



ALTERRA

WAGENINGEN UR

# Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest in 2008

Gehalten aan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, N en P in runder-, varkens- en kippenmest

P.F.A.M. Römken  
R.P.J.J. Rietra



Alterra-rapport 1729, ISSN 1566-7197



Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest in 2008

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van directie Voedselkwaliteit en Diergezondheid van het ministerie van LNV

Projectcode 5235082-01

## **Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest in 2008**

**Gehalten aan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, N en P in runder-, varkens- en kippenmest**

**P.F.A.M. Römken**

**R.P.J.J. Rietra**

**Alterra-rapport 1729**

**Alterra, Wageningen, 2008**

## REFERAAT

Römkens, P.F.A.M. & R.P.J.J. Rietra, 2008. *Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest in 2008; Gehalten aan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, N en P in runder-, varkens- en kippenmest*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1729. 38 blz.; 6 fig.; 4 tab.; 17 ref.

Gebruik van dierlijke mest bepaalt in hoge mate de belasting van landbouwgrond met metalen als Cu en Zn. Sinds 1996 zijn deze gehalten echter niet meer gemeten in Nederlandse mestmonsters. Zowel veranderde wetgeving op het gebied van diervoeding, maar ook veranderingen in bedrijfsvoering hebben grote invloed op de gehalten aan metalen in mest. In deze studie zijn in 200 mestmonsters (80 varkensdrijfmest, 80 runderdrijfmest en 40 vaste kuikenmest) de gehalten aan 8 metalen (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn en As), N-totaal, P-totaal, droge stof en organische stof bepaald. De monsters zijn verdeeld naar regio (Noord, Zuid, West, Oost) en geven zo een beeld van regionale verschillen. De resultaten dienen vooral om de belasting van de bodem en de veranderingen in de gehalten aan metalen in de bodem en de belasting van het oppervlaktewater via uitspoeling te berekenen. In tegenstelling tot de verwachting, zijn de gehalten aan Zn en Cu in runder- en varkensdrijfmest gelijk of zelfs hoger dan in 1996. Ook de spreiding in de gehalten tussen de monsters van verschillende bedrijven is hoger dan in 1996. Alleen voor zink in vaste kuikenmest is een daling waarneembaar ten opzichte van de gehalten uit 1996. De gehalten aan nutriënten, organische stof en het droge stof gehalte daarentegen zijn vergelijkbaar met de metingen uit 1996.

Trefwoorden: bodem, cadmium, dierlijke mest, koper, lood, nutriënten, stikstof, zink, zware metalen

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl) (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice).

© 2008 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

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

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

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

## Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en Methoden	15
2.1 Selectie van monsters	15
2.2 Analyse methoden	15
3 Resultaten	17
3.1 Analyse resultaten monsters 2008	17
3.2 Vergelijking met resultaten uit 1996	17
3.3 Gehalten aan metalen en arseen in mestmonsters	20
3.4 Regionale verschillen in de samenstelling van mest in 2008	23
3.5 Koper en Zink Belasting van de bodem via dierlijke mest	26
4 Discussie en Conclusies	29
Literatuur	31
<b><i>Bijlagen</i></b>	
1 Overzicht van de gehalten aan organische stof, N, P en metalen per mestsoort per regio (N,Z,O,W)	33
2 Herkomst van de onderzochte mestmonsters	37



## Woord vooraf

Dierlijke mest vormt een belangrijke bijdrage aan de totale emissie van zware metalen naar het milieu. Vooral de gehalten aan koper (Cu) en zink (Zn) in mest zijn zodanig dat aanwending van dierlijke mest de grootste bron in de belasting van de bodem vormt. Voor de berekening van de totale belasting is het daarom van belang te beschikken over juiste gegevens over de gehalten van metalen in mest.

In 1996 zijn de gehalten van een 8-tal metalen (As, Cd, Cu, Ni, Cr, Hg, Pb en Zn) in varkens-, runder- en kippenmest gemeten in een landelijke studie. In de periode 1996 – 2008 zijn echter milieumaatregelen doorgevoerd om de gehalten in mest te reduceren. Het belangrijkste instrument hiertoe is de verlaging van de toegestane hoeveelheden in voer. Verificatie van de effectiviteit van deze maatregelen op de gehalten in mest heeft tot op heden niet plaatsgevonden.

Inmiddels is duidelijk dat de belasting van de bodem met zware metalen op termijn tot ongewenste effecten leidt zoals accumulatie in de bodem en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Om de lange-termijn effecten van het aanwenden van mest op de bodem- en waterkwaliteit te voorspellen, zijn geïntegreerde landgebruik-bodem-water modellen ontwikkeld. Momenteel bestaat echter onduidelijkheid over de kwaliteit van invoergegevens voor deze modellen waarbij vooral de gehalten in mest onzeker zijn. De gehalten in mest zijn weliswaar geschaald naar rato van de verlaagde gehalten in voer, maar of deze schaling recht doet aan de werkelijke gehalten in mest is onduidelijk.

Deze studie moet daarom inzicht bieden in de actuele gehalten aan zware metalen in mest. Deze gegevens dienen daarna ook als grondslag voor de geactualiseerde scenariostudies naar de lange termijn consequenties van het aanwenden van mest voor bodem- en oppervlaktewaterkwaliteit.





## Samenvatting

De belangrijkste bron van Cu en Zn voor de belasting van de landbouwbodem in Nederland is dierlijke mest. Gebruik van varkens-, runder- en kippenmest als bron van N en P leidt in veel gevallen tot accumulatie van beide metalen in de bodem. Omdat accumulatie van zware metalen ongewenst is, zijn maatregelen genomen om de gehalten in mest te reduceren. Het belangrijkste middel daartoe is regulering van de gehalten in veevoer. In de periode 1998 – 2003 zijn zowel op EU als NL niveau maatregelen genomen om de gehalten aan Zn en Cu in voer, en dus mest, af te doen nemen.

Sinds 1996 is de kwaliteit, lees de gehalten aan Cu en Zn, van dierlijke mest echter niet meer bepaald. In deze studie zijn daarom in 200 monsters (80 varkens drijfmest, 80 runderdrijfmest en 40 kuikenmest) de gehalten aan metalen (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn en As) en nutriënten (N, P) gemeten. De resultaten in deze studie zijn strikt anoniem, dat wil zeggen dat er geen directe link gelegd kan worden tussen individuele metingen en specifieke bedrijven.

De analyses van N, P, organische stof en droge stof laten zien dat de monsters in deze studie vergelijkbaar zijn met monsters uit het reguliere onderzoek dat zich echter alleen richt op nutriënten. Behalve voor Cu en Zn, liggen de gehalten aan metalen in dezelfde orde van grootte als die uit 1996, of zijn gedaald (m.u.v. As).

De gehalten aan Cu en Zn (op droge stof basis) zijn in sommige gevallen sterk gestegen ten opzichte van die uit 1996. De gehalten aan Cu en Zn in runderdrijfmest zijn statistisch significant ( $\alpha < 0.001$ ) hoger dan die in monsters uit 1996. Voor varkensdrijfmest (Cu en Zn) en kuikenmest (Zn) zijn de data uit 1996 en 2008 vergelijkbaar al zijn de gehalten in 2008 ook voor varkensmest significant hoger ( $\alpha < 0.1\%$  voor Zn en  $\alpha < 5\%$  voor Cu). Alleen voor Cu in kuikenmest liggen de gehalten in de monsters uit 2008 lager dan die uit 1996. Regionale verschillen in de samenstelling en gehalten aan metalen in mest zijn klein. Alleen voor Zn in varkensdrijfmest is een statistisch significant verschil aangetoond waarbij de gehalten aan Zn in de monsters uit regio Oost lager zijn dan die uit de andere regio's.

Voor alle overige mestsoorten is de variatie in de gehalten binnen en tussen regio's zo groot dat de verschillen niet significant zijn. De spreiding in de gemeten gehalten is groot, zelfs groter dan die in de monsters uit 1996 waarbij vooral de maximaal aangetroffen gehalten fors hoger zijn dan die in monsters uit 1996. Omdat in dit onderzoek geen link bestaat tussen de resultaten van de analyses en de individuele bedrijven zijn deze verschillen en maxima niet terug te leiden tot verschillen in bedrijfsvoering. Aannemelijke verklaringen voor de sterke spreiding en de hoge gehalten aan vooral Cu in runderdrijfmest zijn (i) het mengen van koperhoudend afval uit voetbaden met mest, en (ii) het gebruik van Cu- en Zn-houdende mineralenmengsels. Verschillen in bedrijfsvoering zijn daarmee bepalend voor de verschillen in de gehalten aan metalen in mest en uiteindelijk de belasting van de bodem.



