



ALTERRA

WAGENINGEN UR

De invloed van toemaak op de kwaliteit van veevoer en inname door grote grazers

Invloed van bodemverontreiniging op de kwaliteit van veevoer en de gehalten aan lood in faeces en orgaanvlees van koeien en schapen in het Veenweidegebied

R.P.J.J. Rietra
P.F.A.M. Römken



Alterra-rapport 1871, ISSN 1566-7197



De invloed van toemaak op de kwaliteit van veevoer en inname door groter grazers

De invloed van toemaak op de kwaliteit van veevoer en inname door groter grazers

Invloed van bodemverontreiniging op de kwaliteit van veevoer en de gehalten aan lood in faeces en orgaanvlees van koeien en schapen in het Veenweidegebied

**R.P.J.J. Rietra
P.F.A.M. Römken**

Alterra-rapport 1871

Alterra, Wageningen, 2009

REFERAAT

R.P.J.J. Rietra en P.F.A.M. Römken, 2009. *De invloed van toemaak op de kwaliteit van veevoer en inname door groter grazers. Invloed van bodemverontreiniging op de kwaliteit van veevoer en de gehalten aan lood in faeces en orgaanvlees van koeien en schapen in het Veenweidegebied*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1871. 59 blz.; 11 fig.; 12 tab.; 12 ref.

Om de kwaliteit van veevoer te bepalen op bodems met toemaakdek is gedurende drie maanden grond, gras en faeces bemonsterd op vier locaties in het Veenweidegebied van de provincie Zuid-Holland. Daarnaast is het loodgehalte bepaald van nieren en levers van in totaal zeven geslachte koeien en schapen. Het betreft dieren die vrijwel niet zijn bijgevoerd waardoor de opgebouwde loodgehalten vooral bepaald zijn door het eten van gras van de onderzochte percelen.

De analyse van faeces van runderen toont aan dat de loodgehalten van het voer (gras en ingenomen grond) hoger zijn dan die in gras. Tevens blijkt dat er naast aan gras aanhangende grond, ook direct grond wordt ingenomen. De loodgehalten van het voer (2 tot 22 mg Pb kg⁻¹ voer) overschrijden echter niet de norm voor groenvoeder (30 mg Pb kg⁻¹ voer). Het maximale loodgehalte in de bodem in dit onderzoek was 1190 mg kg⁻¹. De analyse van lood in organen van de geslachte koeien en schapen bevestigen het beeld dat bodems met veel toemaak (≈600 mg Pb kg⁻¹ grond) leiden tot verhoogde loodgehalten in nieren en levers, maar niet leiden tot overschrijdingen van de huidige normen voor orgaanvlees. Hoewel ook de kopergehalten verhoogd zijn in bodems met toemaak (maximaal 514 mg kg⁻¹) is koperstatus in de lever van de onderzochte schapen laag tot voldoende.

Trefwoorden: actief bodembeheer, bodem, gras, faeces, toemaakdek, provincie Zuid-Holland, provincie Utrecht, lood, koeien, schapen, levers, nieren.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van 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.

© 2009 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: 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 |
| 1.1 Probleemstelling en achtergrond | 11 |
| 1.2 Projectdoelstelling | 11 |
| 2 Materiaal en methoden | 13 |
| 2.1 Beschrijving van veldwerk, bemonsteringen en analyses | 13 |
| 2.2 Selectie van runderen en schapen voor onderzoek aan organen. | 16 |
| 2.3 Uitgevoerde analyses aan gewas en faeces | 17 |
| 2.3.1 Gewas- en faecesanalyses | 17 |
| 2.3.2 Bepaling fractie aanhangende grond | 17 |
| 2.3.3 Bepaling verteerbaarheid van het gras | 17 |
| 2.4 Grondanalyses | 18 |
| 2.4.1 Berekening van metaalgehalte in voer en de fractie grond in voer | 19 |
| 2.4.2 Analyses aan dierlijk materiaal | 19 |
| 3 Resultaten en discussie | 21 |
| 3.1 Algemene beschrijving van de metaalgehalten in de bodem, gras en faeces | 21 |
| 3.2 Grond in grasmonsters | 24 |
| 3.3 Blootstelling dieren aan lood op basis van gras of voer | 25 |
| 3.4 Inname grond door koeien en schapen | 27 |
| 3.5 Andere factoren die het gehalte aan metalen in gras bepalen | 29 |
| 3.5.1 Variatie in metaalgehalten in gras en faeces als gevolg van monsternamen | 29 |
| 3.5.2 Effect van begrazing op metaalgehalten in gras en voer | 30 |
| 3.6 Effect van maaien | 31 |
| 3.6.1 Invloed van jaargetijde en weer op de metaalgehalten in gras en voer | 32 |
| 3.7 Gehalten in dierlijke organen | 33 |
| 3.8 Modelleren loodgehalte van orgaanvlees | 36 |
| 3.9 Relevantie voor risicobeoordeling in het algemeen | 38 |
| 4 Conclusies | 41 |
| Literatuur | 43 |
| Bijlage 1 Gehalten aan metalen en nutriënten in grasmonsters | 45 |
| Bijlage 2 Metaalgehalten in faeces van runderen en schapen | 47 |
| Bijlage 3 Metaalgehalten in de bodem | 49 |
| Bijlage 4 Veteerbaarheid van grasmonsters | 51 |
| Bijlage 5 Formularium | 53 |
| Bijlage 6 Berekende hoeveelheden van grond in gras en faeces | 55 |
| Bijlage 7 Bemonsterde hoeveelheden gras | 57 |
| Bijlage 8 Percentage grond in gras en voer | 59 |

Woord vooraf

Dit rapport is het resultaat van onderzoek binnen BO-project Actief Bodembeheer, uitgevoerd in opdracht van het ministerie van LNV als onderdeel van het cluster Vitaal Landelijk Gebied, thema Bodem, en in opdracht van provincie Zuid-Holland. Contactpersoon en opdrachtgever bij de directie Platteland (nu directie Natuur, Landschap en Platteland) van LNV was dhr. Johan de Jong. De contactpersoon bij provincie Zuid Holland was dhr. Dirk van der Eijk.

Onze dank gaat uit naar de mensen die medewerking hebben verleend aan dit onderzoek: Vincent Hindle van WUR-ASG te Lelystad, Cor van Donkelaar van VION en de bedrijven waar we het onderzoek hebben mogen uitvoeren.

Samenvatting

Vanwege de aanwezigheid van verhoogde gehalten aan onder andere lood in de bodem in het Veenweidegebied bestaat de kans dat de gehalten aan zware metalen in veevoer en in orgaanvlees van schapen en runderen niet aan de normen voldoen. Ofschoon het vóórkomen van de verontreiniging in de bodem bekend is, is deze ruimtelijk gezien erg heterogeen verdeeld. In voorgaand onderzoek is gebleken dat de gehalten in het gras dat dieren tijdens de weideperiode eten, voldoet aan de normen voor groenvoeder. De vraag nu is of de totale inname van gras en grond door grazers leidt tot onaanvaardbare gehalten in de lever en nier (warenwet). Orgaanvlees van nieren en levers is namelijk het meest gevoelig voor normoverschrijdingen van zware metalen (in vergelijking tot vlees en melk). Bekend is dat de inname van grond in het najaar, winter en voorjaar hoger is dan in de zomer. De winterperiode is vooral relevant voor de blootstelling van schapen die permanent buiten weiden. Dit onderzoek is bedoeld om de onzekerheid weg te nemen ten aanzien van veeteelt in het gebied en in het bijzonder voor beweiding in natuurgebieden.

Metingen in zomer en najaar van lood in bodem en gras, en in faeces van dieren, dienen als basis om de blootstelling van de dieren aan lood te bepalen. De samenstelling van het voer, bestaande uit gras met contaminatie van grond, is berekend op basis van de samenstelling van de faeces. Gekozen zijn vier locaties waar de schapen en koeien vrijwel niet bijgevoerd worden en met veel toemaakmaterialen in de bodem ($\approx 600 \text{ mg Pb kg}^{-1}$ grond) en een referentielocatie ($\approx 100 \text{ mg Pb kg}^{-1}$ grond). Dieren zijn geslacht voor de analyse van nieren en levers om te toetsen of de gehalten aan lood in genoemde organen aan de warenwet voldoen en om te toetsen of het overdrachtsmodel (bioconcentratiefactor, BCF) voor lood klopt.

De aanwezigheid van grond in grasmonsters is aangetoond via wassen. Het lood in grasmonsters wordt geheel bepaald door de hoeveelheid aanhangende grond in grasmonsters. De hoeveelheid grond in grasmonsters wordt verhoogd onder invloed van betreding door de grazers. Gedurende de onderzoeksperiode varieert daarom het loodgehalte van het gras veel meer dan het voer. Invloed van maaien en kuilen op de loodgehalten van gras kon door de grote variatie niet significant bepaald worden.

De inname van grond door grazers blijkt op basis van alleen gras lager (0,5 à 2%) dan op basis van de faeces (2 à 6%). Hierdoor zijn de loodgehalten van het voer (2 à 22 mg kg^{-1}) veel hoger dan het gras (3 à 7 mg kg^{-1}). Koeien eten echter, naast grond aan gras, ook grond via andere routes, bijvoorbeeld grond aan graswortels. Dit leidt op de onderzochte locaties niet tot overschrijding van de norm voor lood in groenvoeder van 30 mg kg^{-1} . De loodgehalten van nier en lever bevestigen dat toemaakdek leidt tot verhoogde loodgehalten in orgaanvlees, maar zowel nieren als levers voldoen ook bij verhoogde loodgehalten in de bodem aan de geldende warenwetnorm.

Hoewel ook de kopergehalten verhoogd zijn in bodems met toemaak (maximaal 514 mg kg^{-1}) leidt dit bij de 7 onderzochte dieren niet tot verhoogde kopergehalten. De koperstatus in de lever van de schapen is laag tot voldoende.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling en achtergrond

In het veenweidegebied van Utrecht, Zuid-Holland en Noord-Holland is in verschillende gebieden gedurende enkele eeuwen stadsvuil gebruikt als ophoogmateriaal, meststof en bodemverbeteraar. Dit heeft lokaal geleid tot sterk verhoogde gehalten aan lood, koper en zink in de bodem die plaatselijk de interventiewaarden uit de wet Bodembescherming overschrijden. Deze hoge bodemgehalten leiden mogelijk tot overschrijdingen van gehalten aan contaminanten in diervoeders en dierlijke producten. Vanwege het ontbreken van betrouwbare modellen om het loodgehalte in veevoer te voorspellen is in 2006 onderzoek gedaan naar de kwaliteit van bodem en het daarop groeiende gras dat als veevoer dient (Rietra en Römken, 2007). In dit onderzoek is vastgesteld dat de gehalten aan lood in gras de geldende groenvoedernorm niet overschrijden ondanks de soms sterk verhoogde gehalten in de bodem. Een aantal vragen kunnen op basis van het onderzoek uit 2006 niet beantwoord worden; dit betreft onder meer de variatie in de loodgehalten in gras gedurende het seizoen, de invloed van beweiding, de directe opname van grond door vee en de uiteindelijke relatie tussen het gehalte in voer en dat in dierlijke organen. Om op deze vragen antwoord te geven is in 2007 in hetzelfde gebied een uitgebreider onderzoek gedaan. Tevens gebruiken we de resultaten om de bestaande modelrelaties tussen kwaliteit van diervoeder en de gehalten in dierlijke organen te toetsen. Als zodanig is dit rapport een vervolg op het onderzoek beschreven in Alterra rapport 1433 (Rietra en Römken, 2007).

1.2 Projectdoelstelling

De doelstellingen van het vervolgonderzoek zoals beschreven in dit rapport zijn:

1. Bepalen van de gemiddelde inname van lood gedurende het begrazingsseizoen. Het is bekend dat het tijdstip van bemonsteren (april – augustus) invloed heeft op het loodgehalte in gras, maar niet of, en zo ja, hoe dit meegenomen kan worden in de risicoanalyse.
2. Bepalen van de kwaliteit van vers weidegras tijdens de beweiding en van het kuilgras gedurende het seizoen, en het inventariseren van de sturende factoren die van invloed zijn op het gehalte aan zware metalen in veevoer (weersomstandigheden, grashoogte, beweiding)
3. Vaststellen in welke mate de totale inname van zware metalen door vee bepaald wordt door grondinname, en of de grondinname gerelateerd is aan de beschikbare hoeveelheid gras per dier (begrazingsdruk) en de weersomstandigheden.
4. Bepalen van de loodgehalten in levers en nieren van een beperkt aantal dieren (schapen, runderen) uit het meest verontreinigde gebied.

Om onduidelijkheid te voorkomen volgen hier twee definities van gras en voer zoals die in de rest van het rapport gehanteerd worden:

1. *gras*: gras zoals dat bemonsterd kan worden,
2. *voer* (gras, grond en mogelijk extra voeders die dieren innemen).

Verder is het van belang onderscheid te maken tussen de hoeveelheid grond die grazers innemen via gras (aanhangende grond) en grond die via uitgerukte graswortels ingenomen wordt. Deze laatste fractie wordt immers niet bepaald via de analyse van gras en/of voer.

Om de eerder genoemde vragen te beantwoorden worden de bodem, gras, faeces (rund en schaap) bemonsterd en geanalyseerd van een aantal bedrijven in het gebied met toemaak. Dit gebeurt meermaals in het groeiseizoen. Tevens wordt één bedrijf buiten het toemaakdegebied gebruikt als referentie. Bij alle metingen wordt het graslandmanagement dat van invloed is op de loodgehalten in het gras en/of voer bepaald. Hiervoor worden zowel percelen bemonsterd welke beweid zijn alsook percelen die onbeweid zijn. De bedrijven in het gebied met toemaak zijn gekozen op basis van verschillen in de gehalten aan lood in de bodem zoals gemeten in het onderzoek in 2006 (Rietra en Römken, 2007). Om uiteindelijk een uitspraak te kunnen doen over kwaliteit van orgaanvlees van schapen en runderen worden de nieren en levers van schapen en koeien geanalyseerd uit het meest verontreinigde deel van het gebied. Aan de hand van deze metingen toetsen we of warenwetnormen daadwerkelijk overschreden worden. Voor dit doel worden die dieren gebruikt die grazen op de onderzochte percelen en/of dieren die niet of nauwelijks bijgevoerd worden.

Op basis van alle analyses wordt een relatie gezocht tussen het gehalte aan lood in de bodem en de kans op overschrijding van warenwetnormen in orgaanvlees (nier en lever). De invloed van graslandmanagement wordt in de relatie meegenomen zodat uitspraken mogelijk zijn over welke vorm van graslandmanagement noodzakelijk is om risico's op normoverschrijdingen uit te sluiten.

2 Materiaal en methoden

2.1 Beschrijving van veldwerk, bemonsteringen en analyses

Om de invloed van lood in gras en bodem op de gehalten in dierlijke organen te kunnen vaststellen, zijn locaties gezocht waar koeien en/of schapen grazen die niet of nauwelijks worden bijgevoerd. In het huidige onderzoek zijn hele percelen bemonsterd¹ omdat we geïnteresseerd zijn in de blootstelling van de koeien en schapen. De locaties zijn gekozen op basis van de loodgehalten die we in het vorige onderzoek hebben vastgesteld (Rietra & Römken, 2007). Hierbij is gezocht naar percelen met relatief hoge loodgehalten. De mate van representativiteit voor het toemaakdegebied wordt besproken bij de resultaten in paragraaf 3.1.



Figuur 1. Locaties: 1143, 1792, 1824, en 1825 (vlnr).

In totaal 12 percelen zijn een of meerdere keren bemonsterd. Van de 12 percelen vallen 3 percelen buiten het gebied met toemaakdek. Deze drie referentiepercelen (geen toemaakdek) liggen in polder de Mijdrecht (locatie 49 t/m 51, zie tabel 1) en worden begraaasd door koeien of zijn in gebruik voor de productie van veevoer (gras). De percelen 1143 en 1144 liggen ten zuiden van Mijdrecht, zijn in bezit van Staatsbosbeheer en worden verpacht voor begrazing met schapen of voor grasproductie. De percelen 1791-1793, 1825 en 1826, en 1823 t/m 1825 liggen ten

¹ Vier percelen zijn eerder bemonsterd en geanalyseerd (Rietra en Römken, 2007): 51,1144, 1794 en 1826. In dat onderzoek zijn plots van 10 x 10 m bemonsterd om te komen tot een relatie tussen gehalten in de grond en het gras. In het huidige onderzoek zijn hele percelen bemonsterd.

oosten van Demmerik (Vinkeveen). De percelen zijn grotendeels in eigendom van een Staatsbosbeheer en worden verpacht voor begrazing met koeien en schapen of voor grasproductie.

In tabel 1 is aangegeven welke bemonsteringen zijn uitgevoerd. In alle gevallen zijn monsters van gras en faeces genomen als dat mogelijk was. Het gras is bemonsterd op verschillende dagen om de variatie als functie van de tijd te bepalen. De bodem is tijdens de grasbemonsteringen ook een aantal keren bemonsterd (op dezelfde plekken) zodat de percelen uiteindelijk herhaaldelijk zijn bemonsterd. De bodem is niet in alle gevallen herbemonsterd.

Op enkele locaties graasden meerdere soorten dieren (pony's en schapen, of koeien en schapen) en daarom zijn er enkele keren meerdere faeces per perceel genomen (van elke diersoort een mengmonster).

Per perceel is een mengmonster van bodem en een mengmonster van gras samengesteld door de bemonstering van twintig verspreid liggende plots. Elk plot heeft een omvang van 20 x 20 cm. Hiervan is het gras vanaf 4 cm hoogte bemonsterd. De totale hoeveelheid bemonsterd vers gras per perceel (in totaal 0,8 m²) is gewogen als maat voor de begrazingsdruk. Een mengmonster van bodem is samengesteld met een gutssteek van 0-10 cm –mv uit elk plotje. De meeste percelen zijn meerdere keren in de tijd bemonsterd en hierbij zijn steeds opnieuw twintig willekeurig verspreid liggende plotjes gekozen.

De bemonsteringen vonden plaats in de periode van 1 augustus tot 31 oktober van het jaar 2007. Op twee bemonsteringstijdstippen is het gras in triplo bemonsterd om de ruimtelijke variatie te bepalen. Gras en faeces zijn maximaal 6 keer in de onderzoeksperiode bemonsterd. De grond is steeds bemonsterd ten tijde van de gras- en faecesbemonstering; maximaal 4 keer per perceel. Hierdoor is de bodem van een aantal percelen 3 of 4 keer bemonsterd waardoor ook inzicht in de ruimtelijke variatie verkregen wordt. Indien blijkt dat de variatie in de gehalten in gras en grond erg groot is (ruimtelijk gezien), kan er voor gekozen worden om alleen bodem en gewas data van monsters die op hetzelfde moment genomen zijn mee te nemen in relaties tussen de gehalten in gras en grond.

