het gewas.

De giftige dosis neemt toe naarmate de grond meer organische stof en/of klei bevat (hogere kationenomwisselingscapaciteit) en de pH hoger is. Op veengronden ligt de giftige hoeveelheid bij ten minste 500 mg Ni/kg grond (Smilde, 1976). De grenswaarde in de grond wordt door Kloke op 50 mg Ni per kg gesteld (Kloke, 1977).

Ten aanzien van het grondonderzoek op nikkel gelden dezelfde bezwaren als voor zink en koper (Smilde, 1976).

Nikkel wordt gemakkelijk door het gewas opgenomen en naar de bovengrondse delen vervoerd. Ook voor het best onderzochte gewas (haver) kunnen nog geen scherpe toxische grenswaarden voor de Ni-gehalten in korrel en stro worden opgegeven, aangezien deze mede afhankelijk zijn van de bodemomstandigheden (Smilde, 1976).

Door de geringe giftigheid van nikkel voor mens en dier en de sterke giftigheid voor het gewas is bescherming van de voedselketen gewaarborgd (Smilde, 1976).

Cadmium

Zowel op zand- als kleigronden kan, afhankelijk van hun organische stof en/of lutumgehalte en de pH, al schade optreden vanaf gehalten van 5 mg Cd in oplosbare vorm per kg grond. De tolerantie voor cadmium loopt voor de verschillende gewassen sterk uiteen, maar bij hoeveelheden vanaf 20 mg Cd/kg grond is er in veel gevallen schade te verwachten. Op veengronden ligt de giftige hoeveelheid bij ten minste 300 mg Cd/kg (Smilde, 1976). Als grenswaarde voor de bodem houdt Kloke (1977) 5 mg/kg aan.

Ook cadmium wordt gemakkelijk door het gewas opgenomen en naar de bovengrondse delen afgevoerd. Er zijn geen scherpe, kritische grenswaarden voor de Cd-gehalten van aan cadmiumvergiftiging lijdende gewassen op te geven. Bij een hoge N-opname kunnen hogere Cd-gehalten in het gewas worden verwacht. De stikstofbemesting is dus van invloed.

Hoewel cadmium zeer giftig is voor de plant, kan zich in een ogenschijnlijk gezond, niet aan cadmiumvergiftiging lijdend gewas toch nog zoveel cadmium ophopen, dat consumptie ervan door de mens onaanvaardbare risico's oplevert. De voedselketen is, althans voor de mens, onvoldoende beschermd (Smilde, 1976).

Kwik

Door Kloke (1977) wordt 5 mg Hg/kg grond toelaatbaar geacht.

Algemene conclusies

In het voorgaande werden enige malen gewezen op de accumulatie van metalen in het wortelsysteem van de plant. Daar de verplaatsing van metalen in de bodem vaak gering is, zullen deze bij een geregeld aanbod meestal in de eerste centimeters grond worden opgehoopt. Het een en ander vergroot de kans dat scherp afweidende dieren en dieren die veel grond met hun voedsel opnemen (hetgeen kan oplopen tot 10% van de totale droge-stofopname (vorig rapport, 1975)) langs deze weg veel metalen toegevoerd krijgen. ^ ^

VI. DE HOEVEELHEDEN FOSFOR, KALIUM, KOPER EN ZINK DIE UIT HET MENGVOER IN DE MEST EN URINE TERECHTKOMEN

De hoeveelheden minerale bestanddelen die in mest en urine terechtkomen zijn afhankelijk van:

- a. mengvoedergebruik,
- b. gehalten in het mengvoer,
- c. de diersoort,
- d. het element.

In tabel 8 wordt het mengvoederverbruik door de verschillende diersoorten in 1976-1977 vergeleken met de situatie in 1972-1973 (gegevens mengvoeder-enquête Produktschap voor Veevoer).

Tabel 8. Mengvoederverbruik in Nederland in 1976-1977 in vergelijking tot 1972-1973 (ton droge stof).

	1976-1977	1972-1973
Rundvee	3.715.271 (142)	2.621.113
Mestkalveren	304.988 (111)	275.684
Varkens	4.430.929 (117)	3.807.247
Pluimvee	2.087.310 (105)	1.979.766

() = Verbruik in 1976-1977, uitgedrukt in procenten van het verbruik in 1972-1973.

Uit deze tabel blijkt, dat het mengvoederverbruik in de laatste vier jaren over de gehele linie is gestegen. Het minst is dit het geval in de pluimveesector (5%). Bij het rundvee bedraagt deze stijging ruim 40%. Dit betekent een toename van het verbruik van rundveekrachtvoer met gemiddeld 10% per jaar. Ook bij de varkens nam het verbruik flink toe, nl. met 17%.

a. Fosfor en kalium

Afhankelijk van de diersoort en het beschouwde element worden verschillende hoeveelheden minerale bestanddelen, die met het voer worden gegeven, met de mest en de urine uitgescheiden. Zoals dit eerder voor fosfor werd berekend (Kemp, 1974), werd dit nu ook voor kalium gedaan. In tabel 9 zijn deze hoeveelheden zowel voor fosfor als voor kalium weergegeven.

Tabel 9. Hoeveelheden uit mengvoeders afkomstige fosfor en kalium die in mest en urine worden uitgescheiden, uitgedrukt in procenten van de opgenomen hoeveelheden.

	% van opname in mest en urine	
	P	K
Rundvee	70	92
Mestkalveren	39	93
Mestvarkens	77	94
Zeugen	88	95
Leghennen	91	87
Slachtkuikens	61	87

De verschillen tussen de diersoorten zijn duidelijk wat fosfor betreft doch niet wat betreft kalium. De retentie van fosfor is bij jonge snel groeiende dieren duidelijk groter (mestkalveren, slachtkuikens) dan bijvoorbeeld bij rundvee en leghennen. Dit in tegenstelling tot kalium. Rekent men hier voor alle diersoorten met een uitscheiding van globaal 90% van de opgenomen hoeveelheden, dan is de fout die gemaakt wordt relatief klein.

Tabel 10 geeft een samenvatting van de hoeveelheden fosfor en kalium, die in de mengvoeders van rundvee, mestkalveren, varkens en pluimvee voorkomen en de hoeveelheden hiervan, die in de mest en urine terechtkomen.

Tabel 10. Landelijke gegevens over mengvoederverbruik, de hoeveelheden fosfor en kalium, die in de verschillende mengvoeders voorkomen, en het deel hiervan dat in de mest en urine wordt uitgescheiden (tonnen).

	Mengvoeder- verbruik 1976-1977 droge stof	In het voer		In mest en urine	
		P	K	P	K
Rundvee	3.715.271	22.292	57.958	15.604	53.901
Mestkalveren	304.988	2.318	4.575	904	4.209
Varkens	4.430.929	33.232	56.716	26.254	54.447
Pluimvee	2.087.310	17.116	21.291	13.179	19.587
Totaal		74.958	140.540	55.941	132.144

In tabel 11 worden de hoeveelheden fosfor, die uit de verschillende soorten mengvoerders in mest en urine werden uitgescheiden, vermeld. Een vergelijking is gemaakt tussen de perioden 1976-1977 en 1972-1973.

Tabel 11. Landelijke gegevens over de hoeveelheden fosfor, die in 1976-1977 uit mengvoer in mest en urine werden uitgescheiden, vergeleken met 1972-1973 (tonnen).

	1976-1977	1972-1973
Rundvee	15.604 (121)	12.844
Mestkalveren	904 (108)	838
Varkens	26.254 (101)	25.923
Pluimvee	13.179 (98)	13.513
Totaal	55.941 (105)	53.118

() = hoeveelheden in 1976-1977, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheden in 1972-1973.

Uit deze tabel blijkt, dat de uitgescheiden hoeveelheid fosfor uit rundveekrachtvoer gedurende de periode 1972/1973 tot 1976/1977 in totaal met 21% is toegenomen. Dit is de resultante van de stijging van het mengvoederverbruik in deze sector met ongeveer 40% en de daling van het P-gehalte van het voer van 0,70 naar 0,60%. Bij de varkens is de situatie ongeveer gelijkgebleven. De vermindering van de hoeveelheid fosfor in mest en urine ten gevolge van de daling van het P-gehalte in het voer werd nagenoeg in evenwicht gehouden door een verhoging ten gevolge van het toegenomen voederverbruik met 17%. Dit geldt eveneens voor het pluimvee.