## 1 Inleiding

De belasting van de bodem met koper en zink in het landelijk gebied is voornamelijk afhankelijk van de gehalten in dierlijke mest. Voor beide metalen is de bijdrage aan de totale belasting van de bodem via mest meer dan 80% (Römkens *et al.*, 2008). De gehalten aan beide metalen is weer afhankelijk van de gehalten in het voer want de netto opname van koper en zink door dieren is in de meeste gevallen minder dan 10% en hangt sterk af van onder meer het gehalte aan metalen en van andere componenten als Mo en S (Underwood and Suttle, 1999; CVB, 2005). Ruwweg geldt daarmee dat de aanvoer van beide metalen via het voerspoor overeen zou moeten komen met de uiteindelijke belasting van de bodem, rekening houdend met opname door dieren (op landelijke schaal). Uiteraard hangt de belasting op veldschaal af van de hoeveelheid én soort mest die toegepast wordt. In veel gevallen is op dit moment voor zowel koper als zink sprake van een netto accumulatie in de bodem (de Vries *et al.*, 2004; Groenenberg *et al.*, 2006, Römkens *et al.*, 2008). Dit is de reden dat in 1999 verschillende organisaties in Nederland besloten hebben tot lagere koper- en zinkgehalten in voeders dan de wettelijk maximale gehalten (Jongbloed *et al.*, 2004). Bovendien is in de EU besloten de koper- en zinkgehalten in voeders te verlagen tot niveaus die voor dieren fysiologisch noodzakelijk zijn (EU, 2003). Volgens Jongbloed *et al.* (2004) zijn de huidige Europese normen echter nog steeds hoger dan de fysiologische behoeften.

Op lange termijn leidt deze accumulatie in de bodem niet alleen tot normoverschrijding in de bodem, maar ook tot een stijging van de gehalten in het grond- en oppervlaktewater. Op dit moment draagt de uitspoeling van koper en zink uit de bodem al significant bij aan de belasting van het oppervlaktewater (Bonten en Groenenberg, 2008). Modelberekeningen tonen aan dat de bijdrage van uitspoeling aan de totale belasting varieert van 12 ton per jaar voor koper tot 127 ton per jaar voor zink. Bij een voortgaande oplading van de gehalten in de bodem is het aannemelijk dat ook de uitspoeling richting het grond- en oppervlaktewater toeneemt. In de nabije toekomst komen er grenswaarden voor het grond- en oppervlaktewater in het kader van de KaderRichtlijn Water en een stijging van de gehalten in het oppervlaktewater als gevolg van accumulatie in de bodem is daarmee een ongewenste ontwikkeling.

Bij de lange termijn berekeningen van de belasting van bodem en water is het uiteraard van belang te beschikken over reële waarden van de gehalten aan metalen in mest. Tot voor kort (2003) werd de totale belasting via mest bepaald aan de hand van gegevens over de gehalten in de mest zelf. Een studie van het CBS toonde echter aan dat deze berekening onzeker is vanwege de variatie in de gehalten in mest. Sinds een aantal jaar berekent men daarom de belasting op nationale schaal op basis van de totale geïmporteerde en landelijk geproduceerde hoeveelheden voer (CBS, 2003). Voor de schattingen van de landelijke belasting van de bodem voldoet deze methode, maar om de belasting op veldschaal te berekenen, is het noodzakelijk om wél de gehalten in de mest te gebruiken.

Landelijke cijfers (in ton per jaar) geven namelijk geen inzicht in de belasting van de bodem op lokale of regionale schaal. Het gebruik van varkens-, runder- of kippenmest leidt uiteraard tot verschillen in de lokale aanvoer van de meeste metalen.

Voor de berekening van de belasting op veldschaal is tot op heden gebruik gemaakt van de gegevens van Driessen en Roos uit 1996. Vanwege een afname van de toegestane hoeveelheden Cu en Zn in veevoer (EU, 2004) is wel een correctie toegepast op de gehalten (de Vries *et al.*, 2004). De totale geschatte aanvoer is op basis van deze maatregelen gezakt met 20 à 40%. Een verificatie van deze aanname ontbreekt tot op heden omdat er geen metingen van de gehalten aan metalen in mest plaatsvinden.

Daarnaast bestaat er op dit moment gerede twijfel aan de eerder gerapporteerde cijfers voor koper:

1. In de huidige cijfers is het gebruik van minerale mixen en andere niet gereguleerde additieven niet verwerkt;
2. De bijdrage van koper afkomstig uit voetbaden is niet meegenomen in de belasting via de mest. Uiteraard zou deze afvalstroom niet in het reguliere mestcircuit mogen komen, maar de praktijk leert dat het restafval van de voetbaden vaak aan de mest wordt toegevoegd. Daardoor kunnen de gehalten in de mest uiteraard fors stijgen.

Op grond van het voorgaande bestaat dus voldoende reden om na te gaan wat op dit moment de werkelijke gehalten aan metalen in mest zijn. Bemonstering van mest is echter niet eenvoudig en om artefacten uit te sluiten is ervoor gekozen om bij de bemonstering gebruik te maken van de reguliere bemonsteringen die uitgevoerd worden in het kader van de meststoffenwet. Via een selectieprocedure (zie hoofdstuk 2) zijn in totaal 200 monsters (80 rundermest, 80 varkensmest, 40 kippenmest) geselecteerd die recht doen aan de verdeling over Nederland. De monsters zijn anoniem geselecteerd, dwz er is geen directe koppeling met een bedrijf. Wel is de regio bekend waar het monster genomen is. Het onderzoek heeft nl. niet als doel om bedrijven aan te wijzen waar de gehalten in mest sterk afwijken, maar alleen om na te gaan hoe de gemiddelde waarden in mest zich verhouden tot metingen uit het verleden. Daarnaast geeft de verdeling over Nederland uiteraard een beeld van de mogelijke variatie in bedrijfsvoering en of verschillen in belasting.

Doel van dit rapport is daarom:

1. Rapporteren van actuele gehalten aan zware metalen in varkens-, runder- en kippenmest per diersoort en per regio. Deze gegevens dienen vervolgens om de berekening van de lokale belasting van de bodem te verbeteren (vervolgstudie);
2. Nagaan of de wetgeving op het gebied van de toegestane hoeveelheden Cu en Zn in veevoer inderdaad geleid hebben tot lagere gehalten in mest;
3. Evaluatie van het mogelijk gebruik van minerale mixen en/of het toevoegen van koperhoudend afval aan mest. De mate van spreiding binnen de mest van een diersoort is sterk gekoppeld aan de spreiding in de gehalten in voer en

additieven. Een grotere spreiding in de gehalten in mest zou daarom een aanwijzing kunnen zijn voor het gebruik van additieven en/of het toevoegen van afval aan mest.

### *Leeswijzer*

In hoofdstuk 2 staat een toelichting over de gevolgde methode van bemonstering, selectie en chemische analyse van de mestmonsters. Hoofdstuk 3 bevat de resultaten van het onderzoek in 2008 en een vergelijking met de tot nu toe gebruikte data uit 1996. In hoofdstuk 4 tenslotte, staan een korte discussie en een aantal conclusies.

Bijlage 1 bevat een overzicht van de metingen die in het kader van dit onderzoek zijn verricht. In bijlage 2 staat een gedetailleerd overzicht van de verdeling van de monsters naar herkomst (regio/provincie)



## 2 Materiaal en Methoden

### 2.1 Selectie van monsters

De mestmonsters zijn willekeurig geselecteerd uit de reguliere monsterstroom bij Blgg bv. Vrijwel alle mestmonsters uit de dagelijkse monsterstroom zijn mestmonsters die aangeboden worden voor N en P analyse conform de uitvoeringsregeling meststoffenwet (LNV, 2005). Het is de verwachting dat de mest die verplicht geanalyseerd wordt voor de meststoffenwet representatief is voor alle mest in Nederland omdat van de geproduceerde mest (167 miljoen kg  $P_2O_5$ ) maar een deel op het bedrijf blijft dat de mest heeft geproduceerd (92 miljoen kg  $P_2O_5$ ; Hoogeveen *et al.*, 2008). Uitzonderingen zijn bijvoorbeeld: dierlijke mest van runderen die gedurende de zomer niet op stal komen en niet bijgevoerd worden.

De mestmonsters die voor de uitvoeringsregeling worden geanalyseerd op N en P zijn monsters die worden bemonsterd met gecertificeerde bemonsteringsapparatuur. Dit is belangrijk voor het verkrijgen van representatieve mestmonsters. Verder is relevant dat de monsterbehandeling, opslag en kwaliteitsboring gereguleerd is. De gehanteerde monsterpotten zijn van polypropyleen (PE) en monsterzakken zijn van een combinatie van PE en HDPE.

De mestmonsters (200 in totaal) zijn in de periode mei - juni 2008 geselecteerd uit de reguliere monsterstroom. De belangrijkste meststromen zijn: dunne rundveemest, dunne vleesvarkenmest en vaste vleeskuikenmest. De aantallen geselecteerde monsters voor analyse zijn gebaseerd op de verdeling van het aanbod van de verschillende mestsoorten in dezelfde periode van 2007. Gekozen is om 80 rundermest-, 80 varkensmest-, en 40 kippenmestmonsters te selecteren en daarbij rekening te houden met de regionale spreiding van de afkomst van de monsters (noord, oost, west en zuid; zie Bijlage 2). Het doel was een gelijk aantal mestmonsters per regio's te selecteren. Gedurende het onderzoek bleek dit aantal niet exact realiseerbaar, bijvoorbeeld omdat er uit een bepaalde provincie toevallig geen monsters geleverd werden. Het werkelijk aantal geselecteerde monsters is vermeld in Bijlage 2.

De herkomst van de mestmonsters (veehouder of transporteur) is door Blgg niet gegeven aan Alterra en garandeert zo anonimiteit. Bovendien worden in dit rapport geen individuele gegevens gepresenteerd.