Een mengmonster van faeces is samengesteld door eveneens 20 verspreid liggende plekken te bemonsteren. Dit zijn niet dezelfde plekken als waar de bodem en het gras is bemonsterd. Alleen verse faeces, die niet bevuild is door stof, grond of gras is bemonsterd (zie foto).

Per perceel is de kwaliteit van de grasmat ingeschat op basis van de bezetting (fractie gras, klaver, kruiden en onbedekt). Het aantal dieren is genoteerd en er zijn foto's gemaakt van de percelen.

Op één locatie kon tijdens de onderzoeksperiode het gras, het gemaaid en nog te kuilen gras, en het gekuilde gras worden bemonsterd. Hiermee kan worden vastgesteld of de bewerking leidt tot een verandering in het aandeel van aanhangende grond in het voer.

Tabel 1 Overzicht van het aantal bemonsteringen. Op alle dagen is geprobeerd om gras en faeces te bemonsteren. Indien in de tabel staat dat er geen faeces bemonsterd is was er dus geen vee in het perceel (grijze vakken). Op 9 en 30 oktober is het gras in triplo bemonsterd. De bodem is vier keer bemonsterd (0-10 cm- mv). De bemonsterde hoeveelheden gras zijn gegeven in Bijlage 10.

| perceel | datum | faeces pony | faeces schaap | faeces koe | gras monster | grond | Lever/nier geslacht dier |
|---------|-------|-------------|---------------|------------|---------------------------|-------|--------------------------|
| 49 | 2-8 | | | | | 1 | |
| 49 | 30-8 | | | 1 | 1 | | |
| 49 | 13-9 | | | 1 | 1 | | |
| 49 | 26-9 | | | 1 | 1 | 1 | |
| 49 | 10-10 | | | 1 | * 1 | 1 | |
| 49 | 31-10 | | | 1 | # 1 | 1 | |
| 50 | 2-8 | | | | 1 | 1 | |
| 50 | 12-8 | | | | # kuilgras | | |
| 51 | 2-8 | | | 3 | 1802 | 1 | |
| 1143 | 2-8 | | 1 | | 1 | 1 | |
| 1143 | 30-8 | | 1 | | 1 | | |
| 1143 | 13-9 | | 1 | | 1 | | |
| 1143 | 27-9 | | 1 | | 1 | 1 | |
| 1143 | 9-10 | | 1 | | * 3 | 1 | |
| 1143 | 30-10 | | 1 | | # 3 | 1 | |
| 1143 | 18-12 | | | | | | 3 schapen |
| 1144 | 2-8 | | | | 1 | 1 | |
| 1792 | 2-8 | | | | | 1 | |
| 1792 | 29-8 | | 1 | 1 | 1 | | |
| 1792 | 12-9 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1792 | 26-9 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1792 | 9-10 | | 1 | | * 3 | 1 | |
| 1792 | 30-10 | | 1 | | # 3 | 1 | |
| 1792 | 18-12 | | | | | | 2 schapen |
| 1793 | 1-8 | | | | 1 | 1 | |
| 1793 | 8-8 | | | | 3 gras, hooi- en kuilgras | | |
| 1794 | 1-8 | | | 2 & | 1 | 1 | |
| 1794 | 29-8 | | | | 1 | | |
| 1823 | 12-9 | | | 1 | 1 | 1 | |
| 1823 | 26-9 | | | 1 | 3 | 1 | |
| 1823 | 9-10 | | | | *3 | 1 | |
| 1823 | 30-10 | | | 1 | # 3 | 1 | |
| 1823 | 12-12 | | | | | | 2 koeien |
| 1824 | 2-8 | | | | | 1 | |
| 1824 | 29-8 | | | 1 | 1 | | |
| 1824 | 12-9 | | | | 1 | 1 | |
| 1824 | 26-9 | | | | gras te kort | | |
| 1824 | 9-10 | | | | *3 | 1 | |
| 1824 | 30-10 | | | | # 3 | 1 | |
| 1825 | 1-8 | | | | 1 | 1 | |
| 1825 | 29-8 | | | 1 | 1 | | |
| 1825 | 12-9 | 1 | 1 | | 1 | | |
| 1825 | 26-9 | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 1825 | 9-10 | | 1 | | *3 | 1 | |
| 1825 | 31-10 | | 1 | | 3 | 1 | |
| 1826 | 1-8 | | | 2 | 2 | 1 | |

* analyses van ongewassen en gewassen grasmonsters. Analyse van verteringscoëfficiënt.

drie grasmonsters zijn bemonsterd en geanalyseerd

& melkkoeien 's nachts op stal bijgevoerd, faeces zijn mogelijk niet representatief voor ruwvoer.



Figuur 2. Bemonstering kuilgras (a) en 20 x 20 cm plotje met gras (b).



Figuur 3. Bemonstering faeces van koeien (links) en schapen (rechts).

2.2 Selectie van runderen en schapen voor onderzoek aan organen.

Voor onderzoek aan de gehalten aan lood en cadmium in dierlijke organen zijn door Alterra twee runderen en vijf schapen aangekocht via VION. De VION medewerker heeft in een gesprek met de betreffende agrariërs die dieren geselecteerd die grazen op de onderzocht percelen. De agrariërs hebben hieruit weer enkele dieren geselecteerd die voor de slacht in aanmerking kwamen. Noot: er zijn dus geen dieren in het onderzoek meegenomen die normaalgesproken niet geslacht zouden worden

Op 12-12-2007 zijn in het slachthuis van VION te Tilburg twee runderen geslacht: koe NL 209712084 geboren op 10-12-1997 (nr 1 in Tabel 8), en koe NL 372722700 geboren op 24-7-2004 (nr 2 in Tabel 8).

Het betreft twee koeien van locatie 1823 (zie perceelsnaam in Tabel 1). Medewerkers van VWA hebben bij elk dier de lever, nieren en stukje bot (voor- of achterpoot) en ongeveer 1 kg spierweefsel (midrif) bemonsterd. Deze monsters zijn op 13-12-2007 verstuurd aan het laboratorium de Gezondheidsdienst voor Dieren (GD). Het betreft in beide gevallen droogstaande koeien.

Op 18-12-2007 zijn in de sectiezaal van de Animal Sciences Group van Wageningen UR te Lelystad vijf schapen geslacht. Ook hiervan zijn de organen naar de GD verzonden. Het betreft organen van dieren met nummer 495873-0408, 495873-0420, (beide van locatie 1792; zie perceelsnaam in Tabel 1, het betreft het ras Texelaar) 127960-1058-157, 127960-1058-31 en 127960-1058-184 (alle drie van locatie 1143; zie perceelsnaam in Tabel 1, het betreft het ras Quessant).

2.3 Uitgevoerde analyses aan gewas en faeces

2.3.1 Gewas- en faecesanalyses

Het gehalte aan Al, Fe, K, P, S, Zn, Cd, Co, Cu, Mo, Ni en Pb is bepaald in ongewassen grasmonsters en faeces. De gehalten zijn gemeten in materiaal na drogen bij 70 °C. Het vochtgehalte van gras en faeces is bepaald aan de hand van een verschil meting van het versgewicht en na droging bij 70°C. Het organische stofgehalte is bepaald via een verschilmeting na droging bij 105°C en gloeien bij 550°C. Het asgehalte van gras en faeces dat na gloeien resteert, komt dan overeen met 100% - % organische stofgehalte. Het verschil in vochtgehalte tussen 70°C en 105°C is in dit onderzoek niet gemeten. Uit het voorgaande onderzoek (Rietra en Römken, 2007) blijkt dit steeds 3 à 4% te zijn.

De monsters van gras en faeces zijn ontsloten met behulp van magnetrondestructie in HNO₃/HF/H₂O₂ en vervolgens geanalyseerd met ICP-MS bij het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) van de WUR. De gehanteerde methoden zijn identiek als die beschreven in Rietra en Römken (2007).

2.3.2 Bepaling fractie aanhangende grond

Het verschil in de gehalten aan metalen in gewassen en ongewassen grasmonsters is een maat voor de hoeveelheid aanhangende grond. Hiervoor zijn 6 grasmonsters verdeeld in twee submonsters. Een submonster is vervolgens gewassen met demiwater en daarna gedestruëerd en geanalyseerd (zie 2.3.1), terwijl het andere submonster niet is gewassen en geanalyseerd. Het wassen bestond uit het driemaal kort spoelen van het gras met schoon gedemineraliseerd water.

2.3.3 Bepaling verteerbaarheid van het gras

De gehalten aan sommige metalen (nl. die met een lage absorptie in het dier) in faeces zijn een maat voor de totale inname via voer. Uiteraard is het daarbij nodig een correctie te maken voor de verteerbaarheid van gras. Indien de verteerbaarheid bekend is, kan via de samenstelling van de faeces berekend worden wat de gehalten waren in het voer. Hiervoor is van zes ongewassen grasmonsters (dezelfde monsters als gebruikt bij het wasexperiment, zie 2.3.2) de verteerbaarheid van het gras bepaald bij het Blgg (verteringscoëfficiënt volgens *in-vitro* bepaling van Tilley & Terry, 1963).

2.4 Grondanalyses

De grondmonsters zijn gedroogd bij 40°C en gezeefd over een zeef van 2 mm, de gedroogde grondmonsters zijn daarvoor niet mechanisch verkleind. De toemaakmaterialen die op de zeef achterblijven, zijn beschreven, geteld en gewogen. Het aantal deeltjes dat op deze manier bepaald is, is genoteerd per monster. Vervolgens is de resterende fijne fractie (< 2 mm) gedestruëerd en geanalyseerd. Daarbij zijn verschillende extracties/ontsluitingen en bepalingen uitgevoerd:

- Bepaling van het gehalte organische stof (gloeiverlies) en lutum. De methoden zijn identiek als in Rietra en Römken (2007), behalve voor de bepaling van lutum. In 2006 is lutum gemeten met de pipetmethode bij CBLB, terwijl dit in 2007 via een laserdiffractietechniek bij Blgg is bepaald. Naar verwachting zijn eventuele verschillen niet relevant voor het onderzoek.
- Bepaling van de Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Zn, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb na ontsluiting met koningswater (AR).

In eerder onderzoek is vaak titanium gebruikt om de fractie aanhangende grond te meten. Titanium wordt namelijk niet of nauwelijks opgenomen door planten en de hoeveelheid titanium in een gewasmonster is daarmee een maat voor de hoeveelheid aanhangende grond. In deze studie is titanium echter niet gemeten omdat de gebruikte extractiemethoden voor grond (*Aqua Regia*) en gewas ($\text{HNO}_3/\text{HF}/\text{H}_2\text{O}_2$) kan leiden tot een verkeerde inschatting van de hoeveelheid aanhangende grond (Schröder, 2005). Dit komt omdat de ontsluiting van titanium via *Aqua Regia* uit grond niet 100% is, d.w.z. niet alle titanium dat in grond zit wordt daadwerkelijk in oplossing gebracht door *Aqua Regia*. Bij het berekenen van de hoeveelheid grond in grasmonsters speelt het verschil in destructiemethoden daarom mogelijk een rol. Dit geldt voor alle metalen waarvoor de ontsluiting via HF groter is dan die via *Aqua Regia*. Het is bekend dat de $\text{HNO}_3/\text{HF}/\text{H}_2\text{O}_2$ destructie meer aluminiumsilicaten oplost dan de *Aqua Regia* destructie. Hierdoor zullen ook die elementen die typisch een indicatie zijn voor de hoeveelheid aanhangende grond in grasmonsters (Al, Fe, Ti) minder geëxtraheerd worden in bodemonsters dan in gewasmonsters. De berekening van de hoeveelheid aanhangende grond in grasmonsters zal daarom te hoog zijn vanwege de onderschatting van de totaalgehalten in grond. Alleen die metalen waarvoor geldt dat ze niet opgenomen worden door het gewas én door beide methoden voor 100% ontsloten worden, zijn daarom geschikt voor het vaststellen van de hoeveelheid aanhangende grond. Zo bleek uit het vorige onderzoek (Rietra en Römken, 2007) dat de berekening van de hoeveelheid grond in grasmonster op basis van lood in de meeste gevallen lager was dan dat op basis van Al en Fe. Dit suggereert dat ook Al en Fe niet volledig door *Aqua Regia* ontsloten worden.

2.4.1 Berekening van metaalgehalte in voer en de fractie grond in voer

Op basis van de analyses van lood in de faeces en de verteerbaarheid van gras kan berekend worden hoeveel lood in het voer zat. Dit betreft dan niet alleen de inname via gras en aanhangende grond zoals gemeten aan de gewasmonsters, maar ook de inname van grond die via wortels ingenomen wordt. Via een gewasanalyse is het namelijk niet mogelijk deze laatste fractie te meten. Tevens omvat de meting van faeces ook alle andere bronnen van metalen (oa via additioneel voeder). De via faeces berekende gehalten in voer zijn daarmee representatief voor de de som van de inname via gras, aanhangende grond, inname van grond en voedermiddelen.

De inname via voer (I_V) bestaat uit inname van gras en van grond (I_S) in kg droge stof per dag. Op basis van enkele aannames (zie formules in Bijlage 5) kan met behulp van de verteringscoëfficiënt (D_h) het loodgehalte in voer (M_V) berekend worden via het loodgehalte in de faeces (M_F) volgens vergelijking (1):

$$M_V = M_F (1 - D_h) \quad (1)$$

In het huidige onderzoek wordt naast de hoeveelheid zware metalen ook de fractie grond in grasmonsters en de fractie grond in voer onderzocht. De fractie grond in voer (I_S/I_V) kan berekend worden op basis van de analyse van grond en faeces via vergelijking 2 (Thornton & Abrahams, 1983, zie ook bijlage 5):

$$\frac{I_S}{I_V} = \frac{(1 - D_h) M_F}{M_S - D_h M_F} \quad (2)$$

waarin M_S en M_F de metaalgehalten in respectievelijk bodem en faeces zijn, en I_S en I_V de inname van respectievelijk bodem en voer zijn.

2.4.2 Analyses aan dierlijk materiaal

Na de slacht zijn de monsters van lever, nier, spier en bot opgehaald en naar het laboratorium van de Gezondheidsdienst voor Dieren B.V. (GD) te Deventer gebracht. In alle monsters zijn de gehalten aan As, Cd, Fe, Cu, Pb en Zn gemeten. De meting van Cu, Zn, Co, Mo en Fe met ICP-AES is geaccrediteerd. De opgegeven rapportagegrenzen zijn 0,2 mg As kg^{-1} ; 0,10 mg Cd kg^{-1} ; 15 mg Fe kg^{-1} ; 15 mg Cu kg^{-1} ; 0,1 mg Pb kg^{-1} .

3 Resultaten en discussie

3.1 Algemene beschrijving van de metaalgehalten in de bodem, gras en faeces

De bemonsterde locaties met toemaakdek wijken duidelijk af van de bemonsterde referentielocaties wat betreft de gehalten aan metalen in de bodem en gras (Tabel 2). De loodgehalten in de bodem van de referentielocaties variëren van 40 tot 122 mg Pb kg⁻¹ terwijl die in de locaties met toemaak variëren van 510 tot 1190 mg Pb kg⁻¹. Naast lood is ook koper en zink verhoogd aanwezig in percelen met toemaak. De gekozen percelen zijn door de hoge loodgehalten representatief voor percelen met relatief veel lood in het toemaakdegebied. Eerder is vastgesteld dat het mediane loodgehalte 399 mg kg⁻¹ is en het 95 percentiel 861 mg kg⁻¹ (Rietra en Romkens, 2007). De locaties (1143, 1792, 1823) waarvan runderen en schapen geselecteerd zijn voor onderzoek bevatten loodgehalten tussen 510 en 635 mg kg⁻¹. De selectie is gebaseerd op de beschikbaarheid van de dieren voor de slacht.

Tabel 2. Overzicht van gemiddelde gehalten aan zware metalen en bodemeigenschappen (gras: begraasde en onbegraasde monsters, faeces van schapen, koeien en pony's) (mg kg⁻¹ds). De gemiddelde gehalten zijn berekend op basis van data uit bijlage 1 t/m 3.

| Locatie | Gras | | | Faeces | | | Grond | | | | |
|------------|------|------|----|--------|----|-----|-------|-----|-----|--------|-----------|
| | Pb | Cu | Zn | Pb | Cu | Zn | Pb | Cu | Zn | OS (%) | Lutum (%) |
| Referentie | | | | | | | | | | | |
| 49 | 1.0 | 9.0 | 45 | 10 | 37 | 173 | 98 | 56 | 160 | 29 | 29 |
| 50 | 0.3 | 4.3 | 25 | | | | 122 | 31 | 103 | 29 | 27 |
| 51 | 0.4 | 5.7 | 19 | 2 | 53 | 185 | 40 | 28 | 78 | 28 | 30 |
| Toemaak | | | | | | | | | | | |
| 1143 | 2.8 | 11.3 | 57 | 8 | 39 | 184 | 635 | 136 | 410 | 36 | 17 |
| 1144 | 1.0 | 9.6 | 45 | | | | 734 | 156 | 367 | 33 | 15 |
| 1792 | 3.0 | 9.6 | 42 | 10 | 42 | 161 | 525 | 514 | 305 | 47 | 23 |
| 1793 | 3.7 | 7.8 | 36 | | | | 1018 | 179 | 299 | 42 | 16 |
| 1794 | 7.3 | 9.4 | 39 | 18 | 68 | 160 | 1190 | 304 | 312 | 34 | 11 |
| 1823 | 4.9 | 10.8 | 43 | 51 | 44 | 183 | 510 | 178 | 207 | 52 | 13 |
| 1824 | 1.6 | 10.3 | 51 | 22 | 24 | 119 | 678 | 151 | 241 | 54 | 11 |
| 1825 | 4.3 | 10.7 | 64 | 35 | 43 | 234 | 850 | 174 | 335 | 44 | 11 |
| 1826 | 3.3 | 7.9 | 49 | 21 | 30 | 165 | 1180 | 156 | 402 | 44 | 11 |

De loodgehalten in het gras van de referentielocaties zijn lager dan die van locaties met toemaak. De verschillen zijn echter veel minder groot dan de verschillen in de bodemgehalten. De loodgehalten in faeces zijn ook lager in de referentielocaties dan de locaties met toemaak. Ook hier zijn de verschillen niet zo groot als bij de bodemgehalten. Voor koper en zink zijn de gehalten in de bodem in locaties met toemaak ook hoger dan die in de referentielocaties. Over het algemeen is de toename voor lood echter hoger. Ten opzichte van de referentielocaties ligt het gemiddelde loodgehalte in de bodem een factor 6,5 hoger terwijl deze factor voor Zn en koper

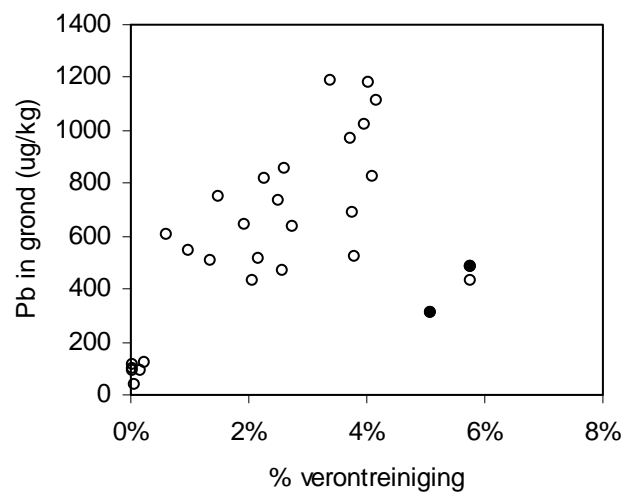
respectievelijk 1,9 en 2,7 bedraagt. Voor het gras is deze trend nog sterker. Daar waar het gemiddelde gehalte aan lood in gras 2 tot 6 keer zo hoog is als in referentielocaties, liggen de gehalten aan Cu en Zn in dezelfde orde van grootte in referentie en toemaaklocaties. Dit toont aan dat de gehalten aan koper en zink in hoge mate afhankelijk zijn van opname door de plant. Voor beide metalen lijkt die onafhankelijk te zijn van het bodemgehalte terwijl de gehalten in gras voor lood veeleer afhankelijk zijn van aanhechtende grond.