De conclusie kan worden getrokken, dat de totale P-uitscheiding in de mest en urine van alle hier beschouwde diersoorten vanaf 1972-1973 met 5% is toegenomen ten gevolge van het toegenomen krachtvoederverbruik bij het rundvee.

Ten einde enig inzicht te hebben in de verdeling van de hoeveelheden fosfaat en kali in de verschillende gebieden, worden in tabel 12 de totale hoeveelheden fosfaat en kali uit het mengvoer per provincie vermeld. Deze zijn uitgedrukt in kg P_2O_5 en K_2O per ha cultuurgrond. Dat de verdeling binnen één provincie nog erg verschillend kan zijn is bekend. Zo zal de situatie in het westen van Noord-Brabant geheel anders zijn dan in het oosten.

Tabel 12. Hoeveelheden uit mengvoeders afkomstige fosfaat en kali die in 1976-1977 door rundvee (incl. mestkalveren), varkens en pluimvee in de onderscheiden provincies per ha cultuurgrond met mest en urine werden uitgescheiden (kg).

Provincie	Rundvee		Varkens		Pluimvee		Totaal	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Groningen	9,3	17,0	3,6***	4,0	4,1	3,2	17,0	24,2
Friesland	20,1	36,7	3,3	3,7	6,9	5,4	30,2	45,7
Drente	14,1	26,0	7,7	8,3	8,9	6,9	30,7	41,3
Overijssel*)	19,6	35,9	29,3	32,0	11,8	9,2	60,7	77,2
Gelderland	31,6	59,8	60,2	65,7	21,8	17,0	114,0	142,0
Utrecht	26,3	48,8	39,2	42,6	9,4	7,3	74,9	98,8
Noord-Holland	12,1	22,2	3,2	3,5	3,4	2,7	18,8	28,3
Zuid-Holland	13,9	25,4	13,0	14,2	4,9	3,8	31,6	43,5
Zeeland	4,2	7,6	3,8	4,1	3,3	2,6	11,2	14,3
Noord-Brabant	23,8	44,6	71,0	77,5	30,9	24,1	126,0	146,0
Limburg	14,4	26,5	59,1	64,4	51,5	40,2	125,0	131,0
Nederland	18,4	34,1	29,3	31,9	14,7	11,5	62,3	77,5
	(30)	(44)	(47)	(41)	(23)	(15)	(100)	(100)

*) inclusief NOP en O. Flevoland.

() = Uitscheiding in procenten van totaal P₂O₅ en K₂O.

Uit het mengvoer voor rundvee, varkens en pluimvee komt in Nederland per ha cultuurgrond 62,3 kg P₂O₅ en 77,5 kg K₂O terecht. In de provincies Gelderland, Noord-Brabant en Limburg is dit globaal tweemaal zoveel, terwijl deze hoeveelheden in Zeeland slechts 11,2 kg P₂O₅ en 14,3 kg K₂O bedragen. Landelijk bezien komt 30% van het fosfaat uit de rundveesector, bijna 50% van de varkens en ruim 20% van het pluimvee. Bij de kali ligt dit wat anders, nl. 44% van het rundvee, 41% van de varkens en 15% van het pluimvee. Wat het rundvee betreft zijn de hoeveelheden fosfaat en kali, die uit het ruwvoer komen niet meegerekend. Het zijn dus vooral de hoeveelheden die van buiten het bedrijf worden aangevoerd. In een rundveeprovincie als Friesland b.v., waar de varkens- en pluimveehouderij niet veel heeft te betekenen, komt 20 kg P₂O₅ en bijna 40 kg K₂O per ha cultuurgrond alleen uit het rundveekrachtvoer.

b. Koper en zink

Voor het afmesten van vleesvarkens van 20 kg op 110 kg levend gewicht is ca. 266 kg droog mengvoer nodig. Volgens het onderzoek 1976/1977 bevat dit mengvoer 204 mg Cu en 124 mg Zn per kg droge stof. Wanneer hiervan 99% met de faeces wordt afgevoerd, worden per varkensplaats met 2,2 dieren per jaar de volgende hoeveelheden koper en zink geproduceerd.

Koper: $266 \times 0,204 \times 0,99 \times 2,2 = 118,2 \text{ g}$

Zink : $266 \times 0,124 \times 0,99 \times 2,2 = 71,8 \text{ g}$

Per mestvarkensplaats wordt jaarlijks 1600 kg varkensdrijfmest geproduceerd met 8% droge stof. Deze mest bevat dan 74 mg Cu en 45 mg Zn per kg mest of 74 g Cu en 45 g Zn per ton.

De gehalten aan koper en zink werden alleen bepaald in startkorrel voor biggen en in mengvoer voor mestvarkens. Voor de berekening van de hoeveelheden koper en zink, die uit alle mengvoer in de mest en de urine worden uitgescheiden werden de Cu- en Zn-gehalten van de overige mengvoeders afgeleid uit andere waarnemingen. Voor de Cu-gehalten in de voeders voor rundvee, pluimvee en fokvarkens werd een gehalte van 20 mg per kg droge stof aangehouden en voor zink een gehalte van 40 mg. Dit zijn dus de gehalten van de voeders zonder extra toevoeging van koper of zink.

In tabel 13 worden per provincie de hoeveelheden koper en zink vermeld, die uit het mengvoer in de mest en urine terechtkomen. Uit deze tabel blijkt, dat in de mest van rundvee, pluimvee en fokvarkens ongeveer tweemaal zoveel zink als koper wordt uitgescheiden, nl. 272.000 kg zink en 136.000 kg koper. Dit is vanzelfsprekend, omdat het Zn-gehalte tweemaal zo hoog is als het Cu-gehalte en omdat aan deze voeders geen extra koper wordt toegevoegd. Door de toevoeging van meer koper dan zink aan het voer voor mestvarkens ligt de verhouding Cu:Zn in de mest van deze diersoort geheel anders. De hoeveelheid koper is nl. aanzienlijk groter dan de hoeveelheid zink. Uit de eerder opgegeven gehalten van de voeders kan worden afgeleid, dat gemiddeld ongeveer 85 mg Zn en 185 mg Cu per kg voer wordt toegevoegd. In totaal komt in Nederland uit alle mengvoer ongeveer 903.000 kg koper en 738.000 kg zink in de mest terecht. Dit betekent een belasting van 0,44 kg Cu en 0,36 kg Zn per ha cultuurgrond per jaar. De grootste belasting heeft plaats in de provincie Noord-Brabant met 1,02 kg Cu en 0,77 kg Zn per ha. In de provincies Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg komt 83% van de landelijke koperbelasting terecht. In een "rundveerijke" en "varkensarme" provincie als Friesland is de aanvoer veel lager en is de aanvoer van zink groter dan die van koper.

Tabel 13. Hoeveelheden uit mengvoeders afkomstig koper en zink die in 1976-1977 door rundvee (inclusief mestkalveren), varkens en pluimvee in de onderscheiden provincies per ha cultuurgrond met de mest werden uitgescheiden (kg).

Provincie	Rundvee, fokvarkens en pluimvee		Mestvarkens		Totaal		Per ha cultuurgrond	
	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn
Groningen	4.624	9.248	8.463	5.128	13.061	14.376	0,07	0,08
Friesland	12.197	24.394	9.970	6.060	22.168	30.455	0,09	0,13
Drente	7.568	15.136	16.873	10.256	24.441	25.392	0,14	0,15
Overijssel	18.878	37.755	108.140	65.732	127.018	103.488	0,44	0,36
Gelderland	29.774	59.549	203.243	123.540	233.017	183.088	0,88	0,69
Utrecht	5.493	10.985	35.280	21.445	40.773	32.430	0,58	0,46
Noord-Holland	4.616	9.232	6.136	3.729	10.751	12.961	0,07	0,09
Zuid-Holland	6.460	12.919	27.610	16.783	34.070	29.702	0,20	0,18
Zeeland	1.811	3.621	6.136	3.729	7.946	7.351	0,06	0,06
Noord-Brabant	31.248	62.496	257.696	156.639	288.945	219.135	1,02	0,77
Limburg	13.310	26.620	87.433	53.145	100.743	79.765	0,87	0,69
Nederland	135.979	271.957	766.953	466.187	902.932	738.144	0,44	0,36

Uit tabel 14 blijkt, dat de koperbelasting per ha cultuurgrond in de laatste vier jaren is toegenomen van 0,35 tot 0,44 kg. Dit is ten dele een gevolg van de sterke toename van het verbruik van rundveevoeders. Het minder sterk toegenomen verbruik en het wat lagere Cu-gehalte van het varkensvoer resulteren slechts in een lichte toename van de koperuitscheiding in de mest.