### 2.2 Analyse methoden

Alle analyses zijn uitgevoerd bij Blgg bv te Oosterbeek. Alle gehanteerde methoden zijn geaccrediteerd ([www.rva.nl](http://www.rva.nl)), de methoden voor droge stof, N-totaal en  $P_2O_5$ -totaal zijn AP05 geaccrediteerd. Bij aankomst bij het laboratorium wordt van verschillende monsters uit een vracht een mengmonster gemaakt en vervolgens een



submonster. Dit submonster wordt gehomogeniseerd en verkleind. Bij vloeibare mest wordt een deel in een kunststofpotje afgescheiden (NEN 7430) en bij vaste monsters wordt het submonster gedroogd bij 70°C en in een glazen potje gedaan (NEN 7431). Submonsters worden vervolgens genomen voor de verschillende destructies, in deze studie zijn dat de droge stofbepaling en de organische stofbepaling.

De ontsluiting voor de analyse van N en P is met zwavelzuur waarbij kopersulfaat als katalysator wordt gebruikt en bovendien waterstofperoxide wordt gebruikt (NEN 7433).

De meting van totaal stikstof is gelijkwaardig met NEN 7434, de meting van fosfor met NEN 7335.

De ontsluiting voor de metaalanalyses is met koningswater (mengsel zwavelzuur en koningswater) gelijkwaardig aan NEN6961. De meting van As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni en Zn met ICP-AES is gelijkwaardig aan NEN 6966, en de meting van Hg met AAS-koude damp is gelijkwaardig aan NEN-ISO 16772.

## 3 Resultaten

### 3.1 Analyse resultaten monsters 2008

In Bijlage 1 staat een samenvatting van de uitgevoerde analyses uit 2008 voor Nederland als geheel en uitgesplitst naar regio (Noord, Zuid, West en Oost). Daarbij zijn de gehalten aan metalen in  $\text{mg kg}^{-1}$  droge stof uitgedrukt. De gehalten aan nutriënten zowel in  $\text{g kg}^{-1}$  product als op basis van droge stof.

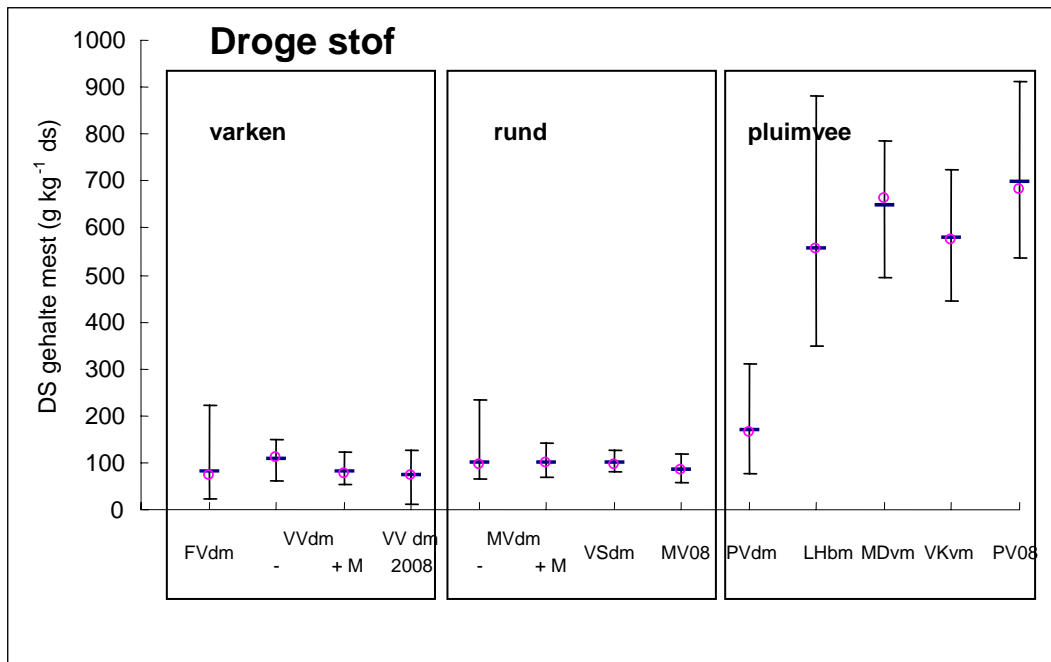
### 3.2 Vergelijking met resultaten uit 1996

Tot op heden zijn de data van Driessen en Roos (1996) de meest toegepaste data voor berekening van de vracht aan metalen naar landbouwbodems. Hoofddoel van dit rapport is om te evalueren of de gehalten aan metalen in mest sinds die tijd wezenlijk veranderd zijn. Daarvoor is het echter ook van belang om te zien of de mest vergelijkbaar is met de mest die destijds is bemonsterd. Om te toetsen of de nieuwe data aan mest vergelijkbaar zijn met de data van Driessen en Roos vergelijken we daarom eerst de algemene eigenschappen als droge stof gehalte, gehalte aan organische stof en het nutriëntgehalte (N en P). In figuur 3.1 t/m 3.4 staan achtereenvolgens per mestsoort het droge stof gehalte (3.1), organische stof (3.2), N-totaal (3.3) en P-totaal (als  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 3.4). In deze figuren staan de data uit '98 (Driessen en Roos) en de data uit dit onderzoek. In 2008 zijn niet alle categorieën die in '98 zijn gedaan meegenomen. De data in figuur 3.1 t/m 3.4 zijn op basis van alle monsters die in 2008 geanalyseerd zijn, er is dus geen regionaal onderscheid gemaakt. Alle data in figuur 3.1 t/m 3.4 zijn overigens uitgedrukt in  $\text{g kg}^{-1}$  op droge stof basis, en dus niet op  $\text{g kg}^{-1}$  product.

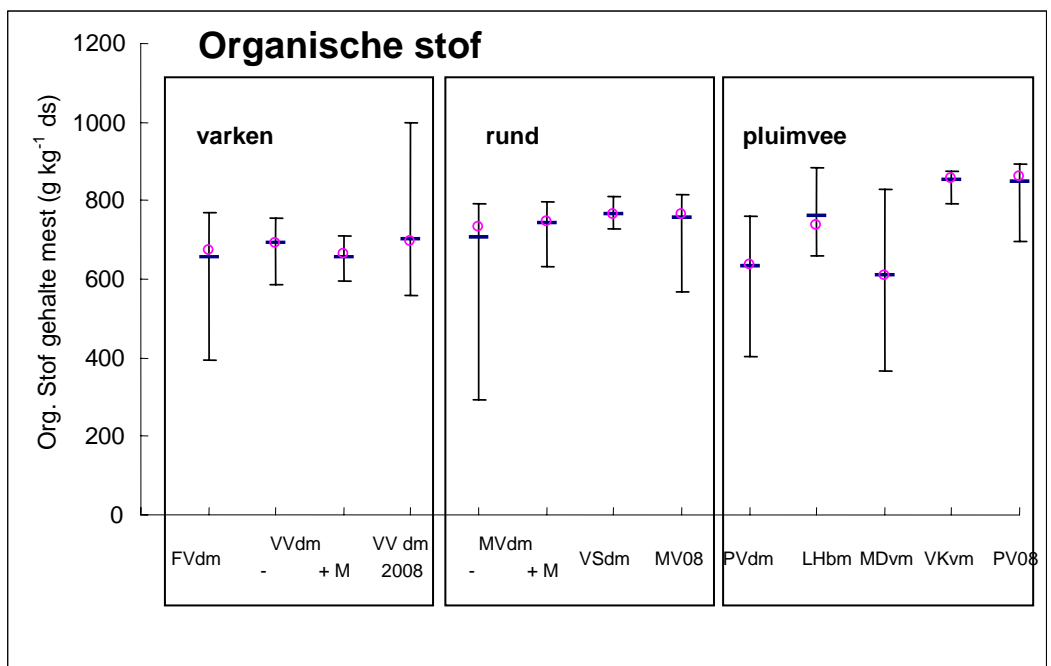
De in figuur 3.1 t/m 3.4 gebruikte afkortingen betekenen:

FVdm:	fokvarkens drijfmest
VVdm	vleesvarkens drijfmest
VV dm 2008:	vleesvarkens drijfmest deze studie
MVdm:	melkvee drijfmest
VSdm:	vleesstieren drijfmest
MV08:	melkvee drijfmest deze studie
PVdm:	pluimvee drijfmest
LHbm:	leghennenband mest (vast)
MDvm:	moederdieren vaste mest
VKvm:	vleeskuikens vaste mest
PV08:	pluimvee deze studie (= vleeskuikens vaste mest)