De oorzaak van de verhoogde loodgehalten is het toemaak. Toemaak in grondmonsters is zichtbaar herkenbaar aan kleine verontreinigingen: steentjes, glas, kolengruis, porselein, en baksteen (zie figuur 4). Uit de relatie tussen het gemeten massapercentage aan toemaakmaterialen en het loodgehalte in de bodem blijkt dat de hoeveelheid toemaak inderdaad een maat is voor het gehalte in de bodem (figuur 5).





Figuur 4 Foto's van toemaakmaterialen uit grondmonsters (potjes met diameter 5 cm).



Figuur 5 Relatie tussen de hoeveelheid toemaakmaterialen (steen, keitjes, schreven, glas, kolengruis, leisteentjes, baksteen, porselein) en het loodgehalte in de bodem (stukjes hout zijn fontief meegeteld als verontreiniging, hierdoor vallen twee metingen te hoog uit).

3.2 Grond in grasmonsters

Effect van wassen op het loodgehalte in gras.

Van zes grasmonsters is een deel gewassen en een ander deel ongewassen geanalyseerd. In tabel B1.2 staan de metingen van de gewassen en ongewassen monsters. De gehalten in de gewassen monsters zijn ook uitgedrukt als een percentage van het ongewassen monsters. Voor K, P, S, Zn, Cu en Cd veranderen de gehalten voor deze elementen onder invloed van het wassen nauwelijks en ligt het percentage dat in de gewassen monsters wordt teruggevonden t.o.v. ongewassen monsters op 100%. Voor Al, Fe en Pb bedraagt de afname van de gehalten na wassen meer dan 50% t.o.v. het gehalte voor het wassen. Dit toont aan dat een groot aandeel van het gehalte in gras voor Al, Fe en Pb komt door aanhangende grond.

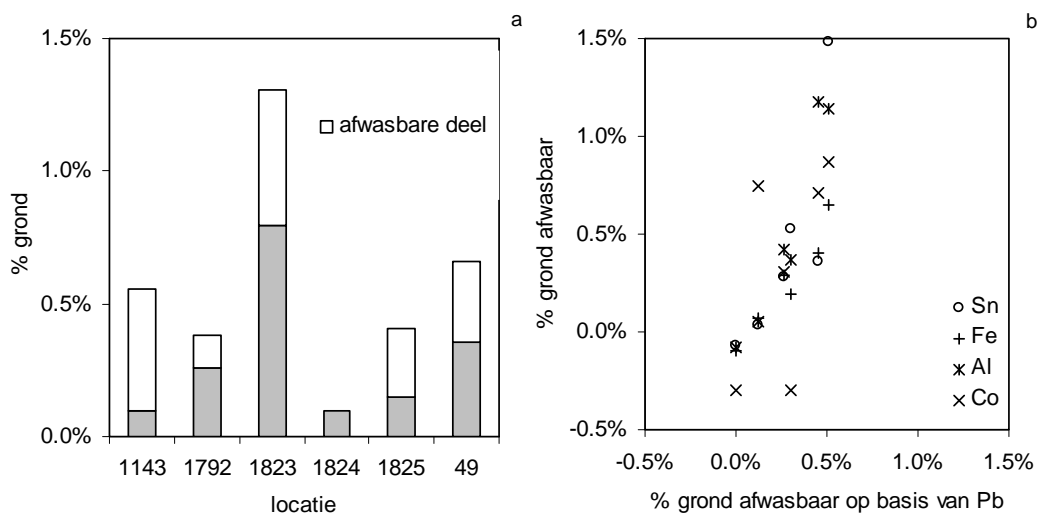
Wanneer aanhangende grond in de grasmonsters dezelfde samenstelling heeft als de bemonsterde grond (0-10 cm –mv) kan het percentage grond in de grasmonsters berekend worden uit:

$$\text{Percentage grond in grasmonsters} = (Pb_{\text{gras}}/Pb_{\text{soil}}) \times 100 \% \quad (3)$$

Dit kan op basis van het gehalte aan lood of enig andere element dat relatief hoge gehalten heeft in grond en lage gehalten in gras. In de figuur 6 staat hoeveel grond er in de grasmonsters zit op basis van de ongewassen monsters en het aandeel dat daarvan afwasbaar is. De metingen geven dus aan dat een belangrijk deel van het lood in de grasmonsters via wassen te verwijderen is. De percentages grond op basis van lood zijn laag (0,1-1,1 % grond). Op basis van de berekening met Al, Co, Fe of Sn zijn de hoeveelheden afwasbare grond hoger dan met lood maar sterk gecorreleerd.

De oorzaken van dergelijke verschillen kunnen zijn:

- (1) de grond in grasmonsters heeft niet dezelfde samenstelling als de bemonsterde grond, of
- (2) de extractie van Al, Co en Fe uit grond (*Aqua Regia*) is minder sterk dan voor grond in grasmonsters ($\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{HF}$). Bij referentiematerialen bij Wepal (www.wepal.nl) blijkt de extractie met *Aqua Regia* bijna volledig ten opzichte van totaal voor Pb, Fe en Co (>70%). De extractie van Al en Ti zijn in *Aqua Regia* onvolledig (≈ 20 à 50 %). De effecten van de verschillende ontsluitingsmethoden zijn voor veengronden echter onbekend.
- (3) elementen in de plant zijn afkomstig als gevolg van depositie via de lucht en de plant gehalten hebben daarom geen relatie met die in de grond.



Figuur 6 (a) Percentage grond in grasmonsters op basis van de loodgehalten in de ongewassen en gewassen grasmonsters en loodgehalten van grondmonsters (b) vergelijking berekend percentage afwasbare grond op basis van Al, Co Fe en Sn (%grond op basis van afwasbaar Pb = gehalte ongewassen – gehalte gewassen). Toelichting: de aanhangende grond in het grasmonster van locatie 1824 was blijkbaar niet afwasbaar.

Doordat lood voor een belangrijk deel afwasbaar is, en doordat loodgehalten in grasmonsters sterk gecorreleerd zijn aan de gehalten van andere elementen (die veel in grond voorkomen en weinig in grasmonsters) is het zeer aannemelijk dat het loodgehalte in het gewas een afspiegeling is van de hoeveelheid grond in grasmonsters. De verschillen met Al, Co, Fe en Sn geven aan dat de met lood berekende hoeveelheden mogelijk een onderschatting geven of dat Al, Co en Sn een overschatting geven. Een onafhankelijke controle op basis van kunstmatig toedienen van grond aan grasmonsters ontbreekt.

Op basis van het bovenstaande wordt in de rest van het rapport aangenomen dat de loodgehalten in grasmonsters een maat zijn voor de hoeveelheid aanhangende grond in grasmonsters, of anders geformuleerd dat het gehalte in de grond bepalend is voor de uiteindelijke loodgehalten in grasmonsters.

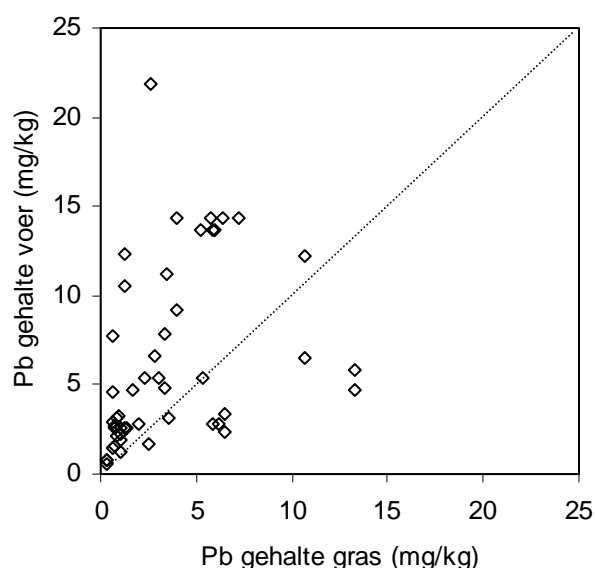
3.3 Blootstelling dieren aan lood op basis van gras of voer

Metingen in zowel gras en als faeces geven een beter beeld van de totale blootstelling aan lood. De totale inname door dieren is namelijk de som van de inname via gras, aanhangende grond, én andere bronnen als voeder en directe inname van grond. Metingen in faeces geven daarom een betere afspiegeling van de totale inname dan die in gras alleen.

Om op basis van de gehalten in de faeces de gehalten in het voer te berekenen is het uiteraard nodig om de verteerbaarheid van het gras te weten. Van een beperkt aantal monsters (6) is daarom de verteerbaarheid van het gras in november bepaald met in *in-vitro* bepaling van Tilly & Terry. In de onderzochte monsters varieert de

verteerbaarheid van 66% tot 80 % (zie bijlage 4). Deze variatie is relatief groot. Gras van de referentielocatie met reguliere landbouw heeft de hoogste verteerbaarheid (80%). De andere locaties zijn allemaal begraaide locaties van natuurorganisaties die verpacht worden aan boeren (1143, 1792, 1823, 1824, 1825). Het meerjarig gemiddelde bij Blgg is 76% (www.blgg.nl), maar bij gras uit natuurterreinen is de verteerbaarheid vaak lager (Remmelink et al, 2005). In de rest van het onderzoek wordt daarom een verteerbaarheid van 70% aangehouden, voor alle locaties en berekeningen, zoals ook vaak in de literatuur te vinden is (Fries, 1996). De loodgehalten in voer worden vervolgens berekend op basis van de gemeten gehalten in faeces volgen vergelijking 1, zoals beschreven in paragraaf 2.4.1².

Nu de loodgehalten in het voer berekend kunnen worden, kunnen deze vergeleken worden met de gemeten loodgehalten van het gras. In Figuur 7 is te zien dat de loodgehalten in het voer vaak hoger, maar soms ook lager zijn dan die in het gras.



Figuur 7 Vergelijking tussen het loodgehalte in gras en voer (berekend via faecesmonsters). De norm voor lood in groenvoerders van 30 mg kg⁻¹ wordt nergens overschreden.

De norm voor groenvoerders bedraagt echter 30 mg kg⁻¹ en uit figuur 7 blijkt dat geen van de monsters deze norm overschrijdt. In onderstaande tabel 3 staan de gemiddelde gehalten per locatie in gras en in voer berekend aan de hand van de metingen in faeces voor Pb, Cu en Zn. Opvallend is dat er op een aantal locaties geen goede relatie is tussen de gehalten in voer en gras. In twee gevallen (1143, 1794) is het loodgehalte in het gras hoger dan in het voer, maar in de meeste gevallen is het loodgehalte in het voer hoger dan het gras. Dit suggereert dat er andere inname routes voor lood zijn dan gras en aanhangende grond alleen.

² $Me_{\text{voer}} \approx Me_{\text{faeces}} (1 - D_h)$: waarbij D_h de verteerbaarheid van het voer door dieren is (aangenomen is $D_h = 0,7$). Hierbij wordt aangenomen dat die biologisch opname relatief gering is.

Relevant zijn de locaties met toemaak met voldoende metingen (49, 1143, 1792, 1823 en 1825). Bij de locaties 1143 en 1792 komen de gehalten (Pb, Cu en Zn) in gras en voer overeen. Bij de locaties 49, 1823 en 1825 is er alleen een overeenkomst tussen Cu en Zn in gras en voer. De loodgehalten in gras liggen lager dan die in het voer bij de locaties 49, 1823 en 1825. Het verschil tussen de locaties lijkt de begrazing door schapen of koeien/pony's. De additionele bron voor lood is mogelijk grond die "direct" ingenomen wordt (niet in gras): bijvoorbeeld door grond welke aan uitgetrokken wortels van gras hangt. Dit is in de volgende paragraaf verder uitgewerkt.

Tabel 3 Overzicht van gemiddelde gehalten aan zware metalen in gras (n: aantal monsters), en in voer (gras: begraasde en onbegaasde monsters, faeces van schapen, koeien en pony's) (mg kg⁻¹ ds). Locaties met een beperkt aantal metingen zijn grijs.

| | type begrazing | gras | | | | voer | | | | massa | |
|------------|--------------------|------------------------|----|----|----|------------------------|----|-----|---|--------------------|----|
| | | Pb | Cu | Zn | n | Pb | Cu | Zn | n | gras | n |
| | | mg kg ⁻¹ ds | | | | mg kg ⁻¹ ds | | | | kg.m ⁻² | |
| referentie | | | | | | | | | | | |
| 49 | koeien | 1 | 9 | 45 | 7 | 3 | 11 | 52 | 5 | 0.8 | 5 |
| 50 | - | 0.3 | 4 | 25 | 4 | | | | | 1.7 | 1 |
| 51 | koeien | 0.4 | 6 | 19 | 1 | 0.7 | 16 | 55 | 3 | 2.3 | 1 |
| toemaak | | | | | | | | | | | |
| 1143 | schapen | 3 | 11 | 57 | 8 | 2 | 12 | 55 | 8 | 1.1 | 6 |
| 1144 | - | 1 | 10 | 45 | 1 | | | | | | |
| 1792 | koeien en schapen | 3 | 10 | 42 | 7 | 3 | 13 | 48 | 8 | 0.8 | 5 |
| 1793 | - | 4 | 8 | 36 | 10 | | | | | | |
| 1794 | koeien# | 7 | 9 | 39 | 2 | 5 | 20 | 48 | 2 | 1.5 | 11 |
| 1823 | koeien | 5 | 11 | 43 | 6 | 15 | 13 | 55 | 4 | 0.5 | 4 |
| 1824 | koeien | 2 | 10 | 51 | 6 | 22 | 24 | 119 | 1 | 1.0 | 5 |
| 1825 | pony's en schapen* | 4 | 11 | 64 | 8 | 10 | 13 | 70 | 7 | 0.6 | 5 |
| 1826 | koeien | 3 | 8 | 49 | 1 | 6 | 9 | 49 | 2 | 1.1 | 1 |

- geen begrazing

* één dag ook koeien.

melkkoeien zijn 's nachts zijn bijgevoerd, voer en faeces zijn in dit geval mogelijk niet representatief voor ruw gras.

3.4 Inname grond door koeien en schapen

Op basis van de gehalten aan metalen in gras, faeces en grond kan het percentage grond in het voer berekend worden. Dat is een belangrijke parameter die in veel modelstudies gebruikt wordt voor een schatting van de totale inname. Bij de voorspelling van de loodgehalten in nieren als functie van de loodgehalten in de bodem is eerder aangenomen (Rietra en Römken, 2007) dat het voer van de runderen en schapen 2% grond bevat. Dit is de som van aanhangende grond en additioneel ingenomen grond.

Als de opname van de metalen als Al, Fe, Pb en Sn door gras verwaarloosbaar is, kunnen we uitrekenen hoeveel grond ingenomen is door de grazers. In paragraaf 3.3 is beschreven hoe het percentage grond in grasmonsters berekend wordt op basis

van het loodgehalte in gras en grond. In paragraaf 2.4.1 is beschreven hoe het percentage grond in voer berekend wordt. Er is een goede relatie tussen de berekening van het percentage grond in voer op basis van lood en Al, Fe, Sn (zie bijlage 8). Deze relatie is minder goed voor het percentage grond in de grasmonsters. Dit suggereert dat het percentage grond nauwkeuriger bepaald wordt in voer dan in grasmonsters.

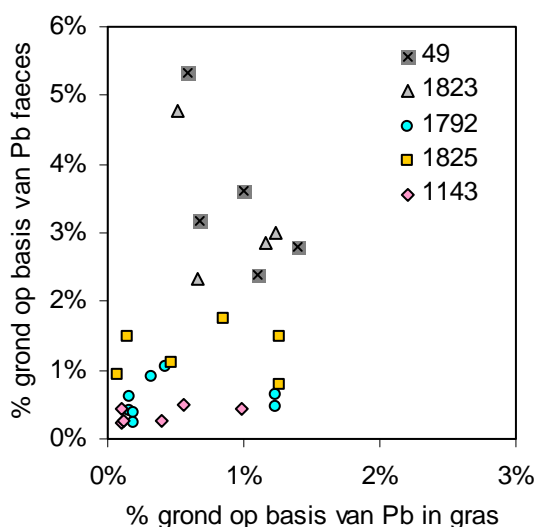
Het verschil tussen de percentages grond in voer en gras ($\% \text{grond}_{\text{voer}} - \% \text{grond}_{\text{gras}}$) is dan de hoeveelheid grond die niet via het eten van gras ingenomen wordt. Dat kan grond zijn die bijvoorbeeld door het eten van graswortels ingenomen wordt door grazers. In de onderstaande tabel is het percentage grond gegeven in (1) de grasmonsters, (2) het voer, en (3) het verschil: grond dat niet via het gras ingenomen is door de dieren.