Tabel 14. Hoeveelheden van mengvoeders afkomstig koper in mest en urine in 1976-1977 vergeleken met 1972-1973 (kg).

	1976-1977	1972-1973
Rundvee, fokvarkens en pluimvee	135.979	111.216
Mestvarkens	766.953	762.819
Totaal	902.932	874.035
Belasting per ha cultuurgrond	0,44	0,35

VII. AANBOD VANUIT MENGVOEDERS TEN OPZICHTE VAN BEHOEFTE AAN FOSFOR, KALIUM, KOPER EN ZINK; DE INVLOED VAN DE MESTBANKEN OP DE VERDELING VAN DEZE MINERALEN OVER DE CULTUURGROND

a. Aanbod ten opzichte van behoefte

Tegenover het aanbod aan mineralen, die uit het mengvoer via de mest van het vee op het land terecht kunnen komen, kan de behoefte hieraan worden gesteld om de grond in een goede bemestingstoestand te handhaven. Deze werd globaal berekend als een gewogen behoefte van het grasland en van de verschillende gewasgroepen op bouwland en in de tuinbouw, op de verschillende grondsoorten. De berekening is opgezet voor het areaal cultuurgrond voor geheel Nederland en voor dat van twee groepen van provincies met hoge veeconcentraties, Noord-Brabant + Limburg en Gelderland + Overijssel met inbegrip van de Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland.

Tabel 15. Aanbod van mineralen vanuit het mengvoer ten opzichte van de behoefte aan P_2O_5 , K_2O , Cu en Zn om de grond in een goede bemestingstoestand te houden, in kg/ha cultuurgrond.

	Nederland				Noord-Brabant + Limburg				Gelderland + Overijssel + NOP + O. Flevoland			
	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn
Aanbod	62	78	0,44	0,36	126	142	0,98	0,75	86	108	0,65	0,52
Behoefte	60	147	0,06	0,13	56	131	0,06	0,14	53	137	0,05	0,11
Saldo	+2	-69	+0,38	+0,23	+70	+11	+0,92	+0,61	+33	-29	+0,60	+0,41
Kunstmest- verbruik *) 1976/1977	44	54	0,08									

*) Het verbruik per provincie is niet bekend.

Het aanbod aan fosfaat vanuit de mengvoeders zou in Nederland in evenwicht met de behoefte voor het handhaven van een goede bemestingstoestand van de grond kunnen staan indien alle mest evenredig over het gehele areaal cultuurgrond verspreid zou worden. In de gebieden met concentraties van veehouderijen overtreft het aanbod duidelijk de behoefte.

De kalivoorziening via het mengvoedersaldo blijft zowel landelijk als in een van de overschotgebieden beneden de behoeftenorm.

Van koper en zink wordt meer aangeboden dan benodigd is. Het saldo op de balans in tabel 15 moet nog worden aangevuld met de gebruikte hoeveelheden kunstmest, waarvan alleen de gegevens bekend zijn voor Nederland.

Elementen die in overmaat worden aangeboden zullen de bodem verrijken, afhankelijk van het overaanbod en de mate van uitspoeling.

b. Invloed van mesthandel en mestbanken op de verdeling van de met mest aangevoerde mineralen over de cultuurground

Als gevolg van de activiteiten van de mesthandel en van de mestbanken kan een deel van de via het mengvoer aangeboden mineralen worden afgevoerd buiten een aantal provincies met concentraties van intensieve veehouderijen. De omvang van deze afvoer werd berekend aan de hand van gegevens, ontleend aan de jaarverslagen 1977 van de mestbanken in Limburg (Anonymus, 1977a), Brabant (Anonymus, 1977b) en Gelderland (Anonymus, 1977c) voor de hierboven omschreven groepen van provincies.

Limburg had via zijn mestbank een omzet van 160.561 m^3 drijfmest, waarvan niets buiten de provincie werd afgevoerd. Wel vond er een import van 55.000 m^3 plaats vanuit Noord-Brabant.

Over de handel in vaste mest is weinig bekend. Alleen over de produktie en afzet van champignoncompost en van afgewerkte champignonmest zijn enige gegevens te vinden in het jaarverslag 1975/1976 (Anonymus, 1976b) van de Coöperatieve Nederlandse Champignonkwekersvereniging (CNC) te Ottersum en dat van de NV Vuilafvoermaatschappij VAM over 1977 (Anonymus, 1977d).

De produktie van champignoncompost in Nederland is volledig in Limburg geconcentreerd en wel voor 89% bij de CNC en voor 11% bij een particulier composteringsbedrijf (Gerrits, 1974). Praktisch de gehele produktie van paardemest in Nederland vindt zijn weg naar deze bedrijven, terwijl er ook nog importen plaatsvinden vanuit de aanliggende grensgebieden. Op het CNC verwerkt men bovendien nog storrijke mestsoorten van KI-stieren, zeugen en slachtkuikens en ook stro (Gerrits, 1974). Deze mestsoorten komen hoofdzakelijk vanuit de regio en zijn verder niet van belang voor de balansberekening.

Tegenover de invoer van mest staat een uitvoer van compost. Uit het jaarverslag van de CNC (Anonymus, 1976b) kan worden afgeleid, dat 88% van de 241.711 ton compost binnen de provincies Limburg en Noord-Brabant wordt gebruikt. Van de afgewerkte compost (in dit geval vermengd met de dekaarde) werd volgens de VAM 141.523 m^3 (ca. 70.762 ton), zijnde 55% van de hoeveelheid waarover de CNC beschikte, verhandeld. Deze hoeveelheid wordt onder de handels-

naam "champost" als bodemverbeterend middel hoofdzakelijk in de tuinbouw afgezet.

Over het lot van de compost van het particulier composteringsbedrijf is ons niets bekend. Voor de balansberekening zal worden aangenomen, dat de gehele produktie binnen de grenzen van Limburg en Brabant blijft.

Uit de balansberekening (bijlage 1) met betrekking tot het lot van de mineralen in de champignoncompost volgt voor Limburg en Brabant te zamen een gering importsaldo van ca. 0,39 kg P_2O_5 en ca. 1,93 kg K_2O per ha cultuurgrond.

De omzet in 1977 van de Brabantse mestbank bedroeg 228.000 m³, waarvan 55.000 m³ in Limburg terecht kwam en een niet nader gespecificeerd aandeel in Zuid-Holland en Zeeland. Wanneer voor beide laatste provincies de hoeveelheid wordt aangenomen, die over een afstand van meer dan 100 km werd getransporteerd, zou deze 15.299 m³ hebben kunnen bedragen. Door de mestbank Gelderland werd 304 m³ drijfmest vanuit Brabant afgevoerd.

Hoewel pluimveemest waardevoller is dan die van de overige veesoorten en daardoor economisch gezien geschikter voor vervoer over grotere afstanden, wordt voor de balansberekening de gemiddelde verdeling naar soort mest aangehouden zoals die in het jaarverslag is vermeld, namelijk 62% varkensdrijfmest, 22% pluimveedrijfmest en 16% rundveedrijfmest. Over de handel in vaste dierlijke meststoffen in het Brabantse zijn geen gegevens beschikbaar. Naar verluidt wordt er vanuit Gelderland door de mesthandel enige vaste pluimveemest in de westelijke akkerbouwgebieden van Noord-Brabant ingevoerd.

In bijlage 2 is het exportsaldo aan mineralen berekend voor Limburg + Noord-Brabant en tabel 16 geeft een samenvatting van de importsaldi via het mengvoer en de champignonmest en het exportsaldo via de activiteiten van de mestbanken.

Tabel 16. Import- en exportsaldi van mineralen met het mengvoer en de verhandelde mest in Limburg + Noord-Brabant, in kg per ha cultuurgrond.