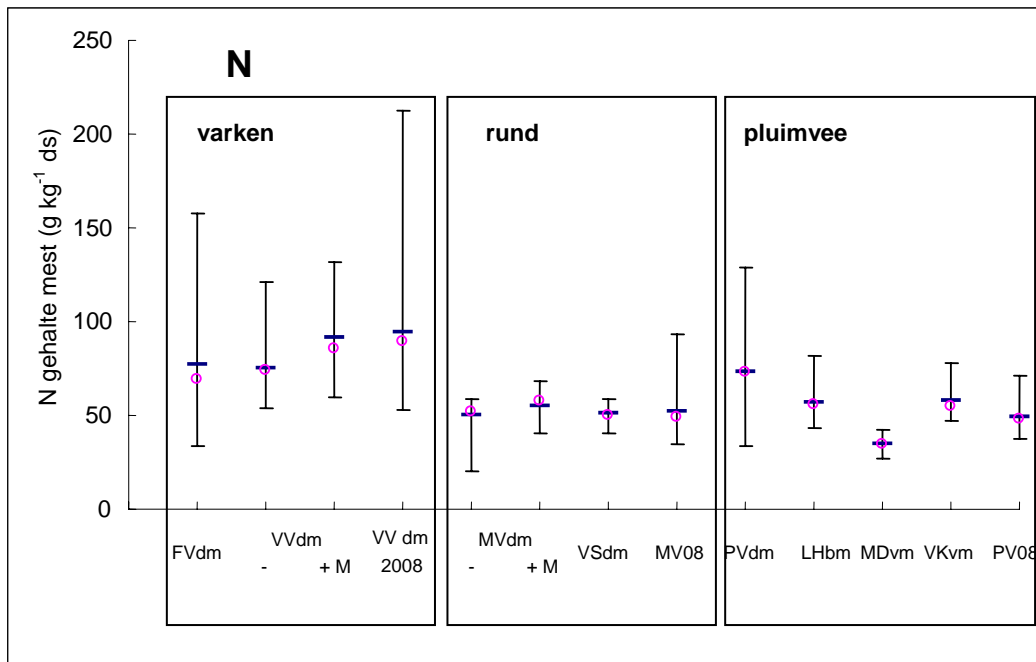
De toevoeging – of + M betekent zonder of met maïs bijvoederen



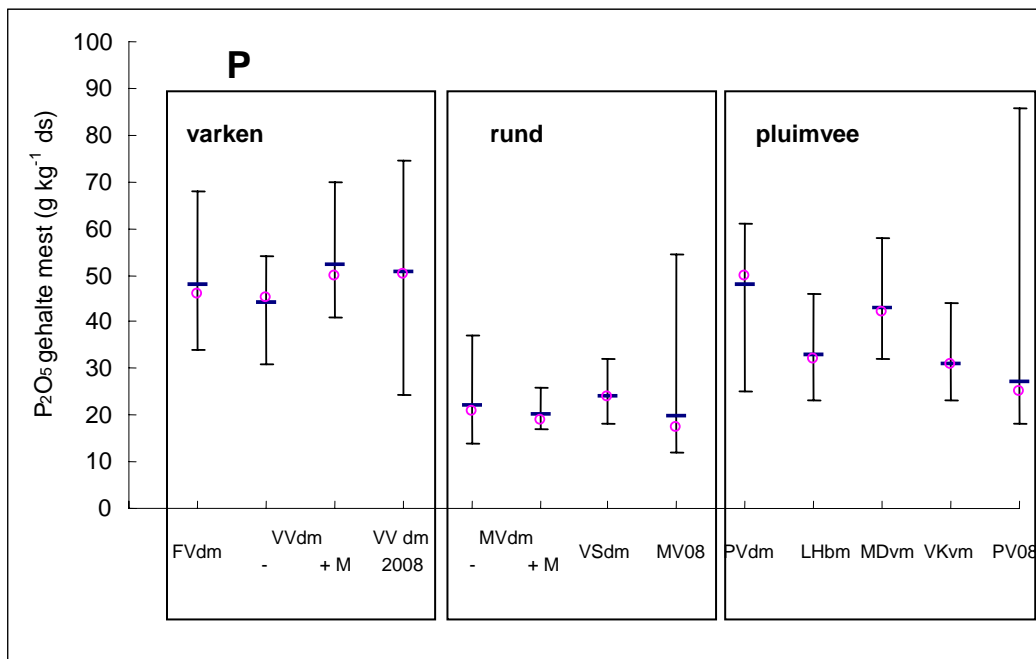
Figuur 3.1 Droge stof gehalten in mest. De cirkelsymbolen zijn de mediane waarde, de lijn symbolen het gemiddelde. De verticale balken komen overeen met de minimale en maximale waarde.



Figuur 3.2 Organische stof gehalte in mest. De cirkelsymbolen zijn de mediane waarde, de lijn symbolen het gemiddelde. De verticale balken komen overeen met de minimale en maximale waarde.



Figuur 3.3 N-totaal gehalte in mest. De cirkelsymbolen zijn de mediane waarde, de lijn symbolen het gemiddelde. De verticale balken komen overeen met de minimale en maximale waarde.



Figuur 3.4 P-totaal (als P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) gehalte in mest. De cirkelsymbolen zijn de mediane waarde, de lijn symbolen het gemiddelde. De verticale balken komen overeen met de minimale en maximale waarde.

Uit figuur 3.1 tot en met 3.4 blijkt dat de data uit 2008 goed overeenkomen met die uit 1996. Er is dus geen reden om aan te nemen dat de algemene eigenschappen van mest uit 2008 anders zijn dan die uit 1996. Zowel het droge stof gehalte als het organische stof gehalte zijn vrijwel gelijk aan de metingen uit 1996. Toch zijn er een paar kleine verschillen of opvallende feiten:

- Het gemiddelde P-gehalte in pluimveemest is licht gedaald ten opzichte van 1996, hoewel de spreiding rondom het gemiddelde juist (sterk) is gestegen. Zeker voor rundvee- en pluimvee mest is de spreiding groter dan die in 1996. Dit is wellicht deels te verklaren doordat het onderzoek in 2008 meer monsters per mestsoort omvat dan dat in 1996.
- Voor varkens- en rundermest is geen verandering in het gemiddelde noch het mediane gehalte aan N of P (op basis van droge stof) waar te nemen in de data uit 2008 ten opzichte van die uit 1996.
- Ook voor stikstof is er met uitzondering van pluimveemest nauwelijks een verlaging waar te nemen ten opzicht van de data uit 1996 (op basis van droge stof).

Voor de meeste mestsoorten die in dit onderzoek (2008) gemeten zijn, komen de gehalten aan N en P redelijk overeen met de gerapporteerde gehalten aan N en P in de Monitor Mineralen en Mestwetgeving (CBS, 2007). Dit rapport bevat gegevens van 1996 tot en met 2005. De verschillen tussen de gerapporteerde data zijn klein, alleen voor N-gehalten in pluimveemest lijken de CBS data gemiddeld iets lager uit te vallen dan de Driessen en Roos en de huidige Alterra data.

*Tabel 3.1 Vergelijking tussen N en P gehalten in Driessen en Roos (1996), in de jaren 1998 en 2005 uit de Monitor Mineralen en Mestwetgeving (2007), en de gehalten in het huidige onderzoek (2008). Uitgedrukt in gram per kilogram product (noot: P als P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)*

	Bron			
	1996		1998	
Soort mest	N	P	N	P
Dunne rundveemest	5.4	2.1	4.6	1.7
Dunne vleesvarkensmest	7.5	3.9	7.2	4.0
Vaste pluimveemest	34.8	18.6	27.5	21.2
	2008		2005	
Soort mest	N	P	N	P
Dunne rundveemest	4.3	1.6	4.6	1.9
Dunne vleesvarkensmest	6.5	3.6	6.8	4.0
Vaste pluimveemest	34.1	19.2	28.1	21.7

De data in tabel 3.1 laten ook zien dat de veranderingen in de gemiddelde gehalten aan N en P in de periode 1996 – 2008 relatief klein zijn.

### 3.3 Gehalten aan metalen en arseen in mestmonsters

Hoofddoel van het onderzoek is na te gaan of de gehalten aan metalen in de onderzochte mestsoorten sinds 1996 wezenlijk veranderd zijn. Veranderingen in wetgeving op het gebied van toegestane hoeveelheden in diervoeding (EU 2003;

Jongbloed *et al*, 2004) zijn gericht op het verlagen van de gehalten aan Cu en Zn in diervoeding.

Bij de berekening van de belasting van de bodem met beide metalen is men de laatste jaren daarom steeds uitgegaan van een substantiële daling van de gehalten in mest:

*‘De normen voor de gehalten koper en zink in mengvoeders zijn medio 2000 verscherpt. Hierdoor is de hoeveelheid van deze metalen in dierlijke mest sterk gedaald. Dit vertaalt zich in een afname van de netto belasting van landbouwgrond met koper en zink’*

aldus de tekst in het Milieu en Natuurcompendium (MNC, 2008). Omdat echter beide elementen ook essentiële elementen voor dieren zijn is het niet eenvoudig al te drastische reducties door te voeren zonder dat dit leidt tot effecten op diergezondheid. Voor koper geldt daarnaast dat het vermoeden bestaat dat koperhoudend afvalwater uit voetbaden regelmatig in de mestput gemengd wordt. Dit leidt uiteraard tot een forse stijging van de gehalten in de mest zelf. Omdat koper(voet)baden alleen in de rundveehouderij van belang is, is niet de verwachting dat de gehalten in andere mestsoorten daardoor zal veranderen.

Ofschoon de vragen rond de gehalten aan Cu en Zn de belangrijkste aanleiding waren voor dit onderzoek, komen hier ook de resultaten voor Cd, Ni, Cr, As, Hg en Pb aan bod. Deze elementen komen eigenlijk niet in verhoogde concentraties in voer voor en ze kunnen daarom ook dienen als referentie om de vergelijking met de data uit 1996 te onderbouwen. Veranderingen in de toegestane hoeveelheden Cu en Zn in diervoeding heeft namelijk nauwelijks effect op de gehalten aan de andere metalen. Het is daarom de verwachting dat de gehalten aan de overige metalen niet veranderd zijn t.o.v. 1996.