Tabel 4 Percentage grond in voer en in gras, en het verschil: percentage grond dat direct ingenomen wordt.

| | op basis van gras | <i>n</i> | op basis van voer | <i>n</i> | verschil= direct | grazers | GVE per hectare |
|------------|----------------------|----------|----------------------|----------|---------------------|---------------------|--------------------|
| referentie | | | | | | | |
| 49 | 1.0% | 7 | 3.5% | 5 | 2.5% | runderen | 1.4 |
| 50 | 0.3% | 4 | | | | - | |
| 51 | 0.9% | 1 | 1.9% | 3 | 1.0% | runderen | 0-29 |
| toemaak | 0.9% | | | | | | |
| 1143 | 0.3% | 8 | 0.4% | 8 | 0.1% | schapen | 1.4 |
| 1144 | 1.0% | 1 | | | | - | |
| 1792 | 0.4% | 7 | 0.6% | 8 | 0.1% | runderen en schapen | 0.2-3.1 |
| 1793 | 0.8% | 10 | | | | - | |
| 1794 | 0.9% | 2 | 0.4% | 2 | | - | |
| 1823 | 0.4% | 6 | 3.2% | 4 | 2.3% | runderen | 0.8-8.4 |
| 1824 | 0.7% | 6 | 1.0% | 1 | 0.6% | - | |
| 1825 | 0.3% | 8 | 1.3% | 7 | 0.7% | pony's en schapen | 1-26 |
| 1826 | 1.0% | 1 | 0.5% | 2 | 0.4% | runderen | 0-20 |

- geen begrazing

Uit de berekening blijkt dat de locaties met de hoogste percentage grond in voer de locaties met koeien zijn. Dit zijn tevens de locaties met het hoogste percentage grond direct (in voer niet via gras). Door de inname van lood om te rekenen naar een percentage grond valt, anders dan in de vorige tabel, ook de referentielocatie met koeien op. De individuele metingen zijn te zien in onderstaande figuur. De hoeveelheid grond in voer (y-as) heeft geen duidelijke relatie met de hoeveelheid grond in de grasmonsters (x-as).



Figuur 8 Relatie tussen percentage grond in grasmonsters en voer voor de verschillende locaties. Locatie 49, 1823 worden begraaasd met koeien, locatie 1792, 1825 en 1143 voornamelijk met schapen.

Aan de hand van de data van locatie 1792 is gekeken naar eventuele verschillen in de faeces tussen schapen en koeien. Ofschoon bij alle vier bemonsteringen de loodgehalten in de faeces van de koeien hoger waren dan die bij de schapen is het aantal metingen te gering om tot statistisch significante uitspraken te komen.

3.5 Andere factoren die het gehalte aan metalen in gras bepalen

3.5.1 Variatie in metaalgehalten in gras en faeces als gevolg van monsternamen

Om een indruk te krijgen van de variatie als gevolg van monsternamen is op 31 oktober op 5 percelen het gras in triplo bemonsterd. De grootste variatie per monster treedt op bij de elementen Al, Pb, Sn en Fe; allemaal elementen waarvan de gehalten vooral bepaald worden door contaminatie van gras met grond. Elementen of nutriënten waarvan de gehalten in gras bepaald worden door opname uit de bodem (Cu, Zn, Ca, K, Mg, P, S) hebben een vrij lage relatieve standaarddeviatie.

Tabel 5 Relatieve standaarddeviatie (in %) van verschillende gehalten in grasmonsters.

| locatie | Elementen gerelateerd aan grond | | | | nutriënten | | | | | | |
|---------|---------------------------------|----|----|----|------------|----|----|----|----|---|----|
| | Al | Pb | Sn | Fe | Cu | Zn | Ca | K | Mg | P | S |
| 49 | 15 | 12 | 11 | 7 | 2 | 6 | 5 | 3 | 4 | 8 | 4 |
| 1143 | 54 | 49 | 58 | 41 | 10 | 13 | 15 | 12 | 10 | 6 | 6 |
| 1792 | 50 | 44 | 32 | 34 | 9 | 7 | 3 | 2 | 2 | 6 | 3 |
| 1823 | 8 | 7 | 17 | 8 | 7 | 5 | 8 | 7 | 2 | 7 | 4 |
| 1824 | 39 | 24 | 5 | 10 | 6 | 12 | 5 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| 1825 | 70 | 29 | 18 | 45 | 9 | 12 | 21 | 9 | 10 | 1 | 10 |

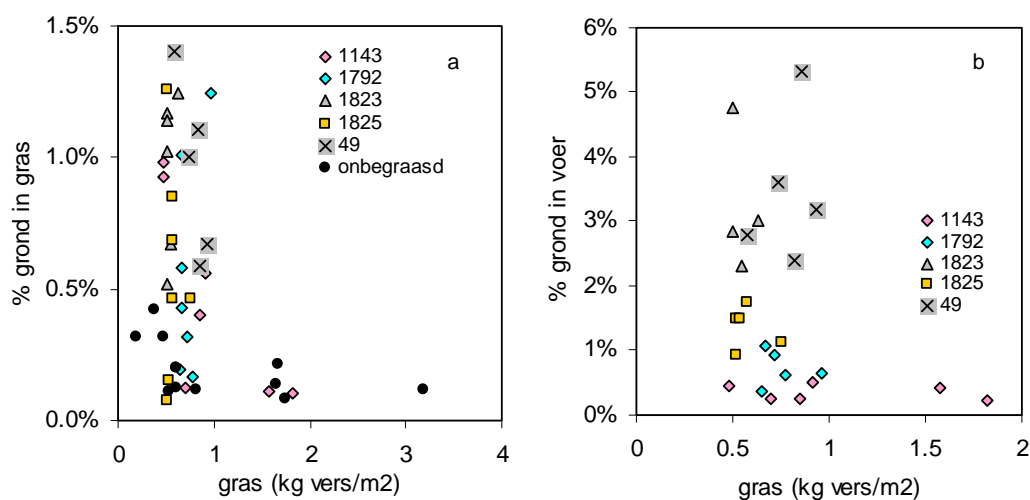
Een van de factoren die bijdraagt aan de variatie voor Al, Pb, Sn en Fe is de mate van betreding en/of begrazing. Op drie locaties (nr 51, 1143, 1794 en 1826) zijn de faeces in duplo of triplo bemonsterd. De variatie in de grond-gerelateerde elementen zoals lood is bij 51, 1143 en 1794 niet zo hoog als in de grasmonsters (zie tabel 6). De bepaling van de blootstelling van de grazers met lood is via de analyse van de faeces dus nauwkeuriger dan die via gras.

Tabel 6 Relatieve standaarddeviatie (in %) van verschillende gehalten in faecesmonsters.

| locatie | Elementen gerelateerd aan grond | | | | Nutriënten | | | | | | aantal | |
|---------|---------------------------------|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|--------|----------|
| | Al | Pb | Sn | Fe | Cu | Zn | Ca | K | Mg | P | S | monsters |
| 51 | 2 | 16 | 16 | 3 | 13 | 13 | 9 | 23 | 4 | 17 | 8 | 3 |
| 1143 | 8 | 4 | 30 | 9 | 4 | 4 | 7 | 24 | 15 | 14 | 4 | 3 |
| 1794 | 12 | 15 | 25 | 13 | 7 | 2 | 1 | 13 | 7 | 1 | 3 | 2 |
| 1826 | 17 | 34 | 46 | 13 | 0.3 | 1 | 14 | 18 | 5 | 2 | 6 | 2 |

3.5.2 Effect van begrazing op metaalgehalten in gras en voer

Naast de begraasde locaties zijn ook enkele grond- en grasmonsters genomen op onbegraasde locaties (zie Tabel 1). Als het percentage grond (berekend op basis van het loodgehalte in grond en gras) in de verschillende grasmonsters uitgezet wordt tegen de hoeveelheid gras per vierkante meter dan valt op dat grasmonsters van onbegraasde percelen hele lage gehalten grond bezitten. De hypothese dat met toenemende begrazingsdruk de hoeveelheid grond in grasmonsters toeneemt, is dus alleen duidelijk als we de monsters met of zonder begrazing vergelijken. De mate van begrazing, of de hoeveelheid gras per vierkante meter heeft geen duidelijk effect.



Figuur 9 Effect van begrazing en begrazingsdruk op de hoeveelheid aanhangende grond in grasmonsters (onbegraasd bij locatie 50, 1144, 1793, 1824, 1 meting bij 1825).

3.6 Effect van maaien

Over het algemeen bevatten grasmonsters uit kuilen hogere gehalten grond dan verse grasmonsters. Dat is geconstateerd op proefboerderijen (Remmelink et al., 2005) en blijkt ook uit de verschillen tussen de gemiddelde ijzergehalten van vers gras en die van kuilgras (www.blgg.nl). Het nastreven van zo laag mogelijke percentages grond in gemaaid en gekuild gras leidt tot een lagere blootstelling van vee aan lood. Ter demonstratie zijn daarom grasmonsters genomen voordat er gemaaid werd, en na het maaien. Op één locatie kon ook het gemaaide gras na het kuilen bemonsterd worden. Door het kuilen kan het gras namelijk ook vervuild raken met grond.



Figuur 10 Foto van gemaaid gras en gras op hopen, en van het gras in de kuil. Op 1 augustus is vers gras bemonsterd op dit perceel en op 8 augustus is het gemaaide gras uit de hopen en uit de kuil bemonsterd.

Op 2 augustus is een monster genomen van het verse gras op locatie 50 en 1793. Na het maaien zijn grasmonsters genomen van het gemaaide gras op het veld. Op locatie 1793 konden later ook grasmonsters na het kuilen van het gras genomen worden. De onbegraasde verse grasmonsters die enige dagen voor het maaien bemonsterd waren, bevatten minder lood en ijzer (wat wijst op grond in grasmonsters) dan het gemaaide en gekuilde gras. Zichtbaar in Tabel 7 is dat de variatie tussen de monsters groter is dan het verschil tussen gemaaid en gekuild gras. Bij gebrek aan voldoende herhalingen zijn de effecten van maaien en kuilen dus niet significant.

Tabel 7 Resultaten van bemonstering van vers gras, en in triplo gemaaid gras en kuilvoer bij perceel 50 en 1793 (met tussen haakjes de standaarddeviatie).

| | mg Pb kg ⁻¹ ds | mg Cu kg ⁻¹ ds | mg Zn kg ⁻¹ ds | mg Fe kg ⁻¹ ds |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Locatie 50 | | | | |
| Vers gras (2 aug) | 0.3 | 5.6 | 30 | 206 |
| Gemaaid gras (11 aug) | 0.35(0.09) | 3.9(0.2) | 23 (2) | 262 (62) |
| Locatie 1793 | | | | |
| Vers gras (2 aug) | 0.8 | 7 | 33 | 123 |
| Gemaaid gras (8 aug) | 2 (2) | 8 (1) | 37 (5) | 153 (56) |
| Gekuild gras (8 aug) | 3 (4) | 7 (1) | 32 (4) | 229 (198) |

Op basis van de loodgehalten zit er 0,3 % grond in het gemaaid gras op locatie 50, en ook 0,3 % in het gemaaid en gekuilde gras op locatie 1793. Dat zijn heel lage hoeveelheden. Het is dus mogelijk om gras te oogsten en te kuilen met zeer lage hoeveelheden grond, en dus met zeer lage hoeveelheden lood. Op basis van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat het mogelijk is om gras te maaien en te kuilen zonder verhoging van het percentage grond in gras.

3.6.1 Invloed van jaargetijde en weer op de metaalgehalten in gras en voer

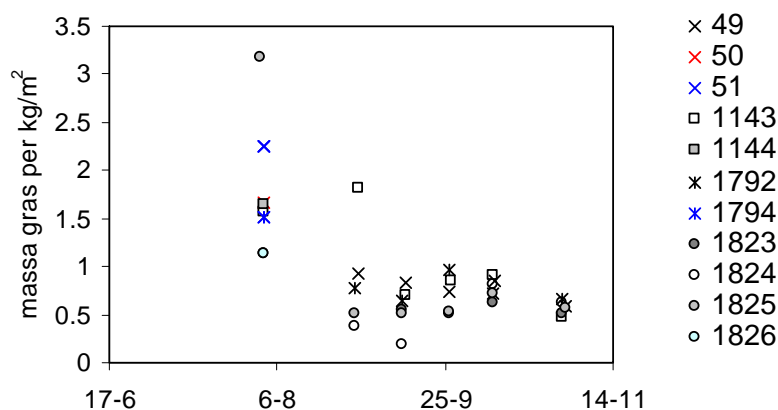
Onder invloed van seizoenswisselingen en neerslag varieert het vochtgehalte, en de temperatuur van de bodem en de hoeveelheid straling die de bodem bereikt. Niet alleen beïnvloedt het vochtgehalte de groei van het gewas, maar het is tevens een belangrijke factor in de schade die kan optreden door vertrapping.

De combinatie van deze weersafhankelijke factoren heeft mogelijk een grote invloed op de hoeveelheid aanhangende grond, en dus de hoeveelheid lood in voer. Om dit effect inzichtelijk te maken zijn de percentages aanhangende grond in gras en de hoeveelheid grond in voer berekend voor de verschillende bemonsteringstijdstippen.

In de figuren van Bijlage 7 staan de percentages grond in gras en in voer die berekend worden op basis van de analyses van Pb, Fe, Al en Co. De verschillen tussen de elementen zijn te zien in het berekende gehalte grond in gras. De patronen in de tijd variëren nauwelijks tussen de elementen.

De patronen in de tijd van de verschillende locaties lijken niet op elkaar wat suggereert dat verschillen in weergesteldheid, temperatuur of licht geen eenduidig effect hebben op de hoeveelheid aanhangende grond. Ook de dynamiek van de hoeveelheid gras per m² levert geen eenduidig beeld op van de mogelijke invloed van wisselingen in de weersgesteldheid. Uit figuur 11 blijkt dat de hoeveelheid gras per m² gedurende het onderzoek op de meeste locaties ongeveer 0,5 kg vers materiaal m² bedraagt. Alleen op 1 augustus is de opbrengst hoger, maar dit heeft geen groot effect op het percentage grond in gras zoals te zien is in Bijlage 7.

In andere studies zijn duidelijke effecten waargenomen als gedurende langere tijd de hoeveelheid grond in faeces bepaald wordt. Op basis van de huidige resultaten kan het effect van jaargetijde of weer op de hoeveelheid grond in voer echter niet bepaald worden.



Figuur 11 Hoeveelheid vers gras in gram per vierkante meter als functie van bemonsteringstijdstip

3.7 Gehalten in dierlijke organen

Een belangrijke doelstelling van het onderzoek is of er kans bestaat op normoverschrijdingen van lood in de lever en nieren van geslachte dieren. In dit onderzoek is ervoor gekozen om de loodgehalten te bepalen van dieren welke graasden op bodem met zeer hoge loodgehalten, en waarbij de dieren alleen gevoerd zijn met gras van de locaties. Van de locaties 1143, 1792 en 1823 uit het onderzoek was bekend dat de loodgehalten hoog (510 à 635 mg Pb kg⁻¹ ds) zijn en konden dieren worden gekocht. De locaties waar de schapen en koeien gegraasd hebben zijn dezelfde locaties als waarvan grond, gras en faeces onderzocht zijn. In tabel 8 staan de aangetroffen gehalten in de dierlijke organen van de 7 dieren die in het kader van deze studie geslacht zijn.

De cadmiumgehalten in lever en nieren, en de loodgehalten in de levers liggen ruim beneden de normen. Ook het loodgehalte in de nieren van schapen en koeien ligt beneden de norm ofschoon enkele metingen dicht tegen de norm aan zitten.

Tabel 8 Gehalten aan As, Cd, Fe, Cu, Pb en Zn in dierlijke organen en bijbehorende normen uitgedrukt in mg per kg droge stof (normen zijn omgerekend onder de aanname dat het droge stofgehalte in nier en lever 20% is)*.

| dier | locatie | orgaan | As | Cd | Fe | Cu | Pb | Zn |
|----------|---------|------------|------|------|------|-----|------|-----|
| koe 1 | 1823 | bot | <0.2 | <0.1 | <15 | <15 | 0.3 | 52 |
| koe 2 | 1823 | bot | <0.2 | <0.1 | <15 | <15 | 2.1 | 52 |
| schaap 1 | 1792 | bot | 0.5 | <0.1 | <15 | <15 | 0.7 | 76 |
| schaap 2 | 1792 | bot | 0.2 | <0.1 | <15 | <15 | 1.5 | 85 |
| schaap 3 | 1143 | bot | <0.2 | <0.1 | <15 | <15 | <0.1 | 84 |
| schaap 4 | 1143 | bot | <0.2 | <0.1 | <15 | <15 | <0.1 | 90 |
| schaap 5 | 1143 | bot | <0.2 | <0.1 | <15 | <15 | 0.3 | 82 |
| | | | | | | | | |
| koe 1 | 1823 | lever | 1.5 | 0.2 | 665 | 160 | 0.2 | 92 |
| koe 2 | 1823 | lever | 0.9 | 0.1 | 156 | <15 | 0.6 | 117 |
| schaap 1 | 1792 | lever | 0.9 | 0.1 | 260 | 18 | 1.2 | 220 |
| schaap 2 | 1792 | lever | 0.8 | 0.1 | 215 | <15 | 0.6 | 95 |
| schaap 3 | 1143 | lever | 0.8 | 0.2 | 875 | 355 | 0.9 | 78 |
| schaap 4 | 1143 | lever | 0.5 | 0.2 | 585 | <15 | 1.1 | 92 |
| schaap 5 | 1143 | lever | 0.9 | 0.3 | 705 | 180 | 1.3 | 74 |
| | | Norm lever | | 2.5 | | ** | 2.5 | |
| | | | | | | | | |
| koe 1 | 1823 | nier | 2.3 | 2.5 | 455 | <15 | 0.6 | 60 |
| koe 2 | 1823 | nier | 1.3 | 1.5 | 210 | <15 | 2.2 | 68 |
| schaap 1 | 1792 | nier | 0.5 | <0.1 | 55 | <15 | 0.1 | 26 |
| schaap 2 | 1792 | nier | 0.8 | 0.3 | 181 | <15 | 1.9 | 82 |
| schaap 3 | 1143 | nier | 0.6 | 1.3 | 575 | <15 | 1.4 | 85 |
| schaap 4 | 1143 | nier | 0.5 | 1.3 | 1040 | <15 | 2.4 | 75 |
| schaap 5 | 1143 | nier | 1.7 | 2.9 | 385 | <15 | 2.5 | 69 |
| | | Norm nier | | 5.0 | | | 2.5 | |
| | | | | | | | | |
| koe 1 | 1823 | spier | 1.1 | <0.1 | 126 | <15 | <0.1 | 117 |
| koe 2 | 1823 | spier | 0.8 | <0.1 | 80 | <15 | <0.1 | 86 |
| schaap 1 | 1792 | spier | 0.7 | <0.1 | 54 | <15 | <0.1 | 63 |
| schaap 2 | 1792 | spier | 0.8 | <0.1 | 53 | <15 | 0.1 | 72 |
| schaap 3 | 1143 | spier | 0.5 | <0.1 | 111 | <15 | <0.1 | 57 |
| schaap 4 | 1143 | spier | 0.6 | <0.1 | 93 | <15 | <0.1 | 61 |
| schaap 5 | 1143 | spier | 0.8 | <0.1 | 84 | <15 | 0.1 | 52 |
| | | Norm vlees | | 0.25 | | | 0.5 | |

* er zijn geen droge stofgehalten bepaald

**waarden lager dan 25-50 mg Cu kg⁻¹ ds in de lever geven aan dat de Cu status onvoldoende is, waarden tussen 100 en 400 mg Cu kg⁻¹ ds in de lever worden normaal beschouwd.