	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn
importsaldo*) mengvoer	+ 70	+ 11	+ 0,92	+ 0,61
importsaldo vaste mest	+ 0,39	+ 1,93	?	?
exportsaldo via mestbank	- 0,18	- 0,15	- 0,001	- 0,002

*) import minus gewogen behoefte bij goede bemestingstoestand van de grond.

Naast een gering kali-overschot is er een beduidend overschot aan fosfaat, koper en zink. De handel in champignonmenst en afgewerkte champignoncompost verhoogt dit saldo niet noemenswaardig. Ook de via de mestbankactiviteiten ge-exporteerde mest is slechts van geringe invloed op het importsaldo met het mengvoer.

Van de 217.064 ton drijfmest die via bemiddeling van de Gelderse mestbank in 1977 (Anonymus, 1977c) werd omgezet in de provincies Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant en Utrecht, werd 40.078 m³ buiten het gebied van Gelderland + Overijssel + Noordoostpolder + Oostelijk Flevoland geplaatst. De gemiddelde verdeling over de mestsoorten van de totale omzet was 48% pluimveedrijfmest, 35% varkensdrijfmest, 16% rundveedrijfmest en 1% gemengde drijfmest.

Via de handel in vaste mest werd 179.500 m³ omgezet, waarvan 146.600 m³ pluimveemest en 32.900 m³ overige mest. De bestemming van deze mestsoorten is niet opgegeven. Ongetwijfeld zal ook hiervan een belangrijk deel binnen het hierboven omschreven gebied zijn gebleven, met name in de IJsselmeerpolders.

In bijlage 3 is een schatting gemaakt van de export van mineralen uit het genoemde gebied. Tabel 17 geeft een samenvattend overzicht.

Tabel 17. Import- en exportsaldi van mineralen met het mengvoer en met de verhandelde mest in Gelderland + Overijssel + Noordoostpolder + Oostelijk Flevoland, in kg per ha cultuurgrond.

	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn
importsaldo*) mengvoer	+ 33	- 29	+ 0,60	+ 0,41
exportsaldo via mestbank	- 0,15	- 0,11	- 0,001	- 0,001
exportsaldo via mesthandel	- 3,80	- 1,80	- 0,014	- 0,027

*) import minus gewogen behoefte bij goede bemestingstoestand van de bodem.

Evenals voor de provincies Limburg en Brabant is de afvoer van mineralen met de door de mesthandel en de mestbank over de grenzen van Gelderland en Overijssel verplaatste mest gering, wanneer deze wordt vergeleken met het importsaldo van het mengvoer. Hierbij zijn de cijfers voor het aandeel van de mesthandel nog geflatteerd omdat vermoedelijk een niet onaanzienlijk deel van de verhandelde vaste mest ook zijn weg zal hebben gevonden naar de IJsselmeerpolders en dus binnen het gebied is gebleven.

Mesthandel en mestbank dragen dus weinig bij tot vermindering van de provinciale overschotten, maar wel tot die van de lokale overschotten door een betere verdeling van de mest binnen de provincies.

VIII. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Verbruik aan mengvoeder

Het mengvoerverbruik in Nederland is vanaf 1972-1973 tot 1976-1977 toegenomen met ruim 20% tot ruim 10 miljoen ton per jaar. Het verbruik aan rundveevoer nam het meeste toe namelijk met ruim 40%; dat aan pluimveevoer het minst namelijk met 5%. Bijna een derde van het totale verbruik gaat nu naar de sector rundvee.

Samenstelling van het voer

1. Gedurende de periode 1973-1974 tot 1976-1977 blijken de P-gehalten van het mengvoer voor rundvee, mestvarkens en slachtkuikens globaal met ongeveer 10% te zijn verlaagd. Daarentegen bleven de gehalten in het voer voor biggen en leghennen op een nagenoeg gelijk niveau. Dit is voor de leghennen hoger dan de behoefte. Een verlaging van de P-gehalten van de voeders voor leghennen, rundvee en mestvarkens wordt aanbevolen. Dit kan een belangrijke vermindering van de fosfaatbelasting vanuit de landbouw bewerkstelligen.
 2. De K-gehalten van de mengvoeders zijn gedurende de hiervoor genoemde drie jaren met globaal 20% gestegen. Omdat bij de bereiding van het voer geen extra kalium wordt toegevoegd zal deze stijging een gevolg zijn van de keuze van de grondstoffen. Aangenomen moet worden dat de verhouding van kalium ten opzichte van sommige andere minerale bestanddelen hierdoor eveneens gewijzigd zal zijn.
 3. De Cu-gehalten van het voer voor biggen en mestvarkens daalden van 1973-1974 tot 1976-1977 met ongeveer 15% tot gehalten van ruim 200 mg per kg droge stof. In dezelfde periode daalden in het voer voor mestvarkens de Zn-gehalten met ongeveer 30% tot 124 mg per kg droge stof. Uit deze gehalten in vergelijking tot die van de grondstoffen kan worden afgeleid dat in Nederland bij de bereiding van het voer ongeveer 185 mg Cu en 85 mg Zn per kg droge stof werd toegevoegd. Behalve variatie in de dosering van de extra aan het voer toegevoegde spoorelementen zijn wat zink betreft, ook de grote verschillen in Zn-gehalten van de grondstoffen verantwoordelijk voor de aanzienlijke spreiding van de gehalten in de voeders.
- Resultaten van onderzoek over het effect van extra zinktoediening aan mestvarkens op de mestresultaten zijn niet eensluidend en bovendien vaag.

Overwogen dient te worden om de toevoeging van extra zink verder te verlagen, zeker wanneer tot een vermindering van de hoeveelheid toegevoegd koper zou worden overgegaan.

4. De hoogste gehalten aan cadmium en lood kwamen voor in het mengvoer voor leghennen namelijk gemiddeld resp. 1,02 en 7,1 mg per kg droge stof. In sommige grondstoffen van dierlijke oorsprong en in enkele "fosforbronnen" werden veel hogere gehalten gevonden. Dit laatste geldt evenzeer voor de elementen nikkel, chroom en kwik. Gezien het geringe aantal onderzochte monsters, waarin echter soms gehalten werden aangetroffen die uit een oogpunt van overdracht op dierlijke produkten wellicht bedenkelijk moeten worden genoemd, wordt aanbevolen om door een uitgebreider onderzoek hierover meer informatie te verkrijgen. Aanbevolen wordt verder om voor volledige diervoeders en bepaalde grondstoffen te komen tot een tolerantiegrens voor cadmium.
5. De gehalten aan fluoride van de vier onderzochte fosforbronnen waren zonder uitzondering hoog tot zeer hoog, en wel tot 7000 mg F/kg fosfaat. De grondstoffen van dierlijke oorsprong hebben een veel lager F-gehalte terwijl in die van plantaardige herkomst de laagste waarden werden gevonden namelijk 4 mg per kg. In P-rijk mengvoer voor rundvee werden gehalten tot 250 mg/kg aangetroffen. Om fluorvergiftiging bij rundvee te voorkomen wordt aanbevolen door een kritische keuze van de grondstoffen het toelaatbare F-gehalte in het mengvoeder niet te overschrijden.

Uitscheiding van minerale bestanddelen in de mest

1. Uit een nader uitgewerkte berekening bleek dat bij pluimvee, rundvee en varkens resp. 87, 92 en 94% van het met het voer opgenomen kalium met de mest en urine werd uitgescheiden.
2. De daling van de P-gehalten in sommige mengvoeders en de toename van het mengvoederverbruik resulteerden in 1976-1977 in een uitscheiding in de mest en urine van bijna 56.000 ton uit mengvoeders afkomstig fosfor. Dit is 5% meer dan in de periode 1972-1973. Per ha cultuurgrond in Nederland bedroeg de uitscheiding 62,3 kg P_2O_5 . In de provincie Noord-Brabant kwam uit mengvoeders 126 kg P_2O_5 per ha cultuurgrond in de organische mest terecht, in Zeeland 11,2 kg.