In tabel 3.2 staat een overzicht van de gemiddelde en mediane gehalten aan metalen in alle mestsoorten waarbij tevens de gehalten uit 1996 vermeld zijn. Hierbij kiezen we voor de mediaan omdat voor koper en zink de invloed van enkele uitschieters zorgt voor een fors verschil tussen het gemiddelde en de mediane waarde.

*Tabel 3.2 Overzicht van de mediane gehalten aan Cd, Cu, Cr, Ni, Hg, Pb, Zn en As in varkens- runder- en kuikenmest in mg kg<sup>-1</sup> ds (1996: Driessen en Roos, 1996; 2008: dit onderzoek). Daarbij is geen onderscheid naar regio's gemaakt. Opvallende verschillen zijn grijs, of vetgedrukt.*

Metaal	Mestsoort					
	Vleesvarken		Rund		Vleeskuiken	
	1996	2008	1996	2008	1996	2008
Cd	0.30-0.62	0.35	0.19-0.24	0.25	0.18-0.19	<0.21
Cr	14-19	8.1	6.2-8.4	<6.4	5.7-8.1	3.9
Cu	397	404	42	<b>135</b>	138	<b>78</b>
Hg	0.03-0.04	<0.14	0.03-0.05	<0.12	<0.02-0.03	<0.04
Ni	21-24	9.2	10-17	4.5	8.4-16	3.3
Pb	14-22	<5.6	8.0-18.0	<4.8	10-18	<6.3
Zn	564	<b>952</b>	156	<b>198</b>	307-386	<b>266</b>
As	0.6-0.9	1.85	0.3-0.5	1.6	0.4-0.6	< 1.1

<sup>1</sup> voor Driessen en Roos (1996) is dit de range voor de verschillende mestsoorten per dier, waarbij wel dezelfde diercategorie is gehandhaafd. Fokvarkens zijn bijvoorbeeld niet meegenomen.

Uit tabel 3.2 blijkt dat:

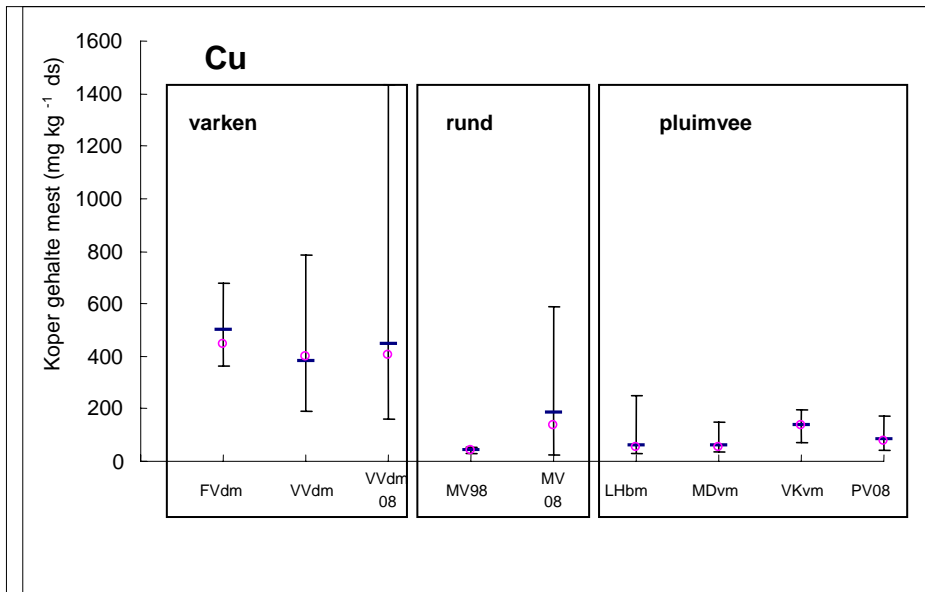
Voor varkens- en rundermest zijn de gehalten aan zink fors gestegen ten opzichte van 1996. Voor varkensmest is dit een stijging van bijna 70% ten opzicht van het gehalte in 1996. Voor rundermest is dit bijna 30%.

- Voor rundermest is het gehalte aan koper meer dan verdrievoudigd ten opzichte van 1996. Het gemiddelde gehalte aan koper in runderdrijfmest bedraagt zelfs  $182 \text{ mg kg}^{-1}$  ten opzichte van  $42 \text{ mg kg}^{-1}$  in 1996. Vooral de enorme spreiding van de gehalten aan koper valt daarbij op. Deze variëren in 2008 van  $23 \text{ mg kg}^{-1}$  tot  $588 \text{ mg kg}^{-1}$  terwijl dit in 1996 varieerde van 30 tot  $55 \text{ mg kg}^{-1}$ .
- Het Cu-gehalte in varkensmest is echter niet veranderd terwijl dat in kuikenmest zelfs gedaald is van  $138 \text{ mg kg}^{-1}$  in 1996 tot  $78 \text{ mg kg}^{-1}$  in 2008.
- Ook het zinkgehalte in kuikenmest is gedaald van 307 (de waarde van 386 betreft leghennenbandmest) in 1996 naar 266 in 2008, een daling van 15%.
- De veranderingen in de andere elementen zijn geringer, maar laten wel een trend zien van een daling in de gehalten (Cr, Ni en Pb) in alle mestsoorten. Hierbij moet wel de opmerking gemaakt worden dat een deel van de metingen voor deze elementen op of onder het niveau van de detectiegrens lag. Dat betekent echter dat de werkelijke waarde zeker niet hoger zal zijn, maar eerder (nog) lager.
- Voor Cd geldt dat de gehalten ongeveer in dezelfde orde van grootte liggen met de aantekening dat ook voor Cd geldt dat een deel van de monsters beneden de detectiegrens ligt en de absolute waarde dus lager zal zijn dan hier gerapporteerd.
- Voor arseen liggen de waarden voor varkens- en rundermest hoger dan die in 1996. Voor kuikenmest is de waarde indicatief want de As gehalten lagen vrijwel allemaal op het niveau van de detectiegrens.

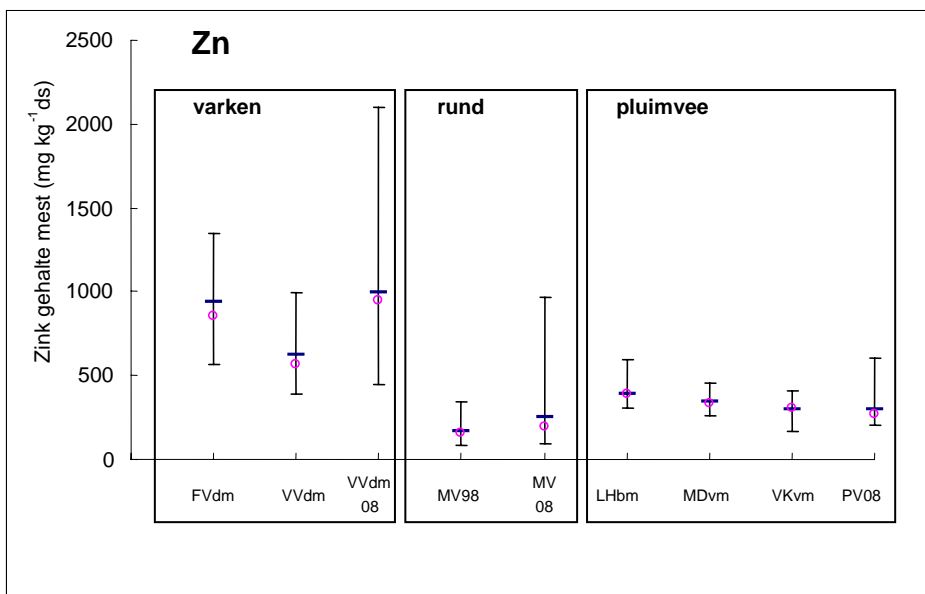
Gezien de overeenkomst van de mesteigenschappen wat betreft droge stof, organische stof, en de gehalten aan een aantal elementen waarvan niet verwacht kan worden dat ze sterk veranderen (o.a. Cd), lijkt het gerechtvaardigd te stellen dat deze metingen representatief zijn in vergelijking met de metingen uit 1996.

Voor de belangrijkste elementen (Cu en Zn) staan in figuur 3.5 (Cu) en 3.6 (Zn) nog eens de gemeten waarden waarbij ook de data uit 1996 opgenomen zijn.

Uit de figuren blijkt duidelijk de toegenomen spreiding in de gehalten aan zowel Cu als Zn in varkens- en rundermest. Voor pluimvee (kuiken) mest zijn de veranderingen minder groot en komt de spreiding ook beter overeen met die uit 1996.



Figuur 3.5 Gehalten aan koper in varkens-, runder- en kuikenmest in 1996 en 2008. De cirkelsymbolen zijn de mediane waarde, de lijn symbolen het gemiddelde. De verticale balken komen overeen met de minimale en maximale waarde.



Figuur 3.6 Gehalten aan zink in varkens-, runder- en kuikenmest in 1996 en 2008. De cirkelsymbolen zijn de mediane waarde, de lijn symbolen het gemiddelde. De verticale balken komen overeen met de minimale en maximale waarde.

### 3.4 Regionale verschillen in de samenstelling van mest in 2008

Een aspect dat in het onderzoek in 1996 niet aan de orde kwam, is de spreiding aan gehalten in mest afkomstig uit verschillende regio's. Om inzicht te krijgen in de mogelijke verschillen tussen gehalten aan metalen zijn de monsters daarom ingedeeld naar regio te weten Noord, Oost, West en Zuid. In appendix 1 zijn de gemiddelden



en mediane waarden per regio voor de verschillende elementen gegeven. Vanwege de relevantie van koper en zink beperken we ons hier tot de bespreking van verschillen in die elementen.