Uit tabel 8 blijkt dat het loodgehalte in de nieren van de onderzochte koeien van dezelfde locatie met een factor 4 (locatie 1823) verschilt terwijl dit voor schapen zelfs een factor 19 is (locatie 1792). De grote verschillen in de loodgehalten in de nieren van koe 1 en 2 komen overeen met die in de lever en bot. De loodgehalten zijn echter niet gerelateerd aan de leeftijd (koe 1 was tien en koe 2 drie jaar oud, zie paragraaf 2.2).

Overeenkomstig eerdere monitoringsgegevens (Vos et al, 1988) komen de verschillen in de loodgehalten in de nieren van schaaap 1 en 2 niet overeen met die in de lever. Voor schapen geldt dat er geen relatie is aangetoond tussen loodgehalten in levers en nieren, en er ook geen relatie met leeftijd van dieren bestaat. Monitoringsgegevens voor schapen in Nederland (Vos et al., 1988) laten hogere loodgehalten zien in levers dan in nieren. Vooral in de wintermaanden zijn de gehalten in levers verhoogd terwijl de gehalten in de nieren constant blijven.

Uit landelijke monitoringsdata (tabel 9) van lood in nieren blijkt dat het gemiddelde loodgehalte van nieren van runderen en schapen in Nederland lager is dan 0,6 mg kg⁻¹ (ds) terwijl het 95-percentiel 1,35 mg kg⁻¹ ds bedraagt. De loodgehalten in de nieren van de onderzochte schapen en koeien uit toemaakgebied liggen op één na boven het Nederlandse gemiddelde, en, op twee na, ook boven het 95-percentieel voor Nederland.

Tabel 9 Resultaten van monitoring van loodgehalten in nieren van Nederlandse runderen en schapen in de periode 2002-2005 (resultaten VWA/RVV in KAP-databank, 2007). Bij omrekening naar droge stofgehalten (ds) is 20% droge stof aangenomen.

| | Gemiddeld | | mediaan | | 95 percentiel | | aantal monsters |
|---------|-----------|------|---------|------|---------------|------|--------------------|
| | vers | ds | vers | ds | vers | ds | |
| Rund | 0.10 | 0.50 | 0.087 | 0.44 | 0.21 | 1.07 | 293 |
| Schaaap | 0.11 | 0.57 | 0.078 | 0.39 | 0.27 | 1.35 | 21 |

Overige metalen in dierlijke organen

In lever, nier en bot liggen de As gehalten in dezelfde orde van grootte (0,5 – 2,3 mg kg⁻¹). Deze waarden zijn hoog in vergelijking tot literatuurgegevens (Vos et al., 1987; 1988; CVB, 2005) maar de betrouwbaarheid van de huidige As metingen in deze range is niet groot (pers. meded. mevr. Damhuis, GD, Deventer). Er bestaat overigens geen warenwetnorm voor As in vlees, nieren of levers.

Opvallend zijn verder de zeer lage kopergehalten in de levers van enkele dieren. Normaal liggen de kopergehalten tussen 100 en 400 mg kg⁻¹ ds en gelden gehalten lager dan 25 tot 50 mg kg⁻¹ ds als onvoldoende. Daarmee is het aangetroffen gehalte aan Cu bij 3 van de 5 schapen en 1 van de 2 koeien onvoldoende. Kopertekorten in organen van dieren uit het veenweidegebied zijn het gevolg van relatief hoge S en Mo gehalten in gras, hetgeen resulteert in een slechtere opname van Cu bij koeien en schapen (Ouweltjes et al., 2002). De gehalten aan S en Mo in het gras in dit onderzoek zijn normaal (voor S) tot hoog (voor Mo). Gemiddeld bevatte het gras in dit onderzoek 3,1 g S kg⁻¹ en 4,9 g Mo kg⁻¹ ds. De gemiddelde samenstelling van vers gras in Nederland was in 2007: 3,3 g S kg⁻¹ en 2,7 g Mo kg⁻¹ ds (www.blgg.nl).

Ofschoon de kopergehalten in de veengronden en specifiek in de bodems met toemaak hoger liggen dan die in niet veen-gronden, is de beschikbaarheid voor opname door dieren dus laag. Dit illustreert het feit dat metingen van het gehalte in de bodem niet altijd maatgevend zijn voor de beschikbaarheid en daaruit voortkomende mogelijke risico's.

3.8 Modelling loodgehalte van orgaanvlees

Er is alleen gekeken naar lood omdat in rapport 1433 (Rietra en Römken, 2007) bleek dat de gemodelleerde cadmiumgehalten beneden de norm voor levers en nieren liggen, zoals nu ook blijkt uit de data in paragraaf 3.7. In het geval van lood wordt het gehalte in het orgaan (C_{orgaan} in mg kg^{-1} vers gewicht, nier of lever) gemodelleerd met een eenvoudige bioconcentratiefactor (BCF), die de verhouding tussen het gehalte in het orgaan en het voer (C_{voer} in mg kg^{-1} ds) geeft:

$$\text{BCF} = C_{\text{orgaan}} / C_{\text{voer}} \quad (4)$$

Voor lood in rundnieren en levers wordt gebruik gemaakt van de BCF's uit Van Hooft (1995) en voor schapennieren en levers van Hill (1998ab), zie tabel 10. Op basis van de BCF's verwacht je bij runderen hogere loodgehalten in de nieren dan lever, en bij de schapen hogere gehalten dan die in de lever. De resultaten bevestigen de verwachting voor runderen maar niet voor schapen. We vinden bij vier van de vijf de schapen dat de loodgehalten in de nieren hoger zijn dan de lever. Hill (1998ab) vond echter in de levers iets hogere loodgehalten dan in de nieren (conform monitoringsdata uit Nederland; Vos et al., 1988). Dit geeft aan dat een model gebaseerd op de data van Hill (1998a, b) geen goede resultaten kan geven voor de gevonden loodgehalten in nier en levers.

Tabel 10 Bioconcentratiefactoren (kg ds kg^{-1} vers) voor lood in nieren en levers van runderen en schapen (Rietra en Römken, 2007).

| Orgaan | Rund | Schaap |
|--------|--------|--------|
| Lever | 0,0291 | 0,019 |
| Nier | 0,0443 | 0,013 |

De gehalten in orgaanvlees zijn van dieren van drie locaties bepaald. Het betrof zoals eerder gezegd schapen en runderen die nagenoeg niet bijgevoerd zijn. In de onderstaande tabel staan de relevante gegevens voor een vergelijking met modelgegevens.

Tabel 11 Relevante gegevens uit deze studie voor de berekening van loodgehalten in nieren en levers ter vergelijking met modelgegevens *

| locatie | Pb nier mg kg^{-1} ds | Pb lever mg kg^{-1} ds | Pb gras mg kg^{-1} ds | Pb bodem mg kg^{-1} ds | Pb faeces mg kg^{-1} ds | Verteerbaarheid % |
|-------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 1823 koe | $1,4 \pm 1,1$ | $0,4 \pm 0,3$ | $4,9 \pm 1,5$ | 510 ± 217 | $50,9 \pm 15$ | 66% |
| 1792 schaap | $1,0 \pm 1,3$ | $0,9 \pm 0,4$ | $3,0 \pm 2,2$ | 525 ± 72 | $10,6 \pm 6,0^{**}$ | 73% |
| 1143 schaap | $2,1 \pm 0,6$ | $1,1 \pm 0,2$ | $2,8 \pm 2,3$ | 635 ± 98 | $7,8 \pm 2,1$ | 74% |

* loodgehalten in nieren en levers uit Tabel 8, Loodgehalten gras, bodem uit Tabel 3. Loodgehalten faeces uit Bijlage 2, verteerbaarheid uit Bijlage 4. **betreft faeces van schapen (perceel van koeien en schapen).

Bij de modellering met een BCF veronderstellen we dat de gehalten in de nieren en levers een functie zijn van het voer. Het loodgehalte in gras en voer (op basis van gras, bodem en verteerbaarheid) uit Tabel 11 wordt, in combinatie met de BCF's uit Tabel 10, gebruikt om de loodgehalten in nier en lever te voorspellen (Tabel 12).

Voor runderen geeft het BCF model op basis van *gras* een geringe onderschatting van de loodgehalten in de nier en een overschatting in de lever. Voor runderen geeft het BCF model op basis van *voer* een overschatting voor nier en lever. Een potentiële oorzaak voor de overschatting op basis van voer bij koeien is mogelijk de lagere beschikbaarheid van lood uit toemaakgrond. Voor schapen geeft het BCF model in beide gevallen, op basis van gras of voer, een onderschatting van de loodgehalten in nier en lever.

Tabel 12 Voorspelde loodgehalten in nieren en levers op basis van lood in gras en voer (aanneمة van droge stofgehalte van 20% bij nier en lever). Aangegeven is wanneer voorspelling de data uit Tabel 11 onderschat(↓) of overschat (↑).

| locatie | voorspelling op basis van gras | | voorspelling op basis van voer | |
|-------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | Pb nier mg kg ⁻¹ ds | Pb lever mg kg ⁻¹ ds | Pb nier mg kg ⁻¹ ds | Pb lever mg kg ⁻¹ ds |
| 1823 koe | 1,1 ± 0,3 ↓ | 0,7 ± 0,2 ↑ | 3,8 ± 1,1 ↑ | 2,5 ± 0,7 ↑ |
| 1792 schaap | 0,2 ± 0,1 ↓ | 0,3 ± 0,2 ↓ | 0,2 ± 0,1 ↓ | 0,3 ± 0,2 ↓ |
| 1143 schaap | 0,2 ± 0,1 ↓ | 0,3 ± 0,2 ↓ | 0,1 ± 0,04 ↓ | 0,2 ± 0,1 ↓ |

Een oorzaak voor de onderschatting van de loodgehalten bij schapen is onduidelijk. Er is onzekerheid over de BCF's voor schapen omdat die maar van één onderzoek (Hill et al., 1998ab) afgeleid zijn. De BCF's voor runderen daarentegen zijn gebaseerd op data van vijf studies. Een andere mogelijke oorzaak voor de hoge gemeten gehalten in orgaanvlees van schapen is dat schapen in de winter buiten blijven grazen en dan waarschijnlijk meer grond innemen terwijl dit onderzoek in augustus tot oktober plaatsvond.

De blootstelling bij de runderen, en daarmee ook de gehalten aan lood in de nieren en levers wordt mede bepaald door de voeding in de winterperiode met kuilgras. Uit dit onderzoek is echter niet duidelijk gebleken dat kuilgras hogere gehalten grond bevat dan gras. Wel is vastgesteld dat grazende runderen meer grond innemen dan op basis van analyses van gras vastgesteld is. Het is dus mogelijk dat runderen in de winter op stal minder grond innemen dan gedurende de zomerperiode. Dit is jammer genoeg niet meegenomen in het onderzoek. Het model is daarom, en ook vanwege het gering aantal analyses, niet te toetsen.

In rapport 1433 is op basis van bovenstaande BCF's voorspeld dat bij loodgehalten van 450 à 500 mg kg⁻¹ in de bodem de gemiddelde gehalten in rundernieren en schapenlevers overschreden worden (meest kritische organen). Hierbij is aangenomen dat het gemiddelde percentage grond invoer voor runderen 2% en schapen gemiddeld 5% grond in het voer hebben. De in dit onderzoek gemeten grondinname bij runderen varieert van 0.6 tot 3.5% (Tabel 4) en dat resultaat past bij de eerder gemaakte aanname (rapport 1433) van 2% grond in voer van runderen. De verondersteld hogere inname door schapen is het gevolg van de winterbegrazing door schapen. De hogere grondinname in de winter bij schapen is in dit onderzoek niet getoetst. Opgemerkt kan worden dat de grondinname door schapen in de

periode dat gemeten is (aug-okt 2007) relatief laag was (0,4, 0,6 of 1,3% grond in voer; zie Tabel 4).

3.9 Relevantie voor risicobeoordeling in het algemeen

De resultaten van het huidige onderzoek kunnen gebruikt worden om een uitspraak te doen over wat de beste methodiek is om risico's van stoffen via de inname van voer door dieren te beoordelen.

Uit Tabel 3 blijkt dat de loodgehalten in voer vaak veel hoger zijn dan de gehalten in gras, bij met name bij runderen. Bij een risicobeoordeling van lood is de hoeveelheid grond die grazers innemen, en de loodgehalten daarin dus cruciaal. Uit Tabel 4 blijkt dat het percentage grond in voer sterk kan variëren per perceel en diersoort (min.-max.: 0,4 - 3,5%). De analyse is gevoelig voor de mogelijke ruimtelijke spreiding van de gehalten aan lood (of andere metalen) in de bodem.

Uit de data van deze studie blijkt verder dat de inname van lood op basis van faeces relatief constant is in de bemonsteringsperiode (Tabel 5 versus Tabel 6, en Bijlage 6). Voordelen van de analyse van faeces zijn bovendien:

1. het effect van de ruimtelijke variatie van de gehalten in grond en gras worden in faeces weggemiddeld omdat de dieren niet continu op 1 plek grazen.
2. het effect van verschillen in weer is waarschijnlijk veel minder voor faeces dan voor gras.

Dit suggereert dan ook dat een analyse van faeces de meest geschikte methode is voor het vaststellen van de gemiddelde blootstelling van runderen en/of schapen aan lood.

In dit onderzoek zijn de gehalten in voer (berekend op basis van de samenstelling van de faeces) gebruikt voor een risicobeoordeling. Gehalten lager dan de veevoedernorm van 30 mg kg⁻¹ ds worden daarbij veilig geacht. Op basis van de bioconcentratiefactoren (Tabel 10) en de warenwetnorm van nier kan echter berekend worden dat de meest kritische gehalten in voer voor runderen 11 mg kg⁻¹ is. Het meest kritische gehalte in voer voor schapen, op basis van de warenwetnorm voor lever in schapen is, 26 mg kg⁻¹ ds. Gemiddeld gedurende het jaar dienen de gehalten lood in voer dus lager te zijn dan de veevoedernorm om de warenwetnormen niet te overschrijden. Alleen op locatie 1823 is gedurende de onderzoeksperiode met 15 mg kg⁻¹ in het voer het bovenstaande kritische gehalte in voer van 11 mg kg⁻¹ voor koeien overschreden.

De risicobeoordeling van lood voor runderen, en schapen is nog onzeker. De blootstelling dient gebaseerd te zijn op een juist inschatting van de inname van grond. Bij schapen geven de in dit onderzoek gevonden gehalten grond in voer onvoldoende informatie omdat schapen in de winter vaak buiten blijven en dus mogelijk (veel) meer grond innemen. De in dit onderzoek gevonden grondgehalten

in voer zijn voor koeien goed te gebruiken maar variëren sterk. In paragraaf 3.8 is echter te zien dat het model voor koeien een overschatting geeft van de gevonden gehalten in nieren en levers. De consequentie van dit alles is dat het voorspellen van de loodgehalten in nieren en levers van dieren op percelen met hogere loodgehalten dan in dit onderzoek niet mogelijk is. Het is echter niet onwaarschijnlijk dat bij hogere loodgehalten dan die in dit onderzoek zijn meegenomen, de kans op normoverschrijding reëel is. Dit gezien het feit dat de gehalten in enkele monsters van orgaanvlees al dicht tegen de norm aanzitten.

Conclusies

- Wassen van grasmonsters toont dat de gehalten aan Al, Fe, Co, Pb en Sn in gras verhoogd zijn door aanhangende grond.
- Op basis van het gehalte aan lood in gras of faeces kan het percentage grond in grasmonsters en in het voer dat dieren ingenomen hebben berekend worden. Het percentage aanhangende grond in de grasmonsters gedurende augustus, september en oktober ligt tussen de 0.5 en 2 %. Het percentage grond in het voer van koeien en schapen zonder bijvoeding in dezelfde periode op dezelfde percelen ligt tussen de 2 en 6 %.
- Het verschil tussen het percentage grond in grasmonsters en grond in voer is locatiespecifiek of is specifiek voor het type grazer: Koeien eten naast aanhangende grond aan gras ook grond via andere routes, bijvoorbeeld grond aan graswortels.
- De blootstelling van runderen aan lood op basis van grasmonsters is veel lager dan die op basis van de analyses van faeces.
- In het eerdere onderzoek (Rietra en Römken, 2007) bleek dat het gras voldoet aan de norm voor groenvoeder (30 mg Pb kg⁻¹). In dit onderzoek wordt dat bevestigd met metingen verspreid gedurende het jaar. Tevens worden er bij de hoge gehalten aan lood in de bodem, geen normoverschrijdingen aangetoond van in het voer (gras en aanhangende grond) of dierlijke producten (nier, lever, vlees). Zelfs op locaties met ongeveer 1000 mg Pb per kg grond lag het loodgehalte in voer rond 20 mg Pb per kg voer terwijl de norm 30 mg kg⁻¹ bedraagt.
- Berekeningen van de kritische inname tonen echter ook aan dat er al kans op normoverschrijding in orgaanvlees kan voorkomen bij een gemiddeld gehalte aan lood in voer van 11 mg kg⁻¹. Dit suggereert dat de norm van 30 mg kg⁻¹ mogelijk te hoog is.
- Het percentage aanhangende grond in vers gras, gemaaid gras en kuilgras verschilt niet significant.
- De laagste gehalten aan grond in grasmonsters zijn gevonden in onbegraasde percelen en de hoogste gehalten in begraasde percelen.
- Er is in dit onderzoek geen relatie tussen grond in gras (of voer) met de hoeveelheid gras per m² of bemonsteringsdatum vastgesteld.
- De blootstelling aan lood (berekend via faeces) is niet nauwkeurig voorspelbaar op basis van de analyses van de grond- of grasmonsters noch de hoeveelheid gras per vierkante meter. De blootstelling aan lood kan dus niet zonder de faeces bepaald worden.
- De loodgehalten in levers en nieren van schapen en runderen zijn verhoogd in het gebied met hoge loodgehalten in de bodem (≈600 mg kg⁻¹) ten opzichte van de rest van Nederland, maar overschrijden de normen niet. Er is kans op overschrijdingen van warenwetnormen voor lood in levers en nieren van schapen en runderen in het gebied met hogere loodgehalten (600 à 1000 mg kg⁻¹).