Wanneer de dierlijke mest in een geïdealiseerde situatie gelijkmatig over het Nederlandse areaal cultuurgrond verdeeld zou kunnen worden, is alleen reeds het fosfaataanbod uit van mengvoer afkomstige mest in evenwicht met de gewogen behoefte van de gewassen bij een bemestingstoestand "voldoende". In de veerijkste provincies is er een belangrijk positief saldo op deze "fosfaatbalans". Bedacht moet worden dat hieraan nog moet worden toegevoegd de verbruikte hoeveelheid fosfaat uit kunstmest.

Een overmaat aan fosfaat is voor bouwlandgewassen onschadelijk, kan op grasland soms tot een geringe opbrengstderving leiden, veroorzaakt indirect in de fruitteelt zinkgebrek, schijnt voor het vee geen nadelige gevolgen te hebben en kan op den duur ecologische gevolgen hebben door uitspoeling van fosfaat en/of afspoeling van met fosfaat verrijkte grond naar het oppervlaktewater.

Het positieve P-saldo op de fosfaatbalans van de bedrijven moet daarom zo laag mogelijk worden gehouden door:

- De P-gehalten van de mengvoeders zo dicht mogelijk te brengen bij de behoeftenormen van de dieren. Zolang het P-gehalte van het krachtvoer nog hoger ligt dan dat van het gangbare ruwvoer kan het P-gehalte van het krachtvoer lager zijn naarmate het krachtvoer een groter deel van het totale rantsoen uitmaakt;
- bij gebruik van dierlijke mest de voorziening met kunstmestfosfaat aan te passen;
- een kritisch gebruik van krachtvoer in de rundveesector.

3. In de periode 1976-1977 kwam vanuit het mengvoer ruim 132.000 kg kalium in mest en urine terecht. Per ha cultuurgrond bedroeg dit in Noord-Brabant 146 kg K_2O en in Zeeland 14,3 kg. De sterke toename van het mengvoederverbruik in de rundveesector alsmede de verhoging van de K-gehalten van deze voeders met ongeveer 20% heeft tot een forse verhoging van de kalibemesting van grasland met kali uit organische mest geleid. Dit resulteert in een stijging van de K-gehalten van het gras en een daling van de Na-, Ca- en Mg-gehalten.

Ook bij een verdeling van de uit mengvoeders afkomstige kalium over de beschikbare oppervlakte cultuurgrond is in de veerijke provincies Noord-Brabant en Limburg het aanbod groter dan de behoefte. Landelijk gezien wordt echter de behoefte van de landbouwgewassen bij een bemestingstoestand van de grond "voldoende" niet door het aanbod van kalium uit mengvoeders gedekt.

Op lichte gronden zal een deel van de kali nog door uitspoeling verloren gaan wanneer mest wordt uitgereden in de herfst en in de winter. Een negatief saldo kan worden gecorrigeerd met kunstmestkali, een positief saldo door vermindering van het kali-aanbod via kunstmest.

4. In de mest en urine werd vanuit het mengvoer landelijk ruim 900 ton koper en ongeveer 738 ton zink uitgescheiden. Per ha cultuurgrond bedroegen deze hoeveelheden resp. 0,44 en 0,36 kg. In vergelijking tot de voorgaande onderzoeksperiode is de koperbelasting toegenomen van 0,35 tot 0,44 kg Cu per ha. De koper- en zinkbelasting is in Noord-Brabant het zwaarst namelijk resp. 1,02 en 0,77 kg per ha. Bij het dumpen van varkensmest op percelen voor bijvoorbeeld maïsverbouw kan meer dan 10 kg Cu per ha in één jaar worden toegediend.

De koper- en zinkvoorzieningsbalansen zijn landelijk - doch vooral in de veerijkste provincies - positief.

De gevolgen van de voortdurende koperbelasting van de bodem werden vooral in het eerste rapport van de werkgroep uitvoerig belicht.

Recente onderzoeken hebben bevestigd dat overmatig gedoseerde hoeveelheden koper tot diep in het bodemprofiel doordringen. Eveneens werd bevestigd dat bepaalde gewassen reeds bij kopergehalten in de bodem van 50 mg per kg groeiremmingen ondervinden. De bezwaren ten aanzien van de schapehouderij zijn dezelfde gebleven. De nadelen met betrekking tot de koperovermaat kunnen alleen ondervangen worden door een drastische verlaging van het kopergehalte van varkensvoer.

5. Mesthandel en mestbanken dragen weinig bij tot ontlasting van de provincies die mineralenoverschotten hebben. Zij verminderen wel de belasting van de overschotgebieden binnen de provincies door een betere verdeling van de overschotten. Uitbreiding van de activiteiten van de mestbanken met als doel een meer gerichte spreiding van de mest is noodzakelijk. De realisering hiervan moet een hoge prioriteit hebben.

Naast het continueren of verbeteren van de bestaande subsidiëring kan ook worden overwogen de producenten te verplichten een bijdrage te leveren in de kosten van de afvoer van hun overtollige mest.

6. De resultaten van de landelijke onderzoeken in 1973-1974 en 1976-1977 hebben aangetoond dat gegevens over de samenstelling van mengvoeders een zinvolle bijdrage leveren aan de oplossing van het vraagstuk van de mestoverschotten.

De werkgroep meent deze onderzoeken periodiek te moeten voortzetten.

IX. LITERATUUR

- AMMERMAN, C.B., K.R. FICK, S.L. HANSARD II en Sarah M. MILLER, 1973. Toxicity of certain minerals to domestic animals: a review. Anim. Sci. Res. Rep. AL: 73-76.
- AMMERMAN, C.B., S.M. MILLER, K.R. FICK en S.L. HANSARD, 1977. Contamination elements in mineral supplements and their potential toxicity: a review. J. Anim. Sci. 44: 485-492.
- ANONYMUS, 1976a. Spurenelemente mit toxischer Wirkung; Tabellen über Gehalten in Futtermitteln. Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim.
- ANONYMUS, 1976b. Jaarverslag 1975/76 van de Coöp. Ned. Champignonkwekersver. Ottersum.
- ANONYMUS, 1977a. Jaarverslag Stichting Mestbank Limburg.
- ANONYMUS, 1977b. Jaarverslag Stichting Brabantse Mestbank.
- ANONYMUS, 1977c. Jaarverslag Stichting Mestbank Gelderland.
- ANONYMUS, 1977d. Jaarverslag van de NV Vuilafvoermaatschappij VAM.
- ARC tabel, 1967. Nutrient requirements of pigs.
- BARBER, R.S., R. BRAUDE, K.G. MITCHELL en R.J. PITTMAN, 1978. The value of virginiamycin (eskalin) as a feed additive for growing pigs in diets with or without a high copper supplement. Anim. Prod. 26: 151-155.
- BERG, L.R., 1976. Effect of diet composition on the toxicity of lead for the chick. Poult. Sci. 55: 2009.
- BINNERTS, W.T., 1966. Chroom is een element, noodzakelijk voor het leven. Voeding 27: 214.
- BORGGREVE, G.J. 1977. Het groeibevorderende effect van extra koper voor varkens. Rapport CLO-Instituut voor de Veevoeding "De Schothorst", Hoogland, 52 pp.
- BRAUDE, R. en L.D. HOSKING, 1975. Feed additives to diets supplemented with copper for growing pigs. J. Agric. Sci. 85: 263-266.
- BRAUDE, R., K.G. MITCHELL en R.J. PITTMAN, 1971. An apparant synergy between copper sulphate and Payzone in improving the performance of growing pigs. Proc. Nutr. Soc. 30: 11A.
- BRAUDE, R. en K. RYDER, 1973. Copper levels in diets for growing pigs. J. Agric. Sci. 80: 489-493.
- BRAUDE, R., M.J. TOWNSEND, G. HARRINGTON en J.G. ROWELL, 1962. Effects of oxytetracycline and copper sulphate, separately and together, in the rations of growing pigs. J. Agric. Sci. 58: 251-256.