In tabel 3.3 staan de gegevens voor Cu en Zn waarbij de gehalten ook per kilogram product gegeven staan evenals de metaal : P verhouding. De omrekening naar de eenheid per kilo product is gedaan omdat mogelijke verschillen in het droge stof gehalte leiden tot verschillen in het gehalte aan metalen op basis van droge stof. De omrekening naar gram metaal per kilogram N is nodig om de belasting van de bodem te berekenen via de stikstof en/of fosfaatgift via dierlijke mest.

Uit de data in tabel 3.3 blijkt dat:

- De verschillen in de metaalgehalten tussen de verschillende regio's klein zijn en slechts voor een enkele regio (o.a. Zn gehalte in varkensdrijfmest Oost en Cu gehalte in runderdrijfmest Noord en West) wijken de gehalten iets af van de landelijke gemiddelde waarde. Statistisch gezien zijn de meeste verschillen echter niet significant vanwege de grote spreiding in de afzonderlijke metingen. Alleen de Zn gehalten in varkensdrijfmest uit regio Oost zijn statistisch gezien ( $P < 0.05$ ) lager dan die uit de overige regio's
- De spreiding in de gehalten per kilo N of P zijn gering, zo varieert het Cu gehalte in kuikenmest per kg N van 1.6 tot 1.8 g kg<sup>-1</sup>. Het feit dat de verschillen klein zijn, is belangrijk omdat bij de berekening van de belasting van de bodem vaak niet bekend is waar de mest vandaan komt.
- Ten opzichte van 1996 zijn de gehalten uitgedrukt per kilo N of P niet gezakt (met uitzondering van Cu in kuikenmest), maar gelijk gebleven of zelfs (fors) gestegen. De hoge gehalten aan Cu maar ook Zn per kilo N en P in runderdrijfmest ten opzichte van de metingen in 1996 vallen daarbij op. Voor varkensdrijfmest zijn de metaal : nutriënt verhoudingen dezelfde als in 1996.

Tabel 3.3 Overzicht van regionale verdeling van N, P, organische stof, Cu en Zn uit dit onderzoek en data uit Driessen en Roos (1996)

Regio	Droge stof, g kg <sup>-1</sup> product	Org stof, % van de ds	Org stof, g kg <sup>-1</sup>	N-t, g kg <sup>-1</sup> product.	N-t, g kg <sup>-1</sup> ds	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , g kg <sup>-1</sup> product	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , g kg <sup>-1</sup> ds	Cu, mg kg <sup>-1</sup> ds	Cu mg kg <sup>-1</sup> product	Cu:P g kg <sup>-1</sup>	Cu:N g kg <sup>-1</sup>	Zn, mg kg <sup>-1</sup> ds	Zn mg kg <sup>-1</sup> product	Zn:P g kg <sup>-1</sup>	Zn:N g kg <sup>-1</sup>
<b>Varkensdrijfmest</b>															
NL	72	70	698.5	6.5	94.4	3.6	50	444	30	8.8	4.9	990	69	20	11
Noord	70	67	673.0	6.4	96.1	3.7	53	527	35	10.1	5.8	1089	71	20	11
Oost	70	70	695.9	6.6	103.0	3.2	45	388	27	8.6	4.0	841	57	18	8.4
West	76	69	694.3	6.6	88.1	3.8	51	422	32	8.3	4.8	959	72	19	11
Zuid	72	73	725.8	6.3	89.5	3.7	53	459	29	8.6	5.1	1154	80	22	13
Driessen en Roos															
FVDM	80	-	655.0	6.2	77.0	3.8	48	499	40	10.4	6.5	935	75	19	12
VVDM	109	-	692.0	8.2	75.0	4.8	44	381	42	8.7	5.1	619	67	14	8.3
<b>Runderdrijfmest</b>															
NL	84	76	756	4.3	52	1.6	20	182	15	9.4	3.5	248	20	12.1	4.6
Noord	79	71	714	4.5	58	1.7	22	173	14	7.9	3.0	277	21	12.6	4.6
Oost	92	77	775	4.3	47	1.6	18	192	17	10.6	4.0	209	18	11.3	4.3
West	86	75	752	4.5	54	1.8	22	168	14	7.8	3.1	257	21	11.2	4.5
Zuid	78	77	768	4.0	52	1.5	19	189	14	10.3	3.6	266	20	13.3	4.9
Driessen en Roos															
MVDM-	98	-	740	5.4	55	2.0	20	42	4.1	2.1	0.8	166	16	8.3	3.0
<b>Kuikenmest</b>															
NL	696	85	846	34	49	19	27	86	60	3.5	1.8	297	208	11.7	6.2
Noord	647	87	868	32	50	15	23	90	58	3.9	1.8	258	165	11.4	5.2
Oost	768	83	826	37	49	24	30	89	67	3.7	1.8	313	244	12.1	6.7
West	620	87	867	29	47	15	23	85	53	3.6	1.8	282	177	12.3	5.9
Zuid	722	83	829	36	50	22	30	80	58	2.7	1.6	329	231	11.3	6.9
Driessen en Roos	578	-	852	34	58	18	31	137	79	4.4	2.4	302	175	9.7	5.2

### 3.5 Koper en Zink Belasting van de bodem via dierlijke mest

Om een indruk te krijgen van de belasting van de bodem via dierlijke mest, vergelijken we de metingen uit 2008 met eerder gerapporteerde data (Kool en Bosker, 2004). In dat CLM rapport staan gegevens uit verschillende bronnen, onder meer de hier gebruikte data van Driessen en Roos (1996) zoals gebruikt in de balansstudies van Westhoek *et al.* (1997), maar ook metingen van de Marke en berekeningen op basis van de (theoretische) verlaging van de gehalten aan Cu en Zn in diervoeding (Ehlert *et al.*, 2004).

Hierbij zijn de gehalten aan metalen en P (als P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) omgerekend naar een vracht in gram metalen per hectare per jaar bij een P gift van 85 kilo per hectare per jaar. In tabel 3.4 staan de resultaten van deze analyse.

Tabel 3.4. Overzicht van de gemeten en/of berekende vracht aan koper en zink via dierlijke mest bij een P gift van 85 kilo per hectare per jaar.

Dier	Mest soort	Bron	Cu (g ha <sup>-1</sup> jr <sup>-1</sup> )	Zn (g ha <sup>-1</sup> jr <sup>-1</sup> )
Rund	Rundveedrijfmest (gras/maïs)	Driessen&Roos (1996)	247	952
	Rundveedrijfmest (gras)	Driessen&Roos (1996)	179	706
	De Marke (metingen)	Kool&Koskamp (2003)	272-340	1029-1207
	Rundveedrijfmest(gras/maïs)	Alterra'08 gem.	800	1027
		Alterra'08 range	130-2396	506-1836
Varken	Varkensdrijfmest	Driessen&Roos (1996)	765	1360
	Fokzeugendrijfmest	Driessen&Roos (1996)	867	1641
	Vleesvarkens	Ehlert <i>et al</i> 2004	288	1615
		Alterra'08 gem.	750	1673
		Alterra'08 range	326-2564	1074-3997
Pluimvee	Vleeskuikenmest	Driessen&Roos (1996)	374	825
		Ehlert <i>et al</i> 2004	213	1369
		Alterra'08 gem.	294	998
		Alterra'08 range	52-724	264-1651
	Leghennenbandmest	Driessen&Roos (1996)	153	1003
		Ehlert <i>et al</i> 2004	201	1164
	Moederdierenmest	Driessen&Roos (1996)	111	680

Uit tabel 3.4 blijkt dat voor de meeste mestsoorten die hier gerapporteerde gehalten aan Cu en Zn goed overeenkomen met data en berekeningen. Grote uitzondering op hierop zijn de koper vrachten via rundveedrijfmest. De hier gemeten vrachten van (gemiddeld) 800 g ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> liggen ruim boven de eerder gerapporteerde waarden die tussen 179 en 340 g ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> liggen. Het verschil tussen de data uit deze studie en de eerder opgegeven waarden bedraagt ongeveer 460 à 620 gram ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>.

Deze hogere gemiddelde vracht komt echter goed overeen met de door Boer *et al.* (2006) berekende extra hoeveelheid koper afkomstig uit voetbaden. In Boer *et al.* (2006) worden als indicatie van de vracht via voetbaden waarden tussen 538 en 623 g ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup> voor rundveebedrijven gerapporteerd. De grote range in de hier gerapporteerde vrachten aan koper via rundveedrijfmest (130 – 2400 ha<sup>-1</sup> jr<sup>-1</sup>) geeft echter al aan dat de exacte bijdrage per bedrijf moeilijk in te schatten is.

Feit is wel dat de in deze studie gerapporteerde gehalten aan Cu daarmee wel aantonen dat de gehalten inderdaad verklaard kunnen worden door extra addities aan mest. Dit kan zowel Cu uit voetbaden zijn maar ook Cu (en Zn) uit minerale mixen.