- In dit onderzoek zijn de kopergehalten in de lever van één van twee geslachte koeien, en van twee van de vijf schapen zijn te laag. Eén van de schapen met een te laag kopergehalte is een Texelaar. De lage koperstatus in een aantal dieren is opmerkelijk omdat de kopergehalten in de toemaakgronden hoog zijn. De oorzaak van de te lage koperstatus van de lever is onduidelijk.

Literatuur

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

Fries, G.F., 1996. *Ingestion of sludge applied organic chemicals by animals*. The Science of the Total Environment 185, 93-108.

Hill, J., B.A. Stark, J.M. Wilkinson, M.K. Curran, I.J. Lean, J.E. Hall, and C.T. Livesey, 1998a. *Accumulation of potentially toxic elements by sheep given diets containing soil and sewage sludge. 1. Effect of soil and level of sewage sludge in the diet*. Animal Sci., 67:73-86.

Hill, J., B.A. Stark, J.M. Wilkinson, M.K. Curran, I.J. Lean, J.E. Hall, and C.T. Livesey, 1998b. *Accumulation of potentially toxic elements by sheep given diets containing soil and sewage sludge. 2. Effect of the ingestion of soils treated historically with sewage sludge*. Animal Sci., 67:87-96.

Hooft, van, W.F., 1995. *Risico's voor de volksgezondheid als gevolg van blootstelling van runderen aan sporenelementen bij beweiding*. RIVM rapp.nr. 693810 001, Bilthoven.

Ouweltjes, W., G. Counotte, & P. Dobbelaar, 2002. *Kopervervoorziening bij melkvee in West-Nederland*. PraktijkRapport 4, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Rietra R.P.J.J. & P.F.A.M Römken, 2007. *Actief Bodembeheer Toemaakdeken. Risico's van bodemverontreiniging voor de kwaliteit van veevoer en de gehalten aan lood en cadmium in orgaanvlees in het Veenweidegebied*. Alterra-rapport 1433, Wageningen.

Rommelink, G.J., W. Ouweltjes & G. Holshof, 2005. *Invloed stikstofbemesting grasland op voorziening mineralen en spoorelementen rundvee*. PraktijkRapport Rundvee 67, Animal Science Group, Lelystad.

Schröder, T.J., 2005. *Solid solution partitioning of heavy metals in floodplain soils of the rivers Rhine and Meuse: field sampling and geochemical modelling*. Proefschrift Wageningen Universiteit, Wageningen.

Tilley, J.M.A., & R. A. Terry, 1963. *A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops*. Journal of the British Grassland Society 18: 104–111.

Vos, G.J., P.C. Hovens, & W. van Delft, 1987. *Arsenic, cadmium, lead and mercury in meat, livers and kidneys of cattle slaughtered in the Netherlands during 1980-1985* Food Additives & Contaminants part A. 4 (1) 73-88.

Vos, G., H. Lammers, & W. Van Delft, 1988. *Arsenic, cadmium, lead and mercury in meat, livers and kidneys of sheep slaughtered in The Netherlands*. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A 187, 1-7.

Bijlage 1 Gehalten aan metalen en nutriënten in grasmonsters

Tabel B1.1 Metaalgehalten in gras op basis van drogestof gewichten (70 °C), ongewassen

| datum | locatie | Al | Fe | Zn | K | P | S | Cd | Co | Cr | Cu | Mo | Ni | Pb | vocht % | |
|--------|---------|----------|-----|-----|------------|------|----|----------|-----|------|-------|-------|------|-------|------------|--|
| | | mg/kg ds | | | mmol/kg ds | | | ug/kg ds | | | | | | | | |
| 30-8 | 49 | 258 | 257 | 832 | 118 | 126 | 40 | 55 | 195 | 1372 | 8821 | 4910 | 968 | 655 | 78 | |
| 13-9 | 49 | 276 | 320 | 855 | 123 | 162 | 57 | 63 | 213 | 1112 | 10919 | 4356 | 1044 | 1079 | 86 | |
| 27-9 | 49 | 214 | 223 | 830 | 147 | 174 | 43 | 51 | 139 | 707 | 9497 | 4666 | 1090 | 980 | 87 | |
| 11-10 | 49 | 153 | 198 | 864 | 148 | 137 | 39 | 54 | 103 | 707 | 8861 | 5505 | 531 | 577 | 83 | |
| 31-10 | 49-1 | 346 | 350 | 731 | 117 | 115 | 46 | 74 | 192 | 1659 | 8319 | 3371 | 1249 | 1370 | 81 | |
| 31-10 | 49-2 | 257 | 305 | 724 | 127 | 108 | 42 | 57 | 148 | 1361 | 8516 | 3891 | 1016 | 1084 | 82 | |
| 31-10 | 49-3 | 307 | 324 | 697 | 108 | 117 | 47 | 63 | 203 | 1994 | 8257 | 2225 | 1245 | 1204 | 81 | |
| 2-8 | 50 | 90 | 206 | 693 | 129 | 81 | 30 | 19 | 191 | 945 | 5645 | 3094 | 633 | 264 | 82 | |
| 13-8 | 50 | 240 | 329 | 638 | 86 | 79 | 25 | 16 | 204 | 565 | 4126 | 2834 | 350 | 453 | 28 | |
| 13-8 | 50 | 69 | 206 | 665 | 81 | 75 | 23 | 19 | 175 | -97 | 3666 | 3211 | 408 | 299 | 28 | |
| 13-8 | 50 | 70 | 252 | 669 | 83 | 74 | 22 | 18 | 158 | 95.3 | 3927 | 3248 | 343 | 298 | 28 | |
| 2-8 | 51 | 70 | 134 | 832 | 111 | 89 | 19 | 21 | 138 | 958 | 5742 | 4375 | 389 | 352 | 84 | |
| 2-8 | 1143 | 25 | 110 | 598 | 151 | 97 | 39 | 47 | 35 | 623 | 11251 | 2031 | 266 | 690 | 81 | |
| 30-8 | 1143 | 22 | 91 | 475 | 142 | 100 | 51 | 61 | 39 | 601 | 11821 | 2138 | 418 | 676 | 77 | |
| 13-9 | 1143 | 45 | 120 | 691 | 138 | 121 | 57 | 71 | 43 | 866 | 10686 | 2944 | 512 | 780 | 80 | |
| 27-9 | 1143 | 171 | 240 | 483 | 135 | 118 | 72 | 91 | 67 | 655 | 11193 | 2325 | 678 | 2555 | 84 | |
| 11-10 | 1143 | 222 | 223 | 820 | 158 | 119 | 65 | 81 | 93 | 906 | 12554 | 2948 | 706 | 3542 | 88 | |
| 31-10 | 1143-1 | 483 | 377 | 912 | 118 | 92.7 | 56 | 71 | 162 | 4510 | 10278 | 1962 | 749 | 6223 | 82 | |
| 31-10 | 1143-2 | 560 | 404 | 856 | 121 | 92.5 | 67 | 113 | 168 | 1140 | 10318 | 1947 | 720 | 5885 | 81 | |
| 31-10 | 1143-3 | 152 | 168 | 721 | 107 | 83.3 | 52 | 75 | 69 | 650 | 12259 | 2151 | 485 | 2028 | 80 | |
| 2-8 | 1144 | 29 | 100 | 597 | 119 | 85 | 45 | 59 | 41 | 898 | 9586 | 1647 | 347 | 1012 | 80 | |
| 30-8 | 1792 | 64 | 109 | 888 | 121 | 134 | 35 | 32 | 91 | 703 | 8747 | 4359 | 423 | 879 | 80 | |
| 13-9 | 1792 | 64 | 131 | 971 | 127 | 131 | 45 | 48 | 139 | 776 | 15287 | 3391 | 498 | 1006 | 83 | |
| 27-9 | 1792 | 643 | 325 | 910 | 114 | 89 | 49 | 104 | 163 | 1146 | 9321 | 3123 | 913 | 6525 | 87 | |
| 11-10 | 1792 | 73 | 135 | 969 | 140 | 103 | 44 | 50 | 114 | 1467 | 9906 | 3311 | 653 | 1661 | 84 | |
| 31-10 | 1792-1 | 229 | 190 | 906 | 138 | 84.4 | 38 | 56 | 96 | 671 | 7939 | 3493 | 414 | 2265 | 84 | |
| 31-10 | 1792-2 | 610 | 364 | 882 | 137 | 84.1 | 43 | 71 | 147 | 1110 | 8838 | 3681 | 642 | 5285 | 85 | |
| 31-10 | 1792-3 | 337 | 239 | 883 | 123 | 80.2 | 39 | 59 | 111 | 957 | 7460 | 2927 | 622 | 3056 | 83 | |
| 2-8 | 1793 | 40 | 123 | 879 | 134 | 82 | 33 | 48 | 49 | 675 | 6779 | 11094 | 290 | 838 | 82 | |
| 8-8 \$ | 1793 | 76 | 114 | 823 | 114 | 74 | 34 | 69 | 71 | 599 | 7060 | 6469 | 293 | 1529 | 24 | |
| 8-8 \$ | 1793 | 105 | 127 | 850 | 119 | 77 | 35 | 68 | 70 | 566 | 7526 | 7446 | 279 | 2081 | 25 | |
| 8-8 \$ | 1793 | 239 | 217 | 796 | 119 | 76 | 43 | 89 | 120 | 1119 | 8377 | 7652 | 526 | 5209 | 25 | |
| 8-8 * | 1793 | 229 | 193 | 869 | 119 | 79 | 32 | 53 | 92 | 998 | 8208 | 7127 | 484 | 3895 | 40 | |
| 8-8 * | 1793 | 486 | 355 | 591 | 108 | 72 | 50 | 100 | 166 | 1104 | 10575 | 5497 | 772 | 12609 | 38 | |
| 8-8 * | 1793 | 69 | 120 | 865 | 119 | 77 | 34 | 62 | 57 | 744 | 7950 | 9135 | 366 | 1220 | 39 | |
| 8-8 & | 1793 | 39 | 100 | 843 | 126 | 71 | 29 | 52 | 61 | 745 | 6190 | 6774 | 328 | 813 | 47 | |
| 8-8 & | 1793 | 87 | 129 | 871 | 136 | 74 | 31 | 58 | 75 | 710 | 7005 | 7373 | 364 | 1227 | 49 | |
| 8-8 & | 1793 | 596 | 457 | 818 | 131 | 73 | 37 | 81 | 185 | 1466 | 8798 | 7844 | 831 | 7411 | 45 | |
| 2-8 | 1794 | 462 | 386 | 729 | 118 | 74 | 42 | 60 | 162 | 1425 | 10138 | 7772 | 793 | 13258 | 80 | |
| 30-8 | 1794 | 48 | 102 | 989 | 124 | 126 | 35 | 48 | 56 | 773 | 8567 | 9322 | 342 | 1317 | 44 | |
| 13-9 | 1823 | 243 | 238 | 742 | 125 | 113 | 40 | 33 | 98 | 915 | 10796 | 5356 | 547 | 3401 | 80 | |
| 27-9 | 1823 | 162 | 203 | 832 | 144 | 110 | 41 | 44 | 88 | 696 | 10097 | 7243 | 882 | 2636 | 87 | |
| 11-10 | 1823 | 382 | 328 | 723 | 139 | 112 | 50 | 54 | 145 | 1276 | 13293 | 6490 | 531 | 6330 | 82 | |
| 31-10 | 1823-1 | 409 | 356 | 504 | 110 | 77 | 40 | 208 | 139 | 923 | 10185 | 5267 | 808 | 5941 | 80 | |
| 31-10 | 1823-2 | 419 | 374 | 578 | 123 | 82 | 44 | 44 | 143 | 929 | 10968 | 4900 | 682 | 5819 | 81 | |
| 31-10 | 1823-3 | 361 | 320 | 530 | 108 | 76 | 44 | 50 | 129 | 1226 | 9575 | 5236 | 701 | 5223 | 78 | |

Tabel B1.1 Metaalgehalten in gras op basis van drogestof gewichten (70 °C), ongewassen. Vervolg

| datum | locatie | Al mg/kg ds | Fe mg/kg ds | Zn mg/kg ds | K mmol/kg ds | P mmol/kg ds | S mmol/kg ds | Cd | Co | Cr | Cu ug/kg ds | Mo ug/kg ds | Ni ug/kg ds | Pb ug/kg ds | vocht % |
|-------|---------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 30-8 | 1824 | 111 | 157 | 724 | 137 | 105 | 68 | 142 | 104 | 663 | 11798 | 6893 | 753 | 2844 | 79 |
| 13-9 | 1824 | 296 | 325 | 631 | 130 | 105 | 90 | 126 | 164 | 1173 | 14696 | 5243 | 849 | 2177 | 82 |
| 11-10 | 1824 | 20 | 105 | 999 | 157 | 106 | 50 | 68 | 45 | 432 | 9611 | 8086 | 309 | 803 | 87 |
| 31-10 | 1824-1 | 51 | 121 | 1010 | 139 | 91 | 30 | 46 | 61 | 358 | 8028 | 5204 | 319 | 1360 | 86 |
| 31-10 | 1824-2 | 96 | 144 | 992 | 140 | 85 | 38 | 65 | 81 | 519 | 8437 | 4333 | 394 | 1373 | 85 |
| 31-10 | 1824-3 | 51 | 121 | 976 | 147 | 93 | 32 | 43 | 57 | 402 | 8966 | 4655 | 350 | 863 | 86 |
| 2-8 | 1825 | 54 | 127 | 524 | 95 | 72 | 48 | 128 | 44 | 811 | 6502 | 2976 | 390 | 995 | 76 |
| 30-8 | 1825 | 19 | 97 | 889 | 156 | 152 | 63 | 61 | 38 | 582 | 12032 | 3623 | 353 | 664 | 83 |
| 13-9 | 1825 | 360 | 324 | 645 | 139 | 98 | 86 | 230 | 167 | 1319 | 12551 | 4171 | 944 | 10692 | 85 |
| 27-9 | 1825 | 386 | 346 | 786 | 133 | 97 | 47 | 56 | 121 | 1000 | 8445 | 3832 | 1016 | 1295 | 86 |
| 11-10 | 1825-1 | 101 | 179 | 1047 | 186 | 114 | 79 | 196 | 84 | 623 | 12500 | 6606 | 444 | 3952 | 87 |
| 31-10 | 1825-2 | 586 | 451 | 1103 | 176 | 104 | 55 | 112 | 222 | 964 | 10205 | 5798 | 898 | 7242 | 88 |
| 31-10 | 1825-3 | 209 | 240 | 1039 | 181 | 96 | 68 | 139 | 167 | 571 | 12263 | 9787 | 768 | 5798 | 88 |
| 31-10 | 1825 | 176 | 201 | 927 | 180 | 117 | 69 | 229 | 101 | 643 | 11019 | 4848 | 871 | 3954 | 88 |

§ gemaaid gras dat in rijen op hoop gelegd was

* gemaaid gras dat als restjes op het land ligt

& gras uit de kuil

Tabel B1.2 Metaalgehalten in gras in gewassen en ongewassen grasmonsters en het percentage in het gewassen grasmonster t.o.v. het ongewassen grasmonster (op basis van drogestof gewichten bepaald bij 70 °C).

| locatie | Al | Fe | Zn | K | P | S | Cd | Co | Cr | Cu | Mo | Ni | Pb | vocht |
|---|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|------|-----|------|-------|
| gewassen | | | | | | | | | | | | | | |
| 1143 | 14 | 112 | 894 | 149 | 123 | 61 | 118 | 33 | 1088 | 11785 | 3013 | 586 | 627 | 90 |
| 1792 | 58 | 117 | 966 | 122 | 104 | 46 | 52 | 76 | 441 | 8372 | 3083 | 218 | 1125 | 89 |
| 1823 | 196 | 218 | 729 | 127 | 104 | 47 | 51 | 98 | 690 | 11346 | 6423 | 387 | 3852 | 88 |
| 1824 | 33 | 120 | 1020 | 150 | 109 | 54 | 73 | 62 | 814 | 11665 | 5123 | 309 | 807 | 90 |
| 1825 | 33 | 116 | 1043 | 189 | 117 | 71 | 151 | 64 | 622 | 11415 | 6852 | 430 | 1415 | 91 |
| 49 | 70 | 137 | 1004 | 135 | 133 | 41 | 54 | 131 | 871 | 8702 | 3880 | 525 | 311 | 89 |
| ongewassen | | | | | | | | | | | | | | |
| 1143 | 222 | 223 | 820 | 158 | 119 | 65 | 81 | 93 | 906 | 12554 | 2948 | 706 | 3542 | 88 |
| 1792 | 73 | 135 | 969 | 140 | 103 | 44 | 50 | 114 | 1467 | 9906 | 3311 | 653 | 1661 | 84 |
| 1823 | 382 | 328 | 723 | 139 | 112 | 50 | 54 | 145 | 1276 | 13293 | 6490 | 531 | 6330 | 82 |
| 1824 | 20 | 105 | 999 | 157 | 106 | 50 | 68 | 45 | 432 | 9611 | 8086 | 309 | 803 | 87 |
| 1825 | 101 | 179 | 1047 | 186 | 114 | 79 | 196 | 84 | 623 | 12500 | 6606 | 444 | 3952 | 87 |
| 49 | 153 | 198 | 864 | 148 | 137 | 39 | 54 | 103 | 707 | 8861 | 5505 | 531 | 577 | 83 |
| Percentage in gewassen t.o.v. ongewassen grasmonsters | | | | | | | | | | | | | | |
| 1143 | 6 | 50 | 94 | 109 | 94 | 103 | 146 | 35 | 120 | 94 | 102 | 83 | 18 | - |
| 1792 | 79 | 87 | 105 | 100 | 87 | 101 | 105 | 66 | 30 | 85 | 93 | 33 | 68 | - |
| 1823 | 51 | 66 | 94 | 101 | 91 | 93 | 95 | 68 | 54 | 85 | 99 | 73 | 61 | - |
| 1824 | 165 | 114 | 108 | 102 | 96 | 103 | 108 | 140 | 188 | 121 | 63 | 100 | 100 | - |
| 1825 | 33 | 65 | 90 | 100 | 102 | 103 | 77 | 76 | 100 | 91 | 104 | 97 | 36 | - |
| 49 | 46 | 69 | 105 | 116 | 91 | 97 | 100 | 127 | 123 | 98 | 70 | 99 | 54 | - |