- BRINK, M.F., D.E. BECKER, S.W. TERRILL en A.H. JENSEN, 1959. Zinc toxicity in the weanling pig. *J. Anim. Sci.* 18: 836.
- BRONSCH, K. en N. GRIESSER, 1964. Fluor und Fluortoleranzen in der Ernährung der Nutztiere. *Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr.* 77: 401.
- BUCK, W.B., 1975. In: *Diseases of swine*. Ed.: H.W. Dunne, Ohio State University.
- CAHIR, A., T.W. SULLIVAN en F.B. MATHER, 1978. Alleviation of fluorine toxicity in starting turkeys and chicks with aluminium. *Poult. Sci.* 57: 498-505.
- CAMPBELL, E.A., 1961. Iron poisoning in the young pig. *Austr. Vet. J.* 78: 83.
- CAMPEN, D. VAN, 1970. Competition between copper and zinc during absorption. In: *Trace element metabolism in animals*. Ed.: Mills: 287-298. Livingstone, Edinburgh and London.
- CASSIDY, J. en J.K. EVA, 1958. Relationships between the copper and iron concentration in pigs' livers. *Proc. Nutr. Soc.* 17: XXXI.
- CHAH, C.C., W.M. BRITTON en L.S. JENSEN, 1976. Effects of dietary lead on broiler performance and development of perosis and hypertension. *Poult. Sci.* 55: 2017.
- CHANG, C.W.J., R.M. NAKAMURA en C.C. BROOKS, 1977. Effect of varied dietary levels and forms of mercury on swine. *J. Anim. Sci.* 45: 277-285.
- CICHY, I. en G. VAN DEN BOSCH, 1978. Cadmium - voorkomen in vlees, levers en nieren van slachtvarkens in relatie met het voorkomen in voer en voederfosfaten. Rapport Coöp. Centr. Lab. Cehave, Veghel.
- CLARKE, E.G.C. en M.L. CLARKE, 1967. In: *Garner's veterinary toxicology*. Ed.: Baillière, Tindall and Cassell, London.
- CLARKSON, T.W., 1977. Mercury poisoning. In: *Clinical chemistry and chemical toxicology of metals*. Ed.: S.S. Brown: 189-200. Elsevier, Amsterdam.
- CLEEF, S.A.M. VAN en H.H. LENSING, 1966. Loodvergiftiging bij kuikens. *Tijdschr. Diergeneesk.* 91: 314-317.
- Commissie Onderzoek Minerale Voeding TNO, 1970. Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk. *Nat. Raad Landbouwk. Onderz.*, 2^e druk.
- COUSINS, R.J., A.K. BARBER en J.R. TROUT, 1973. Cadmium toxicity in growing swine. *J. Nutr.* 103: 964-972.
- DAMRON, B.L., C.F. SIMPSON en R.H. HARMS, 1969. The effect of feeding various levels of lead on the performance of broilers. *Poult. Sci.* 48: 1507-1509.
- DOYLE, J.J. en J.E. SPAULDING, 1978. Toxic and essential trace elements in meat: a review. *J. Anim. Sci.* 47: 398-419.
- ELLIOT, J.J. en M.A. AMER, 1973. Influence of level of copper supplement and removal of supplemental copper from the accumulation of copper in the liver. *Can. J. Anim. Sci.* 53: 133-138.

- FIMREITE, N., 1970. Effects of methyl mercury treated feed on the mortality and growth of leghorn cockerels. *Can. J. Anim. Sci.* 50: 387-389.
- FORSYTH, D.M., W.G. POND, R.H. WASSERMAN en L. KROOK, 1972a. Dietary calcium and fluoride interactions in swine: Effects on physical and chemical bone characteristics, calcium binding protein and histology of adults. *J. Nutr.* 102: 1623-1638.
- FORSYTH, D.M., W.G. POND en L. KROOK, 1972b. Dietary calcium and fluoride interactions in swine: In utero and neonatal effects. *J. Nutr.* 102: 1639-1646.
- FURUGOURI, K., 1972. Effect of elevated dietary levels of iron on iron store in liver, some blood constituents and phosphorus deficiency in young pigs. *J. Anim. Sci.* 34: 573-577.
- GARDINER, E.E., H.E. PARKER en C.W. CARRICK, 1959. Soft phosphate in chick rations. *Poult. Sci.* 38: 721-727.
- GERRITS, J.P.G., 1974. Het verwerken van organische meststoffen in de champignoncultuur. *De Champignoncultuur* 18 (2): 45-49.
- GIPP, W.F., W.G. POND, F.A. KALLFELZ, J.B. TASKER, D.R. VAN CAMPEN, L. KROOK en W.J. VISEK, 1974. Effect of dietary copper, iron and ascorbic acid levels on hematology, blood and tissue copper, iron and zinc interactions and ⁶⁴Cu and ⁵⁹Fe metabolism in young pigs. *J. Nutr.* 104: 532-541.
- GOBBLE, J.L., R.C. MILLER, G.W. SHERRIT en H.W. DUNNE, 1956. Soft phosphate with colloidal clay as a source of phosphorus for growing and fattening pigs. *Pa. Agr. Exp. Sta. Bull.*: 609.
- GROSSMANN, G., 1977. Schermetalle in handels- und wirtschaftseigener Futtermitteln. *Ber. Landwirtschaft* 55: 785.
- GROSSMANN, G. en W. ENGELS, 1975. Untersuchungen auf Schwermetalle in Mischfuttermitteln. *Kraftfutter* 58: 266-269.
- HANSEN, V., N. SUNESEN en S. BRESSON, 1974. Copper sulphate as feed additive for bacon pigs. 416 beretning fra forsøgslaboratoriet: 24 pp., København.
- HEMKES, O. en A. Kemp, 1976. Invloed van rioolzuiveringsslib op de gehalten aan Cd, Pb, Zn en Cu in grond en gewas. CABO-versl. 3.
- HENKENS, Ch.H., 1978. Verontreiniging door spoorelementen. PAO-cursus "Bescher-
ming en verontreiniging van bodem en grondwater".
- HENNIG, A., M. ANKE en W. KRACHT, 1964/65. Die Parakeratose des Schweines. 3 Mitteilung: Der Einfluss von Cadmiumgaben. *Jahrb. Tierernährung Fütterung* 5: 297-304.
- HENNIG, A., G. HARTMANN, K. GRUHN en M. ANKE, 1968. Kontrazeptive Wirkung von Cadmium bei Legehennen. *Naturwissenschaften* 55: 551.

- HILL, G.H., G. MATRONE, W.L. PAYNE en C.W. BARBER, 1963. In vivo interactions of cadmium with copper, zinc and iron. J. Nutr. 80: 227-235.
- HOEKSTRA, W.G., 1970. The complexity of dietary factors affecting zinc nutrition and metabolism in chicks and swine. In: Trace element metabolism in animals. Ed.: Mills: 347-353. Livingstone, Edinburgh and London.
- HSU, F.S., L. KROOK, W.G. POND en J.R. DUNCAN, 1975. Interactions of dietary calcium with toxic levels of lead and zinc in pigs. J. Nutr. 105: 112-118.
- JORDAN, C.E., M.H. KENNINGTON, M.P. PLUMLEE en W.M. BEESON, 1956. Phosphorus supplements for swine. Indiana Agr. Exp. Sta. Mimeo A.H.: 182.
- KEMP, A., 1974. Fosfaatuitscheiding in mest en urine bij landbouwhuisdieren in relatie met de fosfaatopname uit het voer. Landbouwk. Tijdschrift./PT 86: 114-119.
- KIRCHGESSNER, M. en F.X. ROTH, 1977a. Nutritiver Effect von wachstumsfordernden Substanzen beim Schwein bei unterschiedlicher Applikationsdauer. Züchtungskunde 49: 490-495.
- KIRCHGESSNER, M. en F.X. ROTH, 1977b. Zum Einfluss von Ni-Zulagen auf das Wachstum von Ferkeln. ZTTF 39: 277-281.
- KLOKE, A., 1977. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitteilung: Verband Deutscher Landw. Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Heft 2.
- KRAMPITZ, G., M. SÜLZ en H. HARDENBECK, 1974. Die Wirkung von Cadmiumgaben auf das Huhn. I Mitteilung: Die Toxizität von Cadmium beim Huhn. Arch. Geflügelk. 38: 86-90.
- KREMERS, G.J., 1977. Experimenten met rundveedrijfmest. Inst. voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), rapp. 13-17.
- KUNISHA, Y., F. YANAME, T. TANAKA, I. FUKUDA en T. NISHIKAVA, 1966. The effect of dietary chromium on the performance of chicks. Jpn. Poult. Sci. 3: 10-14.
- LANDE CREMER, L.C.N. DE LA, 1979. Nog ongepubliceerde gegevens van het IB, nr. 1866. Bemestingsproef met drijfmest van varkens op zandbouwland te Haren.
- LILLIE, R.J., L.T. FROBISCH, N.C. STEELE en G. GRABER, 1977. Effect of dietary copper and tylosin and subsequent withdrawal on growth, hematology and tissue residues of growing finishing pigs. J. Anim. Sci. 45: 100-107.
- MARCH, B.E., R. SOONG, E. BILINSKI en R.E.E. JONAS, 1974a. Effects on chickens of chronic exposure to mercury at low levels through dietary fishmeal. Poult. Sci. 53: 2175-2181.
- MARCH, B.E., R. SOONG, E. BILINSKI en R.E.E. JONAS, 1974b. Tissue residues of mercury in broilers fed fish meals containing different concentrations of mercury. Poult. Sci. 53: 2181-2185.