De belangrijkste conclusie die volgt uit de data in tabel 3.4 is dat de veronderstelde verlaging van de belasting van landbouwgronden via mest sinds 2003 niet gerealiseerd is. De gehalten gemeten in 2008 liggen in dezelfde orde van grootte als die in 1996 of, zoals voor Cu in rundveemest zelfs beduidend hoger. Dat suggereert ook dat de balansen op nationale schaal zoals gerapporteerd door het CBS zowel voor koper als voor zink gecorrigeerd zouden moeten worden.



## 4 Discussie en Conclusies

Deze studie is uitgevoerd om een landelijk en regionaal beeld te krijgen van de gehalten in mest om op basis daarvan uitspraken te kunnen doen over de belasting van de bodem met koper en zink. Representatieve mestmonsters zijn verkregen door een selectie te maken uit de mestmonsters die verplicht op N en P geanalyseerd worden volgens de meststoffenwet. Deze studie heeft niet als doel om de kwaliteit van mest van individuele bedrijven te beoordelen.

De gehalten aan koper en zink in de drie belangrijkste mestsoorten (varkens-, runder- en pluimvee mest) zijn in de periode 1996 – 2008 niet of nauwelijks gedaald. Sterk gestegen zijn de gehalten aan Cu in runderdrijfmest. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het mengen van koperhoudend afval (uit voetbaden) met mest. De stijging in de gemeten gehalten komt namelijk goed overeen met schattingen van de mogelijke bijdrage van koperhoudend afval uit voetbaden. Daarnaast zal ook het gebruik van minerale mengsels voor zowel Cu als Zn bijdragen aan de gehalten in mest.

Ook uitgedrukt in gram per kilogram nutriënt (N of P) zijn de gehalten aan Cu en Zn gestegen (Cu en Zn in rundermest, Zn in kuikenmest) of gelijk gebleven (Cu en Zn in varkensmest). Alleen voor Cu in kuikenmest is de verhouding Cu:N gedaald ten opzichte van 1996.

De belasting van de bodem met beide metalen uitgedrukt per kilo nutriënt is daarmee voor de meeste mestsoorten ook gestegen omdat de aanwending van mest gebaseerd is op de aanvoer van kilogram N of P per hectare.

Dit betekent onder meer dat eerdere schattingen van de belasting van de Nederlandse bodem op nationale schaal waarschijnlijk te laag zijn. Deze zijn in de periode 2003-2007 naar beneden bijgesteld op basis van de verlaging van de toegestane hoeveelheden aan Cu en Zn in veevoer. De metingen in deze studie laten echter zien dat dergelijke maatregelen niet geleid hebben tot een daadwerkelijke daling van de gehalten in mest en daarmee dus ook niet tot een daling van de totale belasting van landbouwbodems.

Het streven naar een lagere belasting van de bodem door aanscherping van eisen ten aanzien van veevoer heeft daarmee tot op heden, gemiddeld gezien, nog weinig of geen effect gehad. De grote spreiding in de data laat echter zien dat er grote verschillen in bedrijfsvoering bestaan. Zo liggen de minima uit deze studie op of onder het niveau van 1996. De maxima liggen echter vrijwel zonder uitzondering fors hoger dan die gemeten in 1996. Of de in deze studie aangetroffen gehalten aan Cu en Zn op termijn leiden tot overschrijding van bodem- en of waternormen en, zo ja, waar, komt in dit rapport niet aan de orde, maar zal in een afzonderlijke rapportage aan bod komen.



## Literatuur

Boer, M., A. Kool, en F. van der Schans. 2006. *Gebruik van kopersulfaat in voetbaden - De overschotten lopen uit de klauwen*. CLM rapport no. 627. CLM, Culemborg.

CBS. 2003. *Emissie van zeven zware metalen naar landbouwgrond*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen.

CVB. 2005. *Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen en Geiten*, Commissie Onderzoek Minerale Voeding, Centraal Veevoederbureau, Lelystad.

De Vries, W., P.F.A.M. Römkens and J.C.H. Voogd. 2004. *Prediction of the long term accumulation and leaching of zinc in Dutch agricultural soils: a risk assessment study*. Alterra rapport 1030, Alterra, Wageningen UR.

Driessen, J.J.M., en A.H. Roos. 1996. *Zware metalen, organische microverontreinigingen en nutriënten in dierlijke mest, compost, zuiveringslib, grond en kunstmeststoffen*. Rapport 96.14, RIKILT-DLO, Wageningen.

Ehlert, P.A.I., P.H. Hotsma, en J.W.M. Janssen. 2004. *Positieve lijst co-vergiftigingsmaterialen*. Advies Fase 1. LNV, Expertisecentrum landbouw, Ede.

EU. 2003. *Verordening (EG) nr 1334/2003 van 25 juli 2003 tot wijziging van de toelatingsvoorwaarden voor een aantal toevoegingsmiddelen van de groep sporenelementen in diervoeders*. Publicatieblad van de Europese Unie, L187, 11-15.

EU. 2004. *C 50/01 Lijst van toegestane toevoegingsmiddelen in diervoeders gepubliceerd krachtens artikel 9.T, onder b), van Richtlijn 70/524/EEG van de Raad betreffende toevoegingsmiddelen in de diervoeding*. EU-Brussel.

Groenenberg, J.E., P.F.A.M. Römkens, and W. de Vries. 2006. *Prediction of the long term accumulation and leaching of copper in Dutch agricultural soils: a risk assessment study*. Alterra report 1278. Alterra, Wageningen UR, the Netherlands.

Hoogeveen M.W., H.H. Luesink en J.N. Bosma. 2008. *Synthese monitoring mestmarkt 2007*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 72.

Jongbloed, A.W. , P.A. Kemme, and A.M. van den Top. 2004. *Background of the copper and zinc requirements for dairy cattle, growing-finishing pigs and broilers*. Ainal Science Group, Report 04-000635, Lelystad.

Kool, A., en G.J. Koskamp. 2003. *Zware metalen op De Marke*. CLM rapport 33, CLM, Culemborg.



Kool, A., en T. Bosker. 2004. *Ongewenste stoffen met co-vergisting. Een verkenning naar risico's op contaminatie met zware metalen en micro-verontreinigingen*. CLM rapport, CLM, Culemborg.

LNV. 2005. *Uitvoeringsregeling Meststoffenbesluit*. Staatscourant 21 november 2005, nr 226.

MNC. 2008. [www.milieuennatuurcompendium.nl](http://www.milieuennatuurcompendium.nl) (2008). MNP, Bilthoven, CBS, Voorburg en WUR, Wageningen

Römkens, P.F.A.M., S.W Moolenaar, J.E. Groenenberg, L.T.C. Bonten, and W. de Vries. 2008. *Copper and Zinc in feed (additives): an essential burden?* In: Schlegel, P., S. Durosoy, and A. Jongbloed (eds.) *Trace elements in animal production systems*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, pp. 115-136.

Underwood, E.J., and N.F. Suttle. 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3<sup>rd</sup> ed. New York, Academic Press.

Westhoek, H.J., L. Beijer, W.J. Bruins, P.H. Hotsma, J.W.M. Janssen, en E.J.R. Maathuis. 1997. *Aan- en afvoerbalansen van zware metalen van Nederlandse landbouwgronden*. IKC-Ede rapport no. 28. IKC-Landbouw, Ede.

## Bijlage 1 Overzicht van de gehalten aan organische stof, N, P en metalen per mestsoort per regio (N,Z,O,W)

### *Dunne Rundveemest (n=80)*

Regio		ds	Org.Stof		N-totaal		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Zware metalen en Arseen (in mg kg <sup>-1</sup> ds)							
		(g kg <sup>-1</sup> pr)	(% ds)	(g kg <sup>-1</sup> ds)	g kg <sup>-1</sup> pr	g kg <sup>-1</sup> ds	g kg <sup>-1</sup> pr	g kg <sup>-1</sup> ds	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
NL (80)	Min:	56	57	566	2.8	34.7	0.9	11.9	0.17	4.6	23	0.09	2.8	3.4	97	0.5
	Mediaan:	84	77	765	4.3	49.5	1.5	17.3	0.25	6.4	135	0.12	4.5	4.8	198	1.6
	Gem:	84	76	756	4.3	52.1	1.6	19.7	0.27	8.2	182	0.13	5.4	5.2	248	1.6
	Max:	118	82	816	6.5	93.1	3.7	54.3	0.70	60.0	588	0.26	25.0	12.0	962	3.2
Noord (15)	Min:	60	57	566	3.5	42.8	1.0	13.1	0.22	5.6	47	0.09	3.8	4.3	122	0.9
	Mediaan:	78	73	729	4.4	53.0	1.5	18.0	0.27	6.7	115	0.13	4.3	5.2	233	1.7
	Gem:	79	71	714	4.5	58.0	1.7	21.6	0.30	7.7	173	0.14	5.7	5.8	277	1.8
	Max:	115	79	793	6.5	86.7	3.3	39.0	0.50	13.0	480	0.17	12.0	11.0	627	3.2
Oost (25)	Min:	71	73	730	2.8	34.7	0.9	11.9	0.19	4.6	23	0.10	2.8	3.7	97	0.5
	Mediaan:	93	78	780	4.5	48.3	1.6	17.0	0.22	5.5	139	0.11	3.4	4.3	173	1.4
	Gem:	92	77	775	4.3	47.1	1.6	17.6	0.22	6.2	192	0.12	3.8	4.5	209	1.5
	Max:	111	81	806	5.0	55.4	2.2	29.7	0.28	13.0	588	0.14	6.1	5.6	642	2.8
West (18)	Min:	67	70	700	3.2	41.9	1.2	15.5	0.17	4.7	63	0.09	3.2	3.4	120	0.8
	Mediaan:	87	76	760	4.4	51.0	1.6	18.6	0.25	6.3	123	0.12	5.2	4.7	203	1.4
	Gem:	86	75	752	4.5	53.8	1.8	21.5	0.30	6.4	168	0.12	5.3	5.3	257	1.6
	Max:	118	79	793	6.3	93.1	3.7	54.3	0.70	9.1	513	0.15	8.7	12.0	962	2.7
Zuid (22)	Min:	56	69	685	3.2	42.8	1.1	13.1	0.22	5.7	56	0.11	3.3	4.1	131	0.7
	Mediaan:	80	77	767	3.9	49.7	1.3	16.4	0.26	7.2	151	0.13	5.7	5.2	206	1.7
	Gem:	78	77	768	4.0	52.3	1.5	19.5	0.28	12.4	189	0.14	7.2	5.3	266	1.7
	Max:	98	82	816	5.4	91.1	3.0	42.1	0.57	60.0	506	0.26	25.0	7.2	784	3.2