Bijlage 2 Metaalgehalten in faeces van runderen en schapen

Tabel B2.1 Metaalgehalten in faeces van runderen en schapen op basis van drogestof (70 °C)

| datum | nr | dier | Al | Fe | Zn | K | P | S | Cd | Co | Cr | Cu | Mo | Ni | Pb | OS | vocht |
|-------|--------|--------|----------|------|-----|------------|-----|-----|----------|------|----|----|----|-----|----|----|-------|
| | | | mg/kg ds | | | mmol/kg ds | | | mg/kg ds | | | | | | | | |
| 2-8 | 51.1 | koe | 1178 | 1299 | 190 | 143 | 249 | 113 | 0.18 | 1.81 | 7 | 59 | 9 | 3.3 | 3 | 83 | 91 |
| 2-8 | 51.2 | koe | 1179 | 1343 | 159 | 230 | 259 | 124 | 0.15 | 1.51 | 6 | 46 | 8 | 3.1 | 3 | 84 | 92 |
| 2-8 | 51.3 | koe | 1214 | 1266 | 205 | 194 | 187 | 105 | 0.18 | 1.76 | 7 | 56 | 5 | 3.1 | 2 | 84 | 90 |
| 2-8 | 1143.1 | schaap | 1008 | 986 | 179 | 401 | 475 | 120 | 0.38 | 0.47 | 6 | 46 | 16 | 2.0 | 9 | 83 | 74 |
| 2-8 | 1143.2 | schaap | 863 | 846 | 195 | 517 | 440 | 115 | 0.45 | 0.44 | 4 | 44 | 14 | 1.8 | 9 | 82 | 80 |
| 2-8 | 1143.3 | schaap | 904 | 848 | 183 | 657 | 357 | 111 | 0.42 | 0.42 | 3 | 47 | 13 | 1.8 | 8 | 83 | 84 |
| 2-8 | 1826.1 | koe | 672 | 657 | 166 | 335 | 311 | 113 | 0.28 | 0.38 | 5 | 30 | 13 | 2.1 | 16 | 85 | 89 |
| 2-8 | 1826.2 | koe | 857 | 791 | 163 | 433 | 304 | 104 | 0.30 | 0.46 | 5 | 30 | 14 | 2.1 | 26 | 86 | 88 |
| 2-8 | 1794.1 | koe | 1252 | 1041 | 162 | 116 | 235 | 134 | 0.30 | 1.00 | 6 | 71 | 17 | 3.0 | 16 | 89 | 87 |
| 2-8 | 1794.2 | koe | 1436 | 1217 | 157 | 154 | 239 | 128 | 0.31 | 1.01 | 5 | 65 | 17 | 3.0 | 19 | 87 | 88 |
| 30-8 | 49 | koe | 5014 | 3699 | 147 | 358 | 352 | 127 | 0.22 | 1.64 | 13 | 35 | 18 | 4.9 | 10 | 77 | 90 |
| 30-8 | 1143 | schaap | 395 | 569 | 174 | 457 | 447 | 119 | 0.25 | 0.24 | 1 | 41 | 13 | 1.3 | 5 | 82 | 78 |
| 30-8 | 1792 | koe | 1340 | 1061 | 130 | 654 | 377 | 139 | 0.15 | 0.54 | 3 | 38 | 15 | 2.3 | 11 | 83 | 93 |
| 30-8 | 1792 | schaap | 723 | 707 | 140 | 182 | 428 | 134 | 0.25 | 0.42 | 1 | 41 | 25 | 1.7 | 7 | 87 | 69 |
| 30-8 | 1824 | koe | 1131 | 925 | 119 | 267 | 172 | 103 | 0.27 | 0.52 | 2 | 24 | 9 | 1.8 | 22 | 88 | 89 |
| 30-8 | 1825 | koe | 1203 | 923 | 177 | 608 | 329 | 118 | 0.44 | 0.47 | 2 | 35 | 13 | 1.6 | 26 | 82 | 90 |
| 13-9 | 1143 | schaap | 544 | 698 | 195 | 185 | 435 | 115 | 0.36 | 0.28 | 2 | 37 | 12 | 1.7 | 5 | 82 | 70 |
| 13-9 | 1792 | schaap | 201 | 634 | 182 | 174 | 430 | 135 | 0.50 | 0.36 | 1 | 53 | 20 | 1.5 | 4 | 88 | 75 |
| 13-9 | 1825 | schaap | 905 | 982 | 222 | 700 | 524 | 132 | 0.50 | 0.51 | 2 | 40 | 12 | 2.2 | 22 | 80 | 82 |
| 13-9 | 49 | koe | 2801 | 2700 | 186 | 485 | 372 | 135 | 0.28 | 1.27 | 8 | 40 | 13 | 5.4 | 7 | 80 | 92 |
| 13-9 | 1792 | koe | 582 | 776 | 167 | 441 | 438 | 126 | 0.25 | 0.38 | 2 | 43 | 17 | 1.7 | 6 | 86 | 91 |
| 13-9 | 1823 | koe | 1784 | 1494 | 166 | 407 | 416 | 123 | 0.37 | 0.69 | 3 | 43 | 32 | 2.9 | 37 | 80 | 91 |
| 13-9 | 1825 | pony | 1650 | 1488 | 154 | 837 | 485 | 93 | 0.29 | 0.80 | 3 | 42 | 21 | 2.5 | 41 | 82 | 82 |
| 27-9 | 49 | koe | 5205 | 4155 | 189 | 538 | 418 | 144 | 0.33 | 1.71 | 15 | 39 | 13 | 7.0 | 11 | 77 | 90 |
| 27-9 | 1792 | koe | 1129 | 865 | 150 | 585 | 349 | 139 | 0.23 | 0.50 | 3 | 36 | 13 | 2.8 | 11 | 85 | 93 |
| 27-9 | 1823 | koe | 3099 | 2256 | 182 | 482 | 400 | 140 | 0.40 | 1.14 | 7 | 46 | 22 | 5.6 | 73 | 80 | 91 |
| 27-9 | 1825 | koe | 1397 | 1329 | 233 | 413 | 487 | 129 | 0.60 | 0.71 | 5 | 47 | 22 | 4.3 | 41 | 80 | 90 |
| 27-9 | 1143 | schaap | 468 | 572 | 213 | 353 | 374 | 123 | 0.42 | 0.27 | 3 | 33 | 9 | 2.5 | 6 | 83 | 78 |
| 27-9 | 1792 | schaap | 747 | 798 | 171 | 406 | 512 | 143 | 0.27 | 0.45 | 3 | 45 | 15 | 2.9 | 8 | 87 | 79 |
| 27-9 | 1825 | schaap | 1422 | 1893 | 251 | 143 | 236 | 142 | 0.27 | 0.79 | 7 | 24 | 8 | 4.0 | 35 | 87 | 80 |
| 11-10 | 49 | koe | 7773 | 6569 | 175 | 450 | 319 | 149 | 0.35 | 2.50 | 23 | 32 | 7 | 7.2 | 15 | 75 | 89 |
| 11-10 | 1823 | koe | 2262 | 1910 | 190 | 628 | 415 | 132 | 0.40 | 0.87 | 4 | 47 | 23 | 3.2 | 48 | 80 | 91 |
| 11-10 | 1143 | schaap | 897 | 800 | 169 | 393 | 394 | 112 | 0.31 | 0.32 | 2 | 33 | 8 | 1.6 | 10 | 84 | 72 |
| 11-10 | 1792 | schaap | 1856 | 1277 | 168 | 524 | 521 | 137 | 0.22 | 0.54 | 3 | 44 | 14 | 2.1 | 16 | 86 | 74 |
| 11-10 | 1825 | schaap | 1161 | 1114 | 279 | 833 | 550 | 139 | 0.63 | 0.62 | 3 | 52 | 22 | 2.3 | 31 | 80 | 79 |
| 31-10 | 49 | koe | 4330 | 3169 | 167 | 573 | 338 | 128 | 0.26 | 1.18 | 13 | 37 | 13 | 7.0 | 9 | 79 | 92 |
| 31-10 | 1823 | koe | 2074 | 1720 | 194 | 676 | 354 | 129 | 0.40 | 0.83 | 6 | 42 | 23 | 4.9 | 45 | 79 | 93 |
| 31-10 | 1792 | schaap | 2082 | 1364 | 177 | 558 | 621 | 134 | 0.30 | 0.59 | 5 | 38 | 11 | 3.5 | 18 | 84 | 74 |
| 31-10 | 1825 | schaap | 1805 | 1658 | 325 | 612 | 673 | 143 | 0.80 | 0.92 | 5 | 58 | 23 | 4.6 | 48 | 78 | 75 |
| 31-10 | 1143 | schaap | 925 | 827 | 161 | 360 | 335 | 112 | 0.21 | 0.32 | 4 | 31 | 8 | 3.2 | 9 | 84 | 74 |

*OS: organische stofgehalte bepaald als verschil tussen 105 en 550 °C

Tabel B2.2 *Vergelijking van metaalgehalten in faeces tussen runderen en schaaap (selectie uit bovenstaande tabel) en de verhouding beide in monsters die genomen zijn op dezelfde dag en hetzelfde perceel.*

| datum | nr | dier | Al | Fe | Zn | K | P | S | Cd | Co | Cr | Cu | Mo | Ni | Pb | OS | vo | |
|-------|------|--------|----------|------|-----|------------|-----|-----|----------|-----|------|-------|-------|------|-------|----|----|--|
| | | | mg/kg ds | | | mmol/kg ds | | | ug/kg ds | | | | | | | | % | |
| 30-8 | 1792 | koe | 1340 | 1061 | 130 | 654 | 377 | 139 | 148 | 542 | 2697 | 37749 | 15160 | 2266 | 10564 | 83 | 93 | |
| 30-8 | 1792 | schaap | 723 | 707 | 140 | 182 | 428 | 134 | 251 | 423 | 1371 | 40593 | 24505 | 1654 | 6939 | 87 | 69 | |
| 27-9 | 1792 | koe | 1129 | 865 | 150 | 585 | 349 | 139 | 230 | 503 | 3441 | 36364 | 12852 | 2786 | 11165 | 85 | 93 | |
| 27-9 | 1792 | schaap | 747 | 798 | 171 | 406 | 512 | 143 | 271 | 446 | 3116 | 45205 | 15344 | 2948 | 7891 | 87 | 79 | |
| 13-9 | 1792 | koe | 582 | 776 | 167 | 441 | 438 | 126 | 247 | 384 | 1670 | 42707 | 17327 | 1673 | 6432 | 86 | 91 | |
| 13-9 | 1792 | schaap | 201 | 634 | 182 | 174 | 430 | 135 | 500 | 358 | 1323 | 52714 | 19532 | 1545 | 4228 | 88 | 75 | |
| 27-9 | 1825 | koe | 1397 | 1329 | 233 | 413 | 487 | 129 | 595 | 708 | 4933 | 46717 | 21859 | 4332 | 41003 | 80 | 90 | |
| 27-9 | 1825 | schaap | 1422 | 1893 | 251 | 143 | 236 | 142 | 273 | 792 | 7012 | 24158 | 8404 | 4004 | 35093 | 87 | 80 | |
| 13-9 | 1825 | pony | 1650 | 1488 | 154 | 837 | 485 | 93 | 293 | 799 | 2827 | 42280 | 21101 | 2479 | 40853 | 82 | 82 | |
| 13-9 | 1825 | schaap | 905 | 982 | 222 | 700 | 524 | 132 | 498 | 510 | 2440 | 39941 | 11589 | 2249 | 21691 | 80 | 82 | |

Verhouding tussen faeces koe/schaap (ko/sc), van monsters die genomen zijn op dezelfde dag en perceel (dieren graasden samen op één perceel)..

| datum | nr | dier | Al | Fe | Zn | K | P | S | Cd | Co | Cr | Cu | Mo | Ni | Pb | OS | vo |
|-------|------|-------|------------|-----|------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-------------|----|
| 30-8 | 1792 | ko/sc | 1,9 | 1,5 | 0,9 | 3,6 | 0,9 | 1,0 | 0,6 | 1,3 | 2,0 | 0,9 | 0,6 | 1,4 | 1,5 | 0,96 | |
| 27-9 | 1792 | ko/sc | 2,9 | 1,2 | 0,9 | 2,5 | 1,0 | 0,9 | 0,5 | 1,1 | 1,3 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 1,5 | 0,98 | |
| 13-9 | 1792 | ko/sc | 1,5 | 1,1 | 0,9 | 1,4 | 0,7 | 1,0 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 1,4 | 0,99 | |
| 27-9 | 1825 | ko/sc | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 2,9 | 2,1 | 0,9 | 2,2 | 0,9 | 0,7 | 1,9 | 2,6 | 1,1 | 1,2 | 0,93 | |

Bijlage 3 Metaalgehalten in de bodem

Tabel B3.1 Metaalgehalten in bodemonsters (fractie < 2mm) op basis van drogestof gewichten ($mg\ kg^{-1}$), organische stof (in %) en textuur (% < 2 μm). Tevens is vermeld de totale hoeveelheid verontreiniging (vnl. toemaakdekmaterialen) in de complete grondmonsters (fractie < 2mm + fractie > 2mm).

| datum | locatie | Al [g/kg] | Fe | Zn | As | Cd | Co | Cu | Cr | Ni | Pb | Sn | OM [%] | OM < 2 μm [%] | < 2 mm (g) | > 2 mm (g) | gewicht verontreiniging | omschrijving |
|-------|---------|--------------|----|-----|----|-----|-----|----|------|----|------|-----|-----------|-----------------------|---------------|---------------|-------------------------|--|
| 2-8 | 49 | 23 | 40 | 143 | 23 | 0.7 | 7.9 | 49 | 45 | 25 | 94 | 5 | 27 | 33 | 229 | 434 | 0.3 | bakeliet |
| 27-9 | 49 | 23 | 36 | 191 | 19 | 0.9 | 9.8 | 48 | 87 | 27 | 110 | 6 | 25 | 28 | 87 | 476 | 0.2 | steentjes, kalkstukjes |
| 11-10 | 49 | 22 | 31 | 152 | 18 | 0.6 | 9.3 | 50 | 40 | 26 | 88 | 5 | 24 | 32 | 721 | 5 | 1.3 | steentjes, plastic, slakjes |
| 31-10 | 49 | 17 | 39 | 153 | 18 | 0.7 | 7.2 | 49 | 52 | 21 | 100 | 4 | 39 | 24 | 249 | 218 | 0.1 | steentje |
| 2-8 | 50 | 21 | 35 | 103 | 22 | 0.6 | 8.9 | 39 | 31 | 28 | 122 | | 29 | 27 | 187 | 298 | 1.2 | steentjes, stengel delen |
| 2-8 | 51 | 25 | 26 | 78 | 16 | 0.4 | 8.7 | 38 | 28 | 34 | 40 | | 28 | 30 | 121 | 552 | 0.4 | oerdelletjes, ho utskooldeel |
| 2-8 | 1143 | 18 | 24 | 426 | 24 | 1.3 | 7.7 | 37 | 137 | 24 | 646 | | 32 | 14 | 328 | 96 | 8.4 | glas, kolengruis, steentjes, keitjes |
| 27-9 | 1143 | 20 | 29 | 451 | 20 | 1.3 | 8.1 | 39 | 162 | 26 | 746 | 37 | 38 | 14 | 208 | 240 | 6.8 | ho utskool, glas, steentjes |
| 11-10 | 1143 | 18 | 28 | 442 | 23 | 1.2 | 8.4 | 40 | 141 | 27 | 638 | 84 | 39 | 17 | 461 | 58 | 14.6 | kolengruis, steentjes, glas |
| 31-10 | 1143 | 21 | 25 | 321 | 17 | 0.9 | 7.6 | 37 | 105 | 26 | 508 | 28 | 34 | 24 | 306 | 177 | 6.6 | steen, kolengruis, keitjes |
| 2-8 | 1144 | 20 | 27 | 367 | 27 | 1.2 | 8.7 | 36 | 156 | 28 | 734 | | 33 | 15 | 382 | 151 | 13.7 | glas, steentjes, steengruis ho utskool delen |
| 2-8 | 1792 | 28 | 24 | 326 | 19 | 1.0 | 5.8 | 39 | 137 | 25 | 609 | 21 | 46 | 23 | 290 | 316 | 3.7 | glas, baksteen, steentjes |
| 27-9 | 1792 | 31 | 32 | 321 | 26 | 0.9 | 5.0 | 43 | 1725 | 25 | 543 | 24 | 46 | 19 | 73 | 210 | 2.8 | kolenstukjes, glas, steentjes, keitjes, gruis |
| 11-10 | 1792 | 27 | 25 | 282 | 19 | 0.9 | 5.1 | 39 | 95 | 23 | 435 | 20 | 49 | 27 | 202 | 190 | 24.0 | kolengruis, steentjes, glas |
| 31-10 | 1792 | 27 | 23 | 289 | 18 | 1.0 | 5.2 | 35 | 99 | 22 | 514 | 17 | 47 | 22 | 212 | 181 | 8.7 | glas, kolengruis, steentjes |
| 2-8 | 1793 | 23 | 22 | 299 | 28 | 1.1 | 6.5 | 32 | 179 | 23 | 1018 | | 42 | 16 | 446 | 161 | 25.1 | glas, kolengruis, steentjes, keitjes, porcelain |
| 2-8 | 1794 | 17 | 21 | 312 | 31 | 1.1 | 6.5 | 27 | 304 | 23 | 1190 | | 34 | 11 | 475 | 167 | 22.6 | glas, kolengruis, steentjes, keitjes, porcelain |
| 13-9 | 1823 | 18 | 19 | 172 | 16 | 0.6 | 5.6 | 26 | 131 | 22 | 431 | 21 | 52 | 15 | 313 | 175 | 10.3 | Steentjes, ho ut, glas, kolengruis, porcelain, |
| 27-9 | 1823 | 18 | 21 | 279 | 24 | 1.1 | 6.1 | 27 | 201 | 21 | 816 | 37 | 40 | 9 | 263 | 134 | 9.2 | glas, porcelain, gruis, steentjes, keitjes, leisteen |
| 11-10 | 1823 | 16 | 17 | 216 | 17 | 0.6 | 5.4 | 24 | 302 | 21 | 485 | 22 | 55 | 14 | 272 | 103 | 22.9 | ho ut, kolengruis, steentjes, glas, leisteeentjes |
| 31-10 | 1823 | 15 | 15 | 162 | 14 | 0.6 | 4.7 | 21 | 79 | 20 | 307 | 21 | 63 | 13 | 175 | 129 | 16.3 | ho ut, kolengruis, scherven, steen, keitjes, plastic |
| 2-8 | 1824 | 17 | 17 | 227 | 19 | 0.7 | 5.8 | 25 | 171 | 21 | 522 | 29 | 55 | 11 | 203 | 171 | 14.8 | porcelain, glas baksteen, steentjes, |
| 11-10 | 1824 | 16 | 16 | 209 | 20 | 0.6 | 5.9 | 24 | 143 | 23 | 823 | 27 | 55 | 11 | 276 | 152 | 18.3 | kolengruis, steentjes, glas, ho ut |
| 31-10 | 1824 | 14 | 19 | 286 | 20 | 1.3 | 5.8 | 26 | 139 | 22 | 688 | 121 | 53 | 10 | 211 | 125 | 13.1 | ho utskool, kolengruis, steentjes, keitjes |
| 2-8 | 1825 | 19 | 21 | 432 | 28 | 1.0 | 7.0 | 29 | 271 | 24 | 1109 | | 38 | 10 | 513 | 109 | 27.1 | glas, kolengruis, steentjes, keitjes, porcelain |
| 27-9 | 1825 | 19 | 19 | 177 | 19 | 0.7 | 5.9 | 28 | 131 | 23 | 470 | 59 | 50 | 15 | 125 | 165 | 7.7 | glas, pijpsteeltje, gruis, steentjes |
| 11-10 | 1825 | 16 | 22 | 387 | 20 | 1.1 | 6.7 | 27 | 184 | 23 | 968 | 51 | 41 | 10 | 418 | 48 | 18.1 | steentjes, kolengruis, ho ut, porcelain |
| 31-10 | 1825 | 13 | 18 | 345 | 18 | 1.0 | 5.4 | 21 | 110 | 18 | 854 | 76 | 47 | 10 | 308 | 53 | 9.7 | kalk, glas, stopverf, ho ut, steentjes |
| 2-8 | 1826 | 16 | 21 | 402 | 24 | 1.2 | 7.6 | 26 | 156 | 25 | 1180 | | 44 | 11 | 365 | 131 | 20.9 | glas, kolengruis, steentjes, keitjes, porcelain |