- MERKLEY, J.W., 1976. Increased bone strength in coop-reared broilers provided fluoridated water. *Poult. Sci.* 55: 1313-1319.
- MEYER, H. en H. KRÖGER, 1973. Kupferfütterung beim Schwein. *Uebers. Tierernährung* 1: 9-44.
- MEYER, H., H. KRÖGER en I. PROTHMANN, 1977. Untersuchungen über Rückstandsbildung beim Schwein in Abhängigkeit von Art und Dauer der Cu-Fütterung. *Züchtungskunde* 49: 225-232.
- MILLER, E.R., J.P. HITCHCOCK, D.E. ORR, P.K. KU en D.E. ULLREY, 1973. Copper in growing finishing rations. *Research Report* 232, M.S.U.
- MILLS, C.F., 1970. In: *Trace element metabolism in animals*. Ed.: Mills: 297-298. Livingstone, Edinburgh and London.
- NCR-Committee and Swine Nutrition, 1974. Cooperative regional studies with growing swine effects of vitamins E and level of supplementary copper during the growing-finishing period on gain, feed conversion and tissue copper in swine. *J. Anim. Sci.* 39: 512-520.
- NEATHERY, M.W. en W.J. MILLER, 1977. Tolerance levels, toxicity of essential trace elements for livestock and poultry. Part II Swine and Poultry. *Feedstuffs* 12 sept.
- NEZEL, K. en H. VOGT, 1976. Der Einfluss von Bleizusätzen zum Broiler- und Legehennenfutter auf die Leistung der Tiere und auf Rückstandsgehalte in den Geweben und den Eiern. 2 Mitteilung: Einfluss verschiedener Bleizusätze zum Futter auf die Rückstände in den Geweben und den Eiern. *Arch. Geflügelk.* 40: 188-192.
- NEZEL, K. en H. VOGT, 1978. Einfluss höherer Bleidosierungen in Broilerfutter auf Leistung und Rückstände. *Arch. Geflügelk.* 42: 209-212.
- OCKER, M.D., 1977. Gehalt und Verteilung von Schwermetallen in Getreide und Getreideprodukten. *Ber. Landwirtschaft* 55: 796.
- O'DONOVAN, P.B., R.A. PICKETT, M.P. PLUMLEE en M.W. BEESON, 1963. Iron toxicity in the young pig. *J. Anim. Sci.* 22: 1075.
- OELSCHLÄGER, K.H., 1974. Ueber die Kontamination von Futtermitteln und Nahrungsmitteln mit Cadmium. *L.W. Forschung* 27: 247.
- OMOLE, T.A. en J.P. BOWLAND, 1974. Copper, iron and manganese supplementation of pigs diets containing either soybean meal or low glucosinolate rapeseed meal. *Can. J. Anim. Sci.* 54: 481-493.
- PIETERS, J.A., 1971. Een bodemvruchtbaarheidsonderzoek op grasland in de Friese Wouden. *Inst. voor Bodemvruchtbaarheid, rapp.* 12-71.
- POND, W.G., 1975. Mineral interrelationships in nutrition: practical implications. *The Cornell Veterinarian* 65: 441-455.

POND, W.G., P. CHAPMAN en E. WALKER, 1966. Influence of dietary zinc, corn oil and cadmium in certain blood components, weight gain and parakeratosis in young pigs. J. Anim. Sci. 25: 122.

POND, W.G., E.F. WALKER en D. KIRTLAND, 1973. Cadmium-induced anemia in growing pigs: protective effect of oral or parenteral iron. J. Anim. Sci. 36: 1122-1124.

Produktschap voor Veevoeder, 1975. Verordening ongewenste stoffen en produkten.

PRUMMEL, J., 1974. Veranderingen in het Pw-getal in de loop van de tijd en onder invloed van de bemesting. Inst. voor Bodemvruchtbaarheid, rapp. 9-74.

RERAT, A., 1971. Influence de l'addition de cuivre au régime du porc sur ses caractéristiques de croissance et de composition corporelle. Journées Rech. Porcine France 3: 167.

ROMOSER, G.L., W.A. DUDLEY, L.J. MACHLIN en L. LOVELESS, 1961. Toxicity of vanadium and chromium for the growing chick. Poult. Sci. 40: 1171-1173.

SALISBURY, R.M., E.L.J. STAPLES en M. SUTTON, 1958. Lead poisoning of chickens N.Z. Vet. J. 6: 2-7.

SCHWARZ, F.J. en M. KIRCHGESSNER, 1974. Wechselwirkungen bei der intestinalen Absorption von ⁶¹Cu, ⁶⁵Zn und ⁵⁹Fe nach Cu-, Zn- oder Fe-Depletion. Internat. Z. Vit. Forschung 44: 116-126.

SCOTT, M.L., J.R. ZIMMERMANN, S. MARINSHY, P.A. MULLENHOFF, G.L. RUMSEY en R.W. RICE, 1975. Effect of PCB's, DDT and mercury compounds upon egg production, hatchability and shell quality in chickens and Japanese quail. Poult. Sci. 54: 350-368.

SLUIJSMANS, C.M.J., T.A. VAN DIJK, G.J. KOLENBRANDER, L.C.N. DE LA LANDE CREMER, K.W. SMILDE en C.H.E. WERKHOVEN, 1978. Studie betreffende het vaststellen van maxima per hectare voor mest- en gierverspreiding op landbouwgrond. Information sur l'agriculture no. 47. Bureau Off. Publik. der Europ. Gemeenschappen.

SMILDE, K.W., 1976. Toxische gehalten aan zware metalen (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd) in grond en gewas. Inst. voor Bodemvruchtbaarheid, nota 25.

SMITH, S.B., N.S. COWEN, J.W. DODGE, L.S. MIX, G.L. RUMSEY, A.A. WARNER en D.F. WOODWARD, 1970. Effects of added levels of fluorine on selected characteristics of egg shells and bones from caged layers. Poult. Sci. 49: 1438.

SOURKES, T.L., 1970. Factors affecting the concentration of copper in the liver of the rat. In: Trace element metabolism in animals. Ed.: Mills: 247-256. Livingstone, Edinburgh and London.