*Noot: voor Cd, Cr, Ni, Hg en Pb ligt een deel van de data op of onder de detectiegrens.*

*Dunne Varkensmest (n=80)*

Regio		ds	Org.Stof		N-totaal		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Zware metalen en Arseen (in mg kg <sup>-1</sup> ds)							
		(g kg <sup>-1</sup> pr)	(% ds)	(g kg <sup>-1</sup> ds)	g kg <sup>-1</sup> pr	g kg <sup>-1</sup> ds	g kg <sup>-1</sup> pr	g kg <sup>-1</sup> ds	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
NL (80)	Min:	11	56	560	1.1	52.7	0.6	24.4	0.19	4.1	162	0.08	4.5	3.2	448	0.8
	Mediaan:	73	70	697	6.3	89.4	3.7	50.2	0.35	8.1	404	0.14	9.2	5.6	952	1.9
	Gem:	72	70	698	6.5	94.4	3.6	50.4	0.39	11.8	444	0.17	10.2	7.0	990	2.0
	Max:	128	100	1000	10.0	213.0	6.2	74.7	1.90	159.0	1432	0.95	31.0	38.0	2102	4.8
Noord (17)	Min:	38	60	603	4.9	72.2	2.0	38.8	0.26	6.5	212	0.09	4.5	4.2	670	1.2
	Mediaan:	72	69	693	6.0	95.4	3.7	51.3	0.38	9.6	497	0.14	9.2	6.0	1089	1.9
	Gem:	70	67	673	6.4	96.1	3.7	53.4	0.39	18.4	527	0.16	11.1	6.9	1067	1.9
	Max:	115	72	721	8.5	148.4	5.4	73.8	0.60	159.0	1172	0.26	31.0	14.0	1619	2.7
Oost (23)	Min:	27	56	560	2.7	52.7	0.7	24.4	0.19	5.1	162	0.09	5.2	3.4	448	1.0
	Mediaan:	62	71	706	6.3	94.3	3.1	46.1	0.33	8.3	404	0.16	8.2	6.5	841	1.7
	Gem:	70	70	696	6.6	103.0	3.2	45.3	0.37	9.4	388	0.17	8.7	6.8	801	1.8
	Max:	120	84	840	9.3	213.0	5.6	61.0	0.74	19.0	701	0.37	20.0	15.0	1082	3.4
West (19)	Min:	34	65	645	3.3	72.9	2.5	41.4	0.19	4.9	273	0.10	6.7	3.9	654	0.8
	Mediaan:	75	70	696	6.6	87.5	3.7	50.3	0.32	7.3	404	0.14	9.5	5.5	959	1.9
	Gem:	76	69	694	6.6	88.1	3.8	51.3	0.33	8.2	422	0.14	9.5	5.6	959	1.9
	Max:	103	72	724	8.5	105.2	5.1	73.5	0.59	18.0	692	0.30	13.0	12.0	1441	2.7
Zuid (21)	Min:	11	61	607	1.1	70.1	0.6	38.5	0.22	4.1	182	0.08	5.4	3.2	566	1.1
	Mediaan:	71	72	716	6.2	88.7	3.9	51.9	0.38	7.7	334	0.15	10.0	6.1	1154	2.1
	Gem:	72	73	726	6.3	89.5	3.7	52.7	0.49	12.4	459	0.22	11.9	8.5	1163	2.3
	Max:	128	100	1000	10.0	106.8	6.2	74.7	1.90	48.0	1432	0.95	29.0	38.0	2102	4.8

*Noot: voor Cd, Cr, Ni, Hg en Pb ligt een deel van de data op of onder de detectiegrens.*

**Vaste Vleeskuikenmest (n=40)**

Regio		ds	Org.Stof		N-totaal		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Zware metalen en Arseen (in mg kg <sup>-1</sup> ds)							
		(g kg <sup>-1</sup> pr)	(% ds)	(g kg <sup>-1</sup> ds)	g kg <sup>-1</sup> pr	g kg <sup>-1</sup> ds	g kg <sup>-1</sup> pr	g kg <sup>-1</sup> ds	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
NL (40)	Min:	538	70	695	25.3	37.8	11.6	18.3	0.2	3.2	44	0.04	2.6	6.3	205	1.1
	Mediaan:	683	86	860	31.6	48.2	16.1	25.1	0.2	3.9	78	0.04	3.3	6.3	266	1.1
	Gem:	696	85	846	34.1	48.9	19.2	27.0	0.2	5.5	86	0.04	3.7	6.3	297	1.1
	Max:	912	90	895	53.1	71.4	74.0	85.8	0.3	15.0	171	0.04	7.2	6.5	607	1.5
Noord (10)	Min:	575	84	844	28.3	45.5	11.6	18.5	0.2	3.2	76	0.04	2.7	6.3	205	1.1
	Mediaan:	639	86	863	32.2	49.9	15.2	23.2	0.2	4.3	78	0.04	3.1	6.3	237	1.1
	Gem:	647	87	868	32.1	49.7	14.9	23.1	0.2	5.6	90	0.04	3.8	6.3	258	1.1
	Max:	785	90	895	35.7	54.5	18.6	29.6	0.2	10.0	132	0.04	5.6	6.4	326	1.1
Oost (11)	Min:	603	70	695	27.9	39.6	13.4	18.3	0.2	3.2	44	0.04	2.7	6.3	212	1.1
	Mediaan:	745	84	844	37.9	46.3	19.3	26.5	0.2	6.0	79	0.04	4.1	6.4	274	1.1
	Gem:	768	83	826	37.2	48.6	24.0	30.2	0.2	7.0	89	0.04	4.1	6.4	313	1.1
	Max:	912	89	891	53.1	71.4	74.0	85.8	0.3	15.0	171	0.04	7.2	6.4	607	1.5
West (8)	Min:	538	84	839	25.3	45.5	11.8	20.4	0.2	3.2	61	0.04	2.7	6.3	221	1.1
	Mediaan:	589	87	872	29.3	46.9	13.5	22.7	0.2	4.2	78	0.04	3.2	6.4	273	1.1
	Gem:	620	87	867	29.4	47.4	14.5	23.5	0.2	5.7	85	0.04	3.6	6.4	282	1.1
	Max:	734	88	876	33.7	51.7	21.1	31.5	0.2	9.6	157	0.04	5.3	6.5	345	1.1
Zuid (11)	Min:	552	75	751	26.0	37.8	15.1	26.0	0.2	3.2	58	0.04	2.6	6.3	215	1.1
	Mediaan:	780	84	842	31.0	50.0	21.9	27.8	0.2	3.2	76	0.04	2.7	6.3	273	1.1
	Gem:	722	83	829	36.2	49.6	21.6	29.8	0.2	3.8	80	0.04	3.2	6.3	329	1.1
	Max:	839	87	866	50.6	64.6	35.5	45.3	0.2	9.5	107	0.04	5.0	6.4	518	1.1

*Noot: voor Cd, Cr, Ni, Hg en Pb ligt een deel van de data op of onder de detectiegrens.*



## Bijlage 2 Herkomst van de onderzochte mestmonsters

*Verdeling (in %) van het totale aantal bij Bgg aangeboden mestmonsters in de periode april – juni 2007, en de selectie van de aantallen te analyseren type mest en herkomst in dezelfde periode in 2008.*

Regio	provincie	Dunne rundveemest		Dunne vleesvarkenmest		Vaste vleeskuikenmest	
		%	Aantal geselecteerde monsters	%	Aantal geselecteerde monsters	%	Aantal geselecteerde monsters
Noord	Groningen	1	3	1	1	5	2
	Friesland	2	6	2	6	0	0
	Drenthe	1	3	4	8	20	8
	Flevoland	1	3	1	2	0	0
	subtotaal	5	15	8	17	26	10
Oost	Overijssel	9	4	6	5	1	0
	Gelderland	54	20	48	18	31	11
	Utrecht	1	1	0	0	0	0
	subtotaal	64	25	54	23	32	11
West	Noord-Holland	2	6	4	7	15	7
	Zuid-Holland	4	12	9	12	4	1
	Subtotaal	6	18	13	19	19	8
Zuid	Noord-Brabant	21	18	16	14	22	11
	Limburg	3	4	9	7	1	0
	subtotaal	24	22	25	21	23	11
Nederland				80			40