Bijlage 4 Verteerbaarheid van grasmonsters

Verteerbaarheid van grasmonsters genomen op 11 oktober 2007., zie paragraaf 2.3.1.

| Veldnummer | Verteerbaarheid (%) |
|------------|------------------------|
| 49 | 80.2 |
| 1143 | 74.2 |
| 1792 | 72.6 |
| 1823 | 66.2 |
| 1824 | 76.6 |
| 1825 | 76.8 |

Bijlage 5 Formularium

A. Voor de berekening van het percentage grond in voer (I_S / I_V) gebruiken we de volgende vergelijking.

$$I_S / I_V = \{(1-D_h) M_F - M_G\} / (M_S - M_G - D_h M_F) \quad (B1)$$

| | | | |
|------|-------|---|---|
| met: | D_h | = | verteerbaarheid van voer (dimensieloos) |
| | M_S | = | metaal in grond (mg metaal per kg droge stof) |
| | M_F | = | metaal in faeces (mg metaal per kg droge stof) |
| | M_G | = | metaal in gras, excl. aanhangende grond (mg metaal per kg droge stof) |
| | I_V | = | inname voer (kg voer in ds per dag) |
| | I_S | = | inname soil (kg voer in ds per dag) |
| | I_G | = | inname gras (kg voer in ds per dag) |

waarbij de inname van voer bestaat uit inname van gras en van grond:

$$I_V = I_G + I_S . \quad (B2)$$

Indien het gehalte in gras, $M_G = 0$ (gras zonder aanhangende grond, maar inclusief bijvoorbeeld luchtverontreiniging) wordt de vergelijking eenvoudiger en identiek aan de vergelijking die gegeven is door Thornton & Abrahams (1983).

$$I_S / I_V = \{(1-D_h) M_F\} / (M_S - D_h M_F) \quad (B3)$$

Deze vergelijking geldt naast titanium voor alle elementen waarvan:

1. de opname in gras (excl. aanhangende grond) verwaarloosbaar is ten opzichte het gehalte in grasmonsters als gevolg van aanhangende grond, en
2. inname als voer vrijwel gelijk is aan de afgifte door het dier via de faeces (dus niet via urine). Er is met andere woorden vrijwel geen interne absorptie in het dier.

Bovenstaande vergelijkingen zijn af te leiden via de massabalans voor voer (B4) en de massabalans voor metaal (M) (B5):

$$I_F = (1-D_h) I_G + I_S \quad (B4)$$

met I_F =afgifte faeces (kg faeces in ds per dag)

$$M_F I_F = M_V I_V = M_G I_G + M_S I_S \text{ (indien } M_G \text{ verwaarloosbaar: } M_F I_F = M_S I_S) \quad (B5)$$

B. Voor de berekening van de metaalgehalten in voer (dat wat een schaap of koe inneemt) op basis van de metaalgehalten in de faeces geldt het volgende:

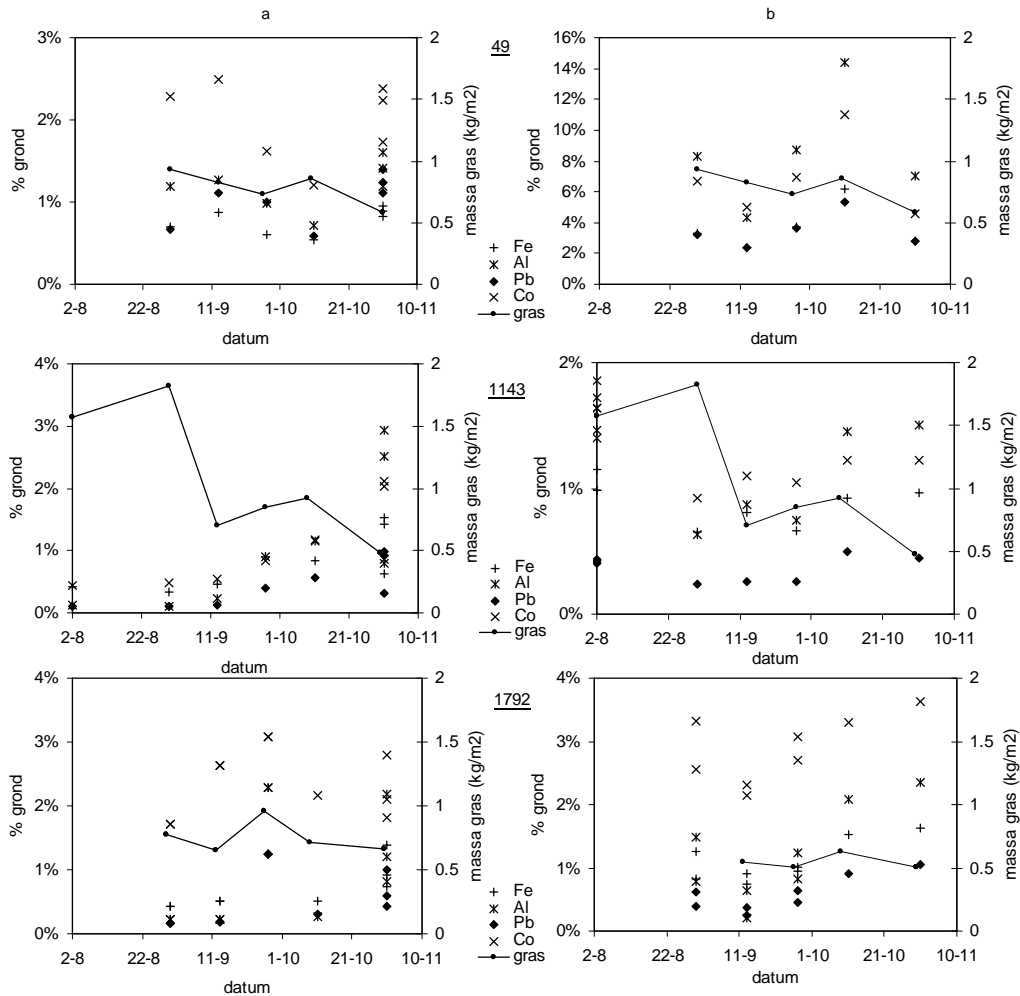
$$M_V I_V = M_V (I_G + I_S) = M_F \{I_G (1-D_h) + I_S\} \quad (B6)$$

$$M_V = M_F \{I_G (1-D_h) + I_S\} / (I_G + I_S) \quad (B7)$$

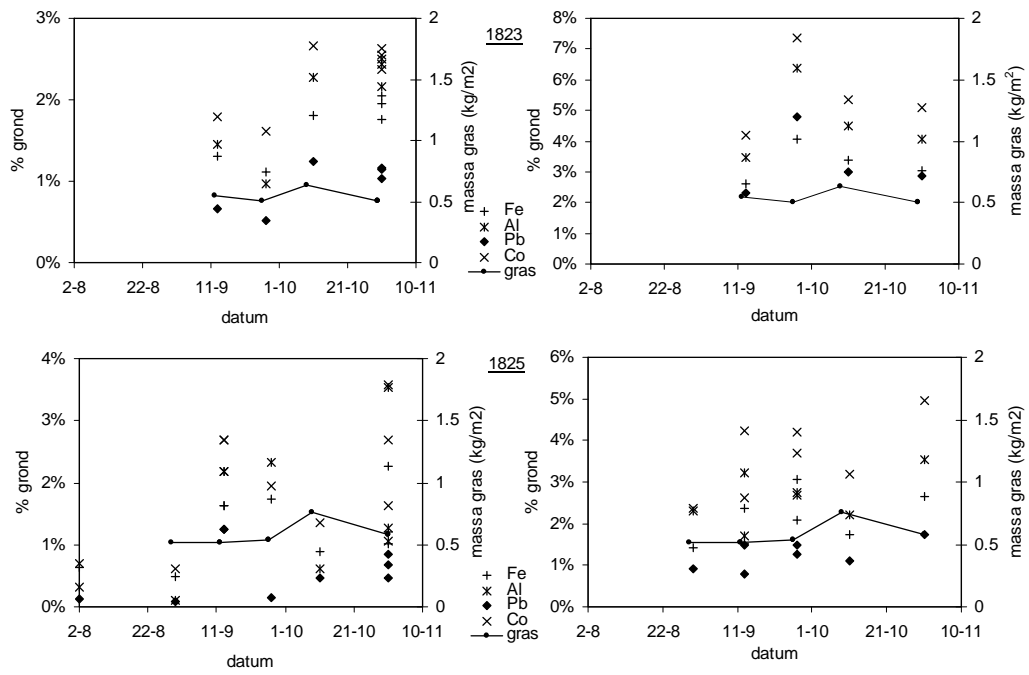
Indien de inname van de hoeveelheid grond ten opzichte van die van gras in voer gering is ($I_S \ll I_G$) dan kan de vergelijking sterk vereenvoudigd worden:

$$M_V = M_F (1-D_h) \quad (B8)$$

Bijlage 6 Berekende hoeveelheden van grond in gras en faeces



Figuur B6.1. Percentage grond in grasmonsters (a) en in faeces (b) voor locatie 49, 1143 en 1792. Op de 2^e Y-as zijn de bemonsterde hoeveelheden vers gras (in kg per m²) gegeven.



Figuur B6.2. Percentage grond in grasmonsters (a) en in faeces (b) voor locatie 1823 en 1825. Op de 2e Y-as zijn de bemonsterde hoeveelheden vers gras (in kg per m²) gegeven.

Bijlage 7 Bemonsterde hoeveelheden gras

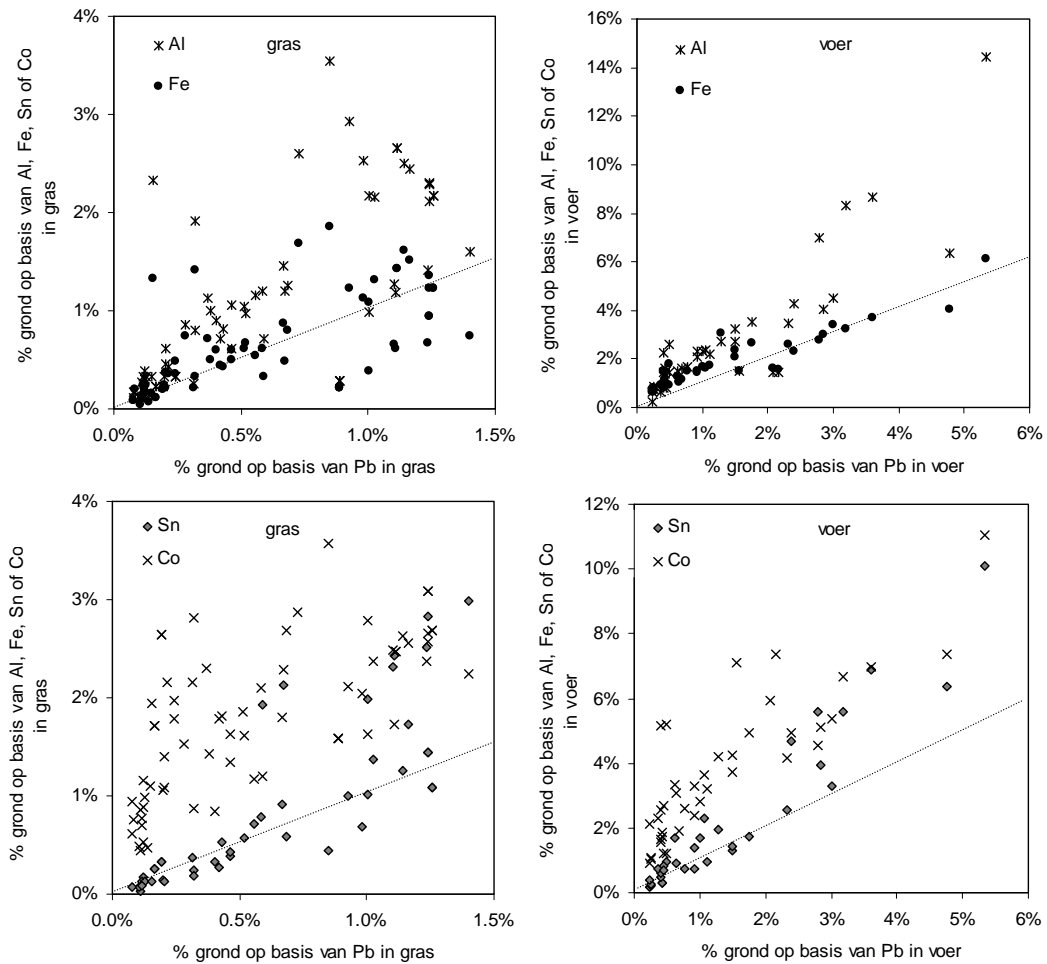
Tabel B7.1 De bemonsterde hoeveelheid vers gras (gram) heeft betrekking op 20 verspreid liggende plots in het perceel van 20 x 20 cm. Op 9 en 30 oktober is het gras in triplo bemonsterd. De bodem is vier keer bemonsterd (0-10 cm- mv).

| perceel | datum | faeces pony | faeces schaap | faeces koe | gras monster1 | gras monster2 | gras monster3 | grond |
|---------|------------|-------------|---------------|------------|---------------------------|---------------|---------------|-------|
| 49 | 2-8-2007 | | | | | | | 1 |
| 49 | 30-8-2007 | | | 1 | 749 | | | |
| 49 | 13-9-2007 | | | 1 | 660 | | | |
| 49 | 26-9-2007 | | | 1 | 588 | | | 1 |
| 49 | 10-10-2007 | | | 1 | * 684 | | | 1 |
| 49 | 31-10-2007 | | | 1 | # 464 | | | 1 |
| 50 | 2-8-2007 | | | | 1330 | | | 1 |
| 50 | 12-8-2007 | | | | # | kuilgras | | |
| 51 | 2-8-2007 | | | 3 | 1802 | | | 1 |
| 1143 | 2-8-2007 | | 1 | | 1259 | | | 1 |
| 1143 | 30-8-2007 | | 1 | | 1457 | | | |
| 1143 | 13-9-2007 | | 1 | | 562 | | | |
| 1143 | 27-9-2007 | | 1 | | 679 | | | 1 |
| 1143 | 9-10-2007 | | 1 | | * 728 | 780 | 694 | 1 |
| 1143 | 30-10-2007 | | 1 | | # 430 | 389 | 331 | 1 |
| 1144 | 2-8-2007 | | | | 1323 | | | 1 |
| 1792 | 2-8-2007 | | | | | | | 1 |
| 1792 | 29-8-2007 | | 1 | 1 | 622 | | | |
| 1792 | 12-9-2007 | | 1 | 1 | 522 | | | 1 |
| 1792 | 26-9-2007 | | 1 | 1 | 767 | | | 1 |
| 1792 | 9-10-2007 | | 1 | | *580 | 566 | 565 | 1 |
| 1792 | 30-10-2007 | | 1 | | # 545 | 574 | 484 | 1 |
| 1793 | 1-8-2007 | | | | 1392 | | | 1 |
| 1793 | 8-8-2007 | | | | 3 gras, hooi- en kuilgras | | | |
| 1794 | 1-8-2007 | | | 2 | 1211 | | | 1 |
| 1794 | 29-8-2007 | | | | (429) | | | |
| 1823 | 12-9-2007 | | | 1 | 437 | | | 1 |
| 1823 | 26-9-2007 | | | 1 | 420 | 419 | 368 | 1 |
| 1823 | 9-10-2007 | | | | *513 | 495 | 509 | 1 |
| 1823 | 30-10-2007 | | | 1 | # 420 | 419 | 368 | 1 |
| 1824 | 2-8-2007 | | | | | | | 1 |
| 1824 | 29-8-2007 | | | 1 | 308 | | | |
| 1824 | 12-9-2007 | | | | 147 | | | 1 |
| 1824 | 26-9-2007 | | | | | gras te kort | | |
| 1824 | 9-10-2007 | | | | *690 | 580 | 675 | 1 |
| 1824 | 30-10-2007 | | | | # 576 | 399 | 501 | 1 |
| 1825 | 1-8-2007 | | | | 2548 | | | 1 |
| 1825 | 29-8-2007 | | | 1 | 412 | | | |
| 1825 | 12-9-2007 | 1 | 1 | | 413 | | | |
| 1825 | 26-9-2007 | 1 | 1 | | 430 | | | 1 |
| 1825 | 9-10-2007 | 1 | 1 | | *651 | 554 | 612 | 1 |
| 1825 | 31-10-2007 | | 1 | | 529 | 487 | 371 | 1 |
| 1826 | 1-8-2007 | | | 2 | 911 | | 911 | 1 |

* analyses van ongewassen en gewassen grasmonsters. Analyse van verteringscoëfficiënt.

drie grasmonsters zijn bemonsterd en geanalyseerd

Bijlage 8 Percentage grond in gras en voer



Figuur B8 Percentage grond in gras- en voer, zoals berekend in gras op basis van vergelijking 3, en zoals berekend voor voer op basis van vergelijking B3 (Bijlage 5). Lijn geeft 1:1 verbinding. Het percentage grond in gras en voer is het laagste op basis van lood. Lood geeft daarmee de meest conservatieve schatting van grond in gras en voer.