- STRUWE, F.J. en T.W. SULLIVAN, 1975. Fluorine and phosphorus relationships in diets for starting and growing-finishing turkeys. *Poult. Sci.* 54: 1821.
- SÜLZ, M., 1973. Die Wirkung von Cadmiumgaben auf das Huhn. Dissertatie Leverkusen, Bonn.
- SUTTLE, N.F. en C.F. MILLS, 1966. Studies of the toxicity of copper to pigs. *Brit. J. Nutr.* 20: 135-161.
- SWENSSON, A. en U. ULFVARSSON, 1969. Investigations on the toxic effects of different mercury compounds on young white leghorn cocks. *Poult. Sci.* 48: 1567-1574.
- TEJNING, S., 1967. Biological effects of methyl mercury dicyan diamide-treated grain in the domestic fowl. *Gallus Gallus L. VIII Embryonic mortality and hatching frequency in artificially incubated eggs from hens fed with treated grain. Oikos Supp.* 8: 56-59.
- TESINK, J., 1966. Luchtverontreiniging en gevolgen daarvan voor mens, dier en plant. *Tijdschr. Diergeneesk.* 91: 1015-1031.
- TRYPHONAS, L. en N.O. NIELSEN, 1973. Pathology of chronic alkylmercurial poisoning in swine. *Am. J. Vet. Res.* 34: 379-392.
- UNDERWOOD, E.J., 1966. The mineral nutrition of livestock. F.A.O./C.A.B.
- VEEN, L. VAN DER, 1978. Veeljarige proef met varkensdrijfmest op jonge veenkoloniale grond. A.G.M./Inst. voor Bodemvruchtbaarheid 0072, verslag proefjaar 1977. In druk.
- VEMMER, H. en H.J. OSLAGE, 1976. Der Uebergang von Blei und Cadmium aus Futtermitteln in tierische Produkte: Literaturstudie. I Mitteilung: Blei Landbauforschung Völkenrode 26: 17-22. II Mitteilung: Cadmium Landbauforschung Völkenrode 26: 71-84.
- VEMMER, H. en U. PETERSEN, 1977. Blei- und Cadmiumgehalte in verschiedenen Geweben von Mastschweinen bei normaler Fütterung. *Landw. Forschung, Kongressband 1977 I.*
- VEMMER, H. en U. PETERSEN, 1979. Pers. mededeling.
- VOGT, H., 1979. Pers. mededeling.
- VOGT, H., S. MATTHES en K. NEZEL, 1977. Der Einfluss von Cadmiumzusätzen zum Broiler und Legehennenfutter auf die Leistung der Tiere und auf Rückstandsgehalte in den Geweben und Eiern. I Mitteilung: Einfluss von Cadmium auf die Leistungen der Tiere. *Arch. Geflügelk.* 41: 1-9.
- VOGT, H. en K. NEZEL, 1976. Der Einfluss von Bleizusätzen zum Broiler und Legehennenfutter auf die Leistung der Tiere und auf Rückstandsgehalte in den Geweben und Eiern. I Mitteilung: Einfluss von Blei auf die Leistungen der Tiere. *Arch. Geflügelk.* 40: 124-130.

WEBER, C.W., A.R. DOBERENZ en B.L. REID, 1969. Fluoride toxicity in the chick. Poult. Sci. 48: 230-235.

WEBER, C.W. en B.L. REID, 1968. Nickel toxicity in growing chicks. J. Nutr. 95: 612-616.

WEBER, C.W. en B.L. REID, 1971. Cadmium studies in chicks. Poult. Sci. 50: 1644.

Werkgroep Mineralen in Krachtvoer in relatie tot Bemesting en Milieu, 1975.

Enkele minerale bestanddelen van mengvoeders in relatie tot de behoefte van de dieren, de uitscheiding in de mest en urine alsmede enkele gevolgen voor bodem, plant en dier. 72 pp.

WILDE, R. DE en F. VANSCHOUBROEK, 1973. Vergelijking van de toevoeging van virginiamycine aan een mestvarkenrantsoen met of zonder extra koper. Vlaams Diergeneesk. Tijdschr. 42: 293.

Bijlage 1. Import en export van mineralen via de bereiding en afzet van champignoncompost in Limburg en Noord-Brabant.

Import (1972)	P_2O_5	K_2O
200.000 ton paardemest		
à 3 kg P_2O_5 en 6,3 kg K_2O /ton	600.000 kg	1.260.000 kg
20.000 ton stro		
à 2 kg P_2O_5 en 13 kg K_2O /ton	40.000 kg	260.000 kg
totaal	640.000 kg	1.520.000 kg
correctie*) omzet 1975/1976 t.o.v. 1972 =		
0,9 x	576.000 kg	1.368.000 kg
export**) 12% van 241.711 ton		
compost à 6 kg P_2O_5 en 8,5 kg K_2O	174.032 kg	246.545 kg
saldo	401.968 kg	1.121.455 kg
verkoop 141.523 m ³ "champost"		
à 0,5 vol. gew. = 70.762 ton à		
6 kg P_2O_5 en 8,5 kg K_2O buiten		
Limburg + Brabant	424.572 kg	601.477 kg
saldo	- 22.604 kg	519.978 kg
bij 29.874 ton compost v.h.		
privébedrijf à 6 kg P_2O_5 en 8,5 kg K_2O	179.244 kg	253.929 kg
saldo	156.640 kg	773.907 kg
dit is per ha cultuurgrond	0,39 kg	1,93 kg

*) wegens ontbrekende specificatie de omzet 1975/1976 gecorrigeerd op basis van die in 1972.

**) export buiten Limburg + Brabant.

Bijlage 2. Berekening van de mineralenexport via de buiten Limburg +
Noord-Brabant door de mestbank geleverde mest.

Noord-Brabant + Limburg	400.774 ha cultuurgrond
Drijfmestexport (= vervoer over meer dan 100 km afstand)	15.299 m ³
<u>bij</u> door mestbank Gelderland afgevoerde hoeveelheid	304 m ³
totaal afgevoerd	15.603 m ³
hiervan	
22% kippedrijfmest	3.433 m ³
62% varkensdrijfmest	9.674 m ³
16% rundveedrijfmest	2.496 m ³
Mineralen in de mest in kg	
	P ₂ O ₅ K ₂ O Cu Zn
3.433 m ³ kippedrijfmest à	
6 kg P ₂ O ₅ / 3 kg K ₂ O/ 10 g Cu/ 54 g Zn/m ³	20.598 10.299 34,3 185,4
9.674 m ³ varkensdrijfmest à	
4,7 kg P ₂ O ₅ / 4 kg K ₂ O/ 74 g Cu/ 45 g Zn/m ³	45.468 38.696 715,9 435,3
2.396 m ³ rundveedrijfmest à	
2 kg P ₂ O ₅ / 5 kg K ₂ O/ 4,4 g Cu/ 16 g Zn/m ³	4.992 12.480 11 39,9
totaal afvoer	71.058 61.475 761,2 660,6
afvoer per ha cultuurgrond	0,18 0,15 0,001 0,002

Bijlage 3. Berekening van de mineralenexport via de buiten Gelderland + Overijssel + Noordoostpolder + Oostelijk Flevoland geleverde mest door mesthandel en mestbank.

Gelderland + Overijssel + Noordoostpolder + Oostelijk Flevoland =	553.949 ha cultuurgrond
Mestexport naar Noord- en Zuid-Holland, Utrecht en Drente door mestbank	16.958 m ³
hiervan	
48% kippedrijfmest	8.140 m ³
35% varkensdrijfmest	5.935 m ³
16% rundveedrijfmest	2.713 m ³
1% kalverdrijfmest	170 m ³

	Mineralen in de mest in kg			
	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn
8.140 m ³ kippedrijfmest à 6 kg P ₂ O ₅ / 3 kg K ₂ O/ 10 g Cu/ 54 g Zn/m ³	48.840	24.420	81,4	439,6
5.935 m ³ varkensdrijfmest à 4,7 kg P ₂ O ₅ / 4 kg K ₂ O/ 74 g Cu/ 45 g Zn/m ³	27.895	23.740	439,2	267,1
2.713 m ³ rundveedrijfmest à 2 kg P ₂ O ₅ / 5 kg K ₂ O/ 4,4 g Cu/ 16 g Zn/m ³	5.426	13.565	11,9	43,4
170 m ³ kalverdrijfmest à 1,3 kg P ₂ O ₅ / 2,4 kg K ₂ O/ 2,2 g Cu/ 21 g Zn/m ³	221	408	0,4	3,6
totaal afvoer	82.382	62.133	532,9	753,7
afvoer per ha cultuurgrond	0,15	0,11	0,001	0,001

afvoer vaste mest door mesthandel

146.600 m ³ kippemest à 0,7 vol. gew.	102.620 ton
32.900 m ³ varkensmest à 0,7 vol. gew.	23.030 ton

Mineralen in de mest in kg

	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn
102.620 ton kippemest à				
18,7 kg P ₂ O ₅ / 9 kg K ₂ O/ 20 g Cu/				
108 g Zn/ton	1.918.994	923.580	2.052	11.083
23.030 ton varkensmest à				
9 kg P ₂ O ₅ / 3,5 kg K ₂ O/ 255 g Cu/				
180 g Zn/ton	207.270	80.605	5.873	4.145
totale afvoer met vaste mest	2.126.264	1.004.185	7.925	15.228
afvoer per ha cultuurgrond	3,80	1,80	0,014	0,027